

**UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA**

**Salinización inducida en los suelos agrícolas  
de Canarias: caracterización y prognosis**

**Autor: Vargas Chávez, Gladis E.**

**Directores: Antonio Rodríguez Rodríguez  
y Carmen Concepción Jiménez Mendoza**

**Departamento de Edafología y Geología**

# **SALINIZACIÓN INDUCIDA EN LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE CANARIAS: CARACTERIZACIÓN Y PROGNOSIS**

Memoria presentada por *Gladys Esther Vargas Chávez* para optar  
al grado de Doctor en Biología

La Laguna, 2001

## **DIRECTORES**

Dr. D. Antonio Rodríguez Rodríguez  
Dpto. Edafología y Geología  
Universidad de La Laguna

Dra. Dña. Carmen Concepción Jiménez Mendoza  
Dpto. Edafología y Geología  
Universidad de La Laguna

**EL DR. D. ANTONIO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ Y LA DRA. DÑA. CARMEN CONCEPCIÓN JIMÉNEZ MENDOZA, CATEDRÁTICO Y PROFESORA TITULAR RESPECTIVAMENTE DEL DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA Y GEOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA**

**AUTORIZAN:** La presentación del trabajo “*Salinización inducida en los suelos agrícolas de Canarias: Caracterización y Prognosis*”, realizado por la Licenciada en Ciencias Biológicas Dña. Gladys Esther Vargas Chávez, para optar al grado de Doctor por esta Universidad.

Y para que conste y surta los efectos oportunos, firmamos la presente autorización.

La Laguna, 19 de Marzo de 2001

**Fdo. Antonio Rodríguez Rodríguez**

**Fdo. Carmen Concepción Jiménez Mendoza**

Este trabajo ha sido realizado con la ayuda de una beca concedida por la Dirección General de Investigación Científica y Técnica del Ministerio de Educación y Ciencia en el Programa Sectorial de Formación de Profesorado y Personal Investigador.



A mi familia.

A mis padres, por su constante ayuda.

A Juani, por su paciencia y apoyo.

A Iván, por no haberle dedicado más tiempo.

## AGRADECIMIENTOS

Han sido muchas las personas que de una u otra forma han participado y han logrado que esta tesis haya llegado a su fin, y por ello quiero expresarles mi más sincero agradecimiento:

En primer lugar a mis directores de tesis, los doctores Antonio Rodríguez Rodríguez y Carmen Concepción Jiménez Mendoza por el esfuerzo prestado en los muestreos de campo, en todo el trabajo de laboratorio y en la elaboración de esta memoria.

A todos los miembros del departamento, profesores, personal laboral y administrativo, que han contribuído a mi formación.

Al profesor Ildelfondo Pla-Sentís y a su equipo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela en Maracay (Villafañe, Zenaida, Deyanira, Napoleón, etc..) por la ayuda prestada en mi estancia, sobre todo en temas de física de suelos así como en la clasificación integrada de las aguas de riego mediante el modelo SALSODIMAR.

A todo el personal del Laboratorio de Salinidad del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en Riverside (Jirka, Jean Wood, Dean Martin, Frank Dalton, etc..) por su cálida acogida durante mi estancia, y muy especialmente a Donald Suárez, Jiri Simunek e Inma Lebrón por su colaboración en temas de desagregación y dispersión de arcillas, así como en programas informáticos de especiación (CARBCHEM, CO2CHEM) y de modelización de la distribución de sales en suelos de regadío (UNSATCHEM-2D).

A todos los agricultores, propietarios o medianeros, de las más de 110 fincas muestreadas, por su desinteresada colaboración y en especial a Angela Delgado y Fermín Armas.

Al profesor José Manuel Hernández Moreno por la ayuda prestada en la revisión final de algunos apartados de esta memoria.

A mis compañeros Pedro, Juanmi, Susi, MariCarmen y Luisa por los buenos ratos que hemos pasado dentro y fuera de este Departamento.

A Antonio Padrón y Antonio Medina por su ayuda en la determinación de cationes, nitrógeno, RX, etc..

Al Instituto de Productos Naturales y Agrobiología de La Laguna por haberme permitido realizar los análisis por el método de Henin en su laboratorio.

A mi hermano José por su apoyo en algunas partes de esta tesis.

A Notario por su colaboración en el escaneado de las fotos y en el diseño de la portada de esta tesis.

A Paco, Silvias, Juan Luis, Miguel, Marianela, Asterio, Javier, Francisco, Loli, Alberto y Sandra que han alegrado mi ánimo en los últimos días.

A todas aquellas personas que no han sido nombradas y que por un motivo u otro me han ayudado en la elaboración de este trabajo.

*Hace seis mil años, los habitantes de Mesopotamia se aventuraron en una nueva manera de producir alimentos. Habían emigrado hacia el sur, desde las tierras altas de Mesopotamia hacia las mesetas más secas situadas entre los ríos Tigris y Eufrates. En su nuevo hogar, los cultivos brotarían y crecerían, pero se marchitarían por culpa de la sequía antes del momento de la cosecha. Estos emigrantes idearon un remedio simple para ese dilema, que tuvo efectos profundos y perdurables. Excavaron una acequia y desviaron agua desde el Eufrates hasta sus campos, y con ello dieron origen a la práctica del regadío.*

*El regadío transformó las tierras y las sociedades humanas como ninguna actividad lo había hecho antes. El regadío proporcionó unos nuevos cimientos sobre los que las civilizaciones florecieron y que dieron forma al desarrollo social. Al mismo tiempo la historia nos dice que, a largo plazo, la mayoría de las civilizaciones basadas en el regadío fracasaron. La sal puede envenenar el suelo, minando su fertilidad y provocando un declive en su producción. En los comienzos de este nuevo siglo y milenio, estas lecciones significan mucho más que una curiosidad histórica.*

**S. Postel (2000). Reinención de la agricultura de regadío. La situación en el mundo 2000 (Informe anual del Worldwatch Institute).**

# ÍNDICE

## INTRODUCCIÓN GENERAL

<b><u>I. LA SALINIZACIÓN DEL SUELO COMO PROCESO DE DEGRADACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS</u></b> .....	1
<b><u>II. LA SALINIZACIÓN-SODIFICACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS EN LAS ISLAS CANARIAS. ANTECEDENTES</u></b> .....	5
<b>II.1. LA CALIDAD DE LAS AGUAS</b> .....	6
<b>II.2. LOS SISTEMAS DE RIEGO</b> .....	9
<b>II.3. DEGRADACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS EN CANARIAS POR SALINIZACIÓN Y SODIFICACIÓN. ESTUDIOS PREVIOS</b> .....	9
<b><u>III. OBJETIVOS GENERALES DEL TRABAJO</u></b> .....	11

## PARTE I. CARACTERIZACIÓN DE LA SALINIZACIÓN INDUCIDA EN LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE LAS ISLAS CANARIAS

<b><u>I. INTRODUCCIÓN</u></b> .....	15
<b><u>II. MATERIAL Y MÉTODOS. CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE LAS ZONAS AGRÍCOLAS ESTUDIADAS</u></b> .....	17
<b>II.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES, DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ZONAS Y PUNTOS DE MUESTREO (FINCAS)</b> .....	17
II.1.1. Isla de Tenerife.....	18
II.1.2. Isla de La Palma.....	21
II.1.3. Isla de La Gomera.....	23
II.1.4. Isla de El Hierro.....	24
II.1.5. Isla de Gran Canaria.....	26
II.1.6. Isla de Fuerteventura.....	27
II.1.7. Resumen del muestreo.....	29
<b>II.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS</b> .....	30
II.2.1. Pluviometría.....	31
II.2.2. Temperatura.....	32
II.2.3. Regímenes hídricos del suelo.....	33
II.2.4. Regímenes térmicos del suelo.....	40
II.2.5. Clasificaciones climáticas.....	41
II.2.5.1 <i>Clasificación de Thornthwaite (1948)</i> .....	41
II.2.5.2 <i>Clasificación de Papadakis (1966)</i> .....	45
II.2.6. Consideraciones generales sobre las características climáticas.....	49
<b>II.3. LOS SUELOS DE CULTIVO</b> .....	51
II.3.1. Los suelos naturales de las zonas estudiadas.....	51
II.3.1.1. <i>Suelos de la isla de Tenerife</i> .....	51
II.3.1.2. <i>Suelos de la isla de La Palma</i> .....	52
II.3.1.3. <i>Suelos de la isla de La Gomera</i> .....	52
II.3.1.4. <i>Suelos de la isla de El Hierro</i> .....	53

II.3.1.5. <i>Suelos de la isla de Gran Canaria</i> .....	53
II.3.1.6. <i>Suelos de la isla de Fuerteventura</i> .....	54
II.3.1.7. <i>Consideraciones sobre los suelos naturales en las zonas de cultivo estudiadas</i> .....	54
II.3.2. Las sorribas.....	55
II.3.2.1. <i>Origen de los suelos</i> .....	55
II.3.2.2. <i>Proceso de construcción de las sorribas</i> .....	56
<b>II.4. EL AGUA Y LOS SISTEMAS DE RIEGO</b> .....	58
II.4.1. Origen de las aguas y procesos de distribución.....	58
II.4.2. Sistemas y prácticas de riego.....	61
II.4.3. Resumen sobre el origen de las aguas y los sistemas de riego considerados en este trabajo.....	66
<b>II.5. LOS CULTIVOS Y LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS</b> .....	67
II.5.1. Principales cultivos considerados.....	67
II.5.2. Las prácticas agrícolas.....	69
II.5.3. Consideraciones sobre los cultivos y las prácticas agrícolas estudiadas.....	72
<b>II.6. MÉTODOS ANALÍTICOS</b> .....	74
II.6.1. Suelos.....	74
II.6.1.1. <i>Contenido de humedad de los suelos</i> .....	74
II.6.1.2. <i>Extracción de la solución del suelo</i> .....	74
II.6.2. Aguas.....	76
II.6.2.1. <i>pH, conductividad eléctrica, cationes y aniones</i> .....	76
II.6.2.2. <i>Relación de adsorción de sodio</i> .....	76
II.6.3. Análisis foliar.....	79
II.6.3.1. <i>Acenización seca</i> .....	81
II.6.3.2. <i>Acenización húmeda</i> .....	82

### **III. RESULTADOS**

<b>III.1. LOS SUELOS</b> .....	83
III.1.1. Diagnóstico de la salinidad y sodicidad en los suelos agrícolas de Canarias. Caracterización de la solución edáfica.....	83
III.1.1.1. <i>Diagnóstico general</i> .....	84
III.1.1.1.a. Resumen del diagnóstico general de la solución edáfica.....	105
III.1.1.2. <i>Análisis de la solución edáfica a partir de los extractos de saturación del suelo</i> .....	107
III.1.1.2.a. Introducción.....	107
III.1.1.2.b. Correlaciones entre variables.....	107
i) <i>Relación entre la conductividad eléctrica y la concentración de sales</i> .....	108
ii) <i>Relación entre la conductividad eléctrica y la concentración iónica</i> .....	111
iii) <i>Riesgo de sodificación (SAR<sub>esv</sub> y pIAP)</i> .....	112
III.1.1.2.c. Resumen.....	117
III.1.1.3. <i>Análisis de la solución edáfica a partir de extractos de suelos en relación suelo:agua 1:1</i> .....	118
III.1.1.3.a. Correlaciones entre variables. Efecto de la dilución.....	118
III.1.1.3.b. Resumen.....	125

III.1.2. Las características de la solución edáfica en relación con el tipo de cultivo.....	127
III.1.2.1. <i>Caracterización general</i> .....	127
III.1.2.2. <i>Resumen</i> .....	142
III.1.3. La salinidad y sodicidad del suelo en relación con los sistemas de riego.....	145
III.1.3.1. <i>Caracterización general</i> .....	145
III.1.3.2. <i>Resumen</i> .....	151
III.1.4. Diagnóstico general sobre la salinidad-sodicidad de los suelos de cultivo.....	153
<b>III.2. EL AGUA DE RIEGO</b> .....	<b>156</b>
III.2.1. Introducción.....	156
III.2.2. Calidad de las aguas de riego.....	158
III.2.2.1. <i>Concentración salina de las aguas de riego</i> .....	158
III.2.2.1.a. Resultados.....	159
III.2.2.2. <i>Sodicidad de las aguas de riego</i> .....	170
III.2.2.2.a. Introducción.....	170
III.2.2.2.b. Resultados.....	172
III.2.2.3. <i>Alcalinidad de las aguas de riego</i> .....	177
III.2.2.4. <i>Fitotoxicidad específica</i> .....	180
III.2.2.5. <i>Correlaciones entre variables de las aguas de riego</i> .....	183
III.2.2.5.a. Relación entre la conductividad eléctrica y la concentración de sales.....	184
III.2.2.5.b. Relación entre la conductividad eléctrica y la concentración iónica.....	185
III.2.2.5.c. Relación entre la fuerza iónica y la conductividad eléctrica.....	186
III.2.2.5.d. Relación entre el SAR <sub>c</sub> ar y el SAR <sub>a</sub> .....	186
III.2.2.5.e. Relación entre la concentración de boro y la conductividad eléctrica.....	186
III.2.2.6. <i>Resumen</i> .....	187
III.2.2.7. <i>Clasificación de las aguas de riego</i> .....	189
III.2.2.7.a. Coeficiente alcalimétrico o índice de Scott.....	189
III.2.2.7.b. Clasificación de Wilcox.....	191
III.2.2.7.c. Normas Greene.....	192
III.2.2.7.d. Normas Riverside.....	194
III.2.2.7.e. Directrices técnicas propuestas por la FAO en relación con la clasificación de las aguas.....	196
i) <i>Salinidad</i> .....	197
ii) <i>Degradación de la estructura</i> .....	197
III.2.3. Discusión general sobre la calidad de las aguas de riego.....	199
<b>III.3. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE VARIABLES DE LA SOLUCIÓN DEL SUELO Y VARIABLES DEL AGUA DE RIEGO</b> .....	<b>202</b>
III.3.1. Conclusiones.....	208
<b>III.4. LOS CULTIVOS. ESTADO NUTRICIONAL</b> .....	<b>209</b>
III.4.1. Introducción.....	209
III.4.2. Resultados generales del análisis foliar.....	211
III.4.3. Estado nutricional de los cultivos agrupados por islas.....	216
III.4.3.1. <i>Isla de Tenerife</i> .....	216
III.4.3.2. <i>Isla de La Palma</i> .....	217

III.4.3.3. <i>Isla de La Gomera</i> .....	218
III.4.3.4. <i>Isla de El Hierro</i> .....	218
III.4.3.5. <i>Isla de Gran Canaria</i> .....	219
III.4.3.6. <i>Isla de Fuerteventura</i> .....	220
III.4.3.7. <i>Conclusiones</i> .....	221
III.4.4. Resultados del análisis foliar agrupados por tipo de cultivo.....	225
III.4.4.1. <i>Frutales</i> .....	225
III.4.4.1.a. <i>Platanera</i> .....	226
III.4.4.2. <i>Hortícolas</i> .....	228
III.4.4.2.a. <i>Tomates</i> .....	230
III.4.4.3. <i>Ornamentales</i> .....	234
III.4.4.4. <i>Conclusiones</i> .....	235
III.4.5. Correlaciones estadísticas entre el estado nutricional de los cultivos y variables edáficas y del agua de riego.....	244
III.4.5.1. <i>Correlaciones entre variables del análisis foliar</i> .....	244
III.4.5.2. <i>Correlaciones entre variables del análisis foliar y de las aguas de riego</i> .....	245
III.4.5.3. <i>Correlaciones entre variables del análisis foliar y de la solución edáfica (extracto de saturación)</i> .....	246
III.4.5.4. <i>Correlaciones estadísticas para el cultivo de platanera</i> .....	246
III.4.5.4.a. <i>Correlaciones entre variables del análisis foliar</i> .....	246
III.4.5.4.b. <i>Correlaciones entre variables del análisis foliar y de las aguas de riego</i> .....	247
III.4.5.4.c. <i>Correlaciones entre variables del análisis foliar y de la solución edáfica (extracto saturado)</i> .....	248
III.4.5.5. <i>Correlaciones estadísticas para el cultivo de tomate</i> .....	249
III.4.5.5.a. <i>Correlaciones entre variables del análisis foliar</i> .....	249
III.4.5.5.b. <i>Correlaciones entre variables del análisis foliar y de las aguas de riego</i> .....	251
III.4.5.5.c. <i>Correlaciones entre variables del análisis foliar y de la solución edáfica (extracto saturado)</i> .....	253
III.4.5.6. <i>Algunas consideraciones generales sobre las correlaciones estadísticas</i> .....	254
III.4.6. Discusión general sobre el estado nutricional de los cultivos.....	256
III.4.6.1. <i>General</i> .....	256
III.4.6.2. <i>Platanera</i> .....	257
III.4.6.2.a. <i>Nitrógeno</i> .....	257
III.4.6.2.b. <i>Fósforo</i> .....	258
III.4.6.2.c. <i>Potasio</i> .....	258
III.4.6.2.d. <i>Calcio</i> .....	259
III.4.6.2.e. <i>Magnesio</i> .....	259
III.4.6.2.f. <i>Micronutrientes</i> .....	259
III.4.6.2.g. <i>Incidencia del Mal de Panamá</i> .....	260
III.4.6.3. <i>Tomates</i> .....	261
III.4.6.3.a. <i>Nitrógeno</i> .....	261
III.4.6.3.b. <i>Potasio</i> .....	262
III.4.6.3.c. <i>Calcio</i> .....	262
III.4.6.3.d. <i>Azufre</i> .....	262
III.4.6.3.e. <i>Micronutrientes</i> .....	262



## **PARTE II. PROGNOSIS DE LA SALINIZACIÓN INDUCIDA EN LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE LAS ISLAS CANARIAS. ALTERNATIVAS Y RECOMENDACIONES**

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	265
<b>II. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	267
<b>II.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUELOS UTILIZADOS</b> .....	267
<b>II.2. MÉTODOS ANALÍTICOS</b> .....	267
II.2.1. Suelos.....	267
II.2.1.1. <i>Contenido de humedad y extracción de la solución del suelo</i> ....	267
II.2.1.2. <i>pH</i> .....	268
II.2.1.3. <i>Carbonato cálcico equivalente</i> .....	268
II.2.1.4. <i>Materia orgánica</i> .....	268
II.2.1.5. <i>Nitrógeno</i> .....	268
II.2.1.6. <i>Fósforo asimilable</i> .....	268
II.2.1.7. <i>Cationes cambiabes y capacidad de intercambio catiónico (CIC)</i> .....	268
II.2.1.8. <i>Propiedades ándicas</i> .....	268
II.2.1.9. <i>Densidad aparente</i> .....	269
II.2.1.10. <i>Porosidad total (PT) y porosidad superior a 15 µm de radio (P&gt;15)</i> .....	269
II.2.1.11. <i>Infiltración básica</i> .....	269
II.2.1.12. <i>Permeabilidad o conductividad hidráulica saturada (CHS)</i> ....	269
II.2.1.13. <i>Retención de agua</i> .....	269
II.2.1.14. <i>Análisis granulométrico</i> .....	270
II.2.1.15. <i>Mineralogía de arcillas</i> .....	271
II.2.1.16. <i>Test de estabilidad de agregados</i> .....	271
II.2.1.16.a. <i>Estabilidad en seco</i> .....	271
II.2.1.16.b. <i>Método de Henin et al. (1969)</i> .....	271
II.2.1.16.c. <i>Cinética de desagregación</i> .....	273
II.2.1.17. <i>Test de dispersión</i> .....	273
II.2.2. <i>Aguas de riego</i> .....	274
<b>III. RESULTADOS</b> .....	275
<b>III.1. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS SUELOS</b> .....	275
<b>III.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS SUELOS</b> .....	282
<b>III.3. VARIACIÓN DE LAS CONDICIONES DE LA SOLUCIÓN DEL SUELO CON EL CONTENIDO DE HUMEDAD</b> .....	289
III.3.1. <i>Introducción</i> .....	289
III.3.2. <i>Variación teórica de la composición de la solución edáfica al disminuir el contenido de humedad</i> .....	290
III.3.3. <i>Características de la solución edáfica hasta el punto de marchitamiento</i> ..	303
III.3.4. <i>Características de la solución edáfica en extracción fraccionada hasta el punto de marchitamiento</i> .....	309

<b>III.4. CLASIFICACIÓN AGRONÓMICA INTEGRADA DE LAS AGUAS DE RIEGO Y RECOMENDACIONES DE MANEJO</b> .....	313
III.4.1. Introducción.....	313
III.4.2. Características químicas generales de las aguas.....	315
III.4.3. El modelo SALSODIMAR de Pla-Sentís.....	317
III.4.4. Calidad agronómica de las aguas y recomendaciones de manejo.....	319
III.4.4.1. <i>Riego de tomates con aguas de Fuerteventura</i> .....	322
III.4.4.2. <i>Riego de tomates con aguas de Tenerife</i> .....	326
III.4.4.3. <i>Riego de platanera con aguas de Tenerife</i> .....	327
III.4.5. Consideraciones finales.....	329
<b>III.5. DISTRIBUCIÓN DE LA SALINIDAD: VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL</b> .....	332
III.5.1. Fincas de tomates en Fuerteventura.....	332
III.5.2. Fincas de tomates en Tenerife.....	333
III.5.3. Fincas de platanera “Pequeña Enana” en Tenerife.....	336
III.5.4. Fincas de platanera “Gran Enana” con mulching de jable en Tenerife...338	
III.5.5. Conclusiones.....	340
III.5.6. Modelización de la distribución de sales en suelos de regadío.....	341
III.5.6.1. <i>Introducción: el modelo UNSATCHEM-2D</i> .....	341
III.5.6.2. <i>Simulación con la finca de tomates de Fuerteventura (TF)</i> .....	343
<b>III.6. EL ESTADO FÍSICO DE LOS SUELOS. APROXIMACIÓN EXPERIMENTAL</b> .....	358
III.6.1. Introducción.....	358
III.6.1.1. <i>La doble capa difusa</i> .....	359
III.6.1.2. <i>Factores que afectan a la estabilidad estructural de los suelos</i> ..360	
III.6.1.2.a. Electrolito.....	360
III.6.1.2.b. Mineralogía de arcillas.....	364
III.6.1.2.c. Óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio.....	365
III.6.1.2.d. Materia orgánica.....	366
III.6.1.2.e. Granulometría.....	368
III.6.1.3. <i>Principales mecanismos relacionados con la estabilidad estructural de los suelos</i> .....	368
III.6.1.3.a. Expansión de las arcillas.....	368
III.6.1.3.b. Desagregación.....	369
III.6.1.3.c. Dispersión de las arcillas.....	369
III.6.2. Resultados.....	371
III.6.2.1. <i>Desagregación</i> .....	371
III.6.2.1.a. Tamizado en seco.....	372
III.6.2.1.b. Desagregación en húmedo.....	372
i) <i>Método de Henin</i> .....	373
ii) <i>Cinética de desagregación</i> .....	374
III.6.2.2. <i>Dispersión</i> .....	385
III.6.2.2.a. Dispersión del suelo total en soluciones de SAR infinito.....	385
III.6.2.2.b. Dispersión del suelo total en soluciones de SAR equivalente al agua de riego.....	391
III.6.2.3. <i>Relación entre los mecanismos de desagregación y dispersión de arcillas</i> .....	396
III.6.2.4. <i>Relación de parámetros de los tests de desagregación y dispersión con propiedades del suelo</i> .....	398

**CONCLUSIONES GENERALES.....405**

**BIBLIOGRAFÍA**

**Citada.....413**  
**Consultada.....443**

# **INTRODUCCIÓN GENERAL**

## **I. LA SALINIZACIÓN DEL SUELO COMO PROCESO DE DEGRADACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS EN REGADÍO**

La agricultura de regadío ha permitido en los últimos años una expansión considerable de las tierras cultivadas. Debido fundamentalmente a la presión demográfica, se han adoptado estrategias enfocadas a la obtención de mayores producciones, y aunque sólo el 17% de las tierras de cultivo del globo están bajo riego, producen más de la tercera parte del total de alimentos (Umali, 1993).

Sin embargo el cultivo intensivo continuado ha producido serios problemas de desertificación, término que se define como la pérdida de fertilidad y potencialidad biológica y productiva de un territorio (Rodríguez et al., 1991).

En general se conoce poco acerca de los procesos y relaciones entre degradación de suelos y desertificación (Albaladejo et al., 1988). En un sentido amplio la degradación del suelo es la reducción de las propiedades o cualidades de un suelo que lo hacen ser un recurso apto desde el punto de vista natural y/o agrícola (PNUMA, 1984; Pla-Sentís, 1988a; Lal y Stewart, 1990).

Son varios los procesos que contribuyen a la degradación de suelos aunque desde el punto de vista de su importancia cuantitativa, la erosión y la salinización-sodificación constituyen los procesos fundamentales.

Se estiman en unos 5-7 millones de hectáreas de tierras cultivadas las que se degradan anualmente, siendo la salinización del suelo el segundo proceso más importante, después de la erosión hídrica, responsable de esta degradación. En las zona agrícolas bajo riego puede llegar a constituirse en el proceso más importante de degradación (Umali, 1993), debido fundamentalmente a factores climáticos, edáficos y sobre todo a un inadecuado manejo del agua de riego (infraestructuras de drenaje no adecuadas, sobreaplicación de aguas de mala calidad y otros).

Un suelo es salino o ha sufrido un proceso de salinización cuando presenta en la solución edáfica, en la zona de desarrollo radicular, una concentración de sales lo suficientemente alta como para restringir el desarrollo normal de los cultivos (Fuentes, 1989). Se utiliza el término *salinización secundaria o inducida* cuando este exceso de sales solubles se produce por causas antrópicas como son el riego con aguas de alto contenido salino y/o sódico, uso excesivo e indiscriminado de agroquímicos, monocultivo intensivo; agravado a veces por un mal conocimiento de las propiedades del suelo. El incremento de la superficie de suelos afectados por sales, además de inducida por el hombre con la agricultura intensiva (Dregne, 1976) puede deberse según algunos autores a los

cambios climáticos ocurridos en los últimos años (Szabolcs, 1996).

En Europa, la extensión total de suelos afectados por sales supera los 50 millones de hectáreas, y España es uno de los cuatro países europeos donde más de las tres cuartas partes de los suelos presentan este problema (Szabolcs, 1996). Según este autor, los factores más importantes que llevan a la salinización secundaria de los suelos en Europa son:

\* El aporte de sales al suelo por medio del agua de riego y el ascenso capilar de agua freática salina.

\* El cambio climático global: Como consecuencia de la acumulación en la atmósfera de CO<sub>2</sub> y otros gases de conocido efecto invernadero, la temperatura media anual aumentará en los próximos 50-70 años, consecuentemente, el índice de aridez también se incrementará, y tendrá lugar una salinización progresiva en los territorios marginales.

\* La elevación del nivel del mar: Se ha asumido, que debido al cambio climático global, la elevación media del nivel del mar será de 1 cm por año, por lo que el efecto del agua del mar provocará la salinización y captaciones de agua de los suelos de las zonas costeras.

Aunque las zonas de regadío no cambiarán sustancialmente, Szabolcs (1996) no descarta otros factores tales como el cambio en los patrones tradicionales de cultivo, el uso intensivo de agroquímicos, el cambio en las prácticas de manejo, etc.

El agua es el vehículo de las sales dentro y fuera de la zona radicular; y así, cuando regamos con aguas salinas, estamos aportando sales al suelo ya que mientras la mayor parte del agua retorna a la atmósfera por medio de la evapotranspiración, la cantidad de sales absorbida por las plantas y las extraídas con las cosechas es despreciable, quedando la mayoría de ellas en el suelo, acumulándose en la zona radicular. Conviene recordar que mientras el agua es un recurso renovable, aunque escaso en la calidad agrícola adecuada, la calidad de un suelo agrícola es difícilmente recuperable una vez dañada. Por ello la utilización eficiente de uno y otro es requisito indispensable para acrecentar y dar permanencia y sostenibilidad a la agricultura de regadío (Roldán, 1990).

En las zonas áridas este problema se agrava ya que, la cantidad de agua de riego aplicada es mayor y por tanto el aporte de sales también lo es. Además las escasas precipitaciones impiden el lavado de las mismas, y hay que añadir más agua de la necesaria para cubrir la evapotranspirada para así desplazar las sales lejos de la zona radicular (Young y Horner, 1986).

Aunque las plantas puedan tolerar y a veces requieran ciertos niveles de salinidad para el crecimiento, como hemos dicho, una salinidad muy alta en la zona radicular reduce el desarrollo de las mismas. El exceso de sales aumenta la presión osmótica de la disolución y en consecuencia el gasto de energía para poder absorber el agua del suelo, comprometiendo procesos bioquímicos que le son necesarios para sobrevivir. A niveles muy altos de salinidad el potencial osmótico fuera de la raíz cae por debajo del potencial osmótico dentro de la raíz, pudiendo tener lugar el marchitamiento de la misma (Maas y Nieman, 1978; Läuchli y Epstein, 1990).

Otro problema de la salinización del suelo es la presencia de altas concentraciones de iones en disolución, particularmente el sodio, que puede antagonizar la absorción de otros elementos esenciales como el potasio y el calcio. La alta concentración de cloruros, sodio y a veces boro, puede tener efectos tóxicos en algunas plantas que muchas veces no son distinguibles de las deficiencias de otros nutrientes (Läuchli y Epstein, 1990).

El crecimiento de un cultivo se ve afectado cuando la salinidad excede de un valor umbral que es muy variable y depende del tipo de cultivo, estado de crecimiento de la planta, método de riego y frecuencia, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, estructura del suelo, fertilidad y distribución de las sales en el perfil.

Un problema relativamente cercano y asociado a la salinización inducida, es el de la sodificación. Puede aparecer en suelos con bajo contenido en cationes divalentes cambiables que se riegan con aguas ricas en sodio. El complejo de cambio adsorbe el sodio del agua de riego (proceso tanto más intenso cuanto más arcilloso es el suelo) produciéndose la sodificación del mismo. El sodio es un catión que tiene una alta tendencia a la hidrólisis de manera que la desorción del mismo implica la aparición de grupos  $\text{OH}^-$  en la solución, que elevan mucho el pH y sobre todo mantienen los coloides electronegativos en estado disperso, desestabilizándose las estructuras agregadas y creando un medio de baja porosidad de aireación, donde además, la infiltración del agua se ve impedida llegando a crearse un ambiente de anoxia que provoca asfixia radicular y un incremento de la actividad de los procesos anaeróbicos y reductores (Rhoades, 1990; Barrow, 1991).

Vemos pues que la *salinización del suelo* (exceso de sales disueltas en la solución edáfica) y la *sodificación* (exceso de sodio adsorbido en la fase sólida del suelo) son procesos químicos diferentes, con consecuencias también distintas, aunque generalmente tienen un origen similar y los factores que los originan son aproximadamente los mismos.

Para que se produzcan los procesos de salinización y/o sodificación, es necesario siempre la existencia de una fuente externa que aporte sales y/o sodio al suelo. Este aporte puede tener un origen natural, como es el continuo aporte de sales de sodio por los vientos alisios oceánicos y por la maresía en aquellos suelos próximos a la costa, así como la propia alteración de los materiales geológicos más antiguos, que liberan cantidades importantes de sales que se acumulan en el suelo al producirse la aridificación climática.

En el caso que nos ocupa, son más importantes los aportes de sales y sodio al suelo, realizados por las actividades del hombre sobre el mismo. La intensificación de la agricultura y el monocultivo, hace que se produzca un aporte excesivo de fertilizantes inorgánicos (la mayoría de ellos en forma de sales muy solubles), que aumentan considerablemente la concentración salina de la solución edáfica (salinización). Además el uso de aguas de mala calidad y alta concentración de sodio, contribuyen también de manera destacable a la sodificación del complejo adsorbente del suelo.

En los suelos salinizados se ve muy disminuída su capacidad productiva, ya que la elevada presión osmótica de la solución edáfica hace que las plantas que en ellos crecen no puedan absorber los nutrientes y el agua necesarios para cumplir sus ciclos vitales (salvo en el caso de plantas con adaptaciones morfoanatómicas y fisiológicas específicas -plantas halófitas, halofitismo-).

En los suelos sódicos la productividad de los mismos disminuye, bien por un efecto directo debido a la toxicidad del ión sodio para determinados cultivos o bien por un efecto indirecto, ya que un exceso de sodio adsorbido en las fracciones sólidas del suelo, produce una degradación de la estructura, como ya hemos dicho, con dispersión de las partículas y formación de capas masivas, de muy baja porosidad y permeabilidad, lo que provoca encharcamiento y asfixia radicular en la mayoría de las plantas que crecen en estos suelos.



## **II. LA SALINIZACIÓN-SODIFICACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS EN LAS ISLAS CANARIAS. ANTECEDENTES**

Los ecosistemas y agrosistemas insulares, se caracterizan generalmente por su fragilidad, lo que los hace extremadamente sensibles a los procesos de degradación ambiental.

En las Islas Canarias hace tiempo que se ha detectado un proceso creciente de desertificación, sin embargo, prácticamente no se ha realizado ningún estudio encaminado al conocimiento de sus mecanismos y factores responsables (Rodríguez et al., 1991).

La salinización-sodificación de los suelos en el archipiélago, no sólo se debe a causas naturales (González et al., 1991), sino que en los últimos años, con el aumento de la actividad agrícola de regadío se ha agravado la situación debido al indiscriminado uso de aguas salinas de muy baja calidad, las únicas disponibles en muchos casos, como consecuencia de la continua sobreexplotación de los acuíferos que origina fenómenos de intrusión marina en los pozos costeros (Rodríguez et al., 1991).

Debido a la elevada movilidad de las sales y el sodio en el suelo, éstas son fácilmente eliminadas del mismo mediante un exceso de agua (lavado de sales). Las precipitaciones y los sistemas de riego tradicionales que utilizan grandes volúmenes de agua, facilitan el lavado y solucionan los problemas de salinización y sodificación. Sin embargo, el uso cada vez más generalizado de sistemas de riego localizados de alta frecuencia que utilizan volúmenes muy bajos de agua, no favorecen la eliminación de las sales de los horizontes superficiales del suelo, sino que solamente las cambia de emplazamiento, llevando así a una *salinización oculta a medio plazo* de los suelos agrícolas.

La agricultura de exportación ocupa en las islas un tercio de la superficie cultivada, de la que el 80% corresponde a agricultura de regadío, lo que supone unas 27.111 ha (Consejería de Agricultura y Alimentación. Gobierno de Canarias, 1995); esta agricultura de regadío consume más del 70% de las aguas disponibles. Destaca el cultivo de platanera en la provincia de Santa Cruz de Tenerife con casi el 70% del consumo de agua agrícola provincial, y el cultivo de hortalizas y tomates de exportación con un valor cercano al 40% en la provincia de Las Palmas. La platanera es pues el cultivo más consumidor de agua, rondando el 60% del total del consumo agrario del archipiélago con una superficie de unas 10.000 ha y un valor medio de consumo hídrico del cultivo de 14.917 m<sup>3</sup>/ha/año. Por lo tanto por cada kilogramo de plátano producido es necesario aplicar unos 336 litros de agua, de los cuales la planta asimila menos de un 50%, tratándose de valores medios que pueden variar según los diferentes métodos de riego empleados (Synconsult Aicasa,

1987; Soler y Lozano, 1988).

La extensión del cultivo de platanera en las zonas costeras con grandes exigencias en cantidad y calidad de agua, ha obligado a la captación y conducción del agua del subsuelo desde las zonas de medianías (donde sus aguas son de mejor calidad).

## II.1. LA CALIDAD DE LAS AGUAS

Las aguas subterráneas de Canarias, son de tres tipos fundamentales: cloruradas sódicas, bicarbonatadas sódicas y bicarbonatadas cálcico-magnésicas. Por lo general en las zonas áridas costeras de las islas de Lanzarote, Fuerteventura, Sur de Tenerife y Gran Canaria, así como en otras con acuíferos sobreexplotados y con un alto grado de intrusión marina, las aguas subterráneas extraídas mediante pozos, son predominantemente cloruradas sódicas. Las aguas de galerías son siempre de mejor calidad y bicarbonatadas, bien sódicas cuando el acuífero satura rocas alcalinas (fonolitas, ignimbritas, etc.) o bien cálcicas y magnésicas en rocas basálticas. Las aguas sulfatadas son raras y sólo aparecen cuando existe algún tipo de contaminación del acuífero, generalmente colgado (urbana, por riegos o volcánica) (Soler y Lozano, 1988).

La contaminación de los acuíferos en zonas de agricultura intensiva de regadío, es un hecho conocido. En Canarias, debido al mal uso o no empleo de las técnicas adecuadas, un elevado porcentaje de agua de riego vuelve a infiltrarse, disolviendo nitratos y sulfatos de los fertilizantes, también utilizados en exceso y empeorando la calidad del agua del subsuelo.

Las zonas contaminadas por labores agrícolas coinciden con las zonas de producción de platanera, que es el cultivo que más volumen de agua y fertilizantes necesita. Se han encontrado zonas contaminadas por labores agrícolas en: Gran Canaria (Arucas), Tenerife (Valle de la Orotava), La Palma (Valle de Aridane y Barranco de Las Angustias) y en La Gomera existen indicios de contaminación en Valle Gran Rey (Soler y Lozano, 1988).

La intrusión marina se manifiesta por la elevación del contenido en sales disueltas, generalmente motivado por un aumento de cloro y sodio, y unas relaciones magnesio/calcio y cloro/sulfato próxima a 5 y 10 respectivamente. Problemas de intrusión se han detectado en Gran Canaria en la zona sur (desde Arguineguín hasta Maspalomas), zona noreste (desde Melenara hasta Las Palmas), zona norte (desde la desembocadura del Barranco de Moya hasta el Faro de Sardina) y zona oeste (Barranco de la Aldea). En Fuerteventura, la casi totalidad del acuífero presenta valores de cloruros superiores a 1 g/L. Tenerife presenta intrusión en los pozos de las zonas costeras de Güümar, Tejina y entre Puerto Santiago y Adeje. En la isla de La Palma son Santa Cruz de La Palma,

el tramo costero comprendido entre la desembocadura del Barranco de Las Angustias y Puerto Naos las zonas donde se ha detectado este problema, al igual que en La Gomera, Valle Gran Rey y San Sebastián de La Gomera y en el Valle de El Golfo en la isla de El Hierro (Soler y Lozano, 1988).

En 1974 se realizó un estudio sobre las características químicas de las aguas subterráneas de las islas Canarias Occidentales (Fernández-Caldas y Pérez, 1974). En la región central y noroccidental de la isla de Tenerife se encontraron las galerías de mayor concentración iónica de las islas Canarias Occidentales, con valores de conductividad generalmente superiores a 1000  $\mu\text{mho/cm}$  y altas concentraciones de sodio y bicarbonato. Las aguas de menor concentración iónica total de las Islas Canarias, corresponden a los manantiales y galerías situados en las zonas Norte y Este de La Palma (Fernández-Caldas y Pérez, 1974), con valores de C.E. inferior a 100  $\mu\text{mho/cm}$ . El resto de las aguas de galerías de las islas Canarias Occidentales tienen una concentración iónica intermedia, con conductividades comprendidas entre 100 y 500  $\mu\text{mho/cm}$ .

La mayor parte de las aguas de galerías de las islas pertenecen a las clases C1S1 y C2S1 del sistema de clasificación agrícola del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos. En lo que se refiere a su clasificación química predominan indistintamente las aguas salinas (cloruros, sulfatos, magnesio y sodio) y las alcalinas (bicarbonatos y sodio).

La composición química de las aguas basales (pozos), depende de la altura a que se encuentre sobre el nivel del mar. Los pozos situados en cotas altas, donde el espesor de las aguas basales es considerable, son las de menor concentración iónica total, predominando el sodio entre los cationes y el bicarbonato y cloruros, indistintamente entre los aniones. En los pozos próximos a la costa, donde el espesor de las aguas basales es menor, la concentración iónica total es elevada, predominando los iones sodio y cloruro.

De acuerdo con la clasificación agrícola del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos, el mayor porcentaje de aguas de pozo corresponden a las clases C2S1 y C3S1 y según los diferentes sistemas de clasificación química, las aguas de pozo de las islas de Tenerife, La Gomera y El Hierro pueden ser consideradas salinas (sales disueltas cloruro sódico, cloruro de magnesio y sulfato sódico) y las de la isla de La Palma son indistintamente aguas salinas y alcalinas (bicarbonatadas sódicas).

La situación actual de los recursos hídricos del Archipiélago Canario en general, hace necesario el aprovechamiento de recursos alternativos como es la reutilización de efluentes urbanos depurados, ayudando de esta forma a atenuar el efecto de la disminución de las disponibilidades de agua subterránea.

Se han realizados diversos trabajos para caracterizar las aguas residuales depuradas de Santa Cruz de Tenerife, apuntándose en todos ellos que el uso de estas aguas no parece presentar problemas que impidan su utilización en la agricultura. La conductividad eléctrica alta, así como el elevado contenido en sodio y bicarbonato de estas aguas es debido, principalmente a la calidad del agua de abasto. Estas características traerán consigo consecuencias agronómicas conocidas, si no se establecen medidas correctoras, dado que problemas similares presentan las aguas blancas que actualmente se utilizan en los regadíos (Hernández, 1992).

El uso de estas aguas, lleva consigo un riesgo moderado de salinización así como de sodificación y pérdida de permeabilidad del suelo (Hernández, 1989; Rodrigo et al., 1993 y Martín, 1994).

La calidad del agua depurada puede variar dependiendo del tratamiento al que es sometida, González (1994) encontró una mejora en la calidad del agua depurada de Santa Cruz de Tenerife en columna zeolítica en comparación con el tratamiento biológico; pronosticando para el cultivo del plátano en suelos de infiltración media, riego imposibilitado para aguas blancas y depuradas por tratamiento biológico, mientras el riego podía ser prolongado para el agua depurada en columna zeolítica.

En Tenerife se ha puesto en marcha un Programa de reutilización de aguas depuradas en el Valle de San Lorenzo y Valle Guerra, con la colaboración de los Ayuntamientos de Santa Cruz y La Laguna, del Cabildo Insular de Tenerife, del Gobierno de Canarias (Consejerías de Obras Públicas, Vivienda y Aguas; y Agricultura, Pesca y Alimentación) y del Estado (MOPU e IRYDA), que incluye el transporte desde la estación depuradora al Valle de San Lorenzo y Valle Guerra, para su posterior distribución, desde una balsa reguladora. El organismo Autónomo Local Balsas de Tenerife (BALTEN), adscrito al Cabildo Insular de Tenerife, ha implantado el regadío con aguas depuradas en el Valle de San Lorenzo, desde Mayo de 1993 (Balten, 1993, AGRIMAC S.L., 1995a,b y 1999).

La calidad del agua depurada de la Balsa de San Isidro ha puesto de manifiesto que existen restricciones ligeras o moderadas para su uso en regadío, aunque también habría que tener en cuenta las características propias de los suelos que van a ser regados, ya que la mayoría presentan características ándicas y los criterios de evaluación de calidad del agua para el riego no son adecuados para estos suelos (Campos, 1995).

## II.2. LOS SISTEMAS DE RIEGO

El sistema de riego tradicional en las islas ha sido el riego a manta, que en los últimos años se ha ido sustituyendo por otros sistemas de mayor eficiencia (porcentaje de agua que llega a la zona radicular, respecto del total de agua aportada por el riego). En la actualidad se estiman en unas 9.000 ha (30% de la agricultura de regadío) las tierras que poseen sistemas de riego por aspersión o localizado. El cambio de un sistema de riego a otro de mayor eficiencia produce un ahorro medio que puede cifrarse hasta un 30% al pasar de un riego a manta a un sistema por goteo (Pérez, 1992).

Como veremos más adelante, este cambio del manejo del riego, tiene importantes implicaciones en la degradación de la calidad de los suelos y en los procesos de salinización y sodificación.

## II.3. DEGRADACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS EN CANARIAS POR SALINIZACIÓN Y SODIFICACIÓN. ESTUDIOS PREVIOS

Estudios de salinidad en suelos agrícolas, solamente se han realizado en la isla de Tenerife, en suelos cultivados (plátanos y tomates) de distintas zonas del sur de la isla (municipios de Güímar, Fasnía, Arico, Granadilla, San Miguel, Arona, Vilaflor, Adeje y Guía de Isora) (Pérez et al., 1975). El mayor porcentaje de suelos salinos con CEes > 8 dS/m, se encontró en Granadilla, San Miguel, Arona, Vilaflor, Adeje (29 % del total de muestras analizadas en esta zona) y en Guía de Isora (27%). La salinidad va disminuyendo al pasar del oeste al sureste de la isla. En esta distribución se observa una influencia climática y litológica evidente. La zona analizada más al este fue el municipio de Guimar, y en él la totalidad de los suelos presentaban las CEes comprendidas entre 4-8 dS/m. En esta zona, los suelos están constituídos principalmente por aluviones de origen basáltico.

Dentro de los suelos con CEes superiores a 4 dS/m, existen una elevada proporción de suelos salino-sódicos, presentándose el mayor porcentaje en los municipios de Granadilla, San Miguel, Arona, Vilaflor, Adeje, en los que más de un 40% de los suelos salinos (CEes > 4 dS/m) son sódicos (Pérez et al., 1975).

También fue realizado un trabajo por Fernández-Caldas et al. (1971) sobre la utilización de aguas bicarbonatadas en los cultivos de platanera en la zona Norte de la isla de Tenerife, que han sido regadas con el mismo agua de riego durante veinte o treinta años. Parece no cumplirse en estos suelos, bajo cultivos de plátanos, los procesos de salinización y alcalinización de suelos que cabría esperar, dadas las características químicas de las aguas de riego. Es evidente que el sistema de riego

por inundación que se sigue en estas plantaciones, a intervalos frecuentes y aplicando volúmenes de agua considerables, ha impedido un aumento de las concentraciones de sales en el suelo necesarias para que se produzcan los procesos de salinización y sodificación.

Más recientemente y en el marco de un programa encaminado a investigar los factores responsables y los procesos implicados en la degradación de los suelos de las islas Canarias, así como su incidencia en la desertificación que sufren las islas (Rodríguez et al., 1991), se han llevado a cabo varios trabajos, algunos de ellos relacionados con los objetivos de esta Tesis Doctoral.

Así, en la XVIII Reunión Nacional de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo (Septiembre de 1991), se expusieron los resultados preliminares de un estudio sobre la salinización inducida en la agricultura canaria (Vargas et al., 1991). En el III Congreso de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo, celebrado en Pamplona en Septiembre de 1992, se presentaron dos comunicaciones, una sobre ensayos de laboratorio en la salinización de suelos de carga variable (Hernández et al., 1992) y otro sobre la relación de la conductividad eléctrica con algunos parámetros ambientales y edáficos (González et al., 1992).

Otros trabajos sobre desertificación agrícola en las Islas Canarias y degradación de suelos por salinización (Vargas et al., 1993), dispersión de arcillas (Vargas, 1998) y estabilidad de agregados (Vargas et al., 1999) en suelos agrícolas salinizados, influencia de los sistemas de riego (Jiménez et al., 1998) y de la calidad de las aguas (Vargas y Rodríguez, 2000) en la salinización-sodificación de los suelos agrícolas, han sido publicados o presentados en congresos nacionales e internacionales en los últimos años.

### **III. OBJETIVOS GENERALES DEL TRABAJO**

De acuerdo con estos antecedentes, en esta Tesis Doctoral se plantean dos objetivos globales:

a) Realizar una caracterización exhaustiva del estado de salinización-sodificación de los principales suelos agrícolas de las Islas Canarias, evaluando los factores implicados en los procesos y en particular la calidad de las aguas de riego.

b) Establecer una prognosis de la salinización inducida en la agricultura de regadío en Canarias, mediante la utilización de modelos predictivos para detectar problemas potenciales de salinización y/o sodificación y establecer las limitaciones y posibles alternativas para el uso y manejo de las aguas de riego.

Estos objetivos globales se pretenden alcanzar en base a los siguientes objetivos concretos:

1. Establecer un diagnóstico del estado salino-sódico de los suelos de agricultura intensiva en Canarias.
2. Caracterización química y física de los principales suelos agrícolas de regadío.
3. Evaluar la influencia de la calidad del agua de riego sobre los procesos de salinización-sodificación de suelos.
4. Evaluación integral de la calidad del agua de riego, basado no sólo en sus características intrínsecas, sino también en base a parámetros externos: clima, cultivo, manejo de riego y características del suelo.
5. Modelizar la dinámica de sales en los suelos cultivados y en nuestras condiciones de cultivo, así como las variaciones en la composición de la solución edáfica, de acuerdo con el contenido de agua en el suelo.
6. Valorar la incidencia de la degradación de los suelos por salinización-sodificación, sobre la respuesta de los cultivos (deficiencias o toxicidad).
7. Evaluar la influencia del agua de riego y de la salinidad-sodicidad de la solución edáfica sobre las propiedades físicas del suelo (dispersión de arcillas, estabilidad de agregados).

Así pues, la presentación de esta Tesis Doctoral se estructura en dos partes.

*Parte I:* Donde se expone la metodología y resultados de la caracterización exhaustiva del estado salino-sódico de los suelos agrícolas de Canarias (suelos, aguas y cultivos).

*Parte II:* Donde se realiza una prognosis de la salinización-sodificación de suelos en regadío en base a la modelización de determinados procesos, se ensayan los efectos de estos procesos sobre el estado físico de los suelos y se establecen alternativas y recomendaciones.



## **PARTE I**

# ***CARACTERIZACIÓN DE LA SALINIZACIÓN INDUCIDA EN LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE LAS ISLAS CANARIAS***

## **I. INTRODUCCIÓN**

En la caracterización de la salinización inducida por el manejo en los suelos de agricultura intensiva de regadío, un parámetro primordial a considerar es la solución edáfica. Así en esta primera parte del trabajo, luego de un análisis de las principales características ecológicas y agronómicas de las áreas agrícolas estudiadas, se realiza un exhaustivo estudio de la solución edáfica, tanto en extractos de saturación como en extractos en relación suelo:agua 1:1 y la relación de las características de ésta con las diferentes zonas agrícolas, los distintos cultivos y los sistemas de riego empleados.

Asumiendo como hipótesis que la salinización-sodificación observada actualmente en los suelos, tiene su origen mayoritariamente en las aguas de riego, un segundo capítulo se dedica al estudio de las aguas de riego, sus características analíticas y el establecimiento de su calidad según las clasificaciones más usuales, y la influencia de éstas en las condiciones de la solución edáfica de los suelos regados.

Un tercer capítulo se dedica a la evaluación del estado nutricional de los diferentes cultivos y su relación con variables edáficas y del agua de riego, con objeto de establecer la incidencia real de la salinización inducida en la productividad del cultivo.

## **II. MATERIAL Y MÉTODOS. CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE LAS ZONAS AGRÍCOLAS ESTUDIADAS**

### **II.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES, DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ZONAS Y PUNTOS DE MUESTREO (FINCAS)**

Las islas de Tenerife, Gran Canaria y La Palma son las que tienen las mayores superficies dedicadas a la agricultura de regadío con 16.369, 10.874 y 5.350 hectáreas respectivamente (Tabla I.2.1).

**Tabla I.2.1**  
**Superficie agrícola en regadío**

<b>Isla</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>Porcentaje</b>
Tenerife	16.369	47.6
La Palma	5.350	15.5
La Gomera	1.020	3.0
El Hierro	241	0.7
Gran Canaria	10.874	31.6
Fuerteventura	591	1.6
Lanzarote	-	-
<b>Total</b>	<b>34.445</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Cámara Agraria Provincial (1984)

Se ha realizado un muestreo general de los agrosistemas intensivos bajo riego en todas las islas, excepto Lanzarote, donde sólo existe una agricultura de secano, aunque con características muy particulares. El muestreo se hizo lo más diversificado posible incidiendo en las zonas agrícolas más importantes desde el punto de vista de la exportación (invernaderos, tomates, plátanos, flores y plantas ornamentales, hortícolas, etc.).

En cada finca se ha muestreado el suelo, recogiendo 15 o 20 submuestras (dependiendo de la superficie de la parcela) de la zona de enraizamiento; una muestra del agua utilizada para el riego y muestras para análisis foliar según Mascarell et al. (1989) y Reuter y Robinson (1986).

Se recogieron 176 muestras de suelo, 80 muestras de aguas de riego y 114 muestras para análisis foliar. De las muestras de suelo se seleccionaron 123 (Tablas I.2.2 a I.2.7); los criterios de selección han sido obtener la máxima variedad de cultivos así como de sistemas de riego (manta, aspersión, microaspersión y goteo), en las zonas agrícolas más importantes de las islas Canarias.

Las muestras de las aguas de riego y las muestras de hojas de los cultivos, se analizaron en su totalidad.

En el Anexo I se presentan los datos de las fincas seleccionadas (fichas de campo) y en el Anexo II, la relación de muestras analizadas para cada isla.

### **II.1.1. ISLA DE TENERIFE**

Tenerife, es la isla más extensa del archipiélago, con unos 2.036 km<sup>2</sup>. El relieve está constituido por una cadena montañosa que atraviesa la isla de Noreste a Suroeste y que está surcada por profundos barrancos, que se van convirtiendo en suaves valles, lugares donde se asienta la agricultura. Es la isla que tiene un mayor porcentaje de sus tierras dedicadas a la agricultura de regadío, un 7,8 % de su superficie total.

Con el boom turístico de los años sesenta y setenta, se produjo el abandono de las tierras de medianías, tanto en el norte como en el sur de Tenerife.

Las superficies cultivadas sufrieron un desplazamiento hacia las zonas costeras del sur, ya que el mayor número de horas de sol permitía producir fuera de temporada e incrementar las producciones, así como la calidad del producto. Se instalaron sistemas de riego localizado (aspersión y goteo) que facilitaron el ahorro de agua y de mano de obra. Los principales cultivos, dedicados fundamentalmente a la exportación son la platanera y el tomate.

En la zona norte el cultivo de la platanera ha descendido en los últimos años, siendo los municipios con mayor superficie cultivada La Laguna, Los Realejos y La Orotava (1.459 ha). Por el contrario, en la zona sur no ha dejado de crecer la superficie dedicada a la platanera, destacando los municipios de Adeje (565 ha), Arona (540 ha) y Guía de Isora (446 ha), por su proximidad al norte y noroeste de donde han sido transportadas la tierra y el agua para la puesta en cultivo de estos regadíos.

Guía de Isora y Adeje son los municipios con mayor superficie dedicada al tomate (unas 1.080 ha), segundo cultivo de la isla, seguidos de Granadilla de Abona y Santiago del Teide.

Para superar los dos principales problemas, el agua y los salarios y obtener producciones rentables de cara a los mercados europeos, se han extendido los cultivos protegidos bajo invernadero, tomate y platanera, así como hortalizas, flores y ornamentales.

En la Tabla I.2.2 se presentan las fincas seleccionadas en la isla de Tenerife cuyas características (fichas de campo) aparecen en el Anexo I; así como una cartografía esquemática de las zonas muestreadas (Figura I.2.1).

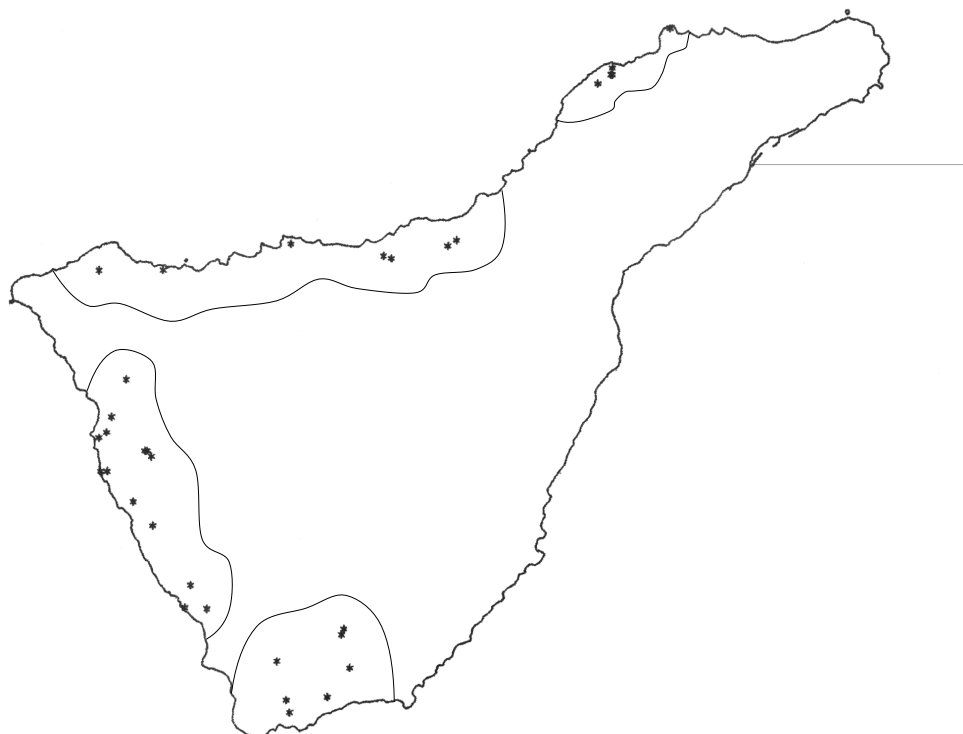
**Tabla I.2.2**  
**Fincas analizadas en la isla de Tenerife**

<b>Finca</b>	<b>Municipio</b>	<b>Altitud</b>	<b>Cultivo</b>
T1	La Laguna	0	Rosas
T2	La Laguna	0	Palmita
T3	La Laguna	50	Fresas
T4	La Laguna	80	Strelitzia
T5	La Laguna	90	Strelitzia
T6	La Laguna	80	Papa
T7	La Orotava	230	Cítricos
T8	La Orotava	230	Aguacate
T9	La Orotava	260	Aguacate
T10	Los Realejos	300	Platanera
T11	Los Realejos	250	Clavel
T12	La Guancha	100	Platanera
T13	La Guancha	100	Espinacas
T14	La Guancha	100	Lechuga
T15	La Guancha	100	Zanahoria
T16	Garachico	60	Platanera
T17	Buenavista	140	Platanera
T18	Santiago del Teide	750	Ajos
T19	Santiago del Teide	300	Azafrán
T20	Santiago del Teide	200	Tomate
T21	Santiago del Teide	75	Platanera
T22	Guía de Isora	10	Platanera
T23	Guía de Isora	40	Tomate
T24	Guía de Isora	75	Platanera
T25	Guía de Isora	250	Platanera

**Tabla I.2.2 (continuación)**  
**Fincas analizadas en la isla de Tenerife**

<b>Finca</b>	<b>Municipio</b>	<b>Altitud</b>	<b>Cultivo</b>
T26	Guía de Isora	620	Rosas
T27	Guía de Isora	610	Gladiolos
T28	Guía de Isora	600	Tomate
T29	Guía de Isora	600	Tomate
T30	Guía de Isora	600	Millo
T31	Guía de Isora	600	Papas
T32	Adeje	160	Platanera
T33	Adeje	20	Platanera
T34	Adeje	100	Platanera
T35	Adeje	100	Cítricos
T36	San Miguel	360	Viñas, papas
T37	San Miguel	400	Pimiento
T38	San Miguel	400	Habichuelas
T39	San Miguel	50	Cítricos
T40	Arona	30	Platanera
T41	Arona	30	Aguacate
T42	Arona	175	Aguacate
T43	Arona	175	Cítricos
T44	Arona	175	Mango
T45	Arona	50	Platanera
T46	Granadilla Abona	125	Tomate
T47	Granadilla Abona	125	Cítricos
T48	Granadilla Abona	125	Preparado tomate

**Figura I.2.1**  
**Distribución geográfica de las muestras en la isla de Tenerife**



Escala aproximada 1:665.000

### **II.1.2. ISLA DE LA PALMA**

Con una extensión de 706 km<sup>2</sup>, el 7,6 % de su superficie total está destinada a cultivos en regadío (5.366 ha), habiendo sufrido una gran expansión en las últimas décadas. Las zonas bajas que eran antiguos eriales y malpaíses se han convertido en las zonas agrarias por excelencia, gracias al transporte de tierras desde las medianías.

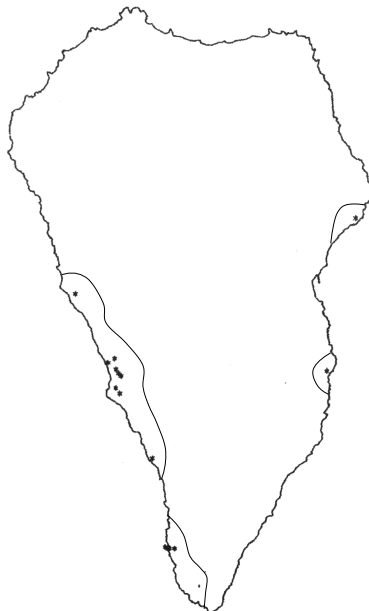
El cultivo fundamental de la isla es la platanera, que se ha desarrollado como monocultivo insular en todos los municipios excepto Breña Baja y Garafía, seguido de los cultivos de papas y frutales. Los Llanos de Aridane y Tazacorte son los municipios que tienen los mayores porcentajes de superficie dedicada al cultivo del plátano (28,8 % y 13,1 % respectivamente).

En la Tabla I.2.3 se presentan las fincas seleccionadas y en la Figura I.2.2 la distribución geográfica de los puntos de muestreo.

**Tabla I.2.3**  
**Fincas analizadas en la isla de La Palma**

Finca	Municipio	Altitud	Cultivo
LP1	Fuencaliente	50	Platanera
LP2	Fuencaliente	40	Platanera
LP3	Fuencaliente	10	Platanera
LP4	Fuencaliente	10	Platanera
LP5	Mazo	50	Platanera
LP6	Tazacorte	150	Platanera
LP7	Tazacorte	195	Cítricos
LP8	Llanos Aridane	10	Platanera
LP9	Tazacorte	20	Platanera
LP10	Tazacorte	60	Mango
LP11	Tazacorte	60	Mango
LP12	Tazacorte	100	Platanera
LP13	Tazacorte	150	Platanera
LP14	Tijarafe	310	Platanera
LP15	Puntallana	60	Platanera

**Figura I.2.2**  
**Distribución geográfica de las muestras en la isla de La Palma**



Escala aproximada 1:608.000



### II.1.3. ISLA DE LA GOMERA

La economía gomera ha estado centrada en las actividades del sector primario, fundamentalmente agrícolas y ganaderas. La superficie total de la isla es de 37.300 ha de las que el 2,7 %, están destinadas a la agricultura de regadío. Los suelos de cultivo constituyen un recurso muy escaso en esta isla.

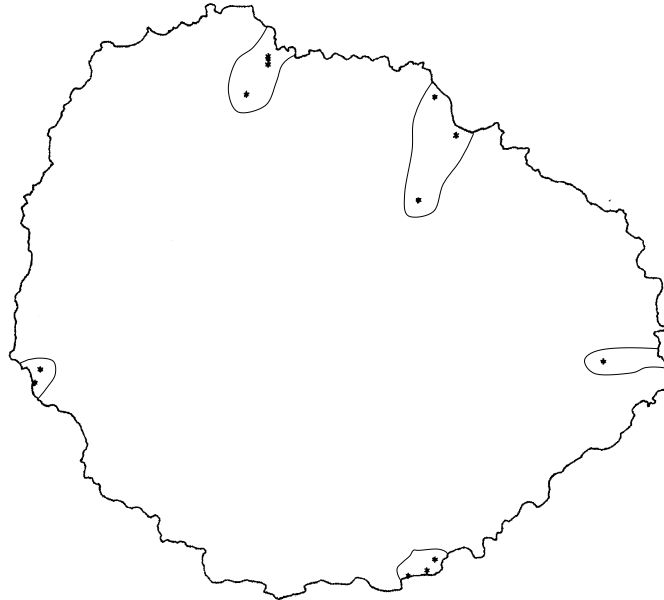
También el plátano es el cultivo más importante en La Gomera, siendo los municipios de Hermigua, Valle Gran Rey, Agulo y Vallehermoso los que disponen de un área mayor destinada a este cultivo, aunque dominan las parcelas o explotaciones inferiores a 1 hectárea, lo que impide la mecanización de los cultivos.

En la Tabla I.2.4 se presentan los cultivos analizados en cada municipio y en la figura I.2.3, la distribución geográfica de los puntos del muestreo.

**Tabla I.2.4**  
**Fincas analizadas en la isla de La Gomera**

<b>Finca</b>	<b>Municipio</b>	<b>Altitud</b>	<b>Cultivo</b>
LG1	San Sebastián	50	Platanera
LG2	Hermigua	215	Platanera
LG3	Hermigua	4	Platanera
LG4	Agulo	170	Platanera
LG5	San Sebastián	75	Platanera
LG6	Alajeró	2	Platanera
LG7	San Sebastián	90	Aguacate
LG8	Valle Gran Rey	5	Platanera
LG9	Valle Gran Rey	50	Platanera
LG10	Vallehermoso	170	Platanera
LG11	Vallehermoso	170	Cítricos
LG12	Vallehermoso	50	Preparado Hortícolas
LG13	Vallehermoso	50	Platanera
LG14	Vallehermoso	50	Viña

**Figura I.2.3**  
**Distribución geográfica de la muestras en la isla de La Gomera**



Escala aproximada 1:250.000

#### **II.1.4. ISLA DE EL HIERRO**

El Hierro es la isla más pequeña del archipiélago (287 km<sup>2</sup>) y gran parte de su territorio está cubierto por coladas y conos volcánicos recientes.

El accidente que más llama la atención en la morfología herreña, es el escarpe en forma de semicírculo hacia el norte de El Golfo, que es donde se asientan los cultivos de regadío.

La economía herreña, ha estado centrada en las actividades agrarias y ganaderas, sin embargo su importancia cuantitativa ha sido comparativamente inferior a la de las otras islas.

A finales de la década de los sesenta comenzó la apertura de pozos y fue instalado en El Golfo, el cultivo de la platanera como primer producto de exportación de regadío en El Hierro, con unas 204 ha, que significaban un 84,6 % de las tierras de regadío en 1984.

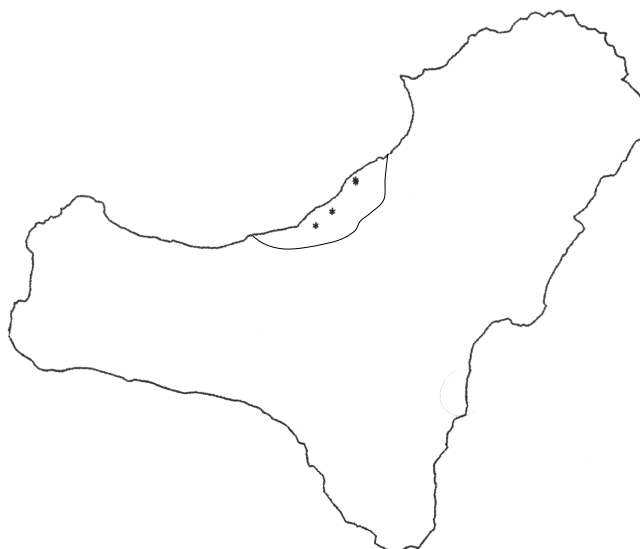
Hoy en día el plátano está siendo sustituido por otros cultivos más resistentes al viento y con menor consumo de agua, como la piña tropical.

En la Tabla I.2.5 se presentan las fincas analizadas así como una cartografía esquemática de las zonas correspondientes en la Figura I.2.4.

**Tabla I.2.5**  
**Fincas analizadas en la isla de El Hierro**

Finca	Municipio	Altitud	Cultivo
EH1	Frontera	50	Platanera
EH2	Frontera	50	Piña Tropical
EH3	Frontera	50	Piña Tropical
EH4	Frontera	50	Mango
EH5	Frontera	50	Cítricos
EH6	Frontera	50	Preparado Piña
EH7	Frontera	50	Piña Tropical
EH8	Frontera	100	Platanera
EH9	Frontera	110	Piña tropical
EH10	Frontera	110	Platanera

**Figura I.2.4**  
**Distribución geográfica de las muestras en la isla de El Hierro**



Escala aproximada 1:300.000

## II.1.5. ISLA DE GRAN CANARIA

Gran Canaria es la segunda isla en importancia agrícola del archipiélago, ya que presenta un 32 % de la superficie de Canarias destinada al regadío. Su superficie total es de 1.532 km<sup>2</sup>.

Algunas características de las fincas seleccionadas del muestreo así como su distribución geográfica se presentan en la Tabla I.2.6 y en la Figura I.2.5 respectivamente.

La ocupación agrícola ha retrocedido en los últimos años, sobre todo en lo que se refiere a la platanera. Las mayores superficies dedicadas a la agricultura de exportación se encuentran en los municipios de Gáldar, San Bartolomé de Tirajana, Telde y Santa Lucía. La platanera ocupa el 74,2% de la superficie del municipio de Gáldar, el 65,7 % de Las Palmas de Gran Canaria y el 62,4 % de Santa María de Guía.

Santa Lucía y San Bartolomé de Tirajana son los mayores productores de tomates, destinando para este cultivo unas 1.160 ha.

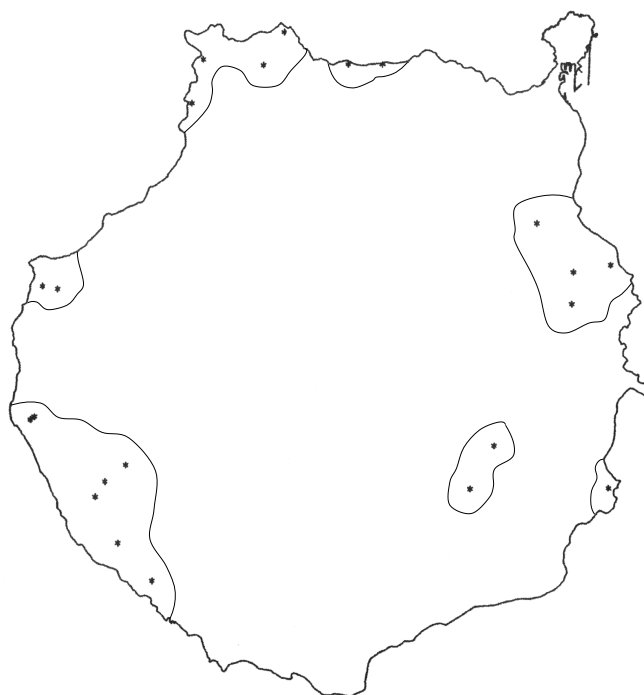
**Tabla I.2.6**  
**Fincas analizadas en la isla de Gran Canaria**

<b>Finca</b>	<b>Municipio</b>	<b>Altitud</b>	<b>Cultivo</b>
GC1	San Nicolás Tolentino	0	Millo
GC2	San Nicolás Tolentino	5	Tomate
GC3	San Nicolás Tolentino	10	Papaya
GC4	San Nicolás Tolentino	50	Papaya y mango
GC5	San Nicolás Tolentino	50	Tomate
GC6	Mogán	10	Platanera
GC7	Mogán	50	Platanera
GC8	Mogán	150	Aguacate
GC9	Mogán	40	Berenjena
GC10	Mogán	15	Berenjena
GC11	Gáldar	150	Cebolla
GC12	Gáldar	75	Platanera
GC13	Gáldar	100	Platanera
GC14	Moya	0	Platanera
GC15	Moya	0	Platanera
GC16	Las Palmas	200	Viña
GC17	Las Palmas	200	Cítricos
GC18	Telde	90	Cítricos

**Tabla I.2.6 (continuación)**  
**Fincas analizadas en la isla de Gran Canaria**

Finca	Municipio	Altitud	Cultivo
GC19	Telde	20	Tomate
GC20	Telde	100	Platanera
GC21	Agüimes	40	Tomate
GC22	Agüimes	250	Cítricos
GC23	Santa Lucía	300	Pimiento
GC24	Santa María Guía	50	Platanera

**Figura I.2.5**  
**Distribución geográfica de las muestras en la isla de Gran Canaria**



Escala aproximada 1:500.000

## II.1.6. ISLA DE FUERTEVENTURA

Aunque Fuerteventura es la segunda isla en extensión del archipiélago Canario, con una superficie de 1.662 km<sup>2</sup>, la agricultura tiene escasa importancia si la comparamos con las otras islas (0,4 % de la superficie de regadío del archipiélago).

El cultivo de regadío de mayor importancia cualitativa y cuantitativa es el tomate, que ha sufrido transformaciones importantes con la aparición del riego por goteo. El municipio que dedica mayor superficie al tomate es Tuineje (175 ha) y en segundo lugar Pájara con unas 100 ha.

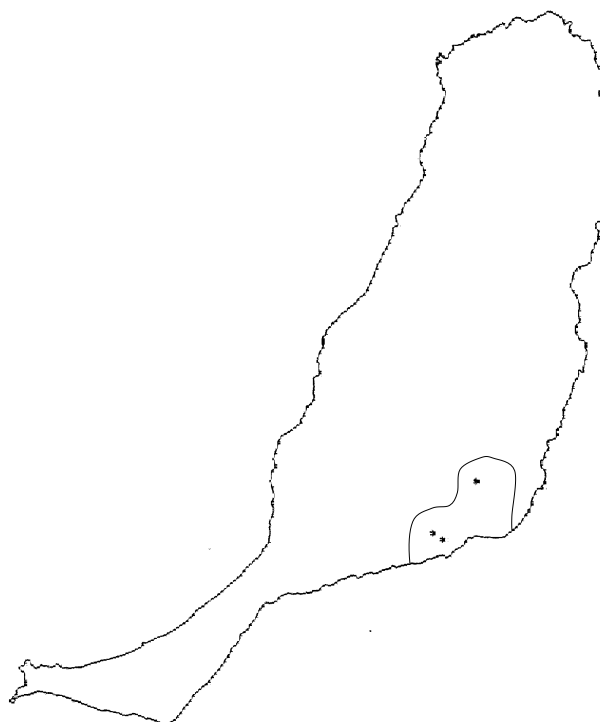
El segundo cultivo en importancia es la alfalfa, aunque su superficie es mucho menor que la del tomate; este cultivo se mantiene más o menos estable por su resistencia a la salinidad.

Se han muestreado tres fincas (Tabla I.2.7) en el Municipio de Tuineje por ser la zona agrícola más importante en la isla (Figura I.2.6).

**Tabla I.2.7**  
**Fincas analizadas en la isla de Fuerteventura**

Finca	Municipio	Altitud	Cultivo
F1	Tuineje	100	Tomate
F2	Tuineje	30	Tomate
F3	Tuineje	10	Alfalfa

**Figura I.2.6**  
**Distribución geográfica de las muestras en la isla de Fuerteventura**



Escala aproximada 1:700.000

## II.1.7. RESUMEN DEL MUESTREO

Las islas de Tenerife, Gran Canaria y La Palma son las que tienen las mayores superficies dedicadas a la agricultura de regadío.

Se muestrearon todas las islas excepto Lanzarote por carecer ésta de agricultura bajo riego. El número de muestras de suelos, aguas y foliares tomadas en cada isla se presentan en la Tabla I.2.8.

Se han muestreado las zonas agrícolas más importantes de las islas Canarias: Norte y suroeste de la isla de Tenerife, oeste de La Palma, norte de las islas de La Gomera y El Hierro, norte, este y oeste de Gran Canaria y sureste de Fuerteventura, así como los principales cultivos y los tipos de aguas más usuales en cada caso: pozos en La Palma, El Hierro y Fuerteventura, galerías en Tenerife y presas en La Gomera y Gran Canaria.

**Tabla I.2.8**  
**Muestras de suelos, aguas y foliares**

Muestras	Tenerife	La Palma	La Gomera	El Hierro	Gran Canaria	Fuerteventura	Total
Suelos	50	15	15	13	25	5	123
Aguas	31	9	9	4	24	3	80
Foliares	46	15	16	9	24	4	114

Este muestreo es pues representativo de las principales comarcas agrícolas de las islas que representan una superficie importante en regadío y recoge no sólo los principales cultivos realizados en este tipo de agricultura, sino también la amplia variabilidad en la calidad de las aguas de riego y sistemas de manejo (fertilización, laboreo, riego, etc.). El estudio de estas muestras nos permitirá sin duda, extraer algunas conclusiones válidas con vistas a cumplir con uno de los objetivos globales del presente trabajo.

## II.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

El clima y el suelo son los dos factores más importantes a tener en cuenta en zonas agrícolas de regadío. Por ello se ha realizado un estudio climático de las zonas de muestreo en cada una de las islas consideradas. Nos hemos basado en los datos suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología (INM) de aquellas estaciones situadas en las zonas donde se encuentran las fincas muestreadas, o en aquellas más próximas de características similares.

Además, como en algunas estaciones no se dispone de los datos de temperatura se han combinado los datos pluviométricos con los de la estación termométrica más próxima y similar. En la Tabla I.2.9 se presentan las estaciones de pluviometría y temperatura y los nombres de las estaciones y sus abreviaturas se recogen en la Tabla I.2.10.

**Tabla I.2.9**  
**Estaciones de pluviometría (P) y temperatura (T)**

Estación P	Altitud	Orien.	Estación T	Altitud	Orien.	Isla
L. Silos	95	N	L. Silos	95	N	T
S. Juan	47	N	P. Cruz	120	N	T
Granadilla	25	SE	Reina S.	0	S	T
Adeje	112	S	Adeje	112	S	T
Breña B.	15	E	Mazo	40	E	LP
Mazo	40	E	Mazo	40	E	LP
Fuencaliente	25	S	Mazo	40	E	LP
Aridane	25	W	Tazacorte A.	25	W	LP
Tazacorte P.	30	W	Tazacorte A.	25	W	LP
Vallehermoso	225	N	Vallehermoso	225	N	LG
Hermigua P.	40	N	Hermigua C.	200	N	LG
S. Sebastián	15	E	S. Sebastián	15	E	LG
V.G. Rey	25	W	P. Santiago	160	S	LG
Matorral A.	50	N	Matorral A.	50	N	EH
Agaete	60	NW	Agaete	60	NW	GC
S. Felipe	0	N	L. Palmas	0	N	GC
L. Palmas	0	N	L. Palmas	0	N	GC
Agüimes	240	SE	Agüimes	240	SE	GC
S. Nicolás	100	SW	Agaete	60	NW	GC
G. Tarajal	0	S	E. Matorral	0	S	F

**Orien.** Orientación **T** Tenerife **LP** La Palma **LG** La Gomera **EH** El Hierro **GC** Gran Canaria **F** Fuerteventura



**Tabla I.2.10**  
**Nombres y abreviaturas de las estaciones seleccionadas**

Abreviatura	Nombre	Isla	Tipo
Adeje	Adeje Fañabé	T	TP
Granadilla	Granadilla El Médano	T	P
L. Silos	Los Silos	T	TP
P. Cruz	Puerto de la Cruz	T	Te
Reina S.	Aeropuerto Reina Sofía	T	Te
S. Juan	San Juan de la Rambla	T	P
Aridane	Llanos de Aridane Charca Verde	LP	P
Breña B.	Breña Baja Fuerte	LP	P
Fuencaliente	Fuencaliente Suelas	LP	P
Mazo	Mazo Aeropuerto	LP	TP
Tazacorte A.	Tazacorte Ayuntamiento	LP	Te
Tazacorte P.	Tazacorte Puerto Naos Hoyas	LP	P
Hermigua C.	Hermigua Curato Playa	LG	Te
Hermigua P.	Hermigua Playa	LG	P
P. Santiago	Playa Santiago Alajeró	LG	Te
S. Sebastián	San Sebastián Ayudantía Marina	LG	TP
Vallehermoso	Vallehermoso Dama	LG	TP
V. G. Rey	Valle Gran Rey Vueltas	LG	P
Matorral A.	Matorral Aguanueva	EH	TP
Agaete	Agaete Barranco	GC	TP
Agüimes	Agüimes	GC	TP
L. Palmas	Las Palmas Junta Obras del Puerto	GC	TP
S. Felipe	San Felipe	GC	P
S. Nicolás	San Nicolás	GC	P
E. Matorral	El Matorral	F	Te
G. Tarajal	Gran Tarajal	F	P

T Tenerife LP La Palma LG La Gomera EH El Hierro GC Gran Canaria F Fuerteventura  
P Estación Pluviométrica TP Estación Termoplumiométrica Te Estación Termométrica

### II.2.1. PLUVIOMETRÍA

Los valores más bajos de pluviometría se encuentran en el Sur de Tenerife y en las islas de Fuerteventura y Gran Canaria (Tabla I.2.11).

Se ha intentado seleccionar estaciones lo más cercanas posibles a las zonas agrícolas muestreadas, aunque algunas de ellas tengan pocos años de registro, porque creemos que son más representativas ya que en Canarias existen microclimas o mesoclimas muy variados en espacios muy próximos.

**Tabla I.2.11**  
**Pluviometrías medias anuales**

Estación	Isla	Altitud	Años	Orientación	P (mm)
L. Silos	T	95	15	N	347.2
S. Juan	T	47	15	N	265.1
Granadilla	T	25	9	SE	68.6
Adeje	T	112	18	S	121.1
Breña B.	LP	15	17	E	535.4
Mazo	LP	40	20	E	332.5
Fuencaliente	LP	25	8	S	178.0
Aridane	LP	25	7	W	311.9
Tzacorte A.	LP	30	6	W	196.2
Vallehermoso	LG	225	10	NW	173.3
Hermigua P.	LG	40	14	NE	261.3
S. Sebastián	LG	15	6	E	330.6
V. G. Rey	LG	25	15	W	158.3
Matorral A.	EH	50	11	N	260.7
Agæte	GC	60	28	NW	153.5
S. Felipe	GC	0	28	N	152.1
L. Palmas	GC	0	28	N	111.3
Agüimes	GC	240	28	SE	217.9
S. Nicolás	GC	100	28	SW	150.1
G. Tarajal	F	0	28	S	75.9

T Tenerife LP La Palma LG La Gomera EH El Hierro GC Gran Canaria F Fuerteventura

## II.2.2. TEMPERATURA

En la Tabla I.2.12 podemos observar las temperaturas medias mensuales y la temperatura media anual de las estaciones termométricas. La temperatura media anual varía poco en las distintas estaciones, observándose los valores más bajos en Agüimes (Gran Canaria) con 17,8 ° C y la máxima en S. Sebastián (La Gomera) con 21,4 ° C.

**Tabla I.2.12**  
**Temperaturas medias mensuales**

Estación	I	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TA
L. Silos	T	17.4	17.0	17.8	18.2	19.3	21.0	22.1	23.1	23.4	22.3	20.7	18.6	20.1
P. Cruz	T	16.3	16.5	17.1	17.1	17.7	19.3	20.8	21.9	22.3	20.9	19.1	19.4	18.9
Reina S.	T	18.4	18.4	19.5	19.2	20.2	22.0	23.9	24.9	24.8	23.4	21.6	19.6	21.3
Adeje	T	17.5	17.9	19.2	19.3	20.2	22.4	23.8	24.5	24.9	23.7	21.0	19.2	21.1
Mazo	LP	17.6	17.5	17.9	18.4	19.3	21.0	22.6	23.5	23.5	22.4	20.5	18.8	20.3
Tazacorte A.	LP	17.3	17.1	17.9	17.9	19.0	20.9	22.5	23.7	23.5	22.1	20.4	18.5	20.1
Vallehermoso	LG	15.4	15.3	16.3	16.1	17.1	18.2	20.5	21.3	23.0	20.2	18.9	17.1	18.3
Hermigua C.	LG	16.0	16.6	17.8	16.8	18.2	21.3	21.7	22.8	23.0	19.9	18.5	17.9	19.2
S. Sebastián	LG	18.0	18.5	19.4	19.2	20.8	22.4	24.2	25.5	25.2	22.9	21.2	19.6	21.4
P. Santiago	LG	17.4	17.4	18.1	18.0	18.7	20.1	22.6	24.0	22.9	21.8	20.0	18.1	19.9
Matorral A.	EH	18.5	18.4	18.9	19.7	20.9	22.4	23.3	24.4	24.3	23.0	21.3	19.3	21.2
Agate	GC	18.2	18.3	19.7	19.2	20.9	22.2	23.5	23.7	25.2	23.2	21.0	19.1	21.2
L. Palmas	GC	18.4	18.4	19.0	19.4	20.3	21.7	22.8	23.9	24.2	23.4	21.5	19.5	21.1
Agüimes	GC	14.7	14.7	16.1	16.0	17.3	18.2	21.8	21.8	20.6	19.6	17.3	15.1	17.8
E. Matorral	F	17.2	17.4	18.1	18.6	19.7	21.4	23.3	23.7	23.6	22.4	20.4	18.2	20.3

I Isla T Tenerife LP La Palma LG La Gomera EH El Hierro GC Gran Canaria F Fuerteventura  
TA Temperatura media anual

### II.2.3. REGÍMENES HÍDRICOS DEL SUELO

El régimen de humedad del suelo depende no solo del clima troposférico sino también de diferentes propiedades del suelo (profundidad, textura, capacidad de retención de agua, etc...) y del tipo de cultivo y su recubrimiento sobre la superficie del suelo.

Existen varios procedimientos que permiten estimar con mayor o menor precisión el estado de humedad del suelo a partir de registros meteorológicos, aunque todos ellos proporcionan una visión muy simplificada del comportamiento hídrico real del suelo, dada la dificultad y complejidad de integrar todos los factores implicados.

El método utilizado por el servicio de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1975), se basa en los modelos propuestos por Thornthwaite (1948) y utilizan la distribución anual de precipitaciones y temperaturas, incorporando un nuevo parámetro, la evapotranspiración potencial (ETP), que resulta de gran interés en estudios relacionados con la agricultura. La ETP se define como el agua devuelta a la atmósfera en estado de vapor por un suelo que tenga la superficie completamente cubierta de vegetación, en el supuesto de no existir limitación en el suministro de agua (por lluvia o riego) para obtener un crecimiento vegetal óptimo: la ETP pues, se corresponde con la máxima demanda de evaporación o con el poder evaporante del aire y

con la máxima transpiración de las plantas en un estado de crecimiento óptimo y con un suministro de agua adecuado.

En la realidad, la parcela agrícola va a perder una cantidad de agua inferior o igual a la ETP, es lo que se denomina evapotranspiración real (EVT).

La ETP puede calcularse a partir de datos de campo (tanques de evaporación o evaporimétricos) o de la aplicación de fórmulas empíricas que simulan el fenómeno físico.

La aplicación de modelos físicos para el cálculo de la ETP, como es el propuesto por Penman (1948) precisa de datos como radiación neta, humedad atmosférica, velocidad del viento y temperatura, algunos de los cuales no siempre están disponibles.

Por esta razón nosotros hemos hecho uso de la fórmula empírica de Thornthwaite que se basa en las temperaturas medias mensuales de la estación.

Los datos de partida para calcular la ETP (mm) son la temperatura media mensual ( $^{\circ}$  C), y se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$ETP = 1,6 (10 t / I)^a$$

Ecuación (1)

En donde:

- ETP = Evapotranspiración potencial mensual (sin ajustar), para un mes de 30 días y 12 horas de insolación (cm).
- t = Temperatura media mensual en grados centígrados.
- I = Índice térmico anual, es la suma de los valores de índice térmicos de cada mes (i).
- i = Índice térmico mensual  $i = (t / 5)^{1,514}$
- a = Constante específica de la estación (a) que viene dada por la fórmula

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 0,01792 I + 0,49239$$

Ecuación (2)

Los valores de ETP calculados hay que corregirlos con el factor mensual (F) que viene dado por la latitud de la estación, obteniendo así la Evapotranspiración potencial mensual corregida en mm de agua (ETPc), que es el dato que figura en las Fichas Climáticas (Anexo III). Este factor se aplica para obtener la ETP para un mes de *d* días y *h* horas de insolación a partir de la ETP para un mes de 30 días y 12 horas de insolación, siguiendo la fórmula:

$$ETP_c = 10 ETP F$$

Ecuación (3)

En el Anexo III se presentan las Fichas Climáticas según el modelo de Thornthwaite, para cada una de las estaciones consideradas.

Para el cálculo del balance hídrico del suelo se hace uso de los siguientes parámetros:

- a) Variación de la reserva (VR). Nos da idea de la evolución del contenido de agua en el suelo. Cuando la pluviometría (P) supera a la ETP<sub>c</sub>, la variación es positiva salvo que se haya llegado al máximo de la capacidad de la reserva. Cuando la ETP<sub>c</sub> es superior a la P, la variación es negativa salvo que la reserva sea nula, entonces, la variación es cero.
- b) Reserva de agua en el suelo (R). En el modelo utilizado (Thornthwaite, 1948), se considera que la capacidad máxima de retención de agua de un suelo es de 100 mm.
- c) Evapotranspiración actual o real (EVT). Es la cantidad real de agua perdida por el suelo. Se considera que si P supera a la ETP<sub>c</sub> entonces la EVT coincide con la ETP<sub>c</sub>. Cuando se pierde agua de la retenida por el suelo como reserva, la EVT es la suma de la reserva y la P. En el caso de que la reserva esté a cero, la EVT coincide con la P.
- d) Falta de agua (FA). Es la diferencia entre la ETP<sub>c</sub> y la EVT.
- e) Exceso de agua (EX).  $P - (ETP_c + \text{variación positiva de la reserva})$
- f) Desagüe (DES). Se supone que el 50% de exceso de cada mes se retiene hasta el mes siguiente.

Se han realizado los diagramas de Thornthwaite para cada una de las estaciones, basándonos en los datos de las Fichas Climáticas (ver Anexo III), con lo que se intenta dar una idea del funcionamiento hídrico del suelo a lo largo del año.

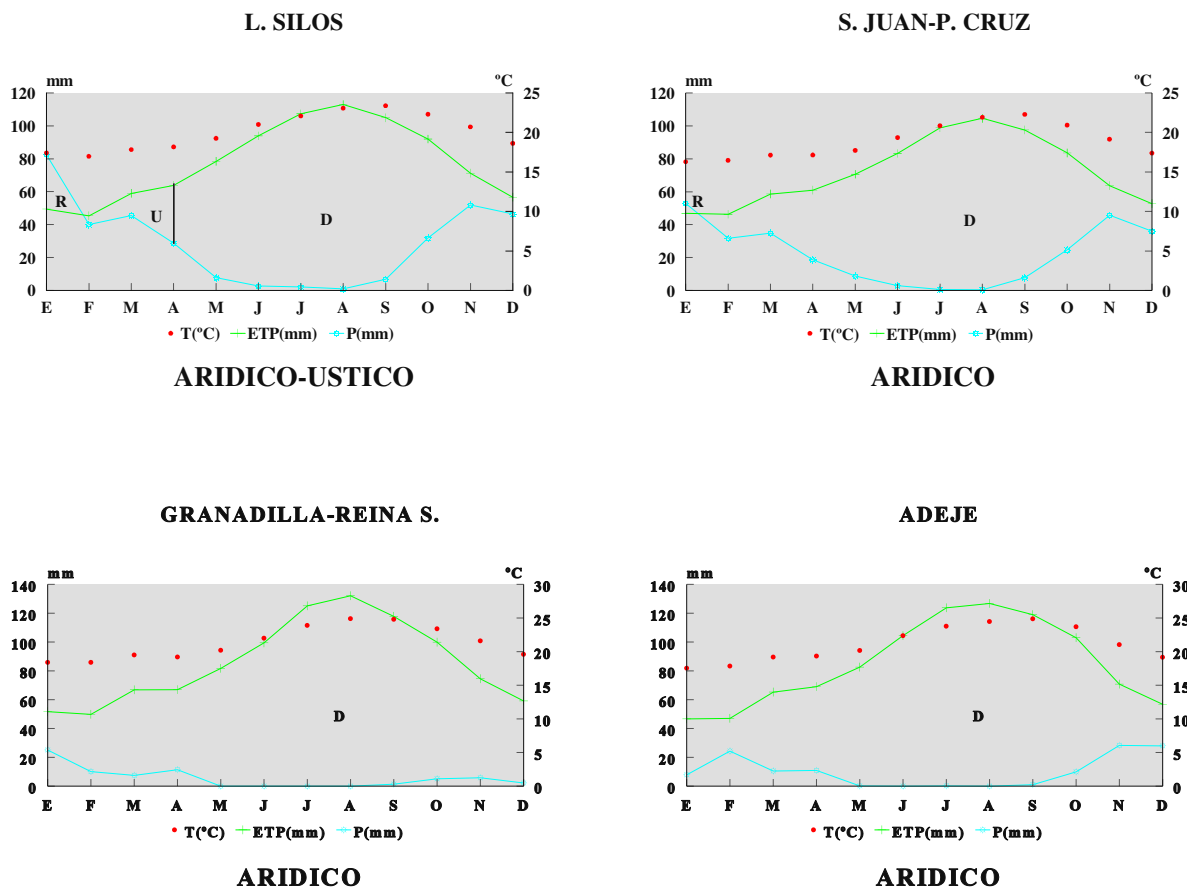
De modo general, en la sección de control de la humedad del suelo podemos encontrar las siguientes situaciones:

- Recarga (R): Cantidad de agua que está almacenando el suelo cuando la P supera a la ETP<sub>c</sub> y no se ha llegado aún a la capacidad máxima de retención.
- Exceso (S): Estado al que se llega cuando se ha superado la capacidad de reserva o almacenamiento de agua del suelo.

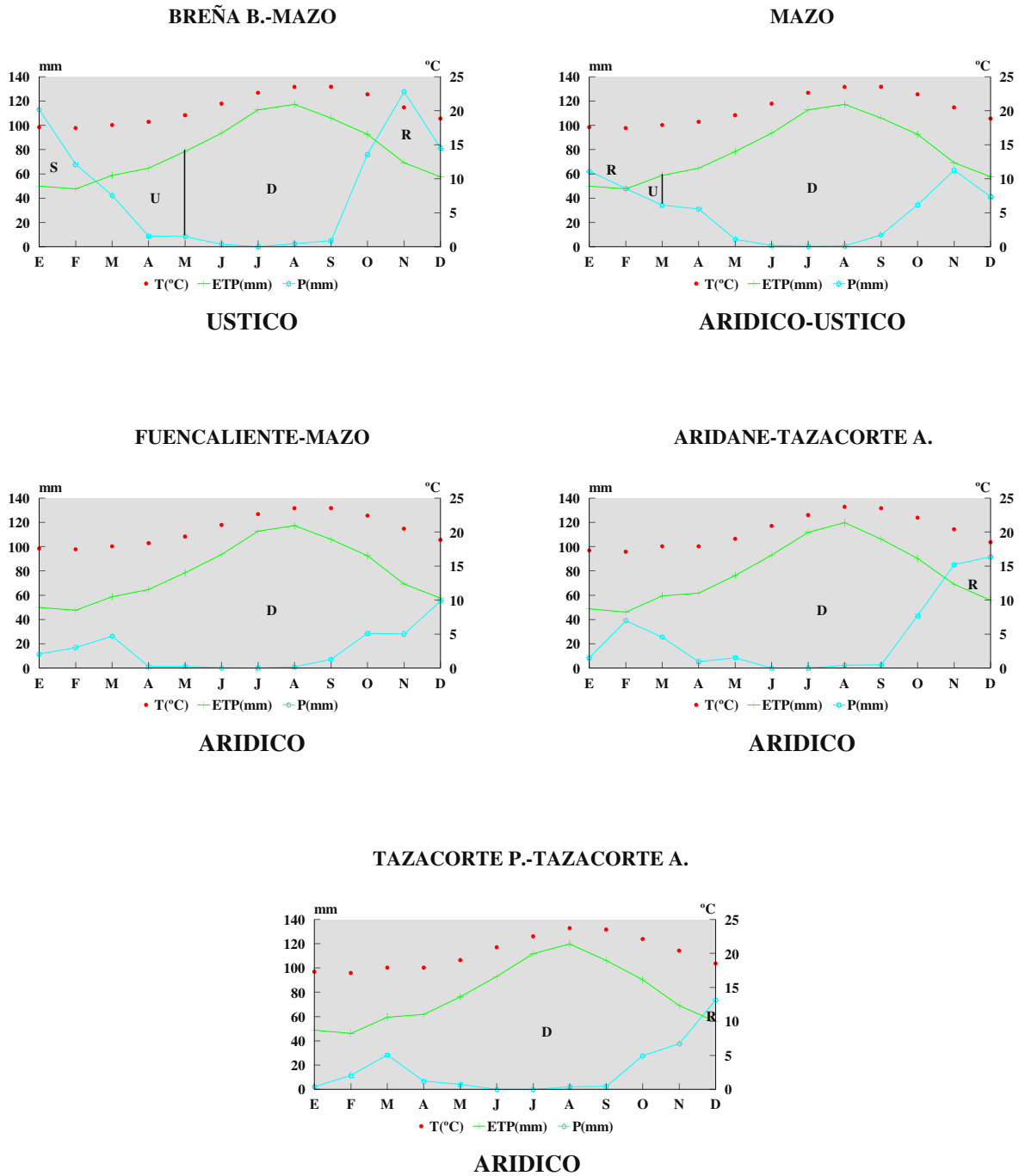
- Utilización (U): En este estado se extrae agua del suelo por evapotranspiración, disminuyendo el contenido de la reserva.
- Déficit (D): Estado del suelo en el que se ha agotado la reserva de agua y la evapotranspiración es superior a la P.

De acuerdo con los criterios del U.S. Departamento de Agricultura, los regímenes de humedad del suelo, para las diferentes estaciones e islas se presentan en las Figuras I.2.7 a I.2.12. En general el régimen de humedad del suelo predominante, es el arídico, en el que la evapotranspiración es superior a la pluviometría, por lo que el suelo permanece en estado de déficit prácticamente todo el año. En menor grado se observa régimen de humedad del suelo arídico-ústico y ústico (islas de Tenerife y La Palma, Figuras I.2.7 y I.2.8).

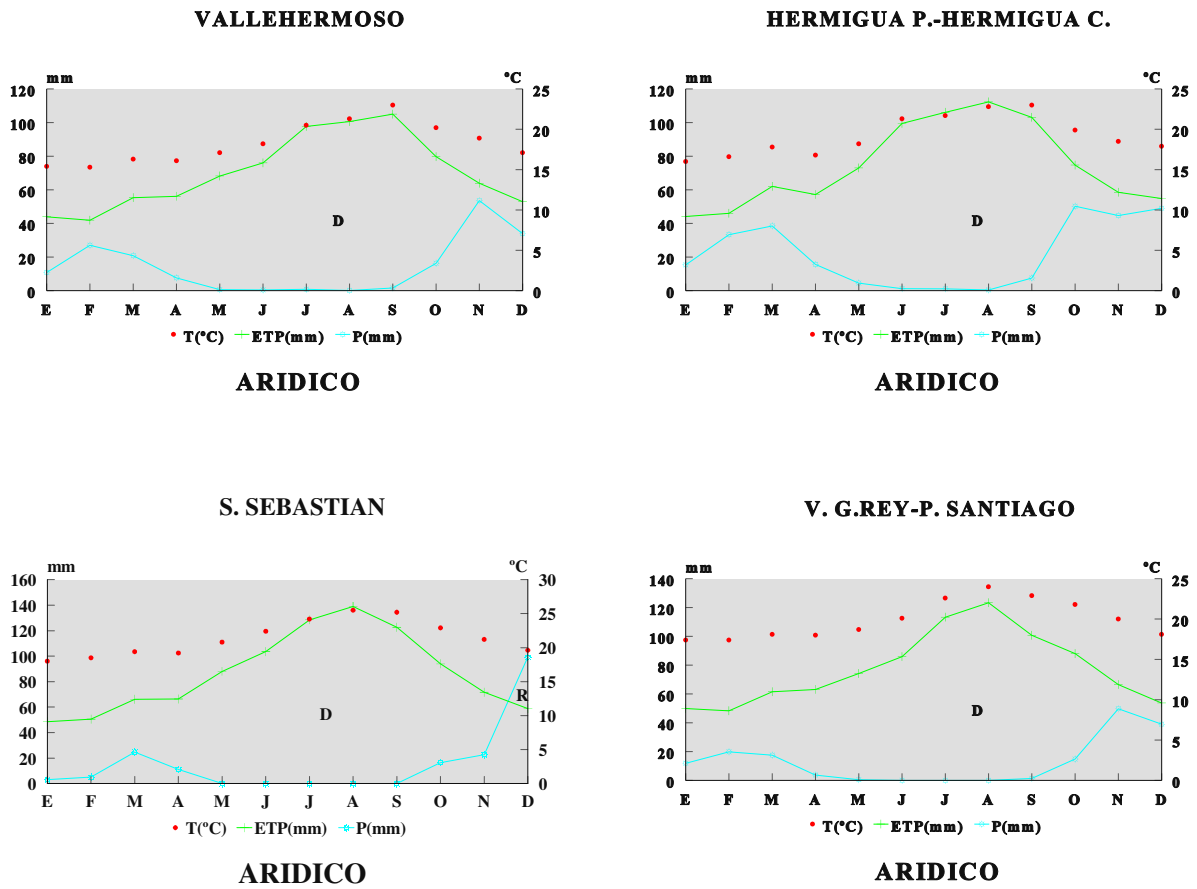
**Figura I.2.7**  
**Diagramas de Thornthwaite (Isla de Tenerife)**



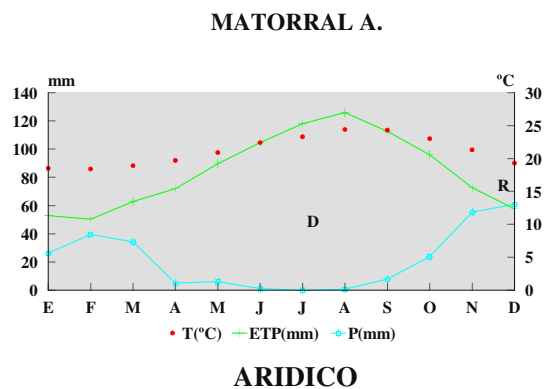
**Figura I.2.8**  
**Diagramas de Thornthwaite (Isla de La Palma)**



**Figura I.2.9**  
**Diagramas de Thornthwaite (Isla de La Gomera)**

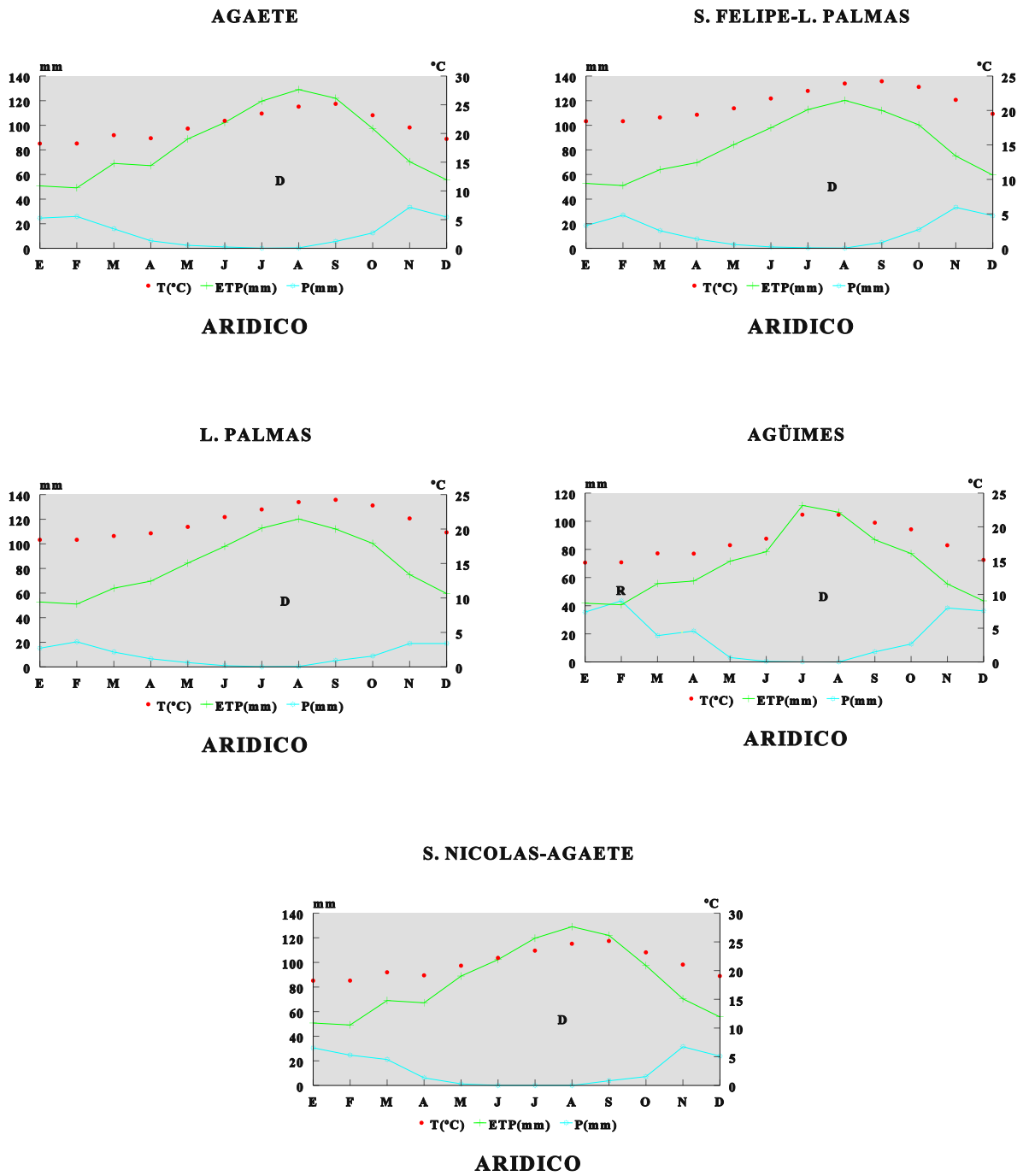


**Figura I.2.10**  
**Diagrama de Thornthwaite (Isla de El Hierro)**

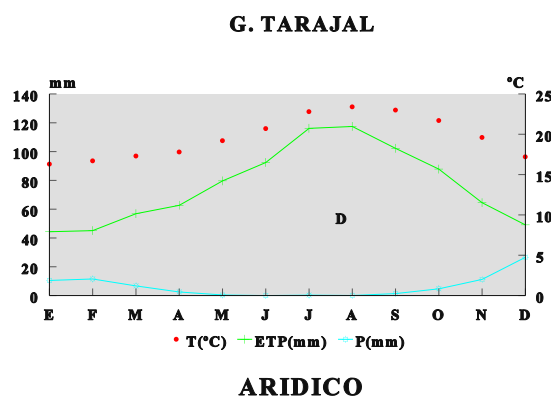




**Figura I.2.11**  
**Diagramas de Thornthwaite (Isla de Gran Canaria)**



**Figura I.2.12**  
**Diagrama de Thornthwaite (Isla de Fuerteventura)**



#### II.2.4. REGÍMENES TÉRMICOS DEL SUELO

La temperatura del suelo y sus fluctuaciones estacionales, condicionan las posibilidades y la velocidad de crecimiento de las plantas.

Los regímenes de temperatura del suelo, siguiendo las clases utilizadas en Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999), se presentan en la Tabla I.2.13.

En el modelo utilizado por la Soil Taxonomy, los valores de temperatura se refieren a la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm o menor en el caso que existiese un contacto lítico o paralítico.

En nuestro caso, no se disponen de las medidas reales de la temperatura del suelo, por lo que se ha utilizado la temperatura troposférica. Sin embargo, dado que la temperatura del suelo es siempre inferior a la troposférica, no variará el régimen térmico establecido, salvo quizás para las estaciones de Vallehermoso y Agüimes que pasarían a isomésico.

Para todas las estaciones (Tabla I.2.13) el régimen térmico es de tipo isotérmico, ya que la temperatura media anual de las estaciones está comprendida entre 15 y 22 °C, y la diferencia entre la temperatura media del verano y la del invierno es inferior a 6 °C, lo cual se corresponde con la zona de costa que es donde se concentra fundamentalmente la agricultura de regadío.

El prefijo *iso* se aplica cuando la diferencia entre la temperatura media del invierno (Diciembre, Enero y Febrero) y la del verano (Junio, Julio y Agosto) es inferior a 6 °C.

**Tabla I.2.13**  
**Regímenes Térmicos**

Estación	Isla	Altitud	Orientación	Tv	Ti	DT	Ta	R.Térmico
L. Silos	T	95	N	22.0	17.7	4.3	20.1	Isotérmico
S. Juan	T	47	N	20.7	16.7	4.0	18.9	Isotérmico
Reina S.	T	25	SE	23.6	18.8	4.8	21.3	Isotérmico
Adeje	T	112	S	23.5	18.2	5.3	21.1	Isotérmico
Mazo	LP	40	E	22.4	18.0	4.4	20.3	Isotérmico
Tazacorte A.	LP	25	W	22.4	17.6	4.8	20.1	Isotérmico
Vallehermoso	LG	225	NW	20.0	15.9	4.1	18.3	Isotérmico
Hermigua C.	LG	200	NE	21.9	16.8	5.1	19.2	Isotérmico
S. Sebastián A.	LG	840	W	24.0	18.7	5.3	21.4	Isotérmico
P. Santiago	LG	160	S	22.2	17.6	4.6	19.9	Isotérmico
Matorral A.	EH	50	N	23.4	18.7	4.7	21.2	Isotérmico
Agaete	GC	60	NW	23.5	18.5	5.0	21.2	Isotérmico
L. Palmas	GC	0	N	22.8	18.8	4.0	21.1	Isotérmico
Agüimes	GC	240	SE	20.6	14.9	5.7	17.8	Isotérmico
E. Matorral	F	0	S	22.8	17.6	5.2	20.3	Isotérmico

T Tenerife LP La Palma LG La Gomera EH El Hierro GC Gran Canaria F Fuerteventura  
 TA Temperatura media anual Tv Temperatura media del verano Ti Temperatura media del invierno  
 DT = Tv - Ti Ta Temperatura media anual

## II.2.5. CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS

### II.2.5.1. Clasificación de Thornthwaite (1948)

La clasificación de Thornthwaite para el cálculo de la fórmula climática de la estación, se basa en una serie de índices:

- Índice de humedad (Ih)  $Ih = 100 (EX / ETP)$ .
- Índice de aridez (Ia)  $Ia = 100 (FA / ETPc)$ .
- Índice hídrico anual (Im)  $Im = Ih - 0,6 Ia$ .
- Eficacia Térmica (ET). Es la ETPc expresada en cm.
- Concentración estival de la eficacia térmica (% E). Es el porcentaje de la ETP estival.

- Falta de agua (FA) expresada en mm = ETPc - EVT
- Exceso de agua (EX (mm)) = P - (ETPc + Variación positiva de la reserva)
- Desagüe (DES) = el 50 % de exceso de agua de cada mes que se retiene hasta el mes siguiente.

La clasificación de los tipos climáticos a partir de estos índices se realiza de acuerdo con los valores que se presentan en las Tablas (I.2.14 a I.2.17).

**Tabla I.2.14**  
**Variación estacional de la humedad**

<b>Índice de humedad (Ih)</b>	<b>Subtipo de clima seco <math>I_m &lt; 0</math></b>
0 - 10	d (nulo o pequeño exceso de agua)
10 - 20	s (exceso moderado de agua en invierno)
10 - 20	w (exceso moderado de agua en verano)
> 20	s <sub>2</sub> (gran exceso de agua en invierno)
> 20	w <sub>2</sub> (gran exceso de agua en verano)
<b>Índice de aridez (Ia)</b>	<b>Subtipo de clima húmedo <math>I_m &gt; 0</math></b>
0 - 16,7	r (pequeña o ninguna falta de agua)
16,7 - 33,3	s (falta moderada de agua en verano)
16,7 - 33,3	w (falta moderada de agua en invierno)
> 33,3	s <sub>2</sub> (gran falta de agua en verano)
> 33,3	w <sub>2</sub> (gran falta de agua en invierno)

**Tabla I.2.15**  
**Índices de humedad**

<b>Índice hídrico (Im)</b>	<b>Tipo de Clima</b>
> 100	A (Perhúmedo)
80 - 100	B <sub>4</sub> (Húmedo)
60 - 80	B <sub>3</sub> (Húmedo)
40 - 60	B <sub>2</sub> (Húmedo)
20 - 40	B <sub>1</sub> (Húmedo)
0 - 20	C <sub>2</sub> (Subhúmedo)
-20 - 0	C <sub>1</sub> (Seco Subhúmedo)
-40 - -20	D (Semiárido)
-40 - -60	E (Árido)

**Tabla I.2.16**  
**Eficacia térmica**

ETP (cm)	Tipo climático
> 114	A' Megatérmico
99,7 - 114	B <sub>4</sub> ' Mesotérmico
85,5 - 99,7	B <sub>3</sub> ' Mesotérmico
71,2 - 85,5	B <sub>2</sub> ' Mesotérmico
57,0 - 71,2	B <sub>1</sub> ' Mesotérmico
42,7 - 57,0	C <sub>2</sub> ' Microtérmico
28,5 - 42,7	C <sub>1</sub> ' Microtérmico
14,2 - 28,5	D' Tundra
< 14,2	E' Glaciar

**Tabla I.2.17**  
**Concentración estival de la eficacia térmica**

% ETP estival	Símbolo
< 48	a'
48 - 68	b'
68 - 88	c'
> 88	d'

De la combinación de estos símbolos se obtiene la fórmula climática para cada una de las estaciones seleccionadas, según el siguiente orden: Índice de humedad-Variación estacional de la humedad-Eficacia térmica-Concentración estival de la eficacia térmica (Tabla I.2.18).

La mayoría de las estaciones presentan clima árido con exceso de agua pequeño o nulo y tipo climático mesotérmico; y en menor medida semiárido (en La Palma y en el norte de Tenerife) con exceso de agua pequeño o nulo, mesotérmico. Estas zonas de tierras bajas y de temperaturas suaves son aptas desde el punto de vista agrícola si se les suministra, por medio del riego, el agua necesaria para suplir el desequilibrio existente entre el aporte de agua por precipitación y las demandas evaporativas de la atmósfera.

**Tabla I.2.18**  
**Clasificación climática según Thornthwaite**

Estación	Isla	Altitud	Años	Orientación	Fórmula
L. Silos	T	95	15	N	DdB' <sub>3</sub> a'
S. Juan	T	47		N	EdB' <sub>3</sub> a'
Granadilla	T	25	9	SE	EdB' <sub>4</sub> a'
Adeje	T	112	18	S	EdB' <sub>4</sub> a'
Breña B.	LP	15	17	E	DdB' <sub>3</sub> a'
Mazo	LP	40	20	E	DdB' <sub>3</sub> a'
Fuencaliente	LP	25	8	S	EdB' <sub>3</sub> a'
Aridane	LP	25	7	W	EdB' <sub>3</sub> a'
Tazacorte P.	LP	30	6	W	EdB' <sub>3</sub> a'
Vallehermoso	LG	225	10	NW	EdB' <sub>2</sub> a'
Hermigua P.	LG	40	14	NE	EdB' <sub>3</sub> a'
S. Sebastián	LG	15	6	E	EdB' <sub>4</sub> a'
V.G. Rey	LG	25	15	W	EdB' <sub>3</sub> a'
Matorral A.	EH	50	11	N	EdB' <sub>4</sub> a'
Agæte	GC	60	28	NW	EdB' <sub>4</sub> a'
S. Felipe	GC	0	28	N	EdB' <sub>4</sub> a'
L. Palmas	GC	0	28	N	EdB' <sub>4</sub> a'
Agüimes	GC	240	28	SE	EdB' <sub>2</sub> a'
S. Nicolás	GC	100	28	SW	EdB' <sub>4</sub> a'
G. Tarajal	F	0	28	S	EdB' <sub>3</sub> a'

T Tenerife LP La Palma LG La Gomera EH El Hierro GC Gran Canaria F Fuerteventura

En el clima semiárido la introducción del riego hace posible el desarrollo de un amplio rango de cultivos durante los meses de verano secos y de alta radiación solar ya que favorece la fotosíntesis, siempre que se mantenga el balance de agua.

En el caso del clima árido, no hay ninguna época del año donde algún cultivo pueda crecer sin riego, por lo que las prácticas agrícolas en estas áreas, que por otra parte son altamente favorables al cultivo de determinadas plantas tropicales y subtropicales dada su elevada termicidad, sólo son posibles mediante la introducción de regadío, transportando el agua a veces de zonas muy alejadas, donde la disponibilidad de recursos hídricos es mayor.

### **II.2.5.2. Clasificación de Papadakis (1966)**

Esta clasificación se basa en la ecología de los cultivos y parte de la consideración del clima a través de sus características térmicas, pluviométricas y de humedad o aridez. Mediante unos indicadores denominados *tipo de invierno*, *tipo de verano* y *régimen de humedad*, este método hace posible determinar el espectro cultural de una zona.

La definición de *tipo de invierno* se apoya en tres parámetros meteorológicos básicos: la temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío, la temperatura media de las mínimas del mes más frío, y la temperatura media de las máximas del mes más frío. A veces se precisa utilizando un cuarto parámetro, la temperatura media de las mínimas absolutas anuales. De esta forma define seis tipos de invierno fundamentales: Ecuatorial, Tropical cálido, Tropical medio, Tropical fresco, Citrus tropical, Citrus, Avena, Trigo y Primavera, ordenados en sentido de rigor invernal creciente.

En la Tabla I.2.19 se señalan los tipos de invierno según Papadakis, observándose que el predominante es el Tropical fresco (tp).

El *tipo de verano* es función de la duración del período libre de heladas. A su vez, éste se valora a través de la temperatura media de las medias de las máximas de los meses más cálidos. Se añaden además las temperaturas medias de las máximas y de las mínimas del mes más cálido y, en algún caso, la temperatura media de las medias de las mínimas de los dos meses más cálidos. Así define ocho tipos de verano fundamentales: Algodón, Cafeto, Arroz, Maíz, Trigo, Polar, Frígido y Andico-Alpino, ordenados en sentido de rigor estival decreciente.

En las estaciones seleccionadas para este trabajo, el Cafeto (c) es el tipo de verano predominante (Tabla I.2.20).

La combinación de los tipos de invierno y de verano, define su *régimen térmico anual*. Estos regímenes térmicos se designan mediante el nombre del área geográfica donde se presentan con mayor extensión. Así, por ejemplo, aparecen los regímenes Ecuatorial, Tropical, Tierra templada, Tierra fría, Andino, Subtropical, Marítimo, Templado, Pampeano-Patagoniano, Continental, Polar y Alpino.

Como se puede observar en la Tabla I.2.21, a las estaciones seleccionadas le corresponde como régimen térmico más frecuente el de Tierra templada (Tt).

**Tabla I.2.19**  
**Tipos de invierno según Papadakis**

Estación	Isla	Altitud	Orientación	Tipo
L. Silos	T	95	N	tp
S. Juan	T	47	N	tp
Granadilla	T	25	SE	tp
Adeje	T	112	S	Tp/tP
Breña B.	LP	15	E	tp
Mazo	LP	40	E	tp
Fuencaliente	LP	25	S	tp
Aridane	LP	25	W	tp
Tzacorte P.	LP	30	W	tp
Vallehermoso	LG	225	NW	tp
Hermigua P.	LG	40	NE	tp
S. Sebastián	LG	15	E	tp
V.G. Rey	LG	25	W	tp
Matorral A.	EH	50	N	tp
Agæte	GC	60	NW	tp
S. Felipe	GC	0	N	tp
L. Palmas	GC	0	N	Tp/tp
Agúimes	GC	240	SE	tp
S. Nicolás	GC	100	SW	tp
G. Tarajal	F	0	S	tp

T Tenerife LP La Palma LG La Gomera EH El Hierro GC Gran Canaria F Fuerteventura  
tp Tropical fresco Tp Tropical cálido tP Tropical medio

El *régimen de humedad* se define, fundamentalmente, por los períodos de sequía, su duración, intensidad y situación en el ciclo anual. Para establecer los períodos de sequía se utiliza el balance de agua anual y mensual. Este último se realiza, mes a mes, comparando la evapotranspiración mensual con la pluviometría, incrementada en las disponibilidades de agua del suelo procedentes del mes anterior, y que las plantas pueden utilizar. El cálculo de la evapotranspiración se ha hecho por el método de Thornthwaite, considerando una reserva de agua de 100 mm. Se definen seis regímenes de humedad: Húmedo, Mediterráneo, Monzónico, Estepario, Isohigro-Semiárido y Desértico. A su vez estos regímenes se subdividen en varios tipos según las características de sus períodos secos y su distribución en el ciclo anual.



**Tabla I.2.20**  
**Tipos de verano según Papadakis**

Estación	Isla	Altitud	Orientación	Tipo
Los Silos	T	95	N	c
S. Juan R.	T	47	N	c
Granadilla M.	T	25	SE	g
Adeje Fañabé	T	112	S	c
Breña B.	LP	15	E	c
Mazo	LP	40	E	c
Fuencaliente	LP	25	S	c
Aridane	LP	25	W	c
Tazacorte	LP	30	W	c
Vallehermoso	LG	225	NW	c
Hermigua P.	LG	40	NE	c
S. Sebastián	LG	15	E	c
V.G. Rey	LG	25	W	c
Matorral A.	EH	50	N	c
Agaete	GC	60	NW	c
S. Felipe	GC	0	N	g
L. Palmas	GC	0	N	g
Agüimes	GC	240	SE	c
S. Nicolás	GC	100	SW	c
G. Tarajal	F	0	S	c

**T** Tenerife **LP** La Palma **LG** La Gomera **EH** El Hierro **GC** Gran Canaria **F** Fuerteventura  
**g** Algodón menos cálido **c** Cafeto

Las zonas agrícolas de Tenerife, La Palma y La Gomera presentan un régimen de humedad fundamentalmente Mediterráneo seco (Tabla I.2.22), y el resto (El Hierro, Gran Canaria y Fuerteventura) un régimen de humedad Mediterráneo semiárido y a veces Desértico.

**Tabla I.2.21**  
**Regímenes térmicos según Papadakis**

Estación	Isla	Altitud	Orientación	Tipo
Los Silos	T	95	N	Tt
S. Juan R.	T	47	N	Tt
Granadilla M.	T	25	SE	tr
Adeje Fañabé	T	112	S	Tt
Breña B.	LP	15	E	Tt
Mazo	LP	40	E	Tt
Fuencaliente	LP	25	S	Tt
Aridane	LP	25	W	Tt
Tazacorte P.	LP	30	W	Tt
Vallehermoso	LG	225	NW	Tt
Hermigua P.	LG	40	NE	Tt
S. Sebastián	LG	15	E	Tt
V.G. Rey	LG	25	W	Tt
Matorral A.	EH	50	N	Tt
Agaete	GC	60	NW	Tt
S. Felipe	GC	0	N	tr
L. Palmas	GC	0	N	Tr/tr
Agüimes	GC	240	SE	Tt
S. Nicolás	GC	100	SW	Tt
G. Tarajal	F	0	S	Tt

**T** Tenerife **LP** La Palma **LG** La Gomera **EH** El Hierro **GC** Gran Canaria **F** Fuerteventura  
**Tt** Tierra templada **tr** Tropical fresco **Tr** Tropical semicálido

**Tabla I.2.22**  
**Regímenes de humedad según Papadakis**

Estación	Isla	Altitud	Orientación	Tipo
L. Silos	T	95	N	Me
S. Juan	T	47	N	Me
Granadilla	T	25	SE	me
Adeje	T	112	S	Me

**T** Tenerife **Me** Mediterráneo seco **me** Mediterráneo semiárido

**Tabla I.2.22 (continuación)**  
**Regímenes de humedad según Papadakis**

Estación	Isla	Altitud	Orientación	Tipo
Breña B.	LP	15	E	Me
Mazo	LP	40	E	Me
Fuencaliente	LP	25	S	Me
Aridane	LP	25	W	Me
Tazacorte P.	LP	30	W	Me
Vallehermoso	LG	225	NW	Me
Hermigua P.	LG	40	NE	Me
S. Sebastián	LG	15	E	Me
V.G. Rey	LG	25	W	Me
Matorral A.	EH	50	N	me
Agaete	GC	60	NW	me
S. Felipe	GC	0	N	me
L. Palmas	GC	0	N	de
Agüimes	GC	240	SE	Me
S. Nicolás	GC	100	SW	me
G. Tarajal	F	0	S	me

LP La Palma LG La Gomera EH El Hierro GC Gran Canaria F Fuerteventura  
Me Mediterráneo seco me Mediterráneo semiárido de desértico

## II.2.6. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Vemos pues que el clima en las zonas donde se desarrolla en su mayor parte la agricultura de regadío de las islas viene caracterizado por su extrema aridez, con una pluviometría que raramente supera los 250 mm anuales y frecuentemente se encuentra por debajo de los 100 mm/año. Se caracteriza además por su elevada termicidad (18-22 °C) y una gran homogeneidad anual de las temperaturas, no superando los 6 °C las diferencias entre las medias del verano y del invierno, lo cual favorece el cultivo de especies con carácter subtropical y de otros fuera de estación, que son la base de la agricultura de exportación de las islas.

Con estas condiciones, el régimen hídrico en el edafoclima es arídico ya que la evapotranspiración supera siempre la pluviometría y el déficit de agua en el suelo dura prácticamente todo el año. Este régimen de funcionamiento hídrico del suelo no favorece el lavado de las sales, que permanecen en el mismo cuando existe una fuente que las aporta y además la elevada evaporación favorece la formación de costras de sellado que a su vez impiden la infiltración del agua, en una

especie de retroalimentación negativa que no hace sino favorecer los procesos de degradación del suelo.

La clasificación agroclimática de Papadakis nos indica que tanto los veranos (cafeto) como los inviernos (tropical fresco) son suaves, con temperaturas nocturnas ligeramente altas y con una marcada falta de agua disponible para los cultivos (regímenes hídricos mediterráneo seco, mediterráneo semiárido y desértico).

Estas características climáticas, aunque favorables por sus condiciones térmicas, son las que en gran medida están favoreciendo la degradación de los suelos de cultivo por procesos de salinización-sodificación. En efecto, las altas temperaturas que aumentan las necesidades hídricas de los cultivos y el régimen hídrico edáfico, marcadamente arídico hacen que inevitablemente haya que añadir cantidades abundantes de agua, que en una zona con recursos hídricos escasos y de baja calidad, no hacen más que añadir cantidades crecientes de sales y sodio a los suelos, en los cuales permanecen ante la falta de capacidad de lavado de las escasas precipitaciones.

## II.3. LOS SUELOS DE CULTIVO

Dado que sin duda el suelo es uno de los factores de producción más importantes en la actividad agrícola y además porque en cierto modo el suelo, sus propiedades y su conservación-degradación constituyen el objeto central de estudio en nuestro trabajo, parece oportuno dedicar aquí unas líneas, aunque sólo sea de manera muy general, a describir las principales características de los suelos de las zonas geográficas estudiadas y de manera más particular a los de las fincas muestreadas.

Se trata como hemos dicho, de una caracterización muy genérica que nos permita situar mejor los datos analíticos posteriores en su entorno ecológico.

### II.3.1. LOS SUELOS NATURALES DE LAS ZONAS ESTUDIADAS

#### II.3.1.1. Suelos de la isla de Tenerife

De modo general en toda la zona norte (municipios de La Laguna, Los Realejos, La Guancha, Garachico y Buenavista), por debajo de los 300-400 m de altitud, en un clima de tipo semiárido y en situación topográfica de pie de vertiente, los suelos predominantes son los *vertisoles*, que se han desarrollado sobre derrubios y coluvios de formaciones volcánicas antiguas, presentando a veces acumulación de carbonatos.

Las zonas de cultivo de esta región norte, situadas en las zonas próximas a las costas para aprovechar una mayor eficiencia térmica indispensable para el cultivo del plátano, han hecho desaparecer prácticamente los *vertisoles*, ya que una de las prácticas utilizadas por los agricultores canarios es la de construir terrazas artificiales (sorribas), para este cultivo, que exige suelos más ligeros que los *vertisoles*. Para ello se transportan los suelos de zonas más altas a estas zonas de clima cálido y soleado ideal para la platanera, como veremos más adelante.

Son suelos de color gris oscuro o pardo grisáceo, con amplias grietas, muy arcillosos con un predominio de arcillas expansibles de tipo montmorillonítico y con bajos contenidos en materia orgánica. El pH suele ser alcalino y son suelos saturados en bases. Sus malas características físicas los hacen poco adecuados para su utilización agrícola.

En el municipio de La Orotava los cultivos de plátanos se asientan sobre suelos naturales, suelos pardos eutróficos (*cambisoles*) que se han formado en una zona climática de estaciones contrastadas, sobre materiales piroclásticos recientes de origen basáltico, donde actualmente la vegetación natural ha sido sustituida por plataneras.

Son suelos muy fértiles, de color pardo-rojizo, textura arcillo-limosa o arcillosa con una estructura bien desarrollada. El grado de saturación en bases es superior al 50% y el contenido en materia orgánica es relativamente bajo (horizonte ócrico).

En los municipios de Santiago del Teide, Guía de Isora y Arona los suelos que predominan son los *leptosoles* (*litosoles*) y otros suelos con carácter lítico, de muy poco espesor y con abundantes afloramientos de la roca subyacente. Son de especial interés las alteraciones de los depósitos pumíticos piroclásticos de los municipios de Fasnia y Arico ya que, estos suelos se vienen utilizando con fines agrícolas pues absorben fácilmente la humedad atmosférica y disminuyen la evaporación del suelo.

Los suelos más extendidos en Adeje, San Miguel y Granadilla de Abona son los *calcisoles* y *cambisoles* (*aridisoles*), también conocidos como suelos marrones. Son suelos arcillosos con predominio de arcillas 2/1 y un bajo contenido en materia orgánica. Presentan elevada fertilidad y se dedican fundamentalmente al cultivo del tomate. Pueden presentar diversos grados de carbonatación y frecuentemente están sometidos a fenómenos de salinización y alcalinización que pueden llegar a transformarlos en suelos sódicos caracterizados por una elevada adsorción de sodio en el complejo de cambio. También suele ser el sodio el ión predominante en la solución del suelo presentando conductividades eléctricas a veces superiores a los 100 dS/m.

#### **II.3.1.2. Suelos de la isla de La Palma**

En los municipios de Mazo, Fuencaliente y Tazacorte, en las zonas donde se han construido las sorribas para el cultivo, predominan los malpaíses recientes.

En Puntallana y Tijarafe los suelos naturales son suelos pardos (*cambisoles*) y suelos fersialíticos (*luvisoles*). Los Luvisoles son suelos muy fértiles, con una coloración roja característica en el horizonte argílico debido a la acumulación de hierro ligado a la arcilla y un porcentaje elevado de arcillas 1/1 y 2/1, predominantemente ilita.

#### **II.3.1.3. Suelos de la isla de La Gomera**

En la isla de la Gomera no se ha recurrido a la construcción de sorribas, transportando tierras fértiles desde las zonas altas o de medianías hacia las zonas costeras, sino que la agricultura se ha desarrollado en los suelos naturales de determinadas zonas geográficas.

En el municipio de Hermigua, el cultivo del plátano se realiza sobre *vertisoles* más o menos antropizados por el aporte de abonos orgánicos para mejorar sus propiedades físicas.

En los municipios de Agulo, San Sebastián, Alajeró y Valle Gran Rey los suelos en los que se cultiva la platanera son *vertisoles* asociados a *cambisoles* de zonas áridas (*aridisoles*) de menor fertilidad y con problemas de salinidad, sodicidad y también a veces de acumulación de carbonato cálcico libre ( $\text{CaCO}_3$ ).

En Vallehermoso los suelos son también *cambisoles* pero con carácter ándico, con materiales amorfos, de tipo alofana, imogolita y óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio, que confieren al suelo buena estructura, una importante capacidad de retención de agua y altos contenidos en materia orgánica.

#### **II.3.1.4. Suelos de la isla de El Hierro**

Los suelos naturales de los alrededores de la zona agrícola (Valle del Golfo), que es totalmente artificial, pertenecen a los *leptosoles*, y a los suelos coluviales de acumulación de materiales procedentes de las zonas más altas (*fluvisoles*), aunque predominan los malpaíses y los afloramientos rocosos. Por ello, la agricultura intensiva de regadío para la exportación se realiza siempre sobre sorribas.

#### **II.3.1.5. Suelos de la isla de Gran Canaria**

En la isla de Gran Canaria al igual que en La Gomera la agricultura se desarrolla mayoritariamente en suelos naturales a excepción del municipio de Gáldar en el que se han construído algunas sorribas.

En Gáldar, Santa Lucía y Agüimes, los suelos naturales son *leptosoles* y *cambisoles* (suelos pardos). En Santa María de Guía, Barranco de Mogán (municipio de Mogán), Veneguera y Tazartico (municipio de San Nicolás de Tolentino) encontramos también suelos pardos y *leptosoles* asociados a *vertisoles*. En el municipio de Moya son los *vertisoles* los que predominan y en Las Palmas de Gran Canaria, los suelos pardos fersialíticos (*luvisoles*).

En Telde y en la zona del Barranco de Tauro (municipio de Mogán), los suelos donde se ha instalado el regadío son *cambisoles* en régimen arídico, mientras que en Barranco de La Aldea (municipio de San Nicolás de Tolentino) predominan los *vertisoles* asociados a *cambisoles* y *luvisoles*.

### **II.3.1.6. Suelos de la isla de Fuerteventura**

Los cultivos en Fuerteventura se desarrollan sobre suelos naturales pertenecientes a *fluvisoles*, que al situarse en sectores de baja pendiente (ramblas y fondos de valle) suelen presentar a veces altos contenidos de elementos finos, haciéndolos los suelos más fértiles de la isla. Generalmente están asociados a *calcisoles*, con un elevado contenido en carbonato cálcico libre ( $\text{CaCO}_3$ ).

### **II.3.1.7. Consideraciones sobre los suelos naturales en las zonas de cultivo estudiadas**

Como vemos los suelos naturales presentes en las áreas donde actualmente se desarrolla la agricultura de regadío en las islas, se caracterizan por lo general por su baja calidad agronómica.

En efecto, en estas zonas costeras o de medianías bajas, predominan malpaises y suelos líticos (*leptosoles*) con muy poco espesor útil y abundantes afloramientos del material geológico, o todo lo más suelos pardos esqueléticos (*cambisoles*) desarrollados sobre coladas escoriáceas cuaternarias, que presentan una elevada pedregosidad que dificultan las labores agrícolas (La Palma y El Hierro).

En otros casos los suelos predominantes son vertisoles (Norte de Tenerife, La Gomera y Norte de Gran Canaria), con muy malas características físicas derivadas de su textura arcillosa y la baja estabilidad estructural, que hace que sean suelos difícilmente regables (su alta capacidad de infiltración inicial disminuye y se anula rápidamente) y pesados para el laboreo. Los *calcisoles* y *cambisoles* arídicos predominantes en el sur de Tenerife y Gran Canaria y en Fuerteventura, están muy carbonatados y son alcalinos y frecuentemente salinos, lo que también limita y condiciona las posibilidades de su utilización agrícola.

Sólo en algunas zonas del norte de La Palma, los suelos presentes (*cambisoles* y *luvisoles*), presentan las condiciones físicas y de fertilidad química adecuadas para un cultivo intensivo de regadío, por lo que en la mayoría del resto de las zonas ha sido necesario recurrir a la construcción artificial de suelos con las condiciones idóneas para el uso agrícola intensivo a que se ven sometidos.

Vemos pues que, aunque en algunos casos la salinidad sea heredada de las condiciones iniciales del suelo de cultivo, en la mayoría de los casos no lo es, ya que los suelos, tanto naturales (cuando se cultivan) como sorribados presentan siempre unos bajos valores de salinidad y sodicidad.



Del total de suelos muestreados un 44 % corresponde a sorribas, cuyas características comentamos a continuación.

### **II.3.2. LAS SORRIBAS**

Por sorriba se conoce un suelo artificial que se ha construído mediante mezcla de tierras de diferente procedencia.

En las zonas costeras, donde las características climáticas, en particular la elevada termicidad e insolación, permiten el cultivo de especies subtropicales o tropicales de interés para la exportación, las condiciones edáficas no son las adecuadas para las exigencias de estos cultivos, como ya hemos visto (suelos salinos y sódicos, costras de carbonato cálcico, malpaíses, etc.). En consecuencia se recurre a los suelos de medianías y zonas altas (luvisoles y suelos ándicos), donde existe una potencia considerable de suelo y se procede a su extracción y transporte hasta las zonas de costa para la construcción de la sorriba (suelos de prestación).

Estos suelos artificiales son de difícil clasificación aunque se pueden incluir en el Orden Entisoles, Suborden Arents, Gran Grupo Torriarents y Ustarents (Soil Taxonomy) o en la Unidad Antrosoles según el sistema FAO (WRB, 1998).

Es una práctica cultural que se ha desarrollado sobre todo en las islas de Tenerife, La Palma y El Hierro (municipio de Frontera) y en mucho menor grado en la isla de Gran Canaria (municipio de Gáldar); y ha sido en gran medida el resultado del esfuerzo y el sudor de muchas generaciones de canarios.

#### **II.3.2.1. Origen de los suelos**

El material edáfico (tierra) utilizado en la construcción de estos suelos artificiales suele proceder de las zonas de medianías y zonas altas. Normalmente se mezclan horizontes superficiales de luvisoles y andosoles y también de fluvisoles o suelos poco evolucionados de acumulación de sedimentos finos, como es el caso de los sedimentos de Erjos en Tenerife, en vías de desaparición, como consecuencia de su transporte para la construcción de sorribas en la vertiente Sur de la isla.

Los luvisoles utilizados son suelos muy evolucionados y diferenciados, arcillosos y con una estructura poliédrica y prismática bien desarrollada. Debido a la presencia de un horizonte argílico, se suelen utilizar sólo los horizontes superficiales para la realización de las sorribas.

Los andosoles, ocupan el segundo en importancia como fuente de tierra para las sorribas; son suelos con materiales amorfos, de tipo alofana, imogolita y óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio, que confieren al suelo buena estructura, una importante capacidad de retención de agua y altos contenidos en materia orgánica, como ya se ha dicho.

En la Tabla I.2.23 se presentan las características del complejo de cambio de los horizontes superficiales de dos luvisoles (Las Carboneras y Las Rosas) y dos andosoles (Las Aves y Dos Cupresos) de la isla de Tenerife. Se observa que el calcio y el magnesio son los cationes que predominan en el complejo de cambio. Estos suelos en condiciones naturales no suelen presentar cantidades importantes de sales en la solución del suelo, por lo que su conductividad eléctrica suele ser inferior a 2 dS/m.

**Tabla I.2.23**  
**Características del complejo de cambio**  
**de luvisoles y andosoles utilizados en la construcción de sorribas**

Perfil	Horizonte	M.O.(%)	pH(agua)	Ca*	Mg*	Na*	K*	CIC*
Las Carboneras	A <sub>11</sub>	6,28	6,2	6,66	4,58	0,86	1,37	34,45
Las Rosas	A	3,44	5,9	4,79	3,19	0,75	1,91	27,36
Las Aves	A <sub>11</sub> /A <sub>12</sub>	6,86	6,7	6,28	4,00	0,51	1,90	44,93
Dos Cupresos	A	13,24	6,1	8,45	4,82	0,70	0,97	58,59

Fuente: Fernández-Caldas et al. (1982) \* cmolc/kg de suelo

### **II.3.2.2. Proceso de construcción de las sorribas**

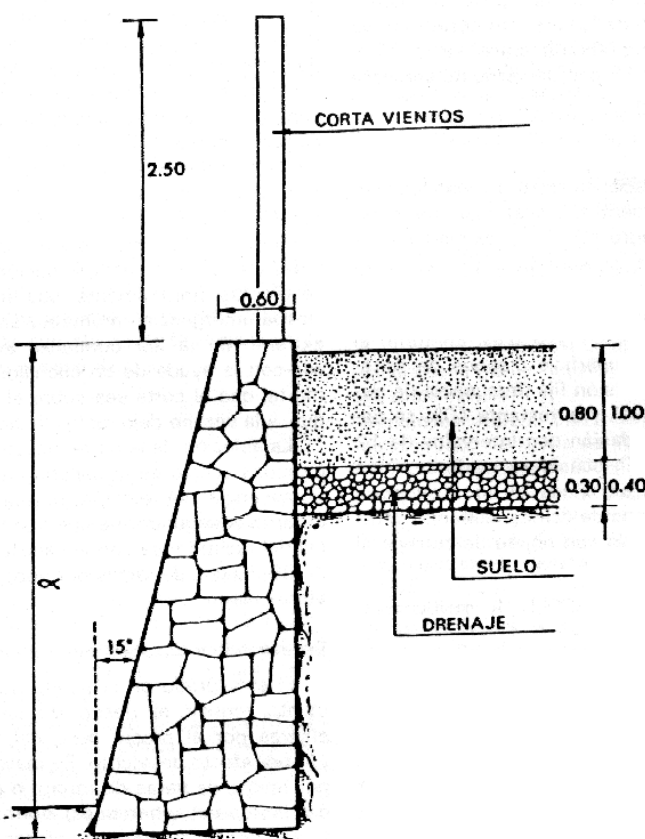
Para la realización de una sorriba, en primer lugar se construyen terrazas o bancales que son rodeados con muros de contención de mampostería, frecuentemente coronados por cortavientos de unos 2,5 m de altura.

Sobre los malpaíses u otros suelos no aptos para el cultivo, se coloca una capa de drenaje de 30 a 40 cm de escorias y material grueso (Galán y Cabrera, 1990), y sobre ella una capa de tierra de cultivo de 80 a 100 cm de espesor procedente de los suelos que hemos citado anteriormente (Figura I.2.13).

Una vez nivelado el terreno se incorpora un adecuado abonado de fondo, tanto mineral como orgánico.

Podemos decir que en general, las propiedades físicas de las sorribas, tales como profundidad, pendiente, drenaje, capacidad de laboreo y textura, no plantean grandes problemas de cara a su utilización intensiva, ya que al tratarse de un suelo artificial, el agricultor ha procurado evitar deficiencias de este tipo (Padrón, 1993).

**Figura I.2.13**  
**Esquema de la construcción de una sorriba**



Dimensiones en metros  
**Fuente:** Galán y Cabrera (1990)

## II.4. EL AGUA Y LOS SISTEMAS DE RIEGO

Como se ha señalado anteriormente, el estudio del agua de riego es uno de los objetivos fundamentales de este trabajo y además de constituir el agua un factor de producción primordial en la agricultura de regadío, es generalmente el vehículo o factor del proceso de salinización-sodificación de los suelos.

### II.4.1. ORIGEN DE LAS AGUAS Y PROCESOS DE DISTRIBUCIÓN

De modo general puede decirse que las aguas destinadas a la agricultura, tienen tres orígenes diferentes: las aguas superficiales almacenadas en presas y charcas, las aguas subterráneas aprovechadas mediante nacientes, galerías y pozos y las aguas de origen no convencional o *aguas fabricadas* mediante potabilizadoras y depuradoras.

Las aguas subterráneas son las más abundantes en el archipiélago (76,8 %), seguidas de las superficiales y fabricadas (18,7 y 4,5 % respectivamente) (Tabla I.2.24). Las islas que poseen más recursos hídricos son las de Tenerife, Gran Canaria y La Palma. La isla con mayor cantidad de aguas superficiales es Gran Canaria, mientras que Tenerife, Gran Canaria y La Palma son las islas que tienen más aguas subterráneas, destacando Tenerife a mucha distancia del resto. Las aguas fabricadas, aunque son menos abundantes, se producen sobre todo en Gran Canaria y Tenerife.

**Tabla I.2.24**  
**Recursos hídricos (hm<sup>3</sup>/ año) del Archipiélago Canario**

Isla	Aguas superficiales	Aguas subterráneas	Aguas fabricadas	Totales
Tenerife	8,1	227	10,2	245,3
La Palma	4,5	83	-	87,5
La Gomera	4,9	9,1	-	14,0
El Hierro	0,1	2,9	-	3,0
Gran Canaria	78,7	84,2	11,0	173,9
Lanzarote	0,2	0,3	1,8	2,3
Fuerteventura	3,5	5,0	1,1	9,6
Totales	100,0	411,5	24,1	535,6

Fuente: Soler y Lozano (1988)

Los cultivos de regadío consumen más del 60 % del total del agua disponible. El cultivo del plátano consume el 57,6 % del agua agrícola y el cultivo de hortalizas y tomates de exportación el 15,4 % (Pérez, 1992).

El excesivo número de perforaciones (pozos y galerías) con la consiguiente sobreexplotación de los acuíferos, ha hecho que a lo largo de los años hayan desaparecido la mayoría de los manantiales (Quirantes, 1981).

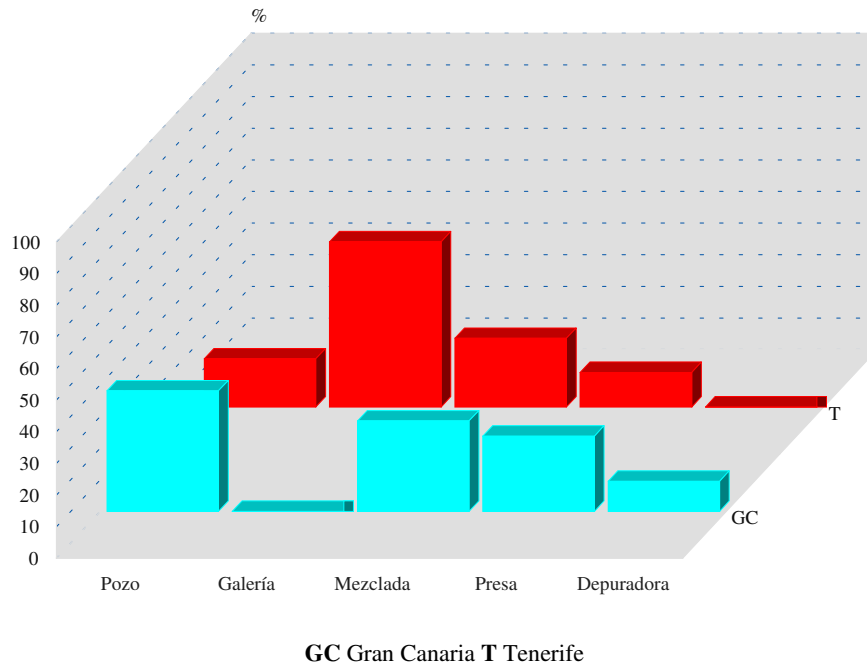
Con la elaboración de los proyectos SPA-15 y MAC-21 surge como solución alternativa al problema del agua (escasez y altos precios), la posible reutilización de aguas depuradas como aguas para riego. Fue la isla de Gran Canaria la primera que comenzó a aprovechar aguas depuradas para la agricultura. En Tenerife existen diversos trabajos al respecto, así como un Proyecto de seguimiento de la implantación del regadío con aguas depuradas de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife en el Valle de San Lorenzo (Arona) y Valle de Guerra (La Laguna) encargado de llevarlo a cabo BALTEN (Organismo Autónomo Local de Balsas de Tenerife), sobre el impacto que pueda causar la utilización de estas aguas en los suelos y en los cultivos de las zonas regadas.

Como vimos anteriormente el agua depurada y el agua potabilizada, juntas significan tan solo el 4,5 % del total de agua disponible, y su reutilización en la agricultura es escasa; sin embargo en un futuro próximo el agua depurada reutilizada para la agricultura podría llegar a ser de unos 60 hm<sup>3</sup>/año, lo que supondría más o menos el 10 % del total de los recursos hídricos (Pérez, 1992).

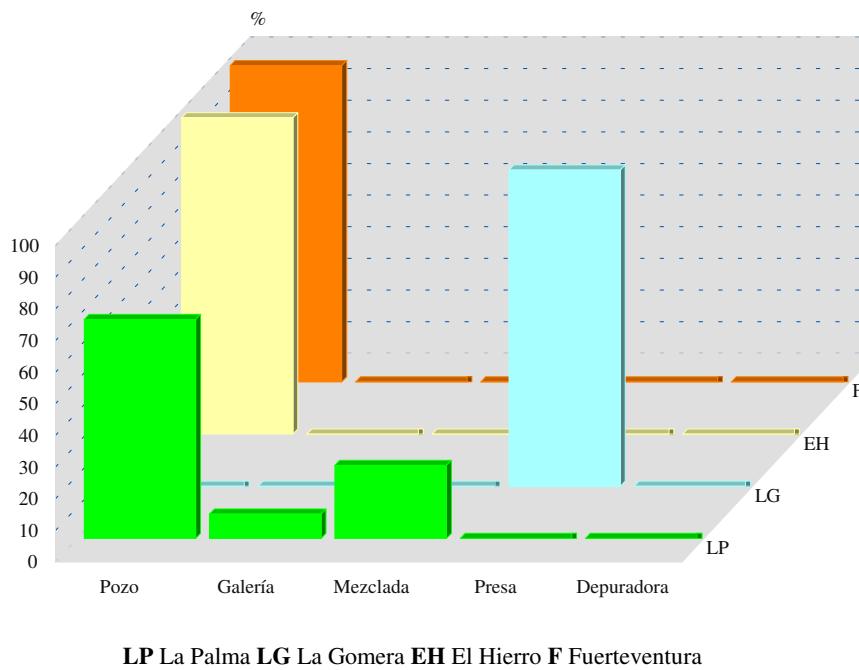
Uno de los temas más controvertidos de la problemática del uso del agua en la agricultura es el de las redes de distribución; en muchos casos las conducciones están duplicadas, dado el carácter privado de la gestión de las aguas, y en otros, se hace necesaria la mejora en las redes ya que están deterioradas y presentan pérdidas, de hasta el 50 % del agua que transportan.

En las Figuras I.2.14 y I.2.15 se representa el origen de las aguas de riego muestreadas para este trabajo. Como puede observarse en las islas de La Palma, El Hierro y Fuerteventura más del 70 % de las aguas muestreadas son de pozo, mientras que las de galería se usan fundamentalmente en Tenerife (más del 52 %). En La Gomera predominan las aguas procedentes de presas y charcas (aguas superficiales) al igual que en Gran Canaria, aunque en esta isla también existe un aprovechamiento importante de agua de pozo y sobre todo de agua mezclada, es decir mezcla en los canales de distribución o en los embalses de aguas de diferentes orígenes, generalmente con objeto de mejorar su calidad.

**Figura I.2.14**  
**Origen de las aguas de riego muestreadas en las**  
**Islas de Gran Canaria y Tenerife**



**Figura I.2.15**  
**Origen de las aguas de riego muestreadas en La Palma,**  
**La Gomera, El Hierro y Fuerteventura**

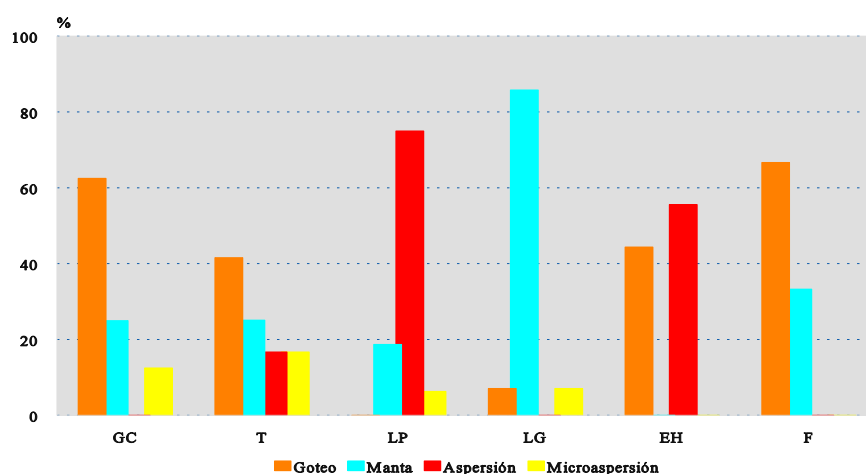


## II.4.2. SISTEMAS Y PRÁCTICAS DE RIEGO

El sistema de riego tradicional en las islas ha sido el riego a manta, que en los últimos años se ha ido sustituyendo por otros sistemas de mayor eficiencia. En la actualidad se estiman en unas 9.000 ha (30 % de la agricultura de regadío) las tierras que poseen sistemas de riego por aspersión o localizado. El cambio de un sistema de riego a otro de mayor eficiencia produce un ahorro medio que puede cifrarse en un 30 % al pasar por ejemplo de un riego a manta a un sistema por goteo (Pérez, 1992).

En el muestreo realizado, las islas cuyos cultivos están dotados de riego por goteo como sistema mayoritario son Gran Canaria, Fuerteventura, Tenerife y El Hierro (Figura I.2.16, Fotos 1 y 2). En La Palma predomina el riego por aspersión (Foto 3) y en La Gomera, la más tradicional, se sigue utilizando fundamentalmente el riego a manta (Fotos 4 y 5).

**Figura I.2.16**  
**Sistemas de riego muestreados**



GC Gran Canaria T Tenerife LP La Palma LG La Gomera EH El Hierro F Fuerteventura

Las plantas consumen el agua que necesitan con independencia del sistema de riego que la aporta. La platanera es una planta con una gran demanda hídrica. La evolución anual de la evapotranspiración de la platanera oscila entre los valores de 1,5 y 4,6 L/m<sup>2</sup>/día (540-1.656 L/m<sup>2</sup>/año) (Suárez, 1994). Los valores mínimos coinciden con el periodo crítico invernal y con el momento del comienzo del ciclo anual del cultivo; mientras que la época de máxima demanda evaporativa corresponde a los meses de julio y agosto. El consumo de agua anual para el cultivo de la platanera en las Islas Canarias es de unos 1.492 L/m<sup>2</sup> (Synconsult Aicasa, 1987).

**Foto 1.** *Detalle del sistema de riego goteo en cultivo de platanera (isla de Gran Canaria).*

**Foto 2.** *Cultivo de tomates en riego localizado (goteo). Nótese la acumulación de sales a ambos lados de la línea de goteros (isla de Tenerife).*

**Foto 3.** *Cultivo de plátanos bajo riego por aspersión en la isla de La Palma.*

**Foto 4.** *Finca de platanera con riego a manta.*

**Foto 5.** *Canal de distribución del agua en una finca de platanera regada a manta (isla de La Gomera).*





**Foto 1**



**Foto 2**



**Foto 3**



**Foto 4**



**Foto 5**

En la Tabla I.2.25 aparecen la dosis de riego ( $L/m^2$ ), la frecuencia de riego (días) y el consumo de agua ( $L/m^2/año$ ) para las fincas de platanera y tomates muestreadas de las que se dispone de datos sobre estas prácticas de riego (28 muestras).

**Tabla I.2.25**  
**Dosis de riego, frecuencia de riego y consumo de agua**  
**en las fincas de platanera y tomates muestreadas**

	Platanera (19 muestras)		
	Dosis riego ( $L/m^2$ )	Frecuencia riego (días)	Consumo agua ( $L/m^2/año$ )
<b>Media</b>	22,5	5	1.776
<b>Mínimo</b>	3,4	1	504
<b>Máximo</b>	64,2	15	4.248
	Tomate (9 muestras)		
	Dosis riego ( $L/m^2$ )	Frecuencia riego (días)	Consumo agua ( $L/m^2/año$ )
<b>Media</b>	6,1	3	947
<b>Mínimo</b>	1,8	1	96
<b>Máximo</b>	11,8	5	2.832

La estimación de la cantidad de agua de riego aportada por los agricultores en el cultivo de la platanera en Canarias, presenta gran dificultad por la variabilidad existente entre islas, zonas y explotaciones o fincas. Esta variabilidad es debida a las diferencias climáticas, a la calidad del agua, a los sistemas de riego, y además a las prácticas de manejo propias de cada finca.

Vemos pues como el riego medio aportado a las plataneras muestreadas presenta una dosis de  $22,5 L/m^2$ , cada 5 días lo que significa unos  $1.776 L/m^2/año$ , con un mínimo de  $504 L/m^2/año$  en una muestra de la isla de La Palma con riego por aspersión (LP6) y un máximo de  $4.248 L/m^2/año$  en una muestra de la isla de Tenerife con riego localizado (goteo) (T22).

El cultivo del tomate es moderadamente tolerante a la sequía y a la salinidad, y su consumo hídrico es menor que el de la platanera. En este cultivo generalmente se emplean dos sistemas de riego, surco y goteo. La distribución de cada uno de estos sistemas respecto a la superficie de cultivo al aire libre puede estimarse para Tenerife en 90 % por goteo y el resto por surcos; en Fuerteventura prácticamente el 100 % de los tomates están regados por goteo; y en Gran Canaria en la zona de San Nicolás de Tolentino existe un 20 % en surcos, y en la zona sur ocupa algo más del 35 %.

Como podemos observar en la Tabla I.2.26 también en el cultivo del tomate se observa una gran variabilidad, incluso en una misma zona e igual sistema de riego (Fincas del Sur-SO de la isla de Tenerife con riego a goteo) (Hernández y Pérez, 1990a).

**Tabla I.2.26**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año) en tomates al aire libre**  
**(Synconsult Aicasa, 1987)**

Isla	Sistema riego	Consumo agua (L/m <sup>2</sup> /año)		
		Media	Máximo	Mínimo
<b>Tenerife</b>				
Este	surco	1.073	1.508	638
	goteo	761	834	688
Sur-SO	surco	1.176		
	goteo	856	964	748
	goteo*	323		
<b>Gran Canaria</b>				
Norte	surco	881		
	goteo	572	752	392
Este	surco	900		
	goteo	722	1.008	436
Sur	surco	1.440		
	goteo	993	1.101	885
<b>Fuerteventura</b>	goteo	1.080		

\* Dato correspondiente a cinco Fincas con asesoramiento técnico y buen manejo y mantenimiento de las instalaciones

Hernández y Pérez (1990b) estimaron para el cultivo del tomate que los sistemas localizados permiten un ahorro de agua del orden del 25 %. En los cultivos protegidos, la información recogida señala que el consumo bajo malla es un 10 % inferior que el empleado en explotaciones al aire libre y un 20 % menos cuando se trata de invernaderos bajo plástico.

En la Tabla I.2.25 se presentan los valores medios de dosis de riego, frecuencia de riego y consumo de agua para las fincas de tomates muestreadas de las que disponíamos de datos (9 muestras, todas con sistema de riego a goteo). Se sigue observando una gran variabilidad con una dosis de riego media de 6,1 L/m<sup>2</sup>, cada 3 días, lo que supone un consumo de agua de 947 L/m<sup>2</sup>/año en los ocho meses del cultivo.

### **II.4.3. RESUMEN SOBRE EL ORIGEN DE LAS AGUAS Y LOS SISTEMAS DE RIEGO CONSIDERADOS EN ESTE TRABAJO**

En las islas de La Palma, El Hierro y Fuerteventura más del 70 % de las aguas son de pozo, mientras que las de galería se usan fundamentalmente en Tenerife (más del 52 %). En La Gomera predominan las aguas procedentes de presas y charcas (aguas superficiales) al igual que en Gran Canaria, aunque en esta isla también existe un aprovechamiento importante de agua de pozo y sobre todo de agua mezclada.

En el muestreo realizado, las islas cuyos cultivos están dotados de riego por goteo como sistema mayoritario son Gran Canaria, Fuerteventura, Tenerife y El Hierro. En La Palma predomina el riego por aspersión y en La Gomera se sigue utilizando fundamentalmente el riego a manta.

Se observa una gran variabilidad en el gasto de agua para plátanos y tomates. El riego medio aportado a las plataneras muestreadas presenta una dosis de 22,5 L/m<sup>2</sup>, cada 5 días lo que significa unos 1.776 L/m<sup>2</sup>/año. Los valores medios de dosis de riego, frecuencia de riego y consumo de agua para las fincas de tomates muestreadas son 6,1 L/m<sup>2</sup>, 3 días y 947 L/m<sup>2</sup>/año.

Así de las aguas utilizadas en este trabajo, un 36 % corresponde a aguas de pozos, un 28 % a aguas de galerías y el resto (36 %) a otros sistemas. El sistema de riego utilizado en las fincas muestreadas es mayoritariamente el goteo (38 %), mientras que surcos y aspersión son sistemas minoritarios.

En consecuencia el estado salino-sódico de los suelos estudiados debe estar siempre en relación con la calidad de las aguas de los pozos, el sistema de riego localizado empleado y los elevados volúmenes de agua utilizados en el riego.

## II.5. LOS CULTIVOS Y LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

Junto con el clima, el suelo y el agua, los cultivos y las prácticas agronómicas, constituyen otro importante factor de producción de la agricultura bajo riego, que consideraremos en detalle en este trabajo y cuyos datos de muestreo comentaremos brevemente en este apartado.

### II.5.1. PRINCIPALES CULTIVOS CONSIDERADOS

En la Tabla I.2.27 se presentan los cultivos muestrados agrupados en: Frutales, Hortícolas y Ornamentales, siguiendo la clasificación de López y López (1985) y de Reuter y Robinson (1986).

**Tabla I.2.27**  
**Cultivos muestrados**

<b>Frutales</b>	
Aguacate ( <i>Persea americana</i> ) (9)	Papaya ( <i>Carica papaya</i> ) (2)
Cítricos ( <i>Citrus spp.</i> ) (16)	Piña tropical ( <i>Ananas comosus</i> ) (4)
Fresas ( <i>Fragaria sp.</i> ) (1)	<i>Platanera (Musa acuminata colla, subgrupo Cavendish, cultivares Pequeña Enana y Gran Enana) (63)</i>
Mango ( <i>Mangifera indica</i> ) (5)	Viña ( <i>Vitis vinifera</i> ) (6)
<b>Hortícolas</b>	
Acelgas ( <i>Beta vulgaris</i> ) (1)	Habichuelas ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) (1)
Ajos ( <i>Allium sativum</i> ) (1)	Lechugas ( <i>Lactuca sativa</i> ) (1)
Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) (1)	Millo ( <i>Zea mays</i> ) (2)
Azafrán ( <i>Crocus sativus</i> ) (1)	Papas ( <i>Solanum tuberosum</i> ) (3)
Berenjenas ( <i>Solanum melongena</i> ) (3)	Pimientos ( <i>Capsicum annum</i> ) (3)
Cebollas ( <i>Allium cepa</i> ) (1)	<i>Tomates (Lycopersicon esculentum) (21)</i>
Espinacas ( <i>Spinacia oleracea</i> ) (1)	Zanahorias ( <i>Daucus carota</i> ) (1)
<b>Ornamentales</b>	
Claveles ( <i>Dianthus caryophyllus</i> ) (1)	Rosas ( <i>Rosa adorata</i> ) (3)
Gladiolos ( <i>Gladiolus hortulanus</i> ) (2)	Strelitzias ( <i>Strelitzia reginae</i> ) (2)
Palmita ( <i>Howea belmoreana</i> ) (1)	

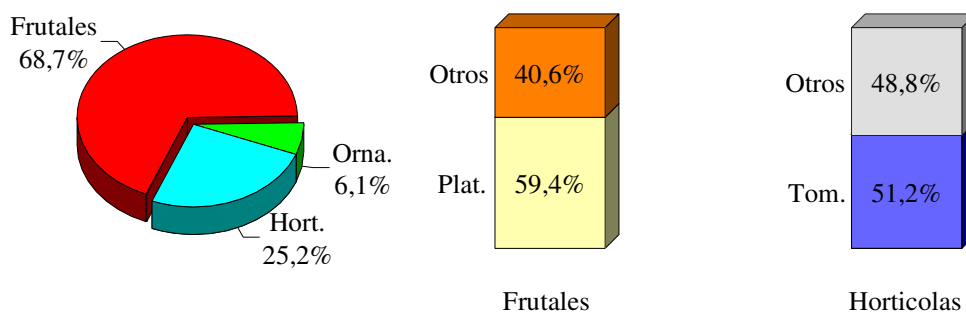
Dentro de los paréntesis figuran la especie y el número de cada cultivo muestreado

Como podemos ver, el muestreo se intentó hacer lo más diversificado posible y a su vez que representara la importancia de los diferentes cultivos dentro de la agricultura de regadío. Por lo tanto

el mayor número de muestras corresponde a la platanera y los tomates que son los dos cultivos básicos de exportación en regadío de las islas. Otros cultivos como la viña y las papas, que actualmente ocupan el 3º y 4º lugar por superficie de cultivo ocupada, se realizan en secano, o bien la superficie en regadío es testimonial (papas) y con métodos bastante extensivos y rudimentarios, que ejercen una baja presión sobre las características del suelo.

Del total de cultivos muestreados el 68,7 % corresponde a frutales de los que el 59,4 % son plataneras y el resto otros frutales (cítricos 13,9 %, aguacate 7,6 %, mango 6,3 %, piña tropical 6,1% y en menor proporción viña, papaya y fresas) (Figura I.2.17). El grupo de hortalizas es el segundo en importancia, con un 25,2 % del total de cultivos muestreados, de los que el 51,2 % corresponde al cultivo del tomate. La platanera representa el 40,4 % del total de cultivos muestrados y el tomate el 13,5 %.

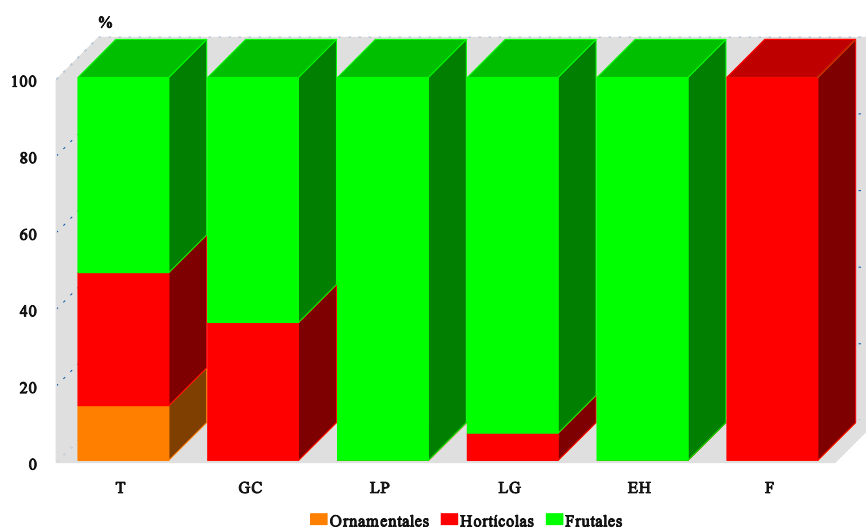
**Figura I.2.17**  
**Cultivos muestreados**



**Hort.** Hortalizas **Orna.** Ornamentales **Plat.** Platanera **Tom.** Tomates

En todas las islas (excepto Fuerteventura) predominan en el muestreo los frutales y en La Palma, El Hierro y La Gomera con un porcentaje superior al 90 % (ver Figura I.2.18). En Tenerife y Gran Canaria estos valores oscilan entre el 50-65 % y esta disminución es debida a una mayor importancia de los hortalizas (tomates fundamentalmente).

**Figura I.2.18**  
**Cultivos muestreados según islas**



T Tenerife GC Gran Canaria LP La Palma LG La Gomera EH El Hierro F Fuerteventura

## II.5.2. LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

Ya hemos visto anteriormente como el agricultor para reducir el consumo de agua, un recurso escaso y por tanto caro en nuestras condiciones, ha debido realizar un cambio importante en los sistemas de aplicación de agua al suelo, pasando de los sistemas tradicionales a manta a los sistemas de riego localizado, lo que ha supuesto un ahorro de hasta un 30 % en el agua empleada, a la vez que se hacen considerables esfuerzos por mejorar la eficiencia del sistema.

El agricultor canario también realiza una serie de prácticas agrícolas encaminadas a una disminución del consumo de agua. Para lograr esta reducción, hay que disminuir la evapotranspiración que a su vez, depende de factores climáticos (viento, radiación, humedad, temperatura, etc.), factores edáficos (color, pendiente, grado de humedad, etc.) y factores biológicos de la planta cultivada (especie, variedad, estado sanitario, densidad y distribución de las raíces, estomas, etc.).

Debido al viento, factor climático presente a lo largo de todo el año en las islas, ha sido necesario proteger los cultivos con cortavientos y últimamente, mediante la instalación de invernaderos.

El uso de cortavientos (cañas y bloques de cemento) con el 50 % de porosidad puede reducir la evapotranspiración en un 10 % en la zona protegida, y además evita los daños producidos por el

viento con lo que se logra un aumento en las cosechas que se estiman entre un 10-20 % (Rodrigo, 1973; Elajabeitia, 1975).

Con la instalación de invernaderos se logra una disminución del viento y de la insolación y un aumento de la humedad y de la temperatura. El más utilizado es el denominado *tipo Canarias*, con estructura de tubería galvanizada sobre la cual descansa una red de listones de madera atados a la tubería, y cubierto el conjunto por plástico.

Su instalación lleva consigo un importante aumento en el aporte de fertilizantes y plaguicidas, utilización de semillas híbridas de gran productividad e implantación de riego localizado, para lograr la amortización del capital empleado en su construcción.

El desarrollo de los cultivos bajo protección tiene lugar en la década de los años sesenta, con la demanda de productos hortícolas, flores y plantas ornamentales (especialmente flor cortada) por los europeos. El desarrollo de la horticultura bajo plástico fue mayor en Gran Canaria que en Tenerife, aunque en ésta adquirieron mayor peso los cultivos de flores y plantas ornamentales.

Más tarde, en los años ochenta comenzó el desarrollo del cultivo de plátanos en invernadero en el sur de Tenerife (Las Galletas), ante los daños que sufrían las plantaciones por el viento.

En general, se acepta para Canarias que la construcción de invernaderos producen un ahorro de agua de riego al menos del 25 % en los cultivos de platanera bajo cubierta de plástico (Galán y Fernández, 1987). Si nos referimos al cultivo de tomates de exportación, la información recogida señala que el consumo bajo malla es un 10 % inferior que el empleado en explotaciones al aire libre y un 20 % menos cuando se trata de invernaderos de plástico. Además se debe tener en cuenta que el cultivo protegido alarga su ciclo vegetativo (Hernández y Pérez, 1990b).

La superficie de invernaderos en Canarias se estima actualmente en unas 3.000 ha, dedicadas a hortícolas (tomate de exportación con cubierta de malla fundamentalmente), flores y plantas ornamentales, con un importante aumento de la platanera que sigue creciendo; todo ello representa en torno al 10 % de la superficie total de regadío.

Del muestreo realizado por nosotros, el 84 % de las muestras corresponde a cultivos al aire libre y el 16 % a invernaderos de malla o de plástico.

Otras prácticas agrícolas, comunes en las islas, han sido el acolchado o mulching y los enarenados. Consiste en la aplicación de capas de distintos materiales para cubrir el suelo, con la



finalidad de disminuir la evaporación, aumentar la humedad y la temperatura, mejorar la infiltración del suelo, aumentar la calidad de los frutos, eliminar las malas hierbas, etc.

En Canarias se emplean para los acolchados productos naturales como las hojas del pino (pinocha) o artificiales como películas de material plástico, principalmente polietileno negro.

En cuanto a los enarenados, usados desde hace muchas generaciones de agricultores canarios, se emplean diversos materiales: picón negro (lapilli volcánico), piedra pumítica de diferente granulometría (denominada *jable* en el sur de la isla de Tenerife) o arena. Los ahorros de agua de riego son importantes con el empleo de estas técnicas. En cultivos de papas en terrenos de jable en el sur de Tenerife puede llegar a un 30 % (Pérez, 1992).

Estos métodos también han permitido el cultivo en secano de amplias zonas de las islas que de otra forma hubiera sido imposible. En la isla de Lanzarote el agricultor ha superado la falta de agua acolchando el suelo con una capa de 15 a 25 cm de picón, que condensa y recoge la humedad del aire y evita a la vez la evaporación, con lo que la solución del suelo se mantiene bastante diluída y rara vez alcanza valores superiores a 1 dS/m (Vargas et al., 1993).

El suelo agrícola en las Islas Canarias es muy escaso y el territorio y sobre todo la propiedad está muy fragmentada, por lo que construir explotaciones agrarias cuyas parcelas tengan las dimensiones adecuadas para la introducción de maquinaria ha sido prácticamente imposible y se han adaptado pequeños motocultores manuales a las condiciones del terreno y a las necesidades del cultivo.

Otro aspecto a tener en cuenta en el desarrollo de la agricultura experimentado en los últimos años es el abandono de la aplicación de estiércol animal como práctica tradicional, que ha sido sustituida por la aplicación de abonos orgánicos líquidos.

En general hay una gran dependencia del exterior y ha aumentado de forma desproporcionada la aplicación de fertilizantes químicos (complejos, quelatos, abonos foliares, etc..) y de todo tipo de agroquímicos (pesticidas, hormonas, etc..) que se aplican por fertirrigación, así como la importación de semillas, esquejes y sistemas de riego. El consumo de estos productos se hace muy elevado en los cultivos forzados y sobre todo en los cultivos de exportación.

La realización de un programa correcto de abonado durante el cultivo depende de numerosos factores como suelo, clima, sistema de riego, etc.. La aplicación de fertilizantes puede ser también una fuente importante de sales, ayudando en parte a la degradación de los suelos por salinización-

sodificación. Las dosis usuales de abonado para las cultivos más importantes de exportación (platanera y tomate) se presentan en la Tabla I.2.28.

**Tabla I.2.28**  
**Dosis usuales de abonado platanera (Lahav y Turner, 1983, Lahav, 1996; Soto, 1985)**  
**y tomate (Domínguez, 1989)**

	Platanera	Tomate
	Dosis (kg/ha/año)	
<b>Nitrógeno (N)</b>	200-450	700-1.050
<b>Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>	40-96	262-350
<b>Potasio (K<sub>2</sub>O)</b>	400-1.200	875-1.750

De los datos obtenidos de las fichas de campo del muestreo (Anexo I), los fertilizantes más empleados son:

*Fertilizantes nitrogenados* (nitrato potásico, nitrato amónico, sulfato amónico, ácido nítrico, nitrato cálcico y nitrato magnésico)

*Fertilizantes fosfatados* (fosfato monoamónico, superfosfato de cal y ácido fosfórico)

*Fertilizantes potásicos* (sulfato potásico y nitrato potásico)

*Fertilizantes complejos* cristalinos solubles varios

*Micronutrientes* (quelatos de hierro y sulfato de zinc)

siendo necesario destacar que por norma, el agricultor utiliza cantidades muy superiores a las dosis recomendadas, salvo en las fincas que disponen del adecuado asesoramiento técnico, lo cual conlleva un incremento de los aportes de sales al suelo.

### **II.5.3. CONSIDERACIONES SOBRE LOS CULTIVOS Y LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS ESTUDIADAS**

El muestreo se intentó hacer lo más diversificado posible de tal manera que representara la importancia de los diferentes cultivos dentro de la agricultura de regadío y a su vez recogiese todas las prácticas de manejo posible, con el fin de valorar la influencia de éstas y de las necesidades hídricas de cada cultivo, en los procesos de salinización y sodificación. Del total de cultivos muestreados el 68,7 % corresponde a frutales, el 25,2 % a hortícolas y el 6,1 % a ornamentales. El cultivo más importante dentro de los frutales es el plátano que representa el 40,4 % del total de cultivos muestreados y entre los hortícolas, el tomate (13,5 %). En todas las islas muestradas (excepto Fuerteventura) predominan los frutales.

La superficie de invernaderos (cultivos forzados o bajo protección) en Canarias se estima actualmente en unas 3.000 ha (10 % de la superficie total de regadío), dedicadas a hortícolas (tomate de exportación con cubierta de malla fundamentalmente), flores y plantas ornamentales, con un importante aumento de la platanera (bajo plástico) que sigue creciendo.

Del muestreo realizado, el 84 % corresponde a cultivos al aire libre y el 16 % a invernaderos de malla o de plástico.

Otras prácticas agrícolas han sido el acolchado o mulching (pinocha, polietileno negro) y los enarenados (picón, jable o arena). Los ahorros de agua de riego con estas prácticas pueden llegar hasta el 30 %.

El desarrollo de la agricultura ha traído consigo el abandono de la aplicación de estiércol animal como práctica tradicional por la aplicación de abonos orgánicos líquidos, así como la aplicación de fertilizantes inorgánicos (binarios, complejos, quelatos, etc..), muchas veces en cantidad superior a las necesidades de nutrientes de la planta. Los fertilizantes pues, pueden ser una fuente importante de sales, que de alguna forma están acelerando la degradación de los suelos por salinización-sodificación.

## II.6. METODOS ANALÍTICOS

### II.6.1. SUELOS

#### II.6.1.1. Contenido de humedad de los suelos

Se determinó el contenido de humedad de las muestras de suelos tamizadas a 2 mm para realizar los análisis químicos, con objeto de referenciar los resultados a peso seco.

El procedimiento rutinario consistió en el secado de la muestra en la estufa a 105 °C hasta pesada constante.

#### II.6.1.2. Extracción de la solución del suelo

La conductividad eléctrica se determinó en el extracto de pasta saturada, (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954) y en extractos 1:1 tras 15 minutos de agitación y 4 horas de reposo (conductímetro CRISON Mod.522 a 25 °C).

Los cationes solubles  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  en el extracto de la pasta saturada y en los extractos 1:1 se determinaron por fotometría de emisión de llama y  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  por espectrofotometría de absorción atómica en presencia de concentraciones de lantano (0,1-1 %) para evitar posibles interferencias de sílice, aluminio, fosfatos y sulfatos. Estas determinaciones se realizaron en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer Mod.3100.

Los aniones solubles se determinaron mediante el siguiente procedimiento:  $\text{Cl}^-$  por el método de Mohr utilizando como disolución valorante  $\text{AgNO}_3$  (0,05 N) y  $\text{KCrO}_4$  al 5 % como indicador,  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{CO}_3^{2-}$  por valoración potenciométrica con HCl en un valorador METTLER DL25 Titrator,  $\text{SO}_4^{2-}$  mediante turbidimetría con  $\text{BaCl}_2$  (Black et al., 1965) y  $\text{NO}_3^-$  por colorimetría con brucina en medio sulfúrico (Standard Methods, 1975).

El pH de la solución del suelo fue determinado con un electrodo combinado en un pHmetro Radiometer mod. PHM82. También se determinó el pH en la pasta antes de la extracción (pHpasta).

La relación de adsorción de sodio en los extractos (SARes) fue calculado con la ecuación del USSL Staff (1954):

$$\text{SARes (meq/L)}^{0,5} = \text{Na}^+ / [(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) / 2]^{0,5} \text{ (concentraciones en meq/L)}$$

Ecuación (4)

Mediante el programa de especiación CARBCHEM (Suárez, 1978, modificado por Alves, 1983) y a partir de los datos de: pH<sub>pasta</sub>, temperatura (25°C) y la composición iónica de la solución del suelo, se calcularon las actividades y los coeficientes de actividad para cada uno de los iones, con estos valores, se corrigieron las concentraciones de calcio, magnesio y sodio (meq/L) y se determinó la relación de adsorción de sodio, que tiene en cuenta la formación de pares iónicos y complejos y que denominamos SAR verdadero (SAR<sub>sv</sub>).

También se calculó el SAR en los extractos 1:1 (SAR<sub>1:1</sub>) y su SAR verdadero o corregido teniendo en cuenta la formación de pares iónicos o complejos (SAR<sub>1:1v</sub>) mediante la ecuación (4).

El porcentaje de sodio intercambiable (PSI) es un índice que ha sido utilizado para conocer el estado de sodicidad de un suelo. Como sabemos, para calcularlo hay que determinar el sodio intercambiable y la capacidad de intercambio catiónica (CIC). Hay numerosos errores en la determinación de la CIC que infravaloran la misma, y por tanto se incrementa el valor del PSI. Estos errores pueden ser: desplazamiento del catión índice por cationes divalentes de sales solubles presentes en el suelo durante la fase de lavado, traslado del catión índice desde las posiciones de cambio por hidrólisis durante lavados excesivos, incompleta saturación inicial del suelo con el catión índice o incompleto desplazamiento del catión índice.

También se han observado efectos contrarios (sobrestimación de la CIC con la consiguiente disminución de los valores del PSI) debido a un lavado incompleto del exceso de la solución de la sal del catión índice utilizada, la retención de sales sobre la superficie y los microporos de suelos ácidos o en suelos que contienen productos volcánicos piroclásticos, etc.. Todas estas fuentes de errores han sido discutidas por varios autores (Bower y Hatcher, 1962; Okasaki et al., 1962; Shainberg, 1973; Oster y Shainberg, 1979; Bresler et al., 1982).

Debido a estos errores inherentes al método de determinación de la CIC que infra o sobreestiman el PSI, se recomienda el uso del SAR en la solución en el diagnóstico de problemas potenciales de sodicidad en suelos, más que el propio PSI (Bresler et al., 1982). A partir del SAR se puede estimar el PSI que correspondería al complejo de cambio de un suelo con ese SAR en la solución edáfica, mediante la siguiente fórmula (USSL Staff., 1954), y es el que hemos utilizado en este trabajo:

$$PSI_c (\%) = 100 (-0,0126 + 0,01475 \text{ SAR}) / 1 + (-0,0126 + 0,01475 \text{ SAR})$$

Ecuación (5)

También calculamos el PSI que denominamos verdadero (PSI<sub>v</sub>) a partir del SAR<sub>sv</sub> de la solución del suelo mediante la fórmula citada anteriormente (5).

Aunque el SAR es un buen indicador del estado de saturación en sodio de un suelo, en soluciones con altas concentraciones salinas puede haber una sobrestimación del PSI debido a efectos de repulsión aniónica, también llamada adsorción negativa (Bower y Hatcher, 1964; Bresler et al., 1982).

## II.6.2. AGUAS

### II.6.2.1. pH, conductividad eléctrica, cationes y aniones

Se determinaron del mismo modo que en la solución del suelo.

### II.6.2.2. Relación de adsorción de sodio

Para evaluar el riesgo de sodificación del suelo de un agua de riego se emplea la relación de adsorción de sodio del agua de riego (SAR), la cual se determinó de cuatro formas diferentes, con el objetivo de ver cual de ellas se ajusta más al SAR de la solución del suelo:

1) La forma convencional de calcular el SAR de un agua de riego es la propuesta por el USSL Staff (1954) mediante la siguiente ecuación y que hemos denominado SARa:

$$SARa (meq/L)^{0,5} = Na^+ / [(Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2]^{0,5} \text{ (concentraciones en meq/L)}$$

Ecuación (6)

2) Posteriormente se modificó el SARa y se definió el SAR ajustado que nosotros denominamos SARpHc, dado por la siguiente expresión de Ayers y Westcot (1976a):

$$SARpHc (meq/L)^{0,5} = SARa (9,4 - pHc)$$

Ecuación (7)

en donde el  $pHc$  representa el pH teórico del agua de riego en contacto con la calcita y en equilibrio con el  $CO_2$  del suelo a regar y se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$pHc = (pK_2' - pK_c') + p(Ca + Mg) + p(Alk)$$

Ecuación (8)

donde  $pK_2'$  es el logaritmo negativo de la segunda constante de disociación del  $H_2CO_3$ ,  $pK_c'$  es el logaritmo negativo del producto de solubilidad del  $CaCO_3$ ,  $p(Ca+Mg)$  es el logaritmo negativo de la concentración de (Ca+Mg) del agua de riego y  $p(Alk)$  es el logaritmo negativo de la concentración de ( $CO_3^{2-}$  y  $HCO_3^-$ ) en el agua de riego. Los valores de ( $pK_2' - pK_c'$ ),  $p(Ca + Mg)$  y  $p(Alk)$  se pueden obtener utilizando la Tabla I.2.29 y la suma de la concentración de los iones (Ca+Mg+Na),

(Ca+Mg) y  $(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-)$  en meq/L, de tal forma que con los valores obtenidos de las sumas nos vamos a la Tabla I.2.29 y obtenemos los tres parámetros. Por ejemplo para calcular el pHc de un agua cuyos datos se presentan en la Tabla I.2.30, calculamos primero la suma (Ca + Mg + Na), con el valor obtenido 11,49 meq/L nos vamos a la Tabla I.2.29 a la columna de concentración (meq/L) y buscamos el valor más cercano al obtenido (12,50 en este caso) y a continuación vemos el valor de  $(\text{pK}_2' - \text{pK}_c')$  que le corresponde (2,3), luego calculamos las sumas (Ca + Mg) y  $(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-)$  y a partir de las mismas se determina el p(Ca + Mg) y el p(Alk) respectivamente (2,7 y 2,5 en este ejemplo), en la Tabla I.2.29.

**Tabla I.2.29**  
Valores de  $(\text{pK}_2' - \text{pK}_c')$ , p(Ca + Mg) y p (Alk) para el cálculo del pHc

Concentración (meq/l)	$(\text{pK}_2' - \text{pK}_c')$	p(Ca + Mg)	p (Alk)
0,05	2,0	4,6	4,3
0,10	2,0	4,3	4,0
0,15	2,0	4,1	3,8
0,20	2,0	4,0	3,7
0,25	2,0	3,9	3,6
0,30	2,0	3,8	3,5
0,40	2,0	3,7	3,4
0,50	2,1	3,6	3,3
0,75	2,1	3,4	3,1
1,00	2,1	3,3	3,0
1,25	2,1	3,2	2,9
1,50	2,1	3,1	2,8
2,00	2,2	3,0	2,7
2,50	2,2	2,9	2,6
<b>3,00</b>	2,2	2,8	<b>2,5</b>
<b>4,00</b>	2,2	<b>2,7</b>	2,4
5,00	2,2	2,6	2,3
6,00	2,2	2,5	2,2
8,00	2,3	2,4	2,1
10,00	2,3	2,3	2,0
<b>12,50</b>	<b>2,3</b>	2,2	1,9
15,00	2,3	2,1	1,8
20,00	2,4	2,0	1,7
30,00	2,4	1,8	1,5
50,00	2,5	1,6	1,3
80,00	2,5	1,4	1,1

Fuente FAO (1979)

**Tabla I.2.30**  
**Ejemplo para el cálculo del pHc**

	Ca	Mg	Na	(Ca+Mg+Na)	(Ca+Mg)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	(CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> + HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
Ejemplo	2,32	1,44	7,73	<b>11,49</b>	<b>3,76</b>	0,42	2,66	<b>3,08</b>

(pK <sub>2</sub> ' - pK <sub>c</sub> ')	p(Ca + Mg)	p(Alk)	pHc
2,3	2,7	2,5	7,5

El SARpHc tiene en cuenta la precipitación de carbonato cálcico y por tanto estima un valor más real del SAR del agua de riego.

3) Según algunos autores (Bingham et al., 1979 y Oster y Rhoades, 1975) el SARpHc sobreestima el valor del SARa debido a que en condiciones naturales los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera del suelo son más altos que los que se han tenido en cuenta para el SARpHc. Por lo que actualmente se recomienda el método propuesto por Suarez (1981), el cual puede usarse para predecir más correctamente problemas potenciales de sodificación del suelo y degradación de la estructura debido al uso de aguas de riego con altas concentraciones de sodio. El SAR determinado de esta forma lo hemos llamado SARadj y se calcula con la siguiente expresión

$$SAR_{adj} (meq/L)^{0,5} = Na^+ / [(Cax + Mg^{2+}) / 2]^{0,5} \text{ (concentraciones en meq/L)}$$

Ecuación (9)

donde *Na* y *Mg* son las concentraciones de estos iones en el agua de riego en meq/L y *Cax* es la concentración de calcio en el agua de riego corregida en función de la salinidad, de la relación HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> / Ca, y de la presión parcial de CO<sub>2</sub> en la superficie del suelo a regar (Tabla I.2.31) y representa los meq/L de Ca que permanecerían en solución y en equilibrio con el agua del suelo.

4) Y finalmente calculamos el SAR teniendo en cuenta la formación de pares iónicos y complejos utilizando el programa informático de Suarez (1978) que ya comentamos anteriormente y que denominamos SARcar

$$SAR_{car} (meq/L)^{0,5} = Na^+c / [(Ca^{2+}c + Mg^{2+}c) / 2]^{0,5} \text{ (concentraciones en meq/L)}$$

Ecuación (10)

en donde *Na<sup>+</sup>c*, *Ca<sup>2+</sup>c* y *Mg<sup>2+</sup>c* son las concentraciones calculadas a partir de las actividades iónicas y los coeficientes de actividad obtenidos del programa.



**Tabla I.2.31**  
**Concentraciones de calcio (Cax) en el agua de riego, modificadas según su salinidad**  
**(CE en mS/cm) y la relación HCO<sub>3</sub> / Ca de la misma**  
**Presión parcial de CO<sub>2</sub> en la superficie del suelo = 0,0007 atm**

HCO <sub>3</sub> / Ca	CE agua de riego (mS/cm)											
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0
0,05	13,20	13,61	13,92	14,40	14,79	15,26	15,9	16,43	17,28	17,97	19,07	19,94
0,10	8,31	8,57	8,77	9,07	9,31	9,62	10,0	10,35	10,89	11,32	12,01	12,56
0,15	6,34	6,54	6,69	6,92	7,11	7,34	7,65	7,90	8,31	8,64	9,17	9,58
0,20	5,24	5,40	5,52	5,71	5,87	6,06	6,31	6,52	6,86	7,13	7,57	7,91
0,25	4,51	4,65	4,76	4,92	5,06	5,22	5,44	5,62	5,91	6,15	6,52	6,82
0,30	4,00	4,12	4,21	4,36	4,48	4,62	4,82	4,98	5,24	5,44	5,77	6,04
0,35	3,61	3,72	3,80	3,94	4,04	4,17	4,35	4,49	4,72	4,91	5,21	5,45
0,40	3,30	3,40	3,48	3,60	3,70	3,82	3,98	4,11	4,32	4,49	4,77	4,98
0,45	3,05	3,14	3,22	3,33	3,42	3,53	3,68	3,80	4,00	4,15	4,41	4,61
0,50	2,84	2,93	3,00	3,10	3,19	3,29	3,43	3,54	3,72	3,87	4,11	4,30
0,75	2,17	2,24	2,29	2,37	2,43	2,51	2,62	2,70	2,84	2,95	3,14	2,28
1,00	1,79	1,85	1,89	1,96	2,01	2,09	2,16	2,23	2,35	2,44	2,59	2,71
1,25	1,54	1,59	1,63	1,68	1,73	1,78	1,86	1,92	2,02	2,10	2,23	2,33
1,50	1,37	1,14	1,44	1,49	1,53	1,58	1,65	1,70	1,79	1,86	1,97	2,07
1,75	1,23	1,27	1,30	1,35	1,38	1,43	1,49	1,54	1,62	1,68	1,78	1,86
2,00	1,13	1,16	1,19	1,23	1,26	1,31	1,36	1,40	1,48	1,54	1,63	1,70
2,25	1,04	1,08	1,10	1,14	1,17	1,21	1,26	1,30	1,37	1,42	1,51	1,58
2,50	0,97	1,00	1,02	1,06	1,09	1,12	1,17	1,21	1,27	1,32	1,40	1,47
3,00	0,85	0,89	0,91	0,94	0,96	1,00	1,04	1,07	1,13	1,17	1,24	1,30
3,50	0,78	0,80	0,82	0,85	0,87	0,90	0,94	0,97	1,02	1,06	1,12	1,17
4,00	0,71	0,73	0,75	0,78	0,80	0,82	0,86	0,88	0,93	0,97	1,03	1,07
4,50	0,66	0,68	0,69	0,72	0,74	0,76	0,79	0,82	0,86	0,90	0,95	0,99
5,00	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,74	0,76	0,80	0,83	0,88	0,93
7,00	0,49	0,50	0,52	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,64	0,67	0,71	0,74
10,00	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,45	0,47	0,48	0,51	0,53	0,56	0,58
20,00	0,24	0,25	0,26	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37
30,00	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28

Fuente: Suarez (1981)

### II.6.3. ANÁLISIS FOLIAR

La parte de la planta muestreada, así como el estado de crecimiento en el que se encontraban los distintos cultivos muestreados se presentan en la Tabla I.2.32.

Las hojas fueron lavadas con agua destilada, cortadas y secadas en la estufa a 60-70 °C hasta pesada constante. Posteriormente se molieron y nuevamente se calentaron unas tres horas, posteriormente fueron pasadas a un desecador y de cada muestra fueron pesadas 2 g (cationes y

boro), 2 g (azufre), 1 g (cloruros) y 0,5 g (para nitrógeno y fósforo), así como una cantidad de muestra para determinar la humedad, ya que los datos se refieren a peso seco a 105 °C.

**Tabla I.2.32**  
**Muestreo para el análisis foliar**

Cultivo	Estado de crecimiento	Parte de la planta
Acelgas (a)	Madurez	Hoja más joven totalmente madura
Aguacate (b)	Enero-Junio	Hojas sin peciolo de ramas no fructíferas
Alfalfa (c)	Vegetativo	Los primeros 15 cm
Cebolla (a)	Mitad de desarrollo	Hoja más joven totalmente madura
Cítricos (b)	Enero-Junio	Hojas medias con peciolo de ramas sin frutos
Clavel (a,b,d)	Floración	Cuarto y quinto pares de hojas, contando desde la base del tallo
Espinacas (a,e)	30-50 días después de la siembra	Hoja más joven totalmente madura con peciolo
Fresas (b,f)	Durante el crecimiento	Hoja más joven totalmente madura sin peciolo
Gladiolos (d)	Antes del espigado	Cuarta hoja totalmente expandida
Habichuelas (b,e)	Inicio de la floración	Hoja más joven totalmente madura
Lechugas (a,e)	Mitad de desarrollo	Hoja más joven y madura del exterior
Mango (b)	Después de la floración	Hojas adultas con peciolo de la parte media de ramas maduras que no tengan flores
Millo (e)	Tierno (45 días después de la siembra)	Cuarta hoja sin peciolo
Millo (e)	Después de la fructificación	Primera hoja opuesta y por debajo de la mazorca más joven

**Referencias:** (a) López y López (1985) (b) Mascarell et al. (1989) (c) Smith (1986) (d) Price (1986) (e) Piggott (1986) (f) Ulrich et al. (1980)

**Tabla I.2.32 (continuación)**  
**Muestreo para el análisis foliar**

Cultivo	Estado de crecimiento	Parte de la planta
Papas (b,e)	Inicio Floración	Cuarta o quinta hoja con peciolo del tallo principal, a partir del punto de crecimiento
Papaya (g)	Floración	Peciolo de la hoja más joven que está por debajo de la última flor
Pimiento (e)	Fructificación	Hoja más joven totalmente madura con peciolo
Piña tropical (b,g)	Después del tercer o cuarto mes de la plantación hasta el inicio de la floración	Tercio medio de la porción basal blanca de la última hoja completamente desarrollada
Platanera (b,g)	Plantas paridas cuando sean visibles todas las manos femeninas (frutos) y entre 0 y 3 de las masculinas	Porción de la tercera hoja más joven según el método internacional de referencia (Martin-Prével, 1984)
Rosas (b,d)	Floración	Primera y segunda hoja completa a partir del ápice de un brote con botón floral, del tamaño igual o mayor que el de un guisante
Tomates (b,e)	Primeros frutos maduros	Cuarta hoja con peciolo a partir del punto de crecimiento del tallo principal
Tomates (e)	Periodo de recolección	Fruto maduro
Viña (a,b)	Final del periodo de floración	Hojas con peciolo situadas en la proximidad de los racimos
Zanahoria (e)	Empezando el desarrollo radicular (raíces delgadas)	Toda la parte aérea de la planta

**Referencias:** (a) López y López (1985) (b) Mascarell et al. (1989) (d) Price (1986)  
(e) Piggott (1986) (g) Robinson (1986)

### **II.6.3.1. Acenización seca**

2 g de muestra fueron llevadas a 300°C durante 1 hora en mufla y luego toda la noche a 500°C. Una vez fría se disolvieron las cenizas con HCl 6N. De esta solución fueron determinadas:

- Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn (en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer Mod.3100)
- Na, K (Fotometría de llama)

- B [Colorimetría por el método del carmín (Standard Methods, 1985)]

A otros 2 g de muestra fueron añadidos una solución saturada en  $Mg(NO_3)_2$ , fue llevada a sequedad en una placa calefactora a unos  $50^\circ C$ . Posteriormente toda la noche a  $550^\circ C$  y una vez frías las cenizas al igual que en el procedimiento anterior se disuelven con HCl 6N. Finalmente fue determinado el azufre por turbidimetría (Black et al.,1965).

1 g de muestra se mezcla con CaO y un poco de agua destilada, se lleva a la mufla a  $550^\circ C$  de 1,5 a 2 horas. Una vez frío se añadió agua caliente para disolver las cenizas, se midió el pH añadiendo acético si fuese necesario hasta pH 6-7. A partir de esta solución se determinaron los cloruros por el método de Mohr utilizando como disolución valorante  $AgNO_3$  (0,05 N) y  $KCrO_4$  al 5 % como indicador.

### **II.6.3.2. Acenización húmeda**

0,5 g de muestra seca a  $60-70^\circ C$  fueron colocados en un tubo Kjeldahl, para realizar la digestión con  $H_2SO_4$  concentrado y  $H_2 O_2$  . A partir de aquí fueron determinados el N (Método Nessler) y el P (Método Olsen).

### **III. RESULTADOS**

#### **III.1. LOS SUELOS**

##### **III.1.1. DIAGNÓSTICO DE LA SALINIDAD Y SODICIDAD EN LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE CANARIAS. CARACTERIZACIÓN DE LA SOLUCIÓN EDÁFICA**

La solución del suelo o solución edáfica es un componente esencial del sistema suelo, dado que es de ella de donde las raíces de las plantas extraen el agua y los nutrientes necesarios para su supervivencia y donde la microflora edáfica realiza la mayor parte de su ciclo vital, por lo que se ve notablemente influido por el ambiente físico-químico de dicha disolución. Además los componentes de la solución edáfica están en equilibrio dinámico con los componentes de la fase sólida, siendo también desde este punto de vista un factor de regulación de los flujos energéticos entre las distintas fases del sistema.

Por todo ello, aunque las aguas de riego y de drenaje tengan importancia como factor de salinización en el primer caso y como factor de control y rehabilitación de suelos salinizados en el segundo, es la solución del suelo lo que adquiere verdadero protagonismo en la caracterización y el diagnóstico del estado salino de los suelos.

Aunque en la segunda parte de esta Tesis se hará una aproximación más detallada al conocimiento de la solución en estos suelos y la modelización de algunas de sus características en relación con el contenido de humedad del suelo, calidad del agua de riego, distribución espacial, etc., en este apartado haremos un diagnóstico general de la salinidad y sodicidad de los suelos estudiados, basándonos en las características generales de la solución edáfica, en primer lugar considerando ésta como la extraída a partir de un extracto de saturación.

Se estudian los principales parámetros de estos extractos (pH, CE, iones, SAR, etc.), su variación en los distintos tipos de suelos, según su origen y las relaciones entre estos parámetros con otros de interés práctico (sales totales disueltas, concentración iónica, riesgo de sodificación, fuerza iónica, etc.).

En segundo lugar se hace un análisis similar y comparativo, considerando la solución edáfica extraída a partir de suspensiones de suelo en relación suelo:agua 1:1 y se valora el efecto de la dilución en la concentración iónica de estas soluciones.

### **III.1.1.1. Diagnóstico general**

Generalmente los problemas de salinidad en la agricultura de regadío se detectan por medio del análisis de las aguas de riego, de las aguas de drenaje y de la solución del suelo. En este trabajo se han estudiado las aguas de riego utilizadas y la solución del suelo a partir de los extractos procedentes de pastas saturadas de los mismos y de una suspensión suelo:agua 1:1.

En el Anexo I se presentan las fichas de campo, en el II la relación de muestras analizadas y en el Anexo IV los datos analíticos de los extractos de saturación y de los extractos 1:1.

La tradicional división entre suelos salinos y no salinos ha sido el valor de 4 dS/m para la conductividad eléctrica del extracto saturado (CEes). Sin embargo en los últimos años la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo ha recomendado que este límite debía bajarse a 2 dS/m porque algunos cultivos pueden ya verse afectados en su productividad en el rango de 2-4 dS/m (1,3-2,6 g/L de sal)(Bresler et al., 1982).

La relación de adsorción de sodio (SAR) del agua de riego o de la solución del suelo, y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) del suelo, son los índices utilizados para determinar los posibles problemas de sodicidad. Debido a los errores que generalmente se producen en la determinación de la capacidad de intercambio catiónico, la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo, recomienda el uso del SAR de los extractos saturados para la caracterización de los suelos afectados por sodio (Bresler et al., 1982). Nosotros hemos calculado el PSI a partir del SAR de los extractos siguiendo la ecuación del USSL Staff (1954), como se detalla en el Apartado II.6.1.2 (Ecuación 4).

Se ha realizado un análisis estadístico de los resultados de todas las muestras, así como su distribución en clases de salinidad y en clases de sodicidad (Tabla I.3.1, Figuras I.3.1 y I.3.2), siguiendo la clasificación del USSL Staff (1954) para la CEes y de Massoud (1971) para el PSI (Tabla I.3.2).

Para el total de muestras analizadas en Canarias, el pH del extracto de saturación no supera nunca el valor de 8,5 con una media de 7,4. El valor medio de la CEes se sitúa en 5,9 dS/m (variando desde 1 hasta 32,4). Se observa una gran variabilidad en los iones solubles, si exceptuamos el potasio y los bicarbonatos.

**Tabla I.3.1**  
**Análisis estadístico de algunos parámetros del extracto de saturación**  
**(Todas las muestras)**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
pH	123	7,4	7,7	0,7	5,0	8,5
CEes (dS/m)	123	5,9	4,7	5,4	1,0	32,4
Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	107	20,4	14,7	17,4	2,5	105,5
Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	107	19,6	12,1	21,5	2,8	123,5
K <sup>+</sup> (meq/L)	107	5,1	3,4	8,3	0,3	73,9
Na <sup>+</sup> (meq/L)	107	28,2	21,3	26,0	2,4	193,9
Cl <sup>-</sup> (meq/L)	107	21,7	10,3	36,1	1,3	242,1
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	107	31,8	28,5	20,0	3,0	87,2
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	107	5,6	4,5	3,6	0,5	22,2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	107	17,9	8,5	27,1	0,0	189,4
SAR (meq/L) <sup>0.5</sup>	107	7,0	5,6	5,4	0,8	26,4
PSIc (%)	107	7,9	6,5	6,2	0,0	27,4

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

Prácticamente no se detectan carbonatos solubles (tan solo una muestra de Fuerteventura, en un cultivo de tomates de invernadero, regado por goteo con agua de pozo, en la submuestra tomada fuera del gotero, tiene 1 meq/L de CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), la concentración de iones bicarbonato tiene una media de 5,6 y raras veces supera los 10 meq/L. Los sulfatos y el sodio son los iones que predominan en la solución del suelo.

Con respecto al sodio del complejo de cambio el valor medio de PSIc es de 7,9 %, con un máximo de 27,4 %.

**Tabla I.3.2**  
**Clasificación de los suelos según su CEes y el PSIc**

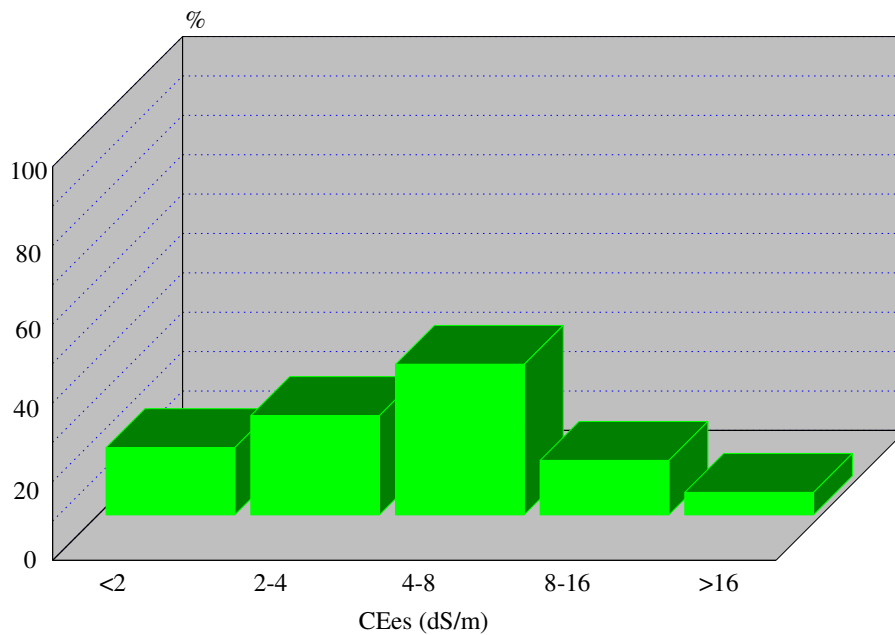
CEes (dS/m)	Clase salinidad	PSI (%)	Clase sodicidad
<2	No salino	<7	No sódico
2-4	Ligeramente salino	7-15	Ligeramente sódico
4-8	Medianamente salino	15-20	Medianamente sódico
8-16	Fuertemente salino	20-30	Fuertemente sódico
>16	Extremadamente salino	>30	Extremadamente sódico

Atendiendo a los valores medios de la Tabla I.3.1, los suelos estudiados se incluirían entre los *ligeramente sódicos* y *medianamente salinos*, lo que confirma la existencia de procesos de salinización y sodificación en la generalidad de los suelos agrícolas de Canarias.

En la Figura I.3.1, se observa la distribución de la salinidad siguiendo las clases de la Tabla I.3.2. Predominan los suelos *medianamente* y *ligeramente salinos*, constituyendo tan solo el 17,1% de las muestras estudiadas, los suelos cuyas CEes son inferiores a 2 dS/m.

Con respecto a la sodicidad de los suelos agrícolas de Canarias (Figura I.3.2), el 53,3 % no presentan problemas de sodicidad, pero existe un porcentaje bastante elevado (46,7 %) de suelos con problemas *ligeros a fuertes* de sodicidad.

**Figura I.3.1**  
**Distribución de frecuencias en clases de salinidad**  
**Todas las muestras**



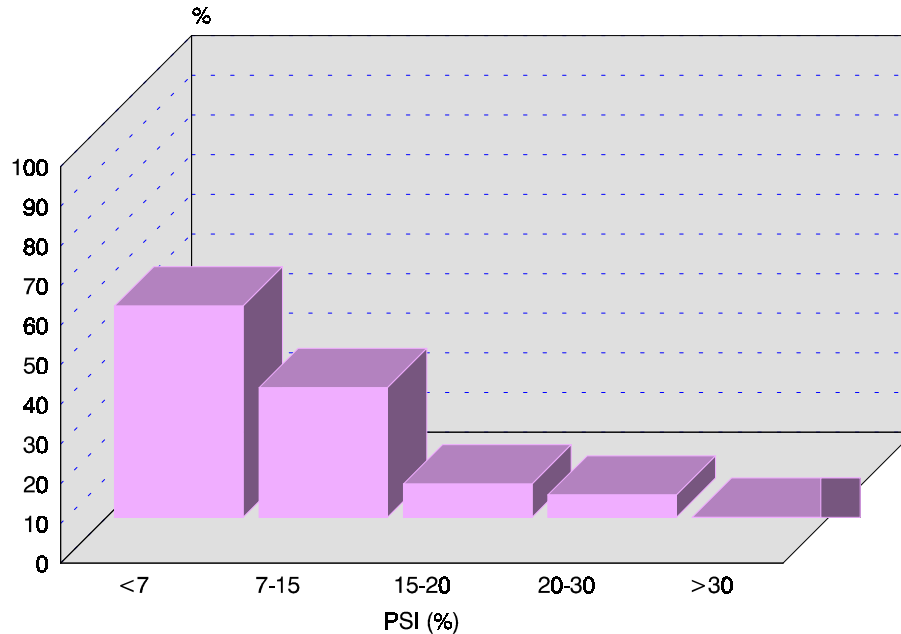
Se ha realizado la distribución de las clases de suelos (Figura I.3.3), atendiendo a la CEes y al PSIC conjuntamente (Tabla I.3.3). Como se puede apreciar en la figura, predomina la clase 3 (*suelos medianamente salinos*) con un 19,5 %, seguida de la clase 1 (*suelos no salinos ni sódicos*) con un 17,1 %, la clase 2 (*ligeramente salinos*) con un 16,3 % y la clase 10 (*medianamente salinos-ligeramente sódicos*) con un porcentaje del 13,0 %.

Lógicamente, al tratarse de suelos agrícolas con una productividad económicamente rentable, predominan los suelos con baja salinidad y sodicidad, aunque como hemos dicho, ya se observa la tendencia que existe hacia una mayor incidencia de estos procesos de degradación del



suelo, muchas veces enmascarados por las elevadas productividades que se obtienen, como comentaremos más adelante.

**Figura I.3.2**  
**Distribución de frecuencias en clases de sodicidad**  
**Todas las muestras**



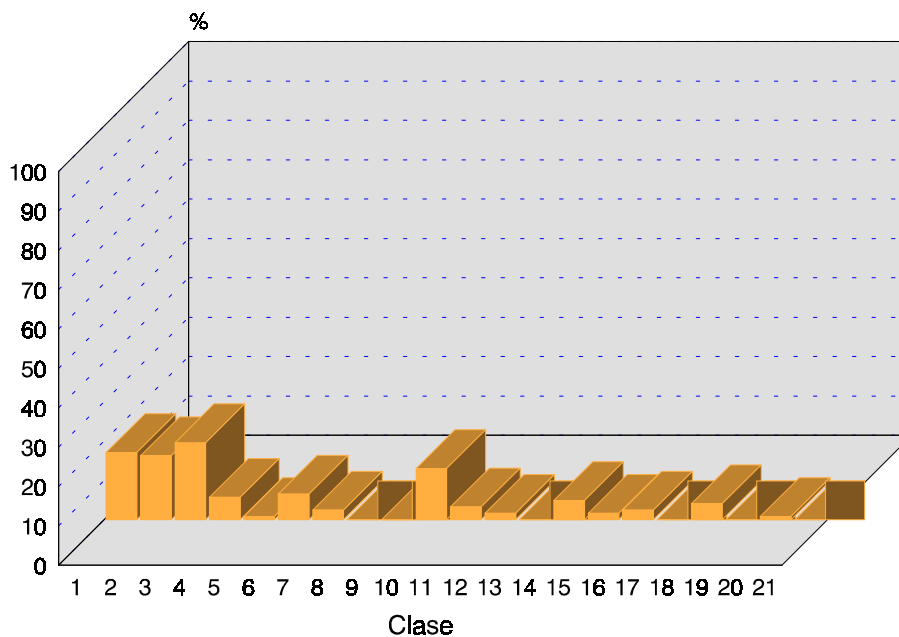
**Tabla I.3.3**  
**Clases de suelos según CEes y PSI**

Clase	Tipo de suelo
1	No salino ni sódico
2	Ligeramente salino
3	Medianamente salino
4	Fuertemente salino
5	Extremadamente salino
6	Ligeramente salino-Ligeramente sódico
7	Ligeramente salino-Medianamente sódico
8	Ligeramente salino-Fuertemente sódico
9	Ligeramente salino-Extremadamente sódico
10	Medianamente salino-Ligeramente sódico
11	Medianamente salino-Medianamente sódico
12	Medianamente salino-Fuertemente sódico
13	Medianamente salino-Extremadamente sódico
14	Fuertemente salino-Ligeramente sódico

**Tabla I.3.3 (continuación)**  
**Clases de suelos según CEes y PSI**

Clase	Tipo de suelo
15	Fuertemente salino-Medianamente sódico
16	Fuertemente salino-Fuertemente sódico
17	Fuertemente salino-Extremadamente sódico
18	Extremadamente salino-Ligeramente sódico
19	Extremadamente salino-Medianamente sódico
20	Extremadamente salino-Fuertemente sódico
21	Extremadamente salino-Extremadamente sódico

**Figura I.3.3**  
**Distribución de frecuencias de las clases de suelos según la Tabla I.3.3**



Se ha realizado así mismo un análisis estadístico de las características del extracto de saturación para cada una de las islas, con el objeto de establecer si existe un origen diferencial de la salinidad-sodicidad, debido a diferencias en el manejo del suelo y el riego en cada isla (Anexo IV, Datos analíticos de los extractos de saturación, Tablas 1 a 6). En la isla de Tenerife (Tabla I.3.4) el pH no supera el valor de 8,5, y la media de la CEes se sitúa en 5,8 dS/m, valor en el que los rendimientos de muchos cultivos están restringidos, considerándose los suelos *medianamente salinos* (USSL Staff, 1954). El sodio, el magnesio y el calcio, así como sulfatos y nitratos son los iones predominantes.

El PSI calculado a partir del SAR (USSS Staff, 1954) presenta un valor medio del 9,2 %, lo que corresponde a suelos *ligeramente sódicos* (Massoud, 1971).

**Tabla I.3.4**  
**Análisis estadístico de algunos parámetros del extracto de saturación**  
**(Isla de Tenerife)**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
pH	50	7,5	7,7	0,8	5,0	8,5
CEes (dS/m)	50	5,8	4,9	4,9	1,0	27,8
Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	40	18,6	17,1	14,2	2,6	65,6
Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	40	22,3	17,3	22,2	2,8	111,5
K <sup>+</sup> (meq/L)	40	6,1	2,9	11,7	0,5	73,9
Na <sup>+</sup> (meq/L)	40	31,1	26,1	20,6	6,8	94,0
Cl <sup>-</sup> (meq/L)	40	12,2	5,8	12,5	1,7	51,5
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	40	38,1	37,6	22,9	6,3	87,2
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	40	5,0	4,0	3,0	1,5	15,7
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	40	26,0	15,9	35,6	0,5	189,4
SAR (meq/L) <sup>0.5</sup>	40	8,0	6,4	4,9	2,1	22,0
PSIc (%)	40	9,2	7,6	5,7	1,8	23,8

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

En la Isla de La Palma el pH de la solución edáfica no alcanza nunca valores superiores a 8 (Tabla I.3.5); la media de la CEes es de 3,6 dS/m, correspondiente a suelos *ligeramente salinos*. El calcio, el magnesio y el sodio son los cationes que predominan en la solución del suelo y es el sulfato el anión predominante. El complejo de cambio no llega a alcanzar valores peligrosos de sodio cambiante situándose la media de PSI en 3,5 % y el valor máximo observado en 6,7 %.

En el análisis estadístico realizado (Tabla I.3.6) se observa que en La Gomera, la media de la CEes es de 2,7 dS/m, equivalente a suelos *ligeramente salinos* y el máximo valor es de 5,3 dS/m en un cultivo de viña que fue regado a manta con un agua de pozo, aunque actualmente se riega con un agua de presa de mejor calidad. El calcio, el sodio y el magnesio, así como los sulfatos son los que dominan en la solución del suelo. El PSI tiene un valor medio de 2,9 % (suelos *no sódicos*) y un valor máximo que se sitúa en los suelos *ligeramente sódicos*.

**Tabla I.3.5**  
**Análisis estadístico de algunos parámetros del extracto de saturación**  
**(Isla de La Palma)**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
pH	15	7,4	7,7	0,6	5,6	8,0
CEes (dS/m)	15	3,6	3,0	2,4	1,3	9,7
Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	12	17,5	15,3	11,7	4,5	41,7
Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	12	12,4	8,7	9,9	3,3	36,3
K <sup>+</sup> (meq/L)	12	5,5	3,7	5,0	1,0	15,3
Na <sup>+</sup> (meq/L)	12	10,7	10,0	6,3	3,9	23,7
Cl <sup>-</sup> (meq/L)	12	3,3	2,9	1,8	1,3	7,5
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	12	27,9	19,7	21,8	3,0	78,5
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	12	10,6	9,8	5,2	4,3	22,2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	12	4,1	2,8	4,6	0,0	13,0
SAR (meq/L) <sup>0.5</sup>	12	3,1	3,3	1,7	0,9	5,7
PSIc (%)	12	3,2	3,5	2,3	0,1	6,7

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.6**  
**Análisis estadístico de algunos parámetros del extracto de saturación**  
**(Isla de La Gomera)**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
pH	15	7,5	7,7	0,5	6,3	8,2
CEes (dS/m)	15	2,7	2,4	1,3	1,2	5,3
Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	12	12,6	12,3	5,6	6,1	24,0
Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	12	8,1	6,3	4,5	4,2	19,3
K <sup>+</sup> (meq/L)	12	3,3	2,0	3,7	0,3	12,1
Na <sup>+</sup> (meq/L)	12	9,0	7,8	6,7	2,4	25,9
Cl <sup>-</sup> (meq/L)	12	7,2	5,8	4,9	2,2	17,5
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	12	18,3	15,5	11,1	4,2	38,2
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	12	6,6	6,0	2,6	2,5	11,6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	12	3,5	0,6	5,6	0,0	16,7
SAR (meq/L) <sup>0.5</sup>	12	2,9	2,3	2,1	0,8	7,3
PSIc (%)	12	2,9	2,1	2,8	0,0	8,7

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

Como podemos ver en el análisis estadístico (Tabla I.3.7), se observa que las muestras del Hierro tienen un pH medio de 6,8 y un máximo de 7,4. La CEes tiene unos valores medios de 7,6 dS/m (suelos *medianamente salinos*), alcanzando su valor máximo (29,0 dS/m) en la zona entre goteros de una finca de platanera. Sodio, calcio, magnesio, cloruros y sulfatos son los iones que se encuentran en mayor cantidad en los extractos de saturación. La media de los valores de PSI es del 9,9% (suelos *ligeramente sódicos*) alcanzándose a veces valores de 25,5%.

**Tabla I.3.7**  
**Análisis estadístico de algunos parámetros del extracto de saturación**  
**(Isla de El Hierro)**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
pH	13	6,8	6,9	0,6	5,8	7,4
CEes (dS/m)	13	7,6	6,1	7,0	2,1	29,0
Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	13	22,1	25,1	15,0	2,5	53,0
Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	13	19,4	15,9	19,0	3,1	76,7
K <sup>+</sup> (meq/L)	13	6,1	3,9	9,4	1,0	36,6
Na <sup>+</sup> (meq/L)	13	41,4	29,7	48,7	6,2	193,9
Cl <sup>-</sup> (meq/L)	13	42,2	22,4	47,9	1,5	178,8
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	13	36,1	38,8	20,2	10,2	78,6
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	13	2,7	2,3	1,6	0,9	5,7
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	13	8,3	1,9	21,5	0,1	79,3
SAR (meq/L) <sup>0.5</sup>	13	8,7	7,8	5,5	1,5	24,1
PSIc (%)	13	9,9	9,3	6,0	0,9	25,5

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

En Gran Canaria el valor medio de la CEes es de 8,4 dS/m (suelos *fuertemente salinos*) (Tabla I.3.8) con un máximo 32,4 dS/m (*extremadamente salino*) en un cultivo de berenjenas regado por goteo alternando aguas de diferente calidad (agua de presa y de pozo con unos valores de CE de 245 y 3.520  $\mu$ S/cm respectivamente). La composición iónica de la solución, está dominada por calcio, sodio y magnesio entre los cationes y por cloruros, sulfatos y nitratos entre los aniones. En función del valor medio de PSI los suelos se clasifican como suelos *ligeramente sódicos* (6,8%).

En la Isla de Fuerteventura sólo se tomaron cinco muestras, dada la escasa importancia de la agricultura en esta isla. Aún así, se observa que el pH de la solución tiene un valor medio de 7,7 (Tabla I.3.9), la CEes oscila entre 6,0 y 8,0 dS/m (suelos *medianamente salinos*) y según el PSIc los suelos son de *medianamente sódicos* a *fuertemente sódicos*. Sodio, cloruros y sulfatos son los iones dominantes en la solución del suelo.

**Tabla I.3.8**  
**Análisis estadístico de algunos parámetros del extracto de saturación**  
**(Isla de Gran Canaria)**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
pH	25	7,5	7,7	0,5	5,5	8,1
CEes (dS/m)	25	8,4	5,6	7,1	2,7	32,4
Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	25	29,3	15,4	25,9	9,0	105,5
Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	25	26,6	17,2	28,6	6,7	123,5
K <sup>+</sup> (meq/L)	25	4,5	3,9	3,0	0,9	13,5
Na <sup>+</sup> (meq/L)	25	28,9	21,5	21,4	6,1	80,4
Cl <sup>-</sup> (meq/L)	25	37,9	15,6	57,6	3,0	242,1
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	25	28,3	27,5	15,4	5,4	60,3
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	25	5,7	4,5	2,6	2,8	11,4
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	25	26,0	15,8	21,9	0,0	85,1
SAR (meq/L) <sup>0.5</sup>	25	6,0	5,0	4,0	1,0	18,7
PSIc (%)	25	6,8	5,8	4,7	0,3	20,9

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.9**  
**Análisis estadístico de algunos parámetros del extracto de saturación**  
**(Isla de Fuerteventura)**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
pH	5	7,7	7,7	0,2	7,6	8,1
CEes (dS/m)	5	7,0	7,1	0,9	6,0	8,0
Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	5	11,1	12,5	3,6	5,0	13,8
Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	5	7,4	8,3	2,6	3,5	10,4
K <sup>+</sup> (meq/L)	5	1,0	0,9	0,6	0,4	1,8
Na <sup>+</sup> (meq/L)	5	55,0	55,4	8,5	41,3	63,0
Cl <sup>-</sup> (meq/L)	5	43,0	44,8	5,8	33,5	48,0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	5	29,8	29,4	2,8	26,4	33,3
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	5	3,6	4,6	1,8	0,5	4,8
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	5	5,3	5,4	4,4	0,0	11,6
SAR (meq/L) <sup>0.5</sup>	5	19,0	19,3	5,2	12,4	26,4
PSIc (%)	5	20,9	21,4	4,7	14,6	27,4

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

Como podemos ver en la Tabla I.3.10 el valor medio de pH en los extractos de saturación en la isla de El Hierro presenta el valor más bajo. La variable pH no se comporta siguiendo una distribución normal por lo que hemos empleado un test no paramétrico, el test de la U de Mann-Whitney con el objetivo de encontrar diferencias entre las medianas de esta variable de las islas comparadas.

**Tabla I.3.10**  
**Análisis estadístico del pH del extracto de saturación**

	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
<b>Tenerife</b>	50	7,5	7,7	0,8	5,0	8,5
<b>La Palma</b>	15	7,4	7,7	0,6	5,6	8,0
<b>La Gomera</b>	15	7,5	7,7	0,5	6,3	8,2
<b>El Hierro</b>	13	6,8	6,9	0,6	5,8	7,4
<b>Gran Canaria</b>	25	7,5	7,7	0,5	5,5	8,1
<b>Fuerteventura</b>	5	7,7	7,7	0,2	7,6	8,1

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

Se encontraron diferencias significativas entre la mediana del pH de la isla de El Hierro y las medianas del resto de las islas (Tabla I.3.11), por lo que podemos establecer dos grupos, el primero formado por todas las islas excepto El Hierro, con unos valores altos de pH, en algunos casos superiores a 8,0 en donde la disponibilidad de fósforo y de micronutrientes así como la actividad microbiana pueden verse disminuídas, y el segundo, en el que incluimos la isla de El Hierro (EH) que presenta unos valores medios de pH, significativamente más bajos que el grupo anterior.

$$\boxed{\mathbf{F, T, LG, GC, LP}} > \boxed{\mathbf{EH}}$$

En las Figuras I.3.4 y I.3.5 se presentan los histogramas de frecuencia de las CEes de los extractos de saturación. No se ha incluido en los histogramas los extractos de saturación de la isla de Fuerteventura, ya que como comentamos anteriormente disponemos tan sólo de cinco muestras, todas ellas pertenecientes a la clase de suelos medianamente salinos (4-8 dS/m).

Podemos ver como las clases de mayor salinidad (8-16 y >16 dS/m) se encuentran más representadas en El Hierro (con un 30,7 %) y Gran Canaria (28,0 %) (Figura I.3.4). La Palma y La Gomera son las islas que presentan los mayores porcentajes de suelos sin problemas de salinidad,

con un 40,0 y 33,3 % respectivamente, mientras que Tenerife ocupa, a este respecto, un lugar intermedio.

**Tabla I.3.11**

**Resultados de la comparación del pH del extracto de saturación entre las distintas islas mediante el test de la U de Mann-Whitney**

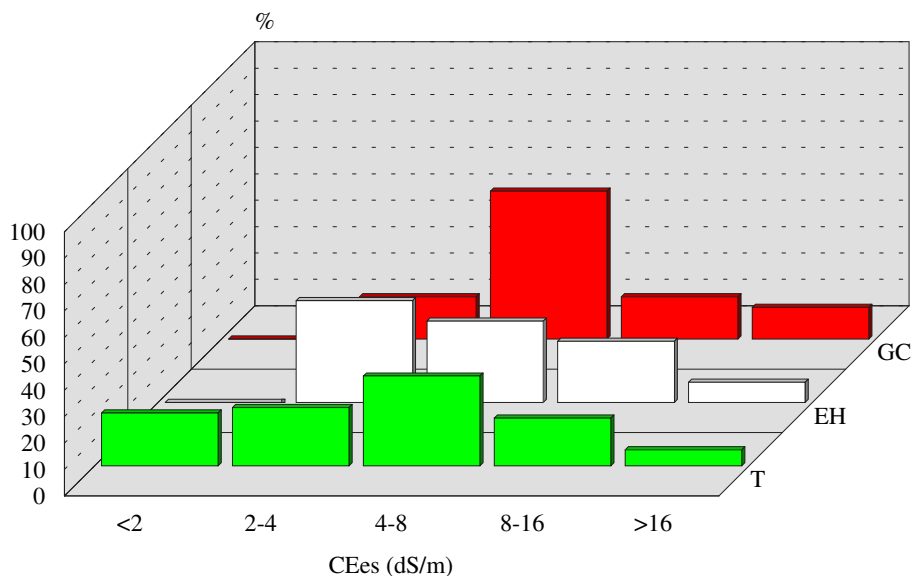
	Tenerife	La Palma	La Gomera	El Hierro	Gran Canaria
<b>LP</b>	No				
<b>LG</b>	No	No			
<b>EH</b>	U = 3,46 p < 0,001	U = 2,89 p = 0,004	U = 3,35 p < 0,001		
<b>GC</b>	No	No	No	U = 3,97 p < 0,001	
<b>F</b>	No	No	No	U = 3,17 p = 0,002	No

No No existen diferencias significativas entre las medianas del pH de las islas comparadas

U Estadístico del test p Nivel de significación LP La Palma LG La Gomera EH El Hierro GC Gran Canaria F Fuerteventura

**Figura I.3.4**

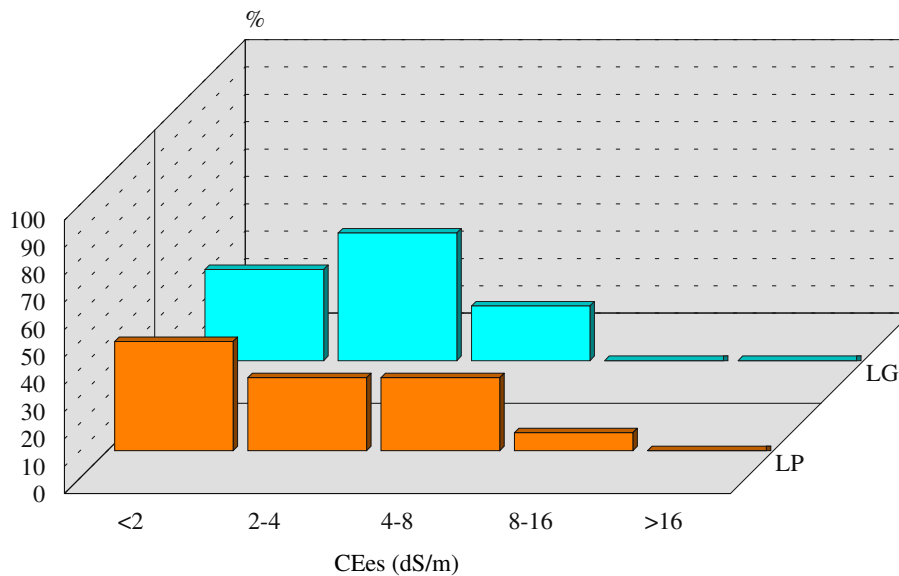
**Distribución de frecuencias de clases de salinidad Gran Canaria (GC), El Hierro (EH) y Tenerife (T)**



Las variables CEes y PSIC no siguen una distribución normal, por lo cual se ha aplicado el test no paramétrico de la U de Mann-Whitney con el objetivo de buscar diferencias significativas entre las medianas de la variable de las islas comparadas.



**Figura I.3.5**  
**Distribución de frecuencias de clases de salinidad**  
**La Gomera (LG) y La Palma (LP)**



Según los resultados del test de la U de Mann-Whitney para la CEes (Tabla I.3.13) y como podemos ver en la Tabla I.3.12, se pueden agrupar las islas en dos grupos, el primero formado por las islas de Gran Canaria (GC), El Hierro (EH), Fuerteventura (F) y Tenerife (T) que es donde se presentan los mayores problemas de salinización secundaria; el segundo grupo, donde se incluyen las islas de La Palma (LP) y La Gomera (LG), es el menos afectado por el proceso de salinización inducida en Canarias. Tenerife ocupa como hemos dicho una posición intermedia, aunque tiene una tendencia hacia el grupo de mayor salinidad.

$$\boxed{GC > EH > F > T} > \boxed{LP > LG}$$

**Tabla I.3.12**  
**Análisis estadístico de la CEes (dS/m)**

	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
<b>Tenerife</b>	50	5,8	4,9	4,9	1,0	27,8
<b>La Palma</b>	15	3,6	3,0	2,4	1,3	9,7
<b>La Gomera</b>	15	2,7	2,4	1,3	1,2	5,3
<b>El Hierro</b>	13	7,6	6,1	7,0	2,1	29,0
<b>Gran Canaria</b>	25	8,4	5,6	7,1	2,7	32,4
<b>Fuerteventura</b>	5	7,0	7,1	0,9	6,0	8,0

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.13**  
**Resultados de la comparación de la CE<sub>es</sub> entre las distintas islas**  
**mediante el test de la U de Mann-Whitney**

	Tenerife	La Palma	La Gomera	El Hierro	Gran Canaria
<b>La Palma</b>	No				
<b>La Gomera</b>	U = 2,67 p = 0,008	No			
<b>El Hierro</b>	No	U = 2,35 p = 0,02	U = 3,11 p = 0,002		
<b>Gran Canaria</b>	No	U = 3,31 p = 0,001	U = 4,39 p < 0,001	No	
<b>Fuerteventura</b>	No	U = 2,53 p = 0,01	U = 3,23 p = 0,001	No	No

No No existen diferencias significativas entre las medianas de la CE<sub>es</sub> de las islas comparadas

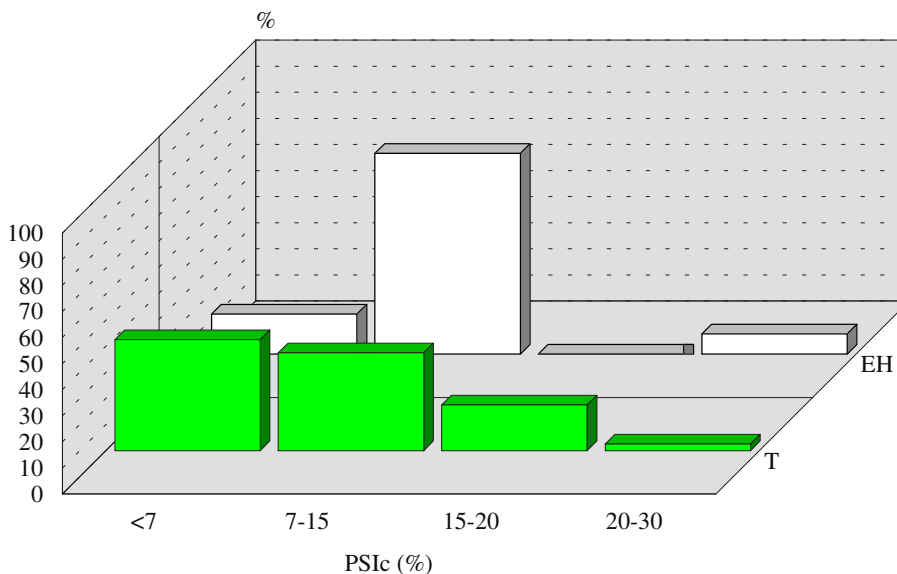
U Estadístico del test p Nivel de significación

El porcentaje de sodio intercambiable calculado (PSIc) se refiere al calculado a partir de la ecuación del USSL Staff (1954) como se detalló en el apartado II.6.1.2. (Ecuación 4).

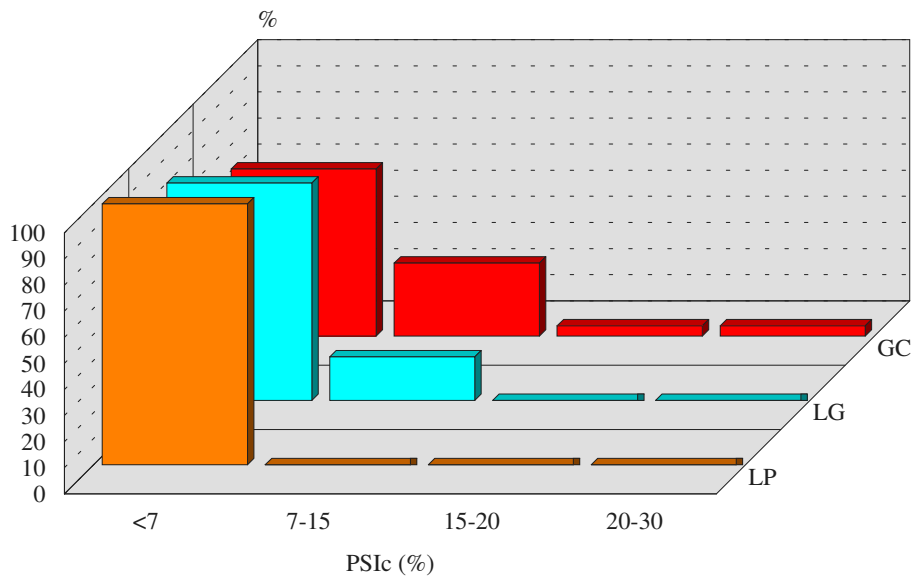
En las Figuras I.3.6 y I.3.7 se presenta la distribución de frecuencias de las clases de sodicidad, donde tampoco se ha incluido en los histogramas los valores de PSIc de la isla de Fuerteventura por el bajo número de muestras (cinco), que pertenecen todas a las clases de suelos medianamente y fuertemente sódicos.

Como se puede observar, El Hierro y Tenerife son las que presentan el mayor número de muestras en las clases superiores al 7 % de sodio intercambiable (84,6 y 57,5 % respectivamente).

**Figura I.3.6**  
**Distribución de frecuencias de clases de sodicidad**  
**El Hierro (EH) y Tenerife (T)**



**Figura I.3.7**  
**Distribución de frecuencias de clases de sodicidad**  
**Gran Canaria (GC), La Gomera (LG) y La Palma (LP)**



Los resultados del test de la U de Mann-Whitney (Tabla I.3.15) muestran diferencias significativas entre las medianas del PSic de la isla de Fuerteventura y todas las demás islas. Como podemos ver en la Tabla I.3.14, esta isla es la que presenta los valores medios de PSic más altos (se corresponde con un suelo fuertemente sódico). Hemos podido establecer tres grupos, en el primero incluimos a la isla de Fuerteventura (F) en el que, como hemos visto, el proceso de sodificación de los suelos agrícolas es muy importante; el segundo grupo, formado por las islas de El Hierro (EH), Tenerife (T) y Gran Canaria (GC), donde la sodificación también es importante aunque en menor grado que en la isla de Fuerteventura; y el tercer grupo (La Palma (LP) y La Gomera (LG)) donde los suelos están menos afectados por este proceso.

$$\boxed{F} > \boxed{EH > T > GC} > \boxed{LP > LG}$$

Gran Canaria parece ocupar una posición intermedia entre el segundo y el tercer grupo pero presenta una inclinación bastante clara hacia el segundo grupo.

El sodio predomina en la solución edáfica de las islas de Fuerteventura, El Hierro, Tenerife y Gran Canaria (Tabla I.3.16, Figuras I.3.8 y I.3.9), aunque en Gran Canaria la concentración de calcio es ligeramente superior a la concentración de sodio. En las islas de La Palma y La Gomera predomina el calcio entre los cationes de la solución del suelo.

**Tabla I.3.14**  
**Análisis estadístico del PSic**

	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
<b>Tenerife</b>	40	9,2	7,6	5,7	1,8	23,8
<b>La Palma</b>	12	3,2	3,5	2,3	0,1	6,7
<b>La Gomera</b>	12	2,9	2,1	2,8	0,0	8,7
<b>El Hierro</b>	13	9,9	9,3	6,0	0,9	25,5
<b>Gran Canaria</b>	25	6,8	5,8	4,7	0,3	20,9
<b>Fuerteventura</b>	5	20,9	21,4	4,7	14,6	27,4

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.15**  
**Resultados de la comparación del PSic entre las distintas islas mediante el test de la U de Mann-Whitney**

	Tenerife	La Palma	La Gomera	El Hierro	Gran Canaria
<b>LP</b>	U = 3,49 p < 0,001				
<b>LG</b>	U = 3,75 p < 0,001 No				
<b>EH</b>	No	U = 3,35 p = 0,001	U = 3,29 p = 0,001		
<b>GC</b>	No	U = 2,48 p = 0,01	U = 2,84 p = 0,005	U = 2,03 p = 0,04	
<b>F</b>	U = 3,09 p = 0,002	U = 3,11 p = 0,002	U = 3,11 p = 0,002	U = 2,66 p = 0,008	U = 3,28 p = 0,001

No No existen diferencias significativas entre las medianas del PSic de las islas comparadas

U Estadístico del test p Nivel de significación LP La Palma LG La Gomera EH El Hierro GC Gran Canaria F Fuerteventura

Como podemos ver en la Tabla I.3.16 y en la Figura I.3.8, el ión cloruro es el anión más abundante en la solución de los suelos estudiados de las islas de Fuerteventura, El Hierro y Gran Canaria; los sulfatos predominan en las islas de Tenerife, La Palma y La Gomera (Figura I.3.9) y también es el segundo anión en importancia (después de los cloruros) en las islas de Fuerteventura, El Hierro y Gran Canaria (Figura I.3.8).

Los nitratos se observan en cantidades importantes en las soluciones edáficas de las islas de Tenerife y Gran Canaria fundamentalmente, que tienen una agricultura más tecnificada y con mayor uso de N-fertilizantes.

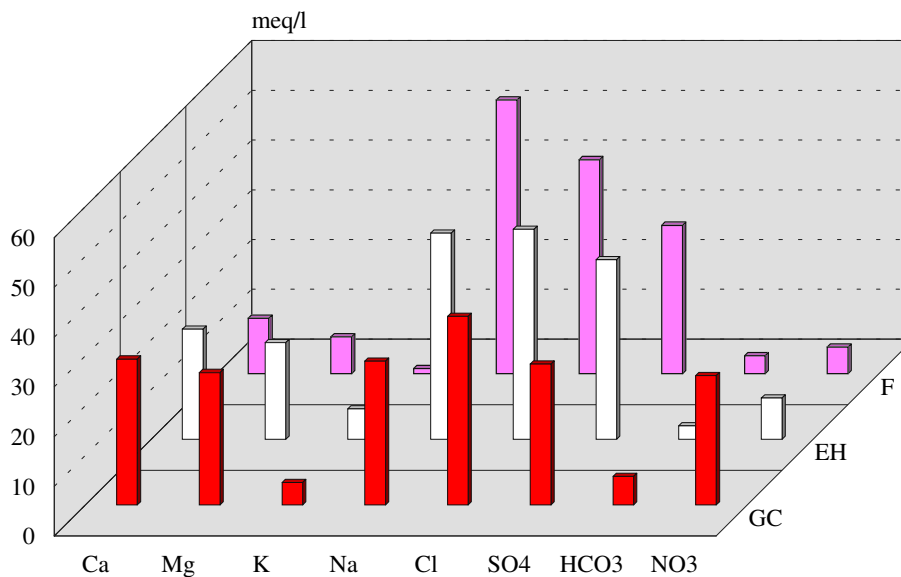
En la isla de Fuerteventura, como ya hemos dicho en varias ocasiones se hizo un muestreo de tan solo cinco muestras, debido a su escasa importancia en la agricultura de regadío, por ello nos

parece oportuno hacer un comentario más amplio sobre la salinidad-sodicidad en los suelos agrícolas de esta isla a partir de un estudio realizado por Torres (1995).

**Tabla I.3.16**  
**Valores medios de los iones del extracto de saturación (meq/L)**

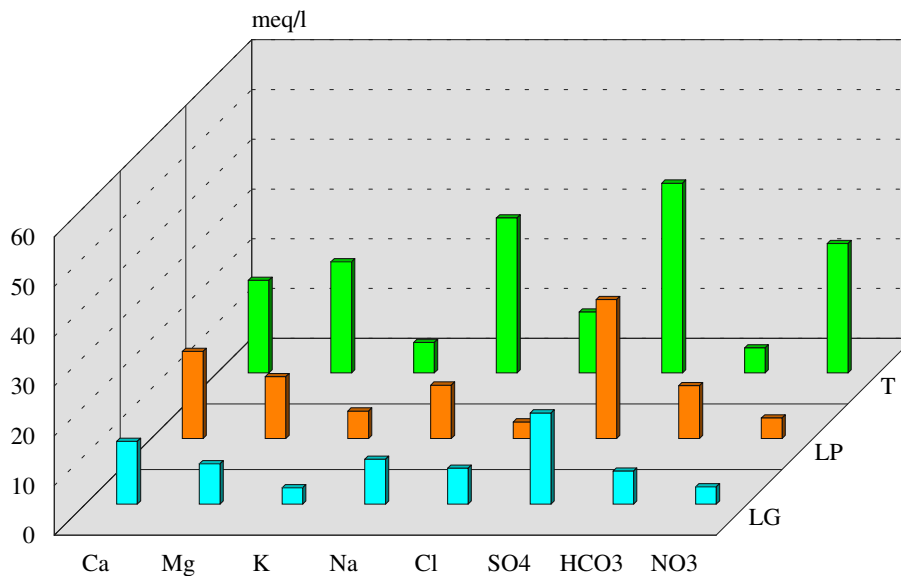
Isla	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Tenerife	18,6	22,3	6,1	31,1	12,2	38,1	5,0	26,0
La Palma	17,5	12,4	5,5	10,7	3,3	27,9	10,6	4,1
La Gomera	12,6	8,1	3,3	9,0	7,2	18,3	6,6	3,5
El Hierro	22,1	19,4	6,1	41,4	42,2	36,1	2,7	8,3
Gran Canaria	29,3	26,6	4,5	28,9	37,9	28,3	5,7	26,0
Fuerteventura	11,1	7,4	1,0	55,0	43,0	29,8	3,6	5,3

**Figura I.3.8**  
**Valores medios de los iones del extracto de saturación**  
**Fuerteventura (F), El Hierro (EH) y Gran Canaria (GC)**



Los *torrifuents* al ser suelos poco salinos (CEes < 2 dS/m), pobres en sodio y distribuirse en sectores de baja pendiente se configuran como los suelos más fértiles de la isla. Estos suelos generalmente están asociados a *paleargids*, mediante la construcción de gavias para la agricultura de secano y regadío (alfalfa) presentando unos valores medios de CEes de 1,2 dS/m, y a *calciorthids* constituyendo la unidad más utilizada para el cultivo del tomate con una CEes media de 15 dS/m.

**Figura I.3.9**  
**Valores medios de los iones del extracto de saturación**  
**Tenerife (T), La Palma (LP) y La Gomera (LG)**



Las gavias son terrenos de cultivo que tienen la característica de recoger volúmenes grandes de aguas de escorrentía. Su posterior infiltración produce el lavado de las sales solubles del suelo llegando a reducir de forma significativa la salinidad del mismo con respecto a los suelos circundantes.

El sodio constituye el catión dominante en todos los suelos de la isla, siendo sódicos en su inmensa mayoría. El porcentaje de sodio intercambiable varía entre 25-30 % en los horizontes superficiales, alcanzando un valor medio del 23,6 % en la asociación *calciorthids-torrifluvents* y en los suelos de gavia.

Según este estudio podemos concluir que tanto la salinidad como la sodicidad de los suelos de la isla de Fuerteventura, constituyen una limitación importante para el desarrollo de los cultivos y la puesta en funcionamiento de sistemas de regadío.

Como se ha observado en un estudio previo en Canarias, la orientación no parece tener influencia en el grado de salinización de los suelos, sin embargo la altitud si parece ser un factor ambiental importante, sobre todo en suelos naturales (González et al., 1992). Nosotros no hemos encontrado una correlación clara entre la CEEs y la altitud, no obstante y como podemos ver en la Tabla I.3.17 y en la Figura I.3.10 se observa una cierta tendencia al aumento de la CEEs con la disminución de la altitud (no se han tenido en cuenta las muestras que estaban en invernaderos ni las submuestras de zonas intergoteros, camellones, etc.).

La CEes media, para altitudes # 50 m.s.n.m. tiene un valor superior que para altitudes > 50 m.s.n.m. (Tabla I.3.17), sin embargo no se encontraron diferencias significativas, aplicando el test de la U de Mann-Whitney, entre las medianas de la CEes de las clases de altitud.

**Tabla I.3.17**

**Análisis estadístico de la CEes en clases de altitud (#50, 51-100 y >100 m.s.n.m.)**

**Todas las muestras**

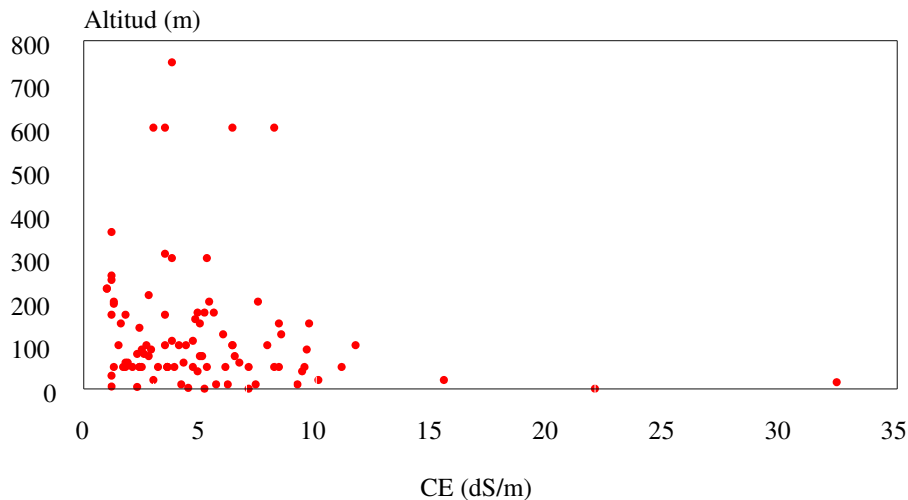
Clase altitud	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
# 50	38	6,4	4,8	6,0	1,2	32,4
51-100	22	4,7	4,2	2,7	1,5	11,7
> 100	34	4,1	3,8	2,5	1,0	9,7

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Figura I.3.10**

**CEes (dS/m) frente a altitud (m.s.n.m.)**

**Todas las muestras**



En las Tablas I.3.18 a I.3.22 se presenta el análisis estadístico de la CEes en clases de altitud para cada una de las islas. En las islas de Tenerife y El Hierro se observa una disminución de la CEes con la altitud. Aplicando el test de la U de Mann-Whitney se encontraron, para la isla de Tenerife diferencias significativas entre las medianas de la CEes de la clase de altitud # 50 m.s.n.m. y las clases 51-100 y > 100 m.s.n.m. ( $U = 1,99$   $p = 0,047$  y  $U = 2,19$   $p = 0,029$  respectivamente), por lo que las CEes más altas se encuentran en altitudes inferiores o iguales a 50 m.s.n.m. En el resto de las islas no se encontraron diferencias y en la isla de El Hierro no se pudo aplicar el test por tener un número de muestras inferior al necesario.

**Tabla I.3.18**

**Análisis estadístico de la CEes en clases de altitud (#50, 51-100 y >100 m.s.n.m.)**

**Isla de Tenerife**

Clase altitud	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
# 50	7	7,9	8,4	4,6	1,2	15,5
51-100	12	4,5	4,0	2,2	1,5	7,9
> 100	20	3,9	3,8	2,4	1,0	8,5

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.19**

**Análisis estadístico de la CEes en clases de altitud (#50, 51-100 y >100 m.s.n.m.)**

**Isla de La Palma**

Clase altitud	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
# 50	5	3,7	3,6	1,4	1,8	5,7
51-100	4	2,7	2,3	1,2	1,8	4,3
> 100	4	4,0	2,6	3,9	1,3	9,7

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.20**

**Análisis estadístico de la CEes en clases de altitud (#50, 51-100 y >100 m.s.n.m.)**

**Isla de La Gomera**

Clase altitud	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
# 50	8	2,6	2,4	1,5	1,2	5,3
51-100	2	3,8	3,8	1,8	2,5	5,0
> 100	4	2,3	2,3	1,0	1,2	3,5

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.21**

**Análisis estadístico de la CEes en clases de altitud (#50, 51-100 y >100 m.s.n.m.)**

**Isla de El Hierro**

Clase altitud	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
# 50	7	5,9	6,1	3,5	2,1	11,1
> 100	2	4,3	4,3	0,6	3,8	4,7

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo



**Tabla I.3.22**

**Análisis estadístico de la CEes en clases de altitud (#50, 51-100 y >100 m.s.n.m.)**

**Isla de Gran Canaria**

Clase altitud	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
# 50	8	2,6	2,4	1,5	1,2	5,3
51-100	2	3,8	3,8	1,8	2,5	5,0
> 100	4	2,3	2,3	1,0	1,2	3,5

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

Parece pues que en algunas islas, con áreas costeras de baja altitud, abiertas a la influencia de los vientos del NE, una parte de la salinidad puede tener origen marino, al ser sales transportadas por el viento y la maresía, aunque en cualquier caso no puede considerarse ésto como la única fuente de salinización en estos suelos.

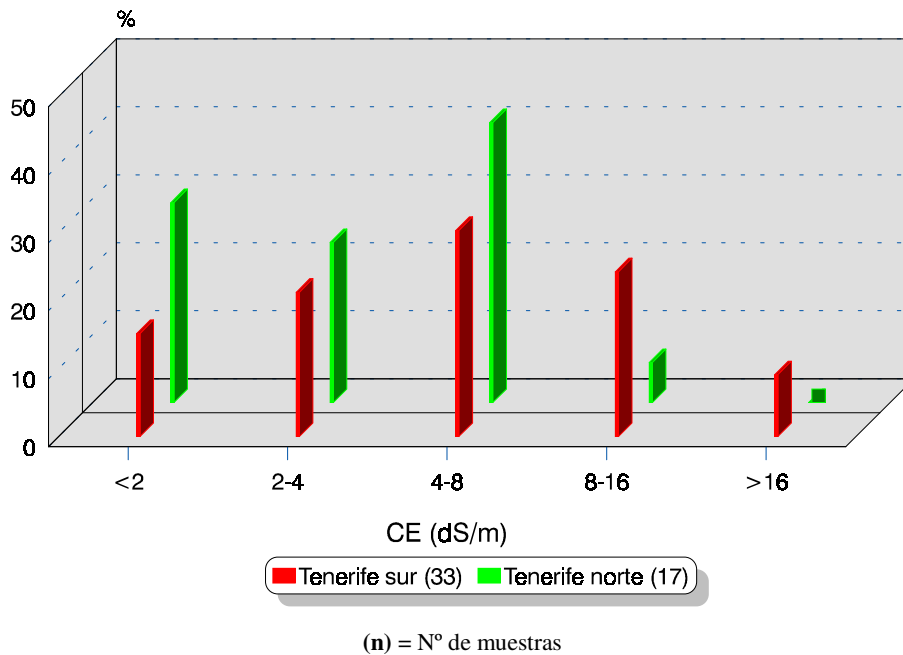
Tradicionalmente, ha existido una diferente cultura agrícola entre las zonas Norte y Sur de la isla de Tenerife. En el norte, la actividad agrícola de regadío es mucho más antigua debido a la disponibilidad de agua. En consecuencia se trata de una agricultura que sólo se ha tecnificado en los últimos años y que al utilizar sistemas de riego tradicionales, con agua abundante y de buena calidad (galerías y manantiales) durante largo tiempo, hacen pensar en menores problemas de degradación de los suelos por salinización-sodificación que en las áreas regadas del sur, donde la puesta en cultivo es mucho más reciente, con aguas de peor calidad (pozos y mezclas de aguas) y con sistemas de riego localizados que favorecen la acumulación de sales y sodio en el suelo.

Para comprobar si efectivamente estos supuestos son ciertos se ha realizado una comparación estadística entre las muestras del norte y del sur de la isla de Tenerife.

Como se puede observar en las Figuras I.3.11 y I.3.12 y en las Tablas I.3.23 y I.3.24, en el sur de Tenerife se presentan los valores medios más altos tanto de CEes como de PSic; en el norte la CEes media es de 3,9 dS/m (suelo ligeramente salino) y el PSI de 5,9 % que corresponde a un suelo sin problemas de sodicidad, mientras que en el sur la salinidad media es de 6,8 dS/m (suelo medianamente salino) y 10,6 % de PSI (suelo ligeramente sódico).

Al realizar el test de la U de Mann-Whitney se encuentran diferencias significativas tanto entre las medianas de la CEEs de la zona norte y sur con una  $U = 2,15$  y una  $p = 0,03$ , como entre las medianas del PSIC ( $U = 2,36$ ,  $p = 0,02$ ), por lo que se puede concluir que los mayores problemas de salinidad y sodicidad aparecen en la zona sur, tal como podría preverse de la diferente historia agrícola de ambas zonas.

**Figura I.3.11**  
**Distribución de frecuencias de Clases de salinidad**  
**Norte y Sur de Tenerife**

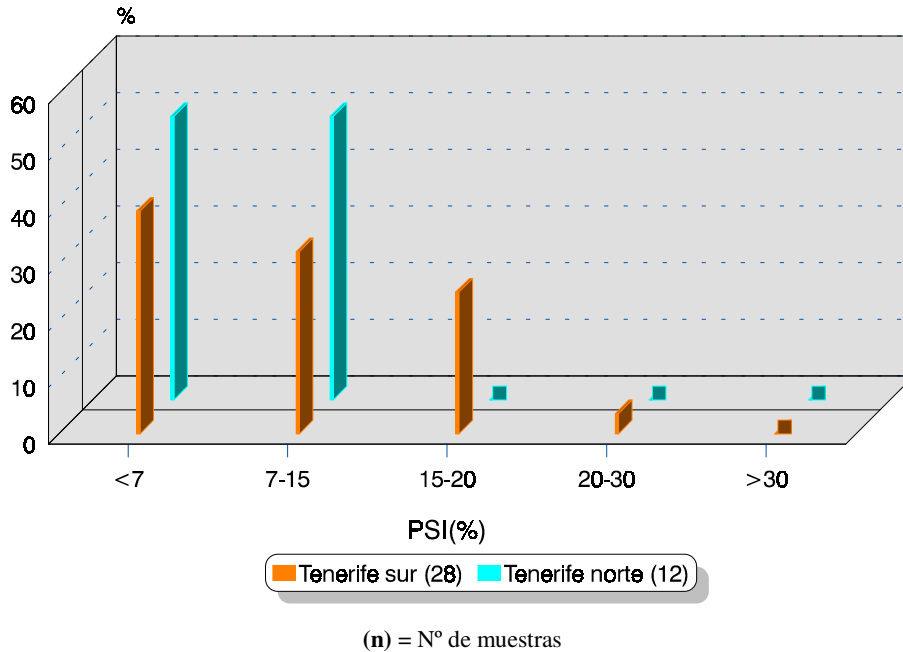


**Tabla I.3.23**  
**Análisis estadístico de la CEEs**  
**Norte y Sur de Tenerife**

Zona	N°	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
Tenerife norte	17	3,9	2,9	2,5	1,0	8,2
Tenerife sur	33	6,8	5,6	5,5	1,2	27,8

N° Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Figura I.3.12**  
**Distribución de frecuencias de las clases de sodicidad**  
**Norte y Sur de Tenerife**



**Tabla I.3.24**  
**Análisis estadístico de la sodicidad**  
**Norte y Sur de Tenerife**

Zona	N°	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
Tenerife norte	12	5,9	6,0	3,2	1,8	11,3
Tenerife sur	28	10,6	9,8	6,0	2,0	23,8

N° Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

### III.1.1.1.a. Resumen del diagnóstico general de la solución edáfica

Las características generales de la solución edáfica (en extracto de saturación) de los suelos agrícolas de regadío en las islas, pueden quedar prefijadas en los siguientes valores medios, teniendo en cuenta que hay desviaciones considerables en los mismos:

*pHes* = 7,4, no superando nunca el valor de 8  
*CEes* = 5,9 dS/m  
*PSIc* = 7,9 %  
*Iones dominantes* = Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> y Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>

Según estos valores medios los suelos deben considerarse como *ligeramente sódicos* y *medianamente salinos*, lo que confirma la existencia de procesos de salinización y sodificación en la generalidad de los suelos agrícolas de regadío en Canarias.

Los mayores problemas de salinización secundaria se observan en las islas de Gran Canaria, El Hierro, Fuerteventura y Tenerife, mientras que el proceso de sodificación afecta fundamentalmente a los suelos de Fuerteventura y en menor medida a los de El Hierro, Tenerife y Gran Canaria.

Ésto condiciona que en las islas de Fuerteventura, El Hierro, Tenerife y Gran Canaria, sea el sodio el catión predominante en la solución edáfica, mientras que en La Palma y La Gomera, las islas con menores problemas de salinización-sodificación, sea el calcio el catión que predomina.

Entre los aniones el predominio corresponde a los cloruros en Fuerteventura, El Hierro y Gran Canaria, mientras que son los sulfatos los predominantes en Tenerife, La Palma y La Gomera. Cantidades significativas de nitratos aparecen en la solución edáfica de los suelos de Tenerife y Gran Canaria, que son las islas con una mayor tecnificación agrícola y mayor uso de agroquímicos.

### **III.1.1.2. Análisis de la solución edáfica a partir de los extractos de saturación del suelo (es)**

#### **III.1.1.2.a. Introducción**

Como ya se ha indicado anteriormente uno de los aspectos más controvertidos de la Ciencia del Suelo es el de la caracterización de la solución edáfica, tanto cuantitativa como cualitativamente.

Este problema adquiere mayor trascendencia cuando se tratan de abordar cuestiones de salinidad/salinización del suelo, dadas las complejas interrelaciones que se establecen entre el suelo, las sales y el agua. El agua del suelo o estrictamente hablando, la solución edáfica es extraordinariamente variable en cantidad y cualidades, tanto espacial como temporalmente y de ahí la dificultad de establecer un parámetro o medida que integre la complejidad del sistema suelo-sales-agua.

En el análisis de la salinidad del suelo, se ha establecido convencionalmente que la humedad del suelo en el punto de saturación, es la que menor variación presenta con las condiciones edáficas y en particular con la textura y de ahí que la conductividad eléctrica de un extracto del agua del suelo en el punto de saturación se haya tomado como estándar para caracterizar la salinidad.

Basándonos en esto, hemos tratado de obtener ecuaciones paramétricas sencillas que permitan caracterizar las variables más usuales de la solución edáfica de los suelos agrícolas de Canarias, a partir de medidas sencillas de fácil y rápida obtención.

En el Anexo IV, se presentan los datos analíticos de los extractos de saturación de los suelos estudiados (Tablas 1 a 6).

#### **III.1.1.2.b. Correlaciones entre variables**

La matriz de correlaciones de algunas variables del extracto de saturación (Tabla I.3.25) muestra unas características normales en este tipo de suelos, donde las mejores correlaciones con la CE la presentan el calcio y el magnesio y en menor medida el sodio y los cloruros. Las más altas correlaciones entre iones aparecen entre calcio y magnesio y menos significativas entre los cloruros y sulfatos con calcio, magnesio y sodio, y entre los nitratos y el magnesio.

**Tabla I.3.25**

**Matriz de correlaciones entre variables del extracto saturado**

	pH	CEes	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
CEes	-0,368								
Ca <sup>2+</sup>	-0,472	0,836							
Mg <sup>2+</sup>	-0,442	0,916	0,874						
Na <sup>+</sup>	-0,130	0,802	0,431	0,590					
K <sup>+</sup>	-0,027	0,446	0,196	0,253	0,394				
Cl <sup>-</sup>	-0,299	0,816	0,692	0,700	0,687	0,218			
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0,327	0,701	0,629	0,668	0,621	0,393	0,331		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,410	-0,163	-0,169	-0,164	-0,217	0,273	-0,240	-0,156	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,217	0,681	0,491	0,670	0,540	0,402	0,240	0,437	-0,085

**i) Relación entre la conductividad eléctrica y la concentración de sales**

En base a los datos de 107 extractos saturados y para un rango de CEes que varía desde 1,7 a 32,0 dS/m, hemos obtenido una relación entre el total de sales disueltas (TSD, calculado como la suma de los cationes y los aniones determinados) y la conductividad eléctrica (CEes)(Figura I.3.13), con un coeficiente de correlación  $r = 0,935$  a un nivel altamente significativo  $p < 0,01$  y cuya expresión es

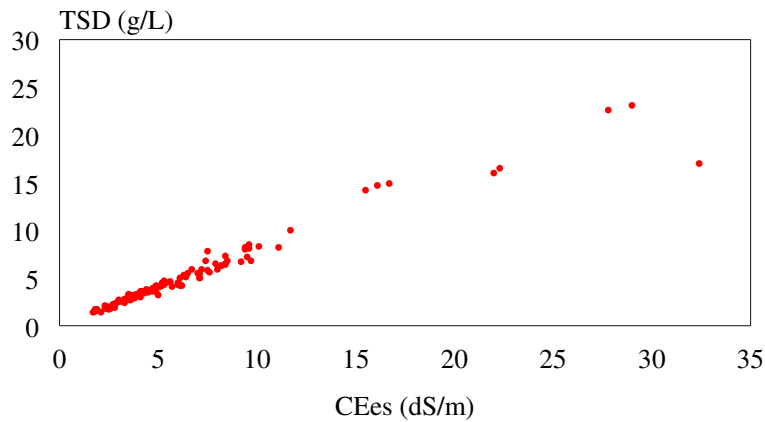
$$TSD \text{ (g/L)} = 0,728 \text{ CEes (dS/m)} + 0,418$$

$$r = 0,935 \text{ } p < 0,01$$

Ecuación (11)

Como podemos ver en la Figura I.3.13 los datos se ajustan mejor a valores bajos de conductividad eléctrica ya que conforme aumenta la conductividad eléctrica tienden a formarse pares iónicos neutros o de carga inferior a la de los iones libres, que no son detectados o lo son en menor medida, por la conductividad eléctrica; por el contrario estos pares iónicos si son detectados por las técnicas analíticas que determinan concentraciones. Cuanto mayor sea la concentración de la solución edáfica, mayor será la tendencia a formar pares iónicos, y el valor de la conductividad eléctrica será menor de lo esperado.

**Figura I.3.13**  
**Total sales disueltas [TSD (g/L)] vs.**  
**conductividad eléctrica del extracto saturado [CEes (dS/m)]**



Para CEes inferiores a 10 dS/m la relación entre el TSD y la CEes mejora notablemente (coeficiente de correlación  $r = 0,978$ ,  $p < 0,01$ ):

$$TSD \text{ (g/L)} = 0,797 \text{ CEes (dS/m)} + 0,017$$

$$r = 0,978 \text{ } p < 0,01$$

Ecuación (12)

Según Aragüés et al. (1986) el factor de transformación  $f = TSD \text{ (g/L)} / CE \text{ (dS/m)}$  oscila entre 0,500 y 1,000 dependiendo de la concentración y de la composición iónica de la solución (0,500 en soluciones bicarbonatadas, 0,640 en soluciones cloruradas y en torno a 0,900 en las sulfatadas). El valor medio de este factor en la solución de los extractos saturados de nuestros suelos es de 0,802, en donde como ya vimos anteriormente, los sulfatos y el sodio son los iones que predominan en la generalidad de estos suelos.

Se ha realizado un análisis de regresión simple entre el porcentaje de sales solubles (gramos de sal en 100 gramos de suelo) y la CEes (Figura I.3.14):

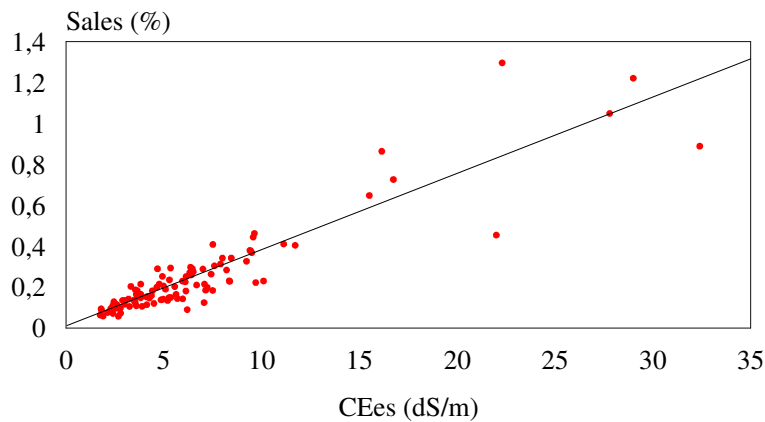
$$Sales \text{ (\%)} = 0,037 \text{ CEes (dS/m)} + 0,002$$

$$r = 0,915 \text{ } p < 0,01$$

Ecuación (13)

**Figura I.3.14**

**Porcentaje de sales solubles (gramos de sal en 100 gramos de suelo) vs. conductividad eléctrica del extracto saturado [CEes (dS/m)]**



La significación de la ecuación mejora mucho cuando se tiene en cuenta la clase textural que viene reflejada en el porcentaje de agua en el punto de saturación [porcentaje de saturación, PS (g agua/100 g de suelo)]. La relación toma entonces la siguiente expresión:

$$\text{Sales (\%)} = 0,037 \text{ CEes (dS/m)} + 0,004 \text{ PS (\%)} - 0,233$$

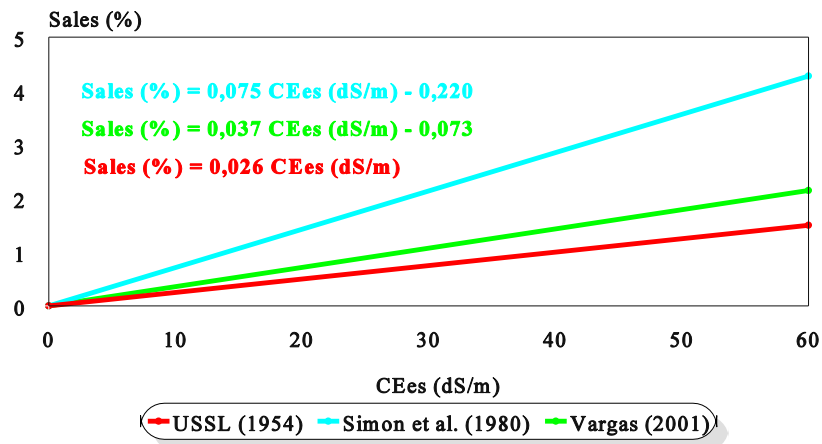
$$r = 0,948 \quad p < 0,01$$

Ecuación (14)

Una ecuación similar fue obtenida por Simón et al. (1980) en un estudio de los suelos salinos de la provincia de Granada [Sales (%) = 0,075 CEes + 0,026 PS (%) - 1,264]. En la Figura I.3.15 se han representado estas dos ecuaciones y la del USSL Staff (1954) para un PS del 40 %. Como podemos ver en esta figura se observan grandes diferencias de una ecuación a otra, lo cual puede explicarse como ya hemos visto anteriormente, por el tipo de las sales e iones presentes en la solución del suelo. La ecuación (14) fue obtenida a partir de extractos saturados en los que predominan los sulfatos y el sodio, y a veces hay cantidades importantes de cloruros y nitratos por lo que se obtienen conductividades más altas para un mismo % de sales, que las de Simón et al. (1980) que procede de suelos ricos en sulfatos cálcicos y magnésicos, y más bajas que la del USSL Staff (1954) que se obtuvo a partir de soluciones dominadas por cloruros. Además, cuando la concentración se expresa en porcentaje de sales, que tiene en cuenta el peso de los iones, las ecuaciones (las rectas) tienen un mayor espacio de separación que si se tuviera en cuenta el número de iones en la solución (USSL Staff, 1954).



**Figura I.3.15**  
**Porcentaje de sales solubles vs. Conductividad eléctrica del extracto de saturación para un Porcentaje de saturación del 40%**



**ii) Relación entre la conductividad eléctrica y la concentración iónica**

Al igual que otros autores (Campbell, 1949; USSL Staff., 1954; Tanji y Biggar, 1972; Marion y Babcock, 1977; Aragüés et al., 1983; Chang et al., 1983), se han obtenido buenas correlaciones entre la concentración catiónica (CC) o aniónica (CA), expresada en meq/L, y la CEes. Esta variable depende del número de iones en la solución y no de sus pesos, por ello los coeficientes de correlación obtenidos con la concentración en meq/L, son más altos que con el TSD (g/L); las relaciones son las siguientes:

$$CC \text{ (meq/L)} = 10,819 \text{ CEes (dS/m)} + 1,577$$

$$r = 0,988 \text{ p} < 0,01$$

Ecuación (15)

$$CA \text{ (meq/L)} = 11,213 \text{ CEes (dS/m)} + 2,825$$

$$r = 0,989 \text{ p} < 0,01$$

Ecuación (16)

El factor de transformación  $g = C \text{ (CC o CA) (meq/L) / CE (dS/m)}$  tiene un valor medio entre 10 y 11 para extractos y aguas típicos de zonas áridas y semiáridas (Aragüés et al., 1986), que puede bajar hasta 8 en soluciones bicarbonatadas o sulfatadas con valores altos de calcio y magnesio, y subir hasta 11 en soluciones donde la sal predominante es el cloruro sódico. En nuestros suelos cultivados los valores medios del factor g son 10,98 y 11,65 para CC/CE y CA/CE respectivamente.

### iii) *Riesgo de sodificación (SAResv y pIAP)*

Un parámetro normalmente utilizado para predecir el riesgo de sodificación del complejo de cambio de los suelos, es el SARes o relación de adsorción de sodio, calculado a partir de los datos de la solución edáfica (en nuestro caso extracto de saturación), según las fórmulas:

$$SARes = Na^+ / [(Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2]^{0.5} \text{ (concentraciones de } Na^+, Ca^{2+} \text{ y } Mg^{2+} \text{ en meq/L) o}$$

$$SARes = Na^+ / (Ca^{2+} + Mg^{2+})^{0.5} \text{ (concentraciones de } Na^+, Ca^{2+} \text{ y } Mg^{2+} \text{ en mmol/L)}$$

El SAR calculado de esta forma, no tiene en cuenta la concentración de los iones libres ni las actividades en el caso de que se formen pares iónicos o complejos (Sposito y Mattigod, 1977), por ello hemos calculado las actividades iónicas y los coeficientes de actividad de los iones libres utilizando el modelo CARBCHEM de Suárez [1978, modificado por Alves (1983)] (ver Apto. II.6.1.2): A partir de los datos de pH de la pasta saturada, y de la composición iónica de la solución del suelo, se obtuvieron dichas actividades iónicas y los coeficientes de actividad, y a partir de estos valores se calcularon las concentraciones corregidas de calcio, magnesio y sodio (meq/L) y la relación de adsorción de sodio, que tiene en cuenta la formación de pares iónicos y complejos y que denominamos SAR verdadero (SAResv). Los valores de pH de la pasta saturada fueron calculados con la siguiente ecuación obtenida por nosotros, mediante correlación entre el pH de la pasta saturada “in situ” antes de la extracción (*pHpasta*) y el pH del extracto saturado (*pHes*),

$$pHpasta = 0,979 pHes - 0,675$$

$$r = 0,870 \text{ p} < 0,01$$

Ecuación (17)

También se ha obtenido la presión parcial de CO<sub>2</sub> y la fuerza iónica total (I). En el Anexo V se presentan los datos corregidos de los extractos saturados (Tablas 1 a 6).

Con las fuerzas iónicas obtenidas, que incluyen la presencia de pares iónicos y complejos, se puede establecer una ecuación de regresión con la CEes, similar a las obtenidas por Griffin y Jurinak (1973), Marion y Babcock (1977), Gillman y Bell (1978), Black y Campbell (1982) y Arbelo et al. (1989); y cuya expresión es la siguiente:

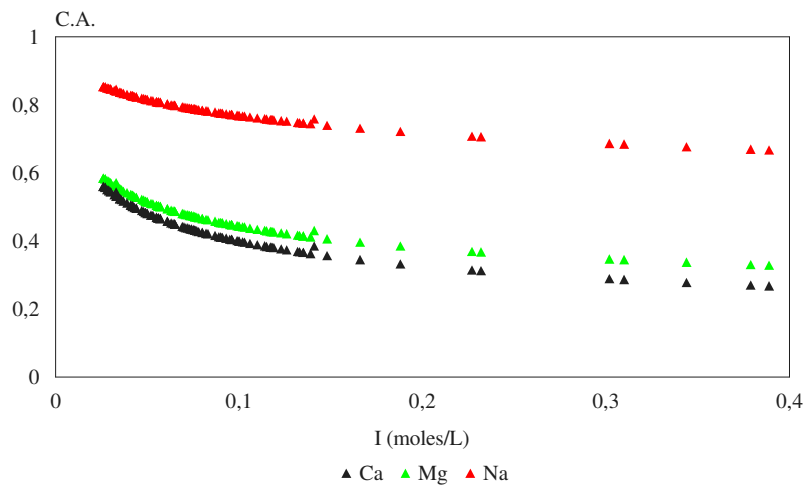
$$I \text{ (moles/L)} = 0,013 CEes \text{ (dS/m)} + 4,38 \cdot 10^{-3}$$

$$r = 0,994 \text{ p} < 0,01$$

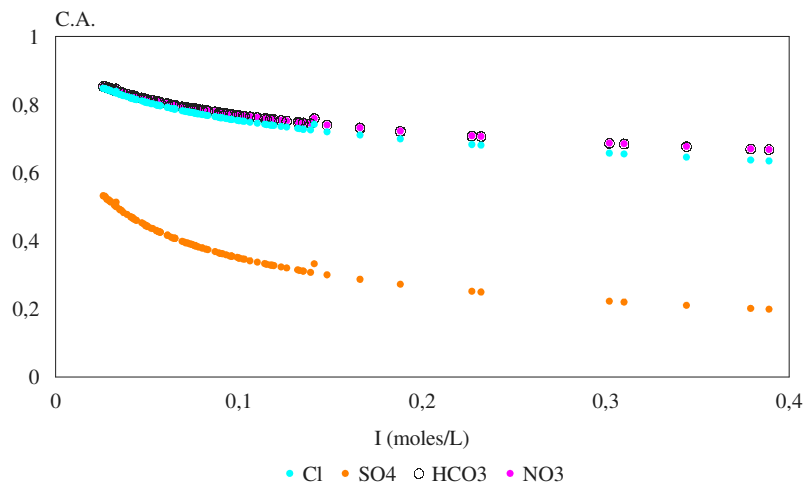
Ecuación (18)

Como podemos ver en las Figuras I.3.16 y I.3.17, el coeficiente de actividad para los iones divalentes ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ ) disminuye más rápidamente con el incremento de la concentración de sales o fuerza iónica total que los monovalentes como el  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{NO}_3^-$ .

**Figura I.3.16**  
**Coefficientes de actividad (C.A.) de los cationes**  
**en función de la fuerza iónica total (I)**

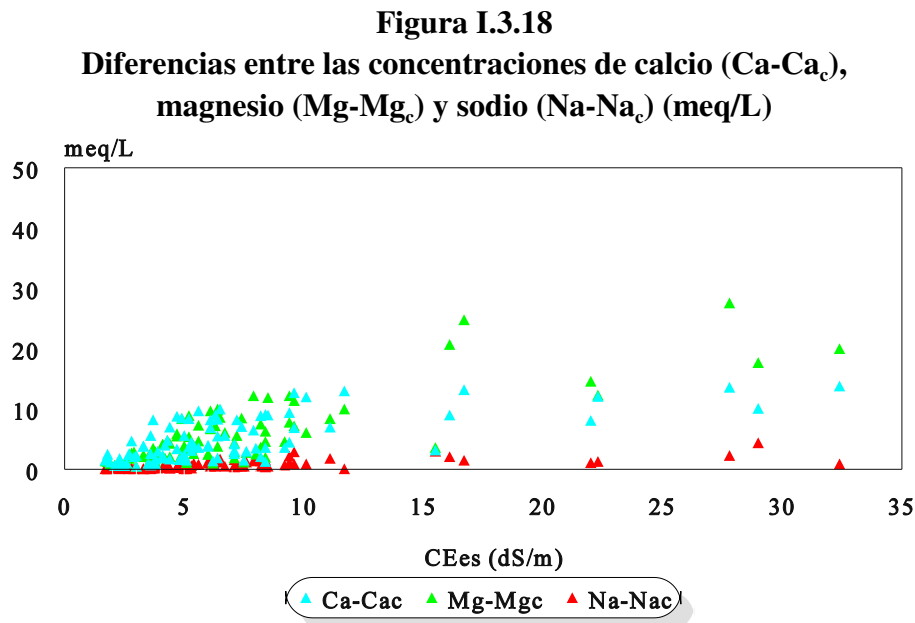


**Figura I.3.17**  
**Coefficientes de actividad (C.A.) de los aniones**  
**en función de la fuerza iónica total (I)**



Sposito y Mattigod (1977) distinguen entre SAR práctico (SARes) calculado normalmente sin corregir por los pares iónicos y complejos, y el SAR verdadero (SAResv) cuando se tienen en cuenta estos efectos, encontrando que los valores del SARes generalmente son menores que los del SAResv debido a que el calcio y el magnesio son los cationes más implicados en la formación de pares iónicos y complejos. Por tanto, las diferencias entre las concentraciones sin corregir y las concentraciones corregidas por la formación de pares y complejos (Ca-Cac, Mg-Mgc y Na-Nac),

son mayores en el caso de los cationes divalentes que en los monovalentes como podemos ver en la Figura I.3.18.



Efectivamente el valor medio de SAResv es superior al SARes (Tabla I.3.26) y aplicando el test de Wilcoxon hemos encontrado que estas diferencias son altamente significativas ( $U=9,430$   $p<0,001$ ).

**Tabla I.3.26**  
**Análisis estadístico SARes y SAResv**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
SARes	91	7,5	5,8	5,6	0,9	26,4
SAResv	91	8,6	6,5	6,5	1,0	30,5

Nº Número de muestras   DS Desviación estándar   Mín Mínimo   Máx Máximo

Se ha obtenido una correlación entre el SAResv calculado a partir de los datos obtenidos del modelo de Suárez (1978) y el SARes con una  $r = 0,998$   $p<0,01$  (Figura I.3.19) y cuya ecuación es

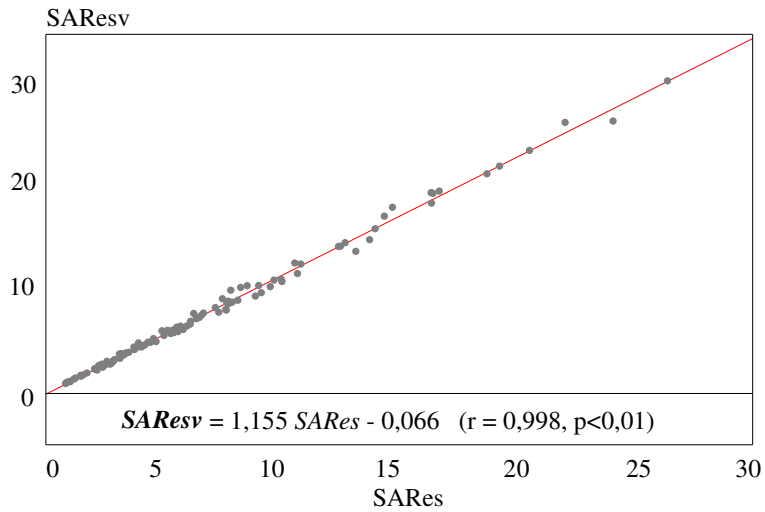
$$SAResv \text{ (meq/L)}^{0,5} = 1,155 SARes \text{ (meq/L)}^{0,5} - 0,066$$

$$r = 0,998 \text{ } p < 0,01$$

Ecuación (19)

muy parecida a la obtenida por Sposito y Mattigod (1977) ( $SAResv = 1,115 SARes + 0,08$ ,  $r = 0,994$ ).

**Figura I.3.19**  
**Ecuación que relaciona el SAR<sub>esv</sub> y el SAR<sub>es</sub> en extractos saturados**



Cuando, como dijimos anteriormente, los valores de la relación de adsorción de sodio, se utilizan para estimar el riesgo de sodificación del complejo de cambio, Kotur y Seshagiri (1988) encuentran que los valores de PSI estimados más próximos a los observados, son los calculados a partir del SAR<sub>esv</sub> y siempre superiores a los obtenidos utilizando el SAR<sub>es</sub> sin corregir, por lo que sugieren utilizar el SAR<sub>esv</sub> para mejor predecir el riesgo de sodicidad, ya que el SAR<sub>es</sub> tradicional normalmente subestima este riesgo.

En el Anexo V (Tablas 1 a 6) se pueden ver las concentraciones corregidas de los iones de los extractos saturados y los valores de SAR<sub>es</sub> y SAR<sub>esv</sub>, así como de PS<sub>ies</sub> y PS<sub>iesv</sub>.

La precipitación de calcita en la solución del suelo, lleva implícita una pérdida de calcio y por tanto un aumento del SAR que se traduce también en un mayor riesgo de sodificación del complejo de cambio. El pH no es un buen evaluador de la tendencia a la precipitación de la calcita en sistemas abiertos (Suárez, 1990), ya que una solución con pH elevado puede no estar saturada en calcita mientras que otra, con pH bajo si puede estarlo. Un índice que se utiliza para conocer el estado de saturación en calcita de una solución es el índice de saturación (*IS*), que se define como

$$IS = \log IAP / \log Ks$$

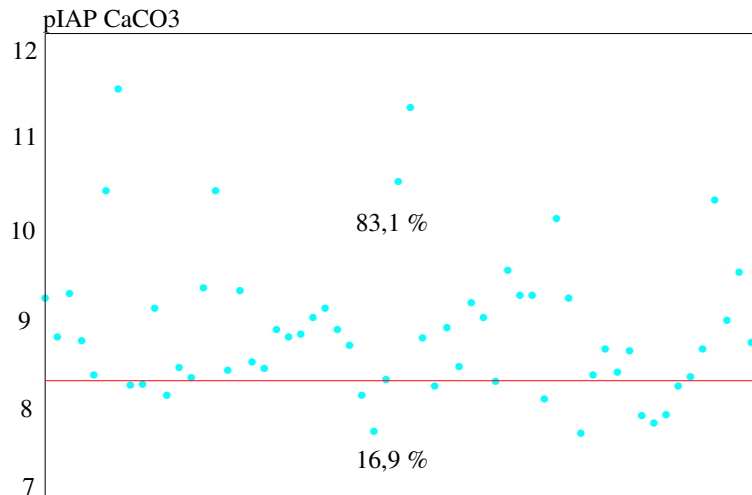
Ecuación (20)

siendo *IAP* el producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos ( $aCa \times aCO_3$ ) y *Ks* la constante del producto de solubilidad de la calcita; para calcularlo es necesario un análisis de la solución problema (pH e iones solubles) y la utilización de un modelo que considere complejos y coeficientes de actividad para el cálculo de la actividad de los iones, y con ello calcular el IAP. Nosotros hemos empleado el modelo de Suárez (1978) a partir del cual se han obtenido los logaritmos negativos del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos (pIAP),

en los extractos saturados, que es otro índice, utilizado por este autor, para conocer la saturación en calcita de una solución.

Según Suárez (1977), la supersaturación de una solución en calcita se corresponde con valores de pIAP inferiores a 8,2, a estos niveles puede haber nucleación o formación de cristales de calcita. Como podemos observar en la Figura I.3.20 algunos extractos saturados de las muestras estudiadas (16,9 %) están sobresaturados en calcita y la posible precipitación de la misma puede traer consigo un aumento del riesgo de sodificación del suelo, mientras que la mayoría (83,1 %) no lo están.

**Figura I.3.20**  
**Valores de pIAP en extractos saturados**



La solubilidad de la calcita se ve influenciada por el nivel de CO<sub>2</sub>. En la Figura I.3.21 podemos ver como los valores de pIAP en los extractos saturados estudiados, son menores con la disminución de la presión parcial de CO<sub>2</sub> de la solución del suelo. Se observa una modesta correlación pero significativa entre estos dos parámetros

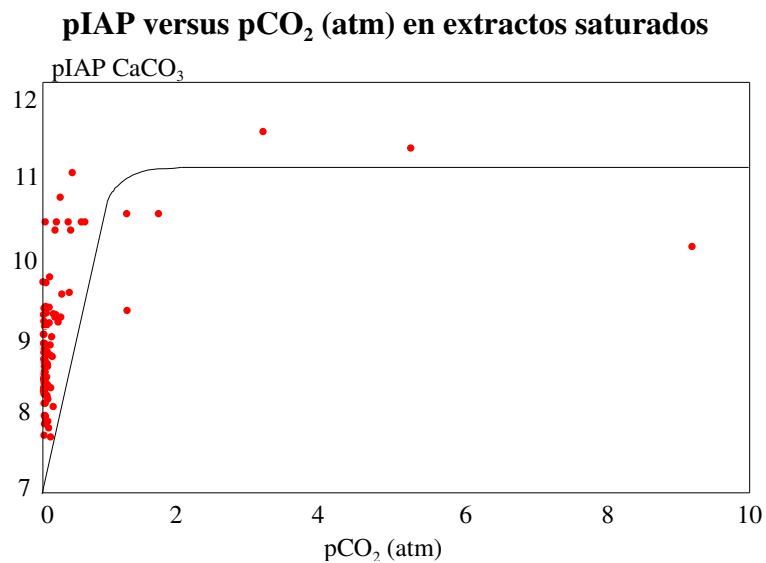
$$\ln pIAP = 2,284 + 0,038 \ln PCO_2 \text{ (atm)}$$

$$r = 0,627 \text{ p} < 0,03$$

Ecuación (21)

Este sistema presenta una cinética de precipitación que generalmente es lenta y que se ve influenciada como ya hemos visto por la concentración de dióxido de carbono y además, por la presencia de constituyentes inorgánicos como el magnesio (Chave y Suess, 1970) y la materia orgánica disuelta (Chave, 1965; Chave y Suess, 1970; Inskip y Bloom, 1986; Suárez y Suárez, 1990), que inhiben la precipitación de la calcita (Suárez, 1983).

**Figura I.3.21**



Podemos concluir diciendo que aunque se observa un porcentaje del 16,9 % de extractos sobresaturados en calcita, probablemente en la zona radicular en donde la concentración de CO<sub>2</sub> es superior a la calculada, la solución del suelo experimente un aumento del pIAP y no precipite la calcita, y además la presencia de carbono orgánico disuelto y de magnesio pueden también inhibir la precipitación de la misma.

La precipitación de yeso, en soluciones edáficas sobresaturadas, puede también aumentar el valor del SAR debido a un descenso de la concentración de calcio, aunque en la generalidad de las muestras analizadas no se observa sobresaturación en yeso.

### III.1.1.2.c. Resumen

Se ha obtenido una relación entre la CEes y la concentración de sales tanto en g/L como en g/100 g de suelo, mejorándose esta última con la clase textural (porcentaje de saturación). Las mejores correlaciones con la CEes se han obtenido con la concentración catiónica y aniónica (ambas en meq/L). También se ha encontrado una ecuación entre la fuerza iónica (moles/L) y la CEes.

Se han observado diferencias estadísticamente significativas entre el SAR tradicional (SARes) y el SAResv (tiene en cuenta la formación de pares iónicos y complejos), así como una ecuación que relaciona ambos parámetros. Se sugiere pues utilizar el SAResv para mejor predecir el riesgo de sodificación del suelo.

Parece no ser importante la precipitación de calcita en los suelos agrícolas de Canarias debido a la alta concentración de CO<sub>2</sub> en la zona radicular y a la presencia de inhibidores como el carbono orgánico y el magnesio en la solución, por lo que en principio, el aumento del riesgo de sodicidad en los suelos agrícolas no proviene de la precipitación de la calcita sino de la formación de pares iónicos y complejos.

### III.1.1.3. Análisis de la solución edáfica a partir de extractos de suelos en relación suelo:agua 1:1

#### III.1.1.3.a. Correlaciones entre variables. Efecto de la dilución

Para suelos naturales no cultivados de las Islas Canarias se encontró una correlación positiva y altamente significativa entre la CEes y la CE1:1 (González et al., 1991); igualmente para suelos agrícolas hemos encontrado una correlación lineal (Figura I.3.22) cuya ecuación es

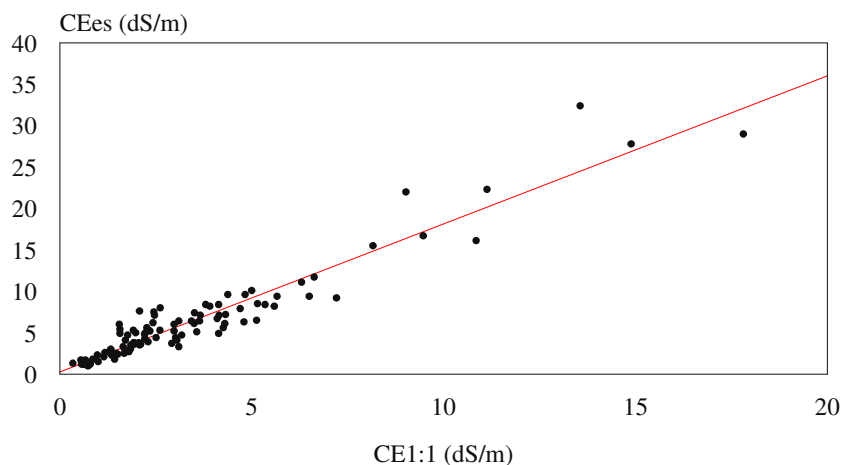
$$CEes \text{ (dS/m)} = 1,787 \text{ CE1:1 (dS/m)} + 0,263$$

$$r = 0,957 \text{ p} < 0,01$$

Ecuación (22)

**Figura I.3.22**

**Correlación CEes (dS/m) vs. CE1:1 (dS/m)**



En la Tabla I.3.27 se presenta la matriz con los coeficientes de correlación entre las variables de los extractos 1:1.

Hemos encontrado una correlación lineal entre la concentración catiónica [CC1:1 (meq/L)] y la CE1:1 (dS/m) ( $r=0,936 \text{ p}<0,01$ ) con un coeficiente de correlación inferior al obtenido entre estas mismas variables en el extracto de saturación (Aptdo. III.1.1.2.b.ii). La formación de pares iónicos está directamente relacionada con la concentración iónica de la solución, de tal forma que disminuye la formación de los mismos a bajas relaciones suelo/agua, por lo que cabría esperar una mejor correlación entre la conductividad eléctrica y la concentración catiónica en los extractos 1:1 que en los extractos saturados (Marañés et al., 1994), no siendo así en nuestro caso. Ésto puede deberse a fenómenos de desorción electrolítica que como veremos más adelante ocurren en estos suelos al disminuir la relación suelo:solución, dando lugar a un aumento de la concentración iónica



(sobre todo sodio, potasio y sulfatos). Además podría explicar las mejores correlaciones obtenidas entre estos iones y la conductividad eléctrica del extracto 1:1 que en el extracto saturado, así como entre aquellos y el resto de iones (Tabla I.3.27).

**Tabla I.3.27**  
**Matriz de correlaciones entre variables del extracto 1:1**

	pH	CE1:1	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
CE1:1	-0,362							
Ca <sup>2+</sup>	-0,469	0,804						
Mg <sup>2+</sup>	-0,504	0,858	0,841					
Na <sup>+</sup>	-0,172	<b>0,811</b>	<b>0,498</b>	<b>0,641</b>				
K <sup>+</sup>	-0,075	<b>0,521</b>	<b>0,282</b>	<b>0,340</b>	<b>0,437</b>			
Cl <sup>-</sup>	-0,301	0,745	0,599	0,508	0,682	<b>0,295</b>		
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0,383	<b>0,735</b>	<b>0,775</b>	<b>0,799</b>	0,615	0,335	<b>0,337</b>	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,651	-0,030	-0,252	-0,192	0,018	<b>0,526</b>	-0,172	-0,135

También hemos obtenido ecuaciones entre variables del extracto saturado y variables del extracto 1:1. (Tabla I.3.28). Como parecen indicar las buenas correlaciones obtenidas, pueden utilizarse en análisis de rutina los extractos de suelo 1:1, de fácil y rápida preparación, y a partir de los mismos estimar los valores convencionales de salinidad y de iones solubles.

**Tabla I.3.28**  
**Correlaciones extractos saturados vs. extractos 1:1**

Y	X	a	b	r
Kes	K1:1	-0,588	1,725	0,972
Cles	Cl1:1	1,201	2,218	0,963
CEes	CE1:1	0,263	1,787	0,957
pHes	pH1:1	1,453	0,810	0,925
Mges	Mg1:1	4,795	1,564	0,899
Caes	Ca1:1	5,855	1,359	0,894
SO <sub>4</sub> es	SO <sub>4</sub> 1:1	13,678	0,908	0,868
Naes	Na1:1	5,183	1,494	0,846
HCO <sub>3</sub> es	HCO <sub>3</sub> 1:1	2,538	1,019	0,633

Las ecuaciones son lineales ( $Y = a + b X$ ) Y Variable dependiente X Variable independiente  
a Intercepción con el eje Y b Pendiente de la recta r Coeficiente de correlación

En las Tablas I.3.29 y I.3.30 se presentan los análisis estadísticos para cada una de las variables de los extractos de saturación y de los extractos 1:1, expresando la concentración de los iones en cmolc/kg de suelo, con el objetivo de comparar la concentración para cada ión en ambos extractos, y así poder detectar desorción de algún ión al disminuir la relación suelo:solución.

**Tabla I.3.29**  
**Análisis estadístico de los extractos saturados (cmolc/kg)**

	CE (dS/m)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
<b>Nº</b>	107	94	94	94	94
<b>Media</b>	6,6	1,0	0,9	1,3	0,2
<b>Mediana</b>	5,2	0,7	0,6	0,9	0,1
<b>DS</b>	5,4	1,0	1,0	1,4	0,4
<b>Mín</b>	1,7	0,1	0,1	0,2	0,0
<b>Máx</b>	32,4	6,6	6,4	10,2	3,4
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3 Cat	3 Ani
<b>Nº</b>	94	94	94	94	94
<b>Media</b>	1,1	1,5	0,3	3,4	2,8
<b>Mediana</b>	0,4	1,3	0,2	2,6	2,0
<b>DS</b>	2,0	1,0	0,2	3,1	2,5
<b>Mín</b>	0,1	0,2	0,0	0,7	0,5
<b>Máx</b>	12,6	4,2	0,9	19,0	15,9

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo  
3 Cat Suma de cationes 3 Ani Suma de aniones

Como podemos ver en las Tablas I.3.29 y I.3.30, en general se observa que al disminuir la fuerza iónica de la solución (menor CE) tiene lugar un aumento de la concentración de los iones. Este proceso de desorción electrolítica al disminuir la relación suelo:solución y por tanto aumentar la dilución ha sido citado en varios tipos de suelos (Csillag et al., 1995) y es sobre todo característico de suelos de carga variable como son los suelos de origen volcánico, donde ha sido bien estudiado por Arbelo y Hernández (1988), Arbelo et al. (1989 y 1991) y Cubas et al. (1991).

Este incremento de la desorción al disminuir la relación suelo:solución, puede deberse en estos suelos de carga variable a la dependencia que presentan las cargas superficiales de la fuerza iónica y del pH (Gillman y Bell, 1978), ya que al disminuir la fuerza iónica, las cargas tanto negativas como positivas se reducen por cancelación mutua de dobles capas adyacentes (las capacidades de intercambio catiónica y aniónica disminuyen), con la consiguiente liberación de cationes y aniones (Sumner, 1963; Fey y Roux, 1976).

**Tabla I.3.30**  
**Análisis estadístico de los extractos 1:1 (cmolc/kg)**

	CE (dS/m)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
<b>Nº</b>	92	93	93	93	93
<b>Media</b>	3,8	1,2	1,1	1,8	0,4
<b>Mediana</b>	3,0	0,7	0,6	1,3	0,2
<b>DS</b>	3,1	1,3	1,4	1,7	0,5
<b>Mín</b>	0,7	0,1	0,0	0,2	0,0
<b>Máx</b>	17,8	5,5	9,0	9,5	3,9
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3 Cat	3 Ani
<b>Nº</b>	93	93	93	93	93
<b>Media</b>	1,1	2,2	0,3	4,4	3,5
<b>Mediana</b>	0,6	1,2	0,2	2,8	2,3
<b>DS</b>	1,8	2,0	0,2	4,1	3,1
<b>Mín</b>	0,1	0,3	0,1	0,8	0,8
<b>Máx</b>	10,7	8,5	1,4	22,6	17,2

Nº Número de muestras **DS** Desviación estándar **Mín** Mínimo **Máx** Máximo  
**3 Cat** Suma de cationes **3 Ani** Suma de aniones

En nuestro caso, cuando aplicamos el test no paramétrico de Wilcoxon para muestras no distribuidas normalmente, se obtienen diferencias significativas para la suma de cationes entre extractos saturados y extractos 1:1 ( $U = 2,241$  y  $p = 0,025$ ), particularmente para el sodio y el potasio, donde fueron altamente significativas ( $U = 3,042$  y  $p = 0,001$ ,  $U = 3,464$  y  $p = 0,001$  respectivamente), no encontrándose estas diferencias para la suma de aniones y tan solo aparecen diferencias significativas para el sulfato ( $U = 2,372$  y  $p = 0,018$ ).

El valor medio de pH tanto en extractos saturados como en extractos 1:1 es de 7,4 (Tabla I.3.31), valor en el que la capacidad de intercambio catiónica es superior a la aniónica (en suelos con características ándicas) por lo que la disminución de la fuerza iónica trae consigo una disminución, sobre todo de la capacidad de intercambio catiónica, y por tanto una liberación de cationes que es más importante que la de aniones.

Estos hechos parecen indicar que en los suelos agrícolas de Canarias la desorción es fundamentalmente catiónica, siendo el sodio y el potasio los cationes más desorbidos.

En el proceso de desorción de electrolitos, al disminuir la fuerza iónica pueden intervenir diferentes mecanismos: hidrólisis, disolución, difusión, etc.. (Arbelo et al., 1989). El mecanismo de hidrólisis parece poco probable (Arbelo et al., 1989), y efectivamente no hemos encontrado diferencias significativas para el pH entre extractos saturados y extractos 1:1 (Tabla I.3.31). Sin embargo los procesos difusivos si pueden tener un papel importante ya que la difusión será más intensa cuanto mayor sea la dilución (Barrow, 1985; Arbelo et al., 1989).

**Tabla I.3.31**  
**Análisis estadístico del pH en extractos saturados y en extractos 1:1**

	pHes	pH1:1
<b>Nº</b>	123	108
<b>Media</b>	7,4	7,4
<b>Mediana</b>	7,7	7,6
<b>DS</b>	0,7	0,7
<b>Mín</b>	5,0	4,8
<b>Máx</b>	8,5	8,7

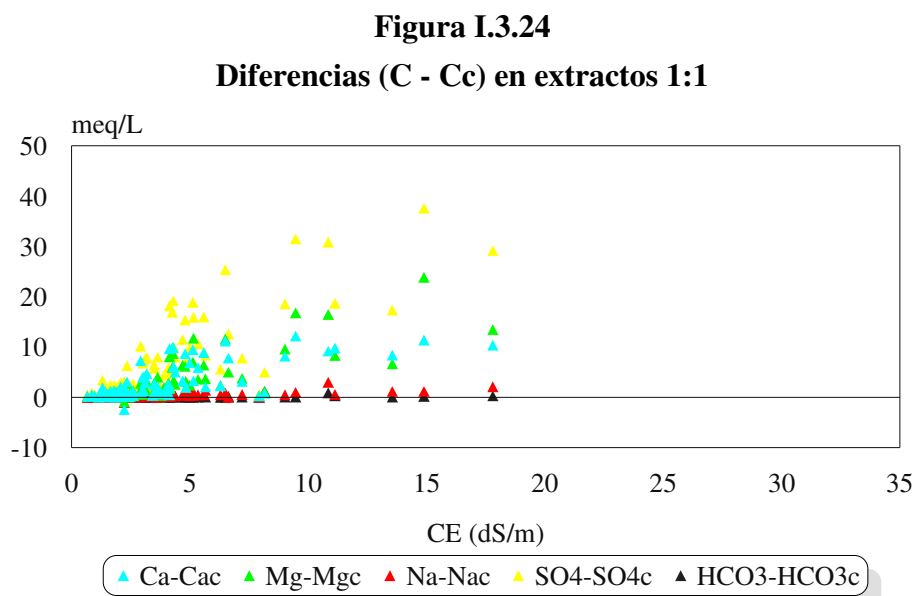
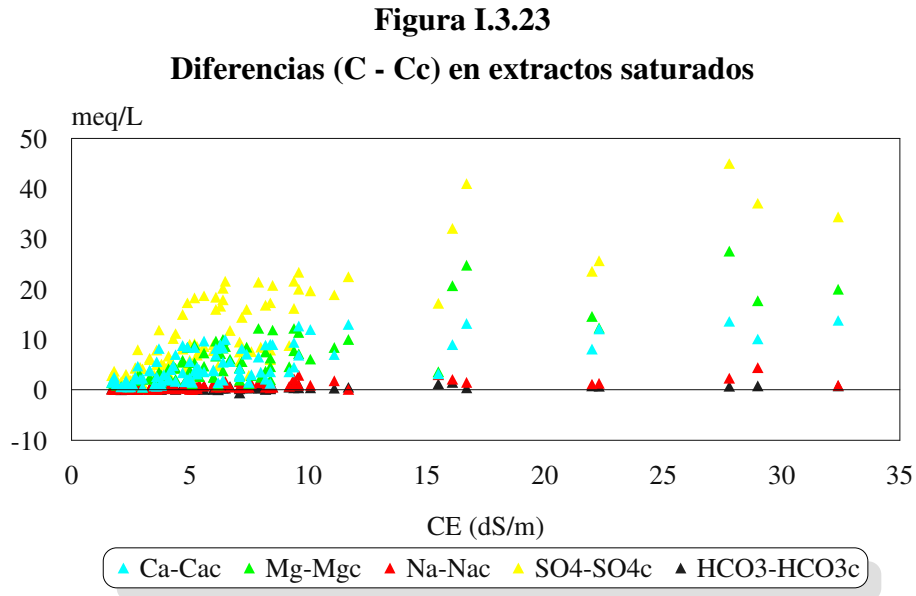
Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Míximo Máx Máximo

La CEes calculada a partir de la CE1:1 es generalmente superior a la CEes medida, lo que también ha sido observado por Arbelo et al., (1989) con CEes, CE1:5 y CE1:10 (soluciones más diluidas que la nuestra). Sin embargo nosotros no hemos encontrado diferencias significativas entre las CEes medidas y las calculadas a partir de la CE1:1 según la ecuación (22).

También hemos aplicado el modelo de Suárez (1978) a los extractos 1:1. En el Anexo V se presentan los resultados de la aplicación del modelo (Tablas 7 a 12). Como ya observamos en el apartado de correlaciones de extractos saturados (III.1.1.2.b.iii), la diferencia entre la concentración medida (C) y la concentración corregida (Cc) teniendo en cuenta la formación de pares iónicos y complejos, depende de la carga y de la concentración de la solución, siendo mayor en el caso de los iones divalentes ( $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  y  $SO_4^{2-}$ ) ya que sus coeficientes de actividad son más bajos.

Los cambios en el contenido de agua del suelo parecen también tener efectos en las interacciones electrostáticas de los iones, encontrándose generalmente un incremento en la diferencia (C - Cc) con la disminución del contenido de agua en el suelo (Csillag et al., 1993).

En las Figuras I.3.23 y I.3.24 se han representado las diferencias (C - Cc) para cada ión en los extractos saturados y los extractos 1:1 en función de la CE (dS/m) a partir de los datos corregidos que figuran en las Tablas 1 a 12 del Anexo V.



Las diferencias (C - Cc) en los extractos saturados son generalmente superiores a los extractos 1:1 lo cual está de acuerdo con lo señalado anteriormente, que la diferencia se incrementa al disminuir el contenido de agua (Csillag et al., 1993).

Como podemos observar en las Figuras I.3.23 y I.3.24 las mayores diferencias las encontramos en los sulfatos que constituyen el anión mayoritario en la solución del suelo, de mayor carga y con mayor capacidad para asociarse con el  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Na}^+$ . Se han encontrado que las

diferencias son estadísticamente significativas entre todos los iones, salvo los cloruros, tanto en los extractos de saturación como en los extractos 1:1 (Tablas I.3.32 y I.3.33).

**Tabla I.3.32**  
**Resultados de la comparación de las concentraciones mediante el test de Wilcoxon en extractos saturados**

<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>Na<sup>+</sup></b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>
U=10,247	U=10,247	U=10,247	No	U=10,247	U=10,054	U=2,234
p<0,001	p<0,001	p<0,001		p<0,001	p<0,001	p=0,03
<b>Ca<sup>2+</sup>c</b>	<b>Mg<sup>2+</sup>c</b>	<b>Na<sup>+</sup>c</b>	<b>Cl<sup>-</sup>c</b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>c</b>	<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>c</b>	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup>c</b>

**No** No existen diferencias significativas entre las medianas de las concentraciones de los iones comparados  
**U** Estadístico del test **p** Nivel de significación

**Tabla I.3.33**  
**Resultados de la comparación de las concentraciones mediante el test de Wilcoxon en extractos 1:1**

<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>Na<sup>+</sup></b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>
U=9,279	U=9,279	U=9,279	No	U=9,487	U=9,279
p<0,001	p<0,001	p<0,001		p<0,001	p<0,001
<b>Ca<sup>2+</sup>c</b>	<b>Mg<sup>2+</sup>c</b>	<b>Na<sup>+</sup>c</b>	<b>Cl<sup>-</sup>c</b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>c</b>	<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>c</b>

**No** No existen diferencias significativas entre las medianas de las concentraciones de los iones comparados  
**U** Estadístico del test **p** Nivel de significación

El SAR de la solución del suelo también varía con el contenido de agua en el mismo. Cuando disminuye el contenido de agua, aumenta la fuerza iónica, hay una mayor tendencia a la formación de pares iónicos y disminuyen las actividades de los iones calcio y magnesio, por lo que se incrementa el valor del SAR de la solución del suelo; por lo tanto el SAR de los extractos saturados debe presentar unos valores más altos que los obtenidos en extractos 1:1 (Csillag et al., 1995). Nosotros hemos obtenido un valor medio del SARes superior al valor medio de SAR1:1 en casi una unidad (Tabla I.3.34), y además se ha encontrado que esta diferencia es altamente significativa, aplicando el test de Wilcoxon (U = 6,290 p<0,001). Así mismo se han encontrado diferencias significativas entre el SAResv y el SAR1:1v (U = 6,710 p<0,001), SARes y SAResv (U= 9,430 p<0,001) y SAR1:1 y SAR1:1v (U = 9,220 p<0,001).

**Tabla I.3.34**  
**Análisis estadístico del SAR**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
SARes	91	7,5	5,8	5,6	0,9	26,4
SARes v	91	8,6	6,5	6,5	1,0	30,5
SAR1:1	91	6,7	4,8	5,1	0,8	23,8
SAR1:1 v	91	7,6	5,5	5,8	0,8	26,1

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

A partir del SAR1:1 podemos calcular el SAR1:1v que tiene en cuenta la formación de pares iónicos y complejos, el SAR del extracto saturado (SARes) y el SARes corregido (SAResv), utilizando las siguientes ecuaciones logarítmicas:

$$\ln SAR1:1v = 1,008 \ln SAR1:1 + 0,111$$

$$r = 0,997 \text{ p} < 0,01$$

Ecuación (23)

$$\ln SARes = 0,910 \ln SAR1:1 + 0,273$$

$$r = 0,934 \text{ p} < 0,01$$

Ecuación (24)

$$\ln SAResv = 0,913 \ln SAR1:1 + 0,400$$

$$r = 0,932 \text{ p} < 0,01$$

Ecuación (25)

A partir de un extracto 1:1 y con estas ecuaciones podemos calcular mejor el riesgo de sodificación del suelo.

### III.1.1.3.b. Resumen

Como parecen indicar las buenas correlaciones obtenidas entre variables del extracto saturado y variables del extracto 1:1, pueden utilizarse en análisis de rutina los extractos de suelo 1:1, de fácil y rápida preparación, y a partir de los mismos estimar los valores convencionales de salinidad, sodicidad y de iones solubles.

Se observa un proceso de desorción electrolítica fundamentalmente catiónica al disminuir la relación suelo:solución, siendo el sodio y el potasio los cationes más desorbidos en los suelos agrícolas de Canarias.

Los cambios en el contenido de agua del suelo parecen también tener efectos en las interacciones electrostáticas de los iones, ya que se ha encontrado que la diferencia entre la concentración medida y la concentración corregida teniendo en cuenta la formación de pares iónicos y complejos en los extractos saturados, es generalmente superior a esta diferencia en los extractos 1:1.

El SAR de la solución del suelo también varía con el contenido de agua del mismo, los valores de SAR en extractos saturados son estadísticamente superiores a los obtenidos en extractos 1:1, y se han encontrado ecuaciones logarítmicas que relacionan estos dos parámetros.



### **III.1.2. LAS CARACTERÍSTICAS DE LA SOLUCIÓN EDÁFICA EN RELACIÓN CON EL TIPO DE CULTIVO**

#### **III.1.2.1. Caracterización general**

Al estudiar las características de la solución edáfica en relación con los diferentes cultivos, hay que tener en cuenta que la concentración iónica de la solución del suelo (salinidad) afecta a las plantas de varias maneras. En primer lugar una elevada concentración en la solución produce un aumento de la presión osmótica de la misma, que se traduce en una menor absorción de agua por las raíces, al superar la presión osmótica la presión de succión de las plantas (estrés osmótico o estrés salino). Además determinados iones (sodio, cloruros, boro) pueden alcanzar concentraciones tales que superan el umbral de toxicidad para determinados procesos de la fisiología del vegetal.

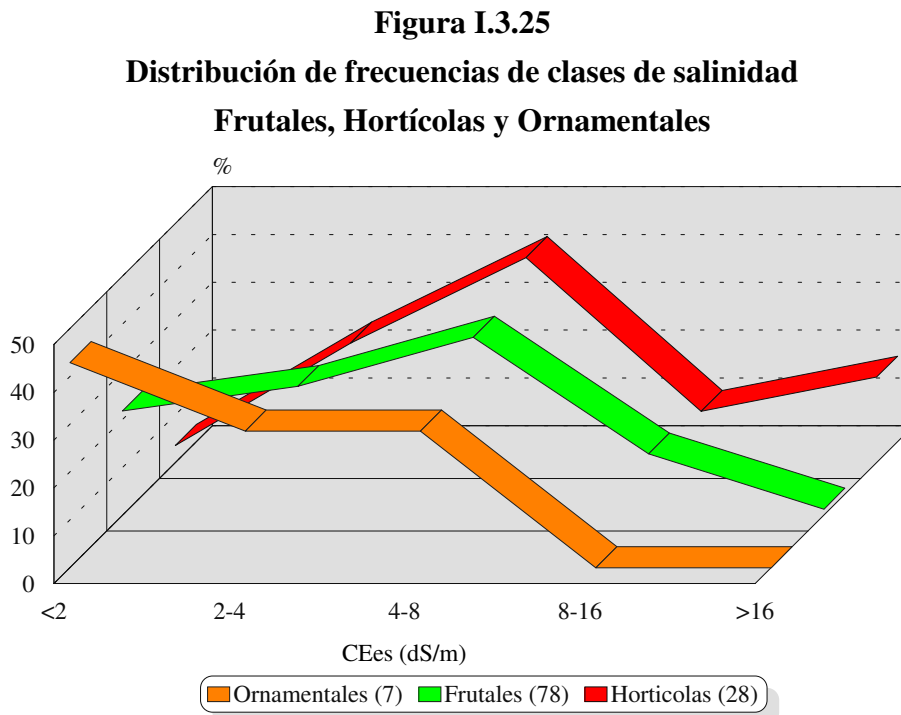
Por otra parte, la sodificación del suelo o exceso de sodio adsorbido en el complejo de cambio, aunque no ejerce un efecto directo sobre las plantas, si provoca una degradación de las condiciones físicas del suelo en determinadas situaciones, relacionados con la dispersión de las partículas sólidas y destrucción de la estructura, que llevan a una disminución neta de la capacidad de infiltración de agua, aireación, anegamiento, etc. que repercuten sobre el normal funcionamiento del sistema radicular de las plantas.

Se realizó la distribución de frecuencias de la CEes y del PSic para los suelos de los tres grupos de cultivos considerados: Frutales, Hortícolas y Ornamentales (ver Tabla I.2.27 en el apartado II.5.1.). Se representan sólo las muestras de la zona radicular, eliminando las zonas intergoteros y camellones.

Según la Figura I.3.25, el 67,9 % de los suelos dedicados a cultivos hortícolas presentan CEes comprendidas entre 2 y 8 dS/m (suelos *ligeramente y medianamente salinos*) y un porcentaje también importante (28,5 %) tienen CEes superiores a 8 dS/m (suelos *fuertemente y extremadamente salinos*). El mayor porcentaje de suelos dedicados a frutales también presentan CEes entre 2 y 8 dS/m (64,1 %), sin embargo el 21,8 % de los mismos tienen CEes inferiores a 2 dS/m. Las CEes de los suelos dedicados a ornamentales pertenecen en un 57,1 % a las clases de salinidad comprendidas entre 2 y 8 dS/m y en un 42,9 % son inferiores a 2 dS/m. Parece pues que los mayores valores de CEes aparecen en los suelos dedicados a cultivos hortícolas (Tabla I.3.35), con una media de 8,9 dS/m (suelos *fuertemente salinos*).

Aplicamos el test no paramétrico de la U de Mann-Whitney, y encontramos diferencias significativas entre las medianas de la CEes de los suelos dedicados a hortícolas y aquellos dedicados a frutales y ornamentales ( $U = 2,96$   $p = 0,003$  y  $U = 2,97$   $p = 0,003$  respectivamente), por

lo que podemos concluir que los suelos dedicados a hortalizas son los que se encuentran más salinizados.



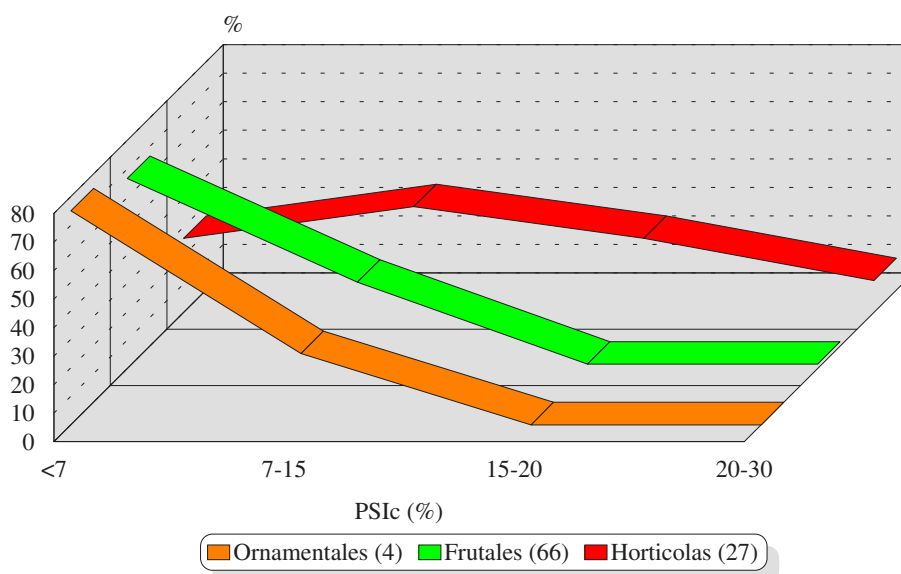
**Tabla I.3.35**  
**Análisis estadístico de la CEes (dS/m)**  
**Frutales, Hortalizas y Ornamentales**

Grupo	N°	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
Frutales	78	4,7	4,2	3,2	1,0	16,1
Hortalizas	28	8,9	6,4	7,9	1,3	32,4
Ornamentales	7	2,6	2,6	1,3	1,2	4,4

N° Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

En la Figura I.3.26 podemos ver como los suelos dedicados a hortalizas pertenecen en un 37,0 % a la clase de PSIC superior al 15 % (suelos *medianamente y fuertemente sódicos*) y en otro 37,0 % a la clase de 7 al 15 % de PSIC (suelos *ligeramente sódicos*). El 66,7 % de los suelos de frutales y el 75,0 % de ornamentales tienen PSIC inferiores al 7 %, y el resto pertenecen a la clase 7-15 % de PSIC (suelos *ligeramente sódicos*).

**Figura I.3.26**  
**Distribución de frecuencias de clases de sodicidad**  
**Frutales, Hortícolas y Ornamentales**



(n) = N° de muestras

Se observa también, que los cultivos del grupo hortícolas se desarrollan en los suelos que presentan los valores más altos de PSIc (Figura I.3.26 y Tabla I.3.36), con un valor medio de 11,8 (suelos *ligeramente sódicos*). Igualmente aparecen diferencias significativas entre las medianas del PSIc de los suelos de hortícolas y los de frutales ( $U = 2,96$   $p < 0,001$ ), así como de aquellos con los suelos de cultivos ornamentales ( $U = 2,39$   $p = 0,017$ ).

**Tabla I.3.36**  
**Análisis estadístico del PSIc (%)**  
**Frutales, Hortícolas y Ornamentales**

Grupo	N°	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
Frutales	66	5,9	4,9	4,5	0,0	23,8
Hortícolas	27	11,8	10,6	6,7	1,3	27,4
Ornamentales	4	3,8	3,2	2,6	1,8	7,2

N° Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

Hemos realizado el análisis estadístico de la CEes y del PSIc de todos los cultivos muestreados (Tablas I.3.37 y I.3.38). En el grupo de los hortícolas se encontraron CEes superiores a 16 dS/m en los suelos de cultivos de berenjenas, pimientos, millo y habichuelas (suelos *extremadamente salinos*), y CEes comprendidas entre 8 y 16 dS/m en suelos de cultivos de tomates y cebollas (suelos *fuertemente salinos*) (Tabla I.3.37).

**Tabla I.3.37**  
**Análisis estadístico de la CEes (dS/m)**  
**Todos los cultivos**

Cultivo	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
<b>FRUTALES</b>						
Aguacate	6	2,8	1,9	2,1	1,0	5,6
Cítricos	11	4,9	4,9	3,2	1,0	9,6
Fresas	1	8,2	-	-	-	-
Mango	5	3,7	4,3	1,4	1,9	5,2
Papaya	2	6,0	6,0	1,8	4,7	7,2
Piña tropical	4	7,0	6,6	3,0	3,8	11,1
<i>Platanera</i>	<i>47</i>	<i>4,8</i>	<i>3,7</i>	<i>3,4</i>	<i>1,2</i>	<i>16,1</i>
Viña	3	4,0	5,3	2,4	1,2	5,4
<b>HORTÍCOLAS</b>						
Ajos	1	3,8	-	-	-	-
Alfalfa	1	6,2	-	-	-	-
Azafrán	1	3,8	-	-	-	-
Berenjenas	2	18,7	18,7	19,4	4,9	32,4
Cebollas	1	8,4	-	-	-	-
Espinacas	1	6,4	-	-	-	-
Habichuelas	1	16,7	-	-	-	-
Lechugas	1	6,4	-	-	-	-
Millo	2	14,2	14,2	11,0	6,4	22,0
Papas	2	2,7	2,7	0,5	2,3	3,0
Pimientos	2	25,1	25,1	3,9	22,3	27,8
<i>Tomates</i>	<i>11</i>	<i>6,0</i>	<i>6,1</i>	<i>2,7</i>	<i>1,3</i>	<i>10,1</i>
Zanahorias	1	7,9	-	-	-	-
<b>ORNAMENTALES</b>						
Claveles	1	1,2	-	-	-	-
Gladiolos	1	1,8	-	-	-	-
Palmita	1	1,3	-	-	-	-
Rosas	2	4,3	4,3	0,1	4,2	4,3
Strelitzias	2	2,8	2,8	0,2	2,6	2,9

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.38**  
**Análisis estadístico del PSic**  
**Todos los cultivos**

Cultivo	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
<b>FRUTALES</b>						
Aguacate	3	3,0	3,3	2,8	0,0	5,7
Cítricos	9	6,9	6,3	4,4	0,9	15,4
Fresas	1	5,0	-	-	-	-
Mango	5	5,8	6,0	2,5	3,2	9,4
Papaya	2	4,0	4,0	0,8	3,5	4,6
Piña tropical	4	9,9	8,8	3,5	7,2	14,9
<i>Platanera</i>	41	5,4	4,3	4,8	0,0	23,8
Viña	2	10,3	10,3	3,6	7,7	12,8
<b>HORTÍCOLAS</b>						
Ajos	1	16,2	-	-	-	-
Alfalfa	1	27,4	-	-	-	-
Azafrán	1	12,5	-	-	-	-
Berenjenas	2	6,7	6,7	0,2	6,5	6,8
Cebollas	1	20,9	-	-	-	-
Espinacas	1	7,4	-	-	-	-
Habichuelas	1	7,8	-	-	-	-
Lechugas	1	9,9	-	-	-	-
Millo	2	14,6	14,6	5,7	10,6	18,6
Papas	2	9,4	9,4	9,3	2,9	16,0
Pimientos	2	11,4	11,4	0,7	10,9	11,9
<i>Tomates</i>	10	11,5	12,1	8,0	1,3	21,4
Zanahorias	1	8,9	-	-	-	-
<b>ORNAMENTALES</b>						
Rosas	2	3,2	3,2	1,9	1,8	4,5
Strelitzias	2	4,5	4,5	3,8	1,8	7,2

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

En los suelos de frutales se encontró el valor más alto de CEes en un cultivo de platanera, con un valor de 16,1 dS/m (suelo *extremadamente salino*), y valores comprendidos entre 8 y 16 dS/m (suelos *fuertemente salinos*) en cultivos de piña tropical, cítricos y fresas. En los suelos de ornamentales, el cultivo de rosas es el que presenta los valores más altos de CEes (suelos *medianamente salinos*) (Tabla I.3.37).

Como podemos ver en la Tabla I.3.38 se encontraron valores de PSic superiores al 15 % (suelos *medianamente y fuertemente sódicos*) en suelos de cultivos de alfalfa, tomates, cebollas, millo, ajos y papas. Los valores más altos de PSic de los suelos de frutales se encontraron en los cultivos de platanera y cítricos (suelos *medianamente y fuertemente sódicos*). Los suelos de cultivo de strelitzias (grupo ornamentales) son los que presentan los PSic más altos (suelos *ligeramente sódicos*).

La mayoría de los cultivos toleran las sales hasta un valor umbral a partir del cual la producción desciende más o menos linealmente (Maas y Hoffman, 1977; Maas, 1986).

Atendiendo a la tolerancia relativa de los cultivos a las sales (Tabla I.3.39), podemos decir que el 87,5 % de los cultivos hortícolas muestreados y el 84,8 % de los frutales se están cultivando en suelos con unos valores de CEes superiores a las recomendadas (a partir de la cual empieza una disminución del rendimiento).

**Tabla I.3.39**  
**Tolerancia relativa de los cultivos a la salinidad**

Tolerante	Moderadamente Tolerante	Moderadamente Sensible	Sensible
Salinidad aproximada a la cual empieza la disminución del Rendimiento			
CEes 6 a 10 dS/m	CEes 3 a 6 dS/m	CEes 3 a 1,3 dS/m	CEes 1,3 dS/m
Espárrago	Alcachofa	Apio	Aguacatero
Palmera datilera	Granado	Batata	Albaricoquero
	Higuera	Berenjena	Almendro
	Melón	Brocoli	Cebolla
	Papaya	Calabaza	Cerezo
	Piña Tropical	Col	Ciruelo
	Remolacha	Coles de Bruselas	Frambueso
		Coliflor	Fresal
		Espinaca	Haba
		Lechuga	Lima
		Millo	Limonero
		Nabo	Mandarino
		Papa	Mango
		Pepino	Manzano
		Pimiento	Melocotonero

Fuente: Maas (1984) y FAO (1985b)

**Tabla I.3.39 (continuación)**  
**Tolerancia relativa de los cultivos a la salinidad**

Tolerante	Moderadamente Tolerante	Moderadamente Sensible	Sensible
<b>Salinidad aproximada a la cual empieza la disminución del Rendimiento</b>			
<b>CEes 6 a 10 dS/m</b>	<b>CEes 3 a 6 dS/m</b>	<b>CEes 3 a 1,3 dS/m</b>	<b>CEes 1,3 dS/m</b>
		Rábano	Naranja
		Sandía	Parchita
		Tomate	Peral
		Viña	Platanera
			Pomelo
			Zanahoria
			Zarzamora

Fuente: Maas (1984) y FAO (1985b)

Las tolerancias relativas a la salinidad pueden servir tan solo de guía, ya que las tolerancias absolutas dependen del clima, del suelo y de las prácticas culturales.

Si se realiza la distribución de frecuencias de la pérdida de producción de los cultivos a partir de la CEes y teniendo como referencia la Tabla I.3.40, se observa que el 48,8 % de los cultivos podrían tener pérdidas superiores al 50 % y tan solo el 25,6 % estarían produciendo al 100% (Figura I.3.27).

**Tabla I.3.40**  
**Disminución potencial de la producción**

Cultivo	Valores de CEes para la disminución Potencial de la Producción				
	0%	10%	25%	50%	100%
Aguacate	1,3	1,8	2,5	3,7	6,0
Cebolla	1,2	1,8	2,8	4,3	7,4
Cítricos (Limonero, Naranja)	1,7	2,3	3,3	4,8	8,0
Espinaca	2,0	3,3	5,3	8,6	15,0
Fresal	1,0	1,3	1,8	2,5	4,0
Habichuela	1,0	1,5	2,3	3,6	6,3
Lechuga	1,3	2,1	3,2	5,2	9,0
Millo	1,7	2,5	3,8	5,9	10,0

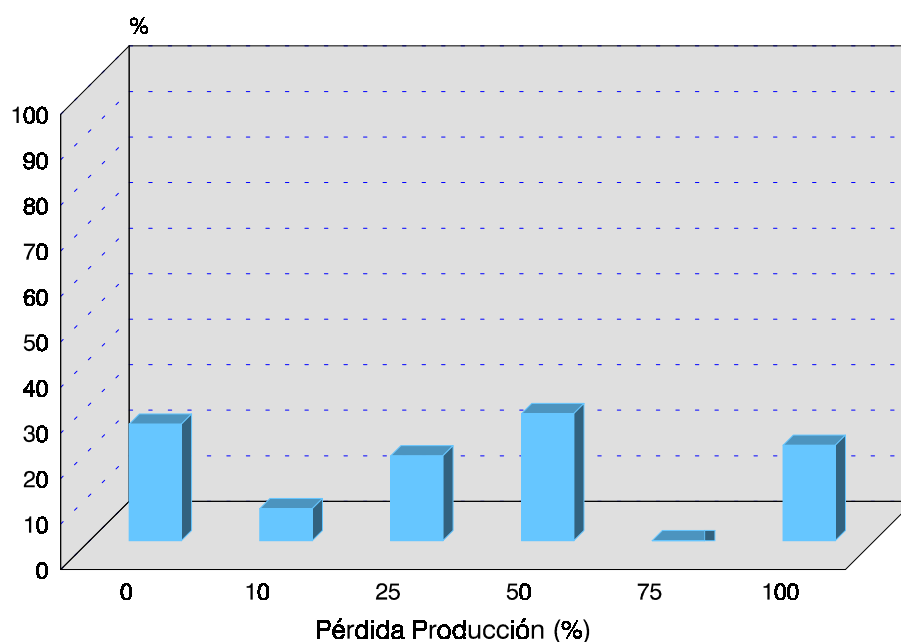
Fuente: Maas y Hoffman (1977), Maas (1984) y FAO (1985b)

**Tabla I.3.40 (continuación)**  
**Disminución potencial de la producción**

Cultivo	Valores de CEes para la disminución Potencial de la Producción				
	0%	10%	25%	50%	100%
Papa	1,7	2,5	3,8	5,9	10,0
Pimiento	1,5	2,2	3,3	5,1	8,6
Platanera	Recomendado suelos con CEes < 1 dS/m				
Tomate	2,5	3,5	5,0	7,6	12,5
Viña	1,5	2,5	4,1	6,7	12,0
Zanahoria	1,0	1,7	2,8	4,3	7,4

Fuente: Maas y Hoffman (1977), Maas (1984) y FAO (1985b)

**Figura I.3.27**  
**Histograma de la disminución de la producción**  
**Frutales y Hortícolas**



Los cultivos básicos de exportación en Canarias son el plátano y el tomate, por ello hemos realizado el análisis estadístico y la distribución de frecuencias de la CEes para estos cultivos (Tabla I.3.41 y Figura I.3.28).

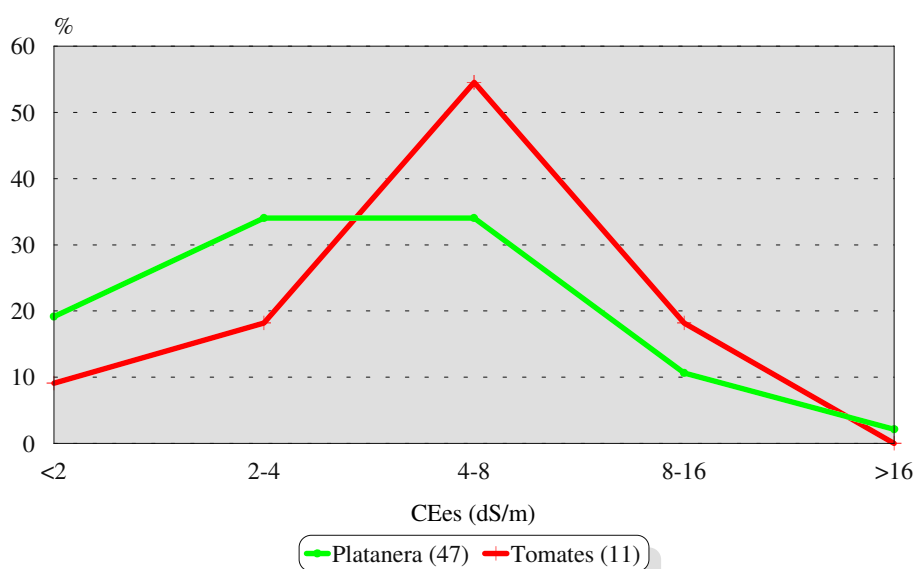


**Tabla I.3.41**  
**Análisis estadístico de la CEes (dS/m)**  
**Platanera y Tomates**

Cultivo	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
<i>Platanera</i>	47	4,8	3,7	3,4	1,2	16,1
<i>Tomates</i>	11	6,0	6,1	2,7	1,3	10,1

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Figura I.3.28**  
**Distribución de frecuencias de clases de salinidad**  
**Platanera y Tomates**



Según la Figura I.3.28 el 54,5 % de los suelos dedicados al cultivo de tomates pertenecen a la clase de salinidad de 4-8 dS/m (suelos *medianamente salinos*) y el 18,2 % a CEes comprendidas entre 8 y 16 dS/m (suelos *fuertemente salinos*). El 68,0 % de los suelos de platanera se incluyen en las clases de 2 a 8 dS/m (suelos *ligeramente y medianamente salinos*), presentando el 19,2 % de los mismos CEes inferiores a 2 dS/m.

Los suelos dedicados al cultivo del tomate presentan un valor medio de CEes de 6,0 dS/m (suelos *medianamente salinos*) superior a los de platanera (4,8 dS/m) que se corresponde también con la clase de suelos *medianamente salinos*; sin embargo no se han encontrado diferencias significativas entre las medianas de la CEes de los suelos de platanera y los de tomates.

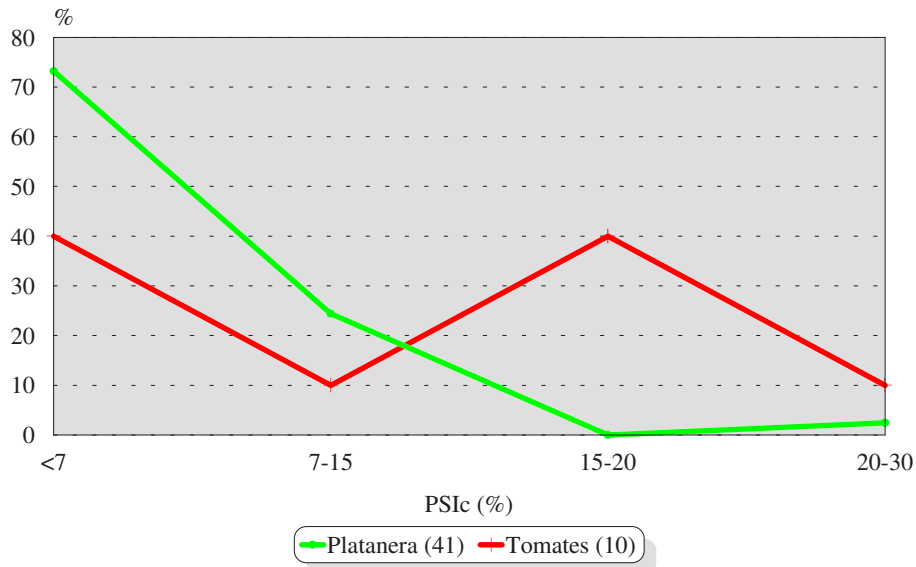
Con respecto al PSic, se realizó el análisis estadístico (Tabla I.3.42), la distribución de frecuencias de las clases de sodicidad (Figura I.3.29) y el test de la U de Mann-Whitney para estos dos cultivos. Según la Figura I.3.29 el 50,0 % de los suelos dedicados a tomates presentan PSic superiores al 15 % (suelos *medianamente* y *fuertemente* *sódicos*) y un 40,0 % de los mismos son suelos no *sódicos*. El 73,2 % de los suelos de platanera tienen PSic inferiores al 7 % (suelos *no sódicos*) y un porcentaje del 24,4 % presentan PSic entre el 7 y el 15 % (suelos *ligeramente sódicos*).

**Tabla I.3.42**  
**Análisis estadístico del PSic**  
**Platanera y Tomates**

Cultivo	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
<i>Platanera</i>	41	5,4	4,3	4,8	0,0	23,8
<i>Tomates</i>	10	11,5	12,1	8,0	1,3	21,4

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Figura I.3.29**  
**Distribución de frecuencias de clases de sodicidad**  
**Platanera y Tomates**



En la Tabla I.3.42 se puede observar como los tomates se cultivan en suelos con valores de PSic más altos (suelos *ligeramente sódicos*) que los de platanera (suelos *no sódicos*), no obstante no se han encontrado diferencias significativas entre ellos.

La platanera es un cultivo muy sensible a la salinidad, concentraciones de 500 ppm de sales solubles en extractos saturados (0,78 dS/m) se consideran como tóxicos por algunos autores (Wardlaw, 1961). Maas y Hoffman (1977), Maas (1984) y FAO (1985b) recomiendan el desarrollo de este cultivo en suelos con CEes inferiores a 1 dS/m, y Delvaux (1996) cita que las CEes deben ser inferiores a 2 dS/m y no superiores a 6 dS/m. Tomando como referencia estos últimos valores se ha encontrado que el 80,8 % de los suelos de platanera presentan CEes superiores a 2 dS/m y un 25,5 % de los mismos tienen CEes por encima de 6 dS/m, sin que se observen perturbaciones derivadas de la alta salinidad en la solución edáfica.

Maas y Hoffman (1977), Maas (1984) y FAO (1985b) recomiendan para el cultivo de tomates CEes inferiores a 2,5 dS/m, salinidades superiores a este valor producen una disminución potencial de la producción cifrándose en el 100 % para CEes del orden de 12,5 dS/m. El 90,9 % de los suelos de este cultivo presentan CEes superiores a 2,5 dS/m y el máximo encontrado es de 10,1 dS/m, igualmente sin que se aprecien síntomas de estrés salino en los cultivos.

La platanera también es bastante sensible al sodio y puede sufrir toxicidad por este elemento con valores del 2 al 10 % de PSIC (Pearson, 1960). Según Delvaux (1996) el PSI del suelo destinado a la explotación de este cultivo debe ser menor del 4 % y no superior al 12 %. El 56,1 % de los suelos de platanera muestreados presentan PSIC superiores al 4 % y un 7,3 % valores superiores al 12 %.

Algunos autores citan al tomate como un cultivo tolerante que puede soportar valores entre el 40 y el 60 % de PSI (Bower, 1959; Pearson, 1960; Bernstein, 1974), sin embargo estudios más recientes realizados por Badía y Meiri (1997) demuestran que valores de PSI superiores al 7,4 % producen una disminución de la tasa de elongación de la planta del tomate y si éstos superan el 8,6% la disminución de la tasa de engrosamiento también comienza a verse afectada. El 50,0 % de los suelos de tomate muestreados presentan PSIC superiores al 7,4 % y el 40,0 % de los mismos valores superiores al 8,6 %.

Hemos visto, pues que el 80,8 % de los suelos de platanera y el 90,9 % de los de tomates presentan CEes superiores a las recomendadas para el normal desarrollo de estos cultivos, y que en torno al 50 % de los suelos tanto de platanera como de tomates se encuentran con valores de PSIC superiores a los aconsejados. Estos resultados parecen indicar que ambos cultivos deben estar sufriendo disminuciones, a veces importantes en las producciones. Carecemos de datos de producción en las fincas muestreadas, pero, según Hernández (1994a) la producción de plátanos no ha dejado de aumentar desde 1940 (127.392 Tm) hasta 1992 (367.762 Tm) (incremento del 188,7%) debido a un aumento de la superficie cultivada (un 85,1 %) y a una transformación de las estructuras plataneras (empleo de cultivares más productivos de Gran Enana, uso de riego localizado e

instalación de invernaderos de plástico). La producción de tomates tampoco ha cesado de crecer desde 1988 (182.591 Tm) hasta 1992 (281.959 Tm) (aumento del 54,4 %) debido al incremento en superficie que ha sufrido como consecuencia de la disminución en otras hortalizas o al abandono total de éstas (pepino, habichuelas, berenjenas, etc.), así como a las mejoras técnicas introducidas: variedades resistentes a virosis y al estallado como son las del tipo Daniela, uso de riego localizado y empleo de invernaderos de malla (Hernández, 1994b).

Debido a los altos porcentajes de suelos de platanera y tomates con valores de salinidad y sodicidad superiores a los adecuados, cabría esperar descensos importantes en las producciones, aunque se hayan establecido mejoras técnicas, sobre todo en el cultivo de platanera que es el más sensible a la salinidad y sodicidad. Nosotros pensamos, como han señalado otros autores (Hernández et al., 1992) que en estos suelos, muchos de ellos artificiales construidos a base de suelos ándicos, los cultivos presentan una tolerancia anormalmente elevada a las sales. Y como veremos en la Parte II de este trabajo, estos suelos volcánicos con altos contenidos en hierro y aluminio activos son capaces de retener iones eliminándolos así de la solución edáfica, con el consiguiente descenso en la salinidad y sodicidad de la misma.

Ésto podría explicar pues como las altas CEes y PSic de los suelos no parecen afectar a la producción de los cultivos más importantes de las islas.

En las Tablas I.3.43 y I.3.44 se presentan los análisis estadísticos de los extractos de saturación para los cultivos de platanera y tomates. Si analizamos detalladamente la composición de la solución edáfica en los suelos de ambos cultivos, observamos lo siguiente:

En los suelos de la platanera, la solución edáfica presenta un valor medio de pH de 7,5, y algunas veces supera el valor de 8,0. Este cultivo crece en un amplio rango de pHs que oscilan entre 4,7 y 8,0 (Turner et al., 1989). Los iones que predominan en la solución edáfica son los sulfatos y el sodio, y en menor medida nitratos, calcio y magnesio. La platanera es un cultivo sensible a los sulfatos, concentraciones superiores a 5 ppm (0,10 meq/L) en solución pueden producir deficiencias en calcio, toxicidad sódica y disminución del crecimiento y de las producciones (Fox et al., 1979) y como podemos ver en la Tabla I.3.43 la concentración de sulfatos supera en todos los casos este valor.

Como ya hemos visto este cultivo es muy sensible a la salinidad y muchas veces es difícil distinguir entre los efectos de la salinidad y los del sodio. La platanera es más sensible al sodio que a los cloruros (Lahav, 1996). En Canarias en cultivos de platanera se ha observado un antagonismo entre la absorción de sodio y la de potasio (García et al., 1976; García, 1977) y también en un estudio con unas condiciones donde se ha controlado la nutrición de potasio (Lahav, 1974), por lo

que concentraciones de sodio en la solución del suelo superiores a las de potasio, aunque se trate de suelos ricos en este elemento, producen una disminución en la absorción de potasio. Como podemos ver en la Tabla I.3.43 el sodio es el segundo ión en importancia en la solución edáfica de los suelos dedicados a este cultivo y generalmente presenta una concentración bastante superior a la de potasio.

**Tabla I.3.43**

**Análisis estadístico de la solución edáfica en suelos de Platanera**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
pH	47	7,5	7,7	0,7	5,3	8,5
CEs (dS/m)	47	4,8	3,7	3,4	1,2	16,1
Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	41	17,9	15,4	12,5	3,1	68,7
Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	41	15,5	10,4	13,4	2,9	71,8
K <sup>+</sup> (meq/L)	41	7,0	4,1	11,6	0,3	73,9
Na <sup>+</sup> (meq/L)	41	18,3	12,2	15,7	2,7	71,2
Cl <sup>-</sup> (meq/L)	41	9,8	5,0	11,0	1,3	51,5
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	41	28,1	20,3	20,1	3,0	78,5
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	41	7,4	6,0	4,5	1,5	22,2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	41	16,3	8,3	21,9	0,0	90,7
SAR (meq/L) <sup>0.5</sup>	41	4,9	3,9	4,0	0,9	22,0
PSIc (%)	41	5,4	4,3	4,8	0,0	23,8

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

El nitrógeno está considerado como uno de los elementos más importantes (después del potasio) en el crecimiento de la platanera (Twyford, 1967; Lahav y Turner, 1985). Como podemos ver en la Tabla I.3.43, la concentración media de nitratos en la solución de los suelos de platanera muestreados, es de 16,3 meq/L (228 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L), valores excesivos teniendo en cuenta que una concentración de 10 a 50 mg/L de nitrógeno son suficientes para satisfacer la demanda nutritiva de la planta (Ramos, 1990). Altos niveles de nitrógeno afectan al periodo de maduración y a la calidad del fruto (Arunachalam et al., 1976; Fox, 1989, Hazarika y Mohan, 1990). Además, los nitratos son, de los fertilizantes utilizados en la agricultura, los que presentan los mayores problemas medioambientales, ya que son lixiviados con facilidad a capas profundas y pueden llegar a alcanzar el acuífero. El uso intensivo e indiscriminado de fertilizantes es uno de los principales factores responsables de la degradación cualitativa que sufren los suelos y los acuíferos en Canarias (Aguilera et al., 1994).

La platanera es un cultivo sensible a los cloruros, concentraciones superiores a 5-10 meq/L pueden causar toxicidad (Bresler et al., 1982), el valor medio observado es de 9,8 meq/L (Tabla I.3.43).

Los suelos dedicados al cultivo del tomate presentan también en la solución del suelo un predominio de sulfatos y sodio, y en menor grado de cloruros, calcio y magnesio. Esta planta es más tolerante, o lo que es lo mismo, menos sensible a los efectos de altas concentraciones iónicas en la solución del suelo.

Cuando en la solución del suelo hay un predominio del sodio sobre el calcio, como en este caso (Tabla I.3.44), sobre todo en presencia de contenidos importantes de sulfatos que forman complejos y pares iónicos con el calcio, se pueden producir deficiencias de calcio y potasio en las hojas, ya que existe un efecto antagónico entre estos cationes y el sodio (Mengel, 1971; Jones et al., 1991; Meiri, 1994). La deficiencia de calcio afecta fundamentalmente al sistema radicular con lo cual se altera la absorción de nutrientes (aumenta la concentración de cloruros y sodio y disminuye la de potasio en los tallos de la planta de tomates), reduciéndose la tasa de crecimiento de este cultivo (tasas de elongación y de engrosamiento) (Badía y Meiri, 1997)

**Tabla I.3.44**  
**Análisis estadístico de la solución edáfica en suelos de Tomates**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
pH	11	7,7	7,7	0,2	7,3	8,0
CEes (dS/m)	11	6,0	6,1	2,7	1,3	10,1
Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	10	20,6	14,4	14,3	2,6	46,3
Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	10	15,1	12,7	9,1	2,9	29,6
K <sup>+</sup> (meq/L)	10	2,8	1,9	2,7	0,4	9,1
Na <sup>+</sup> (meq/L)	10	30,8	26,9	18,7	6,1	63,0
Cl <sup>-</sup> (meq/L)	10	24,0	21,8	18,6	1,7	48,0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	10	34,2	36,0	11,1	20,2	49,0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	10	4,0	4,3	1,1	1,5	5,3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	10	11,3	9,9	7,8	0,8	28,3
SAR (meq/L) <sup>0.5</sup>	10	9,0	5,4	6,8	1,7	19,3
PSIc (%)	10	11,5	12,1	8,0	1,3	21,4

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

Algunas variedades de tomates son capaces de tolerar altas concentraciones de potasio pero no de sodio (Dehal y Tal, 1978; Rush y Epstein, 1984), incluso se considera que en condiciones de salinidad dosis elevadas de potasio (5-10 meq/L) mejoran el crecimiento (Elizalde y Larsen, 1983). La concentración de potasio tiene un valor medio de 2,8 meq/L (Tabla I.3.44).

Los cloruros son relativamente poco tóxicos para este cultivo (Maas, 1986). En general, las plantas de tomates se muestran poco selectivas a la entrada de cloruros (Slama, 1978; Kafkafi, 1987; Kapulnik y Heuer, 1991). En experiencias previas se han observado incrementos de la concentración de cloruros en el tallo de la planta del tomate, correlacionados positivamente con el incremento de cloruros en el suelo (Badía y Meiri, 1994). Sin embargo en un trabajo posterior (Badía y Meiri, 1997) se ha encontrado que la concentración de cloruros en el tallo aumenta con el incremento de la sodicidad del suelo y es independiente de la cantidad de cloruros en la solución edáfica. Este aumento podría deberse a la necesidad de compensar el incremento de cargas positivas del sodio absorbido por la planta. De todas formas, en las condiciones experimentales de sodicidad del trabajo de Badía y Meiri (1997), la cantidad de cloruros en la planta fue siempre bastante menor que la de sodio, por lo que los efectos comentados parecen ser producidos fundamentalmente por el sodio.

Los cloruros también provocan fenómenos de competencia a nivel de la absorción de nitratos (Kafkafi, 1987; Silberbush y Ben-Asher, 1987). La concentración media de cloruros en los suelos de tomates muestreados es de 24,0 meq/L (Tabla I.3.44), no superior a 30 meq/L [(concentración que puede llegar a ser peligrosa para plantas tolerantes como el tomate según Bresler et al.(1982)].

El valor medio de los nitratos es de 158 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L (11,3 meq/L) superior al adecuado para el tomate que es de 51-100 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L según M.A.P.A. (1986).

Vemos pues como la solución edáfica en los cultivos de platanera y tomates, considerada a partir del extracto de saturación, presenta numerosos desequilibrios iónicos y altas concentraciones de sulfatos, sodio y nitratos que, según las referencias existentes, deberían producir perturbaciones en el crecimiento y disminuciones claras en la producción, sobre todo en los cultivos de platanera que son los más sensibles.

Sin embargo, ésto no es así y los cultivos se mantienen sin trastornos nutricionales aparentes, lo cual puede explicarse por la capacidad que tienen los suelos con propiedades ándicas de absorber iones (absorción aparente de sales), sobre todo a bajos contenidos de humedad, de manera que las concentraciones iónicas en la solución edáfica real son mucho más bajas que las determinadas en el punto de saturación (véase parte II, Apto. III.3).

Armas (1998) ha encontrado que para un valor concreto de sodio cambiante (determinado con resinas sintéticas de intercambio catiónico) se observa un menor contenido en sodio soluble (extracto de la pasta saturada) que el obtenido por otros autores, explicando que éste es debido a una retención de sodio en suelos con características ándicas, lo cual se traduce en un efecto osmótico proporcionalmente menor que en suelos no ándicos. Éste autor observa también que elevados niveles de sodio cambiante se manifiestan en valores de SAR inferiores a los que cabría esperar, explicándolo también por la capacidad que tienen estos suelos volcánicos de retener sodio.

Se ha hecho un análisis comparativo entre la composición de la solución edáfica de la platanera y la de tomates, encontrando diferencias significativas para los iones bicarbonatos, sodio, cloruros y potasio (Tabla I.3.45).

**Tabla I.3.45**  
**Comparación de la composición iónica en la solución edáfica de plataneras y tomates**  
**Test de la U de Mann-Whitney**

PLATANERA			
Bicarbonatos	Sodio	Cloruros	Potasio
U = 2,47 p = 0,014	U = 2,19 p = 0,028	U = 2,08 p = 0,038	U = 1,95 p = 0,050
Bicarbonatos	Sodio	Cloruros	Potasio
TOMATES			

U Estadístico del test   p Nivel de significación

Los suelos dedicados a platanera tienen concentraciones de bicarbonatos y potasio significativamente superiores a los de tomates; y los suelos dedicados al cultivo de tomates presentan concentraciones de sodio y de cloruros estadísticamente más altas que los de platanera (Tablas I.3.43 a I.3.45), lo cual puede ser debido al uso de aguas de diferente calidad como ya veremos posteriormente.

### III.1.2.2. Resumen

Los suelos dedicados a hortícolas son los que se encuentran más salinizados (8,9 dS/m de CEes media, suelos *fuertemente salinos*) y los que presentan los valores más altos de PSic, con un valor medio del 11,8 % (suelos *ligeramente sódicos*).

En el grupo de los hortícolas se encontraron CEes superiores a 16 dS/m en los suelos de cultivos de berenjenas, pimientos, millo y habichuelas (suelos *extremadamente salinos*), y CEes comprendidas entre 8 y 16 dS/m en suelos de cultivos de tomates y cebollas (suelos *fuertemente*



*salinos*). En los suelos de frutales el valor más alto de CEes está en un cultivo de platanera, con un valor de 16,1 dS/m (suelo *extremadamente salino*), y valores comprendidos entre 8 y 16 dS/m (suelos *fuertemente salinos*) se han observado en cultivos de piña tropical, cítricos y fresas. En los suelos de ornamentales, el cultivo de rosas es el que presenta los valores más altos de CEes (suelos *medianamente salinos*).

Se encontraron valores de PSic superiores al 15 % (suelos *medianamente y fuertemente sódicos*) en suelos de cultivos de alfalfa, tomates, cebollas, millo, ajos y papas. Los valores más altos de PSic de los suelos de frutales se han observado en los cultivos de platanera y cítricos (suelos *medianamente y fuertemente sódicos*). Los suelos de cultivo de strelitzias (grupo ornamentales) son los que presentan los PSic más altos (suelos *ligeramente sódicos*).

Atendiendo a la tolerancia relativa de los cultivos a las sales, podemos decir que el 87,5 % de los cultivos hortícolas muestreados y el 84,8 % de los frutales se están cultivando en suelos con unos valores de CEes superiores a los recomendados. El 48,8 % de los cultivos (frutales y hortícolas) podrían tener pérdidas potenciales en la producción superiores al 50 %.

Los suelos dedicados al cultivo del tomate tienen un valor medio de CEes de 6,0 dS/m (suelos *medianamente salinos*) superior a los de platanera (4,8 dS/m) que se corresponde también con la clase de suelos *medianamente salinos*; sin embargo no se han encontrado diferencias significativas entre las medianas de la CEes de los suelos de platanera y los de tomates.

Los tomates se cultivan en suelos con valores de PSic más altos (suelos *ligeramente sódicos*) que los de platanera (suelos *no sódicos*) y tampoco se han encontrado diferencias significativas entre ellos.

El 80,8 % de los suelos de platanera y el 90,9 % de los de tomates presentan CEes superiores a las recomendadas para el normal desarrollo de estos cultivos, y en torno al 50 % de los suelos tanto de platanera como de tomates se encuentran con valores de PSic superiores a los aconsejados. Estos resultados parecen indicar que ambos cultivos deben estar sufriendo disminuciones importantes en las producciones. No obstante las producciones de ambos cultivos, como hemos dicho no han disminuido, lo cual puede explicarse por la capacidad que tienen los suelos con propiedades ándicas de retener sales de la solución edáfica, disminuyendo así la salinidad y sodicidad de los mismos.

En el cultivo de la platanera, la solución del suelo presenta un valor medio de pH de 7,5, y los iones que predominan son los sulfatos y el sodio, y en menor medida nitratos, calcio y magnesio. Se encontraron valores muy altos de *sulfatos*. El *sodio* es el segundo ión en importancia y

generalmente presenta una concentración bastante superior a la de potasio, por lo que el antagonismo de estos elementos puede producir una disminución en la absorción de potasio. Los contenidos altos de *nitratos* observados pueden ser responsables de una parte de la degradación que sufren estos suelos y de la posible contaminación de los acuíferos en Canarias. Los *cloruros* también se encuentran en concentraciones superiores a las que soporta un cultivo sensible como es la platanera.

Los tomates presentan una salinidad en la solución del suelo dominada, al igual que el cultivo de platanera, por sulfatos y sodio, y en menor grado por cloruros, calcio y magnesio. Las altas concentraciones de *sodio* observadas en este cultivo pueden producir un aumento en la absorción de cloruros y sodio por la planta y una disminución de la de potasio. Las concentraciones de *cloruros* son bastante superiores a las de nitratos, por lo que podría haber una competencia a nivel de absorción por la planta, entre estos iones. Se observan también valores de *nitratos* superiores a los necesarios para el cultivo con los peligros que conllevan de toxicidad y contaminación ambiental (suelos y aguas).

Los suelos dedicados a platanera tienen concentraciones de bicarbonatos y potasio significativamente superiores a los de tomates; y los suelos dedicados al cultivo de tomates presentan concentraciones de sodio y de cloruros estadísticamente más altas que los de platanera. Como veremos en el siguiente capítulo estas diferencias están relacionadas con la composición iónica de las aguas de riego y con la aplicación de fertilizantes.

Se han encontrado problemas de salinidad y sodicidad en los suelos de los cultivos más importantes en Canarias (platanera y tomates), así como numerosos desequilibrios en la concentración iónica en la solución edáfica. Las altas concentraciones de sulfatos observadas en la solución del suelo pueden producir deficiencias en calcio o toxicidades en sodio, los altos niveles de sodio compiten con el potasio en la absorción y los altos valores de nitratos pueden causar contaminación en las aguas subterráneas. Sin embargo esto no parece influir de forma importante en las producciones, lo cual podría explicarse por una retención de sales en suelos con características ándicas, sobre todo a bajos contenidos de humedad (entre capacidad de campo y punto de marchitamiento), por lo que los iones determinados en el extracto saturado estarían sobreestimando los riesgos de salinización y sodificación en estos suelos cultivados.

### **III.1.3. LA SALINIDAD Y SODICIDAD DEL SUELO EN RELACIÓN CON LOS SISTEMAS DE RIEGO**

#### **III.1.3.1. Caracterización general**

El inadecuado manejo del riego en agricultura es uno de los factores más usualmente citado como responsable de la degradación cualitativa del suelo (Rodríguez et al., 1991; Szabolcs, 1996).

Independientemente de un efecto sobre algunos procesos de degradación física, como el encharcamiento o la degradación de la estructura en suelos de baja estabilidad, su influencia en la degradación química del suelo por procesos de salinización secundaria es manifiesta.

La dinámica fisicoquímica del suelo en general y de las sales en particular está estrechamente relacionada con la humedad del suelo y de ahí que el riego influya notablemente en aquella.

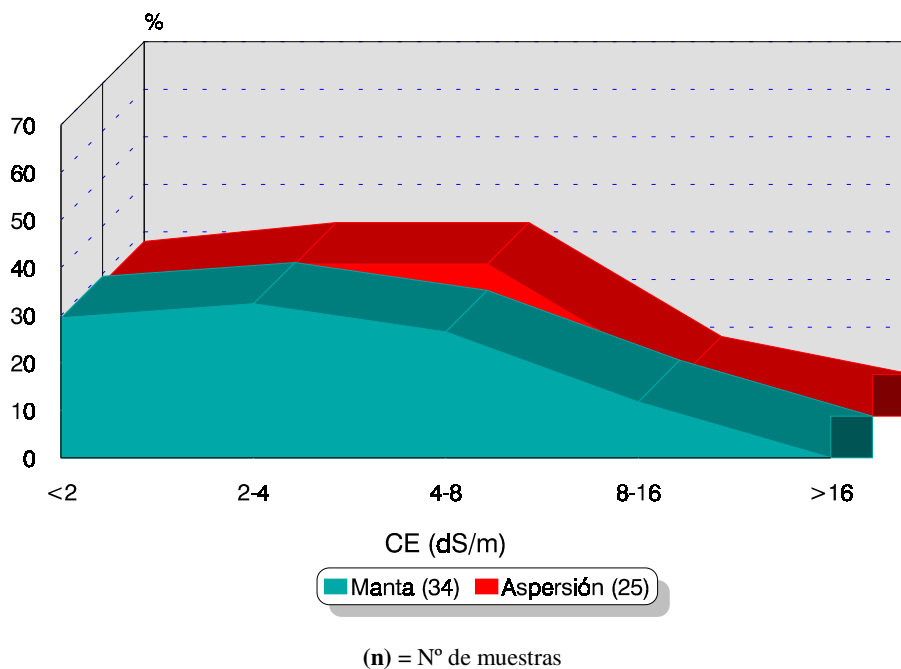
En el manejo del riego agrícola hay que considerar dos aspectos: la calidad del agua, que trataremos más adelante y el sistema de riego utilizado, bien entendido que en cualquier caso, los efectos sobre el suelo van a ser estrechamente dependientes de las características iniciales del mismo y del contexto climático, y las consecuencias derivadas para el cultivo, del tipo de éste y de las prácticas culturales empleadas.

Se ha realizado la distribución de frecuencias y el análisis estadístico univariable, de la CEes y del PSic de los suelos muestreados, agrupados según el sistema de riego utilizado.

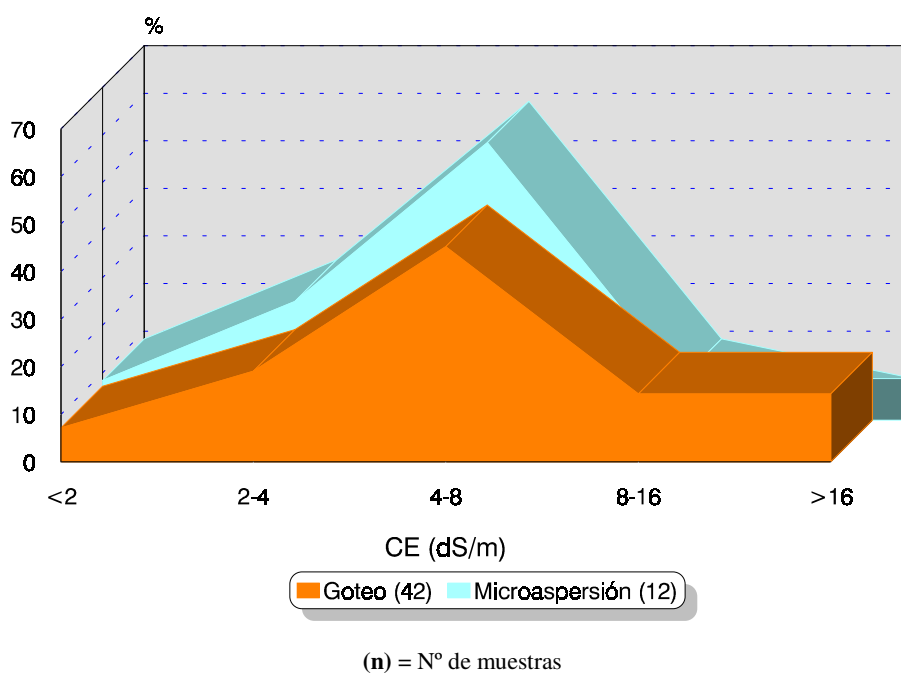
Como se puede observar en las Figuras I.3.30 y I.3.31, parece haber una distribución similar de la CEes entre los sistemas manta-aspersión, así como goteo-microaspersión. En el primer caso el mayor porcentaje de suelos presenta conductividades inferiores a 8 dS/m (88,2 y 92,0 % respectivamente), mientras que cuando se representan los suelos regados por microaspersión y goteo, el mayor porcentaje presenta conductividades situadas entorno a 4-8 dS/m (45,2 y 58,3 % respectivamente), encontrándose un porcentaje también importante de suelos (28,6 %) con conductividades superiores a 8 dS/m (suelos *fuertemente* y *extremadamente salinos*) en el riego por goteo.

Estos hechos quedan más patentes en la Tabla I.3.46, donde se observa claramente que los suelos bajo riego por goteo y microaspersión son los que presentan los valores más altos de CEes.

**Figura I.3.30**  
**Distribución de frecuencias de la conductividad eléctrica**  
**Sistemas de riego: manta y aspersión**



**Figura I.3.31**  
**Distribución de frecuencias de la Conductividad eléctrica**  
**Sistemas de riego: goteo y microaspersión**



Como podemos observar en la Tabla I.3.47 se han encontrado diferencias significativas con una  $p < 0,05$  entre las medianas de la CEes del riego a manta y goteo, y entre las medianas del riego por aspersión y goteo, mientras que las diferencias no son significativas cuando la comparación se hace con el riego por microaspersión, lo cual parece indicar que el riego por goteo es el que está generando los mayores problemas de salinidad en los suelos regados.

**Tabla I.3.46**  
**Análisis de la CEes según los sistemas de riego**

S. Riego	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
Manta	34	4,0	3,0	2,8	1,2	11,7
Aspersión	25	4,1	3,6	2,7	1,0	11,1
Goteo	42	8,0	6,1	6,9	1,2	32,4
Microaspersión	12	5,3	5,1	3,6	1,8	15,5

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

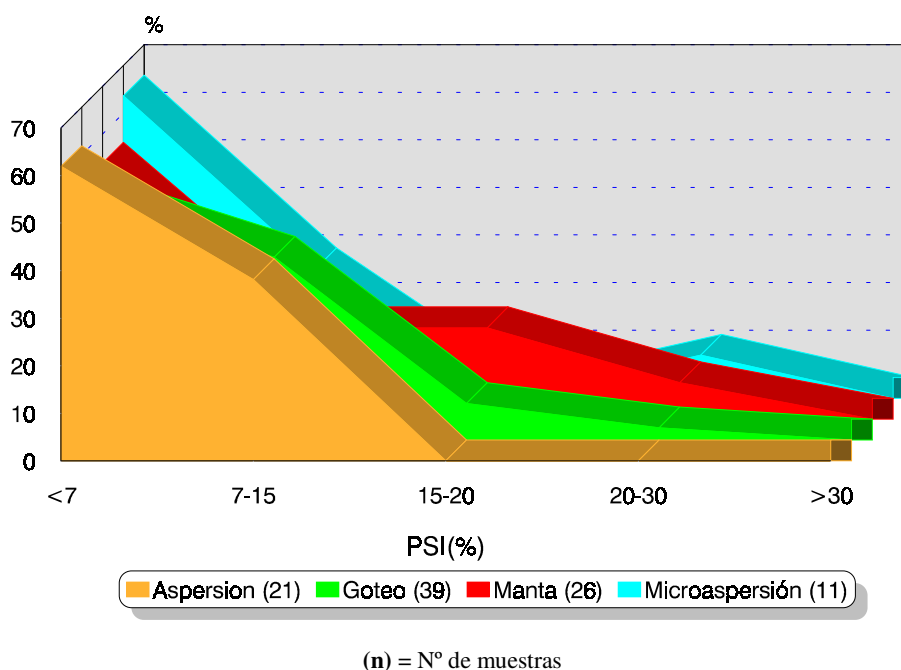
**Tabla I.3.47**  
**Resultados de la comparación de la CEes entre los distintos sistemas de riego mediante el test de la U de Mann-Whitney**

	Manta	Aspersión	Microaspersión
Aspersión	No		
Microaspersión	No	No	
Goteo	U = 3,52 p = 0,0004	U = 2,94 p = 0,003	No

No No existen diferencias significativas entre las medianas de la CEes de los sistemas de riego comparados  
U Estadístico del test p Nivel de significación

En lo que se refiere al PSI, la distribución de frecuencias es muy similar en los cuatro sistemas de riego considerados (Figura I.3.32) y tampoco se observan diferencias significativas entre las medianas de los valores de PSIC, aplicando el test de la U de Mann-Whitney, aunque si parece observarse una cierta tendencia a que sean los suelos regados a manta los que presenten valores más altos de sodificación del complejo de cambio (el 26,9 % presentan PSIC superiores al 15 %, suelos medianamente y fuertemente sódicos) (Figura I.3.32 y Tabla I.3.48).

**Figura I.3.32**  
**Distribución de frecuencias del PSIC,**  
**según los distintos sistemas de riego**



**Tabla I.3.48**  
**Análisis del PSIC según los sistemas de riego**

S. Riego	N°	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
Manta	26	8,6	5,7	7,4	0,3	27,4
Aspersión	21	5,6	5,2	4,0	0,1	14,9
Goteo	39	7,8	6,8	5,2	0,0	21,4
Microaspersión	11	7,1	5,7	6,4	0,0	23,8

N° Número de muestras DS Desviación estándar Mín Míximo Máx Máximo

En algunas fincas con riego por goteo se tomaron muestras en la zona de los goteros y entre ellos (zona intergotero). Aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre estas zonas, si se observa los valores de CEes y PSIC más altos en la zona intergotero (Tablas I.3.49 y I.3.50). Esta disminución neta de la salinidad en la zona del gotero, debido a la dilución que se produce en el bulbo hídrico, hace que la productividad de los cultivos no se vea afectada, pero al mismo tiempo se está produciendo una salinización del suelo en las áreas entre goteros, que al no afectar al cultivo pasa desapercibida para el agricultor, pero si provoca una degradación de la calidad del suelo, que hemos denominado *oculta* y que a medio plazo terminará también afectando a la productividad del cultivo, como veremos en la parte II de esta Tesis (Aptdo. III.5).

**Tabla I.3.49**

**Análisis de la CEes (dS/m), en las zonas de gotero e intergotero**

Zona	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
Gotero	13	4,3	3,3	2,2	1,7	8,0
Intergotero	13	7,4	5,4	7,8	1,6	29,0

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.50**

**Análisis del PSIC (%), en las zonas de gotero e intergotero**

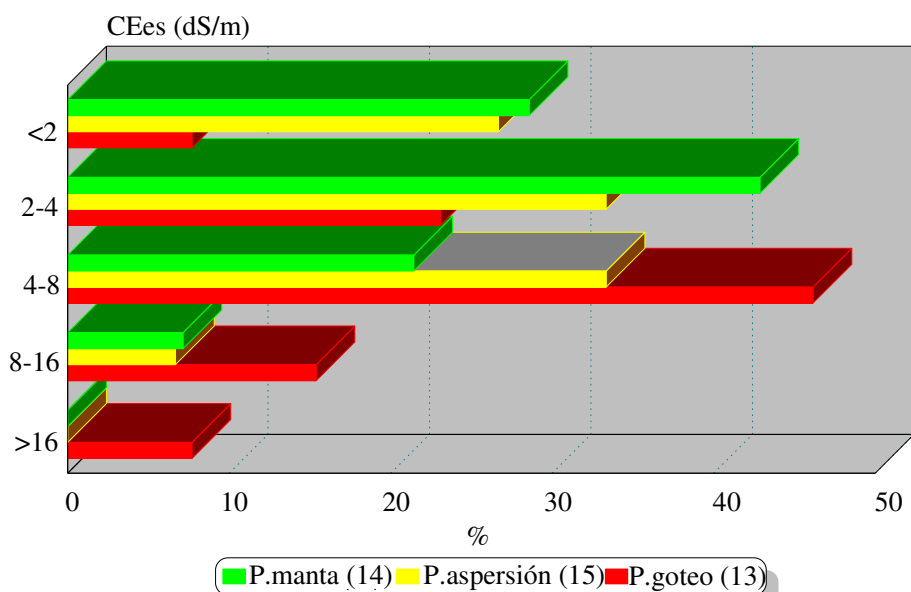
Zona	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
Gotero	13	7,2	6,7	6,6	0,9	19,3
Intergotero	13	9,6	9,0	7,6	1,0	24,1

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

Cuando se realiza la distribución de frecuencias de la CEes y del PSIC de los suelos sometidos a diferentes sistemas de riego en un mismo cultivo, como es por ejemplo la platanera, se confirma que son los sistemas localizados de alta frecuencia (goteo y microaspersión) los que provocan una mayor salinización del suelo (Figura I.3.33, Tabla I.3.51) y en particular el sistema de goteo, según se deduce de la aplicación del test de comparación de medianas (Tabla I.3.52).

**Figura I.3.33**

**Distribución de frecuencias de la conductividad eléctrica, según los diferentes sistemas de riego en suelos de platanera**



(n) = Nº de muestras

**Tabla I.3.51**  
**Análisis de la CEes, según los sistemas de riego**  
**en suelos de cultivo de platanera**

S. Riego	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
Manta	14	3,4	2,8	2,7	1,2	11,7
Aspersión	15	4,0	3,6	2,3	1,6	9,7
Goteo	13	6,5	6,1	3,7	1,5	16,1
Microaspersión	5	6,7	5,2	5,2	2,4	15,5

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.52**  
**Resultados de la comparación de la CEes entre los distintos sistemas de riego**  
**en cultivo de platanera mediante el test de la U de Mann-Whitney**

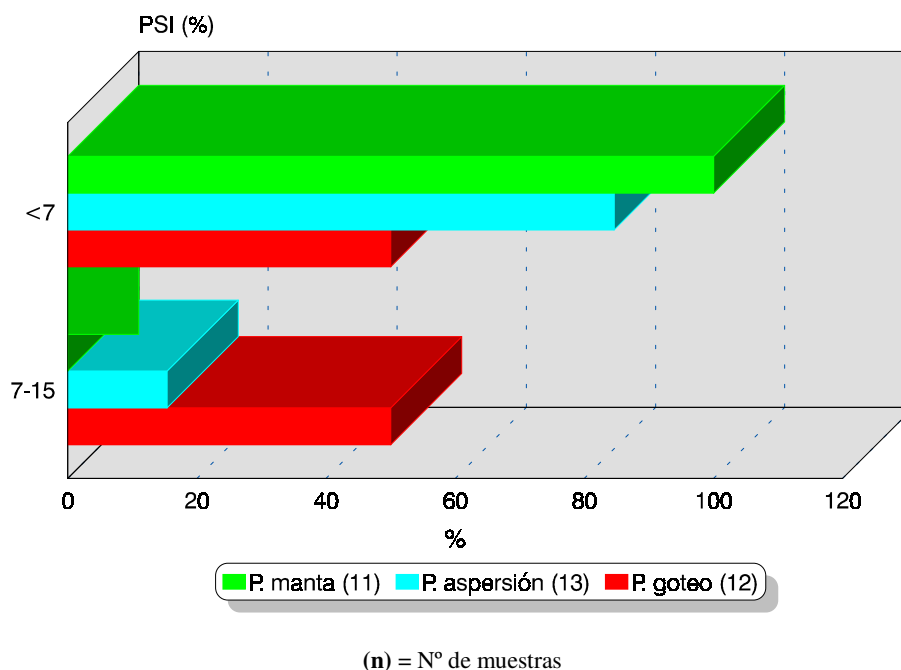
	Manta	Aspersión	Microaspersión
Aspersión	No		
Microaspersión	No	No	
Goteo	U = 2,74 p = 0,006	U = -2,07 p = 0,04	No

No No existen diferencias significativas entre las medianas de la CE<sub>es</sub> de los sistemas de riego comparados  
 U Estadístico del test p Nivel de significación

Los resultados obtenidos para el PSic de los suelos no son significativos y dados los valores tan bajos que se observan en los suelos dedicados a platanera (Figura I.3.33 y Tabla I.3.53) no es posible deducir ninguna conclusión de ellos.



**Figura I.3.33**  
**Distribución de frecuencias del PS<sub>ic</sub>, según los diferentes sistemas de riego en suelos de platanera**



**Tabla I.3.53**  
**Análisis del PS<sub>ic</sub> del suelo, según los sistemas de riego en cultivos de plátano**

S. Riego	N°	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
Manta	11	2,9	2,9	1,4	0,3	5,3
Aspersion	13	3,9	4,1	3,5	0,1	12,7
Goteo	12	7,0	7,8	4,8	0,0	14,7
Microaspersion	5	10,8	8,6	7,7	4,5	23,8

N° Número de muestras DS Desviación estándar Mín Míximo Máx Máximo

### III.1.3.2. Resumen

Como ya hemos comentado en algunas ocasiones, los riegos localizados de alta frecuencia y particularmente el goteo, son los que ocasionan una mayor salinización de los suelos de regadío en Canarias, llegando a alcanzar casi un 50 % en los suelos de platanera con conductividades en el extracto de saturación comprendidas entre 4 y 8 dS/m.

La alta frecuencia de riego con estos sistemas y su localización en las proximidades del sistema radicular del cultivo, hacen que la solución edáfica en esta zona presente una elevada dilución, no viéndose afectada por tanto la absorción de agua y nutrientes por las raíces y

obteniéndose altas productividades en el cultivo. Sin embargo las sales expulsadas de la zona rizosférica, continúan en el suelo acumulándose en las zonas situadas entre los goteros y llevando así a una salinización oculta del suelo, a la que el agricultor no presta atención dadas las altas productividades que obtiene en cultivos de elevada rentabilidad, pero que conlleva una degradación del suelo de consecuencias imprevisibles a medio y largo plazo.

Se observa por el contrario una tendencia a que se produzca una mayor sodificación del complejo de cambio en los suelos regados a manta, donde los altos volúmenes de aguas sódicas utilizados, conllevan una mayor adsorción de este catión al complejo de cambio.

### **III.1.4. DIAGNÓSTICO GENERAL SOBRE LA SALINIDAD-SODICIDAD DE LOS SUELOS DE CULTIVO**

En base a todos los resultados anteriores, en este apartado trataremos de establecer un diagnóstico del estado salino-sódico de los suelos de agricultura intensiva de las islas, que como hemos señalado es uno de los objetivos de este trabajo.

Atendiendo a los valores medios, los suelos estudiados deben considerarse como medianamente salinos y ligeramente sódicos, lo que confirma la existencia de un comienzo de degradación de los suelos de regadío de Canarias, por procesos de salinización y sodificación secundaria.

Las causas son varias y en ellas intervienen factores naturales y otros de uso y manejo. Así el clima, aunque favorable por su termicidad, para un determinado tipo de cultivos, se caracteriza por un régimen hídrico marcadamente arídico, con temperaturas elevadas que aumentan las necesidades hídricas de los cultivos y que hace que inevitablemente haya que añadir cantidades abundantes de agua, que en una zona con recursos hídricos escasos y de baja calidad, no hace más que añadir cantidades crecientes de sales y sodio a los suelos, en los cuales permanecen ante la falta de capacidad de lavado de las escasas precipitaciones.

Se ha observado una cierta tendencia a la disminución de la salinidad y de la concentración de sodio y cloruros a medida que nos alejamos de la costa, por lo que no se debe descartar también una cierta influencia de la maresía en la salinización de estos suelos, aunque de baja significación.

Los cloruros y el sodio son los iones que predominan en los suelos más salinizados, mientras que los sulfatos y el calcio, lo hacen en aquellos con menor intensidad del proceso. Cantidades significativas de nitratos aparecen en la solución edáfica, fundamentalmente en los suelos de cultivo de las islas de Tenerife y Gran Canaria, que son las que tienen una mayor tecnificación agrícola y usan mayores cantidades de agroquímicos.

Los suelos dedicados a cultivos hortícolas son los que presentan un mayor grado de salinización y sodificación, observándose que un 87 % de estos cultivos y un 85 % de los frutales se cultivan en suelos con valores de salinidad-sodicidad superiores a los recomendados, lo cual está en relación con el tipo de agua utilizado (pozos fundamentalmente) y el sistema de riego (goteo).

La misma tendencia observamos si analizamos los dos cultivos mayoritarios (plátanos y tomates). En los suelos cultivados con tomate la salinidad-sodicidad es generalmente mayor que en aquellos con platanera y la solución edáfica presenta concentraciones significativamente mayores

en cloruros y sodio y menores en bicarbonatos, lo cual está claramente en relación con el tipo de agua utilizada en el riego, principalmente de pozos en el caso de tomates y de galerías en el caso de la platanera.

En cualquier caso, un elevado porcentaje de estos cultivos (superior al 80 %) se está cultivando en suelos con valores de salinidad (medida en extracto de saturación) y de sodicidad (PSI) superiores a los recomendados y además con numerosos desequilibrios iónicos en la solución que deberían producir disminuciones notables en la producción al menos en los cultivos de platanera que son más sensibles. Como quiera que ésto no ocurre así, algún factor está actuando y nosotros lo hemos explicado en base a la capacidad que tienen los suelos con propiedades ándicas (mayoritarios en las sorribas en que se encuentran estos cultivos) de presentar una absorción aparente de sales a bajos contenidos de humedad, que hace que las concentraciones iónicas en la solución real del suelo de la cual se nutren los cultivos, sean más bajas que las determinadas en el punto de saturación.

En cuanto a los parámetros característicos de la solución del suelo, se han obtenido buenas correlaciones entre la CEes, la concentración de sales y la fuerza iónica. La precipitación de calcita no es un fenómeno importante en estos suelos agrícolas, debido a la elevada presión parcial de CO<sub>2</sub> en la zona radicular y a la presencia de inhibidores como el carbono orgánico y el magnesio, por lo que el riesgo de sodificación del suelo no parece provenir de un mecanismo de precipitación sino de la formación de pares iónicos y complejos, observándose diferencias significativas entre el SAR tradicional (es) y el calculado teniendo en cuenta la formación de pares iónicos (esv), por lo que se sugiere la utilización de este último para mejor predecir el riesgo de sodificación del suelo.

Se han obtenido además buenas correlaciones entre las variables de los extractos de saturación y variables de los extractos en relación suelo:solución 1:1, por lo que estos últimos pueden utilizarse en análisis de rutina al ser de más fácil y rápida preparación y a partir de ellos estimar los valores convencionales de salinidad, sodicidad e iones solubles. Como ha sido señalado también por otros autores se observa un proceso de desorción electrolítica, fundamentalmente catiónica, al disminuir la relación suelo:solución, siendo en este caso el sodio y el potasio los cationes más desorbidos.

La calidad del agua y el sistema de riego empleado son dos factores de manejo que indudablemente contribuyen de manera fundamental a la salización-sodificación observada en los suelos.

En aquellas islas donde se presentan mayores problemas de salinización secundaria (Gran Canaria, El Hierro y Fuerteventura), las aguas utilizadas para el riego proceden mayormente de

pozos y éstas son, como veremos en detalle en el siguiente capítulo, las que presentan una peor calidad, debido a problemas de intrusión marina, dada la sobreexplotación que se está produciendo en los acuíferos costeros.

Es en estas islas donde predomina también el sistema de riego por goteo frente a otros sistemas de riego tradicionales (Apto. II.4.3) y es conocido, como ya hemos señalado en el apartado anterior, que los riegos localizados de alta frecuencia favorecen la salinización oculta de los suelos regados, por acumulación de sales en el exterior del bulbo hídrico. Sin embargo el proceso de sodificación es más intenso en aquellos suelos regados a manta, donde los altos volúmenes de aguas sódicas utilizadas, conllevan una mayor adsorción del sodio al complejo de cambio.

## III.2. EL AGUA DE RIEGO

### III.2.1. INTRODUCCIÓN

La práctica del riego se ha utilizado por la humanidad desde los umbrales de la historia; propagándose desde China (valle del río Amarillo), Irak (Tigris y Eúfrates), Egipto (Nilo) y la India (Indo), hacia Europa y Africa del Norte.

La agricultura de regadío suministra hoy en día más de un tercio de los productos que alimentan a la humanidad y ocupa unos 237 millones de hectáreas aproximadamente, lo que supone un 17 % del total de tierras cultivadas que se cifran en unos 1.394 millones de hectáreas (WB-UNDP, 1990; FAO, 1991).

Más del 90 % de estas tierras de regadío, siguen estando regadas por gravedad, consumiendo el 70-75 % de toda el agua dulce que se utiliza en el mundo. Sin embargo estos valores promedio no reflejan la realidad, ya que por ejemplo en la India, la agricultura consume más del 95 % del agua utilizada, mientras que en los países industrializados estos valores son muchos más bajos (30% en USA, 33 % en los Países Bajos) (Torres, 1990).

En España las tierras de cultivo ocupan unos 20,2 millones de hectáreas, de las que 3,2 millones se dedican a la agricultura de regadío (15,8 %) (Martínez, 1992). El consumo de agua por esta actividad supone casi el 86 % del consumo total en 1975, disminuyendo hasta un 80 % (24.000 hm<sup>3</sup> / año) en 1990 (Torres, 1990), a medida que se produce una mayor eficiencia en los sistemas de riego.

Obviamente resulta primordial tecnificar el regadío. La planificación y programación de los riegos en función de la demanda hídrica de los cultivos en combinación con métodos eficientes de aplicación del agua, permite no solo reducir consumos de agua y energía, sino también aumentar los rendimientos al disminuir la evapotranspiración.

Como dice Torres (1990) el regadío genera una de las influencias antropogénicas más importantes sobre la biosfera, ya que incide notablemente sobre sus principales elementos: el suelo, el agua y la atmósfera, así como sobre las especies vegetales y animales.

Esta influencia del hombre se ha hecho notar en aquellas tierras regadas desde las primeras civilizaciones agrícolas (Mesopotamia, China, Egipto, etc.), actualmente estériles y convertidas en desiertos salinos, al no haberse previsto sistemas adecuados de drenaje.

De cualquier modo, en muchas instancias se cuestiona aún hoy en día la sostenibilidad de la agricultura de regadío, como actividad productiva, ante la dificultad de controlar el delicado balance de sales en el suelo, de tal manera que la degradación del suelo, por salinización secundaria parece inevitable a largo plazo.

Hoy en día, en zonas con escasez de agua como Canarias, debe tenerse en cuenta la relación producto obtenido/agua consumida, haciéndose cada vez más necesario el considerar con más atención el empleo de métodos eficientes de aplicación del agua que minimicen las pérdidas por evaporación, escorrentía superficial, percolación, etc.

La elección de un método de riego para un área concreta debe de tener en cuenta parámetros locales como: características del terreno (pendiente, profundidad del suelo, conductividad hidráulica, salinidad, textura, estructura, etc.), características de la zona (temperatura, pluviometría, distribución de las lluvias, insolación, vientos, etc.), características del agua de riego (cantidad, calidad, precio, frecuencia de riego, procedencia, etc.), características fitotécnicas de los cultivos, aspectos económicos del sistema (costes de inversión, gastos de explotación y mantenimiento, etc.), práctica o experiencia de los regantes, exigencias en mano de obra y posibilidades de mecanización y / o automatización (Torres, 1990). Cada uno de ellos deben ser evaluados para que la elección del método de riego sea la más adecuada.

### III.2.2. CALIDAD DE LAS AGUAS DE RIEGO

Debe considerarse en primer lugar que la calidad no es un término absoluto, sino que está dotado de una fuerte carga de relatividad. La calidad depende del uso (*calidad ¿para qué?*) y aún dentro de la calidad de un agua para el riego, este concepto es relativo y fuertemente dependiente de otros parámetros por lo que la calidad del agua para el riego se debe evaluar en condiciones específicas de manejo, suelo, clima y condiciones económicas.

El interés por la calidad del agua de riego surge como consecuencia del crecimiento que experimenta el regadío en los últimos años y la utilización de aguas de diferente procedencia (superficiales, subterráneas y residuales, fundamentalmente).

El problema que genera el uso de agua de mala calidad en el suelo, es la salinización y/o sodificación que se origina como consecuencia de las sales y el sodio aportadas por el agua. El problema es como siempre, una cuestión de niveles críticos, y los daños, casi siempre irreversibles surgen cuando se superan estos niveles, de ahí que el problema debe atacarse fundamentalmente con la prevención, limitando y controlando las entradas al sistema (Suárez y Lebrón, 1993).

Las aguas de riego que hemos estudiado en este trabajo (ver apartado II.4) se han considerado desde diversos aspectos: contenido en sales y en sodio, alcalinidad y fitotoxicidad específica de algunos iones. En el Anexo VI se incluye la relación de aguas de riego, suelos y cultivos muestreados (Tablas 1 a 6).

#### III.2.2.1. Concentración salina de las aguas de riego

La manera más sencilla y rápida de medir la concentración salina de un agua es la determinación de su conductividad eléctrica (CE), a partir de la cual se puede estimar su potencial osmótico (PO)(Jurinak y Suárez, 1990), que es el parámetro que directamente condiciona su absorción por las plantas, como ya hemos visto.

$$PO \text{ (kPa)} = -40 \text{ CE (dS/m)}$$

Ecuación (26)

La salinidad de un agua está definida por la suma de los iones y moléculas en solución (Suárez, 1990). Los componentes mayoritarios son los iones  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{HCO}_3^-$ , ya que la contribución de iones como el  $\text{K}^+$  y  $\text{NO}_3^-$  a la salinidad total suele ser casi siempre despreciable.



### III.2.2.1.a. Resultados

En el Anexo VII se presentan los datos analíticos de todas las aguas de riego estudiadas en cada isla (Tablas 1 a 7). En la Tabla I.3.54 correspondiente al análisis estadístico con todas las aguas de riego estudiadas, podemos observar la gran variabilidad de la CE, cuyos valores oscilan desde 74 hasta un máximo de 8390, con una media de 1324  $\mu\text{S/cm}$ . La composición iónica media es de un agua *clorurada bicarbonatada sulfatada sódica*.

**Tabla I.3.54**  
**Análisis estadístico de todas las aguas de riego estudiadas**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
pH	104	8,4	8,4	0,7	6,8	9,9
CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	104	1324	916	1419	74	8390
Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	104	1,6	1,1	1,9	0,1	14,6
Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	104	3,4	2,5	3,3	0,1	17,3
K <sup>+</sup> (meq/L)	104	0,6	0,4	1,5	0,1	14,7
Na <sup>+</sup> (meq/L)	104	8,2	4,9	11,7	0,3	76,7
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (meq/L)	103	0,3	0,0	1,7	0,0	16,4
Cl <sup>-</sup> (meq/L)	104	5,0	1,7	9,9	0,0	60,4
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	103	3,0	1,5	5,5	0,2	29,6
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	104	4,2	3,3	3,2	0,4	14,6
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	104	1,4	0,4	2,6	0,0	20,8
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	103	0,7	0,1	3,3	0,0	33,5
B (mg/L)	99	0,4	0,1	0,6	0,0	3,6

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

El valor medio de boro es de 0,35 mg/L por lo que estas aguas no presentan en general restricción alguna para su utilización, incluso en cultivos sensibles (FAO, 1985a,b) (Tablas 1 a 6 del Anexo IX). El valor máximo observado corresponde a un agua de la isla de Fuerteventura que riega un cultivo de alfalfa (F3) y como veremos en el apartado III.2.2.4, las aguas de riego de esta isla y las de Gran Canaria son las que presentan los valores de boro más altos (restricciones ligeras a moderadas y severas).

Se han realizado los análisis estadísticos de las aguas de riego agrupados por islas. Como podemos ver en la Tabla I.3.55, La CE media en Tenerife es de 1139  $\mu\text{S/cm}$  y la composición iónica media es de un agua *bicarbonatada sódica*.

En la isla de La Palma la CE tiene un valor medio de 518  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y los aniones que dominan son los *bicarbonatos* y *sulfatos* e igualmente que para Tenerife es el *sodio* el catión predominante (Tabla I.3.56).

**Tabla I.3.55**  
**Análisis estadístico de las aguas de riego de la isla de Tenerife**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
pH	41	8,7	8,8	0,6	7,1	9,5
CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	41	1139	967	724	380	3650
Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	41	0,9	0,7	0,7	0,1	3,2
Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	41	3,5	3,2	2,6	0,2	10,3
K <sup>+</sup> (meq/L)	41	0,6	0,5	0,6	0,1	4,2
Na <sup>+</sup> (meq/L)	41	7,2	5,5	5,7	0,3	32,2
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (meq/L)	41	0,03	0,0	0,1	0,0	0,25
Cl <sup>-</sup> (meq/L)	41	2,3	1,2	3,3	0,3	18,6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	41	1,7	0,8	1,8	0,2	7,9
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	41	5,0	3,5	3,4	0,5	14,6
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	41	2,8	2,1	3,6	0,0	20,8
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	41	0,2	0,1	0,3	0,0	1,5

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.56**  
**Análisis estadístico de las aguas de riego de la isla de La Palma**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
pH	9	7,9	8,1	0,8	6,8	8,9
CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	9	518	563	316	74	942
Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	9	0,9	0,6	0,7	0,2	2,0
Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	9	0,8	0,9	0,6	0,1	1,9
K <sup>+</sup> (meq/L)	9	0,5	0,2	0,8	0,1	2,6
Na <sup>+</sup> (meq/L)	9	3,1	3,3	2,4	0,4	8,0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (meq/L)	9	0,3	0,0	0,9	0,0	2,8
Cl <sup>-</sup> (meq/L)	9	0,9	0,7	1,0	0,0	3,3
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	9	1,8	2,5	1,1	0,3	2,8
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	9	2,4	2,5	1,9	0,5	5,2
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	9	0,2	0,0	0,2	0,0	0,5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	9	0,6	0,2	1,1	0,0	3,5

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

Es de destacar en la Tabla I.3.56 unos altos contenidos de nitratos (3,5 meq/L) y de amonio (2,8 meq/L), lo que supone una concentración total de 88,2 ppm de nitrógeno en el agua. Se trata de un agua procedente de los pozos de Santa Cruz de La Palma-Breña Alta con probable contaminación con aguas urbanas, muestreada en una finca del municipio de Mazo (LP5).

Una concentración excesiva de nitrógeno (nitríco o amoniacal) en el agua, puede implicar un aporte en exceso de nitrógeno al suelo que provoque un desmesurado crecimiento vegetativo, con la consiguiente reducción en la producción de frutos y semillas. Así Ayers y Westcot (1985) señalan usar con restricciones aguas de riego que superen los 30 ppm de nitrógeno.

En la isla de La Gomera (Tabla I.3.57) las aguas de riego tienen unas conductividades eléctricas ligeramente superiores a las de La Palma (media de 819  $\mu$ S/cm) y la composición media corresponde a un agua *bicarbonatada clorurada sulfatada sódica*.

**Tabla I.3.57**  
**Análisis estadístico de las aguas de riego de la isla de La Gomera**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
pH	9	8,0	8,3	0,4	7,3	8,4
CE ( $\mu$ S/cm)	9	819	912	373	269	1480
Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	9	1,8	1,9	0,9	0,6	3,5
Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	9	2,2	2,5	1,1	0,7	4,3
K <sup>+</sup> (meq/L)	9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
Na <sup>+</sup> (meq/L)	9	4,3	4,6	2,1	1,6	8,5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (meq/L)	9	0,04	0,0	0,05	0,0	0,1
Cl <sup>-</sup> (meq/L)	9	2,6	2,7	1,2	1,0	4,3
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	9	2,2	2,2	0,9	0,4	3,8
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	9	3,5	4,1	1,9	1,4	7,3
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	9	0,2	0,1	0,2	0,0	0,4
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	9	0,2	0,2	0,2	0,0	0,5

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

Las aguas de la isla de El Hierro son aguas *cloruradas bicarbonatadas sódicas* con conductividades eléctricas ligeramente inferiores a las observadas en Tenerife (852  $\mu$ S/cm) (Tabla I.3.58).

En la isla de Gran Canaria se observa una CE media de 1396  $\mu$ S/cm y la composición iónica es la de un agua *clorurada sulfatada bicarbonatada*, destacando la presencia de concentraciones altas de *magnesio* entre los cationes (Tabla I.3.59).

**Tabla I.3.58**

**Análisis estadístico de las aguas de riego de la isla El Hierro**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
pH	5	8,6	8,8	0,7	7,5	9,3
CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	5	852	465	731	402	2130
Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	5	0,9	0,5	0,6	0,4	1,7
Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	5	2,3	1,5	1,9	1,3	5,6
K <sup>+</sup> (meq/L)	5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,9
Na <sup>+</sup> (meq/L)	5	5,3	2,8	4,9	2,3	13,8
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (meq/L)	4	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2
Cl <sup>-</sup> (meq/L)	5	4,3	1,5	5,6	0,8	14,0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	4	0,9	0,8	0,5	0,5	1,5
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	5	3,1	2,6	1,6	2,0	5,9
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	5	0,5	0,5	0,4	0,0	1,1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

En esta isla se han encontrado los valores más altos de nitrógeno en las aguas de riego. Así en un agua de Valsequillo (GC18), se midieron 33,5 meq/L de nitratos y 16,4 meq/L de amonio, lo que hace un total de 698 ppm de nitrógeno (Tabla 5, Anexo VII). Valores de nitrógeno superiores a 30 ppm se han medido también en aguas de San Nicolás de Tolentino y Santa María de Guía (GC1ñ y GC24, Tabla 5 del Anexo VII).

En la Tabla I.3.60 podemos observar los valores medios del análisis estadístico de las aguas de riego para la isla de Fuerteventura, las conductividades eléctricas son las más altas muestreadas (máximo 8390  $\mu\text{S/cm}$ ) con una media de 7563  $\mu\text{S/cm}$  y su composición iónica se corresponde con un agua *clorurada sulfatada sódica*.

En la actualidad está cobrando una importancia cada vez mayor el uso de aguas depuradas en la agricultura y en la isla de Tenerife se está llevando a cabo un proyecto sobre al seguimiento de la implantación del regadío con aguas depuradas de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife en el Valle de San Lorenzo, encargado al Organismo Autónomo Local de Balsas de Tenerife (BALTEN, 1993).

En la Tabla I.3.61 se presenta el análisis estadístico de aguas depuradas procedentes de la Estación de Bombeo de la Estación Depuradora de Santa Cruz de Tenerife, de la Balsa del Valle de San Lorenzo y de la Balsa de San Isidro (Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica, 1994). Los análisis realizados en años posteriores presentan básicamente los mismos

resultados (AGRIMAC, 1995a, 1995b y 1999).

**Tabla I.3.59**

**Análisis estadístico de las aguas de riego de la isla Gran Canaria**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
pH	33	8,2	8,4	0,7	7,0	9,9
CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	33	1396	857	1259	245	4440
Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	33	2,4	1,4	2,8	0,6	14,6
Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	33	4,1	2,8	4,3	0,3	17,3
K <sup>+</sup> (meq/L)	33	0,8	0,3	2,5	0,1	14,7
Na <sup>+</sup> (meq/L)	33	4,1	2,8	4,3	0,3	17,3
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (meq/L)	33	0,6	0,0	2,9	0,0	16,4
Cl <sup>-</sup> (meq/L)	33	6,2	2,8	7,7	0,8	27,8
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	33	3,5	1,1	5,2	0,2	21,2
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	33	3,3	2,7	2,8	0,4	14,5
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	33	0,7	0,3	1,0	0,0	4,6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	33	1,5	0,1	5,8	0,0	33,5

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.60**

**Análisis estadístico de las aguas de riego de la isla Fuerteventura**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
pH	3	7,9	8,0	0,2	7,7	8,0
CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	3	7563	8350	1397	5950	8390
Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	3	5,0	4,8	1,5	3,8	6,6
Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	3	9,6	10,4	2,4	6,9	11,5
K <sup>+</sup> (meq/L)	3	0,7	0,8	0,2	0,5	0,9
Na <sup>+</sup> (meq/L)	3	65,7	72,1	15,2	48,3	76,7
Cl <sup>-</sup> (meq/L)	3	52,4	59,8	13,3	37,0	60,4
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	3	28,1	27,9	1,4	26,8	29,6
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	3	4,6	4,6	1,3	3,3	6,0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	3	0,5	0,6	0,4	0,1	0,8

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.61**  
**Análisis estadístico de las aguas de riego de la Estación**  
**Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de S/C de Tenerife**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
pH	44	8,1	8,0	0,3	7,8	8,5
CE (µS/cm)	44	1510	1527	48,5	1440	1548
Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	23	1,3	1,4	0,3	1,0	1,6
Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	23	2,5	2,5	0,1	2,3	2,6
K <sup>+</sup> (meq/L)	23	1,1	1,0	0,2	0,9	1,4
Na <sup>+</sup> (meq/L)	23	9,3	9,3	0,7	8,7	10,0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (meq/L)	23	1,9	2,1	0,6	1,0	2,3
Cl <sup>-</sup> (meq/L)	23	2,9	2,9	0,6	2,3	3,6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	23	2,0	2,0	0,2	1,7	2,2
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	23	10,4	10,2	0,8	9,7	11,5
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	23	0,2	0,0	0,3	0,0	0,6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	22	0,2	0,2	0,2	0,1	0,4

EDAR Estación Depuradora de Aguas Residuales de Santa Cruz de Tenerife  
 Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

El análisis estadístico de las aguas depuradas (Tabla I.3.61), muestra que la CE media (1511 µS/cm) es ligeramente superior al valor de las aguas de Gran Canaria, y la composición iónica media es de un agua *bicarbonatada sódica* parecida a las de Tenerife y La Palma. Son aguas que lógicamente presentan valores altos de nitrógeno amoniacal (2,3 meq/L de amonio-32,2 mg/L de N), valores ligeramente superiores a los recomendados por Ayers y Westcot (1985).

Con objeto de conocer si existen diferencias significativas entre la CE de las aguas de las distintas islas, se realizó su comparación mediante el test de la U de Mann-Whitney (Tabla I.3.63).

Según los resultados del test (Tabla I.3.63) y los valores medios de la CE de las aguas para cada isla (Tabla I.3.62), se pueden agrupar las aguas en tres grupos en orden de salinidad decreciente: el grupo de las más salinas son las aguas de la isla de Fuerteventura (F) y el de las menos salinas las aguas de La Palma (LP). El resto de las aguas con valores intermedios de salinidad constituyen el tercer grupo, formado por las aguas de Gran Canaria (GC), Tenerife (T), El Hierro (EH) y La Gomera (LG).

$$\boxed{\mathbf{F}} > \boxed{\mathbf{GC > T > EH > LG}} > \boxed{\mathbf{LP}}$$

**Tabla I.3.62**

**Análisis estadístico de la CE ( $\mu\text{S/cm}$ ) de las aguas de riego agrupadas por islas**

	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
<b>Tenerife</b>	41	1139	967	724	380	3650
<b>La Palma</b>	9	518	563	316	74	942
<b>La Gomera</b>	9	819	912	373	269	1480
<b>El Hierro</b>	5	852	465	731	402	2130
<b>Gran Canaria</b>	33	1396	857	1259	245	4440
<b>Fuerteventura</b>	3	7563	8350	1397	5950	8390

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.63**

**Resultados de la comparación de la CE del agua de riego entre las distintas islas mediante el test de la U de Mann-Whitney**

	Tenerife	La Palma	La Gomera	El Hierro	Gran Canaria
<b>LP</b>	U=2,70 p=0,01				
<b>LG</b>	No	No			
<b>EH</b>	No	No	No		
<b>GC</b>	No	U=2,15 p=0,03	No	No	
<b>F</b>	U=2,84 p=0,01	U=2,40 p=0,02	U=2,40 p=0,02	*	U=2,80 p=0,01

No No existen diferencias significativas entre las medianas de la CE de las islas comparadas

U Estadístico del test p Nivel de significación LP La Palma LG La Gomera EH El Hierro GC Gran Canaria F Fuerteventura

\* El test no se ha podido aplicar porque el número de muestras era insuficiente

Cuando se compara la CE de las aguas agrupadas por su origen (mezclada, de pozo, de presas, de galería y depurada) mediante el test de la U de Mann-Whitney (Tabla I.3.65) se encuentran diferencias significativas entre la CE de las aguas depuradas y el resto (excepto con las procedentes de pozo), con un nivel de significación  $p=0,001$  entre las depuradas y las de presas. Según el test, las aguas depuradas parecen presentar los valores más altos de CE y aunque su valor medio es ligeramente inferior a las de pozo tienen una desviación estándar menor lo que nos indica una menor variabilidad en la CE que en las aguas de pozo (Tabla I.3.64).

**Tabla I.3.64**

**Análisis estadístico de la CE ( $\mu\text{S/cm}$ ) de las aguas de riego según su origen**

	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
<b>Mezclada</b>	20	1203	958	959	271	4440
<b>Pozo</b>	29	1859	942	2230	140	8390
<b>Presas</b>	14	709	722	255	245	1100
<b>Galería</b>	22	1044	647	905	74	3650
<b>Depurada</b>	45	1726	1535	485	1440	2590

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

No se encontraron diferencias significativas entre la salinidad de las aguas mezcladas, de pozo, de presas y de galería, aunque parece que después de las aguas depuradas, son las de pozo las más salinas, a pesar que aplicando el test de la U de Mann-Whitney no se encontraron diferencias entre éstas y el resto (Tablas I.3.64 y I.3.65).

**Tabla I.3.65**

**Resultados de la comparación de la CE del agua de riego según su origen mediante el test de la U de Mann-Whitney**

	Mezclada	Pozo	Presas	Galería
<b>Pozo</b>	No			
<b>Presas</b>	No	No		
<b>Galería</b>	No	No	No	
<b>Depurada</b>	U=2,00 p=0,04	No	U=3,19 p=0,001	U=2,03 p=0,04

No No existen diferencias significativas entre las medianas de la CE de las islas comparadas

U Estadístico del test p Nivel de significación

Como podemos ver en la Tabla I.3.66 y en las Figuras I.3.34 y I.3.35 el sodio es el catión que predomina en las aguas de riego de todas las islas y el magnesio es el segundo catión en importancia, sobre todo en la isla de Gran Canaria.

El ión cloruro es el anión predominante en las aguas de las islas de Fuerteventura, Gran Canaria y El Hierro, y los bicarbonatos dominan en las aguas de las islas de Tenerife, La Gomera y La Palma (Tabla I.3.66 y Figuras I.3.34 y I.3.35).



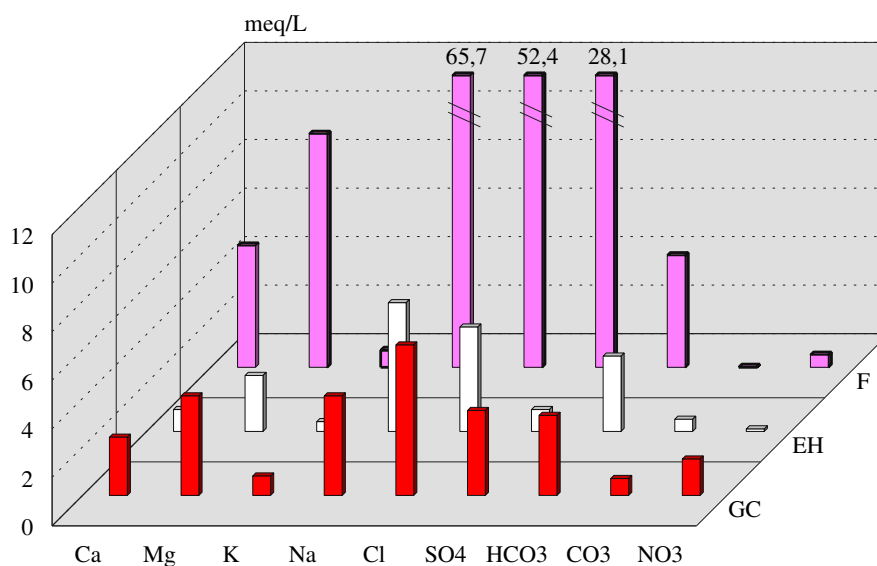
**Tabla I.3.66**

**Valores medios de los iones de las aguas de riego agrupadas por islas (meq/L)**

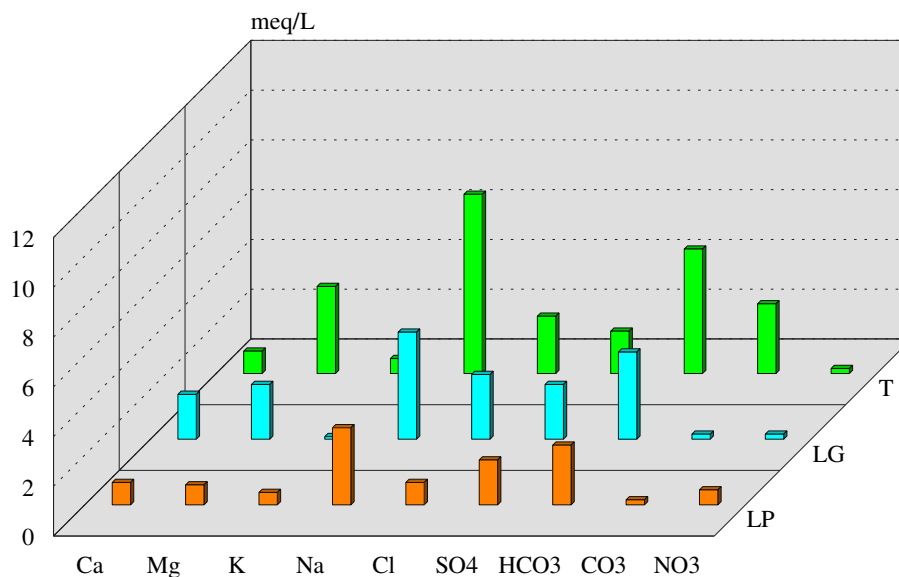
Isla	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Tenerife	0,9	3,5	0,6	7,2	2,3	1,7	5,0	2,8	0,2
La Palma	0,9	0,8	0,5	3,1	0,9	1,8	2,4	0,2	0,6
La Gomera	1,8	2,2	0,1	4,3	2,6	2,2	3,5	0,2	0,2
El Hierro	0,9	2,3	0,4	5,3	4,3	0,9	3,1	0,5	0,1
Gran Canaria	2,4	4,1	0,8	4,1	6,2	3,5	3,3	0,7	1,5
Fuerteventura	5,0	9,6	0,7	65,7	52,4	28,1	4,6	0,0	0,5

**Figura I.3.34**

**Valores medios de los iones de las aguas de riego  
Fuerteventura (F), El Hierro (EH) y Gran Canaria (GC)**



**Figura I.3.35**  
**Valores medios de los iones de las aguas de riego**  
**Tenerife (T), La Gomera (LG) y La Palma (LP)**

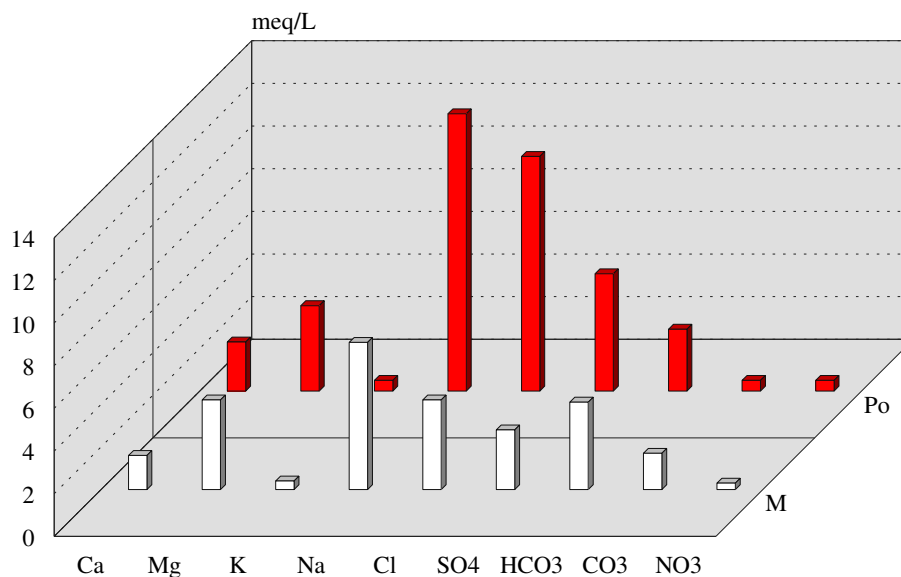


Agrupando las aguas según su origen podemos ver que en cualquiera de ellas el sodio es el catión dominante y el magnesio el segundo en importancia (Tabla I.3.67, Figuras I.3.36 y I.3.37).

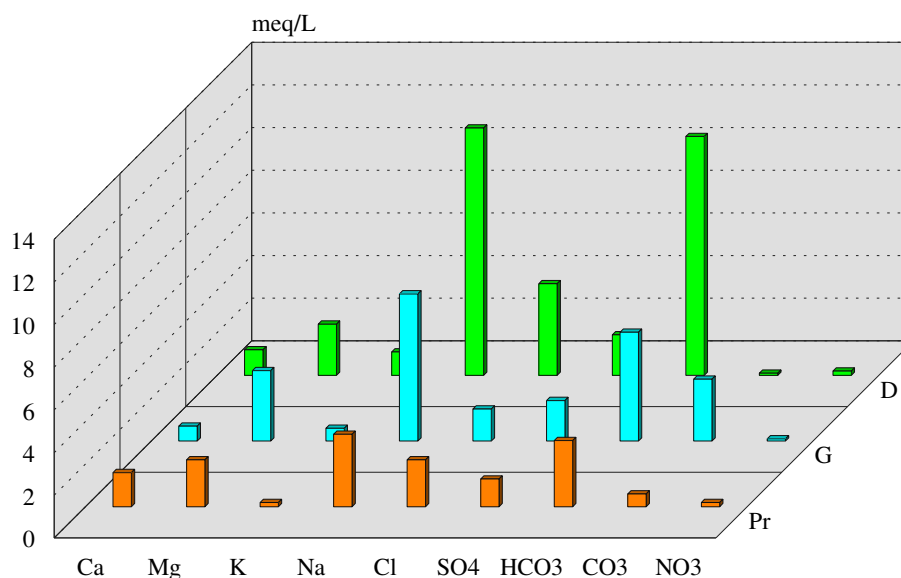
**Tabla I.3.67**  
**Valores medios de los iones de las aguas de riego**  
**agrupadas según su origen (meq/L)**

	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
<b>Mezclada</b>	1,6	4,2	0,4	6,9	4,2	2,8	4,1	1,7	0,3
<b>Pozo</b>	2,3	4,0	0,5	13,0	11,0	5,5	2,9	0,5	0,5
<b>Presa</b>	1,6	2,2	0,2	3,4	2,2	1,3	3,1	0,6	0,2
<b>Galería</b>	0,7	3,3	0,6	6,9	1,5	1,9	5,1	2,9	0,1
<b>Depurada</b>	1,2	2,4	1,1	11,6	4,3	1,9	11,2	0,1	0,2

**Figura I.3.36**  
**Valores medios de los iones de las aguas de riego**  
**de Pozos (Po) y Mezclada (M)**



**Figura I.3.37**  
**Valores medios de los iones de las aguas de riego**  
**de Depuradora (D), Galerías (G) y Presas (Pr)**



Con respecto a los aniones, los cloruros predominan en las aguas procedentes de pozos y mezcladas, encontrándose en este segundo grupo (aguas mezcladas) una concentración media de bicarbonatos próxima a la de cloruros (Tabla I.3.67, Figura I.3.36).

El anión bicarbonato es el más abundante en las aguas de depuradoras, galerías y presas. Es de destacar las concentraciones más altas de carbonatos en las aguas que proceden de galerías (Tabla I.3.67, Figura I.3.37).

### III.2.2.2. Sodicidad de las aguas de riego

#### III.2.2.2.a. Introducción

La degradación de la estructura del suelo es un proceso de degradación física que en determinadas ocasiones tiene un origen puramente químico. En efecto, la presencia de sodio adsorbido en las arcillas con carga negativa, hace que cuando este catión, que tiene una alta tendencia a la hidrólisis se disocia, se generan grupos OH<sup>-</sup> que no sólo elevan considerablemente el pH, sino que además mantienen las arcillas en estado disperso, provocando la desagregación de la estructura o en el mejor de los casos, el taponamiento de la porosidad o la formación de costras superficiales por las arcillas dispersas, procesos todos ellos que implican una reducción de la capacidad de infiltración de agua en el suelo, una disminución de la aireación, etc.

Este alto contenido de sodio adsorbido en el complejo de cambio, se conoce como sodificación del suelo y es un proceso de degradación cualitativa y cuantitativamente muy importante que generalmente tiene su origen en una alta concentración de sodio, frente a los cationes divalentes, calcio y magnesio, en el agua de riego.

La sodificación del suelo se mide mediante el parámetro conocido como porcentaje de sodio intercambiable (PSI)

$$PSI (\%) = 100 Na_{\text{cambio}} / CIC$$

Ecuación (27)

expresándose el  $Na_{\text{cambio}}$  y la capacidad de intercambio catiónica (CIC) en cmolc/kg, y el valor que alcanzaría esta sodificación, al regar con un agua de alta concentración de sodio, puede estimarse a partir del valor del SAR de ésta, según la ecuación del USSS Staff (1954)

$$PSI (\%) = 100 (-0,0126 + 0,01475 SAR) / 1 + (-0,0126 + 0,01475 SAR)$$

Ecuación (28)

El SAR (relación de adsorción de sodio) de un agua de riego representa la concentración relativa de sodio en el agua, frente a la de calcio y magnesio, según términos de la ecuación de Gapon, cuando las concentraciones se expresan en meq/L.

$$SARa = Na^+ / [(Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2]^{0.5}$$

Ecuación (29)

En aguas con altos contenidos en carbonatos se han encontrado pobres correlaciones entre los valores de PSI medidos y los valores de PSI calculados a partir de la ecuación (29), por ello se recomienda (FAO, 1979) ajustar el valor del SAR según Ayers y Westcot (1976) utilizando la siguiente relación que hemos visto en detalle en el apartado II.6.2.2 de Material y Métodos.

$$SARpHc = SARa (9,4 - pHc)$$

Ecuación (30)

donde el *pHc* es el pH del agua de riego calculándolo en equilibrio con la fase sólida de la calcita, considerando unos niveles medios de CO<sub>2</sub> en el suelo.

Según Bingham et al. (1979) y Oster y Rhoades (1975) ajustando el SAR con el *pHc* se sobreestima el valor del SAR debido a que en condiciones naturales los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera del suelo son más altos que los que se han tenido en cuenta. Por ello, actualmente se recomienda el método para calcular el SAR propuesto por Suárez (1981): SAR<sub>adj</sub> (ver apartado II.6.2.2). La ecuación para el cálculo del SAR<sub>adj</sub> es

$$SAR_{adj} = Na / [(Cax + Mg) / 2]^{0.5}$$

Ecuación (31)

donde *Na* y *Mg* son las concentraciones de estos iones en el agua de riego en meq/L y *Cax* es la concentración de calcio corregida en función de la salinidad, de la relación HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> / Ca, y de la presión parcial de CO<sub>2</sub> en la superficie del suelo y representa los meq/L de Ca que permanecen en solución y en equilibrio con el agua del suelo.

Otro método propuesto de cálculo del SAR, es el SAR<sub>car</sub> que tiene en cuenta la formación de pares iónicos y complejos e incluye el equilibrio del agua con la calcita. A partir de los datos de las aguas de riego (pH, cationes y aniones) y utilizando el modelo de Suárez (1978), hemos obtenido las actividades iónicas y los coeficientes de actividad, y a partir de estos valores se calcularon las concentraciones corregidas de calcio, magnesio y sodio (meq/L). Con estas concentraciones corregidas se utilizó la ecuación (29) para calcular la relación de adsorción de sodio, que tiene en cuenta la formación de pares iónicos y complejos y que hemos denominado SAR<sub>car</sub>.

### III.2.2.2.b. Resultados

En el Anexo VIII se presentan los valores calculados de SARa (USSL Staff, 1954), SARpHc (Ayers y Westcot, 1976), SARadj (Suarez, 1981) y SARcar (Suarez, 1978; modificado por Alves, 1983) (Tablas 1 a 7).

Aplicamos el test no paramétrico para muestras apareadas de Wilcoxon entre los distintos SAR's (Tabla I.3.71), y como podemos ver en la misma, no existen diferencias significativas entre el SARa y el SARadj, ambos con un mismo valor de media (Tabla I.3.70).

**Tabla I.3.70**  
**Análisis estadístico de los SAR's de las aguas de riego**

Variable	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
SARa	104	4,8	3,4	4,6	0,2	33,3
SARpHc	104	5,7	4,6	4,8	0,2	34,6
SARadj	104	4,8	3,6	4,9	0,2	35,7
SARcar	104	5,2	3,7	5,3	0,2	38,0

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.71**  
**Resultados de la comparación de los diferentes SAR's de las aguas de riego mediante el test de Wilcoxon**

	SARa	SARpHc	SARadj
SARpHc	U=8,92 p<0,002		
SARadj	No	U=9,31 p<0,002	
SARcar	U=9,90 p<0,002	U=7,35 p<0,002	U=4,22 p<0,002

No No existen diferencias significativas entre las medianas de los SAR's comparados

U Estadístico del test p Nivel de significación

Si se encontraron diferencias significativas entre el SARa y los otros dos valores de SAR (SARpHc y SARcar), presentando estos últimos unas medias superiores al SARa. Igualmente se han encontrado diferencias altamente significativas entre el SARpHc y el SARcar.

Con objeto de encontrar el SAR del agua que mejor predice el SAR de la solución del suelo, hemos realizado el análisis de regresión entre el SAR de los extractos saturados (SARes) y los SAR's de las aguas de riego, encontrando las mejores correlaciones con el SARpHc ( $r = 0,660$   $p < 0,01$ ) y con el SARcar ( $r = 0,657$   $p < 0,01$ ). Es de destacar que en ambos casos las correlaciones

obtenidas son relativamente bajas, debido probablemente al uso de aguas de distinta composición y calidad a lo largo del año, así como de fertilizantes y enmiendas, que impiden alcanzar un equilibrio entre el agua de riego y la solución del suelo.

Por otro lado, ante la necesidad de elegir entre SARpHc y SARcar, nos inclinamos por el segundo, ya que el SARcar además de tener en cuenta el equilibrio del agua con la calcita al igual que estima el SARpHc, tiene en cuenta la formación de pares iónicos y complejos entre los distintos iones, por lo que puede predecir mejor el riesgo de sodificación del suelo (Misopolinos, 1996).

Como veremos más adelante, se obtuvo una buena correlación entre el SARcar y el SARA [ecuación (37) del apartado III.2.2.6.d]. Con vistas a analizar la sodicidad de las aguas de riego según la isla de procedencia de la misma, se han agrupado éstas y se ha realizado el test de la U de Mann-Whitney, para los valores de SARA, ya que se ha observado una buena correlación entre éste y el SARcar, que nos permite estimar el SARcar a partir de los valores de SARA de más fácil obtención.

Los valores medios más altos del SARA corresponden a las aguas de la isla de Fuerteventura (Tabla I.3.72), seguido a mucha distancia por las de Tenerife, encontrándose diferencias significativas entre el SARA de las aguas de estas islas y todas las demás (Tabla I.3.73).

**Tabla I.3.72**  
**Análisis estadístico del SARA de las aguas de riego**

<b>Isla</b>	<b>Nº</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>DS</b>	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>
<b>Tenerife</b>	41	4,7	4,2	2,6	0,4	14,7
<b>La Palma</b>	9	3,2	2,9	1,8	1,0	7,2
<b>La Gomera</b>	9	3,0	3,3	0,9	1,7	4,3
<b>El Hierro</b>	5	3,8	2,9	2,0	2,5	7,2
<b>Gran Canaria</b>	33	3,8	2,8	3,4	0,2	17,3
<b>Fuerteventura</b>	3	25,2	26,2	8,6	16,1	33,3

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

Las aguas de La Palma y la Gomera son las que presentan los valores más bajos de SARA (Tabla I.3.72) y se pueden observar diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de sus SARA y las de Tenerife; sin embargo no se encontraron diferencias con el SARA de las islas de el Hierro y Gran Canaria.

**Tabla I.3.73**

**Resultados de la comparación del SARA de las aguas de riego entre las distintas islas mediante el test de la U de Mann-Whitney**

	Tenerife	La Palma	La Gomera	El Hierro	Gran Canaria
<b>LP</b>	U=1,97 p=0,05				
<b>LG</b>	U=2,17 p=0,03	No			
<b>EH</b>	No	No	No		
<b>GC</b>	U=2,77 p=0,005	No	No	No	
<b>F</b>	U=2,84 p=0,005	U=2,40 p=0,016	U=2,40 p=0,016	*	U=2,75 p=0,006

No No existen diferencias significativas entre las medianas del SARA de las islas comparadas U Estadístico del test

p Nivel de significación LP La Palma LG La Gomera EH El Hierro GC Gran Canaria F Fuerteventura

\* El test no se ha podido aplicar porque el número de muestras era insuficiente

Con respecto al SARA de las aguas de riego podemos establecer tres grupos, con valores de SARA decreciente, el primero formado por las aguas de la isla de Fuerteventura (F), presenta los valores más altos de SARA, y el segundo por las aguas de la isla de Tenerife (T) y El Hierro (EH). El resto de las aguas constituyen el tercer grupo, con los valores más bajos de SARA. Las aguas de la isla de Gran Canaria parecen tener una cierta tendencia hacia el segundo grupo.

$$\boxed{\mathbf{F}} > \boxed{\mathbf{T > EH}} > \boxed{\mathbf{GC > LP > LG}}$$

También se realizó el análisis estadístico y el test de la U de Mann-Whitney del SARA de las aguas de riego agrupadas según su origen. El valor de SARA medio más bajo es el correspondiente a las aguas de presa y el más alto a las aguas depuradas (Tabla I.3.74). Efectivamente se han encontrado diferencias significativas entre el SAR de las aguas de presas (Pr) y todas las demás, así como diferencias igualmente significativas entre el SAR de las aguas depuradas (D) y el resto (Tabla I.3.75). No se encontraron diferencias entre las medianas de los SAR's de las aguas de pozo (Po), galería (G) y mezcladas (M), y parece por tanto haber tres grupos de aguas que podríamos poner en esta secuencia de mayor a menor SARA (peligro de sodificación del suelo):

$$\boxed{\mathbf{D}} > \boxed{\mathbf{M > G > Po}} > \boxed{\mathbf{Pr}}$$



**Tabla I.3.74**  
**Análisis estadístico del SARA de las aguas de riego según su origen**

Origen	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
Mezclada	20	4,2	3,5	2,1	1,5	10,1
Pozo	29	6,4	4,0	7,3	0,2	33,3
Presa	14	2,6	2,0	1,2	1,3	5,3
Galería	22	4,3	3,5	3,1	0,4	14,7
Depurada	24	8,9	7,4	4,7	6,2	17,3

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.75**  
**Resultados de la comparación del SARA de las aguas de riego según su origen mediante el test de la U de Mann-Whitney**

	Mezclada	Pozo	Presa	Galería
Pozo	No			
Presa	U=2,75 p=0,006	U=3,05 p=0,002		
Galería	No	No	U=1,96 p=0,05	
Depurada	U=2,82 p=0,004	U=2,14 p=0,03	U=3,20 p=0,001	U=2,40 p=0,02

No No existen diferencias significativas entre las medianas de los SARA comparados

U Estadístico del test p Nivel de significación

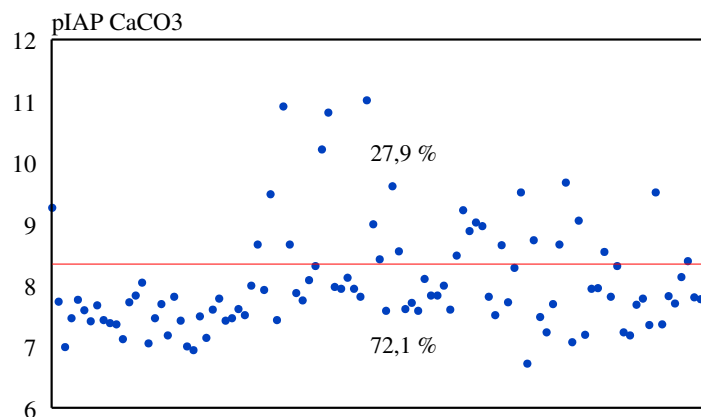
La precipitación de calcio en aguas sobresaturadas, es un fenómeno que puede elevar el SAR por encima de los valores previstos, aumentando así el riesgo de sodificación del suelo. Por ello, hemos hecho a continuación un intento de clasificar las aguas de acuerdo con el riesgo que presentan de precipitación del calcio.

La precipitación de carbonato cálcico en los sistemas de canalización de aguas constituye un grave problema en las zonas de regadío de las islas Canarias, originando con ello obturación en los sistemas de canalización y en los sistemas de riego, elevación del pH y disminución de la concentración de calcio en el agua (Suárez y Santana, 1992). Esta pérdida de calcio produce un aumento de la sodicidad del agua y por tanto un mayor riesgo de sodificación del suelo.

Al igual que se hizo con la solución del suelo (extracto de saturación) (Apto. III.1.1.2.b.iii), empleando el modelo de Suárez (1978), se ha obtenido el logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos (pIAP), para conocer el estado de saturación en calcita de las aguas de riego. Como podemos ver en la Figura I.3.38, el 72,1 % de las aguas están

sobresaturadas en calcita (tienen valores de pIAP inferiores a 8,2) y por tanto tienen un alto riesgo de precipitación, aumentando así su sodicidad.

**Figura I.3.38**  
**Valores de pIAP en las aguas de riego**



Como ya comentamos en el apartado III.1.1.2.b.iii, el estado de saturación en calcita de una solución, depende de la presión parcial de CO<sub>2</sub> y de la presencia de inhibidores de la precipitación de la calcita como son el carbono orgánico disuelto y el magnesio (Suárez, 1983).

En un trabajo realizado por Suárez y Suárez (1990) se propone estudiar subproductos de los cultivos canarios (plataneras y tomates) como material vegetal a emplear en los canales de distribución de las aguas, para producir inhibición de la precipitación de calcita y así reducir el riesgo de sodicidad de las aguas.

En el Departamento de Suelos y Riegos del CITA (Valle Guerra) se ha desarrollado un proyecto para evaluar el empleo de CO<sub>2</sub> en sistemas de riego localizado. Con el uso de CO<sub>2</sub> se ha impedido la precipitación de los carbonatos y se han mantenido buenos coeficientes de uniformidad de riego (Suárez y Santana, 1992).

La presión parcial de CO<sub>2</sub> de las aguas, obtenida con el modelo de Suárez (1978) presenta unos valores inferiores a los observados en la solución del suelo (extracto de saturación) (Tablas 1 a 7 del Anexo VIII), explicando pues la saturación en calcita de estas aguas.

Todas las aguas (excepto las procedentes de la isla de La Palma) presentan valores medios de pIAP comprendidos entre 7,7 y 8,2 (Tabla I.3.76); sin embargo los mayores porcentajes de aguas con pIAP inferiores a 8,2 corresponden a las aguas que proceden de las islas de Tenerife y El Hierro (87,8 y 80,0 % respectivamente) y son por tanto las que tienen un mayor riesgo de precipitación del

calcio y de sodificación del suelo.

**Tabla I.3.76**  
**Análisis estadístico del pIAP de las aguas de riego agrupadas por islas**  
**y del porcentaje de aguas con pIAP# 8,2**

Isla	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx	pIAP#8,2 (%)
Tenerife	41	7,7	7,6	0,7	6,9	10,9	87,8
La Palma	9	8,9	8,1	1,4	7,8	11,0	55,6
La Gomera	9	8,2	8,1	0,7	7,6	9,6	55,6
El Hierro	5	7,9	7,8	0,3	7,6	8,5	80,0
Gran Canaria	33	8,1	7,8	0,8	6,7	9,7	57,6
Fuerteventura	3	8,1	8,1	0,3	7,7	8,4	66,7

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

No se observan diferencias entre los valores medios de pIAP de las aguas agrupadas según su origen. Las aguas procedentes de presas son las que presentan el menor porcentaje de aguas con valores de pIAP # 8,2, y el resto tienen un mayor riesgo de precipitación de carbonato cálcico, con el consiguiente incremento de la relación de adsorción de sodio (Tabla I.3.77).

**Tabla I.3.77**  
**Análisis estadístico del pIAP de las aguas de riego según origen**  
**y del porcentaje de aguas con pIAP # 8,2**

	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx	pIAP#8,2 (%)
Mezclada	20	7,9	7,6	1,0	7,0	10,9	75,0
Pozo	29	8,0	7,8	0,6	7,2	10,2	75,9
Presas	14	7,9	7,7	0,8	6,7	9,2	57,1
Galería	22	8,0	7,8	0,9	7,1	11,0	77,3
Depurada	45	8,0	7,8	0,4	7,5	8,7	80,0

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

### III.2.2.3. Alcalinidad de las aguas de riego

Las aguas que presentan altos valores de pH tienen un riesgo particular cuando se utilizan para el riego, ya que son aguas con bajas concentraciones de calcio que pueden contribuir a la sodificación de los suelos, además de influir directamente en la degradación de las propiedades físicas por su alcalinidad y generar problemas nutricionales en los cultivos (Suárez et al., 1984).

Arora y Coleman (1979), Gupta et al. (1984), Shainberg y Letey (1984), Suárez et al. (1984), Chiang et al. (1987) y Keren et al. (1988) han observado que al aumentar el pH del suelo, se incrementa la dispersión de las arcillas debido a que las cargas dependientes del pH se hacen menos positivas o incluso pasan a ser negativas, debilitándose las asociaciones borde-cara y por tanto la estabilidad estructural de los suelos.

La importancia del efecto del pH se demuestra por la observación de que las diferencias en la conductividad hidráulica relativa entre pH 6 y 9 son equivalentes a las que se obtienen entre SAR 20 y 40 (Suárez et al., 1984).

Como podemos ver en la Tabla I.3.78 las aguas de riego tienen unos valores medios altos de pH, el 37 % de las aguas superan el valor de 8,5 y se observan  $\text{pH} \geq 9$  en aguas de las islas de Gran Canaria, Tenerife, El Hierro y La Palma. Ésto es indicativo de aguas con un mayor contenido de bicarbonatos que de calcio por lo que normalmente estas aguas tienen además peligro de sodicidad; en la Tabla I.3.79 se puede observar que la concentración media de bicarbonatos es de 4,2 meq/L frente a 1,6 meq/L de calcio.

**Tabla I.3.78**  
**Análisis estadístico del pH de las aguas de riego por islas**

Isla	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
Todas	104	8,4	8,4	0,7	6,8	9,9
Tenerife	41	8,7	8,8	0,6	7,1	9,5
La Palma	9	7,9	8,1	0,8	6,8	8,9
La Gomera	9	8,0	8,3	0,4	7,3	8,4
El Hierro	5	8,6	8,8	0,7	7,5	9,3
Gran Canaria	33	8,2	8,4	0,7	7,0	9,9
Fuerteventura	3	7,9	8,0	0,2	7,7	8,0

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.79**  
**Análisis estadístico de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{HCO}_3^-$  (meq/L) en las aguas de riego**

	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
$\text{Ca}^{2+}$	104	1,6	1,1	1,9	0,1	14,6
$\text{HCO}_3^-$	104	4,2	3,3	3,2	0,4	14,6

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

Como podemos ver en la Tabla I.3.78, las aguas de Tenerife y El Hierro son las que presentan los valores medios más altos de pH y aplicando el test de La U de Mann-Whitney se encontraron diferencias significativas entre las medianas del pH de la isla de Tenerife y las demás islas salvo para El Hierro (Tabla I.3.80); lo que parece indicar que con respecto al pH podríamos tener dos grupos de aguas, las de Tenerife y El Hierro (muy alcalinas) y todas las demás.

**Tabla I.3.80**  
**Resultados de la comparación del pH de las aguas riego entre las distintas islas mediante el test de la U de Mann-Whitney**

	Tenerife	La Palma	La Gomera	El Hierro	Gran Canaria
La Palma	U=2,99 p=0,002				
La Gomera	U=3,46 p=0,001	No			
El Hierro	No	No	No		
Gran Canaria	U=3,36 p=0,001	No	No	No	
Fuerteventura	U=2,29 p=0,022	No	No	*	No

No No existen diferencias significativas entre las medianas del pH de las islas comparadas

\* El test no se ha podido aplicar porque el número de muestras era insuficiente

Se realizó un análisis estadístico y el test de la U de Mann-Whitney del pH de las aguas de riego agrupadas según su origen (Tablas I.3.81 y I.3.82). El valor medio de pH más bajo se observa en las aguas depuradas, encontrándose diferencias significativas entre el pH de este grupo de aguas y todos los demás.

**Tabla I.3.81**  
**Análisis estadístico del pH de las aguas de riego según su origen**

pH	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
Mezclada	20	8,4	8,5	0,7	7,1	9,5
Pozo	29	8,3	8,5	0,7	7,0	9,3
Presa	14	8,4	8,4	0,6	7,5	9,9
Galería	22	8,5	8,6	0,7	6,8	9,2
Depurada	44	7,9	8,0	0,4	7,4	8,5

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.82**  
**Resultados de la comparación del pH de las aguas de riego según su origen mediante el test de la U de Mann-Whitney**

	Mezclada	Pozo	Presa	Galería
Pozo	No			
Presa	No	No		
Galería	No	No	No	
Depurada	U=2,55 p=0,010	U=2,30 p=0,021	U=2,09 p=0,037	U=2,78 p=0,005

No No existen diferencias significativas entre las medianas del pH de los orígenes comparados  
 U Estadístico del test p Nivel de significación

Como comentamos anteriormente, la precipitación de carbonato cálcico origina también una elevación del pH, por lo que aguas supersaturadas en calcita tienen un mayor riesgo de alcalinización del suelo. En nuestro caso un porcentaje bastante alto de las aguas están sobresaturadas en calcita (el 72,1 %) y son las aguas de las islas de Tenerife y El Hierro las que en mayor proporción están saturadas en carbonato cálcico. Con respecto a su origen todas las aguas (las de presa en menor grado) tienen un alto riesgo de precipitación de calcio y por tanto de alcalinizarse.

#### III.2.2.4. Fitotoxicidad específica

La influencia sobre el crecimiento vegetal, de concentraciones altas de determinadas sales, es un fenómeno extremadamente complejo que involucra muchos principios fundamentales de la nutrición de las plantas.

Los principales tipos de sales que tienen incidencia sobre las plantas produciendo toxicidad son: cloruros, sulfatos, carbonatos-bicarbonatos y nitratos. Su toxicidad depende fundamentalmente del ión acompañante, que condiciona en general su solubilidad (Porta et al., 1999):

*Cloruros:* Sales muy solubles y con una toxicidad alta. La secuencia de menor a mayor toxicidad es  $KCl < CaCl_2 < NaCl < MgCl_2$ , siendo esta última una sal altamente tóxica muy perjudicial para las plantas (Tabla I.3.83).

*Sulfatos:* El sulfato potásico es el menos tóxico y el sulfato de magnesio es muy soluble y altamente tóxico. El orden de toxicidad creciente es el siguiente  $K_2SO_4 < Na_2SO_4 < MgSO_4$ .

*Carbonato y bicarbonato sódico:* La solubilidad del carbonato sódico es muy elevada y como resultado de la hidrólisis provoca una fuerte alcalinidad en el medio, por tanto esta sal por su elevada solubilidad y alcalinidad es muy tóxica para las plantas, y además ocasiona problemas físicos en el suelo como pérdida de la estructura, disminución de la infiltración, etc. El bicarbonato sódico da lugar a unas condiciones menos alcalinas y por consiguiente menos tóxicas que el carbonato sódico.

*Nitratos:* Son sales muy solubles y de alta toxicidad, generalmente superior a la de los cloruros.

**Tabla I.3.83**  
**Toxicidad de los principales tipos de sales**

Clase	Toxicidad para las plantas
<i>Cloruros</i>	
Sódico	+++
Magnésico	++++
Cálcico	++
Potásico	+
<i>Sulfatos</i>	
Sódico	++
Magnésico	++++
Potásico	+
<i>Carbonato sódico</i>	+++++
<i>Bicarbonato sódico</i>	++++
<i>Nitrato sódico</i>	++++

**Toxicidad:** + baja ++ media +++ alta ++++ muy alta +++++ extrema **Fuente:** Porta et al. (1999)

Se observa la presencia de sales de toxicidad muy alta en las aguas de las islas de Tenerife, La Gomera y La Palma (*bicarbonato sódico*) y de toxicidad alta en las aguas de Fuerteventura, Gran Canaria y El Hierro (*cloruro sódico*) (Tablas I.3.55 a I.3.60)

El magnesio es el segundo catión en importancia (sobre todo en la isla de Gran Canaria), por lo que podrían encontrarse sales de toxicidad muy alta como el *cloruro de magnesio* y el *sulfato magnésico* en las aguas de esta isla (Tabla I.3.59).

El *carbonato sódico*, sal de toxicidad extrema, parece observarse en las aguas de riego de la isla de Tenerife (I.3.55).

El *sulfato sódico* (sal de toxicidad media) también parece estar presente en las aguas de riego de las islas de Fuerteventura, Gran Canaria y La Palma fundamentalmente (Tablas I.3.56, I.3.59 y I.3.60).

La FAO (1985a) ha establecido unos niveles de concentración en agua para los iones y grupos iónicos que más frecuentemente pueden producir toxicidad en los cultivos (sodio, cloruros, nitratos, bicarbonatos y boro), según el sistema de riego utilizado (Tabla I.3.84). En base a ellos hemos evaluado la posible toxicidad de las aguas de riego y las restricciones recomendadas en su uso, en las diferentes islas consideradas (Anexo IX).

**Tabla I.3.84**  
**Toxicidad iónica específica**

	Unidad	Grado de restricción en el uso		
		Ninguno	Ligero a moderado	Severo
<b>Sodio</b>				
<b>Con riego superficial (SAR)</b>	(meq/L) <sup>0.5</sup>	<3	3-9	>9
<b>Con riego por aspersión</b>	meq/L	<3	>3	
<b>Cloruros</b>				
<b>Con riego superficial</b>	meq/L	<4	4-10	>10
<b>Con riego por aspersión</b>	meq/L	<3	>3	
<b>Nitrógeno (NO<sub>3</sub>-N)</b>	mg/L	<5	5-30	>30
<b>Bicarbonatos</b>				
<b>Con riego por aspersión</b>	meq/L	<1,5	1,5-8,5	>8,5
<b>Boro</b>	mg/L	<0,3	0,3-4	>4

**Riego superficial:** agua directamente en la superficie del suelo e incluye goteo, microaspersión y manta

**Fuente:** FAO (1985a)

Como puede observarse en la Tabla I.3.85 las mayores restricciones en el uso de aguas de riego se producen debido a una posible toxicidad por el ión sodio (69,8 % de las aguas presentan restricciones ligeras-moderadas o severas), seguida por las aguas que presentan riesgos de toxicidad por cloruros, mientras que el riesgo es prácticamente despreciable cuando se trata de la toxicidad por bicarbonatos. Porcentajes intermedios se observan para la toxicidad por nitratos y boro.

Restricciones ligeras-moderadas y severas de toxicidad por sodio se encontraron en todas las islas y por cloruros fundamentalmente en las islas de Fuerteventura, El Hierro, La Gomera y Gran Canaria (Tabla I.3.86). Toxicidad por bicarbonatos se observan en las islas de La Palma, El



Hierro y en menor grado en Tenerife, por nitratos en Fuerteventura, Gran Canaria y La Palma, y restricciones ligeras a moderadas y severas por el uso de aguas con altas concentraciones de boro se encontraron, como podemos ver en la Tabla I.3.86, en las islas de Fuerteventura y Gran Canaria.

**Tabla I.3.85**  
**Restricciones en el uso del agua de riego por toxicidad (%)**

Clase	RNa	RCI	RBi	RNi	RB
n	30,2	69,2	90,1	79,7	83,1
l	56,4	18,0	7,6	18,0	16,3
s	13,4	12,8	2,3	2,3	0,6

**RNa** Restricción debido al sodio **RCI** Restricción debido a los cloruros  
**RBi** Restricción debido a los bicarbonatos **RNi** Restricción debido a los nitratos  
**RB** Restricción debido al boro **n** Ninguna restricción  
**l** Restricción de ligera a moderada **s** Restricción severa

**Tabla I.3.86**  
**Restricciones ligeras-moderadas y severas**  
**en el uso del agua de riego por toxicidad (%), por islas**

Isla	RNa	RCI	RBi	RNi	RB
Tenerife	81,3	13,8	10,0	6,3	0,0
La Palma	53,8	7,7	38,5	38,5	0,0
La Gomera	65,2	52,2	0,0	13,0	0,0
El Hierro	55,5	55,5	33,3	0,0	0,0
Gran Canaria	55,8	46,5	0,0	44,2	58,1
Fuerteventura	100,0	100,0	0,0	75,0	100,0

**RNa** Restricción debido al sodio **RCI** Restricción debido a los cloruros **RBi** Restricción debido a los bicarbonatos  
**RNi** Restricción debido a los nitratos **RB** Restricción debido al boro

### **III.2.2.5. Correlaciones entre variables de las aguas de riego**

Con el fin de mejor conocer el estado salino y sódico de las aguas de riego utilizadas en este trabajo, se ha realizado la matriz de correlaciones de las variables analizadas en las aguas de riego que se presenta en la Tabla I.3.87.

Las mejores correlaciones con la CE la presentan el sodio, los cloruros y los sulfatos. Se encontraron muy fuertes correlaciones entre los iones amonio, nitratos y potasio, entre cloruros con sodio y sulfatos, así como entre sulfatos y sodio. Con respecto al pH se encontró tan sólo una

pequeña correlación con los carbonatos.

**Tabla I.3.87**

**Matriz de correlaciones entre variables de las aguas de riego**

	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
CE	-0,130										
Ca <sup>2+</sup>	-0,326	0,561									
Mg <sup>2+</sup>	0,063	0,710	0,690								
Na <sup>+</sup>	-0,074	0,939	0,442	0,616							
K <sup>+</sup>	-0,128	0,276	-0,048	-0,031	0,011						
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,240	0,220	-0,030	-0,103	-0,050	0,942					
Cl <sup>-</sup>	-0,195	0,908	0,614	0,603	0,923	0,011	-0,020				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0,191	0,905	0,677	0,718	0,906	0,008	-0,032	0,911			
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,216	0,239	-0,040	0,374	0,251	0,028	-0,103	-0,019	0,083		
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0,449	0,167	-0,201	0,369	0,194	0,007	-0,072	-0,084	0,027	0,470	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,246	0,267	0,072	-0,026	-0,018	0,930	0,983	0,025	0,030	-0,112	-0,085

**III.2.2.5.a. Relación entre la conductividad eléctrica y la concentración de sales**

Con los resultados del análisis de 104 aguas de riego, cuyos valores de conductividad eléctrica están comprendidos entre 74 y 8399  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , se ha obtenido una ecuación que relaciona la concentración total de sales (mg/L) y la CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (Figura I.3.39):

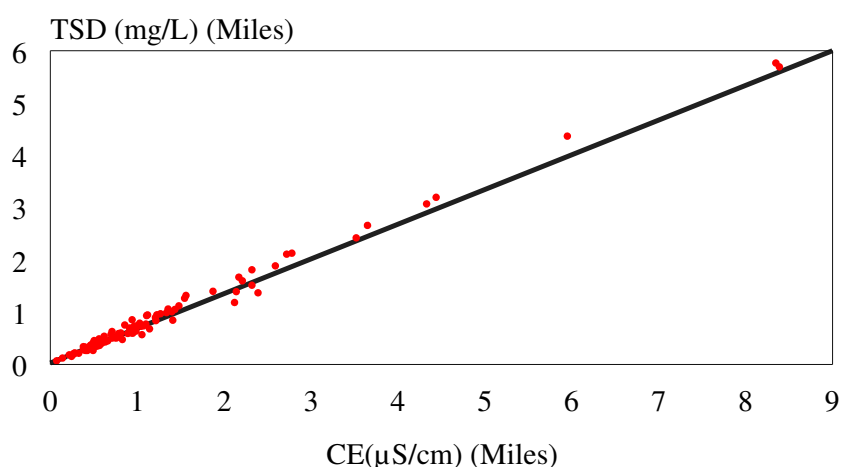
$$TSD \text{ (mg/L)} = 0,698 \text{ CE } (\mu\text{S}/\text{cm}) + 24,79$$

$$r = 0,996 \text{ p} < 0,01$$

Ecuación (32)

Como ya comentamos en el apartado III.1.1.2.b.i, a propósito de las características de la solución del suelo (extracto de saturación), el factor de transformación  $f = TSD \text{ (mg/L)} / CE \text{ } (\mu\text{S}/\text{cm})$  varía dependiendo de la composición iónica de la solución en cuestión. Este factor en las aguas de riego analizadas varía entre 0,534 y 0,907 con un valor medio de 0,729, que corresponde a una composición iónica fundamentalmente clorurada o bicarbonatada sódica.

**Figura I.3.39**  
**Concentración total de sales en mg/L (TSD) vs.**  
**conductividad eléctrica de las aguas de riego ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )**



**III.2.2.5.b. Relación entre la conductividad eléctrica y la concentración iónica**

Se obtuvieron también muy buenas correlaciones entre la concentración catiónica (CC) o aniónica (CA) expresadas en meq/L y la CE de las aguas de riego.

$$CC \text{ (meq/L)} = 0,011 \text{ CE } (\mu\text{S}/\text{cm}) - 0,155$$

$$r = 0,997 \text{ p} < 0,01$$

Ecuación (33)

$$CA \text{ (meq/L)} = 0,011 \text{ CE } (\mu\text{S}/\text{cm}) - 0,644$$

$$r = 0,997 \text{ p} < 0,01$$

Ecuación (34)

El factor de transformación  $g = C \text{ (CC o CA) (meq/L) / CE } (\mu\text{S}/\text{cm})$  tiene un valor medio de 0,011 (Tabla I.3.88) que se corresponde con aguas cuya sal predominante es el cloruro sódico (Aragüés et al., 1986).

**Tabla I.3.88**  
**Análisis estadístico del factor de transformación g (CC/CE y CA/CE)**

	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
CC/CE	98	0,011	0,011	0,001	0,008	0,012
CA/CE	98	0,011	0,011	0,001	0,007	0,013

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

### III.2.2.5.c. Relación entre la fuerza iónica y la conductividad eléctrica

Se ha obtenido una ecuación entre la fuerza iónica (*I*, en moles/L) de las aguas de riego y la conductividad eléctrica en  $\mu\text{S/cm}$ :

$$I \text{ (moles/L)} = 1,265 \cdot 10^{-5} CE \text{ (\mu S/cm)} + 3,625 \cdot 10^{-4}$$

$$r = 0,996 \text{ p} < 0,01$$

Ecuación (35)

### III.2.2.5.d. Relación entre el SARcar y el SARa

Se ha encontrado una muy fuerte correlación entre el SARcar y el SARa pudiendo estimarse el primero, que tiene en cuenta la formación de pares iónicos y complejos, a partir del SAR tradicional (SARa), la relación es la siguiente:

$$SARcar \text{ (meq/L)}^{0,5} = 1,150 SARa \text{ (meq/L)}^{0,5} - 0,245$$

$$r = 0,998 \text{ p} < 0,01$$

Ecuación (36)

### III.2.2.5.e. Relación entre la concentración de boro y la conductividad eléctrica

El boro es un elemento que presenta una problemática especial en el caso de suelos y aguas salinas. Se trata de un elemento que es un micronutriente esencial para el crecimiento óptimo de las plantas y donde los límites de deficiencia y toxicidad están muy próximos. Es además un elemento que se suele encontrar en concentraciones altas (frecuentemente tóxicas) en suelos de regiones áridas, suelos salino-sódicos, aguas subterráneas de regiones volcánicas activas (Landon, 1991) y aguas residuales (Porta et al., 1999).

Ésto se debe fundamentalmente a que la salinidad incrementa la solubilidad de las sales de boro y así hemos encontrado una fuerte correlación altamente significativa entre la concentración de boro en el agua y su conductividad eléctrica ( $r = 0,761 \text{ p} < 0,01$ ).

$$B \text{ (mg/L)} = 3,077 \cdot 10^{-4} CE \text{ (\mu S/cm)} - 0,055$$

$$r = 0,761 \text{ p} < 0,01$$

Ecuación (37)

### **III.2.2.6. Resumen**

Se observa una extraordinaria variabilidad en la salinidad de las aguas estudiadas, así como en su composición iónica, según la isla de procedencia y el origen de las mismas.

El agua de las islas de Fuerteventura y Gran Canaria, es la que presenta una mayor salinidad, mientras que las de La Palma y La Gomera, presentan las conductividades más bajas. En el primer caso las aguas son mayormente cloruradas sódicas, mientras que en el segundo, lo son bicarbonatadas sódicas.

Según su origen, la mayor salinidad aparece en las aguas depuradas y en las procedentes de pozos, siendo estas últimas de naturaleza clorurada sódica, mientras que los bicarbonatos y el sodio son los iones dominantes en el resto de las aguas.

En lo que respecta a la sodicidad de las aguas, evaluada en términos de SAR, se propone como el mejor índice para predecir el riesgo de sodificación del suelo, el valor de SAR calculado teniendo en cuenta el equilibrio del agua con la calcita y la formación de pares iónicos y complejos (SARcar). La variabilidad de este parámetro es menor que en el caso de la salinidad, siendo las aguas de Fuerteventura las que presentan un mayor riesgo de sodificación, seguidas por las de Tenerife y El Hierro, con bajos riesgos de sodificación en el caso de las aguas de La Gomera y La Palma. En este mismo sentido, son las aguas depuradas las que ofrecen un mayor riesgo de sodificación.

Hay que destacar que según se deduce del producto de las actividades iónicas (pIAP), un alto porcentaje de las aguas, están sobresaturadas en calcita, con el riesgo que esto implica de precipitación de calcio, lo cual se traduce en un aumento del pH y del riesgo de sodificación, además de producir obturaciones en los sistemas de riego y canalizaciones de agua por formación de carbonato cálcico. Parece pues necesario un incremento en la investigación sobre inhibidores de la precipitación del calcio (materia orgánica, magnesio), para tratar de resolver el problema, sobre todo en los sistemas de riego localizado, más sensibles al mismo.

En cuanto al pH, las aguas más alcalinas son las procedentes de las islas de Tenerife y El Hierro, mientras que según su origen, las que tienen un menor grado de alcalinidad son las procedentes de depuradoras.

La presencia de sales tóxicas es mayor en las aguas procedentes de Tenerife, La Gomera y La Palma, encontrándose incluso carbonato sódico, en algunas aguas de la primera isla. En todas las aguas es frecuente la presencia de cloruros sódicos y magnésicos y de sulfato de magnesio.

Las mayores restricciones en el uso de las aguas de riego se producen debido a la posible toxicidad por sodio y cloruros. Además pueden aparecer restricciones, en algunos casos severas por el uso de agua con niveles tóxicos de bicarbonatos, nitratos y boro.

A partir de los datos anteriores se han obtenido ecuaciones, con una alta significación, que relaciona la conductividad eléctrica del agua con el total de sales disueltas, la concentración catiónica y aniónica, la fuerza iónica y el boro, así como el SARcar y el SAR convencional (SARa).

### III.2.2.7. Clasificación de las aguas de riego

Los diferentes sistemas de clasificación de las aguas de riego según sus características químicas, tienen como objetivo establecer grupos de aguas según el riesgo de ocasionar problemas de salinización o sodificación del suelo al regar con ellas, o generar toxicidad en los cultivos. Para estimar estos riesgos, comúnmente se utilizan propiedades intrínsecas del agua como su concentración y tipos de sales, concentración de sodio, absoluta o relativa, concentración de iones con toxicidad específica, etc., aunque también en algunos casos se utilizan parámetros de los suelos que van a ser regados con esas aguas (permeabilidad, infiltración, etc.).

#### III.2.2.7.a. Coeficiente Alcalimétrico o Índice de Scott (K)

Este índice fue propuesto en el Standard Methods of Chemical Analysis (1927), y se define como *“la altura del agua en pulgadas (1 pulgada = 2,54 cm), que después de la evaporación dejaría en un terreno vegetal, de cuatro pies de espesor (1 pie = 0,3048 m), álcali suficiente para imposibilitar el desarrollo normal de las especies vegetales más sensibles”* (Canovas, 1980).

El coeficiente K se determina teniendo en cuenta las concentraciones de sodio, cloruros y sulfatos, pero previamente el agua debe de cumplir una de las tres condiciones que se señalan en la Tabla I.3.89. Cuando la concentración de cloruros (meq/L) es superior a la necesaria para compensar todos los iones sodio, se cumple la primera condición y el valor de K se calcula dividiendo 2040 por la concentración de cloruros (mg/L). Si la concentración de sodio es superior a la de cloruros y a su vez inferior a la suma de cloruros y sulfatos (meq/L) se tiene que cumplir la segunda condición y se calcula el coeficiente K según la Tabla I.3.89, y en el caso en que la concentración de sodio sea superior a la suma de cloruros y sulfatos, estaríamos en la tercera condición. Con los valores de K obtenidos se establece la calidad del agua en cuatro clases (Tabla I.3.90). Cuanto mayor sea la concentración de sodio y cloruros del agua de riego menor será el índice (coeficiente K) con lo cual el agua de riego será de peor calidad.

**Tabla I.3.89**  
**Determinación del coeficiente K**

Condiciones (meq/L)	Coefficiente K (mg/L)
1° Na - 0,65 Cl # 0	2040/Cl
2° 0,48 SO <sub>4</sub> > Na - 0,65 Cl > 0	6620/(Na + 2,6 Cl)
3° Na - 0,65 Cl - 0,48 SO <sub>4</sub> > 0	662/(Na - 0,32 Cl - 0,43 SO <sub>4</sub> )

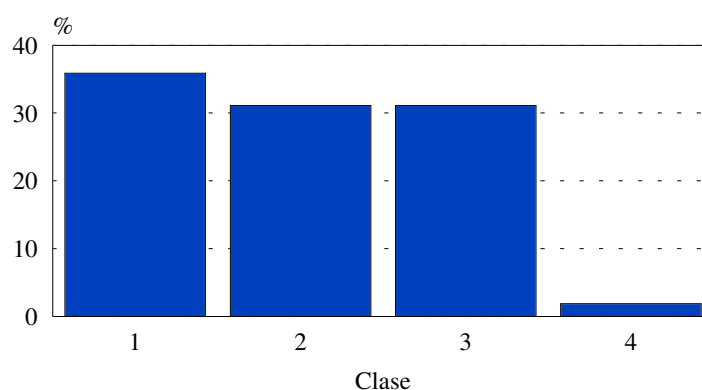
Las concentraciones de los iones se expresan en meq/L para establecer las condiciones y en mg/L para calcular el coeficiente K

**Tabla I.3.90**  
**Clasificación de Scott**

Coefficiente K	Clasificación	Observaciones
$K > 18$	Clase 1 Buena	Se puede utilizar muchos años sin tomar precauciones para impedir la acumulación de sales
$18 > K > 6$	Clase 2 Tolerable	Tomar precauciones para impedir acumulación de sales, excepto en los suelos con drenaje libre
$6 > k > 1,2$	Clase 3 Mediocre	Debe seleccionarse el suelo. A veces es preciso un drenaje artificial
$1,2 > K$	Clase 4 Mala	Prácticamente no es utilizable para riego

En el Anexo X aparece la clasificación según el índice de Scott de todas las aguas analizadas. En la Figura I.3.40 se presenta el histograma de frecuencias para cada una de las clases de las aguas de riego consideradas. El 33,0 % de las aguas pertenecen a las clases de mediocre a mala, proceden de las islas de Fuerteventura, Gran Canaria y Tenerife, y su origen es variado. El resto de las aguas se incluyen en las clases 1 y 2 (buena a tolerable) y proceden de las islas de La Palma, La Gomera y El Hierro, así como de Tenerife y Gran Canaria.

**Figura I.3.40**  
**Distribución de frecuencias de las aguas de riego, según el Índice de Scott**



De las tres aguas muestradas en la isla de Fuerteventura dos pertenecen a la clase mala y una a la mediocre, son las aguas analizadas de peor calidad según este índice, debido a las altas concentraciones de sodio y cloruros que presentan (cumplen la segunda condición).

En la isla de Tenerife el 43,9 % de las aguas muestradas pertenecen a la clase 3 (mediocre), son aguas con concentraciones de sodio superiores a las de cloruros y sulfatos (tercera condición) que generalmente proceden de galerías y de mezclas de aguas. El 68,4 % de las mismas son



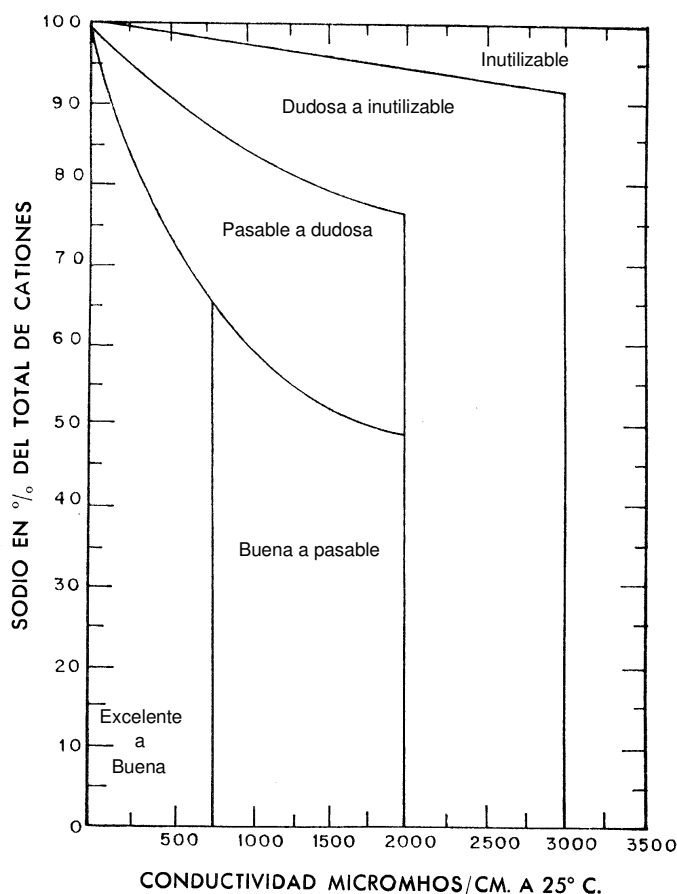
utilizadas en regar cultivos de platanera y tomates.

El 27,3 % de las aguas de la isla de Gran Canaria son aguas mediocres ricas en sodio y cloruros (cumplen la segunda condición) y proceden de pozos y mezclas de aguas, fundamentalmente.

### III.2.2.7.b. Clasificación de Wilcox

Esta clasificación se basa en la estimación del riesgo de salinización del suelo, mediante la concentración salina del agua expresada en CE a 25 °C ( $\mu\text{mhos/cm}$ ) y del riesgo de sodificación del suelo, mediante la concentración relativa de sodio frente al resto de cationes (Wilcox et al., 1954). Se obtienen así cinco clases de aguas (Figura I.3.41).

**Figura I.3.41**  
**Clasificación de Wilcox**



Según podemos ver en la Tabla I.3.91 y en la Figura I.3.42, el 60,6 % de las aguas estudiadas se pueden incluir en las clases 1 y 2 (excelente a pasable) y proceden en su mayoría de las islas de La Palma, La Gomera y El Hierro, así como Gran Canaria y Tenerife, donde riegan

fundamentalmente plataneras.

El 39,4 % de las aguas se incluyen en las clases de peor calidad (3, 4 y 5) y proceden fundamentalmente de las islas de Fuerteventura, Gran Canaria y Tenerife. De todas las aguas de este grupo, el porcentaje más alto (44,8 %) procede de pozos y se utilizan para regar plataneras y tomates y en menor medida otros cultivos.

En el Anexo X aparece la clasificación de las aguas de riego estudiadas, según este sistema.

**Tabla I.3.91**  
**Clasificación de las aguas de riego, según Wilcox**

Clase	Agua	Porcentaje
Clase 1	Excelente a buena	39,4
Clase 2	Buena a pasable	21,2
Clase 3	Pasable a dudosa	21,2
Clase 4	Dudosa a inutilizable	10,6
Clase 5	Inutilizable	7,6

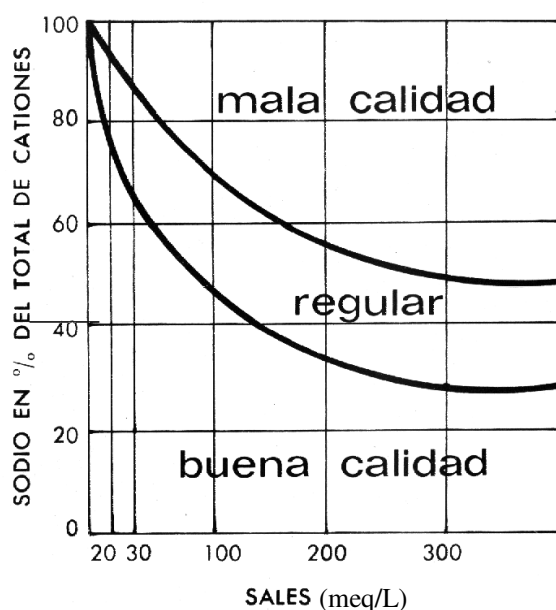
**Figura I.3.42**  
**Distribución de frecuencias de las aguas de riego, según Wilcox**



### III.2.2.7.c. Normas Greene

En este sistema, que es uno de los más simples propuestos, el riesgo de salinización del suelo se estima también mediante la concentración salina del agua, pero en este caso expresada como sales totales disueltas (meq/L) y el riesgo de sodificación del suelo como la concentración relativa de sodio frente al total de cationes (Ayers y Westcot, 1976), estableciéndose tres clases de aguas (Figura I.3.43).

**Figura I.3.43**  
**Clasificación de Greene**



Según esta clasificación el 85,6 % son aguas de buena calidad (clase 1) procedentes de todas las islas excepto Fuerteventura, y el resto (14,4 %) pertenecen a las clases de regular a mala calidad las cuales proceden de las islas de Fuerteventura, Tenerife y Gran Canaria y se utilizan para regar cultivos de tomates, platanera y otros (Tabla I.3.92, Figura I.3.44 y Tablas 15 a 21 del Anexo X).

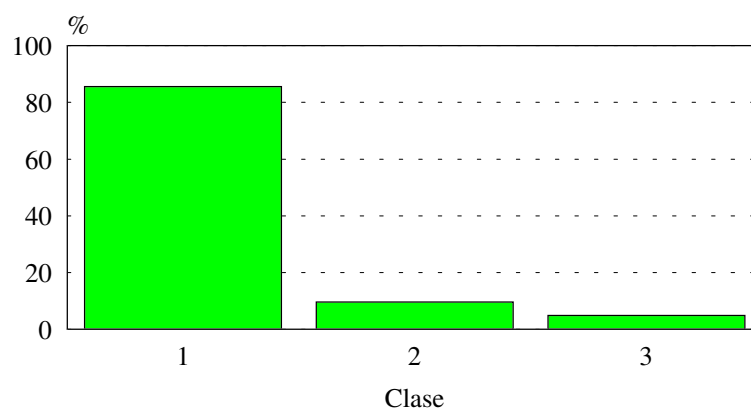
**Tabla I.3.92**  
**Clasificación de las aguas de riego, según las Normas Greene**

Clase	Agua	Porcentaje
Clase 1	Buena calidad	85,6
Clase 2	Regular	9,6
Clase 3	Mala calidad	4,8

La clasificación de las aguas según las normas Greene, es de las menos restrictivas que existen y no ofrece muchas garantías cuando se trata de aguas de buena calidad, sin embargo si el resultado es un agua de mala calidad, el agua es decididamente mala.

**Figura I.3.44**

**Distribución de frecuencias de las aguas de riego, según las Normas Greene**



**III.2.2.7.d. Normas Riverside**

El sistema tradicional de clasificación de aguas de Riverside (USSL Staff, 1954) ha sido modificado por Ayers y Westcot (1985), incluyendo un mayor número de clases que el sistema original.

En estas normas el riesgo de salinización del suelo se estima a partir de la salinidad del agua expresada por medio de la CE a 25 °C ( $\mu\text{mhos/cm}$ ) y el riesgo de sodificación a partir de la concentración de sodio frente a calcio y magnesio expresado en términos de SAR del agua.

Como vemos en la Figura I.3.45 en un sistema de coordenadas logarítmicas se representa la CE en abscisas y los valores de SAR en ordenadas, estableciéndose cinco grados de riesgo de salinización  $C_i$  ( $i = 1-5$ ) y cuatro grados de riesgo de sodificación  $S_j$  ( $j = 1-4$ ), obteniéndose así 20 categorías de aguas  $C_iS_j$ .

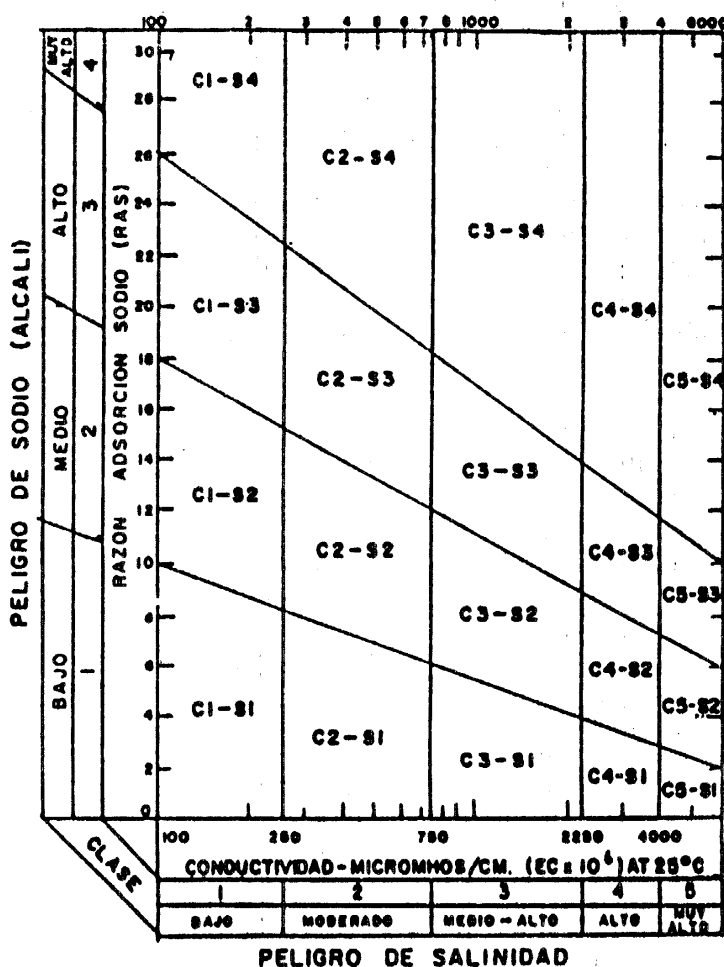
El 40,5 % de las aguas analizadas son aguas de bajo a moderado riesgo de salinización y el 73,1 % de las mismas son de bajo peligro de sodificación (Tabla I.3.93 y Figura I.3.46).

Las clases más frecuentes son las 2, 3 y 8 significando un 35,6, 31,7 y 14,4 % respectivamente del total de aguas muestreadas. Las aguas pertenecientes a la clase 2 están representadas en las islas de La Palma, La Gomera y El Hierro, así como en Tenerife y Gran Canaria, y se utilizan en el riego de plataneras. Las aguas de la clase 3 proceden fundamentalmente de las islas de La Gomera, Tenerife y Gran Canaria e igualmente se emplean sobre todo en el cultivo de plátanos. La clase 8 (14,4 %) está constituida por aguas de Tenerife que se emplean en regar fundamentalmente plataneras.

Como se puede observar en la Tabla I.3.93, en la Figura I.3.46 y en las Tablas 22 a 28 del Anexo X, el 59,5 % de las aguas pertenecen a las clases con mayor riesgo de salinización (C3Sj, C4Sj y C5Sj) de las que las clases de mayor peligro de salinidad (4, 9, 10, 14, 15, 19 y 20) son aguas procedentes de Fuerteventura, Tenerife y Gran Canaria y riegan sobre todo cultivos de tomates.

El 26,9 % de las agua de este estudio presentan riesgo de sodificación medio, alto y muy alto (CiS2, CiS3 y CiS4), de las que las clases con mayor peligro de sodicidad (13, 14, 15, 19 y 20) son aguas de Tenerife que se emplean también en el cultivo del tomate.

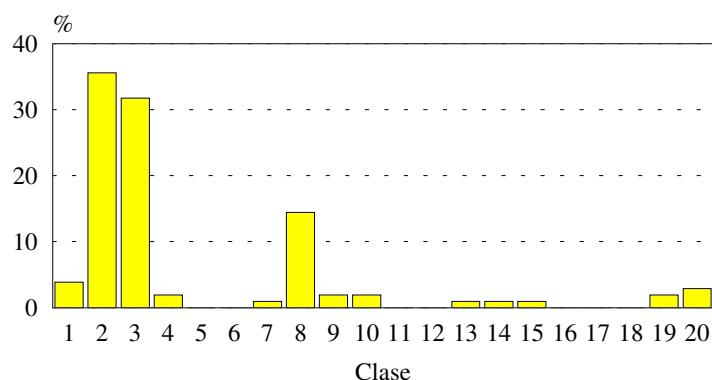
**Figura I.3.45**  
**Normas Riverside modificadas**  
 (Ayers y Westcot, 1985)



**Tabla I.3.93**  
**Clasificación de las aguas de riego, según las Normas Riverside modificadas**

Clase	Agua	Porcentaje	Clase	Agua	Porcentaje
Clase 1	C1S1	3,9	Clase 11	C1S3	0
Clase 2	C2S1	35,6	Clase 12	C2S3	0
Clase 3	C3S1	31,7	Clase 13	C3S3	1,0
Clase 4	C4S1	1,9	Clase 14	C4S3	1,0
Clase 5	C5S1	0	Clase 15	C5S3	1,0
Clase 6	C1S2	0	Clase 16	C1S4	0
Clase 7	C2S2	1,0	Clase 17	C2S4	0
Clase 8	C3S2	14,4	Clase 18	C3S4	0
Clase 9	C4S2	1,9	Clase 19	C4S4	1,9
Clase 10	C5S2	1,9	Clase 20	C5S4	2,8

**Figura I.3.46**  
**Distribución de frecuencias de las aguas de riego, según las Normas Riverside modificadas**



### III.2.2.7.e. Directrices técnicas propuestas por la FAO en relación con la clasificación de las aguas

El concepto de calidad del agua es relativo, ya que depende estrechamente del uso que se le vaya a dar a la misma. Con objeto de obviar este carácter relativo de las clasificaciones de la calidad de las aguas, la FAO ha propuesto un sistema (Ayers y Westcot, 1985) en el que para la evaluación de la calidad de las aguas de riego, se tiene en cuenta la tolerancia de los cultivos a las sales y la influencia que en las propiedades físicas del suelo tiene además del propio SAR, la concentración de electrolitos del agua, ya que para un mismo valor de SAR, los riesgos de degradación de la estructura por sodificación, aumentan al disminuir la concentración salina del agua.

### **i) Salinidad**

Agrupando los diferentes cultivos en sensibles, semitolerantes y tolerantes, se han establecido para cada uno de ellos umbrales de CE del agua de riego, a partir de los cuales comienza a aparecer una disminución en la productividad del cultivo.

De las tablas de tolerancia de los cultivos a la salinidad del agua de riego (Anexo XI) se ha deducido que en el 43,6 % de los casos, las aguas de riego tienen valores superiores al umbral a partir del que el cultivo que riegan, teóricamente comienza a disminuir la producción. Estas situaciones se dan fundamentalmente en las islas de Fuerteventura, Gran Canaria, Tenerife y La Gomera y prácticamente en todos los cultivos, incluidos plataneras y otros cultivos sensibles a la salinidad del agua de riego.

Vemos como al aplicar el criterio de tolerancia del cultivo a las sales, las aguas de la isla de La Gomera, clasificadas como buenas según clasificaciones basadas en características intrínsecas, pasan a ser aguas de baja calidad para los cultivos en los que se están utilizando.

### **ii) Degradación de la estructura**

Para evaluar un problema potencial de degradación de la estructura del suelo debido al uso del agua riego hay que tener en cuenta el SAR del agua y los valores de CE de la misma (Rhoades, 1977; Oster y Schroer, 1979; Ayers y Tanji, 1981 y Ayers y Westcot, 1985).

Según el esquema propuesto por Ayers y Westcot (1985) (Tabla I.3.94), nosotros hemos calculado las restricciones impuestas al agua de riego según el riesgo de degradación de la estructura y disminución de la capacidad de infiltración (Anexo XII). Según estos datos el 63,5 % de las aguas presentan restricciones moderadas y severas ya que pueden ocasionar problemas de infiltración en los suelos agrícolas regados con ellas.

Si comparamos las clasificaciones anteriores con los datos que presentamos en el Anexo XII, vemos que generalmente las aguas de peor calidad según las clasificaciones anteriores no suelen presentar riesgos de degradación en la estructura del suelo, ya que se trata de aguas generalmente salinas que impiden la dispersión de los coloides mejorando la capacidad de infiltración.

Por el contrario, las aguas de mejor calidad de las clasificaciones anteriores (aguas de riego de las islas de La Palma, La Gomera y El Hierro, y en menor medida Tenerife y Gran Canaria) presentan restricciones moderadas y severas, debido a que son aguas con bajas conductividades eléctricas que favorecen como hemos dicho, la dispersión de las arcillas con los consiguientes

problemas de infiltración, aireación, etc..

**Tabla I.3.94**  
**Restricciones del uso del agua de riego**  
**según el riesgo de degradación de la estructura**

	Restricciones de uso		
	Ninguna	Ligera a moderada	Severa
<b>SAR</b>	<b>CE (dS/m a 25 °C)</b>		
0-3	>0,7	0,7-0,2	<0,2
3-6	>1,2	1,2-0,3	<0,3
6-12	>1,9	1,9-0,5	<0,5
12-20	>2,9	2,9-1,3	<1,3
20-40	>5,0	5,0-2,9	<2,9
pH	Rango normal 6,5-8,4		

Fuente: Ayers y Westcot (1985)

En el Anexo XII se presentan también las restricciones en el uso de las aguas debido al pH (RpH) encontrándose que el 49 % de los cultivos muestreados son regados con aguas que tienen valores superiores a 8,4, principalmente en las islas de Tenerife, El Hierro, Gran Canaria y La Palma, aguas que pueden producir problemas nutricionales en los cultivos así como problemas físicos en los suelos (ver apartado III.2.2.3).



### **III.2.3. DISCUSIÓN GENERAL SOBRE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE RIEGO**

Los principales parámetros que definen la calidad de las aguas utilizadas para el riego en las islas son extremadamente variables, como se deduce del estudio realizado. Debido a ésto, es difícil establecer una pauta general de calidad de todas las aguas, aunque sí se pueden resaltar los siguientes datos:

- Las aguas de las islas de Fuerteventura y Gran Canaria son las de mayor salinidad, mientras que las de La Palma y La Gomera, presentan las conductividades más bajas.
- El sodio es el catión que predomina en todas las aguas, y el magnesio es el segundo catión en importancia. El ión cloruro es el anión predominante en las aguas de las islas de Fuerteventura, Gran Canaria y El Hierro, y los bicarbonatos en las aguas de las islas de Tenerife, La Gomera y La Palma.
- Atendiendo a su origen, las aguas procedentes de depuradoras y de pozos parecen ser las que tienen las conductividades eléctricas más altas.
- Los cloruros dominan en las aguas procedentes de pozos y mezcladas y el anión bicarbonato es el más abundante en las aguas de depuradoras, galerías y presas.
- Las aguas de la isla de Fuerteventura, Tenerife y El Hierro son las que presentan los valores más altos de sodicidad.
- Según su origen, las aguas depuradas son las que tienen el mayor riesgo de sodificación de suelos.
- El 72,1 % de las aguas de riego están sobresaturadas en calcita, por lo que tienen un alto riesgo de precipitación de carbonato cálcico que se traduce en un incremento de la relación de adsorción de sodio y del riesgo de alcalinización del suelo. Las aguas procedentes de las islas de Tenerife y El Hierro son las que tienen un mayor riesgo de precipitación de calcita. Según su origen las depuradas y las procedentes de pozos son las que presentan el mayor potencial de sodificación del suelo debido a la precipitación de calcio.
- Las aguas de riego analizadas tienen un valor medio de pH alto (8,4) y son aguas cuyo contenido en bicarbonatos es superior al de calcio. Los valores más altos de pH se observan en las aguas de las islas de Tenerife y El Hierro.

- Se observa la presencia de sales de toxicidad muy alta en las aguas de las islas de Tenerife, La Gomera y La Palma (bicarbonato sódico), así como en Gran Canaria (cloruros y sulfatos magnésicos). En algunas aguas de Tenerife se ha detectado la presencia de carbonato sódico (sal extremadamente tóxica).

- Las mayores restricciones en el uso de aguas de riego se producen debido a la posible toxicidad por los iones sodio y cloruros. Se encontraron restricciones ligeras-moderadas y severas por el uso de aguas con niveles tóxicos de bicarbonatos en las islas de La Palma, El Hierro y Tenerife, toxicidad por nitratos en Fuerteventura, Gran Canaria y La Palma, así como toxicidad por boro en las islas de Fuerteventura y Gran Canaria.

Con estas características, cualquiera que sea el sistema de clasificación de las aguas de riego utilizado, las aguas de peor calidad se encuentran en las islas de Fuerteventura, Gran Canaria y Tenerife. Estas aguas aparecen en una proporción variable que oscila entre el 59 % según las normas Riverside al 14 % según las normas Greene, pasando por valores en torno al 30-40 % para las clasificaciones de Scott y Wilcox. La calidad de las aguas según su procedencia no queda clara aunque si se observa una cierta tendencia a que las de peor calidad (sea cual sea la clasificación utilizada) procedan de pozos, aunque existen también aguas de galerías y aguas mezcladas con esta clasificación, lo que parece indicar que la calidad del agua está más en relación con la isla de procedencia y con el grado de explotación de los acuíferos, que con el procedimiento de obtención de las mismas. También se observa una tendencia a regar con aguas de peor calidad cultivos de tomates, empleándose las de mejor calidad en la platanera.

Como ya hemos dicho, el concepto de calidad del agua es relativo, ya que depende estrechamente del uso que se vaya a hacer de la misma. En el caso de la calidad de las aguas para riego, ésta debe evaluarse teniendo en cuenta, no sólo las características propias del agua sino también la tolerancia de los cultivos a regar en cuanto a las sales y al sodio, el manejo del riego y las características del suelo.

En general las clasificaciones de las aguas de riego no tienen en cuenta la tolerancia de los cultivos a las sales y al sodio, ni las propiedades o características físicas del suelo a regar y se basan principalmente en su composición química para establecer riesgos de salinización y sodificación del suelo. Además, como hemos visto en las diferentes clasificaciones, es necesario tener en cuenta también las interrelaciones existentes entre los diferentes parámetros que determinan las características de un agua y así un agua de riego con una determinada concentración relativa de sodio no empeora en calidad al aumentar su concentración electrolítica que es como se ha venido considerando, sino todo lo contrario ya que mantiene el suelo más estructurado y se reducen los problemas derivados de la baja velocidad de infiltración (Rhoades, 1977; Oster y Schoer, 1979;

Ayers y Tanji, 1981; Ayers y Westcot, 1985).

Así pues la calidad del agua de riego debe evaluarse según su aptitud para regar con ese agua un determinado cultivo, en un determinado suelo y bajo unas determinadas condiciones climáticas, lo cual implica establecer los equilibrios entre las propias características del agua, la tolerancia del cultivo, la concentración de electrolitos en la solución del suelo y la cantidad de sodio adsorbido en el complejo de cambio de ese suelo.

Las clasificaciones habituales de las aguas de riego (Scott, Wilcox, Greene y Riverside) dan mayor importancia a la salinidad de las aguas y sus efectos sobre los cultivos que a los problemas que puedan originar sobre las propiedades físicas de los suelos a regar. Como ya hemos visto, las sales en el suelo influyen negativamente en la producción del cultivo, ya que el aumento de la presión osmótica produce una disminución de la disponibilidad de agua, deficiencias nutricionales generalizadas y en ocasiones problemas de toxicidad, sin embargo el contenido de sales en el suelo tiene un efecto positivo sobre la estructura del mismo, y los suelos salinos suelen presentar mejores propiedades físicas que suelos del mismo tipo no salinos.

En consecuencia la mejor o peor calidad del agua de riego viene determinada fundamentalmente por sus efectos sobre los cultivos (salinidad) y en menor medida por sus efectos sobre el suelo.

Las directrices propuestas por la FAO tienen en cuenta también los efectos sobre el cultivo, pero no de una manera absoluta, sino en relación con la tolerancia de cada cultivo y además considera el efecto que pueda tener el agua sobre las propiedades físicas del suelo, de tal manera que aguas que son consideradas de buena calidad por las clasificaciones habituales (según su salinidad), son aguas con severas restricciones para su uso en riego, según las directrices FAO, ya que aunque no afectan directamente a los cultivos, si pueden producir una degradación de las propiedades físicas de los suelos regados, a medio y corto plazo.

Una mejor aproximación a la evaluación de la calidad de las aguas de riego es la que se realiza con el uso de modelos informáticos que integran además de las características propias del agua, el manejo del riego, el clima, el funcionamiento hídrico del suelo, la tolerancia de los cultivos a las sales, sus necesidades hídricas, etc. y que estudiaremos en mayor detalle en la parte II de esta Tesis.

### III.3. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE VARIABLES DE LA SOLUCIÓN DEL SUELO Y VARIABLES DEL AGUA DE RIEGO

Con objeto de comprobar estadísticamente hasta que punto las características del agua de riego están condicionando las propiedades de los suelos de cultivo, se ha realizado la comparación de algunos parámetros como salinidad, concentración iónica, SAR y pH entre la solución del suelo y las aguas con las que se riegan.

Las aguas de riego de las islas de Fuerteventura, Gran Canaria y Tenerife son las que presentan las conductividades eléctricas más altas (Aptdo. III.2.2.1.a) mientras que en las islas de Gran Canaria, El Hierro, Fuerteventura y Tenerife, en orden de salinidad decreciente, es donde se presentan los mayores problemas de salinización de los suelos de regadío. Se observa pues, como en general los suelos más salinizados se encuentran en las islas que poseen aguas de menor calidad (más salinas), con la excepción de la isla de El Hierro, con un alto porcentaje de suelos salinizados y que tiene sin embargo aguas de muy baja salinidad.

Este hecho puede explicarse por el sistema de riego utilizado ya que tanto en El Hierro como en Fuerteventura, Gran Canaria o Tenerife, el sistema de riego más frecuentemente utilizado es el goteo (Aptdo. II.4.2) y éste como hemos visto (Aptdo. III.1.3.2) es el que ocasiona los mayores problemas de *salinización oculta* de los suelos regados. Además, islas como La Palma y La Gomera, con un agua de similar salinidad que la de El Hierro (Aptdo. III.2.2.1.a), presentan menos problemas de salinización de los suelos ya que los sistemas de riego predominantes son aspersion (La Palma) y manta (La Gomera).

Puede pues decirse que la salinidad del agua es importante, como fuente de sales, pero la distribución de las mismas en el suelo y las posibilidades de lavado fuera de la rizosfera, depende más del manejo del riego (sistema de riego, fracción de lavado, etc.) y de las propiedades físicas del suelo.

El catión predominante en todas las aguas de riego es el sodio, y las concentraciones más altas se encuentran en las aguas de las islas de Fuerteventura, Tenerife y El Hierro, islas donde aparece el sodio como catión mayoritario en la solución edáfica de los suelos regados, lo que parece indicar que el predominio de sodio en la solución de los suelos salinizados de algunas islas, tiene su origen en el alto contenido en sodio de las aguas de riego.

Los altos niveles de cloruros encontrados en las aguas de Fuerteventura, Gran Canaria y El Hierro parecen ser los responsables de que el anión cloruro sea el que predomine en la solución de los suelos de estas islas, sin embargo el predominio de los sulfatos en la solución de los suelos

regados de Tenerife, La Palma y La Gomera, hacen pensar en su origen a partir de enmiendas y fertilizantes ya que las aguas de riego son fundamentalmente bicarbonatadas (Aptdo. III.2.2.1.a).

Las aguas con mayores valores de SAR se encuentran en las islas de Fuerteventura, Tenerife y El Hierro, con el riesgo añadido en el caso de las dos últimas islas de ser las que mayor riesgo presentan de precipitación de carbonato cálcico. Este hecho se refleja en los suelos de regadío, ya que como se señala en el Aptdo. III.1.1.1.a., el proceso de sodificación derivados de los altos valores de SAR en el agua, es más patente en los suelos de Fuerteventura, El Hierro, Tenerife y Gran Canaria.

En general el pH de los suelos es alto (en extracto de saturación) y frecuentemente supera el valor de 8, lo cual parece que está condicionado por los elevados valores de pH que presentan todas las aguas de riego.

Se deduce la presencia de sales muy tóxicas en los extractos saturados de las islas de Tenerife y Gran Canaria (nitrato sódico), Tenerife y El Hierro (cloruro de magnesio y sulfato de magnesio), La Palma y La Gomera (sulfato de magnesio) y Gran Canaria (cloruro de magnesio) (Tablas I.3.4 a I.3.9 del Aptdo. III.1.1.1). En Tenerife, El Hierro, Gran Canaria y Fuerteventura hay además cloruro sódico en la solución del suelo.

La presencia en la solución edáfica de sales que no se observan de forma mayoritaria en las aguas de riego parece indicarnos que hay un aporte de las mismas al suelo, probablemente como fertilizantes o enmiendas, lo cual puede explicar la presencia de los sulfatos en los suelos de las islas de Tenerife, La Palma y La Gomera, así como de nitratos en los de las islas de Tenerife y Gran Canaria.

Como hemos visto en el apartado III.1.1.1, la zona agrícola del sur de Tenerife presenta mayores problemas de salinidad que los suelos que la zona norte, y hemos considerado que éstos pueden deberse al uso de aguas de peor calidad y al empleo de sistemas de riego localizados. En efecto, las aguas de riego empleadas en la zona sur tienen unas conductividades eléctricas superiores a las de la zona norte (Tabla I.3.95), aunque no se encontraron diferencias significativas entre estas dos zonas.

Con respecto a los sistemas de riego que se utilizan en estas dos zonas, podemos decir que el sistema de riego localizado de goteo es el que más se emplea en la zona sur (el 63,5 % del total de los sistemas de riego empleados), mientras que en la zona norte se utilizan por igual los cuatro sistemas (Tabla I.3.96). Parece pues confirmarse que el valor medio de salinidad de los suelos significativamente superior en la zona sur, se debe al sistema de riego empleado y en menor medida a la calidad de las aguas.

**Tabla I.3.95**  
**Análisis estadístico de la CE ( $\mu\text{S/cm}$ ) de las aguas de riego**  
**Norte y Sur de Tenerife**

	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
<b>Norte</b>	15	880	787	472	407	2120
<b>Sur</b>	26	1288	1114	806	380	3650

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.96**  
**Sistemas de riego empleados (%)**  
**Norte y Sur de Tenerife**

	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Manta
<b>Norte</b>	25,0	21,4	32,1	21,5
<b>Sur</b>	63,5	13,5	1,8	21,2

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

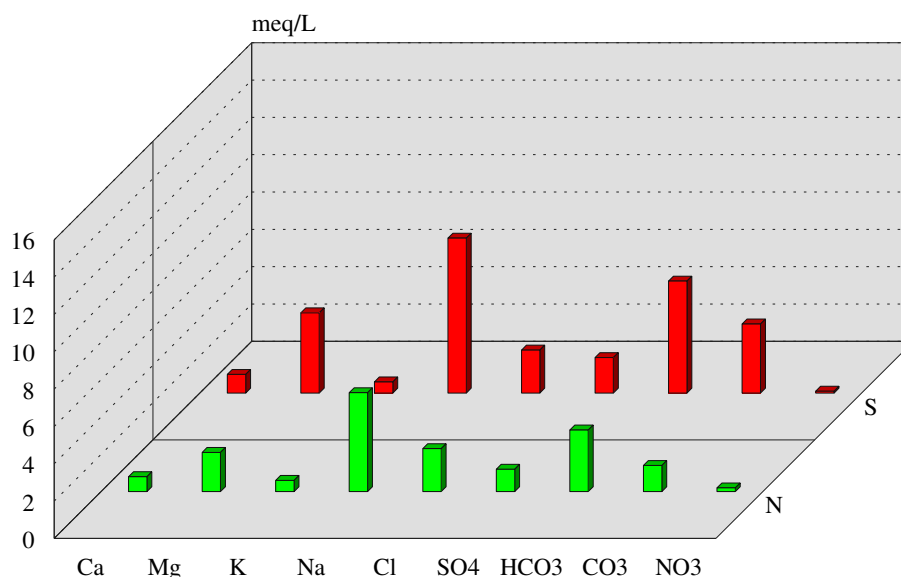
La composición iónica media de las aguas de riego de las zonas norte y sur de Tenerife, es en ambos casos bicarbonatada sódica (Tabla I.3.97 y Figura I.3.47) y como vimos anteriormente no se encontraron diferencias significativas entre sus conductividades eléctricas, aunque si aparecen diferencias entre estas zonas para los iones magnesio, bicarbonatos y carbonatos, por lo que parece, las aguas del sur aportan un mayor contenido de estos iones que las de la zona norte.

**Tabla I.3.97**  
**Valores medios de los iones en las aguas de riego**  
**Norte y Sur de Tenerife (meq/L)**

	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
<b>Norte</b>	0,8	2,1	0,6	5,3	2,3	1,2	3,3	1,4	0,2
<b>Sur</b>	1,0	4,3	0,6	8,3	2,3	1,9	6,0	3,7	0,1

También en los suelos de la zona sur de la isla de Tenerife se encontraron valores de sodio intercambiable superiores a los de la zona norte (Aptdo. III.1.1.1). Como podemos ver en la Tabla I.3.98 y aplicando el test no paramétrico de la U de Mann-Whitney, no se encontraron diferencias significativas entre el SARA de las aguas que riegan a estas dos zonas agrícolas.

**Figura I.3.47**  
**Valores medios de los iones en las aguas de riego**  
**Norte (N) y Sur (S) de Tenerife**



**Tabla I.3.98**  
**Análisis estadístico del SARA de las aguas de riego**  
**Norte y Sur de Tenerife**

	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
<b>Norte</b>	15	4,2	4,2	2,0	0,4	8,2
<b>Sur</b>	26	5,0	4,4	2,9	1,7	14,7

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

Podría ser pues el sistema de riego localizado (goteo) el mayor responsable de la sodificación de los suelos de la zona agrícola del sur de Tenerife, ya que no produce un lavado eficiente del sodio, favoreciendo por tanto su acumulación y posterior adsorción en el complejo de cambio.

Como vimos en el apartado III.1.2, el tomate se cultiva en suelos con conductividades eléctricas superiores a las de los suelos dedicados al cultivo de la platanera. Para comprobar si estas diferencias son debidas a la calidad de las aguas que son empleadas en estos cultivos, hemos realizado el análisis estadístico de la salinidad de las aguas para cada uno de ellos (Tabla I.3.99).

**Tabla I.3.99**  
**Análisis estadístico de la CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de las aguas de riego**  
**Platanera y Tomates**

	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máy
<b>Platanera</b>	53	797	713	471	74	2780
<b>Tomates</b>	20	2255	1636	2021	492	8390

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

Las aguas que se emplean en el cultivo del tomate presentan un valor medio de conductividad eléctrica superior a las de platanera (Tabla I.3.99), encontrándose diferencias estadísticamente significativas al aplicar el test de la U de Mann-Whitney ( $U = 4,03$ ,  $p < 0,001$ ). Podemos pues concluir diciendo que el tomate se está regando con aguas más salinas que las empleadas en el cultivo de platanera y que probablemente el contenido salino de estas aguas de riego sean las responsables de la mayor salinidad observada en los suelos dedicados al cultivo del tomate.

En el apartado III.1.2.2 llegamos a la conclusión de que los suelos dedicados al cultivo de la platanera tienen concentraciones de bicarbonatos y potasio significativamente superiores a los de tomate, y que éstos presentan concentraciones de sodio y de cloruros más altas que los de platanera. Para comprobar si estas diferencias son debidas al agua de riego, hemos realizado el análisis de las concentraciones medias de los iones de las aguas que riegan a las fincas de plataneras y tomates (Tabla I.3.100 y Figura I.3.48).

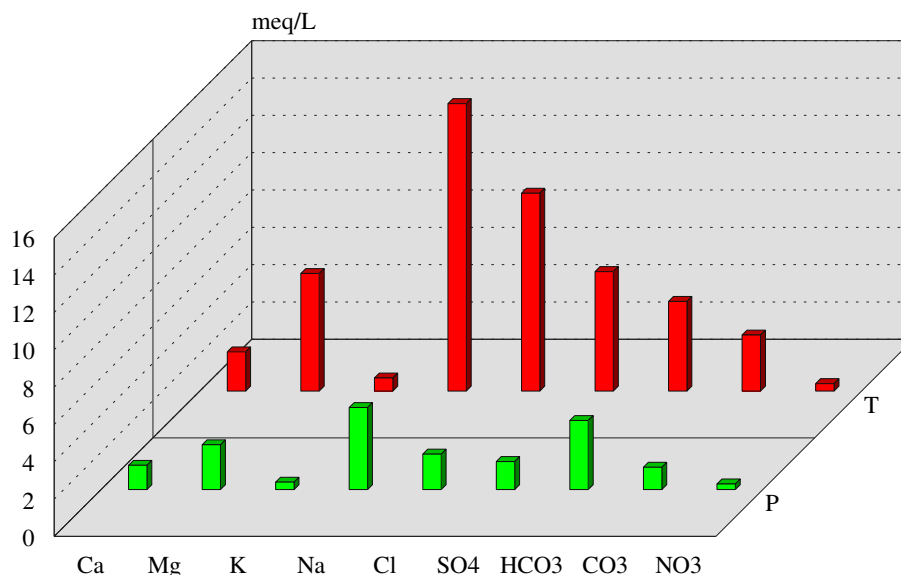
**Tabla I.3.100**  
**Valores medios de los iones en las aguas de riego**  
**Platanera y Tomates (meq/L)**

	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
<b>Platanera</b>	1,3	2,4	0,4	4,4	1,9	1,5	3,7	1,2	0,3
<b>Tomates</b>	2,1	6,3	0,7	15,4	10,6	6,4	4,8	3,0	0,4

La composición iónica media de las aguas con que se riegan los cultivos de plataneras es bicarbonatada sódica, y la de las aguas destinadas al cultivo de tomates es clorurada sódica. Las diferencias comentadas anteriormente pueden ser debidas por tanto, al aporte de estos iones por las aguas de riego, salvo en el caso del potasio. En este caso, la mayor proporción de este elemento encontrada en el extracto de saturación de los suelos de platanera, probablemente sea debido al mayor aporte de fertilizantes potásicos ya que el potasio es el elemento más importante en la nutrición de la platanera.



**Figura I.3.48**  
**Valores medios de los iones en las aguas de riego**  
**Platanera (P) y Tomates (T)**



En el apartado III.1.2.1 encontramos que el PSic en los suelos dedicados al cultivo de tomates es significativamente superior al de los suelos de platanera. Para comprobar si el SAR de las aguas de riego es el causante de estas diferencias, hemos realizado el tratamiento estadístico del SARa de las aguas que riegan a estos cultivos (Tabla I.3.101) y podemos ver como el valor medio del SARa de las aguas que riegan los cultivos de tomates es superior a aquellas de los cultivos de platanera, encontrándose diferencias estadísticamente significativas aplicando el test de la U de Mann-Whitney ( $U = 2,94$   $p=0,003$ ).

**Tabla I.3.101**  
**Análisis estadístico del SARa de las aguas de riego**  
**Platanera y Tomates**

	Nº	Media	Mediana	DS	Mín	Máx
<b>Platanera</b>	53	3,4	3,0	1,8	1,0	10,1
<b>Tomates</b>	20	6,7	4,7	6,1	0,2	26,2

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

Parece pues que el SARa de las aguas que riegan a los cultivos de exportación más importantes de las Islas Canarias, es un factor importante en el proceso de sodificación de estos suelos agrícolas.

### **III.3.1. CONCLUSIONES**

Queda claro de lo anteriormente expuesto que el contenido en sales de las aguas de riego es el principal responsable de la salinización observada en los suelos agrícolas, aunque el sistema de riego también influye en cierta medida en el proceso. Puede afirmarse que la salinidad del agua es importante como fuente de sales, pero la distribución de las mismas en el suelo y las posibilidades de lixiviación dependen más del manejo y sistema de riego, así como de las propiedades físicas del suelo.

En los suelos de algunas islas se han encontrado altos niveles de sodio y cloruros en la solución edáfica, que igualmente tienen su origen en las aguas de riego, ya que coinciden claramente con el riego con aguas cloruradas sódicas. La presencia de sulfatos y nitratos en concentraciones importantes en determinados suelos no se corresponde, sin embargo, con contenidos altos de estos aniones en las aguas y parecen proceder del uso intensivo de fertilizantes y enmiendas.

Igualmente, el proceso de sodificación se manifiesta de manera más patente en los suelos de aquellas islas cuyas aguas tienen los valores más altos de SAR, con el problema añadido en algunos casos, de presentar un alto riesgo de precipitación de carbonato cálcico.

El análisis comparativo realizado también ha puesto de manifiesto que la mayor degradación de los suelos por salinización-sodificación en la zona sur de Tenerife que en la norte y en los cultivos de tomate respecto a los de plátanos, tiene su origen en el uso de aguas de peor calidad y en el empleo generalizado de sistemas de riego tipo goteo.

### III.4. LOS CULTIVOS. ESTADO NUTRICIONAL

#### III.4.1. INTRODUCCIÓN

De los más de 100 elementos químicos que podemos encontrar como constitutivos de los tejidos vegetales, solamente 16 se consideran esenciales para el normal crecimiento de todas las plantas superiores, según los criterios de esenciabilidad establecidos por Arnon y Stout (1939). Estos son: C, O, H, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Cl.

El C, H y O, los toma libremente la planta del aire y del agua, por lo que aunque son elementos esenciales no son habitualmente considerados como nutrientes, consideración que si tienen el resto de los elementos esenciales y que las plantas absorben mayoritariamente del suelo.

En consecuencia la disponibilidad de estos nutrientes para las plantas viene determinada por las condiciones del suelo y por factores ambientales que han de tenerse en cuenta cuando se interpretan los niveles de nutrientes que existen en el suelo (Cox y Kamprath, 1972; Lucas y Knezek, 1972). Como quiera que estas condiciones son extremadamente variables tanto temporal como espacialmente, se ha generalizado el uso del análisis foliar como método que permita conocer el estado nutricional de los cultivos en detrimento de los análisis de suelos, ya que además, el análisis de la planta o análisis foliar permite detectar condiciones marginales o de deficiencia, antes que éstas puedan detectarse por el ojo humano (Donahue et al., 1981).

En este sentido es conveniente definir algunos términos de concentraciones de nutrientes, necesarios para la interpretación de los resultados de los análisis foliares (Reuter y Robinson, 1986) (Figura I.3.49).

*Deficiente (D)*: Rango de concentraciones de un determinado nutriente que está asociado con síntomas visibles de deficiencia y severas reducciones en el crecimiento de la planta o de la producción.

*Marginal (M)*: Rango de concentraciones asociado a una reducción del crecimiento o la producción pero sin síntomas visibles de deficiencia en la planta.

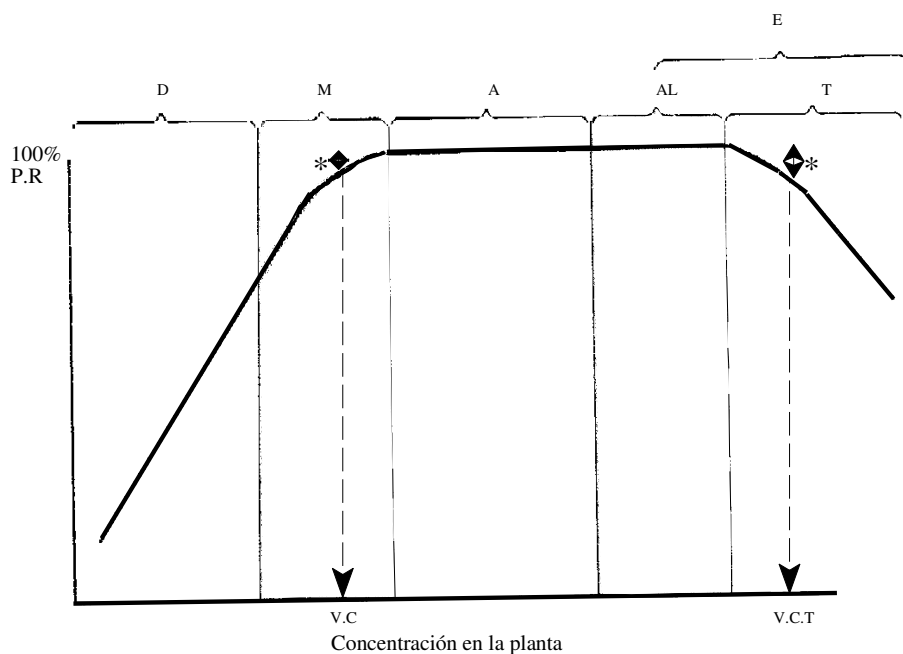
*Valor crítico (V.C)*: Es la concentración de un determinado elemento en el que el crecimiento o la producción, determinada experimentalmente es del 90-95%. Este valor cae dentro del rango de concentración marginal. El status de un nutriente en la planta debe normalmente mantenerse por encima del valor crítico.

*Adecuado (A)*: Rango de concentraciones en el que no hay un aumento ni una disminución del crecimiento o de la producción. También se denomina normal o suficiente.

*Alto (AL)*: Rango de concentraciones que se encuentra entre el rango adecuado y el rango tóxico o excesivo. Si encontramos valores altos de un nutriente debemos intentar reducirlos al rango adecuado.

*Tóxico o excesivo*: Concentraciones tóxicas (T) de un nutriente acumuladas en una parte específica de la planta son aquellas que están generalmente asociadas con síntomas de toxicidad o reducción del crecimiento o de la producción. Sin embargo concentraciones excesivas (E) de un elemento pueden no producir reducción en el crecimiento o en la producción, pero sí un vigor excesivo de la planta o severas reducciones en la calidad del fruto. A veces se ha determinado experimentalmente un valor crítico de toxicidad (V.C.T) en el que el crecimiento y la producción se reducen por debajo del 80-90%. Este valor cae dentro del rango de toxicidad y la concentración de un determinado elemento en la planta debe mantenerse por debajo de este valor.

**Figura I.3.49**  
**Términos de concentraciones de nutrientes**  
**(Reuter y Robinson, 1986)**



**P.R** Producción o crecimiento relativo expresado en porcentaje del valor máximo **D** Deficiente **M** Marginal **A** Adecuado **AL** Alto **T** Tóxico **E** Excesivo **V.C** Valor crítico **V.C.T** Valor crítico de toxicidad \* Reducción específica en la producción o en el crecimiento (suele tomar valores del 5, 10 ó 20 %)

### III.4.2. RESULTADOS GENERALES DEL ANÁLISIS FOLIAR

En este trabajo se han realizado un total de 161 análisis de cultivos, con el objeto de conocer el estado nutricional de los mismos y para ello se han determinado todos los nutrientes (excepto el Mo, ya que no disponíamos de un método con la suficiente sensibilidad para detectar sus bajas concentraciones) y además el Na, que aunque no es un elemento nutriente, si es un ión predominante en las aguas de riego y en la solución del suelo y puede producir efectos tóxicos en los cultivos, como ya hemos visto.

Con los resultados del análisis foliar (Anexo XIII) y los rangos de concentraciones de referencia (Anexo XIV) se han calculado las frecuencias de cada una de las clases (deficiente, marginal, adecuado, alto y tóxico) en porcentaje de los distintos elementos y para cada uno de los cultivos muestreados (Tablas I.3.102 y I.3.103).

Para algunos elementos en determinados cultivos no se encontraron referencias y se tuvieron entonces en cuenta las concentraciones normales de nutrientes de un análisis foliar según Jones (1972), Meiri y Shalhevet (1973) y Fuentes (1989) (Tablas 1 y 2 del Anexo XIV).

Como podemos observar en la Tabla I.3.102 el más alto porcentaje corresponde siempre a los niveles adecuados para la mayoría de los nutrientes (por encima del 40 % de los análisis), lo cual es lógico en cultivos activos y en buen estado en la mayor parte de los casos.

**Tabla I.3.102**  
**Frecuencia de los niveles de macronutrientes (%)**  
**Todos los cultivos**

<b>Término</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>Mg</b>
<b>I</b>	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
<b>D</b>	8,7		18,6	18,6	4,4	5,0
<b>M</b>	16,2	4,4	20,5	30,5	37,9	11,8
<b>A</b>	45,3	26,7	45,3	42,2	41,0	51,5
<b>AL</b>	25,5	53,4	13,7	8,1	16,1	31,1
<b>T</b>	3,7	14,9	1,3			

[ No se encontraron valores de referencia **D** Deficiente **M** Marginal **A** Adecuado  
**AL** Alto **T** Tóxico

Sólo para el caso del fósforo se ha observado que los niveles adecuados sólo se presentan en un 26,7 % de los casos, estando en un 68,3 % de los cultivos analizados a niveles superiores a los adecuados, alcanzando incluso niveles tóxicos (14,9 %).

Los mayores niveles de deficiencia, críticos o marginales los presentan el Ca, S y K.

Aunque el 40,3 % de los foliares presentan valores adecuados de Na, un porcentaje del 54,1 han alcanzado niveles superiores al normal determinado para cada cultivo (Tabla I.3.103). Para el Cl un 33,5 % de los análisis obtenidos tienen valores inferiores al adecuado (marginales) y un 27,4% superiores al satisfactorio.

**Tabla I.3.103**  
**Frecuencia de los niveles de micronutrientes (%)**  
**Todos los cultivos**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
[	3,1	0,6	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
		11,2					
D			0,6	5,6	51,1	34,2	0,6
M		33,5	6,8	48,5	17,4	31,7	8,6
A	40,3	24,8	66,5	36,7	24,2	21,7	68,9
AL	54,1	27,4	22,3	4,9	0,6	9,3	18,1
T	2,5	2,5	0,7	1,2	3,7		0,6

[ No se encontraron valores de referencia No se analizó por falta de muestra D Deficiente M Marginal A Adecuado AL Alto T Tóxico

Las deficiencias más frecuentes se presentan para el Cu y Zn y en menor medida para el Mn (niveles marginales), y valores altos, aunque sin llegar a la toxicidad los ofrece el Fe. El resto de los oligoelementos presentan valores adecuados.

Por tanto, de manera general podemos decir que:

Se han observado niveles de P superiores a los adecuados en los tejidos vegetales (hojas) analizados, alcanzando incluso niveles tóxicos.

Los mayores niveles de deficiencia, críticos o marginales los presentan los macronutrientes Ca, S y K y los micronutrientes Cu, Zn y Mn (Foto 6).

Se han encontrado valores altos de Na, Fe y Cl en un porcentaje importante de los análisis foliares realizados (Foto 8).

Estas tendencias generales son difíciles de explicar, considerando el conjunto de los cultivos estudiados, aunque si parecen deberse a desequilibrios en la fertilización y el abonado, lo cual ha estado bastante generalizado en la agricultura canaria, donde sólo en raras ocasiones se han seguido criterios racionales en la fertilización de los cultivos.

Los valores elevados de Cl y Na y el bloqueo observado en algunos micronutrientes (Cu, Zn y Mn), parecen estar más en relación con el deterioro existente en la calidad de las aguas utilizadas para el riego.

**Foto 6.** Cultivo de platanera (T66\*) con deficiencias en potasio y zinc.

**Foto 7.** Piña tropical (EH2) con deficiencias en nitrógeno, potasio y cobre (isla de El Hierro).

**Foto 8.** Finca de mangos en la isla de El Hierro (EH4) que presenta niveles tóxicos de cloruros en sus hojas, así como valores altos de sodio que se manifiestan como quemaduras en los márgenes de las hojas.

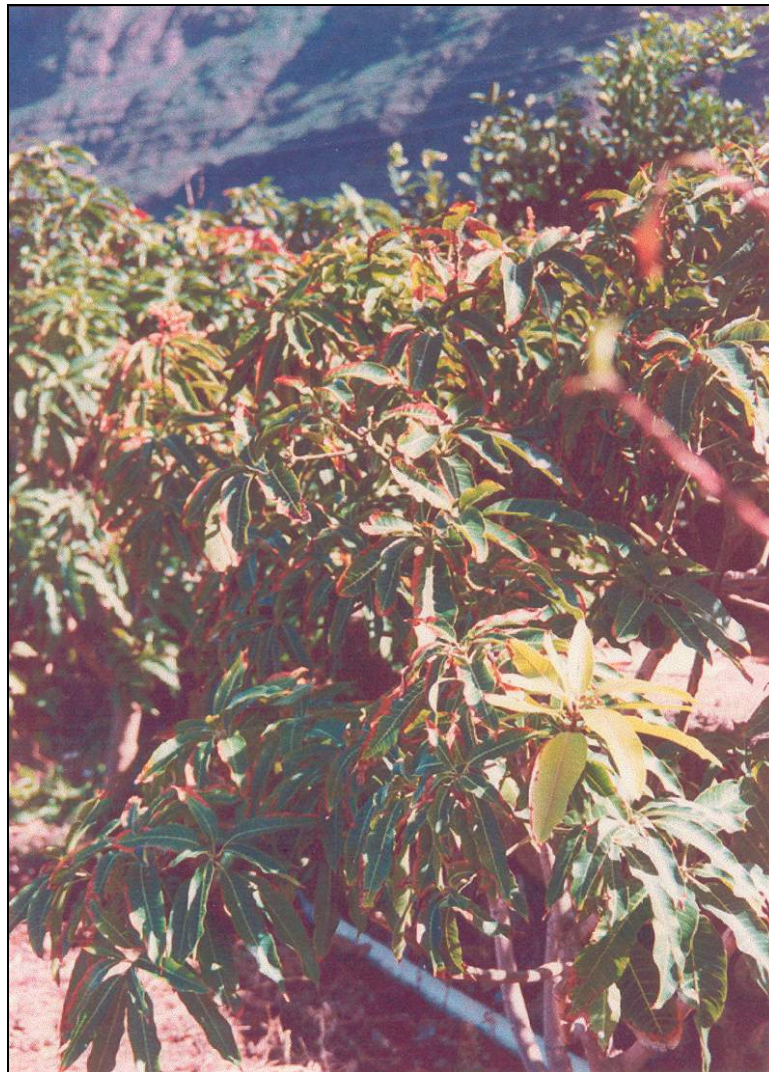




**Foto 6**



**Foto 7**



**Foto 8**

### III.4.3. ESTADO NUTRICIONAL DE LOS CULTIVOS AGRUPADOS POR ISLAS

Los resultados brutos sin tratar, para cada una de las muestras aparecen en los Anexos XIII y XV.

#### III.4.3.1. Isla de Tenerife

En el Anexo XIII se presentan las tablas con los resultados de los análisis foliares para cada una de las islas y en las Tablas I.3.104 y I.3.105 las frecuencias de cada una de los niveles de macro y micronutrientes encontrados en los cultivos de la isla de Tenerife, según los datos del Anexo XV.

**Tabla I.3.104**  
**Frecuencia de los niveles de macronutrientes (%)**  
**Isla de Tenerife**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
[	9,0	9,0	9,0	18,0	26,9	16,7
D	3,9		7,7	18,0	6,4	
M	11,6	2,6	19,2	33,3	28,2	7,8
A	47,5	28,1	46,2	29,5	28,2	46,0
AL	25,7	43,6	15,4	1,2	10,3	29,5
T	2,3	16,7	2,5			

[ No se encontraron valores de referencia D Deficiente M Marginal  
A Adecuado AL Alto T Tóxico

**Tabla I.3.105**  
**Frecuencia de los niveles de micronutrientes (%)**  
**Isla de Tenerife**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
[	37,2	18,0	19,2	16,7	19,2	19,2	12,8
		1,3					
D				3,9	34,6	29,5	
M		41,0	9,0	43,6	21,8	25,7	6,4
A	21,8	21,8	62,8	31,9	20,5	16,6	62,8
AL	41,0	16,7	9,0	3,9		9,0	18,0
T		1,2			3,9		

[ No se encontraron valores de referencia No se analizó por falta de muestra D Deficiente M Marginal C Valor crítico  
A Adecuado AL Alto T Tóxico

Las tendencias para los cultivos de esta isla son similares a las observadas para la totalidad de los cultivos estudiados, con valores altos de P, deficientes y marginales en Ca, S, Cu, Zn y Mn (Tablas I.3.104 y I.3.105). Se observan así mismo valores superiores a los normales de Na en un 41% de los casos, que no se corresponde con un aumento paralelo de los cloruros (Tabla I.3.105).

### III.4.3.2 Isla de La Palma

En los cultivos de esta isla se observan claros desequilibrios nutricionales, con valores netamente deficientes de K, Ca y Mg y marginales de S, así como de Mn y Zn. Aparecen valores altos de P y Fe, pero sin llegar a la toxicidad en la mayoría de los casos (Tablas I.3.106 y I.3.107).

**Tabla I.3.106**  
**Frecuencia de los niveles de macronutrientes (%)**  
**Isla de La Palma**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
D			86,7	60,0		53,4
M			6,6	20,0	53,4	13,3
A	73,3		6,7	13,3	26,6	20,0
AL	20,0	93,3		6,7	20,0	13,3
T	6,7	6,7				

D Deficiente M Marginal A Adecuado AL Alto T Tóxico

**Tabla I.3.107**  
**Frecuencia de los niveles de micronutrientes (%).**  
**Isla de La Palma**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
		73,3					
D					26,7	13,3	6,7
M		6,7		86,7	13,4	53,4	33,3
A	86,7	6,7	40,0	13,3	53,3	20,0	60,0
AL	13,3	13,3	60,0		6,6	13,3	

No se analizó por falta de muestra D Deficiente M Marginal A Adecuado AL Alto

### III.4.3.3 Isla de La Gomera

Salvo para el caso del Ca, Mg y B, los nutrientes en proporciones adecuadas aparecen siempre en menos del 50 % de los cultivos analizados. Niveles deficientes y marginales de K, S, N, Cu, Zn y Mn se encuentran en un alto porcentaje de los cultivos. Niveles altos se observan frecuentemente para el P, Fe, Na y Cl (Tablas I.3.108 y I.3.109).

**Tabla I.3.108**  
**Frecuencia de los niveles de macronutrientes (%)**  
**Isla de La Gomera**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
D	25,0		37,5	12,5	6,3	
M	25,0		31,2	18,8	62,4	6,2
A	25,0	18,8	18,8	49,9	25,0	81,3
AL	25,0	68,8	12,5	18,8	6,3	12,5
T		12,4				

D Deficiente M Marginal A Adecuado AL Alto T Tóxico

**Tabla I.3.109**  
**Frecuencia de los niveles de micronutrientes (%)**  
**Isla de La Gomera**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
		12,5					
D				18,8	100,0	37,5	
M		25,0		43,6		56,2	12,5
A	50,0	18,8	37,5	31,3		6,3	75,0
AL	50,0	43,7	62,5	6,3			12,5

No se analizó por falta de muestra D Deficiente M Marginal A Adecuado AL Alto

### III.4.3.4 Isla de El Hierro

En esta isla aparecen niveles deficientes o marginales para N, K, Ca, S, Mg, Cu, Mn y Zn en un alto porcentaje de cultivos. Niveles adecuados aparecen con mayor frecuencia para el caso de Fe y B y niveles altos, aunque no tóxicos para P, Na y Cl (Tablas I.3.110 y I.3.111).

**Tabla I.3.110**  
**Frecuencia de los niveles de macronutrientes (%)**

**Isla de El Hierro**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
D	55,6		44,5	22,2	11,1	
M	33,3		22,2	44,5	55,6	55,6
A		33,3	22,2	33,3	33,3	44,4
AL	11,1	55,6	11,1			
T		11,1				

D Deficiente M Marginal A Adecuado AL Alto T Tóxico

**Tabla I.3.111**  
**Frecuencia de los niveles de micronutrientes (%)**

**Isla de El Hierro**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
		11,1					
D					100,0	22,2	
M		11,1	33,3	88,9		44,5	11,1
A	11,1	11,1	66,7	11,1		11,1	88,9
AL	77,8	55,5					
T	11,1	11,1					

No se analizó por falta de muestra D Deficiente M Marginal A Adecuado AL Alto T Tóxico

### III.4.3.5 Isla de Gran Canaria

En los cultivos estudiados en la isla de Gran Canaria, se encuentra un alto porcentaje con valores adecuados de nutrientes, destacando quizás un alto porcentaje de valores marginales para S, N y Mn y sólo verdaderamente deficientes para Zn y Cu (Tablas I.3.112 y I.3.113). Valores superiores a los adecuados, se encuentran frecuentemente para P, Mg, Na y Cl y en menor medida B.

**Tabla I.3.112**  
**Frecuencia de los niveles de macronutrientes (%)**  
**Isla de Gran Canaria**

<b>Término</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>Mg</b>
<b>D</b>	5,1		2,6	7,7		
<b>M</b>	20,6	12,8	17,9	23,1	33,4	10,3
<b>A</b>	43,6	12,9	64,1	51,2	46,1	38,5
<b>AL</b>	23,1	56,4	15,4	18,0	20,5	51,2
<b>T</b>	7,6	17,9				

**D** Deficiente **M** Marginal **A** Adecuado  
**AL** Alto **T** Tóxico

**Tabla I.3.113**  
**Frecuencias de los niveles de micronutrientes (%)**  
**Isla de Gran Canaria**

<b>Término</b>	<b>Na</b>	<b>Cl</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
<b>[</b>	10,3		10,3	10,3	10,3	10,3	10,3
		7,7					
<b>D</b>				2,6	33,4	38,4	
<b>M</b>		23,1	2,6	38,4	23,1	12,8	2,6
<b>A</b>	38,5	20,6	71,6	38,5	28,2	28,2	56,3
<b>AL</b>	43,6	43,6	12,9	7,6		10,3	25,7
<b>T</b>	7,6	5,0	2,6	2,6	5,0		2,5

[ No se encontraron valores de referencia No se analizó por falta de muestra **D** Deficiente  
**M** Marginal **A** Adecuado **AL** Alto **T** Tóxico

### **III.4.3.6. Isla de Fuerteventura**

A pesar del bajo número de muestras considerado, se observan valores deficientes y marginales de K, S, N y Cu y valores altos de Na, Fe, Zn y B (Tablas I.3.114 y I.3.115).

**Tabla I.3.114**  
**Frecuencia de los niveles de macronutrientes (%)**  
**Isla de Fuerteventura**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
M	50,0		75,0		75,0	25,0
A	25,0	100,0	25,0	75,0		50,0
AL	25,0			25,0	25,0	25,0

M Marginal A Adecuado AL Alto

**Tabla I.3.115**  
**Frecuencia de los niveles de micronutrientes (%)**  
**Isla de Fuerteventura**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D					100,0		
M		75,0		25,0		25,0	
A		25,0		50,0		25,0	50,0
AL	100,0		100,0	25,0		50,0	50,0

D Deficiente M Marginal A Adecuado AL Alto

### **III.4.3.7. Conclusiones**

De la interpretación de los resultados de los análisis foliares, siguiendo los valores de referencia para cada cultivo y en su defecto las concentraciones normales de nutrientes para un análisis foliar (Jones, 1972; Meiri y Shalhevet, 1973; Fuentes, 1989) (Anexo XV) podemos concluir para cada uno de los nutrientes lo siguiente:

*Nitrógeno.* Los niveles adecuados aparecen en menos del 50 % de los casos en todas las islas excepto La Palma, presentando el mayor número de casos con deficiencia El Hierro, La Gomera y Fuerteventura y los mayores porcentajes con valores altos Tenerife y Gran Canaria (Tabla I.3.116).

*Fósforo.* Sólo en Fuerteventura se encuentran todos los cultivos con niveles adecuados de fósforo. En el resto de las islas existe un alto porcentaje de cultivos con niveles de fósforo superior al adecuado. En muy pocos casos (Gran Canaria) se han encontrado cultivos con niveles de fósforo por debajo de los normales.

*Potasio.* Niveles adecuados de este nutriente sólo se encuentran en el mayor porcentaje de los casos en Tenerife y Gran Canaria. El mayor número de casos con niveles de potasio inferiores a los adecuados aparecen en La Palma, Fuerteventura, La Gomera y El Hierro.

*Calcio.* Fuerteventura, Gran Canaria y La Gomera son las islas con mayor porcentaje de cultivos que presentan niveles adecuados de calcio, mientras que en La Palma, El Hierro y Tenerife, aparece un número alto de cultivos con niveles de calcio inferiores a los adecuados.

*Azufre.* En ninguna isla existe un porcentaje de cultivos con niveles adecuados, que supere el 50 %, siendo Gran Canaria (46,1 %) la que presenta un mayor porcentaje de cultivos con este nivel. Los valores inferiores a los normales son más frecuentes en Fuerteventura, La Gomera, El Hierro y La Palma.

**Tabla I.3.116**

**Frecuencias de niveles inferiores y superiores al adecuado para los macronutrientes (%)  
Todas las islas**

	Nitrógeno			Fósforo			Potasio		
	IA	A	SA	IA	A	SA	IA	A	SA
<b>T</b>	15,5	47,5	28,0	2,6	28,1	60,3	26,9	46,2	17,9
<b>LP</b>	0	73,3	26,7	0	0	100	93,3	6,7	0
<b>LG</b>	50,0	25,0	25,0	0	18,8	81,2	68,7	18,8	12,5
<b>EH</b>	88,9	0	11,1	0	33,3	66,7	66,7	22,2	11,1
<b>GC</b>	25,7	43,6	30,7	12,8	12,9	74,3	20,5	64,1	15,4
<b>F</b>	50,0	25,0	25,0	0	100	0	75,0	25,0	0
	Calcio			Azufre			Magnesio		
	IA	A	SA	IA	A	SA	IA	A	SA
<b>T</b>	51,3	29,5	1,2	34,6	28,2	10,3	7,8	46,0	29,5
<b>LP</b>	80,0	13,3	6,7	53,4	26,6	20,0	66,7	20,0	13,3
<b>LG</b>	31,3	49,9	18,8	68,7	25,0	6,3	6,2	81,3	12,5
<b>EH</b>	66,7	33,3	0	66,7	33,3	0	55,6	44,4	0
<b>GC</b>	30,8	51,2	18,0	33,4	46,1	20,5	10,3	38,5	51,2
<b>F</b>	0	75,0	25,0	75,0	0	25,0	25,0	50,0	25,0

**IA** Inferior al adecuado **A** Adecuado **SA** Superior al adecuado **T** Tenerife **LP** La Palma **LG** La Gomera  
**EH** El Hierro **GC** Gran Canaria **F** Fuerteventura



*Magnesio.* Valores normales de este nutriente, aparecen sobre todo en La Gomera, Fuerteventura y Tenerife, mientras que los niveles inferiores a los adecuados se dan preferentemente en La Palma y El Hierro, y superiores a los normales en la isla de Gran Canaria.

Por lo que respecta a los macronutrientes podemos concluir que las mayores deficiencias en los cultivos, en general, se observan para el K y el S, presentando niveles de P superiores a los adecuados en todas las islas.

Los valores más bajos de nutrientes se encuentran con mayor frecuencia en El Hierro y La Palma (Foto 7) y en menor medida en La Gomera y Fuerteventura, mientras que Gran Canaria y Tenerife, son las islas que presentan un mayor porcentaje de cultivos con niveles adecuados de todos los macronutrientes.

En lo que respecta a los micronutrientes:

*Hierro.* No aparecen valores inferiores al adecuado de manera significativa en ninguna de las islas, siendo quizás El Hierro, la que con mayor frecuencia (33,3 %) presenta niveles bajos de Fe (Tabla I.3.117). Valores superiores a los normales aparecen frecuentemente en Fuerteventura, La Gomera y La Palma.

*Manganeso.* Valores deficientes de este oligoelemento o en todo caso niveles inferiores al adecuado, se encuentran con mucha frecuencia (> 50 %) en los cultivos de las islas de El Hierro, La Palma, La Gomera y en menor medida en Tenerife. En ningún caso se observan con alta frecuencia valores tóxicos o superiores a los normales.

*Cobre.* Valores inferiores al adecuado de este elemento se encuentran de manera significativa en todas las islas, salvo en La Palma (40,1 % de los casos). Tampoco en ningún caso se observan valores superiores a los adecuados con una frecuencia significativa.

*Zinc.* Al igual que para el caso del Cu, valores inferiores al adecuado aparecen con una frecuencia superior al 50 % de los casos en las islas de La Gomera, El Hierro, La Palma, Tenerife y Gran Canaria. No aparecen valores altos con frecuencia significativa en ninguna isla, aunque es Fuerteventura la isla que presenta la mayor frecuencia (50,0 %).

*Boro.* Los niveles que aparecen con mayor frecuencia en todas las islas son los adecuados.

*Cloruros.* Valores inferiores a los normales se encuentran frecuentemente en Fuerteventura y superiores en la isla de El Hierro.

**Tabla I.3.117**  
**Frecuencia de niveles inferiores y superiores al adecuado para los micronutrientes (%)**  
**Todas las islas**

	Sodio			Cloro			Hierro		
	IA	A	SA	IA	A	SA	IA	A	SA
<b>T</b>	0	41,0	57,7	46,2	34,6	16,6	10,3	78,2	10,2
<b>LP</b>	0	86,7	13,3	6,7	6,7	13,3	0	40,0	60,0
<b>LG</b>	0	50,0	50,0	25,0	18,8	43,7	0	37,5	62,5
<b>EH</b>	0	11,1	88,9	11,1	11,1	66,7	33,3	66,7	0
<b>GC</b>	0	38,5	51,2	23,1	23,2	46,0	2,6	71,6	15,5
<b>F</b>	0	0	100	75,0	25,0	0	0	0	100

	Manganeso			Cobre			Zinc			Boro		
	IA	A	SA	IA	A	SA	IA	A	SA	IA	A	SA
<b>T</b>	50,0	43,5	5,2	68,0	25,6	5,1	66,7	23,0	9,0	6,4	78,3	14,0
<b>LP</b>	86,7	13,3	0	40,1	53,3	6,6	66,7	20,0	13,3	40,0	60,0	0
<b>LG</b>	62,4	31,3	6,3	100	0	0	93,7	6,3	0	12,5	87,5	0
<b>EH</b>	88,9	11,1	0	100	0	0	88,9	11,1	0	11,1	88,9	0
<b>GC</b>	41,0	38,5	10,2	56,5	28,2	5,0	51,2	28,2	10,3	2,6	58,9	28,2
<b>F</b>	25,0	50,0	25,0	100	0	0	25,0	25,0	50,0	0	75,0	25,0

IA Inferior al adecuado A Adecuado SA Superior al adecuado T Tenerife LP La Palma LG La Gomera  
 EH El Hierro GC Gran Canaria F Fuerteventura

*Sodio.* Valores tóxicos de sodio o por lo menos superiores a los recomendables se observan con elevada frecuencia en todas las islas, salvo en La Palma, siendo a este respecto Fuerteventura la isla en que mayor número de casos se observan (100,0 %) y La Gomera en la que menos (50,0 %).

En lo que respecta a los micronutrientes, podemos concluir que la mayor frecuencia de deficiencias en los cultivos se presentan para Cu y Zn y en menor medida Mn, apareciendo frecuentemente también valores altos de Fe.

Los valores más bajos de micronutrientes se encuentran con mayor frecuencia en las islas de El Hierro y La Gomera y en menor medida en Tenerife, La Palma, Fuerteventura y Gran Canaria, y los valores más altos de micronutrientes se observan fundamentalmente en la isla de Fuerteventura.

Niveles altos de Na se encuentran frecuentemente en todas las islas, mientras que de Cl sólo en la isla de El Hierro, Gran Canaria y La Gomera.

### III.4.4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FOLIAR AGRUPADOS POR TIPO DE CULTIVO

Para facilitar el análisis de los resultados del estado nutricional de los cultivos, estos se agruparon en Frutales, Hortícolas y Ornamentales (ver Tabla I.2.27 del apartado II.5.1). Los resultados brutos de este análisis y su interpretación se encuentran en el Anexo XVI.

#### III.4.4.1. Frutales

Los valores de referencia que se han tenido en cuenta para la interpretación de los análisis foliares de los cultivos que pertenecen al grupo de los Frutales, se presentan en las Tablas 3 a 18 del Anexo XIV.

En el caso de carecer de valores de referencia para algún nutriente, se han utilizado para la interpretación, las concentraciones normales de nutrientes de un análisis foliar según Jones (1972), Meiri y Shalhevet (1973) y Fuentes (1989) (Tablas 1 y 2 del Anexo XIV).

Después de analizar los resultados de los análisis foliares pertenecientes a los cultivos del grupo de los Frutales, y compararlos con los valores de referencia de los mismos, se han encontrado niveles por encima de lo normal, fundamentalmente de los nutrientes P, Na y Cl, y valores inferiores al adecuado de K, Ca, S, Zn, Cu y Mn (Tablas I.3.118 y I.3.119).

**Tabla I.3.118**  
**Frecuencia de los niveles de macronutrientes (%)**  
**Frutales**

<b>Término</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>Mg</b>
<b>D</b>	11,3		26,4	25,5	3,9	7,6
<b>M</b>	13,2		16,0	28,3	34,9	9,4
<b>A</b>	47,1	11,4	40,6	37,7	42,4	52,8
<b>AL</b>	22,7	66,1	15,1	8,5	18,8	30,2
<b>T</b>	5,7	22,5	1,9			

**D** Deficiente **M** Marginal **A** Adecuado **AL** Alto **T** Tóxico

**Tabla I.3.119**  
**Frecuencias de los niveles de micronutrientes (%)**  
**Frutales**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
		14,2					
<b>D</b>				5,7	59,4	41,5	0,9
<b>M</b>		24,5	5,7	62,2	16,9	38,7	12,3
<b>A</b>	46,2	21,6	66,0	30,3	19,9	17,9	69,8
<b>AL</b>	50,0	35,9	27,4	1,8	0,9	1,9	16,1
<b>T</b>	3,8	3,8	0,9		2,9		0,9

No se analizó por falta de muestra **D** Deficiente **M** Marginal **A** Adecuado **AL** Alto **T** Tóxico

#### III.4.4.1.a. Platanera

Como ya vimos en el apartado II.5.1, el 68,7 % de los cultivos muestreados pertenecen al grupo de los frutales, de los que el 59,5 % son plataneras, uno de los cultivos de exportación más importantes en las Islas Canarias, por lo que hemos realizado aparte una evaluación de su estado nutricional.

El contenido medio en los diferentes nutrientes de este cultivo y su significación estadística se presentan en las Tablas I.3.120 y I.3.121. Al comparar los valores medios de los macronutrientes (Tabla I.3.120) con los valores de referencia para este cultivo (Tabla 15, Anexo XIV) podemos observar valores altos de P y Mg y marginales de K, así como niveles críticos de Zn, marginales de Mn y Cu (sin llegar a valores de deficiencia) y altas concentraciones de Na (Tabla I.3.121 y Tabla 16 del Anexo XIV).

En la Tabla I.3.122 se presenta el análisis estadístico de las relaciones más importantes para este cultivo. Podemos observar como los valores medios de las relaciones N/P y K/N se encuentran por debajo de los niveles adecuados (relaciones normales comprendidas entre 8-14 y 1,20-1,40 respectivamente, según Lahav et al., 1978). Las relaciones K/Ca+Mg y P/Zn tienen unos valores medios por encima de los adecuados (1,80-2,20 para la relación K/Ca+Mg y 100-180 para P/Zn).

**Tabla I.3.120**  
**Análisis estadístico de los macronutrientes (%)**  
**Platanera**

Elemento	N	P	K	Ca	S	Mg
<b>N°</b>	63	63	63	63	63	63
<b>Media</b>	3,13	0,46	2,84	0,79	0,23	0,48
<b>Mediana</b>	3,10	0,43	2,97	0,68	0,23	0,46
<b>DS</b>	0,49	0,10	1,09	0,53	0,07	0,23
<b>Mín</b>	2,10	0,28	0,76	0,12	0,08	0,13
<b>Máx</b>	4,31	0,70	5,03	2,20	0,41	1,24

N° Número de muestras **DS** Desviación estándar **Mín** Mínimo **Máx** Máximo

**Tabla I.3.121**  
**Análisis estadístico de los micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Platanera**

Elemento	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
<b>N°</b>	63	50	63	63	63	63	63
<b>Media</b>	0,22	0,92	191	312	5	14	45
<b>Mediana</b>	0,09	0,81	176	163	2	14	44
<b>DS</b>	0,68	0,46	99	497	9	7	22
<b>Mín</b>	0,02	0,27	69	1	0	1	7
<b>Máx</b>	5,22	3,02	488	3350	52	43	102

N° Número de muestras **DS** Desviación estándar **Mín** Mínimo **Máx** Máximo

**Tabla I.3.122**  
**Análisis estadístico de las relaciones N/P, K/N, K/Ca+Mg y P/Zn**  
**Platanera**

Relación	N/P	K/N	K/Ca+Mg	P/Zn
<b>N°</b>	63	63	63	63
<b>Media</b>	7,11	0,93	2,79	562,50
<b>Mediana</b>	6,75	0,89	2,47	316,67
<b>DS</b>	1,76	0,39	1,51	740,03
<b>Mín</b>	3,57	0,23	0,46	93,02
<b>Máx</b>	12,54	1,98	6,32	3958,40

N° Número de muestras **DS** Desviación estándar **Mín** Mínimo **Máx** Máximo

Si comparamos los resultados analíticos (Anexo XVI y Tablas I.3.120 y I.3.121) con los valores de referencia para este cultivo (Tablas 15 y 16 del Anexo XIV), obtenemos los niveles o clases (D, M, A, AL) para cada uno de los nutrientes cuyas frecuencias se presentan en las Tablas I.3.123 y I.3.124.

Todos los análisis foliares de platanera analizados presentan valores altos de P. Igualmente se encontraron frecuentemente niveles altos de Mg, deficientes de K y Ca y marginales de S. Se observan valores deficientes y marginales de los micronutrientes Zn, Mn y Cu, y niveles superiores a los adecuados de Na.

**Tabla I.3.123**  
**Frecuencia de los niveles de macronutrientes (%)**  
**Platanera**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
D	11,1		36,5	36,5	1,6	11,1
M	19,1		15,9	19,0	42,9	3,2
A	66,6		33,3	31,8	25,4	39,7
AL	3,2	100	14,3	12,7	30,1	46,0

D Deficiente M Marginal A Adecuado AL Alto

**Tabla I.3.124**  
**Frecuencia de los niveles de micronutrientes (%)**  
**Platanera**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
		20,6					
D				4,8	50,8	42,9	1,6
M		36,5		88,9	22,2	42,9	7,9
A	57,1	11,1	69,8	4,8	25,4	11,0	81,0
AL	42,9	31,8	30,2	1,5	1,6	3,2	9,5

No se analizó por falta de muestra D Deficiente M Marginal C Valor crítico A Adecuado AL Alto

#### III.4.4.2. Hortícolas

Los valores de referencia que se han tenido en cuenta para la interpretación de los análisis foliares de los cultivos que pertenecen al grupo de los Hortícolas, se presentan en las Tablas 19 a 40 del Anexo XIV. Para los cultivos de acelgas, ajos, azafrán y berenjenas, por carecer de valores

de referencia se han tenido en cuenta para su interpretación, las concentraciones normales de nutrientes de un análisis foliar de Jones (1972), Meiri y Shalhevet (1973) y Fuentes (1989) (Tablas 1 y 2 del Anexo XIV).

Al interpretar los resultados de los análisis con los valores de referencia se encontraron valores adecuados en porcentajes superiores al 50% de los casos para los macronutrientes P, K y Ca, valores marginales de S y altos de Mg (Tabla I.3.125).

Para los micronutrientes se observan valores adecuados de Fe y B, niveles marginales de Cu, Zn y Mn y valores altos de Na (Tabla I.3.126).

**Tabla I.3.125**  
**Frecuencias de los niveles de macronutrientes (%)**  
**Hortícolas**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
[	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
D	2,2		2,2		4,4	
M	26,8	15,6	31,1	35,6	51,2	15,6
A	37,7	57,7	53,4	53,3	28,9	42,2
AL	31,1	24,5	11,1	8,9	13,3	40,0

[ No se encontraron valores de referencia **D** Deficiente **M** Marginal **A** Adecuado **AL** Alto

**Tabla I.3.126**  
**Frecuencias de los niveles de micronutrientes (%)**  
**Hortícolas**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
[	11,1	2,2	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1
		6,7					
D				6,7	26,7	17,8	
M		55,6	6,7	22,2	20,0	22,2	2,2
A	31,1	22,2	68,9	44,5	35,5	20,0	66,7
AL	57,8	13,3	13,3	13,3		28,9	20,0
T				2,2	6,7		

[ No se encontraron valores de referencia No se analizó por falta de muestra **D** Deficiente **M** Marginal **A** Adecuado **AL** Alto **T** Tóxico

### III.4.4.2.a. Tomates

El cultivo del tomate es el segundo cultivo de exportación más importante en las islas. Por ello hemos analizado el estado nutricional de este cultivo, al igual que hicimos para el cultivo de platanera, en el caso de los frutales. En las Tablas I.3.127 y I.3.128 se presenta el contenido medio en los diferentes nutrientes de este cultivo y su significación estadística y en el Anexo XVI se presentan las tablas con los datos analíticos y la interpretación de los mismos.

Al comparar los valores medios de los macronutrientes (Tabla I.3.127) con los valores de referencia para este cultivo (Tabla 35 del Anexo XIV) se observan valores adecuados de estos nutrientes, excepto para el S, que presenta un valor medio inferior al normal o suficiente. Para el caso de los micronutrientes (Tabla I.3.128 y Tabla 36 del Anexo XIV), encontramos valores medios de Zn y Na superiores a los adecuados.

**Tabla I.3.127**  
**Análisis estadístico de los macronutrientes (%)**  
**Tomate**

Elemento	N	P	K	Ca	S	Mg
Nº	21	21	21	21	21	21
Media	4,45	0,61	3,48	2,03	0,90	0,91
Mediana	4,42	0,59	3,64	1,68	0,82	0,79
DS	1,39	0,20	1,28	1,29	0,33	0,38
Mín	0,18	0,12	0,95	0,58	0,35	0,17
Máx	6,88	0,87	5,67	5,73	1,69	1,50

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.128**  
**Análisis estadístico de los micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Tomate**

Elemento	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
Nº	21	19	21	21	21	21	21
Media	0,66	1,58	161	103	14	27	50
Mediana	0,33	1,55	131	60	8	28	46
DS	0,64	0,92	80	104	28	14	15
Mín	0,04	0,24	92	15	0	4	22
Máx	2,31	3,31	391	423	134	52	78

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo



Como se puede observar en la Tabla I.3.129, para este cultivo se observan valores adecuados de N, P, K y Ca en más del 50% de los análisis realizados, niveles marginales de S y valores altos de Mg, según los niveles de referencia para el tomate (Tabla 35 del Anexo XIV).

**Tabla I.3.129**  
**Frecuencias de los niveles de macronutrientes (%)**  
**Tomate**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
<b>M</b>	28,6	14,3	33,3	38,1	85,7	9,6
<b>A</b>	57,1	76,2	52,4	52,4	4,8	47,6
<b>AL</b>	14,3	9,5	14,3	9,5	9,5	42,8

M Marginal A Adecuado AL Alto

Para los micronutrientes se han encontrado valores adecuados de Fe, B y Cu, valores marginales de Mn, y altos niveles de Zn y Na (Tabla I.3.130).

**Tabla I.3.130**  
**Frecuencias de los niveles de micronutrientes (%)**  
**Tomate**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
		9,5					
<b>D</b>					23,8	23,8	
<b>M</b>		90,5	4,8	33,3	14,3	19,0	4,8
<b>A</b>	52,4		81,0	38,1	52,4		81,0
<b>AL</b>	47,6		14,2	28,6		57,2	14,2
<b>T</b>					9,5		

No se analizó por falta de muestra **D** Deficiente **M** Marginal **A** Adecuado **AL** Alto **T** Tóxico

Se analizaron también algunas muestras de frutos de este cultivo, y aunque el número de muestras (4) no es suficiente para realizar un análisis estadístico fiable, si parece observarse como tendencia, unos niveles de S, Mg, P, Ca y N por debajo de los valores que se consideran suficientes (Tabla I.3.131, Tabla 37 del Anexo XIV). No se encontraron referencias para los elementos Na, Fe, Mn, Cu, Zn y B (Tabla I.3.134, Tabla 38 del Anexo XIV).

**Tabla I.3.131**  
**Análisis estadístico de los macronutrientes (%)**  
**Tomate (Fruto)**

Elemento	N	P	K	Ca	S	Mg
Nº	4	4	4	4	4	4
Media	3,40	0,58	4,44	0,12	0,15	0,18
Mediana	3,25	0,50	4,38	0,10	0,17	0,18
DS	0,42	0,31	0,45	0,04	0,04	0,04
Mín	3,10	0,30	3,97	0,09	0,09	0,13
Máx	4,10	1,00	5,05	0,18	0,19	0,22

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.132**  
**Análisis estadístico de los micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Tomate (Fruto)**

Elemento	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
Nº	4	3	4	4	4	4	4
Media	0,22	1,00	42	12	3	11	30
Mediana	0,14	1,03	45	12	2	7	27
DS	0,23	0,26	12	3	3	10	7
Mín	0,05	0,73	25	9	0	4	24
Máx	0,55	1,25	53	15	7	25	39

Nº Número de muestras DS Desviación estándar Mín Mínimo Máx Máximo

**Tabla I.3.133**  
**Frecuencias de los niveles de macronutrientes (%)**  
**Tomate (Fruto)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
M	50,0	75,0	25,0	75,0	100	100
A	25,0		75,0	25,0		
AL	25,0	25,0				

M Marginal A Adecuado AL Alto

Está extendida la idea de que los frutos de tomates cultivados en suelos salinos poseen mejor calidad que aquellos cultivados en suelos de baja salinidad (Tabares, 1981; Castilla y Ferweres, 1990; Bolivar, 1990a y b; Cuartero et al., 1995). La calidad es un concepto poco preciso y de alta relatividad ya que depende fundamentalmente de para qué se vaya a emplear el fruto; parámetros como sólidos solubles, azúcares reductores, acidez y pH son importantes tanto para el tomate de consumo en fresco como para la industria mientras que otros como sabor y tiempo de vida una vez cosechado serían más importantes en el tomate para consumo en fresco (Cuartero et al., 1995).

**Tabla I.3.134**  
**Frecuencias de los niveles de micronutrientes (%)**  
**Tomates Análisis Fruto**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
I	100		100	100	100	100	100
		25,0					
M		50,0					
A		25,0					

I No se encontraron valores de referencia No se analizó por falta de muestra IA Inferior al adecuado A Adecuado

El contenido en sólidos solubles suele ser más alto en frutos procedentes de plantas regadas con agua salina que con agua dulce (Rudich et al., 1977; Mizrahi, 1982; Mizrahi et al., 1988). El sabor estimado a través de paneles de cata mejora con la salinidad del suelo, aunque sin relación clara con las variaciones en azúcares o acidez (Mizrahi, 1982; Mizrahi et al., 1988).

Los frutos procedentes de plantas cultivadas en suelos salinos deberán manipularse con sumo cuidado, pues los daños producidos en la recolección, empaquetado y transporte provocan una mayor producción de anhídrido carbónico y etileno que en frutos de plantas no salinizadas (Hobson, 1988).

La calidad de los tomates obtenidos en condiciones salinas se ve notablemente mermada por la aparición de podredumbre apical y en condiciones de alta temperatura y elevada transpiración, llegan a afectarse de podredumbre casi el 100 % de los frutos de las plantas cultivadas con sal. La causa parece ser una deficiencia local de Ca en el fruto (Cuartero et al., 1995).

El estrés osmótico creado por la salinidad en la zona radicular dificulta la toma de agua por la planta y también la absorción de Ca (Ehret y Ho, 1986). Además la salinidad restringe el desarrollo xilemático en el fruto (Belda y Ho, 1993) dificultando por tanto la llegada de Ca a la zona distal del fruto, que es donde se produce la deficiencia de este nutriente (Adams y Ho, 1993). En

este sentido, nosotros hemos encontrado valores marginales de Ca, tanto en el análisis foliar como en el de los frutos.

### III.4.4.3. Ornamentales

Los valores de referencia para los cultivos muestreados pertenecientes a este grupo se presentan en las Tablas 41 a 46 del Anexo XIV. Por carecer de valores de referencia para los cultivos de strelitzia y palmita, se han utilizado para la interpretación de los análisis foliares de los mismos las concentraciones normales de nutrientes de un análisis foliar según Jones (1972), Meiri y Shalhevet (1973) y Fuentes (1989) (Tablas 1 y 2 del Anexo XIV).

Con los datos analíticos de los análisis foliares del grupo ornamentales (Anexo XVI) y con los valores de referencia (Tablas del Anexo XIV), se han obtenido las Tablas I.3.135 y I.3.136 de las frecuencias de los niveles de nutrientes. Se observan valores altos de P y deficientes y marginales de Ca, el resto de los macronutrientes presentan valores adecuados en más del 50% de los análisis realizados (Tabla I.3.135).

**Tabla I.3.135**  
**Frecuencias de los niveles de macronutrientes (%)**  
**Ornamentales**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
D	11,1		11,1	33,4	11,1	
M			22,2	33,4		11,1
A	66,7	44,4	55,6	33,3	88,9	88,9
AL	22,2	55,6	11,1			

D Deficiente M Marginal A Adecuado AL Alto

**Tabla I.3.136**  
**Frecuencias de los niveles de micronutrientes (%)**  
**Ornamentales**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D			11,1		66,7	33,3	
M		33,3	22,2	22,2	11,1		
A	22,2	66,7	66,7	66,7	22,2	66,7	77,8
AL	77,8						22,2
T				11,1			

D Deficiente M Marginal A Adecuado AL Alto T Tóxico

Con respecto a los micronutrientes se observan valores deficientes y marginales de Cu así como valores altos de Na en los tejidos vegetales de este grupo de cultivos.

#### **III.4.4.4. Conclusiones**

Del estado nutricional de los cultivos pertenecientes a los tres grupos tratados (frutales, hortícolas y ornamentales), podemos extraer las siguientes conclusiones:

*Nitrógeno.* Valores adecuados se observan en más del 50% de los casos solamente en el grupo de ornamentales presentándose niveles superiores e inferiores a los adecuados con frecuencia, en los cultivos hortícolas y frutales, respectivamente (Tabla I.3.137). Sin embargo, ésto indica una adecuada nutrición nitrogenada en todos los cultivos, ya que los cultivos hortícolas, por sus características necesitan un exceso de nitrógeno que favorezca el crecimiento vegetativo, mientras que por el contrario, en los frutales se necesitan unos bajos niveles de nitrógeno, para evitar retardos en la floración y fructificación.

*Fósforo.* El grupo de hortícolas es el único que presenta valores adecuados de este elemento en más del 50% de los análisis foliares, encontrándose valores superiores a los adecuados en frutales y ornamentales (Fotos 10, 11, 12, 13 y 18), lo cual también parece indicar una adecuada nutrición fosfatada, dado el importante papel que juega este nutriente en la formación de flores y frutos.

*Potasio.* Niveles adecuados de potasio se encuentran en hortícolas y ornamentales, el mayor número de casos con valores inferiores a los adecuados aparece en los frutales (Foto 10), lo cual es un claro índice de deficiencia, dado el efecto beneficiario del potasio en la producción de azúcares y en la calidad organoléptica de los frutos.

*Calcio.* Ornamentales y frutales son los grupos que presentan los mayores porcentajes de valores inferiores al adecuado de este elemento (Foto 11).

*Azufre.* Valores inferiores a los adecuados se encuentran sobre todo en hortícolas y frutales (Foto 12).

*Magnesio.* Niveles adecuados aparecen en más del 50% de los casos en ornamentales y frutales. En el grupo de los cultivos hortícolas se observa un alto porcentaje de valores superiores a los adecuados (Fotos 15 y 16).

De los macronutrientes podemos decir que las mayores deficiencias (valores inferiores a los adecuados) en los cultivos se presentan para el Ca, encontrándose generalmente valores superiores

a los adecuados de P.

Los valores más bajos de macronutrientes se presentan en hortícolas y frutales, mientras que los valores altos son más frecuentes en frutales. Niveles adecuados de macronutrientes son más frecuentes en ornamentales y hortícolas (Tabla I.3.137).

En lo que se refiere a los micronutrientes, se observa:

*Hierro.* En los tres grupos (frutales, hortícolas y ornamentales) se observan valores adecuados en más del 50% de los casos (Tabla I.3.138). Niveles inferiores al adecuado sólo se presentan en ornamentales (Foto 19) y superiores a los normales en frutales (Fotos 10 y 12).

*Manganeso.* Valores adecuados de este micronutriente se encuentran más frecuentemente en ornamentales. Valores inferiores a los suficientes se observan fundamentalmente en frutales (Foto 13), y en menor grado en hortícolas.

**Tabla I.3.137**  
**Frecuencias de niveles inferiores y superiores al adecuado de macronutrientes (%)**

Cultivo	Nitrógeno			Fósforo			Potasio		
	IA	A	SA	IA	A	SA	IA	A	SA
Frutales	24,5	47,1	28,4	0	11,4	88,6	42,4	40,6	17,0
Hortícolas	29,0	37,7	31,1	15,6	57,7	24,5	33,3	53,4	11,1
Ornamental.	11,1	66,7	22,2	0	44,4	55,6	33,3	55,6	11,1
Cultivo	Calcio			Azufre			Magnesio		
	IA	A	SA	IA	A	SA	IA	A	SA
Frutales	53,8	37,7	8,5	38,8	42,4	18,8	17,0	52,8	30,2
Hortícolas	35,6	53,3	8,9	55,6	28,9	13,3	15,6	42,2	40,0
Ornamental.	66,6	33,4	0	11,1	88,9	0	11,1	88,9	0

IA Inferior al adecuado A Adecuado SA Superior al adecuado Ornamental. Ornamentales

*Cobre.* Se trata de un micronutriente que se encuentra frecuentemente en niveles deficitarios en todos los cultivos, sobre todo en ornamentales y frutales (Fotos 10, 12, 13 y 19), no encontrándose nunca valores adecuados en porcentaje superior al 50 %.

*Zinc.* Los cultivos ornamentales son los que presentan con mayor frecuencia valores adecuados, niveles inferiores a los normales se encuentran fundamentalmente en frutales (Foto 12).

**Boro.** Este micronutriente es el que con mayor frecuencia aparece en niveles adecuados.

**Sodio.** Valores de sodio superiores a los adecuados se presentan fundamentalmente en hortícolas y frutales (Fotos 10, 11, 13, 14, 15, 16 y 17). En ningún caso se han encontrado niveles deficitarios.

**Cloro.** Sólo se observan deficiencias significativas en el grupo de cultivos hortícolas y valores altos con mayor frecuencia en los frutales (Fotos 12 y 13).

De los micronutrientes podemos concluir que en general las mayores deficiencias se presentan para el Cu y Zn y los mayores porcentajes de valores superiores a los adecuados para el Na.

Los valores más bajos de micronutrientes se encuentran en frutales y los mayores porcentajes de valores adecuados en el grupo de cultivos que pertenecen a los ornamentales (Tabla I.3.138).

**Tabla I.3.138**  
**Frecuencias de niveles inferiores y superiores al adecuado de micronutrientes (%)**

	Sodio			Cloro			Hierro		
Cultivo	IA	A	SA	IA	A	SA	IA	A	SA
Frutales	0	46,2	53,8	24,5	25,4	35,9	5,7	66,0	28,3
Hortícolas	0	31,1	57,8	55,6	22,2	13,3	6,7	68,9	13,3
Ornament.	0	66,6	33,4	33,3	66,7	0	33,3	66,7	0

	Manganeso			Cobre			Zinc			Boro		
Cult.	IA	A	SA	IA	A	SA	IA	A	SA	IA	A	SA
Frut.	67,9	30,3	1,8	76,3	19,9	3,8	80,2	17,9	1,9	13,2	75,5	11,3
Hort.	28,9	44,5	15,5	46,7	35,5	6,7	40,0	20,0	28,9	2,2	66,7	20,0
Orn.	22,2	66,7	11,1	77,8	22,2	0	33,3	66,7	0	0	77,8	22,2

IA Inferior al adecuado A Adecuado SA Superior al adecuado **Ornament. y Orn.** Ornamentales **Cult.** Cultivo **Frut.** Frutales  
**Hort.** Hortícolas

Con respecto a los cultivos de exportación más importantes de las islas Canarias, se observan más desequilibrios nutricionales en el cultivo de platanera que en el de tomate. En ambos casos se observan valores altos de Mg, marginales de S, inferiores a los adecuados de Mn y superiores a los adecuados de Na. En platanera, además se encuentran niveles altos de P e inferiores a los normales de K, Ca, Zn y Cu. El cultivo de tomates presenta por término medio, concentraciones altas de Zn.

**Fotos 9 y 10.** Cultivo de platanera (LG3) que presenta altos niveles de fósforo, hierro y sodio en las hojas, y deficiencias en potasio y cobre.

**Foto 11.** Cultivo de platanera (T60\*) con valores de fósforo y sodio en los tejidos foliares superiores a los adecuados. También presenta deficiencia en calcio.

**Foto 12.** Finca de plátanos en la isla de La Gomera (LG2) con deficiencias importantes en azufre, cobre y zinc, así como altos contenidos en fósforo, hierro y cloruros.

**Foto 13.** Niveles tóxicos de fósforo, altos de sodio y cloruros, y deficientes en manganeso y cobre en un cultivo de aguacates (LG7).

**Foto 14.** Cultivo de papaya en invernadero (GC3) que presenta valores altos de sodio en las hojas.





**Foto 9**



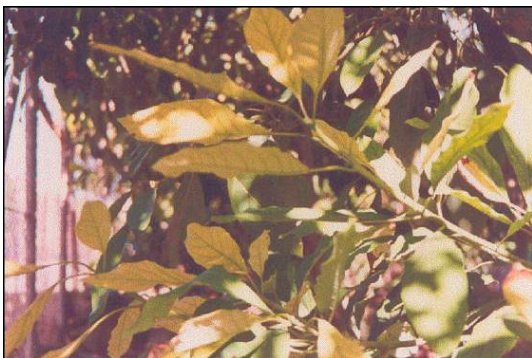
**Foto 10**



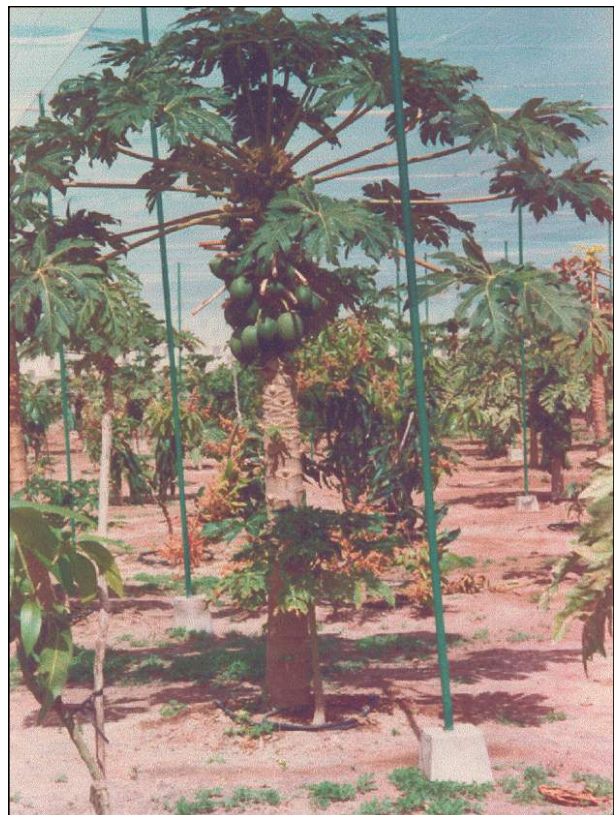
**Foto 11**



**Foto 12**



**Foto 13**



**Foto 14**

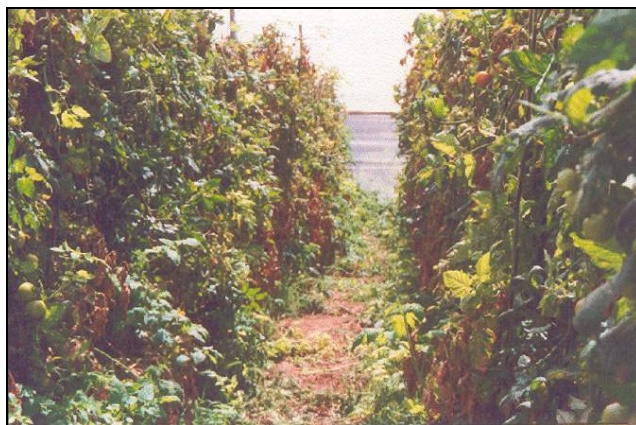
**Foto 15 y 16.** *Tomates en invernadero (GC2 y GC5) con elevados niveles de sodio y magnesio foliar.*

**Foto 17.** *Cultivo de millo en el sur de Tenerife (T30) con valores de sodio superiores a los adecuados.*





**Foto 15**



**Foto 16**



**Foto 17**

**Foto 18.** Cultivo ornamental de gladiolos (T27) que presenta altos contenidos de fósforo en sus tejidos foliares.

**Foto 19.** Deficiencias de hierro y cobre, así como niveles altos de sodio en las hojas de un cultivo de strelitzias (T5).



**Foto 18**



**Foto 16**



### **III.4.5. CORRELACIONES ESTADÍSTICAS ENTRE EL ESTADO NUTRICIONAL DE LOS CULTIVOS Y VARIABLES EDÁFICAS Y DEL AGUA DE RIEGO**

#### **III.4.5.1. Correlaciones entre variables del análisis foliar**

Algunos autores (Chapman, 1966a; Fuentes, 1989; Landon, 1991) han encontrado una posible interacción química entre el calcio y los iones borato, disminuyendo la absorción de estos últimos y los síntomas de toxicidad de este micronutriente. También se ha observado que existe un crecimiento óptimo de las plantas para una determinada relación Ca/B en sus tejidos (Olsen, 1972; Jones et al., 1991), relación que varía con la especie vegetal y que parece deberse más a procesos fisiológicos que a interacciones químicas en el suelo. En nuestro caso se ha encontrado una elevada correlación altamente significativa ( $r=0,784$ ,  $p<0,01$ ) entre esta relación y la concentración de calcio en los tejidos (Tabla I.3.139), lo cual confirma las apreciaciones anteriores.

También se encontró una fuerte correlación entre la relación Ca/Na y K/Na en los tejidos vegetales analizados ( $r=0,775$ ,  $p<0,01$ ), o sea que cuanto menor concentración de Na se haya acumulado en los tejidos, mayores cantidades de Ca y de K se han asimilado por la planta. Como ha sido señalado por Chapman (1966a), Lunt (1966), Jones et al. (1991) y Meiri (1994), la absorción de Na está fuertemente regulada por el Ca, y altas cantidades de este elemento pueden disminuir los efectos tóxicos del Na. El Ca interviene en el crecimiento radicular y juega un papel esencial en la estabilidad de las membranas celulares, y en la absorción de elementos nutritivos (Domínguez, 1983; Fuentes, 1989).

La transpiración mueve el agua desde el suelo a la atmósfera, a través de las raíces, tallos y hojas de la planta, debido a los distintos potenciales existentes en cada una de las partes (Van Den Honert, 1948). El contenido de agua en los tejidos de la planta tiende a disminuir con el incremento del estrés hídrico (Shimshi, 1973) y en general la transpiración y absorción de agua por las raíces se reduce con el aumento de la salinidad y el estrés salino (Meiri y Shalhevet, 1973). En nuestro caso, se ha obtenido una fuerte correlación positiva entre el porcentaje de agua en las hojas referido a peso seco (CAS) y el contenido de cloruros en los mismos ( $r=0,725$ ,  $p<0,01$ ) (Tabla I.3.139).

No se conoce bien el papel fisiológico del cloro en la planta, pero dada su gran movilidad parece comportarse como anión complementario del potasio y participa en el mantenimiento de la turgencia celular (Domínguez, 1983). La turgencia de las células y la diferencia entre la presión osmótica del suelo y la planta, hacen posible la difusión del agua a través de las membranas semipermeables celulares, por tanto, la absorción de cloruros en los valores observados parece tener un papel importante en el mantenimiento del potencial osmótico y de la turgencia celular, favoreciendo la absorción de agua.

Esta absorción de cloruros va a depender, fundamentalmente de la planta y de su nivel de tolerancia a este elemento y de hecho en cultivos sensibles al exceso de cloro (aguacate y cítricos) hemos observado una disminución del contenido de agua en las hojas tanto referido a peso seco como húmedo (CAH, CAS) con el aumento de la concentración de cloruros en los tejidos. Sin embargo, en el cultivo de tomate hemos encontrado una tendencia opuesta a la anterior (altas correlaciones entre el contenido en agua y el porcentaje de cloruros) aunque de baja significación estadística. Este hecho hasta cierto punto es lógico ya que este cultivo presenta una mayor tolerancia al cloro. Para el caso de la platanera, no se observa ninguna correlación entre contenido en agua de las hojas y la concentración de Cl en los tejidos foliares.

El resto de las correlaciones obtenidas (r comprendidas entre 0,4 y 0,7) son altamente significativas ( $p < 0,01$ ) (Tabla I.3.139).

**Tabla I.3.139**  
**Correlaciones entre variables del análisis foliar (%)**

Ca/B - Ca $r=0,784$	Ca/Na - K/Na $r=0,775$
CAS - Cl $r=0,725$	
N - P $r=0,488$	CAH - S $r=0,405$
N - K $r=0,400$	CAH - Mg $r=0,433$
P - Cl $r=0,417$	CAH - Cl $r=0,584$
S - Mg $r=0,410$	CAS - Na $r=0,513$
Mg - Cl $r=0,551$	CAS - Mg $r=0,426$
Na - Cl $r=0,537$	CAS - S $r=0,484$
CAH - K $r=0,629$	CAS - K $r=0,581$

CAH Contenido en agua de los tejidos referido a peso húmedo (%)

CAS Contenido en agua de los tejidos referido a peso seco (%)

#### **III.4.5.2. Correlaciones entre variables del análisis foliar y de las aguas de riego**

Se hizo un análisis de correlación entre las variables del análisis foliar y los parámetros determinados en las aguas de riego, obteniendo tan solo las bajas correlaciones altamente significativas ( $p < 0,01$ ) que se presentan a continuación.

Aunque en general no se han observado niveles muy altos de B en el foliar, si hemos encontrado una baja correlación altamente significativa entre el B foliar y la concentración de este micronutriente en las aguas de riego.



**Tabla I.3.140**  
**Correlaciones análisis foliar / aguas de riego**

S foliar (%) / Mg agua (meq/L) $r=0,401$	Cl foliar (%) / Ca agua (meq/L) $r=0,438$
Mg foliar (%) / Mg agua (meq/L) $r=0,423$	B foliar (ppm) / B agua (ppm) $r=0,439$

### **III.4.5.3. Correlaciones entre variables del análisis foliar y de la solución edáfica (extracto de saturación)**

Tan solo conseguimos una baja correlación altamente significativa entre el P foliar y los cloruros del extracto saturado ( $r=0,443$   $p<0,01$ ), sin ninguna explicación lógica aparente.

Como se ve, al realizar el análisis estadístico tomando en consideración todos los cultivos, los resultados son muy pobres y de difícil explicación cuando aparecen correlaciones significativas, lo cual parece lógico dada la enorme variabilidad de especies vegetales y por tanto de necesidades nutritivas y pautas de nutrición, que se han considerado.

En los siguientes apartados se simplifica el análisis estadístico, teniendo en cuenta sólo determinados cultivos.

### **III.4.5.4. Correlaciones estadísticas para el cultivo de platanera**

#### **III.4.5.4.a. Correlaciones entre variables del análisis foliar**

Se han realizado correlaciones entre los parámetros de los análisis foliares de plataneras, y aunque todas las obtenidas están modestamente correlacionadas, lo están de forma altamente significativa (Tabla I.3.141). Se vuelve a encontrar una correlación entre la relación Ca/B de los tejidos vegetales y la concentración de Ca en los mismos ( $r=0,654$ ,  $p<0,01$ ).

Se ha obtenido también una baja correlación entre el potasio y la relación K/Na ( $r=0,590$ ,  $p<0,01$ ), así como entre las relaciones Ca/Na y K/Na ( $r=0,599$ ,  $p<0,01$ ), lo que parece indicar que un incremento en las concentraciones de sodio en los tejidos vegetales de la platanera, se acompaña de una disminución en las concentraciones de potasio. Este antagonismo ha sido observado también por Fernández-Caldas y García (1970), Lahav (1973a,b y 1974), García et al. (1976), García (1977), Adinarayana et al. (1986), Israeli et al. (1986) y Jones et al. (1991) achacándolo a una sustitución metabólica del potasio por el sodio.

También se ha observado una cierta correlación entre la concentración de calcio y la relación Ca/Na en los tejidos de la platanera ( $r=0,612$ ,  $p<0,01$ ), lo cual parece indicar, como ya hemos señalado que la absorción de Na está fuertemente regulada por el Ca y que no sólo altas cantidades de este último nutriente disminuyen los efectos tóxicos del Na (Meiri, 1994) sino que también un exceso de Na puede inducir, por antagonismo de absorción, deficiencias en Ca (Jones et al., 1991).

Correlaciones significativas se han encontrado también entre Na y Cl y entre Na y Mg, ésta última similar a la encontrada por Hernández et al. (1986).

**Tabla I.3.141**  
**Correlaciones entre variables del análisis foliar**  
**Platanera**

K (%) - K/Na $r=0,590$	Ca/B - Ca/Na $r=0,544$
K/Na - Cu (ppm) $r=0,454$	Ca/B - B (ppm) $r= ! 0,441$
Ca (%) - Ca/Na $r=0,612$	S (%) - Cu (ppm) $r=0,400$
Ca (%) - Mg (%) $r=0,499$	Mg (%) - Cl (%) $r=0,425$
Ca (%) - Cl (%) $r=0,594$	Na (%) - Mg (%) $r=0,425$
Ca (%) - Fe (ppm) $r=0,445$	Na (%) - Cl (%) $r=0,410$
Ca/Na - K/Na $r=0,599$	Cl (%) - Fe (ppm) $r=0,412$
Ca/B - Ca (%) $r=0,654$	Zn (ppm) - Ca/Na $r= ! 0,519$
Zn (ppm) - K/Na $r= ! 0,643$	

La disponibilidad de los micronutrientes Fe, Mn, Cu y Zn está limitada a altos pH, sin embargo deficiencias debido a competencias iónicas en condiciones salinas también son posibles (Suárez y Lebrón, 1993). En nuestro caso parece existir una competencia del Ca y K con el Zn y del Na con el Cu (Tabla I.3.141).

#### **III.3.5.4.b. Correlaciones entre variables del análisis foliar y de las aguas de riego**

Hernández et al. (1986) no encuentran correlaciones significativas entre el Na de las hojas de este cultivo y el Na de las aguas de riego y de la solución del suelo, sin embargo si obtienen buenas correlaciones con el Na determinado en las raíces. Parece ser que la platanera acumula Na en las raíces y en el tallo bulboso subterráneo, y que el transporte del Na hacia las hojas depende de la concentración de bicarbonatos, quizás no directamente sino a través de algún mecanismo que implique al Ca; luego en las hojas el Na se va acumulando en los márgenes de las hojas viejas. También encuentran buenas correlaciones entre los cloruros de las raíces y de la zona central de las

hojas con los cloruros de las aguas de riego y de la solución del suelo. Según estos resultados las plataneras no acumulan cloruros en los márgenes de las hojas.

Israeli et al. (1986) encontraron así mismo correlaciones lineales significativas entre la concentración de cloruros de las aguas o de la solución del suelo y la concentración de cloruros en las hojas y en las raíces y entre el Na del agua o del suelo y el Na acumulado en las raíces, concluyendo que las raíces acumulan más Cl y Na que las hojas a partir de soluciones edáficas donde predominan los cloruros y el sodio.

Las únicas correlaciones encontradas por nosotros entre variables de los análisis foliares y variables de las aguas de riego fueron entre el porcentaje de agua en las hojas referido a peso húmedo (CAH) y la concentración de B del agua de riego ( $r=-0,577$ ,  $p<0,01$ ) y entre el Zn del análisis foliar y el  $\text{NH}_4$  del agua de riego ( $r=0,505$ ,  $p<0,01$ ), sin aparente explicación lógica. Como ya vimos, las aguas de riego utilizadas en este cultivo son bicarbonatadas sódicas fundamentalmente y probablemente por ello no se ha encontrado correlación entre el contenido de Cl en los tejidos foliares y la concentración de Cl en las aguas de riego.

#### III.4.5.4.c. Correlaciones entre variables del análisis foliar y de la solución edáfica (extracto saturado)

Las correlaciones obtenidas entre las variables del análisis foliar y las variables de la solución del suelo se presentan en la Tabla I.3.142.

**Tabla I.3.142**  
**Correlaciones entre variables del análisis foliar y de la solución edáfica**  
**Platanera**

K foliar (%) - Ca/Tc suelo $r= ! 0,406$	S foliar (%) - Na suelo (meq/L) $r=0,417$
Ca/Na foliar - % Na suelo $r= ! 0,598$	Na foliar (%) - Cl suelo (meq/L) $r=0,430$
Ca/Na foliar - Ca/Tc suelo $r=0,452$	Fe foliar (ppm) - Ca/Mg suelo $r=0,429$
Ca/Na foliar - Ca/Mg suelo $r=0,429$	Fe foliar (ppm) - Ca/Tc suelo $r=0,405$
Ca/B foliar - Ca/Tc suelo $r=0,417$	B foliar (ppm) - $\text{HCO}_3$ suelo (meq/L) $r= ! 0,436$
B foliar (ppm) - Cl suelo (meq/L) $r=0,425$	

Tc Total de cationes de la solución del suelo (meq/l) % Na Porcentaje de Na de la solución del suelo

Como ya hemos visto el Ca puede interactuar químicamente con los iones borato, disminuyendo así la absorción de B y los síntomas de toxicidad de este micronutriente (Landon, 1991). En nuestro caso se sigue observando una correlación (baja, pero altamente significativa)

entre la relación Ca/B del análisis foliar y la concentración de Ca, no de forma directa sino a través de la relación Ca/Tc (total de cationes) de la solución del suelo (Tabla I.3.142), así como entre el B de los tejidos foliares y los HCO<sub>3</sub> de la solución del suelo (correlación negativa).

Como ya vimos al analizar las correlaciones de las variables del análisis foliar entre sí, hay evidencias de que la competición del Na con el Ca puede llegar incluso a inducir deficiencias de este elemento; en la Tabla I.3.142 se puede observar una baja correlación negativa entre la relación Ca/Na del análisis foliar y el porcentaje de Na en la solución del suelo (% Na suelo).

No se encontraron correlaciones significativas entre el Na de las hojas de este cultivo y el Na de las aguas de riego o de la solución del suelo, ni entre el contenido en Cl de los análisis foliares y las concentraciones de cloruros en las aguas o los extractos de saturación del suelo. Este hecho puede ser debido a que como hemos visto la platanera acumula el Na y los Cl fundamentalmente en las raíces (Hernández et al., 1986; Israeli et al., 1986) y además a que la solución de estos suelos está constituida mayoritariamente por sulfatos y nitratos. Sin embargo si se ha obtenido una correlación significativa entre el porcentaje de Na en las hojas y los cloruros de la solución del suelo (Tabla I.3.142).

Los efectos de la salinidad de la solución del suelo sobre el desarrollo de la platanera están bien documentados. Es reveladora a este fin, la experiencia de Israeli et al. (1986) para conocer los efectos de la salinidad y del contenido de sodio de aguas de riego cloruradas sódicas sobre el crecimiento, desarrollo y producción de las plataneras en condiciones de riego por goteo.

Aunque no se observaron (luego de dos años) síntomas visuales específicos de toxicidad de sales, sodio o cloruros, si se observó un aumento significativo del ión cloruro en los tejidos foliares y radiculares, y del ión sodio en el pecíolo y las raíces, con el incremento de la salinidad y el SAR de las aguas de riego. Además fue evidente un retraso en la floración en condiciones de elevada salinidad de la solución del suelo (> 3 dS/m), obteniéndose correlaciones lineales altamente significativas entre el sodio acumulado en las raíces y el retraso en la floración.

#### **III.4.5.5. Correlaciones estadísticas para el cultivo de tomate**

##### **III.4.5.5.a. Correlaciones entre variables del análisis foliar**

En la Tabla I.3.143 se presentan todas las correlaciones obtenidas.

Del estudio de las correlaciones entre variables determinadas en los análisis foliares entre sí, se deriva una muy fuerte correlación altamente significativa entre la relación Ca/Na y la relación K/Na ( $r=0,944$ ), parece esto indicar que a mayor cantidad de Na absorbido, menores concentraciones de Ca y K se acumulan en las hojas. Si se encontró una correlación negativa entre el K y el Na del análisis foliar ( $r=-0,844$   $p<0,01$ ) y al contrario de lo esperado, una fuerte correlación positiva entre el Ca y el Na ( $r=0,834$   $p<0,01$ ).

Hemos observado una interacción positiva del fósforo con el potasio (Tabla I.3.143) ( $r=0,751$ ,  $p<0,01$ ), también encontrada por autores como Domínguez (1983).

**Tabla I.3.143**  
**Correlaciones entre variables del análisis foliar**  
**Tomate**

N (%) - P (%) $r=0,631$	Ca (%) - Mn (ppm) $r=0,732$
N (%) - K (%) $r=0,556$	Ca (%) - Cl (%) $r=0,696$
P (%) - K (%) <b><math>r=0,751</math></b>	Ca (%) - Zn (ppm) $r=0,650$
P (%) - Na (%) $r= ! 0,670$	Ca (%) - B (ppm) $r=0,560$
P (%) - Ca/Na $r=0,619$	Ca/Na - K/Na <b><math>r=0,944</math></b>
P (%) - K/Na $r=0,588$	Ca/Na - Zn (ppm) $r= ! 0,575$
K (%) - Na (%) <b><math>r= ! 0,844</math></b>	Ca/B - Ca (%) $r=0,676$
K (%) - B (ppm) $r= ! 0,575$	Mn (ppm) - Cu (ppm) $r=0,660$
K (%) - Cl (%) $r= ! 0,560$	Mn (ppm) - B (ppm) $r=0,566$
<b>Ca (%) - Na (%) <math>r=0,834</math></b>	

Al igual que para otros cultivos, se ha encontrado correlación entre la relación Ca/B y la concentración de Ca en los tejidos (Tabla I.3.143) ( $r=0,676$ ,  $p<0,01$ ).

La correlación negativa obtenida entre los contenidos de K y B en el análisis foliar ( $r=-0,575$ ,  $p=0,01$ ), parece indicar que la presencia de K, reduce la disponibilidad de B, como ha sido señalado por otros autores (Sillanpää, 1972).

Tan solo a título orientativo se han realizado análisis de regresión simple entre el contenido de nutrientes en las hojas y en el fruto, así como de variables del fruto entre sí, obteniéndose las siguientes correlaciones, que hay que tomarlas como ya hemos dicho anteriormente como una primera aproximación (Tabla I.3.144). Destacan una muy fuerte correlación positiva y altamente significativa entre Na fruto / Na foliar y entre Zn fruto / Zn foliar, y negativas entre K fruto / Ca fruto y entre K fruto / Na fruto.

**Tabla I.3.144**  
**Correlaciones entre variables del análisis de frutos y análisis foliar**  
**Tomate**

Na fruto (%) - Na foliar (%)	r=0,999 p<0,01
Zn fruto (ppm) - Zn foliar (ppm)	r=0,988 p=0,01
N fruto (%) - N foliar (%)	r=0,970 p=0,03
K fruto (%) - Ca fruto (%)	r= ! 0,989 p=0,01
K fruto (%) - Na fruto (%)	r= ! 0,986 p=0,01
K fruto (%) - Zn fruto (ppm)	r= ! 0,984 p=0,02
K fruto (%) - Mn fruto (ppm)	r= ! 0,977 p=0,02
B fruto (ppm) - Fe fruto (ppm)	r=0,974 p=0,03
Cl fruto (%) - Cu fruto (ppm)	r= ! 0,997 p=0,05
B fruto (ppm) - P fruto (%)	r= ! 0,944 p=0,05

#### III.4.5.5.b. Correlaciones entre variables del análisis foliar y de las aguas de riego

Algunos autores (Nuez, 1995) han encontrado una cierta relación negativa entre el peso, tanto fresco como seco de las hojas y la salinidad de las aguas de riego. En este sentido, nosotros hemos encontrado una correlación negativa entre el contenido en Mg del agua de riego y el contenido en agua referido a peso fresco ( $r=-0,838$   $p<0,01$ ) y peso seco ( $r=-0,793$   $p<0,01$ ) de las hojas (Tabla I.3.145).

También se ha señalado que altas concentraciones de sulfatos en el agua pueden inducir niveles altos de Na en el cultivo y dificulta la absorción de calcio, causando frecuentemente deficiencias en este elemento (Meiri, 1994). En nuestro caso aparece una correlación positiva entre el contenido en sulfatos del agua y el contenido en sodio del análisis foliar ( $r=0,626$ ,  $p<0,01$ ), aunque hemos encontrado, contrariamente a lo señalado por Meiri (1994), correlaciones positivas entre el contenido en sulfatos en el agua y el calcio en las hojas ( $r=0,546$ ,  $p<0,01$ ) (Tabla I.3.145).

Así mismo hemos observado una correlación positiva entre la concentración de magnesio en el agua de riego y el sodio en las hojas y una correlación negativa entre aquél y el P, Ca/Na y K/Na en las hojas, lo que parece indicar que concentraciones altas de Mg en el agua de riego disminuyen de alguna forma la absorción de P, Ca y K (Tabla I.3.145).

**Tabla I.3.145**  
**Correlaciones entre variables del análisis foliar y de las aguas de riego**  
**Tomate**

P (%) foliar - Mg (meq/L) agua r= ! 0,601	Na (%) foliar - SO <sub>4</sub> (meq/L) agua r=0,626
K (%) foliar - B (ppm) agua r= ! 0,665	Cl (%) foliar - B (ppm) agua r=0,611
K (%) foliar - SO <sub>4</sub> (meq/L) agua r= ! 0,657	Cl (%) foliar - Ca (meq/L) agua r=0,593
K (%) foliar - Mg (meq/L) agua r= ! 0,629	Cl (%) foliar - SO <sub>4</sub> (meq/L) agua r=0,583
K (%) foliar - CE (μS/cm) agua r= ! 0,589	Cl (%) foliar - Cl (meq/L) agua r=0,558
K (%) foliar - Na (meq/L) agua r= ! 0,581	Fe (ppm) foliar - Cl (meq/L) agua r=0,951
K (%) foliar - Cl (meq/L) agua r=0,554	Fe (ppm) foliar - CE (μS/cm) agua r=0,907
K/Na foliar - Mg (meq/L) agua r= ! 0,603	Fe (ppm) foliar - Na (meq/L) agua r=0,896
Ca (%) foliar - Ca (meq/L) agua r=0,628	Fe (ppm) foliar - SO <sub>4</sub> (meq/L) agua r=0,885
Ca (%) foliar - B (ppm) agua r=0,596	Fe (ppm) foliar - B (ppm) agua r=0,840
Ca (%) foliar - SO <sub>4</sub> (meq/L) agua r=0,546	Fe (ppm) foliar - Ca (meq/L) agua r=0,769
Ca/Na foliar - Mg (meq/L) agua r= ! 0,633	Fe (ppm) foliar - Mg (meq/L) agua r=0,629
Na (%) foliar - B (ppm) agua r=0,645	CAH (%) foliar - Mg (meq/L) agua r= ! 0,838
Na (%) foliar - Ca (meq/L) agua r=0,641	CAS (%) foliar - Mg (meq/L) agua r= ! 0,793
Na (%) foliar - Mg (meq/L) agua r=0,626	

CAH Contenido en agua de los tejidos referido a peso húmedo (%)

CAS Contenido en agua de los tejidos referido a peso seco (%)

También parece deducirse de los resultados de la Tabla I.3.145 que un alto contenido en B en el agua de riego induce una menor absorción de K y una acumulación de Cl y Na en los tejidos foliares. Así mismo la absorción de K por las plantas de tomate parece verse afectada negativamente por la concentración de sulfatos, magnesio y sodio en el agua de riego, además de por el boro.

Otras correlaciones encontradas también parecen indicar que la absorción de Fe por las plantas se ve favorecida por la salinidad del agua, dadas las correlaciones positivas existentes entre el contenido en Fe en las hojas y variables del agua tales como CE y concentración de Cl, Na, SO<sub>4</sub>, B y Ca.

#### **III.4.5.5.c. Correlaciones entre variables del análisis foliar y de la solución edáfica (extracto saturado)**

Las correlaciones obtenidas entre variables del análisis foliar y de la solución del suelo deben ser tomadas como una primera aproximación ya que contábamos con pocas muestras (9) de hojas y suelos que pudiéramos correlacionar.

Las correlaciones más altas conseguidas entre los análisis foliares y la solución de los suelos fueron entre el contenido de agua en los tejidos foliares (CAH y CAS) y el K de la solución del suelo ( $r=0,956$  y  $r=0,949$  respectivamente, ambas altamente significativas). También se observó que el porcentaje en agua de los tejidos foliares aumenta con el contenido en  $\text{HCO}_3$  y  $\text{NO}_3$  de la solución del suelo, y disminuye con el pH.

Parece verse una relación positiva entre los  $\text{HCO}_3$  del suelo y el contenido en P y K foliar y negativa con el Mg (Tabla I.3.146).

Se observa una correlación positiva entre el contenido de sodio en las hojas de tomate y la relación Ca/Mg de la solución del suelo, lo que parece indicar que cuanto mayor sea la concentración de calcio en relación a la de magnesio, más sodio es absorbido y acumulado en las hojas. Ya en el apartado de correlaciones entre variables del análisis foliar se advirtió de una correlación positiva entre las cantidades de calcio y sodio absorbidas por la planta.

También encontramos una correlación positiva entre la relación Ca/Mg de los tejidos y el contenido en sulfatos de la solución del suelo, por lo que la planta mejora la absorción de calcio con el aumento de la concentración de iones sulfatos en la solución edáfica. Una relación similar fue obtenida en el apartado de correlaciones entre variables del análisis foliar y del agua de riego, y ambas correlaciones contradicen lo observado por Meiri (1994) de que la absorción de calcio se ve disminuída con la presencia de sulfatos, llegando a producir incluso deficiencias en este elemento.

La correlación negativa obtenida entre el contenido de K en las hojas y la relación Ca/Mg de la solución del suelo, así como la relación K/Na de los tejidos y la concentración de sulfatos en el suelo (Tabla I.3.146) contradicen lo obtenido en el apartado de correlaciones entre variables del análisis foliar y las aguas de riego. Estas contradicciones pueden ser debidas, como se comentó en un principio al bajo número de muestras (hojas y suelos) empleados en los análisis de correlación.



**Tabla I.3.146**  
**Correlaciones entre variables del análisis foliar y de la solución edáfica**  
**Tomate**

P (%) foliar - HCO <sub>3</sub> (meq/L) suelo r=0,844	Fe (ppm) foliar - Na (meq/L) suelo r=0,802
K (%) foliar - HCO <sub>3</sub> (meq/L) suelo r=0,828	CAH (%) foliar - K (meq/L) suelo r=0,956
K (%) foliar - Ca/Mg suelo r= ! 0,800	CAH (%) foliar - HCO <sub>3</sub> (meq/L) suelo r=0,842
K/Na foliar - HCO <sub>3</sub> (meq/L) suelo r=0,807	CAH (%) foliar - pH suelo r= ! 0,778
K/Na foliar - SO <sub>4</sub> (meq/L) suelo r=0,775	CAS (%) foliar - K (meq/L) suelo r=0,949
Ca/Mg foliar - SO <sub>4</sub> (meq/L) suelo r=0,785	CAS (%) foliar - HCO <sub>3</sub> (meq/L) suelo r=0,890
Mg (%) foliar - HCO <sub>3</sub> (meq/L) suelo r= ! 0,781	CAS (%) foliar - pH suelo r= ! 0,833
Na (%) foliar - Ca/Mg suelo r=0,810	CAS (%) foliar - NO <sub>3</sub> (meq/L) suelo r=0,778

CAH Contenido en agua de los tejidos referido a peso húmedo (%)

CAS Contenido en agua de los tejidos referido a peso seco (%)

### **III.4.5.6. Algunas consideraciones generales sobre las correlaciones estadísticas**

De las correlaciones estadísticas realizadas, parece deducirse:

- *De manera general:*

- \* En todos los cultivos una interacción fisiológica entre el calcio y los iones borato.
- \* La absorción de sodio está fuertemente regulada por las concentraciones de calcio y potasio.
- \* El ión cloruro parece tener un papel importante favoreciendo la absorción de agua por la planta.

- *Para el cultivo de tomate:*

- \* La absorción de sodio reduce la acumulación de potasio y calcio en las hojas.
- \* La presencia de potasio reduce la disponibilidad del boro.
- \* Una interacción positiva entre las concentraciones de fósforo y potasio del análisis foliar.
- \* La concentración de magnesio en las aguas de riego reduce el peso de las hojas.
- \* Contenidos altos de sulfatos en las aguas de riego provocan niveles altos de sodio en el cultivo.
- \* Niveles altos de magnesio en el agua de riego inducen una disminución en la absorción de fósforo, calcio y potasio y una acumulación de sodio en las hojas.
- \* Alto contenido en boro del agua de riego induce una menor absorción de potasio y una acumulación de cloruros y sodio en los tejidos foliares.

- \* La absorción de potasio por las plantas de tomate puede verse afectada negativamente por el contenido de sulfatos, magnesio, cloruros y sodio en el agua de riego.
- \* La salinidad del agua de riego favorece la absorción de hierro por las plantas.

### **III.4.6. DISCUSIÓN GENERAL SOBRE EL ESTADO NUTRICIONAL DE LOS CULTIVOS**

#### **III.4.6.1. General**

De manera general puede decirse que las deficiencias que con mayor frecuencia aparecen en todos los cultivos y en todas las islas, son las de K, S y Ca en lo que se refiere a los macronutrientes y de Mn, Cu y Zn entre los oligoelementos.

Niveles altos en un alto porcentaje de los tejidos foliares se han encontrado para P, Fe, Na y Cl.

Esta deficiencia casi generalizada de calcio en los tejidos vegetales puede deberse a un exceso de sodio, ya que como ha sido señalado en el análisis estadístico, un exceso de sodio reduce la acumulación de calcio en los tejidos vegetales. Igual razonamiento, así como un alto contenido en sulfatos, magnesio, boro y cloruros en las aguas de riego, podría explicar los bajos contenidos de potasio en las hojas de los cultivos.

Los valores marginales de azufre observados tienen más difícil explicación aunque podría deberse a un antagonismo de absorción entre los sulfatos y los cloruros y nitratos, a partir de la solución del suelo, retención de sulfatos en el suelo, o a una menor disponibilidad de este elemento ya que los iones sulfato tienden a formar pares iónicos con el calcio y el magnesio (Aptdo. III.1.1.2. Análisis de la solución edáfica a partir de los extractos de saturación del suelo).

Los valores deficientes observados frecuentemente para los micronutrientes Mn, Cu y Zn, pueden deberse no sólo a una baja biodisponibilidad a pH superiores a 8, sino también a competencias iónicas en condiciones salinas y a la interacción de iones fosfato.

El alto contenido en fósforo que aparece en los análisis foliares de la mayor parte de los cultivos parece indicar una sobrefertilización con respecto a este nutriente, así como al aumento de absorción que experimenta este elemento en presencia de altas concentraciones de sodio (Jones et al., 1991).

Valores altos de sodio y cloruros se han encontrado en prácticamente todos los cultivos analizados, lo cual se debe sin duda a las altas concentraciones de estos nutrientes tanto en la solución edáfica como en las aguas de riego y a la presencia de sulfatos, anión dominante en la solución edáfica de estos suelos, pero que se encuentran fundamentalmente formando pares y complejos con el calcio y el magnesio.

En cuanto a la distribución geográfica del estado nutricional de los cultivos, puede decirse que los valores más bajos de nutrientes se encuentran con mayor frecuencia en El Hierro y La Palma, mientras que Gran Canaria y Tenerife, con una agricultura más tecnificada y hasta cierto punto más racional son las islas que presentan un mayor porcentaje de cultivos con niveles adecuados de nutrientes.

Una tendencia similar se observa para los micronutrientes, mientras que niveles altos de sodio se encuentran frecuentemente en todas las islas.

Por lo que respecta al tipo de cultivo, puede decirse que los niveles deficitarios de macronutrientes se presentan con mayor frecuencia en hortícolas y frutales, siendo en estos últimos donde también se presentan frecuentemente valores altos o tóxicos de nutrientes. Los cultivos que presentan un mejor estado nutricional son aquellos pertenecientes al grupo de ornamentales, considerados generalmente en Canarias como cultivos de primor y por tanto sometidos a un manejo muy tecnificado y equilibrado.

En lo que se refiere a los cultivos de exportación más importantes de las islas Canarias, son más frecuentes los desequilibrios nutricionales en la platanera que en el tomate.

#### **III.4.6.2. Platanera**

De modo general los análisis foliares realizados en platanera revelan con mayor frecuencia niveles bajos de K, Ca, S, Mn, Cu y Zn y altos de P, Mg y Na.

Las aguas de riego utilizadas en este cultivo (Aptdo. III.2.) son mayormente bicarbonatadas sódicas, mientras que en la solución edáfica de los suelos utilizados (Aptdo. III.1.2.) los iones predominantes son el sodio y los sulfatos y en menor medida los nitratos, lo cual se debe sin duda para el caso de los aniones, a su aporte al suelo en forma de enmiendas y fertilizantes.

##### **III.4.6.2.a. Nitrógeno**

El nitrógeno se ha considerado como el elemento nutritivo más importante en el desarrollo de la platanera (Turner, 1984). Además, como la capacidad de este cultivo para absorber nitrógeno en cantidades superiores a las necesarias es limitada y su susceptibilidad a ser eliminado del suelo por lixiviación alta, debe tenerse un especial cuidado en la aplicación temporal correcta de este nutriente (Galán, 1992).

Algunos autores como Martin-Prével (1969) y Lahav (1973b) indican que más importante que el contenido absoluto en nitrógeno total, es la relación entre el nitrógeno y otros elementos y en particular la relación K/N que afecta a la calidad del fruto. Como vimos anteriormente esta relación está por debajo de los valores normales (Aptdo. III.4.4.1.a), lo que sin duda es debido a los bajos niveles de potasio observados en los tejidos foliares.

#### **III.4.6.2.b. Fósforo**

Es conocido que los suelos canarios dedicados al cultivo de platanera presentan contenidos altos de fósforo (García, 1980; Borges et al., 1990; Padrón, 1993). El elevado contenido de este elemento encontrado por nosotros en los análisis foliares nos indica que además de la riqueza natural en fósforo de los suelos, se están aplicando normalmente dosis de fertilizantes muy superiores a las necesarias para la planta, lo cual además de producir desequilibrios nutricionales, puede llegar a perjudicar la producción, calidad y resistencia a las enfermedades de la platanera (García, 1980).

Un abonado abundante de fósforo en el suelo generalmente no se traduce en una mayor absorción del mismo por la planta (Fuentes, 1989), aunque también se ha señalado que el exceso de agua en el suelo, debido a compactación y degradación de la estructura del mismo, puede incrementar la absorción de algunos nutrientes como el P y el Fe (Jones et al., 1991), y que altas concentraciones de Na en la solución del suelo parecen aumentar la absorción de P (Jones et al., 1991). Ambas causas pueden darse en estos suelos, que contribuyan también a una elevada absorción de fósforo por la platanera.

#### **III.4.6.2.c. Potasio**

Ha sido señalado frecuentemente que los suelos canarios, debido a su origen volcánico y composición mineralógica, presentan unos elevados contenidos en potasio (Fernández-Caldas y Borges, 1971 y 1973; García, 1980; Borges et al., 1990). Sin embargo en los cultivos de platanera analizados por nosotros, este nutriente aparece deficitario en más del 52 % de los casos, lo cual podría explicarse por el antagonismo de absorción del K con el Na, que es el catión predominante en la solución edáfica, produciéndose la acumulación de este último en los tejidos y principalmente en las raíces de la platanera y disminuyendo al mismo tiempo la absorción de potasio (García, 1977 y 1980; Israeli et al., 1986).

Además, los bajos niveles de K encontrados en la planta, también pueden explicarse por su interacción con los iones nitrato de la solución del suelo (García, 1980; Langenegger y Smith, 1988; Galán, 1992).

#### **III.4.6.2.d. Calcio**

Este nutriente también aparece frecuentemente en valores por debajo de los adecuados en los análisis foliares realizados. Las altas concentraciones de sulfatos en las aguas de riego y en la solución del suelo, pueden ser las responsables de esta baja absorción de calcio (Meiri y Shalhevet, 1973; Landon, 1991), al igual que el Mg, que es uno de los iones dominantes en la solución edáfica y puede interaccionar la absorción de calcio (Meiri y Shalhevet, 1973; Landon, 1991).

#### **III.4.6.2.e. Magnesio**

Se trata de un nutriente que con frecuencia (46 %) aparece en concentraciones superiores a las normales en los análisis foliares de este cultivo. Su origen puede estar en los valores observados en el mismo en la solución edáfica, lo cual a su vez puede ser la causa, como hemos dicho, de la deficiencia de calcio observada, ya que es conocido que un exceso de magnesio reduce la absorción de calcio (Meiri y Shalhevet, 1973; Landon, 1991).

#### **III.4.6.2.f. Micronutrientes**

De manera general la disponibilidad de micronutrientes está fuertemente influenciada por el pH. Aunque el valor medio de las aguas utilizadas en este cultivo es de 8,3, el valor medio en la solución del suelo es de 7,5, lo que hace pensar que los valores deficitarios de Mn, Cu y Zn, frecuentemente observados en los tejidos foliares de este cultivo no se deben a valores altos de pH.

En muchos casos (más del 30 %) se han observado contenidos foliares de Fe superiores a los normales. Como las aguas de riego contienen Fe en concentraciones inferiores a las máximas recomendadas, debe ser el suelo o aplicaciones masivas de este elemento al cultivo, las responsables de los valores elevados observados en algunos casos. Generalmente los suelos utilizados en el cultivo de plataneras son suelos artificiales (Aptdo. II.3.2) donde se mezclan andosoles con suelos fersialíticos (luvisoles), estos últimos con un elevado contenido en sesquióxidos de Fe y Mn (Rodríguez, 1980; Fernández-Caldas et al., 1982).

Diversos autores como Domínguez (1983) y Jones et al. (1991) han encontrado niveles tóxicos de hierro cuando en el suelo se dan condiciones reductoras, como en el caso de suelos compactados con estructuras degradadas que sufren de encharcamiento y disminución de la concentración de oxígeno. En estas condiciones se ve favorecida la absorción de Fe por las plantas, por lo que de forma indirecta las concentraciones de Fe superiores a las adecuadas observadas por nosotros podrían estar asociadas a una cierta degradación de las propiedades físicas del suelo.

Concentraciones altas de Fe en la solución edáfica pueden interferir en la absorción de otros micronutrientes como Mn, Cu y Zn (Olsen, 1972) y nosotros hemos observado como en un alto porcentaje de las plataneras analizadas aparecen valores inferiores a los adecuados de Mn, Cu y sobre todo Zn. No sólo los altos valores de Fe podrían explicar estas ligeras deficiencias, sino también una sobrefertilización por fosfatos, ya que, unido a los bajos contenidos en Cu y Zn de los suelos de platanera en Canarias, ha sido demostrado que el P en proporciones elevadas puede inducir deficiencias en estos micronutrientes (Olsen, 1972; Gutiérrez et al., 1983; Landon, 1991). En el caso del Cu, además de las altas concentraciones de fósforo, altos niveles de nitrógeno y magnesio pueden producir deficiencias en este elemento (Reuther y Labanauskas, 1966).

El boro es uno de los micronutrientes que ocasiona menos problemas en la platanera, no observándose problemas de toxicidad, y valores altos de este elemento en las hojas se encuentran solamente en un 10 % de los casos estudiados. En general las aguas de riego contienen concentraciones bajas de B (Aptdo. III.2.2.4) y además la absorción de este micronutriente se ve disminuído por la concentración de calcio y el pH alto de la solución del suelo (Meiri, 1994) y por la presencia de K a altos valores de pH (Sillanpää, 1972).

Además los andosoles tienen una elevada capacidad de absorción de B, debido a la presencia de Al y Fe activos en la superficie de los componentes mineralógicos que constituyen estos suelos (alofanas, imogolitas, oxihidróxidos) (Cruz, 1997), no habiéndose observado problemas de toxicidad en fincas de platanera regadas con aguas residuales depuradas de muy alto contenido en boro (Cruz, 1997).

Generalmente la platanera es más sensible a la toxicidad por sodio que por cloruros (Charpentier y Martin-Prével, 1968; Lahav y Turner, 1983). En un alto porcentaje de las muestras estudiadas se han encontrado valores de sodio y cloruros superiores a los normales, lo cual podría explicarse por la elevada concentración de estos elementos en la solución edáfica, junto a una alta concentración de sulfatos ya que éstos se encuentran formando pares iónicos con el calcio y el magnesio, enriqueciéndose aún más la solución del suelo en sodio (Meiri y Shalhevet, 1973).

#### **III.4.6.2.g. Incidencia del Mal de Panamá**

Muchos autores coinciden al señalar que de manera general, la incidencia del Mal de Panamá en las Islas Canarias, parece estar relacionada con una excesiva y desequilibrada fertilización, asociada en la mayoría de los casos a unas malas condiciones físicas en los suelos (Wardlaw, 1935; Rishbeth, 1957; Stover, 1972; Blesa y Fernández-Caldas, 1973; Tello, 1975; Borges et al., 1983 y 1990).

Gutiérrez et al. (1983) han encontrado desequilibrios nutritivos K/Mg y P/Zn en las plantas afectadas por esta enfermedad. En concreto señalan que el valor de la relación K/Mg en la solución del suelo de plantas enfermas (valor medio 0,67) era superior al de plantas sanas (valor medio 0,48). En nuestro caso se ha obtenido un valor medio de la relación K/Mg de 0,61 en las soluciones de los suelos de platanera muestreados (Tabla I.3.147).

**Tabla I.3.147**

**Algunos parámetros de la solución del suelo en cultivos de platanera**

	Na	Ca	Mg	K	Ca+Mg	K/Mg	K/(Ca+Mg)
<b>Nº</b>	40	40	40	40	40	40	40
<b>Media</b>	18,0	16,2	14,0	7,0	30,3	0,61	0,28
<b>Mediana</b>	12,1	14,9	10,1	3,9	25,5	0,36	0,15
<b>DS</b>	15,7	9,3	12,1	11,8	20,2	1,22	0,61
<b>Mín</b>	3,9	3,1	2,9	0,3	6,0	0,05	0,02
<b>Máx</b>	71,2	41,7	71,8	73,9	108,1	7,86	3,95

Nº Número de muestras **DS** Desviación estándar **Mín** Mínimo **Máx** Máximo

**III.4.6.3. Tomates**

De manera general los análisis foliares realizados en plantas de tomate revelan con mayor frecuencia niveles bajos de N, K, Ca, S, Mn, Cu y Zn y altos de Na y Mg, situación muy similar a la encontrada para el caso de la platanera.

Las aguas de riego que normalmente se utilizan en este cultivo (Aptdo. III.2) son mayormente cloruradas sódicas y en la solución de los suelos (Aptdo. III.1.2.) los iones predominantes son el sodio, los sulfatos y los cloruros. La presencia de sulfatos está estrechamente ligada a la aplicación de enmiendas y fertilizantes.

**III.4.6.3.a. Nitrógeno**

Aunque más del 57 % de las muestras estudiadas tienen niveles adecuados de este nutriente, es frecuente la presencia de niveles deficitarios, debido a una falta de materia orgánica en el suelo y a una inadecuada fertilización nitrogenada.



#### **III.4.6.3.b. Potasio**

Una tercera parte de las plantas analizadas presentan niveles deficitarios de potasio, lo que parece deberse al antagonismo existente con el sodio de la solución edáfica.

#### **III.4.6.3.c. Calcio**

En muchas ocasiones (38 %) se han encontrado valores de calcio inferiores a los normales, ligados a los valores altos de sulfatos y magnesio en la solución edáfica (Meiri y Shalhevet, 1973; Landon, 1991).

#### **III.4.6.3.d. Azufre**

Más de un 85 % de las hojas analizadas presentan déficit de S, a pesar de la elevada concentración de sulfatos en la solución edáfica, lo que podría explicarse por un antagonismo de absorción entre éstos y los cloruros, por la formación de pares iónicos entre sulfatos, calcio y magnesio, así como por la alta retención de este anión en los suelos.

#### **III.4.6.3.e. Micronutrientes**

Se observan siempre valores altos de sodio en las hojas de tomate relacionados con la elevada concentración de este elemento y de sulfatos en la solución edáfica (Meiri y Shalhevet, 1973).

Niveles deficitarios de Zn, Cu y Mn aparecen frecuentemente y de manera similar a lo que hemos comentado para el caso de la platanera, no parecen estar relacionados con altos valores de pH en la solución edáfica (pH medio 7,6), sino más bien a un bajo contenido en estos nutrientes del suelo.

## **PARTE II**

# ***PROGNOSIS DE LA SALINIZACIÓN INDUCIDA EN LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE LAS ISLAS CANARIAS. ALTERNATIVAS Y RECOMENDACIONES***

## **I. INTRODUCCIÓN**

De acuerdo con la hipótesis inicial y con los objetivos globales planteados en este trabajo, hemos realizado en la 1ª parte del mismo una caracterización exhaustiva de la solución edáfica de los principales suelos agrícolas en regadío de Canarias y la relación de sus características, y en particular el estado salino-sódico, con algunos parámetros ambientales y de manejo, con especial incidencia en las características de las aguas de riego.

Se ha valorado asimismo la incidencia de la salinidad-sodicidad de los suelos sobre el estado nutricional de los cultivos y se concluye de modo genérico, que existe un problema de degradación de los suelos por salinización-sodificación, que tiene su origen básicamente en la calidad del agua de riego y que en cierto modo permanece oculta, no afectando en demasía a la productividad de los cultivos, debido a varios razones, pero fundamentalmente a los sistemas de riego empleados y a la naturaleza de los suelos.

Es pues indispensable disponer de la información necesaria para pronosticar los problemas de salinidad y degradación de las propiedades físicas, que sin duda se generan en estos suelos a corto-medio plazo y así prever las condiciones más adecuadas de manejo del riego y los cultivos.

En general, para controlar la salinidad o sodicidad del suelo por debajo de niveles críticos, el manejo del agua de riego debe contemplar un exceso de agua por encima de los requerimientos del cultivo, que después de fluir a través de la zona radicular sea eliminado a través del drenaje del suelo. Para precisar estos requerimientos de riego y drenaje es necesario entender y controlar las relaciones entre la dinámica del agua y sales en el suelo, la tolerancia de los cultivos a la salinidad, y los efectos de las sales y el sodio sobre las propiedades hídricas de los suelos.

Es muy importante desarrollar y utilizar modelos predictivos para detectar problemas potenciales de los suelos afectados por sales, así como para suministrar información acerca de las limitaciones y posibles alternativas para el uso y manejo de las aguas de riego.

Para poder hacer un diagnóstico integral de los problemas de salinización y sodificación en suelos agrícolas es necesario conocer las propiedades químicas y físicas de los mismos, las características climáticas de la zona (pluviometría y evaporación), del cultivo (evapotranspiración, tolerancia a las sales y al sodio) y del riego (calidad y cantidad del agua de riego, sistema de riego).

Por otro lado, sabemos que el movimiento de las sales en el suelo siempre ocurre en solución, y por ello, la acumulación y distribución de las mismas están determinadas por la

dinámica del agua del suelo, y muy especialmente por el manejo del agua de riego y por las propiedades hídricas del suelo. Se han desarrollado modelos para predecir la distribución espacial y temporal de las sales en el suelo, y el uso de ellos aportaría información para poder adoptar estrategias para el manejo más adecuado del sistema agrícola afectado por procesos de salinización y sodificación.

Por todo ello, en esta segunda parte del trabajo se realiza una caracterización físico-química completa de cuatro suelos con problemas de salinidad y sodicidad, con el objetivo de modelizar la dinámica espacial y temporal de las sales, la evolución de las condiciones de la solución edáfica con diferentes contenidos de humedad en el suelo y el comportamiento de la estabilidad estructural de los suelos agrícolas bajo riego. Además se hace un intento de valoración de la calidad de las aguas de riego según las últimas tendencias, que utilizan modelos informáticos que integran las características químicas del agua, el clima, el funcionamiento hídrico del suelo y la tolerancia de los cultivos a las sales.

## **II. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **II.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUELOS UTILIZADOS**

Para el estudio a realizar en esta segunda fase del trabajo, se han elegido cuatro fincas en las que se realizó un nuevo muestreo. Una de ellas situada en la isla de Fuerteventura (TF) con unas condiciones extremas de salinidad y las tres restantes en el sur de la isla de Tenerife (TT, P y PJ), donde se desarrolla la mayor parte de la agricultura de exportación de las islas.

La finca de Fuerteventura se dedica al cultivo de tomates bajo invernadero de malla, con suelo natural (Calciorthids-Torres, 1995) (Calcisoles háplicos) y se muestrearon dos situaciones: bajo los goteros (TFG) y en las zonas intergoteros (TFI), además de una muestra del agua de riego (F).

Las tres fincas de la isla de Tenerife, presentan todas suelos artificiales o sorribas. En una de ellas el cultivo es tomate bajo invernadero de plástico y se tomaron también dos muestras diferenciadas: bajo goteros (TTG) y entre los goteros (TTI). En las dos fincas restantes el cultivo es platanera:

P: platanera *pequeña enana*, en invernadero de plástico

PJ: platanera *gran enana*, en invernadero de plástico, con una capa de jable en superficie (gravas pumíticas).

Se recogió también una muestra del agua que riega a las tres fincas (T). En el Anexo XVII se presentan las fichas de campo correspondientes a cada finca.

### **II.2. MÉTODOS ANALÍTICOS**

#### **II.2.1. SUELOS**

Las muestras de suelo fueron secadas al aire y tamizadas a 2 mm. En esta fracción se realizaron la mayoría de los análisis. Sólo en algunos se utilizaron muestras no modificadas.

##### **II.2.1.1. Contenido de humedad de los suelos y extracción de la solución del suelo**

Tanto el contenido de humedad de los suelos como la extracción de la solución del mismo (obtenida a partir de la pasta saturada y de extractos suelo:agua 1:1) y los parámetros característicos de ésta, se han determinado como se señaló en los métodos analíticos de la Parte I, Apto. II.6.1.

#### **II.2.1.2. pH**

El pH (H<sub>2</sub>O) se midió en suspensión suelo:solución (1:2,5), después de agitar y dejar un tiempo de contacto de 30 minutos.

#### **II.2.1.3. Carbonato cálcico equivalente**

Se determinó por reacción con HCl 1:1 mediante el calcímetro de Bernard según normas del Ministerio de Agricultura (1974).

#### **II.2.1.4. Materia orgánica**

Se determinó por el método de oxidación con dicromato potásico (Walkley y Black, 1934), posteriormente modificado utilizando ferroína como indicador.

#### **II.2.1.5. Nitrógeno**

Se determinó por digestión Kjeldahl en un Tecator mod. 1026.

#### **II.2.1.6. Fósforo asimilable**

Extracción con NaHCO<sub>3</sub> a pH 8,5 y posterior determinación colorimétrica (Olsen et al., 1954).

#### **II.2.1.7. Cationes cambiabiles y capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

Se determinaron según el método de Bower et al. (1952) con acetato amónico 1N pH 7 y acetato sódico 1N pH 8,2. Los cationes Ca y Mg se determinaron en absorción atómica, en presencia de concentraciones de lantano del orden de 0,1-1 %, para evitar interferencias de sílice, aluminio, fosfatos y sulfatos; y el Na y K se determinaron por fotometría de llama. La CIC se determinó por colorimetría Nessler.

#### **II.2.1.8. Propiedades ándicas**

El hierro y aluminio amorfo fue extraído con ácido oxálico-oxalato amónico a pH 3 (Feo, Alo) (Blakemore et al., 1981), mientras que el hierro y aluminio complejoado con la materia orgánica se extrajo con pirofosfato sódico 0,1 M (Fep, Alp). En ambos casos la determinación se realizó por

espectrofotometría de absorción atómica. La retención de fosfato (R.P.) se llevó a cabo según Blakemore et al. (1981) y la densidad aparente, como señalamos a continuación (Aptdo. II.2.1.9.).

#### **II.2.1.9. Densidad aparente**

Se determinó la densidad aparente en la muestra no modificada recogida en un cilindro metálico de 7,8 cm de diámetro y 5 cm de altura y seca hasta pesada constante a 105 °C.

#### **II.2.1.10. Porosidad total (PT) y porosidad superior a 15 µm de radio (P>15)**

Se determinaron las porosidades (PT y P>15) en cilindros de 5 cm de diámetro y 5 cm de altura en muestras sin alterar según Pla-Sentís (1983b). Las muestras se colocaron en una placa porosa de pF de 1 bar, y ésta fue conectada a un depósito con una altura de agua equivalente a la mitad de la altura del cilindro, hasta saturación de las muestras. A continuación se pesaron (peso de las muestras saturadas = A) y se colocaron nuevamente en la placa. Se extrajo el agua bajando el depósito un metro (succión equivalente a 1 atm de presión) durante un par de días hasta pesada constante (peso de las muestras a 1 atm = B), momento en el que se pasan a una estufa a 50°C y se pesan posteriormente (peso de la muestra seca a 50 °C = C). La PT se calcula por diferencia entre las pesadas de la muestra saturada y de la muestra seca a 50 °C ( $PT = A - C$ ), y la  $P>15 = A - B$ .

#### **II.2.1.11. Infiltración básica**

La infiltración básica fué determinada por el método del doble anillo.

#### **II.2.1.12. Permeabilidad o conductividad hidráulica saturada (CHS)**

Se determinó en cilindros de 5 cm de diámetro y 5 cm de altura con muestras sin alterar y en un permeámetro de laboratorio ICW Eijkelkamp.

#### **II.2.1.13. Retención de agua**

Se determinaron las curvas de retención de agua sobre placas porosas a 0; 0,3; 1,3; 3,4; 6,9; 10,2; 13,8 y 15 bares de presión por el método de Richards (mod. Soil Moisture Equipment Corporation) en muestras secas al aire y tamizadas a 2 mm. El agua útil se calculó por diferencia en peso y en volumen, esta última teniendo en cuenta la densidad aparente de la fracción inferior a 2 mm.

*Extracción de la fase líquida hasta punto de marchitamiento (15 bares) (solución pF4,2):* Se prepararon pastas saturadas según el método de Richards (U.S.S.L. Staff, 1954), se distribuyó la pasta en los anillos sobre la placa porosa de cerámica, se sometió a una presión de 15 bares, se recogió toda la solución hasta que dejó de gotear el sistema (48 horas aproximadamente). Se midió la CE, pH y se determinaron los cationes y aniones por los métodos anteriormente citados.

*Extracción de la fase líquida fraccionada desde capacidad de campo a punto de marchitamiento:* Se realizó igual que para la extracción de la fase líquida hasta punto de marchitamiento pero de forma fraccionada y obteniendo tres soluciones:

- Primera solución obtenida hasta 0,3 bares de presión (0,3) (Capacidad de campo).
- La placa anterior, después de haber extraído la solución 0,3, fue sometida a una presión de 15 bares y obtuvimos dos soluciones:
  - Solución extraída en la primera hora de haber aplicado la presión [(0,3-15)1].
  - El resto de la solución hasta que dejó de gotear el sistema y que llamamos [(0,3-15)2].

En las tres soluciones se determinaron la CE, pH, cationes y aniones por los métodos ya descritos.

#### **II.2.1.14. Análisis granulométrico**

Algunos suelos ricos en sesquióxidos amorfos (alofana, imogolita, ferrihidrita) o criptocristalinos (hematites, gibsita, etc..) no realizan una dispersión completa cuando se les somete al método convencional del USDA para la determinación del tamaño de partículas, usando hexametáfosfato sódico como dispersante. En estos suelos entre los que se encuentran los andosoles y suelos ándicos, se han encontrado diferencias significativas en el porcentaje de arcillas (hasta el doble) usando como método de dispersión resinas sódicas (Amberlita Na IR-120), en suelos ricos en gibsita (Edward y Bremner, 1967; Rouiller et al., 1972; Tour Guide, 1986; Bartoli et al., 1988, 1991).

Dado que la mayoría de los suelos utilizados en las sorribas tienen un cierto carácter ándico (Parte I, Apto. II.3.2.1.), hemos utilizado ambos métodos de dispersión en la determinación granulométrica de estos suelos.



- Dispersión con hexametafosfato sódico y utilización del método del densímetro de Boyoucos (USDA). La fracción arena se determinó por tamizado en tamices de 0,2 y 0,05 mm de luz.

- Dispersión con resinas sódicas (Bartoli et al., 1991): A 2,5 g de tierra (< 2 mm) se añadieron 200 ml de agua destilada y 100 ml de resina Amberlita Na IR-120 (con poros de 500 µm). Se agitó durante 16 horas a 40 rpm y se tamizó a 0,2 y a 0,05 mm (para calcular las arenas). Las suspensiones fueron transferidas a una probeta y enrasadas a un volumen de 1 L con agua destilada. Las fracciones arcilla y limo fueron calculadas por el método de la pipeta de Robinson.

#### **II.2.1.15. Mineralogía de arcillas**

La mineralogía de las arcillas se obtuvo por difracción de Rayos X por los métodos de polvo desorientado y de agregados orientados en la fracción inferior a 2 mm y en la fracción arcilla (sin pretratamiento, con pretratamientos térmicos y con pretratamiento con etilenglicol), utilizando un difractómetro Philips PW-1720.

#### **II.2.1.16. Test de estabilidad de agregados**

Se utilizaron tres tipos de test: Estabilidad en seco, método de Henin y cinética de desagregación.

##### **II.2.1.16.a. Estabilidad en seco**

Se realizó el tamizado de la tierra fina de las muestras a través de un tamiz de 200 µm obteniendo el porcentaje de agregados superiores a 200 µm en seco (As), restando a los mismos las arenas gruesas (As). Se pesaron por triplicado 2 g de muestra y se realizó un tamizado manual suave.

##### **II.2.1.16.b. Método de Henin et al. (1969)**

Se pesan 5 g de la fracción < 2mm (por triplicado) en erlenmeyers de 750 ml, a uno de ellos se añade 5 ml de etanol, a otro 5 ml de benceno y al último nada. Cinco minutos después se vierte bruscamente agua en los tres erlenmeyers, se enrasa a 300 ml y se agita enérgicamente 20 veces por volteo. A continuación se pasa por un tamiz de 0,2 mm que queda sumergido en un cristalizador, con la ayuda de un aparato de Feodoroff (movimiento helicoidal de ida y vuelta, 30 veces en 30 segundos). Se procede a pesar los agregados que permanecen en el tamiz en cada uno de los tres

casos (etanol, benceno y sin pretratamiento). Después se determina la fracción (arcillas + limos finos) (0-20 µm) en el filtrado del tamizado, sin dispersión previa, por el método de la pipeta de Robinson, se obtienen tres valores pero sólo se utiliza el valor más alto.

El índice de inestabilidad estructural (*IS*) se calcula

$$IS = \frac{\text{(Arcilla + limos finos) máximo (\%)}}{\text{Media Agregados (\%) - 0,9 Arenas gruesas (\%)}}$$

Ecuación (39)

de tal forma que valores bajos indican suelos con estructuras muy estables y valores altos (incluso por encima de 100) corresponden con suelos de estructura inestable.

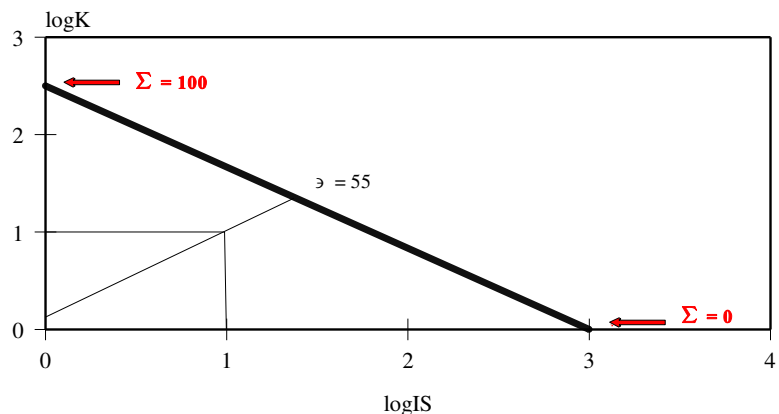
El índice de estabilidad  $\varepsilon$  se calculó a partir de una gráfica de ecuación aproximada:

$$3 \log K + 2,5 \log IS - 7,5 = 0$$

Ecuación (40)

Donde *K* es la conductividad hidráulica saturada e *IS* el índice de inestabilidad estructural comentado anteriormente. Esta recta, dividida en 100 partes iguales, define el índice  $\varepsilon$  que permite comparar la estabilidad estructural de suelos muy variados. El índice de estabilidad  $\varepsilon$  de un suelo está determinado por la intersección de esta recta y una recta de pendiente inversa que pasa por el punto (log*IS*, log*K*) correspondiente. Por ejemplo para log*IS* = 1 y log*K* = 1 se obtiene un valor de  $\varepsilon = 55$ .  $\varepsilon = 100$ , representa la estabilidad máxima y  $\varepsilon = 0$ , la estabilidad mínima (Figura II.2.1).

**Figura II.2.1**  
**Gráfica para el cálculo del índice de estabilidad  $\varepsilon$**   
**(Duchaufour, 1975)**



### II.2.1.16.c. Cinética de desagregación

Se realizó la cinética de desagregación en cada uno de los suelos según Bartoli et al. (1991) en un agitador de tamices muy similar al descrito por Kemper y Rosenau (1986). Se pesaron 2 g de la fracción < 2 mm seca al aire y las muestras se colocaron en un tamiz (altura 7 cm, diámetro 6 cm y una luz de malla de 200  $\mu\text{m}$ ). Los tamices se colocaron en un sistema que rota regularmente por medio de un motor, con oscilaciones sinusoidales, de una amplitud de 2 cm y una frecuencia de 98 oscilaciones / min. Cada tamiz fue sumergido 2 cm de profundidad en un recipiente plástico con 200 ml de agua destilada.

En cada caso la cinética se realizó aplicando tiempos crecientes (1, 5, 15, 30, 60, 120, 240 y 480 minutos). Se calcularon los porcentajes de agregados > 200  $\mu\text{m}$  de diámetro estables al agua (Aa), en cada uno de los periodos de tiempo, restándoles la fracción arena gruesa (> 200  $\mu\text{m}$ ) proveniente del análisis granulométrico realizado con hexametáfosfato sódico.

### II.2.1.17. Test de dispersión

El test se ha realizado con la fracción inferior a 2 mm, previa eliminación de las sales en membranas de celulosa para diálisis de 12.000 D con un tamaño de poro aproximado de 0,9  $\mu\text{m}$ , hasta que la conductividad eléctrica fue constante en dos lecturas consecutivas e inferior a 100  $\mu\text{s/cm}$  (Lebrón y Suárez, 1992). Se utilizaron dos tipos de disoluciones:

- 1) Disoluciones de concentración creciente desde 0 hasta 800 meq/L de NaCl todas con SAR infinito, pH 6-7.
- 2) Disoluciones de concentración creciente desde 0 hasta 500 meq/L y SAR equivalente al agua de riego en cada caso (SAR 13, pH 6-7 para los suelos de Fuerteventura y SAR 3, pH 8-9 para los de Tenerife). La composición química de las disoluciones fue también diferente: clorurada sódica y magnésica para los suelos de Fuerteventura y bicarbonatada sódica y clorurada magnésica para los de Tenerife, atendiendo también a la diferente composición de las aguas de riego en cada caso.

Teniendo en cuenta el porcentaje de arcilla del análisis granulométrico para cada suelo, se calcularon los gramos de tierra fina necesarios para preparar una suspensión al 1 % en arcilla. Se obtuvieron las suspensiones al 1 % en arcilla mediante 15 segundos de ultrasonido a una amplitud de 10 microns y posterior agitación a 125 rpm durante 30 minutos (Lebrón y Suárez, 1992). Una alícuota de 0,5 ml de cada suspensión se añadió a las cubetas con 7 ml de las soluciones de concentración creciente (Goldberg y Glaubig, 1987). Las cubetas se sellaron con parafilm y se

agitaron en un Vortex Mixer durante 15 segundos. Luego de tres horas de reposo, se leyó el porcentaje de transmitancia (T %) en un Spectronic 20 a una longitud de onda de 420 nm. El 100% de transmitancia corresponde al de una cubeta con agua desionizada utilizada como blanco.

La relación entre la transmitancia (T%) y la cantidad de arcilla dispersa (AD) se estableció de la siguiente manera: Se pesaron cantidades crecientes de arcilla en los tubos, se añadieron 4 ml de hexametáfosfato sódico al 1 % y se aplicaron ultrasonidos durante cinco segundos, posteriormente se añadieron 3,5 ml de hexametáfosfato y se siguió el mismo tratamiento que en los tests (agitación, 3 horas reposo, medida de la transmitancia). Inmediatamente después de la lectura se pipetearon 5 ml del sobrenadante y se pasaron a cápsulas de porcelana previamente taradas, dejándose secar en estufa hasta pesada constante. Así se calcularon las relaciones arcilla dispersa (AD) (g/L) frente a T (%) en el sobrenadante.

### **II.2.2. AGUAS DE RIEGO**

Igual que en los métodos analíticos de la Parte I, Apto. II.6.2.

### III. RESULTADOS

#### III.1. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS SUELOS

En las seis muestras utilizadas específicamente para esta segunda parte del trabajo y dados los objetivos del mismo, se ha realizado un análisis químico exhaustivo de las mismas, no limitado a la caracterización de la solución edáfica.

El pH de las muestras P, TFI y TFG es alto y superior a los límites de tolerancia establecidos para el cultivo de platanera (4,2-8,1 según Soto, 1985; 4,7-8,0 según Turner et al., 1989) y de tomate (5,0-7,0, Nonnecke, 1989; Landon, 1991; Castilla, 1995). El resto de las muestras, presentan valores de este parámetro dentro del rango normal para estos cultivos (Tabla II.3.1). El pH aumenta siempre con la dilución de la suspensión y no se observan diferencias significativas en las zonas bajo goteros y entre goteros.

**Tabla II.3.1**  
**Características químicas de los suelos**

MUESTRA	pHa	pHes	pHp	CaCO <sub>3</sub> (g/kg)	M.O. (g/kg)	C/N	P (mg/kg)
TFG	8,3	7,8	7,5	12	5,1	4,3	41,3
TFI	8,2	7,7	7,4	12	4,9	3,5	37,1
TTG	5,5	6,9	5,4	2	23,8	5,8	145,4
TTI	5,6	7,0	5,4	2	27,3	5,9	137,3
P	8,2	7,6	6,7	3	20,2	5,6	127,3
PJ	6,9	7,9	7,7	15	25,1	6,6	154,4

pHa pH en agua pHes pH en el extracto de la pasta saturada pHp pH en la pasta saturada M.O. Materia orgánica  
C/N Relación carbono nitrógeno P Fósforo asimilable

La presencia de *carbonato cálcico* puede ser un buen indicador de condiciones físicas favorables en el suelo. Las muestras TTG, TTI y P presentan valores de CaCO<sub>3</sub> inferiores a 5 g/kg por lo que deben considerarse como suelos no calizos, mientras que el resto de las muestras, con valores comprendidos entre 10 y 20 g/kg corresponden a suelos ligeramente calizos (Hodgson, 1974). Según Tabares (1981), el nivel óptimo de caliza para cultivos de tomate se sitúa entre 20 y 50 g/kg, encontrándose estos suelos a niveles inferiores al óptimo, aunque si parecen ser adecuados los valores respecto a este parámetro para el cultivo de la platanera, la cual exige un contenido de caliza inferior a 50 g/kg (Delvaux, 1996).

Es generalmente admitido que unos contenidos adecuados de *materia orgánica* en el suelo se traducen por una estructura más estable (Batey y Davies, 1971; Ilaco, 1981; Landon, 1991). Los contenidos más bajos de materia orgánica aparecen en los suelos de Fuerteventura, isla con un considerable déficit de materia orgánica en los suelos, dadas las condiciones de extrema aridez que soporta. Este contenido no llega a cubrir el considerado habitualmente como óptimo en los cultivos de tomate (15-20 g/kg, Tabares, 1981).

En el resto de los suelos estudiados, los valores son más altos (20,2-27,3 g/kg) y superan los óptimos tanto para tomates como, en la mayoría de los casos, para plátanos, donde el óptimo se sitúa por encima de 25 g/kg (Galán, 1992; Delvaux, 1996).

El aporte de materia orgánica en los cultivos de platanera es una práctica habitual ya que da como resultado un incremento de las producciones al mejorar la disponibilidad de nutrientes y las propiedades físicas de los suelos (Godefroy et al., 1969; Pinon y Godefroy, 1973; Lahav, 1976; Delvaux, 1996).

La *nutrición nitrogenada* de los cultivos parece asegurada en todos estos suelos, salvo en los de Fuerteventura (TF), con valores muy bajos de materia orgánica, como hemos dicho. En el resto de los suelos los valores de la relación C/N son siempre inferiores a 10 (Tabla II.3.1) indicativos de una alta actividad microbiana en estos suelos cultivados (Landon, 1991; Porta et al., 1999).

Los niveles de *fósforo asimilable* (P-Olsen) son normales en los suelos de Fuerteventura y muy altos en los de Tenerife, lo que refleja la sobrefertilización a que están sometidos estos suelos (Tabla II.3.1).

En lo que se refiere a los nutrientes catiónicos, el contenido en *calcio cambiabile* es superior a 10 cmolc/kg en todos los casos, aunque este valor representa en el caso de los cultivos de platanera, menos de un 30 % de la capacidad total de cambio, lo que está muy por debajo del rango considerado adecuado (40-70 %) (Tablas II.3.2 y II.3.3).

Los valores absolutos de *magnesio cambiabile*, son también muy altos en todos los suelos estudiados (superiores a 0,5 cmolc/kg, según MAFF, 1967), al igual que el porcentaje cambiabile, que en todos los casos supera el 20 %. Sin embargo no aparecen desequilibrios Ca/Mg, ya que los valores de esta relación están siempre próximos a la unidad, valor por debajo del cual puede verse comprometida la disponibilidad del calcio (Yates, 1964; Fauck et al., 1969).

**Tabla II.3.2**  
**Características químicas de los suelos (continuación)**

MUESTRA	Ca(a)	Mg(a)	Na(a)	K(a)	Ca/Mg	K/Mg
TFG	11,7	9,5	2,2	1,4	1,2	0,1
TFI	10,3	9,2	3,5	1,5	1,1	0,2
TTG	21,2	8,5	2,6	2,8	2,5	0,3
TTI	20,9	10,2	3,1	2,3	2,0	0,2
P	14,6	15,3	8,8	4,4	1,0	0,3
PJ	15,1	10,8	3,3	8,5	1,4	0,8

(a) cmolc/kg

**Tabla II.3.3 (continuación)**  
**Características químicas de los suelos**

MUESTRA	PCaI(%)	PMI(%)	PSI(%)	PKI(%)	CIC(a)	S/CIC(%)
TFG	45,7	37,1	8,6	5,5	25,6	96,6
TFI	42,2	37,7	14,2	6,1	24,4	100
TTG	54,2	21,7	6,8	7,2	39,1	90,3
TTI	52,1	25,4	7,8	5,7	40,1	91,1
P	28,1	29,5	16,9	8,5	51,9	83,0
PJ	33,3	23,8	7,4	18,7	45,4	83,1

**PCaI** Porcentaje de calcio intercambiable **PMI** Porcentaje de magnesio intercambiable **PSI** Porcentaje de sodio intercambiable  
**PKI** Porcentaje de potasio intercambiable (a) cmolc/kg

Todas las muestras presentan contenidos altos de *potasio de cambio* (1,3-1,8 cmolc/kg), si exceptuamos los suelos de tomates de la isla de Fuerteventura, con valores que se encuentran en el límite (Metson, 1961; Young y Brown, 1962; MAFF, 1967 y Landon, 1991). Igualmente los contenidos referidos a porcentajes de la capacidad total de cambio son elevados (superiores al 6%), sobre todo en las fincas dedicadas a platanera que son las que reciben una mayor fertilización. Sin embargo la relación K/Mg está próxima a 0,2-0,3 en todos los casos y sólo en la muestra PJ podría producirse una carencia inducida de magnesio, en este suelo que es el que presenta los niveles más altos de potasio, procedentes sin duda de las cenizas pumíticas utilizadas como mulching en esta finca.

**La capacidad de intercambio catiónico (CIC)** es una propiedad de la fracción coloidal del suelo y está relacionada con el contenido y tipo de arcillas y con el contenido en materia orgánica. Según la FAO (FAO, 1979), los valores mínimos de CIC en la capa arable de un suelo, para poder obtener una producción satisfactoria bajo riego, son de 8 a 10 cmolc/kg. Los suelos considerados por nosotros tienen alta capacidad de cambio (CIC entre 25 y 40 cmolc/kg) en el caso de los cultivos de tomate y muy alta (CIC > 40 cmolc/kg) para el caso de cultivos de platanera (Tabla II.3.3). Este hecho se debe a la textura arcillosa que presentan los suelos, salvo en el caso de la muestra PJ que con una textura limosa tiene una CIC > 40 cmolc/kg, atribuyéndose ésta a la presencia de las gravas pumíticas en el horizonte superficial del suelo.

Todos los suelos considerados presentan unos contenidos de **sodio cambiante** superiores a 1 cmolc/kg, por lo que deben considerarse como suelos potencialmente sódicos (Landon, 1991).

Aunque las características químicas de la solución edáfica de estos suelos ya ha sido comentada exhaustivamente en la primera fase de este estudio, aquí consideraremos de nuevo algunos **parámetros de la solución del suelo**, sobre todo aquellos que tienen mayor interés para los objetivos de esta fase.

Con respecto a la **salinidad (CE del extracto saturado)** y utilizando la clasificación del USSL Staff (1954), la muestra TTG corresponde con un suelo medianamente salino, las muestras TFG y TTI a suelos fuertemente salinos, y el resto (TFI, P y PJ) a suelos extremadamente salinos. Se observa una mayor acumulación de sales en la zona intergoteros, probablemente debido al sistema de riego empleado (goteo); esta diferencia es mayor en las muestras de Fuerteventura ya que el agua de riego es extremadamente salina y aporta gran cantidad de sales al suelo.

Teniendo en cuenta los cultivos, y tomando el valor de CEes de la zona radicular, podemos observar como las dos fincas de tomates (TFG y TTG) tienen unos valores de CEes superiores a 2,5 dS/m, que sería el valor de CEes óptimo para obtener producciones del 100% (FAO, 1985b; Maas y Hoffman, 1977 y Maas, 1984). La muestra de Fuerteventura (TFG) está muy próxima al valor de 12,5 dS/m, CEes teórica a partir de la cual cesa el crecimiento del cultivo (FAO, 1985b; Maas y Hoffman, 1977 y Maas, 1984). El valor de la CEes de la muestra TTG está entorno a 7,6 dS/m, valor a partir del cual la disminución teórica de la producción es del 50% (Tabla II.3.4).

Las dos fincas muestreadas de platanera (P y PJ) tienen unas CEes superiores a 16 dS/m que corresponde a la clase de suelos extremadamente salinos (USSL Staff, 1954). Aunque Delvaux (1996) ha señalado que el cultivo de platanera sólo es posible en suelos cuya CEes sea inferior a 2 dS/m y en ningún caso superior a 6 dS/m, en este caso, se obtienen buenas productividades en suelos



con conductividades en el extracto de saturación muy superiores a 6 dS/m (16 y 20), lo cual se debe, como ya se ha señalado al particular funcionamiento hídrico de los suelos sometidos a riego por goteo, con una elevada y permanente dilución de la solución del suelo en el entorno radicular.

**Tabla II.3.4**

**Propiedades químicas de la solución del suelo (extracto de saturación)**

MUESTRA	CE (dS/m)	Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	Na <sup>+</sup> (meq/L)	K <sup>+</sup> (meq/L)	SAR (meq/L) <sup>0,5</sup>	PSIc (%)
<b>TFG</b>	12,37	27,0	20,2	94,4	0,8	19,4	21,5
<b>TFI</b>	17,26	34,4	32,9	125,7	0,9	21,7	23,5
<b>TTG</b>	7,44	27,8	29,0	24,9	9,5	4,7	5,3
<b>TTI</b>	8,67	31,0	40,2	27,4	11,3	4,6	5,2
<b>P</b>	20,30	29,9	99,0	144,4	16,8	18,0	20,2
<b>PJ</b>	16,15	33,5	74,6	81,3	26,0	11,1	13,1

Debido a los numerosos errores potenciales en las determinaciones de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y del porcentaje de sodio intercambiable (PSI), el Comité de Terminología de la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo ha recomendado la **relación de adsorción de sodio (SAR)** de los extractos saturados para la caracterización de suelos sódicos (Bresler et al., 1982; Pla-Sentís, 1983a; Frenkel, 1984 citado en Enrique y Barragán, 1997). Valores de SAR en el rango de 10 a 20 (meq/L)<sup>0,5</sup> se consideran potencialmente peligrosos (Bresler et al., 1982).

De las muestras estudiadas, sólo las de tomate de Tenerife, presentan valores de SAR inferiores a 10 (meq/L)<sup>0,5</sup> y los valores más altos aparecen en los suelos de Fuerteventura, que se riegan con agua con un alto contenido en sodio.

Con respecto al **porcentaje de sodio intercambiable (PSI)** y según la clasificación de Massoud (1971), la muestra de suelo de cultivo de platanera sin jable (P) es la que presenta el valor más alto y la zona de goteros del cultivo de tomates de Tenerife (TTG) el más bajo (suelo normal); el resto se clasifican como suelos ligeramente sódicos.

De las fincas de tomates muestreadas, la de Fuerteventura es la que presenta un PSI superior al 8,6 %, nivel en el que las tasas de elongación y de engrosamiento de este cultivo se ven afectadas (Badía y Meiri, 1997).

Al contrario del cultivo del tomate, la platanera es sensible al sodio y puede manifestar toxicidad con valores de 2-10 % de PSI (Pearson, 1960). El PSI para este cultivo debe ser menor del 4 % y no superior al 12 % (Delvaux, 1996). En las dos fincas de platanera se observan altos valores de PSI.

Las *características ándicas* son indicadoras de suelos con un complejo de cambio dominado por silicoaluminatos con ordenación de corto alcance, los cuales confieren a los suelos unas propiedades físicas y un funcionamiento hídrico peculiar, típico de los andisoles de los cuales proceden muchas de las sorribas estudiadas (Warkentin y Maeda, 1980).

En la Tabla II.3.5 se presentan los principales parámetros indicativos de propiedades ándicas (Soil Survey Staff, 1999), de tal modo que solo los suelos correspondientes a las muestras de tomate en Tenerife y a la de platanera sin jable (TT y P), presentan características ándicas bien marcadas.

**Tabla II.3.5**  
**Propiedades ándicas**

	Feo	Alo	Alo+1/2Feo	Fep	Alp	R.P.	C	F2-0,02	D.A.
Muestra	(%)								g/cm <sup>3</sup>
TFG	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	6,4	0,3	61,4	1,5
TFI	0,0	0,1	0,2	0,0	0,1	3,7	0,3	63,6	1,5
TTG	1,3	0,8	1,4	0,7	0,8	28,1	1,4	31,6	0,9
TTI	1,5	0,6	1,4	0,9	0,6	32,3	1,6	26,9	0,8
P	1,2	1,2	1,7	0,2	0,8	44,3	1,2	37,5	0,8
PJ	0,2	0,4	0,5	0,1	0,3	0,0	1,5	51,8	0,6

**Feo** Hierro oxalato **Alo** Aluminio oxalato **Fep** Hierro pirofosfato **Alp** Aluminio pirofosfato **R.P.** Retención de fósforo **C** Carbono orgánico **F2-0,02** Fracción 2-0,02 mm **D.A.** Densidad aparente

De la caracterización química podemos *concluir* diciendo que los suelos estudiados son salino-sódicos con conductividades eléctricas y porcentajes de sodio intercambiable superiores a los valores recomendados para los cultivos de tomate y platanera. Así mismo, son suelos con alta capacidad de intercambio catiónico y valores altos de magnesio cambiabile.

Las muestras (TF y P) presentan valores de pH superiores al rango de tolerancia de los cultivos. En el cultivo de tomate se observan niveles de caliza inferiores al óptimo para este cultivo y en el de platanera, el porcentaje de calcio intercambiable está por debajo del adecuado.

Los contenidos más bajos de materia orgánica y de nitrógeno aparecen en los suelos de Fuerteventura. Altos niveles de fósforo asimilable y de potasio de cambio se encuentran en los suelos de la isla de Tenerife, y además, éstos suelen presentar características ándicas.

### III.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS SUELOS

Aunque la salinidad y sodicidad de los suelos son propiedades puramente químicas o fisicoquímicas, ligadas a la concentración salina de una disolución o a los equilibrios de fase entre el suelo y la solución, la dinámica de las sales y el sodio y la influencia de éstos sobre la nutrición vegetal y el estado físico de los suelos, son procesos estrechamente ligados al funcionamiento hídrico del suelo, en cuanto a su capacidad de retención de agua y dinámica de ésta.

Es por lo que, al estar estrechamente ligado el funcionamiento hídrico del suelo y su estado físico (textura y estructura), la caracterización de éste es primordial para poder abordar los objetivos de modelización propuestos en esta segunda fase del trabajo.

La *densidad aparente* nos puede dar idea del grado de compactación de un suelo. Pueden considerarse altos, aquellos valores superiores a 1,3 g/cm<sup>3</sup> en suelos de textura fina (arcillosos o franco-arcillosos), 1,4 en suelos de textura media (de francos a franco-limosos) y 1,6 en suelos de textura gruesa (franco-arenosos) (Pla-Sentís, 1983b; Landon 1991). Como se observa en la Tabla II.3.6 sólo las muestras de Fuerteventura (textura limo-arenosa en hexametáfosfato sódico) presentan una densidad aparente elevada, lo cual puede indicar un cierto grado de compactación en estos suelos.

**Tabla II.3.6**  
**Propiedades físicas**  
**(densidad aparente, porosidad, infiltración y permeabilidad)**

Muestra	DA(g/cm <sup>3</sup> )	P>15µm(%)	PT(%)	TIB(mm/h)	CHS(mm/h)
<b>TFG</b>	1,5	15,3	41,9	50	62,4
<b>TFI</b>	1,5	11,2	43,2		40,2
<b>TTG</b>	0,9	23,9	57,2	285	199,2
<b>TTI</b>	0,8	24,2	51,6		330,0
<b>P</b>	0,8	24,9	56,0	154,5	154,5
<b>PJ</b>	0,5	22,0	54,4	116,5	116,5

DA Densidad aparente P>15µm Porosidad de la fracción de poros superiores a 15µm de radio PT Porosidad total TIB Tasa de infiltración básica CHS Conductividad hidráulica saturada

La *porosidad* del suelo es quien determina el flujo e intercambio de fluidos entre el suelo y el medio externo y condiciona además las relaciones agua-aire en el propio sistema suelo. Por ello es un parámetro fundamental en la dinámica hídrica del mismo, sobre todo en cuanto a la relación

entre los poros que retienen agua y aquellos en los que el agua está sometida a la acción de la gravedad. A efectos prácticos de funcionamiento de los modelos y programas informáticos que utilizaremos posteriormente, el límite entre los dos tipos de poros se sitúa en este trabajo en los poros de 15  $\mu\text{m}$  de radio (Jongerius, 1957; Pla-Sentís, 1983b).

La porosidad de la fracción de poros superiores a 15  $\mu\text{m}$  de radio incluye la macroporosidad (cuya función es la aireación y drenaje) y mesoporosidad (flujo rápido del agua por capilaridad); y la porosidad inferior a 15  $\mu\text{m}$  de radio corresponde con la microporosidad (función retención de agua y flujo lento del agua por capilaridad).

Vemos pues (Tabla II.3.6), que los suelos presentan buenas propiedades de aireación y de retención de agua ya que la porosidad total se sitúa entorno al 50 % del volumen total del suelo y de ésta, aproximadamente la mitad corresponde a porosidad de aireación y la otra mitad a microporos que retienen agua. Sólo en los suelos de Fuerteventura, con un cierto grado de compactación, estos valores son más bajos, aunque no existirán nunca problemas de mal drenaje, pues la macroporosidad crítica en condiciones de aportes controlados de agua, se sitúa convencionalmente en un 6-8 %.

La tasa de *infiltración* es la velocidad con que el agua penetra en el suelo y depende de las condiciones y propiedades físicas de la capa superficial del suelo. Los valores de infiltración obtenidos corresponden a los que se obtendrían si el agua de riego inundara la superficie del suelo y se mantuviera en las mismas condiciones. La curva de valores de infiltración nos da una idea de como cambiará la tasa de penetración del agua en el suelo partiendo de las condiciones iniciales de humedad del suelo, hasta alcanzar un valor constante que se denomina tasa de infiltración básica (TIB). Valores inferiores a 5 mm/h pueden acarrear problemas de penetración de agua en el suelo, perdiéndose una parte considerable del agua de riego y aumentando los riesgos de erosión, y valores superiores a 100 mm/h harán difícil la aplicación de agua de riego por inundación o por surcos ya que puede provocar pérdidas importantes de nutrientes por lavado y baja eficiencia del riego, debiendo emplearse en estos casos riegos por aspersión o goteo (Pla-Sentís, 1983b, Porta et al., 1999).

Los valores calculados de TIB más bajos corresponden a las muestras de Fuerteventura con un valor medio de 50 mm/h, infiltración moderada (según BAI, 1979; Landon, 1991), adecuada para riego de superficie (manta o surco).

Todas las muestras de Tenerife tienen TIB superiores a 100 mm/h (rápida y muy rápida) y los valores más altos se presentan en los suelos de las fincas de tomate y platanera sin jable (TT y P, infiltración muy rápida). En estos suelos se emplean instalaciones de riego localizado por lo que el riesgo de pérdida de nutrientes por lavado se ha minimizado.

La **conductividad hidráulica** se refiere a la velocidad con que el agua pasa a través del suelo por unidad de gradiente de carga hidráulica. Su determinación en condiciones de no saturación presenta numerosas dificultades y por ello se emplea el valor de la conductividad hidráulica en condiciones de saturación (CHS) cuyo valor depende de la porosidad del suelo, en especial de la  $P > 15 \mu\text{m}$ . El valor de CHS sirve para interpretar el drenaje interno o eliminación del exceso de agua que penetra en el suelo. Pla-Sentís (1983b) considera limitantes valores de CHS inferiores a 2 mm/h a una profundidad de 0-30 cm y agricultura bajo riego.

De manera similar a los resultados obtenidos para la tasa de infiltración básica, la permeabilidad en condiciones de saturación es más baja en los suelos de Fuerteventura (moderada) que en los de Tenerife (muy rápida) (FAO, 1963; Landon, 1991), como corresponde a los valores más bajos de porosidad de aireación, aunque en cualquier caso, los valores son siempre superiores al límite de 2 mm/h establecido por Pla-Sentís (1983b).

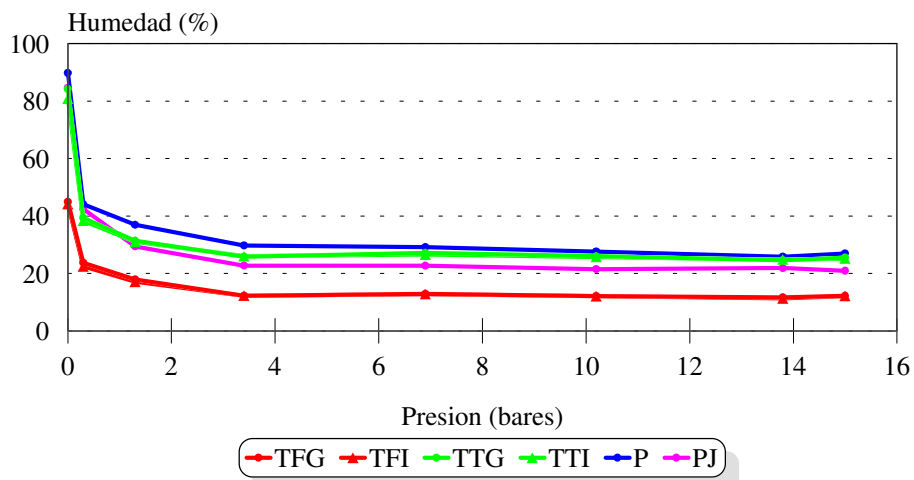
En la Tabla II.3.7 y en la Figura II.3.1, se presentan los porcentajes en peso de humedad a distintas presiones (0; 0,3; 1,3; 3,4; 6,9; 10,2; 13,8 y 15 bares) y las curvas de **retención de agua** para cada una de las muestras. Como podemos ver, el contenido de humedad en saturación (pF 0) es más o menos el doble del contenido de humedad a capacidad de campo (pF 2,5) y ésta a su vez es el doble (TFG, TFI y PJ) o 1,5 veces (TTG, TTI y P) del porcentaje de humedad en el punto de marchitamiento (pF 4,2). Relaciones similares han sido citadas por Aragües et al. (1986). Las muestras de Tenerife son las que presentan los mayores porcentajes de agua útil, encontrándose el mayor valor en la muestra PJ, debido a la capa de pumita que presenta esta finca en superficie.

En la Tabla II.3.8 y en la Figura II.3.2 se representan los mismos datos, pero referidos a volumen y teniendo en cuenta la densidad aparente de la fracción  $< 2\text{mm}$ . Se observa un aumento del agua útil en las muestras de Fuerteventura y una disminución de la misma en los suelos de Tenerife, ésto es debido a que las primeras tienen unas densidades aparentes más altas que las segundas.

**Tabla II.3.7**  
**Porcentajes en peso del contenido de humedad del suelo**

Presión (bares)	pF	Muestras					
		TFG	TFI	TTG	TTI	P	PJ
0	0	45,0	44,2	84,2	80,8	89,8	84,6
0,3	2,5	23,8	22,5	39,4	38,4	44,1	42,4
1,3	3,1	18,0	17,2	31,4	31,0	36,9	29,5
3,4	3,5	12,3	12,3	25,9	26,0	29,8	22,8
6,9	3,8	12,96	12,8	27,2	26,6	29,2	22,7
10,2	4,0	12,2	12,1	26,0	25,8	27,6	21,6
13,8	4,1	11,7	11,4	24,6	24,9	25,9	21,9
15	4,2	12,2	12,2	25,6	25,2	27,0	20,9
<b>Agua Útil (%)</b>		11,6	10,3	13,8	13,2	17,1	21,5

**Figura II.3.1**  
**Curvas de retención de humedad (porcentaje en peso)**

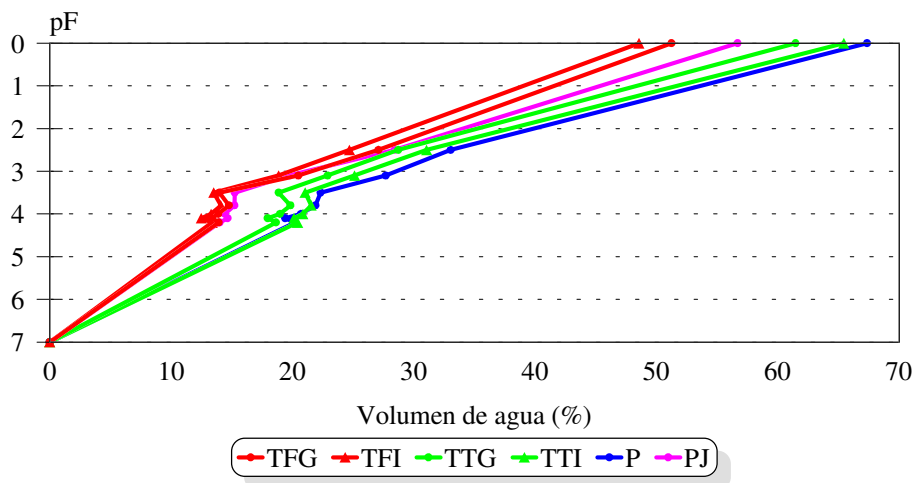


Tanto en un caso como en el otro, el agua útil es ligeramente superior para los suelos de platanera, sobre todo en aquellos suelos provistos de un mulching de jables pumíticos.

**Tabla II.3.8**  
**Porcentajes en volumen del contenido de humedad del suelo**

		Muestras					
Presión (bares)	pF	TFG	TFI	TTG	TTI	P	PJ
0	0	51,3	48,6	61,5	65,5	67,4	56,7
0,3	2,5	27,1	24,7	28,7	31,1	33,1	28,4
1,3	3,1	20,5	18,9	22,9	25,1	27,7	19,7
3,4	3,5	14,0	13,5	18,9	21,1	22,3	15,3
6,9	3,8	14,8	14,1	19,8	21,6	21,9	15,2
10,2	4,0	13,9	13,3	19,0	20,9	20,7	14,4
13,8	4,1	13,3	12,5	18,0	20,1	19,4	14,7
15	4,2	13,9	13,4	18,7	20,4	20,2	14,0
Agua Útil (%)		13,2	11,3	10,0	10,7	12,9	14,4
DA<2mm (g/cm <sup>3</sup> )		1,1	1,1	0,7	0,8	0,8	0,7

**Figura II.3.2**  
**Curvas de Retención de humedad (porcentaje en volumen)**



El tamaño de las partículas elementales de la fase sólida del suelo y sus proporciones relativas, constituye una de las propiedades físicas más importantes del suelo y un parámetro que determina otras propiedades de interés en el funcionamiento productivo y ambiental de los suelos.

En las Tablas II.3.9 y II.3.10 se presentan la *distribución del tamaño de partículas (granulometría)* y la *textura* de cada una de las muestras para cada uno de los métodos.



**Tabla II.3.9**  
**Granulometría (g/kg) y textura**  
**Método USDA. Mineralogía de arcillas**

MUESTRA	A (< 2µm)	LF (2-20µm)	LG (20-50µm)	AF (50-200µm)	AG (200-2000µm)	T	M.A
TFG	186,7	179,0	71,3	211,2	331,3	FA	I,C
TFI	165,0	194,8	77,5	256,3	302,5	FA	I,C
TTG	437,4	285,7	113,7	107,5	94,5	Ar	I,C
TTI	490,8	269,6	107,3	96,4	65,6	Ar	I,C
P	331,9	286,1	113,8	125,4	135,4	FAr	I
PJ	247,4	237,6	94,5	122,9	300,6	F	I

A Arcilla LF Limo fino LG Limo grueso AF Arena fina AG Arena gruesa T Textura F Franca A Arenosa Ar Arcillosa  
M.A Mineralogía de arcillas I Iilita C Caolinita (trazas)

**Tabla II.3.10**  
**Granulometría (g/kg) y textura**  
**Método de las resinas sódicas (Bartoli et al., 1991)**

MUESTRA	A (< 2µm)	LF (2-20µm)	LG (20-50µm)	AF (50-200µm)	AG (200-2000µm)	T
TFG	274,0	213,0	140,0	166,0	221,0	F
TFI	233,0	206,0	140,0	157,0	273,0	F
TTG	636,0	270,0	50,0	29,0	30,0	Ar
TTI	679,0	237,0	62,0	32,0	25,0	Ar
P	569,0	279,0	83,0	56,0	61,0	Ar
PJ	360,4	228,0	87,0	106,0	255,0	FAr

A Arcilla LF Limo fino LG Limo grueso AF Arena fina AG Arena gruesa T Textura F Franca A Arenosa Ar Arcillosa

Aplicamos el test de Wilcoxon para ver si habían diferencias significativas en el porcentaje de las distintas fracciones entre el método del USDA (hexametáfosfato sódico) y el de Bartoli et al. (1991) (resinas sódicas). Encontramos diferencias significativas entre la fracción arcilla del método del USDA y la fracción arcilla del método de Bartoli et al. (1991) ( $z = 2,041$ ,  $p = 0,04$ ); así como para las fracciones arena fina y arena gruesa ( $z = 2,041$ ,  $p = 0,04$ ;  $z = 2,041$ ,  $p = 0,04$ ). No se encontraron diferencias entre estos dos métodos para las fracciones limo fino y limo grueso. Parece pues, que con el método de la resina sódica aumenta el porcentaje de arcillas y disminuyen las cantidades de arenas finas y gruesas (agregados o pseudoarenas).

Las muestras de Fuerteventura pasarían de textura franco-arenosa a franca; las muestras TTG y TTI (tomates Tenerife) seguirían siendo arcillosas, la muestra P (platanera pequeña enana) pasaría de textura franco-arcillosa a arcillosa y la PJ (platanera gran enana jable) de franca a franco-arcillosa.

De la caracterización física podemos *resumir* que los suelos de Fuerteventura presentan un cierto grado de compactación así como los valores más bajos en macroporosidad, tasa de infiltración básica y conductividad hidráulica saturada.

Las muestras de Tenerife presentan los mayores porcentajes de agua útil, sobre todo los suelos de platanera y muy especialmente, la finca de este cultivo cuya superficie está cubierta por una capa de jable. Las muestras TT y P mantienen la solución del suelo en el punto de marchitamiento más diluída que TF y PJ.

El método de las resinas sódicas es por términos generales más eficiente en la dispersión, produciendo un aumento en los porcentajes de arcilla a costa de una disminución de las arenas. Las diferencias entre los dos métodos estudiados, para las fracciones arcilla, arena fina y arena gruesa son mayores en los suelos TT y P.

Los bajos contenidos en materia orgánica y la carencia de óxidos de hierro y aluminio explican el estado físico de los suelos de Fuerteventura (alta densidad aparente así como valores de porosidad, tasa de infiltración básica y permeabilidad más bajos que los suelos de Tenerife).

La presencia de unos niveles más altos en carbono orgánico, hierro y aluminio en texturas arcillosas, confiere a los suelos de Tenerife un mejor estado físico, el cual, está repercutiendo sin duda en el funcionamiento hídrico del mismo (mayor capacidad de retención de agua en el punto de marchitamiento, así como valores altos de porosidad, infiltración y conductividad hidráulica saturada).

### **III.3. VARIACIÓN DE LAS CONDICIONES DE LA SOLUCIÓN DEL SUELO CON EL CONTENIDO DE HUMEDAD**

#### **III.3.1. INTRODUCCIÓN**

La concentración y la composición química de la fase líquida del suelo varían espacial y temporalmente (Bistritskaya et al., 1981; Csillag y Rédly, 1989; Csillag et al., 1993), ya que ésta se ve fuertemente influenciada por los cambios en los contenidos de humedad del suelo debido por un lado al efecto de dilución del agua y por otro a cambios en los procesos físico-químicos entre la fase sólida y la fase líquida del suelo, como son la disolución y precipitación de sales, el intercambio iónico y la hidrólisis de cationes adsorbidos.

En la Parte I (Aptdo. III.1.1.3.a) hemos analizado el proceso de desorción electrolítica al aumentar la dilución, proceso característico de suelos de origen volcánico que tienen carga variable dependiente del pH y de la fuerza iónica, concluyendo que la desorción o liberación de iones en los suelos agrícolas de Canarias es fundamentalmente catiónica, siendo el sodio y el potasio los cationes más desorbidos.

Así pues, una vez visto el efecto dilución sobre las condiciones de la solución edáfica, en este apartado vamos a centrarnos en caracterizar los cambios que se producen en la solución del suelo cuando éste se va desecando hasta valores de humedad cercanos al punto de marchitamiento.

La composición química de la solución del suelo determina directamente la absorción de agua y nutrientes por las plantas (Khasawneh, 1971; Adams, 1974; Linehan et al., 1985; Csillag y Rédly, 1989), la adsorción de cationes en la superficie de las partículas del suelo (Rédly y Darab, 1981; Sposito, 1981; Bresler et al., 1982; Csillag y Rédly, 1989), así como diversas propiedades físicas del mismo (Várallyay, 1977; Bresler et al., 1982; Shainberg, 1984; Csillag y Rédly, 1989).

La composición y concentración de la solución del suelo, está condicionada como hemos dicho, por los cambios en el contenido de humedad del suelo, debido a las modificaciones que se producen en los procesos fisicoquímicos que ocurren entre las fases sólida y líquida del suelo, tales como la disolución y precipitación de sales, intercambio iónico e hidrólisis de cationes adsorbidos.

Estas interacciones entre las fases sólida y líquida del suelo o entre la solución del suelo y el sistema radicular de las plantas son mucho más complejas en los suelos afectados por sales que en los mismos suelos no salinizados.

Además, los cambios de humedad tienen gran interés cuando caracterizamos la fase líquida en el rango de contenidos de humedad disponibles para la planta, desde capacidad de campo hasta el punto de marchitamiento (Adams, 1974), así como cuando interpretamos valores de salinidad en extractos acuosos a diferentes relaciones suelo:agua.

La fase líquida del suelo es una disolución electrolítica con múltiples componentes donde a altas concentraciones son las actividades iónicas y no las concentraciones las que determinan la relación y la extensión de las reacciones químicas. Como consecuencia de las interacciones entre los componentes disueltos, diferentes especies (pares iónicos, complejos) están presentes en la solución del suelo, y las propiedades físico-químicas de la misma están determinadas por las actividades y la relación entre estas especies.

Es bien conocida la influencia de las interacciones electrostáticas en la disolución y precipitación de sales presentes en el suelo al aplicar enmiendas y fertilizantes, en los procesos de intercambio iónico entre las fases líquida y sólida así como en la interrelación entre la solución del suelo y las raíces de las plantas.

### **III.3.2. VARIACIÓN TEÓRICA DE LA COMPOSICIÓN DE LA SOLUCIÓN EDÁFICA AL DISMINUIR EL CONTENIDO DE HUMEDAD**

Se ha realizado en primer lugar, una aproximación teórica a la variación de la composición de la solución del suelo al disminuir el contenido de humedad, sin considerar los cambios que pueden ocurrir en otros procesos entre las fases sólida y líquida del suelo, a excepción de la precipitación de sales. Si consideramos un suelo que ha sido regado hasta capacidad de campo, en ese estado el suelo presentará una fase líquida con una determinada concentración salina que se mide por su conductividad eléctrica. Por acción de la evapotranspiración, el contenido de agua comienza a disminuir, mientras que la cantidad de sales disueltas permanece constante, ya que en términos prácticos, ni la evaporación del agua del suelo ni su absorción por las raíces elimina las sales. Por tanto, a medida que disminuye el contenido de humedad, aumenta la concentración de sales. Comparando dos estados de humedad diferentes, la relación entre las concentraciones salinas es igual a la inversa de la relación de los contenidos de humedad. Esa misma relación se cumple para la conductividad eléctrica, ya que la conductividad eléctrica no es sino una forma de medir la concentración salina (Pizarro, 1978). El valor del SAR de la solución del suelo también depende del estado de humedad, aumentando al disminuir el contenido de agua en el suelo.

De esta manera, conociendo las relaciones entre los contenidos de humedad en diferentes estados (desde el punto de saturación hasta el punto de marchitamiento) y la conductividad eléctrica, la concentración salina y composición iónica en uno de los estados (punto de saturación), es posible, al menos teóricamente, ir aumentando proporcionalmente las concentraciones iónicas a medida que disminuye la humedad del suelo y así conocer la composición de la “solución edáfica teórica” a medida que nos acercamos al punto de marchitamiento.

En base a los contenidos de humedad en el punto de saturación (p.s.), capacidad de campo (c.c.) y punto de marchitamiento (p.m.) y los resultados obtenidos de iones solubles en el extracto de pasta saturada (punto de saturación), se ha concentrado la solución cuatro veces en las muestras TFG, TFI y PJ y tres veces en el resto de las muestras (TTG, TTI y P) para obtener la composición iónica de la solución edáfica en el punto de marchitamiento, o dos veces y vez y media respectivamente, para obtener esta composición en el punto de capacidad de campo. Ambas serán las “soluciones teóricas” teniendo en cuenta solamente el efecto del agua y la posibilidad de precipitación de calcita y yeso en base a los índices de saturación calculados para cada uno de ellos y sin considerar otros procesos que puedan tener lugar entre las fases sólida y líquida del suelo.

La conductividad eléctrica (CE) a capacidad de campo y punto de marchitamiento se estimó a partir de la concentración catiónica (CC) y aplicando la relación entre ésta y la CE (Ecuación 15, Parte I, Apto. III.1.1.2.b.ii).

$$CEs \text{ (dS/m)} = 0,092 \text{ CC (meq/L)} - 0,146$$

Ecuación (15)

Mediante el programa de especiación CARBCHEM (Suárez, 1978) se calcularon las actividades para cada uno de los iones y se corrigieron las concentraciones, por la formación de pares iónicos y complejos principalmente a bajos contenidos de humedad, así como el índice de saturación ( $\Sigma$ ) calculado como el cociente entre el producto de las actividades iónicas (IAP) y la constante del producto de solubilidad ( $K_{so}$ , cuyos valores son  $3,3 \times 10^{-9}$  y  $2,4 \times 10^{-5}$  respectivamente para la calcita y el yeso), de tal forma que valores de  $\Sigma > 1$  indican que la solución está sobresaturada (en calcita o en yeso) con el riesgo añadido de precipitación de estas sales.

Los resultados para la muestra TFG, aparecen en la Tabla II.3.11 y en las Figuras II.3.3 y II.3.4. Como se observa, los iones predominantes son sodio, calcio, magnesio, sulfatos y cloruros y a medida que aumenta la concentración, por pérdida de agua en el suelo, la solución se enriquece sobre todo en sodio, cloruros y sulfatos, debido a la formación de pares iónicos fundamentalmente entre sulfatos, calcio, magnesio y sodio, y en menor grado entre bicarbonatos, sodio, calcio y

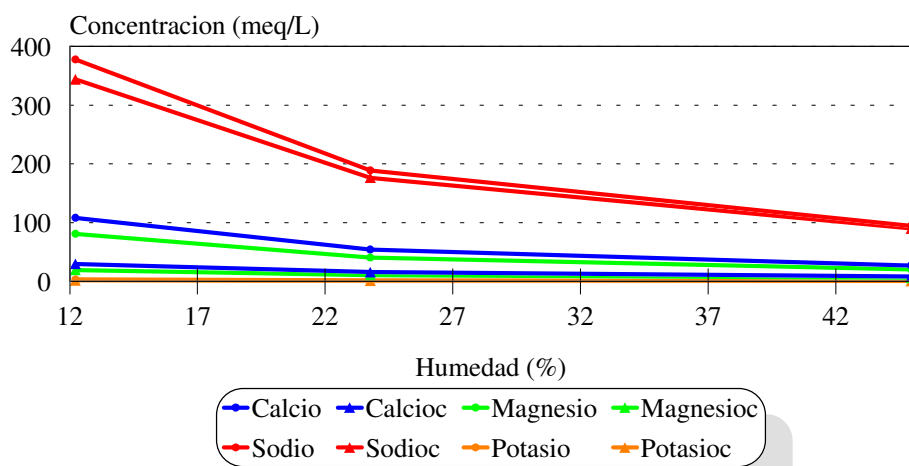
magnesio, sobre todo a bajos contenidos de humedad (Figuras II.3.3 y II.3.4). Los índices de saturación en calcita y yeso son superiores a 1, y a medida que se va concentrando la solución éstos aumentan por lo que puede haber precipitación de calcita y yeso.

**Tabla II.3.11**  
**Muestra TFG. Composición química de la solución del suelo**  
**a diferentes contenidos de humedad**

	$\Sigma c; \Sigma y$	CE	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	NO3	SAR
Unidades		dS/m	meq/L								(meq/L) <sup>0.5</sup>
<b>p.s.ϑ</b>	8,67; 0,96	12,37	27,0	20,2	94,4	0,8	57,3	81,1	10,4	7,6	19,4
<b>p.s.c</b>		9,54	8,4	5,9	90,0	0,5	57,3	28,0	9,1	7,6	33,7
<b>c.c.</b>	23,21; 2,08	26,18	54,0	40,4	188,8	1,6	114,6	162,2	20,8	15,2	27,5
<b>c.c.c</b>		18,70	15,8	10,7	176,4	1,0	114,6	51,7	17,0	15,2	48,5
<b>p.m.</b>	60,30; 4,42	55,50	108,	80,8	377,6	3,2	229,2	324,4	41,6	30,4	38,9
<b>p.m.c</b>		36,35	29,7	19,4	344,0	1,7	229,2	94,0	30,5	30,4	69,4

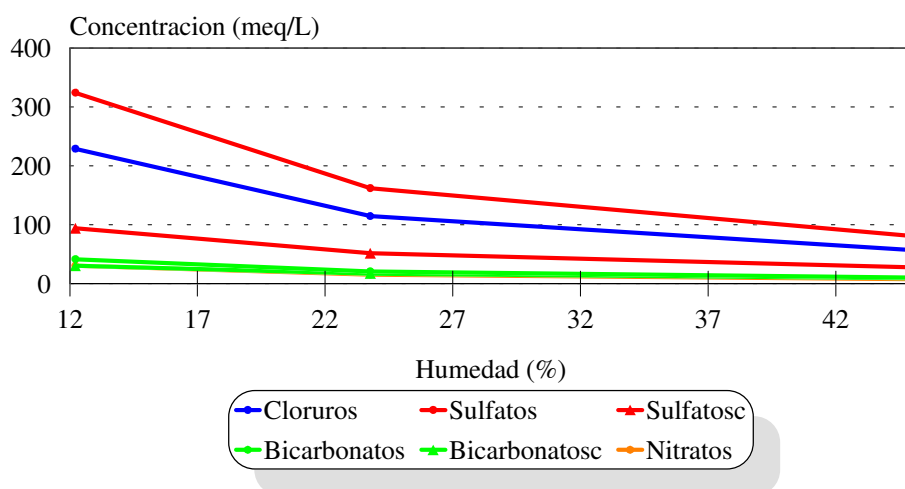
$\Sigma c; \Sigma y$  Índices de saturación en calcita (c) y en yeso (y) **p.s.ϑ** Solución del suelo obtenida a partir de una pasta saturada (valores medidos) **c.c.** Solución del suelo estimada a capacidad de campo **p.m.** Solución del suelo estimada a punto de marchitamiento **p.s.c, c.c.c y p.m.c** Soluciones del suelo con las concentraciones de cationes y aniones corregidas utilizando el CARBCHEM (Suarez, 1978)

**Figura II.3.3**  
**Evolución de los cationes con el contenido de humedad**  
**Muestra TFG**



Algo similar ocurre con la muestra TFI (entre goteros) (Tabla II.3.12 y Figuras II.3.5 y II.3.6), donde no sólo se aprecia un mayor contenido en sodio y cloruros con respecto a la zona bajo goteros, sino también un enriquecimiento relativo en estos iones a medida que la solución se concentra, y disminuye la concentración de calcio, debido al fenómeno de formación de pares iónicos a altos potenciales hídricos, así como a la posible precipitación de calcita y yeso en disoluciones sobresaturadas.

**Figura II.3.4**  
**Evolución de los aniones con el contenido de humedad**  
**Muestra TFG**

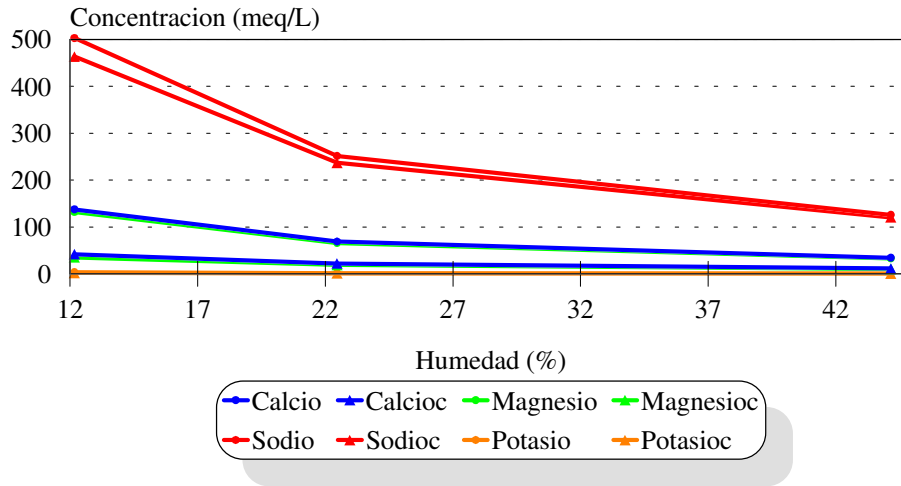


**Tabla II.3.12**  
**Muestra TFI. Composición química de la solución del suelo**  
**a diferentes contenidos de humedad**

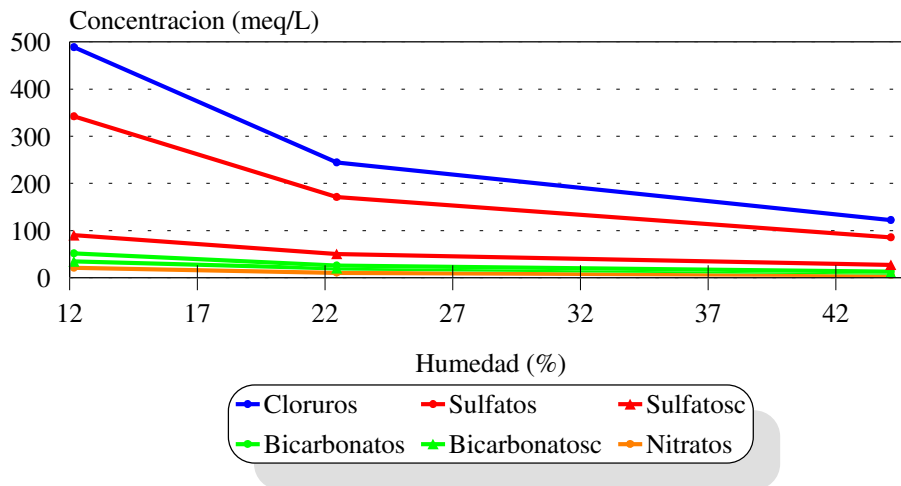
	$\Sigma c; \Sigma y$	CE	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	NO3	SAR
Unidades		dS/m	meq/L								(meq/L) <sup>0.5</sup>
<b>p.s.p</b>	9,97; 1,04	17,26	34,4	32,9	125,7	0,9	122,2	85,5	12,9	5,3	21,7
<b>p.s.c</b>		13,06	11,6	10,3	120,4	0,6	122,2	27,6	10,9	5,3	36,4
<b>c.c.</b>	26,48; 2,23	35,70	68,8	65,8	251,4	1,8	244,4	171,0	25,8	10,6	30,6
<b>c.c.c</b>		25,64	22,1	19,1	236,7	1,1	244,4	50,4	19,9	10,6	52,2
<b>p.m.</b>	67,88; 4,71	71,50	137,6	131,6	502,8	3,6	488,8	342,0	51,6	21,2	43,3
<b>p.m.c</b>		49,95	41,9	35,0	463,2	1,9	488,8	90,3	34,7	21,2	74,7

$\Sigma c; \Sigma y$  Índices de saturación en calcita (c) y en yeso (y) **p.s.p** Solución del suelo obtenida a partir de una pasta saturada (valores medidos) **c.c.** Solución del suelo estimada a capacidad de campo **p.m.** Solución del suelo estimada a punto de marchitamiento **p.s.c, c.c.c y p.m.c** Soluciones del suelo con las concentraciones de cationes y aniones corregidas utilizando el CARBCHEM (Suarez, 1978)

**Figura II.3.5**  
**Evolución de los cationes con el contenido de humedad**  
**Muestra TFI**



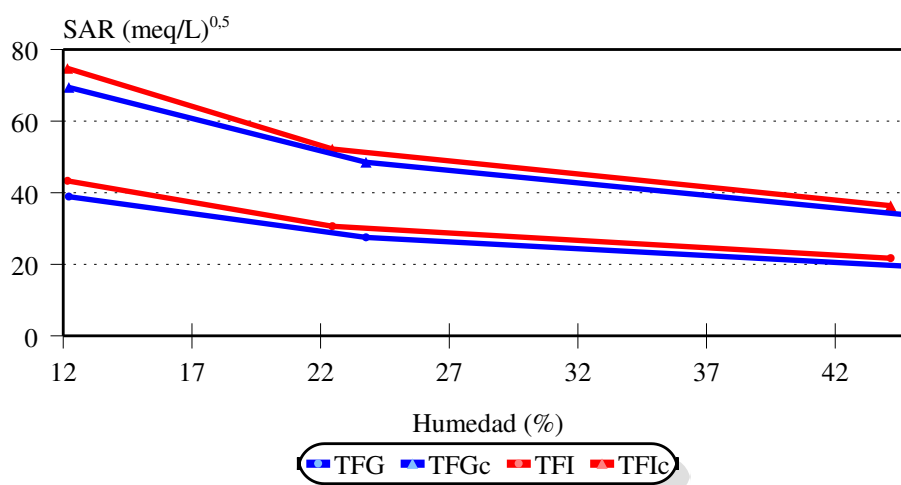
**Figura II.3.6**  
**Evolución de los aniones con el contenido de humedad**  
**Muestra TFI**



El menor aumento en la concentración, al disminuir el contenido en agua, se produce en los cationes calcio y magnesio, lo que se traduce en un incremento considerable en el SAR de la solución a contenidos bajos de agua en el suelo (Figura II.3.7).



**Figura II.3.7**  
**Evolución del SAR con el contenido de humedad**  
**Muestras TFG y TFI**



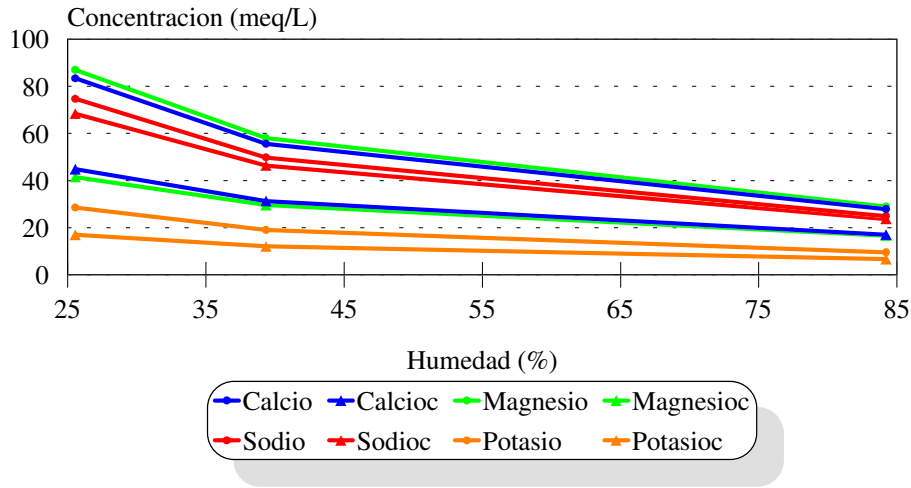
En la muestra de la zona de los goteros de la segunda finca de tomates (TTG), los iones mayoritarios son el magnesio, calcio, sodio, sulfatos y nitratos. Si corregimos las concentraciones, la solución del suelo queda dominada por los iones sodio, calcio, magnesio, sulfatos y nitratos, sobre todo a bajos contenidos de humedad. Es necesario destacar que el potasio, aunque no predomine en la solución del suelo, se encuentra en concentraciones elevadas, sobre todo a medida que se concentra aquella (Tabla II.3.13, Figuras II.3.8 y II.3.9). Al considerar los índices de saturación observamos que la solución de estos suelos está sobresaturada en yeso ( $\Sigma y > 1$ ).

**Tabla II.3.13**  
**Muestra TTG. Composición química de la solución del suelo**  
**a diferentes contenidos de humedad**

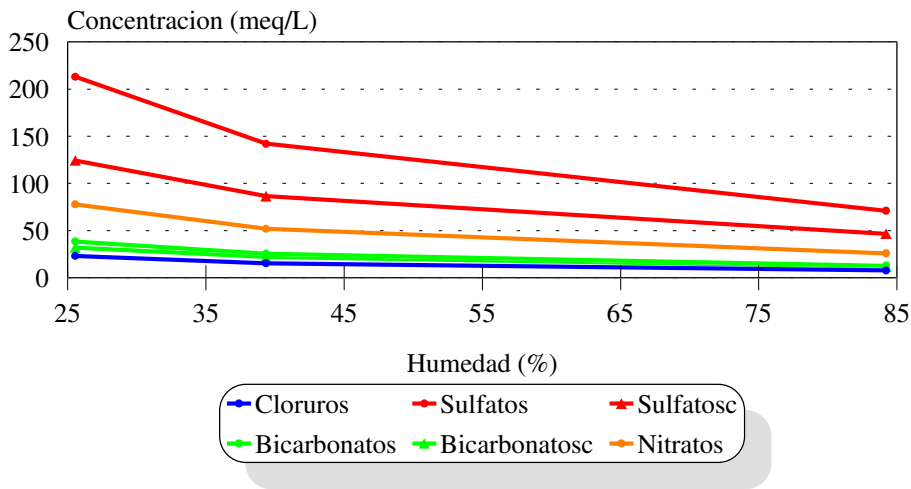
	$\Sigma c; \Sigma y$	CE	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	NO3	SAR
Unidades		dS/m	meq/L								(meq/L) <sup>0.5</sup>
<b>p.s.ø</b>	0,10; 1,02	7,44	27,8	29,0	24,9	9,5	7,7	71,0	12,8	25,9	4,7
<b>p.s.c</b>		5,77	17,0	16,6	23,7	6,7	7,7	46,7	11,7	25,9	5,8
<b>c.c.</b>	0,28; 2,23	16,70	55,6	58,0	49,8	19,0	15,4	142,0	25,6	51,8	6,6
<b>c.c.c</b>		10,89	31,3	29,6	46,4	12,1	15,4	86,6	22,2	51,8	8,4
<b>p.m.</b>	0,49; 3,49	25,14	83,4	87,0	74,7	28,5	23,1	213,0	38,4	77,7	8,1
<b>p.m.c</b>		15,72	44,8	41,5	68,4	17,0	23,1	124,2	32,1	77,7	10,4

$\Sigma c; \Sigma y$  Índices de saturación en calcita (c) y en yeso (y) **p.s.ø** Solución del suelo obtenida a partir de una pasta saturada (valores medidos) **c.c.** Solución del suelo estimada a capacidad de campo **p.m.** Solución del suelo estimada a punto de marchitamiento **p.s.c, c.c.c y p.m.c** Soluciones del suelo con las concentraciones de cationes y aniones corregidas utilizando el CARBCHEM (Suarez, 1978)

**Figura II.3.8**  
**Evolución de los cationes con el contenido de humedad**  
**Muestra TTG**



**Figura II.3.9**  
**Evolución de los aniones con el contenido de humedad**  
**Muestra TTG**



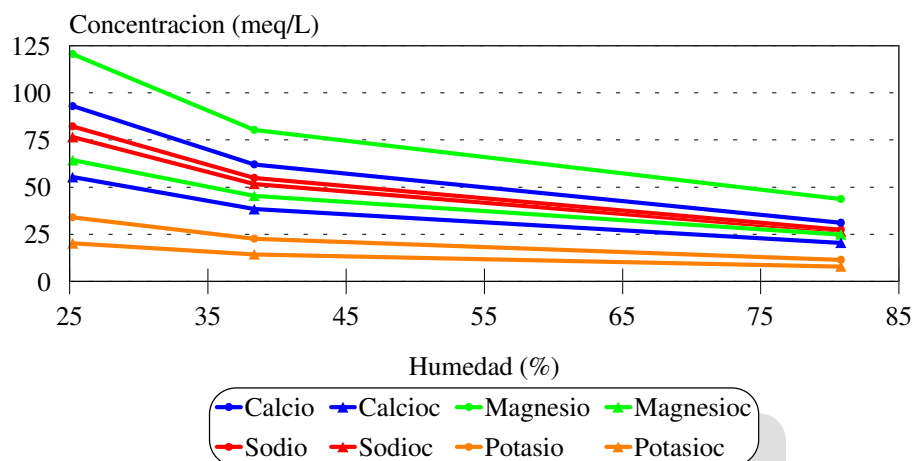
Se observa una mayor acumulación de iones en la zona entre los goteros (TTI), sobre todo magnesio, nitratos y cloruros. Las concentraciones corregidas de los iones sodio, magnesio, calcio, sulfatos y nitratos van aumentando con la disminución del contenido de humedad (Tabla II.3.14 y Figuras II.3.10 y II.3.11). Igualmente se observa sobresaturación en yeso, con el consiguiente riesgo de precipitación.

**Tabla II.3.14**  
**Muestra TTI. Composición química de la solución del suelo**  
**a diferentes contenidos de humedad**

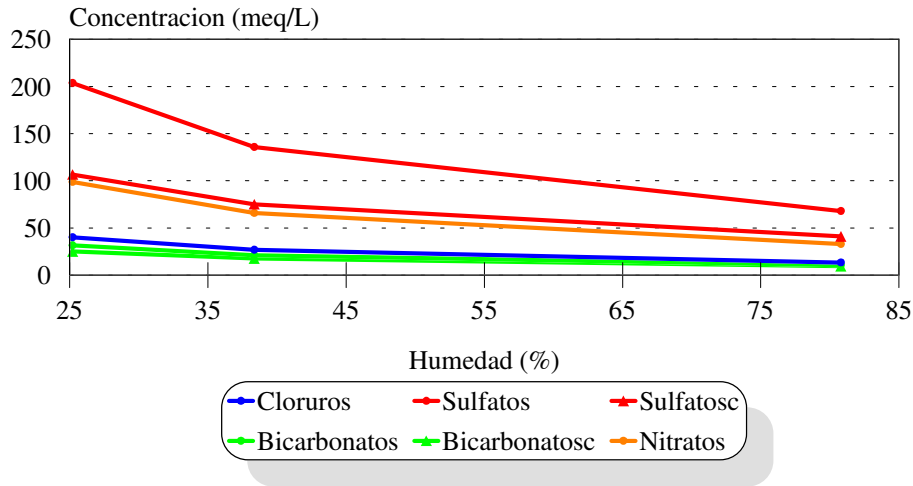
	$\Sigma c; \Sigma y$	CE	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	NO3	SAR
Unidades		dS/m	meq/L								(meq/L) <sup>0.5</sup>
<b>p.s.ø</b>	0,09; 1,00	8,67	31,0	40,2	27,4	11,3	13,4	67,9	10,5	32,9	4,6
<b>p.s.c</b>		7,19	20,4	24,8	26,3	7,9	13,4	41,1	9,4	32,9	5,5
<b>c.c.</b>	0,25; 2,19	20,17	62,0	80,4	54,8	22,6	26,8	135,8	21,0	65,8	6,5
<b>c.c.c</b>		13,69	38,3	45,4	51,7	14,3	26,8	75,1	17,6	65,8	8,0
<b>p.m.</b>	0,45; 3,42	30,33	93,0	120,6	82,2	33,9	40,2	203,7	31,5	98,7	8,0
<b>p.m.c</b>		19,86	55,3	64,3	76,6	20,2	40,2	106,7	25,0	98,7	9,9

$\Sigma c; \Sigma y$  Índices de saturación en calcita (c) y en yeso (y) **p.s.ø** Solución del suelo obtenida a partir de una pasta saturada (valores medidos) **c.c.** Solución del suelo estimada a capacidad de campo **p.m.** Solución del suelo estimada a punto de marchitamiento **p.s.c, c.c.c y p.m.c** Soluciones del suelo con las concentraciones de cationes y aniones corregidas utilizando el CARBCHEM (Suarez, 1978)

**Figura II.3.10**  
**Evolución de los cationes con el contenido de humedad**  
**Muestra TTI**

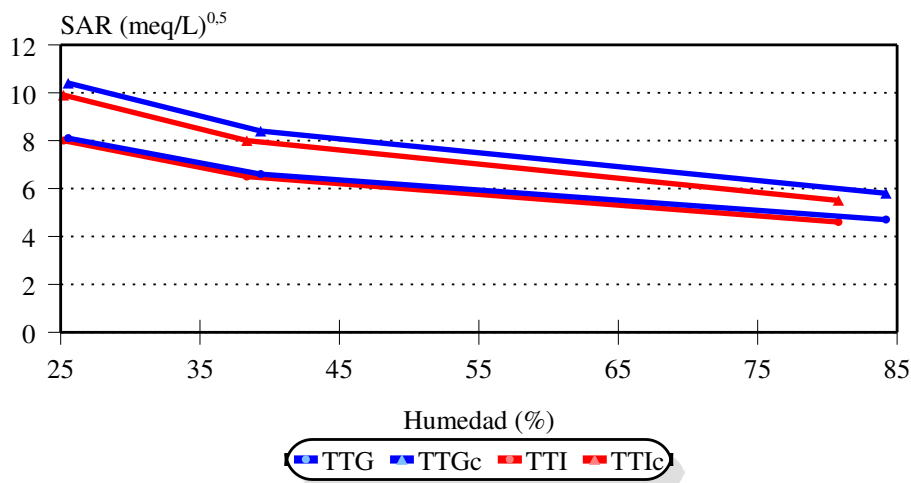


**Figura II.3.11**  
**Evolución de los aniones con el contenido de humedad**  
**Muestra TTI**



Como podemos ver en la Figura II.3.12, el SAR corregido con las actividades, va aumentando hasta valores en torno a 10 (meq/L)<sup>0.5</sup> en el punto de marchitamiento.

**Figura II.3.12**  
**Evolución del SAR con el contenido de humedad**  
**Muestras TTG y TTI**



La solución del suelo de la zona radicular de la platanera de la finca P (Tabla II.3.15, Figuras II.3.13 y II.3.14) presenta como iones mayoritarios el sodio, magnesio, sulfatos, cloruros y nitratos. Al concentrarse la solución del suelo y teniendo en cuenta las actividades de los iones, ésta se va

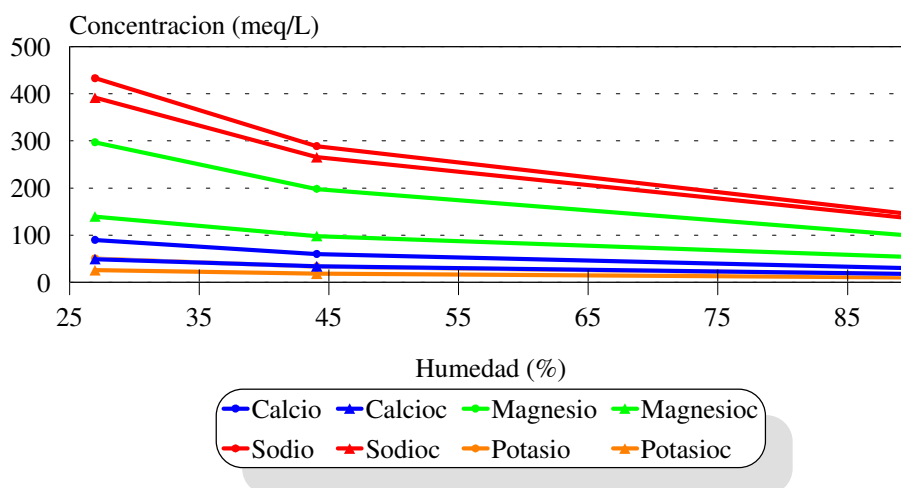
enriqueciendo en sodio, sulfatos, cloruros y nitratos, y se va saturando cada vez más en calcita y yeso.

**Tabla II.3.15**  
**Muestra P. Composición química de la solución del suelo**  
**a diferentes contenidos de humedad**

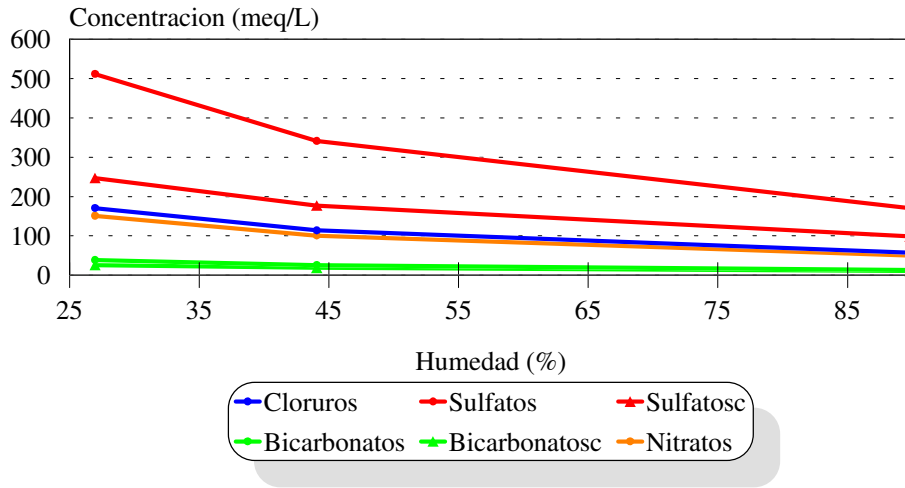
	$\Sigma c; \Sigma y$	CE	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	SAR
Unidades		dS/m	meq/L								(meq/L) <sup>0.5</sup>
<b>p.s.ϕ</b>	1,29; 1,16	20,30	29,9	99,0	144,4	16,8	56,9	170,6	12,8	50,3	18,0
<b>p.s.c</b>		19,97	17,9	53,7	135,7	10,3	56,9	98,5	10,4	50,3	22,7
<b>c.c.</b>	3,39; 2,46	53,50	59,8	198,0	288,8	33,6	113,8	341,2	25,6	100,6	25,4
<b>c.c.c</b>		38,30	33,9	98,2	265,5	18,3	113,8	177,0	18,5	100,6	32,7
<b>p.m.</b>	5,82; 3,81	80,30	89,7	297,0	433,2	50,4	170,7	511,8	38,4	150,9	31,2
<b>p.m.c</b>		55,88	49,2	139,3	392,0	25,6	170,7	247,1	25,4	150,9	40,4

$\Sigma c; \Sigma y$  Índices de saturación en calcita (c) y en yeso (y) **p.s.ϕ** Solución del suelo obtenida a partir de una pasta saturada (valores medidos) **c.c.** Solución del suelo estimada a capacidad de campo **p.m.** Solución del suelo estimada a punto de marchitamiento **p.s.c, c.c.c y p.m.c** Soluciones del suelo con las concentraciones de cationes y aniones corregidas utilizando el CARBCHEM (Suarez, 1978)

**Figura II.3.13**  
**Evolución de los cationes con el contenido de humedad**  
**Muestra P**



**Figura II.3.14**  
**Evolución de los aniones con el contenido de humedad**  
**Muestra P**



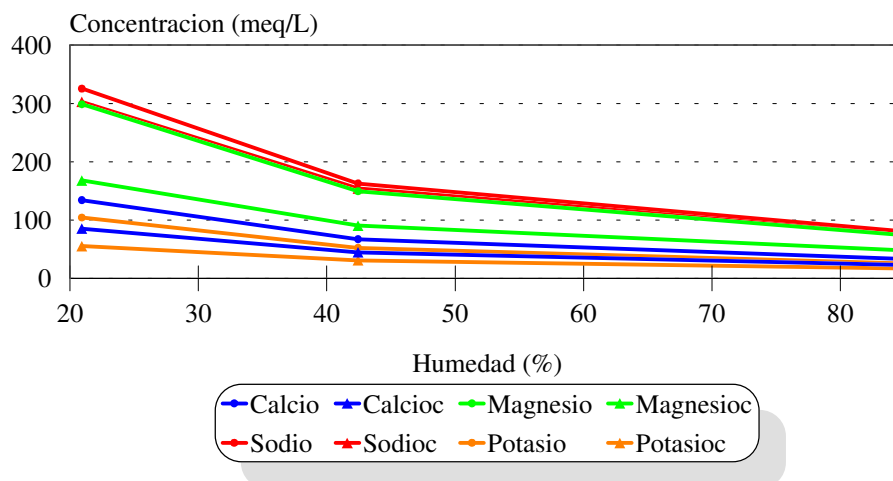
En la finca de platanera con mulching de jable (PJ) se observa un predominio de sodio, magnesio, sulfatos, nitratos y cloruros; si corregimos las concentraciones teniendo en cuenta la formación de pares iónicos y los índices de saturación en calcita y yeso ( $\Sigma > 1$ ) vemos que la solución del suelo se va haciendo más rica en sodio, magnesio, nitratos, sulfatos y cloruros, sobre todo para valores bajos de humedad (Tabla II.3.16, Figuras II.3.15 y II.3.16).

**Tabla II.3.16**  
**Muestra PJ. Composición química de la solución del suelo**  
**a diferentes contenidos de humedad**

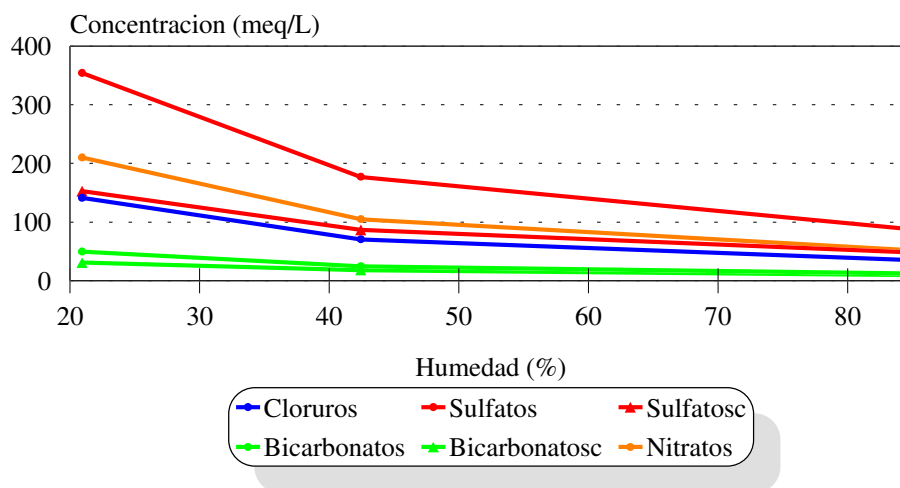
	$\Sigma c; \Sigma y$	CE	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	NO3	SAR
Unidades		dS/m	meq/L								(meq/L) <sup>0.5</sup>
<b>p.s.0</b>	18,67; 0,94	16,15	33,5	74,6	81,3	26,0	35,3	88,5	12,4	52,5	11,1
<b>p.s.c</b>		15,31	23,3	48,6	78,2	17,1	35,3	48,4	10,1	52,5	13,0
<b>c.c.</b>	49,39; 2,00	39,67	67,0	149,2	162,6	52,0	70,6	177,0	24,8	105,0	15,6
<b>c.c.c</b>		29,43	44,6	90,5	154,1	30,8	70,6	86,7	18,1	105,0	18,8
<b>p.m.</b>	124,85; 4,21	79,49	134,0	298,4	325,2	104,0	141,2	354,0	49,6	210,0	22,1
<b>p.m.c</b>		56,34	85,3	167,8	302,7	55,3	141,2	152,7	30,9	210,0	26,9

$\Sigma c; \Sigma y$  Índices de saturación en calcita (c) y en yeso (y) **p.s.0** Solución del suelo obtenida a partir de una pasta saturada (valores medidos) **c.c.** Solución del suelo estimada a capacidad de campo **p.m.** Solución del suelo estimada a punto de marchitamiento **p.s.c, c.c.c y p.m.c** Soluciones del suelo con las concentraciones de cationes y aniones corregidas utilizando el CARBCHEM (Suarez, 1978)

**Figura II.3.15**  
**Evolución de los cationes con el contenido de humedad**  
**Muestra PJ**

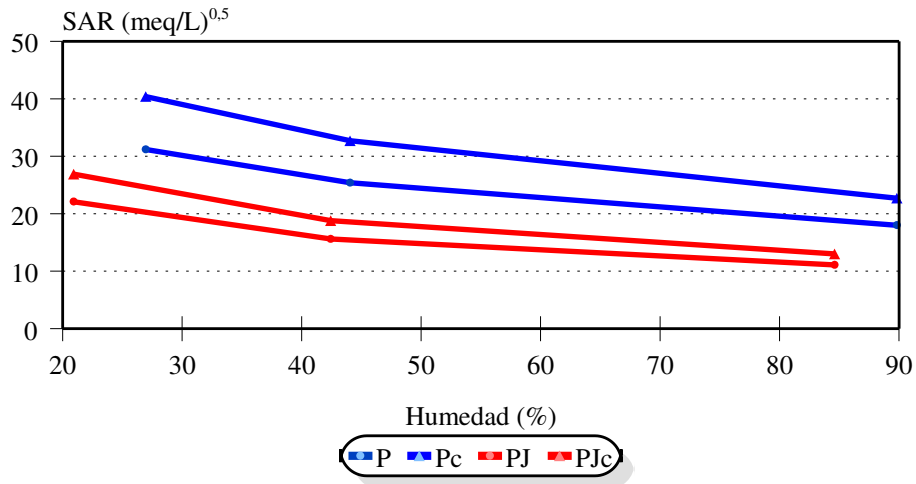


**Figura II.3.16**  
**Evolución de los aniones con el contenido de humedad**  
**Muestra PJ**



Las diferencias entre el SAR corregido con las actividades y el SAR normal son mayores cuando el contenido de humedad es menor. En la Figura II.3.17 podemos ver como las muestras P y PJ alcanzan unos valores de SAR corregido en el punto de marchitamiento de 40 y 27 (meq/L)<sup>0,5</sup> respectivamente.

**Figura II.3.17**  
**Evolución del SAR con el contenido de humedad**  
**Muestras P y PJ**



De todo lo anterior se deduce que no sólo debe aumentar la concentración total de la solución edáfica al acercarse el estado hídrico del suelo al punto de marchitamiento, sino que este incremento va acompañado en la mayoría de los casos de un enriquecimiento de aquellos iones más perjudiciales y fitotóxicos (sodio y cloruros), como consecuencia de la formación de pares iónicos y de la precipitación de calcita y yeso, sobre todo a potenciales mátricos altos.

Este hecho se traduce también en un incremento de los valores de SAR y por tanto en un mayor riesgo de sodificación del suelo a medida que disminuye el contenido de agua en el suelo.

Estas manifestaciones deben ser más evidentes en las muestras situadas entre los goteros, ya que bajo los goteros, el suelo permanece siempre con contenidos altos de humedad. De ahí la importancia de mantener el suelo permanentemente húmedo y el manejo de sistemas de riego que permitan esta opción.

Variaciones en la concentración salina y en el SAR de la solución del suelo a distintos valores de humedad del mismo, han sido estudiados por distintos autores (Pizarro, 1978; Bresler et al., 1982; Csillag y Rédly, 1989; Csillag et al., 1993 y 1995).

Las soluciones del suelo a capacidad de campo y punto de marchitamiento comentadas anteriormente son, como hemos señalado, soluciones teóricas en las que no se han tenido en cuenta todos los cambios en los procesos físico-químicos entre las fases sólida y líquida del suelo, en función de su estado de humedad, y solamente se ha valorado el efecto del agua y la posible



precipitación de calcita y/o yeso. Por ello en el siguiente apartado señalaremos las variaciones en la solución edáfica al extraer la solución del suelo hasta valores cercanos al punto de marchitamiento para analizar la composición de la misma desde un punto de vista más real, y además para detectar retención de sales, sobre todo en las muestras que presentan características ándicas, proceso que ya ha sido observado por otros autores, en suelos volcánicos (Imai y Okajima, 1979, 1980a y 1980b; Okajima, 1981 y 1982; Wada, 1984 y 1987; Hernández-Moreno et al., 1992).

### **II.3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA SOLUCIÓN EDÁFICA HASTA EL PUNTO DE MARCHITAMIENTO**

La solución del suelo es el medio donde se producen la mayor parte de las reacciones químicas y en el que las plantas obtienen sus nutrientes, por lo que sería importante extraerla en estados de energía físicamente definidos desde capacidad de campo hasta punto de marchitamiento, intentando así conocer mejor la solución del suelo (concentración y composición) a contenidos de humedad más reales, a los que se encuentra habitualmente la zona radicular de la planta. Algunos métodos han sido aplicados para obtener la fase líquida del suelo como son el de presión, centrifugación a altas velocidades o el desplazamiento de la solución del suelo por disolventes orgánicos como el etanol (Reitemeier, 1946; Darab et al., 1956; Khasawneh y Adams, 1967; Skrinnikova, 1977; Gillman y Bell, 1978; Aragües et al., 1986; Csillag y Rédly, 1989, Csillag et al., 1993).

Nosotros hemos extraído la solución del suelo a partir de una pasta saturada, distribuída en anillas sobre una placa porosa, la cual fue sometida a una presión de 15 bares (hasta el punto de marchitamiento) en un sistema Richards. En la fase extraída se determinó la CE, los cationes (calcio, magnesio, sodio y potasio) y aniones (cloruros, sulfatos, bicarbonatos y nitratos) y se corrigieron las concentraciones por la formación de pares iónicos, con el programa CARBCHEM de Suarez (1978), tomando siempre como valor de pH el obtenido en la pasta saturada “in situ”, o sea antes de la extracción.

Aragües et al. (1986) hablan de un efecto diluyente del agua que satura la placa porosa en la solución edáfica extraída por este método, por lo que, a partir de las características de la placa (15 bares, porosidad 32 %, diámetro 22,92 cm y 0,526 cm de espesor) se determinó la cantidad de agua que satura la misma (69,4 ml) y con ésta y el volumen total extraído se calculó el factor de dilución de la placa porosa (Tabla II.3.17), de tal forma que la concentración de cationes y aniones determinados en las soluciones extraídas hasta el punto de marchitamiento, ha sido multiplicada por este factor, para minimizar el efecto diluyente de la placa. A partir de la concentración catiónica (CC) se ha calculado la conductividad eléctrica (CE) utilizando la ecuación (15).

**Tabla II.3.17**  
**Cálculo del factor de dilución de la placa porosa**

	Total extraído (A) (ml)	Total extraído - 69,4 (B) (ml)	Factor dilución (A/B)
<b>TFG</b>	104,8	35,4	2,96
<b>TTG</b>	172,5	103,1	1,67
<b>P</b>	161,1	91,7	1,76
<b>PJ</b>	175,1	105,7	1,66

Si nosotros asumimos que la solución del suelo se va concentrando a medida que disminuye el contenido de humedad (mientras progresa la extracción hasta 15 bares), la CE de la solución del suelo de la muestra TFG extraída hasta el punto de marchitamiento (pF4,2) debe ser mayor que la observada en el extracto de saturación (p.s.), y efectivamente es así como podemos ver en la Tabla II.3.18, debido al efecto de concentración que sufre la solución del suelo a medida que progresa la extracción (Csillag y Rédly, 1989; Csillag et al., 1995). En la solución extraída hasta 15 bares (pF4,2) se observa pues un aumento en la concentración de los iones, salvo para el caso del ión calcio, el cual sufre un descenso importante (casi a la mitad), el cual podría explicarse por la precipitación de calcita al estar la solución sobresaturada en esta sal ( $\Sigma c > 1$ , Tabla II.3.18).

**Tabla II.3.18**  
**Características químicas del extracto saturado y de la fase líquida a 15 bares**  
**Muestra TFG**

	$\Sigma c; \Sigma y$	CE	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	NO3	SAR
<b>Unidades</b>		dS/m	meq/L								(meq/L) <sup>0.5</sup>
<b>p.s.</b>	8,67; 0,96	12,37	27,0	20,2	94,4	0,8	57,3	81,1	10,4	7,6	19,4
<b>p.s.c</b>		9,50	8,4	5,9	90,0	0,5	57,3	28,0	9,1	7,6	33,7
<b>pF4,2</b>	4,45; 0,53	17,17	14,2	59,2	110,1	4,7	54,5	111,3	11,8	16,6	18,2
<b>pF4,2c</b>		13,57	8,6	33,1	104,3	3,1	54,5	70,9	10,0	16,6	22,8

$\Sigma c; \Sigma y$  Índices de saturación en calcita (c) y en yeso (y) **p.s.** Extracto de saturación **pF4,2** Solución del suelo obtenida hasta una presión de 15 bares (punto de marchitamiento) **p.s.c** y **pF4,2c** Soluciones del suelo con las concentraciones de cationes y aniones corregidas utilizando el CARBCHEM (Suarez, 1978)

Para el caso de los aniones es de destacar una disminución en la concentración de cloruros que podría explicarse por la adsorción de los mismos en los bordes de arcillas del tipo caolinita (Wada, 1958, 1959a, 1959b y 1961), favorecida a altas concentraciones salinas. Como vimos en la Tabla II.3.9, la caolinita aparece en estos suelos a nivel de trazas.

Las interacciones electrostáticas entre los iones en una disolución, aumentan al disminuir el contenido de humedad y al concentrarse dicha disolución, tendiendo a formar complejos y pares iónicos. Por ello es necesario corregir las concentraciones para tener en consideración esta circunstancia. Si comparamos las composiciones iónicas de los extractos a saturación y a 15 bares [p.s.c y pF4,2c, ambas corregidas según el programa de especiación CARBCHEM (Suárez, 1978)], vemos como aumenta considerablemente la concentración corregida de magnesio, con respecto al calcio y sodio, quizás debido a un intercambio de magnesio del complejo por sodio y calcio de la solución del suelo, lo que supone una disminución del SAR y un menor riesgo de sodificación del suelo a bajos contenidos de humedad.

En la Tabla II.3.19 se pueden observar los resultados de la muestra TTG. En este caso, al contrario que la muestra de Fuerteventura (TFG), la conductividad eléctrica de la solución edáfica obtenida hasta 15 bares (pF4,2) es menor que la conductividad eléctrica del extracto de la pasta saturada (p.s.). Si como señalamos anteriormente, la solución obtenida hasta 15 bares extrae la solución más cercana a las partículas del suelo, es de esperar una mayor salinidad, ya que según la bibliografía consultada (Csillag y Rédly, 1989; Csillag et al., 1995) suponemos que la concentración de los iones va aumentando según va disminuyendo el contenido de humedad. El que ambas soluciones edáficas (p.s. y pF4,2) presenten CE similares parece indicarnos que no está ocurriendo el aumento de concentración que cabría esperar, lo cual puede explicarse, por el fenómeno de exclusión salina así como por una retención de sales en estos suelos con características ándicas.

Estos suelos tienen trazas de caolinita como los anteriores y además, como ya se comentó en la caracterización química de los suelos, las muestras TT y P presentan características ándicas bien marcadas (Tablas II.3.5 y II.3.9).

Una de las características de los suelos volcánicos es la existencia de capacidad de intercambio catiónico y aniónico, dependientes del pH y de la fuerza iónica del medio, y como consecuencia de ello son capaces de retener sales, proceso que se denomina *adsorción aparente de sales* para distinguirlo de la *adsorción salina* típica de caolinitas y haloisitas a elevada fuerza iónica (Mizota, 1977; Parfitt, 1978; Imai y Okajima, 1979, 1980a y 1980b; Okajima, 1981 y 1982; Wada, 1984 y 1987; Hernández-Moreno et al., 1992).

Como dijimos anteriormente, se observa una conductividad eléctrica en la solución obtenida a pF4,2 ligeramente más baja que la correspondiente al extracto de saturación (Tabla II.3.19), lo cual puede deberse al fenómeno de *exclusión salina* por el que las sucesivas soluciones extraídas a presiones crecientes hace que aumente la adsorción de cationes intercambiables en las superficies de las arcillas así como la repulsión de los aniones (Hillel, 1980; Bresler et al., 1982; Aragüés et al.,

1986; Sposito, 1989). Por otro lado, en suelos volcánicos con cantidades importantes de minerales amorfos como la alofana, se puede producir un “tamizado de sales”, por el cual se produce una retención selectiva o *absorción aparente de sales*, sobre todo a altas concentraciones salinas (Bresler et al., 1982; Aragüés et al., 1986; Sposito, 1989).

**Tabla II.3.19**  
**Características químicas del extracto saturado y de la fase líquida a 15 bares**  
**Muestra TTG**

	$\Sigma c; \Sigma y$	CE	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	NO3	SAR
Unidades		dS/m	meq/L								(meq/L) <sup>0.5</sup>
<b>p.s.</b>	0,10; 1,02	7,44	27,8	29,0	24,9	9,5	7,7	71,0	12,8	25,9	4,7
<b>p.s.c</b>		5,74	17,0	16,6	23,7	6,7	7,7	46,7	11,7	25,9	5,8
<b>pF4,2</b>	0,01; 0,34	6,60	9,7	37,7	24,2	1,5	7,2	56,6	2,5	14,4	6,4
<b>pF4,2c</b>		4,67	6,1	22,3	22,8	1,1	7,2	36,0	2,2	14,4	6,1

$\Sigma c; \Sigma y$  Índices de saturación en calcita (c) y en yeso (y) **p.s.** Extracto de saturación **pF4,2** Solución del suelo obtenida hasta una presión de 15 bares (punto de marchitamiento) **p.s.c y pF4,2c** Soluciones del suelo con las concentraciones de cationes y aniones corregidas utilizando el CARBCHEM (Suarez, 1978)

Como se puede ver en la Tabla II.3.19, en general se observa una disminución de todos los iones a excepción del magnesio y es de destacar el descenso importante del calcio que puede ser debido a la precipitación de yeso, ya que la solución está sobresaturada en esta sal ( $\Sigma y > 1$ ). El aumento de la concentración de magnesio puede ser debido a un intercambio de este catión por una parte del calcio en solución. Con respecto a los aniones el descenso más importante se produce en la concentración de sulfatos, debido a la precipitación de yeso y posiblemente a su retención en el suelo, así como de nitratos y bicarbonatos.

Analizando las concentraciones corregidas del extracto saturado y de la solución del suelo hasta punto de marchitamiento, podemos observar igualmente una disminución de la concentración de calcio y un aumento de magnesio, permaneciendo el sodio prácticamente constante, por lo que el SAR aumenta en solo una unidad en la solución extraída hasta 15 bares (Tabla II.3.19).

En la muestra de los suelos del cultivo de platanera pequeña enana (P), al igual que en la finca de tomates de Tenerife (TTG), la CE de la solución edáfica extraída hasta 15 bares de presión (pF4,2) es prácticamente igual a la CE del extracto de saturación (p.s.) (Tabla II.3.20).

**Tabla II.3.20**  
**Características químicas del extracto saturado y de la fase líquida a 15 bares**  
**Muestra P**

	$\Sigma c; \Sigma y$	CE	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	NO3	SAR
Unidades		dS/m	meq/L								(meq/L) <sup>0.5</sup>
<b>p.s.</b>	1,29;1,16	20,30	29,9	99,0	144,4	16,8	56,9	170,6	12,8	50,3	18,0
<b>p.s.c</b>		19,87	17,9	53,7	135,7	10,3	56,9	98,5	10,4	50,3	22,7
<b>pF4,2</b>	0,27;1,33	20,59	31,7	140,1	85,2	6,5	52,8	190,2	2,5	25,3	9,2
<b>pF4,2c</b>		16,14	18,5	74,3	80,2	4,0	52,8	101,2	2,0	25,3	11,8

$\Sigma c; \Sigma y$  Índices de saturación en calcita (c) y en yeso (y) **p.s.** Extracto de saturación **pF4,2** Solución del suelo obtenida hasta una presión de 15 bares (punto de marchitamiento) **p.s.c** y **pF4,2c** Soluciones del suelo con las concentraciones de cationes y aniones corregidas utilizando el CARBCHEM (Suarez, 1978)

Como podemos ver en la Tabla II.3.20, se observa en general una disminución de la concentración de los iones a excepción del calcio, magnesio y sulfatos en la solución extraída hasta el punto de marchitamiento (pF4,2). Con respecto a los cationes puede haber un intercambio de sodio (catión mayoritario) y en menor medida potasio, por calcio y magnesio, sobre todo por este último ya que parte del calcio puede haber precipitado en forma de calcita o yeso ( $\Sigma > 1$ , Tabla II.3.20), lo cual lleva a una mayor retención de sodio y potasio en el suelo. Para el caso de los aniones se observa sobre todo una disminución de la concentración de nitratos y bicarbonatos, y al contrario de la muestra TTG, aumentan los sulfatos en la solución extraída hasta 15 bares de presión (pF4,2). La absorción del ión sulfato en andisoles canarios ha sido estudiada por Pardo y Guadalix (1990), Cubas et al. (1991) y por Guadalix y Pardo (1991) encontrándose una disminución de la misma al aumentar el pH (Cubas, 1985), siendo prácticamente nula por encima de 6,5. La muestra P presenta un valor de pH en pasta de 6,7, superior a 6,5 (Tabla II.3.1), por lo que el valor de pH podría explicar la no absorción de este anión en estos suelos y sí en los suelos de tomate (TTG) donde el pH en pasta es de 5,4.

En la Tabla II.3.20 se presentan las concentraciones corregidas del extracto de saturación y de la solución del suelo obtenida hasta el punto de marchitamiento (15 bares de presión). En la solución pF4,2c se observa un descenso importante en la concentración de sodio y un aumento del magnesio, lo que hace disminuir el SAR a la mitad y por tanto el peligro de sodificación se hace bastante menor.

La muestra de suelos de platanera con una capa de jable en superficie (PJ), también presenta una conductividad eléctrica en la solución pF4,2 inferior a la del extracto de saturación (Tabla II.3.21). Esta muestra no tiene caolinita ni presenta propiedades ándicas, por lo que esta

disminución puede ser debida a una retención de sales en las partículas del jable. Esta capa de jable, con abundancia de pómez de granulometría variable, contiene zeolitas, tectosilicatos que presentan como propiedades importantes la alta capacidad de intercambio catiónico y la adsorción tanto en la superficie externa como interna del mineral, debido a la distribución irregular de la densidad de carga así como al sistema de poros y cavidades que presentan, lo cual unido a la naturaleza vítrica de la matriz, les proporciona una alta capacidad de retención salina, como ya ha sido puesto de manifiesto por varios autores (Barrer y Walker, 1964; Barrer, 1978; Dyer et al., 1984; Semmens, 1984; Dyer y Keir, 1989; Ming y Mumpton, 1989; Del Castillo, 1994; González, 1994).

Como podemos ver en la Tabla II.3.21 se observa tanto retención catiónica como aniónica, y parece presentarse una mayor afinidad por el Ca, Na y K y por los nitratos. El calcio sufre un descenso importante debido a la precipitación de calcita ( $\Sigma c > 1$ ).

Con respecto a las concentraciones corregidas se observa una disminución de las concentraciones de Ca y Na, así como un aumento de Mg, produciendo una ligera disminución del SAR en la solución pF4,2c.

**Tabla II.3.21**  
**Características químicas del extracto saturado y de la fase líquida a 15 bares**  
**Muestra PJ**

	$\Sigma c; \Sigma y$	CE	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	NO3	SAR
<b>Unidades</b>		dS/m	meq/L								(meq/L) <sup>0.5</sup>
<b>p.s.</b>	18,67;0,94	16,15	33,5	74,6	81,3	26,0	35,3	88,5	12,4	52,5	11,1
<b>p.s.c</b>		15,24	23,3	48,6	78,2	17,1	35,3	48,4	10,1	52,5	13,0
<b>pF4,2</b>	0,86;0,20	15,93	5,5	94,5	69,2	5,5	32,7	117,0	3,8	19,6	9,8
<b>pF4,2c</b>		11,12	3,2	51,9	63,9	3,5	32,7	65,9	3,1	19,6	12,2

$\Sigma c; \Sigma y$  Índices de saturación en calcita (c) y en yeso (y) **p.s.** Extracto de saturación **pF4,2** Solución del suelo obtenida hasta una presión de 15 bares (punto de marchitamiento) **p.s.c** y **pF4,2c** Soluciones del suelo con las concentraciones de cationes y aniones corregidas utilizando el CARBCHEM (Suarez, 1978)

Como vemos, en todos los casos (a excepción de los suelos de Fuerteventura) la conductividad eléctrica real de la solución edáfica extraída hasta pF 4,2 (punto de marchitamiento) es menor de la esperada, lo cual indica que, en el proceso de concentración de la solución edáfica al acercarnos al punto de marchitamiento, se están produciendo procesos fisicoquímicos entre las fases sólida y líquida del suelo que llevan a una disminución de la concentración iónica en esta última.

Esta disminución se ha atribuído a una absorción aparente de sales característica de los suelos con carga pH-dependiente en aquellas muestras con características ándicas (TT y P) y a una retención iónica por parte de las zeolitas y partículas vítricas en los suelos con mulching de pómez superficial.

Estos procesos, que incluyen además una disminución clara de la concentración catiónica (Na, K) o aniónica ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), según los casos, hace que en estas condiciones, las características de salinidad de la solución edáfica en el rango de humedad en que se nutren los cultivos, sean mucho más favorables que las que pueden estimarse a partir de los resultados del análisis del extracto de saturación.

Además de una considerable disminución de la concentración de sodio a bajos niveles de humedad, se observa un aumento de la concentración de magnesio, lo que implica un notable descenso de los valores de SAR y por tanto del peligro de sodificación del suelo, respecto al que se derivaría del simple análisis de la solución del suelo en el punto de saturación.

Los suelos de Fuerteventura sí presentan un comportamiento “normal”, por lo que la concentración salina de la solución del suelo aumenta cuando nos acercamos a valores de humedad próximos al punto de marchitamiento.

### **III.3.4. CARACTERÍSTICAS DE LA SOLUCIÓN EDÁFICA EN EXTRACCIÓN FRACCIONADA HASTA EL PUNTO DE MARCHITAMIENTO**

Como ya dijimos anteriormente, en las tres muestras de Tenerife (TTG, P y PJ) se observa que la CE de las soluciones extraídas hasta el punto de marchitamiento (pF 4,2) es similar o inferior a la CE de los extractos saturados, y lo explicamos por los fenómenos de exclusión salina, retención de sales y absorción aparente de sales por el suelo, a medida que progresa la extracción desde el estado de saturación hasta el punto de marchitamiento.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que la cerámica porosa no es totalmente inerte (Aragüés et al., 1986) y puede inducir fenómenos de superficie o electrostáticos (adsorción, absorción, difusión, etc..) siendo el más importante de ellos el de adsorción catiónica (Wagner, 1962 citado en Aragüés et al., 1986), por lo que el empleo de materiales de cerámica porosa pueden afectar en mayor o menor medida la composición iónica de la solución extraída. Estudios más recientes revelan que este material no afecta en demasía a los nitratos, cloruros y sodio, ni al potasio y magnesio; en el caso de estos últimos sólo si se encuentran en altas concentraciones (Palacios et al., 1999).

Para intentar eliminar o minimizar el efecto de dilución de la placa porosa y para ver la evolución de la solución del suelo a bajos contenidos de humedad, realizamos la extracción de la solución en el punto de saturación y hasta pF 4,2 de forma fraccionada: se obtuvo una solución a 0,3 bares (0,3) y se aplicó una presión de 15 bares a la placa que había estado sometida a 0,3 bares de presión, recogiendo la solución en la primera hora [(0,3-15)1], a partir de aquí y hasta que dejó de gotear la olla se recogió la última solución [(0,3-15)2]. En las cuatro soluciones extraídas se determinó la CE, cationes y aniones y se corrigieron sus concentraciones con el programa CARBCHEM de Suarez (1978). El efecto dilución de la placa porosa ocurrirá en la primera fracción extraída (0,3), por ello y para anular este efecto de dilución, la concentración de los iones se multiplicó por el factor de dilución de la placa porosa calculada de la misma forma que en el apartado anterior, y son los valores que figuran en la Tabla II.3.22. La CE de las soluciones 0,3, 0,3c, (0,3-15)1c y (0,3-15)2c se estimó a partir de la concentración catiónica (CC) y aplicando la relación entre ésta y la CE (Ecuación 15, Parte I, Apto. III.1.1.2.b.ii). La CE de las soluciones (0,3-15)1 y (0,3-15)2 son valores medidos.

**Tabla II.3.22**  
**Características químicas del extracto saturado**  
**y de la fase líquida fraccionada hasta 15 bares**  
**Muestra TTG**

	$\Sigma c; \Sigma y$	CE	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	NO3	SAR
Unidades		dS/m	meq/L								(meq/L) <sup>0,5</sup>
<b>p.s.</b>	0,10;1,02	7,44	27,8	29,0	24,9	9,5	7,7	71,0	12,8	25,9	4,7
<b>p.s.c</b>		5,74	17,0	16,6	23,7	6,7	7,7	46,7	11,7	25,9	5,8
<b>0,3</b>	0,01;0,30	5,78	9,0	28,1	25,9	1,3	6,0	44,9	3,8	12,0	6,0
<b>0,3c</b>		4,42	5,9	17,6	25,1	1,0	6,0	30,2	3,5	12,0	7,3
<b>(0,3-15)1</b>	0,01;0,23	4,60	7,0	25,4	15,5	0,9	4,6	37,3	1,6	9,1	3,9
<b>(0,3-15)1c</b>		3,24	4,6	16,4	15,1	0,7	4,6	25,2	1,4	9,1	4,7
<b>(0,3-15)2</b>	0,00;0,15	3,81	4,7	19,8	13,4	0,8	4,4	30,5	1,4	8,1	3,8
<b>(0,3-15)2c</b>		2,60	3,2	13,0	13,0	0,6	4,4	21,6	1,3	8,1	4,6

$\Sigma c; \Sigma y$  Índices de saturación en calcita (c) y en yeso (y) **p.s.** Extracto de saturación **0,3** Solución del suelo obtenida a 0,3 bares **(0,3-15)1** Solución del suelo obtenida a 15 bares (primera hora) **(0,3-15)2** Solución del suelo obtenida a 15 bares y hasta que dejó de gotear **p.s.c, 0,3c, (0,3-15)1c, (0,3-15)2c** Soluciones del suelo con las concentraciones de cationes y aniones corregidas utilizando el CARBCHEM (Suarez, 1978)



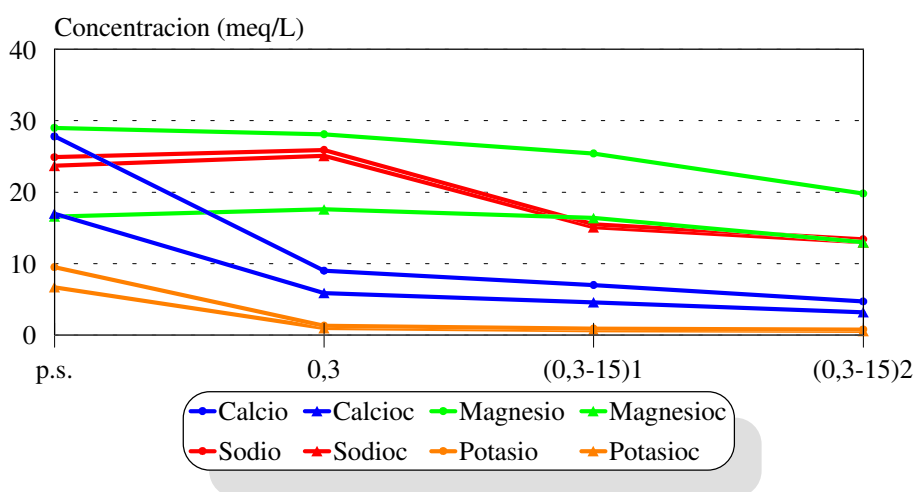
Como podemos ver en la Tabla II.3.22, la CE de la solución va disminuyendo a medida que ésta se extrae de zonas más cercanas a las superficies de las partículas del suelo, lo cual puede explicarse por procesos de exclusión salina y de absorción aparente de sales, que hacen disminuir considerablemente la salinidad en estos suelos con características ándicas.

Además (Tabla II.3.22 y Figuras II.3.18 y II.3.19), se observa una disminución de la concentración de calcio, potasio, sodio, sulfatos y nitratos, lo cual podría explicarse, para el caso del potasio, sodio y nitratos por la retención de estos iones en el suelo, ya que éstos no se retienen en la placa porosa, mientras que el descenso en la concentración de calcio y sulfatos se debe a su retención en la placa y a la precipitación de yeso (solución sobresaturada  $\Sigma y > 1$ ).

Con respecto al SAR hay que decir que se observa un aumento del mismo debido a la disminución del calcio en la solución desde la primera extracción (solución 0,3), y posteriormente un descenso como consecuencia de la retención de sodio en el suelo (Tabla II.3.22 y Figura II.3.20).

**Figura II.3.18**

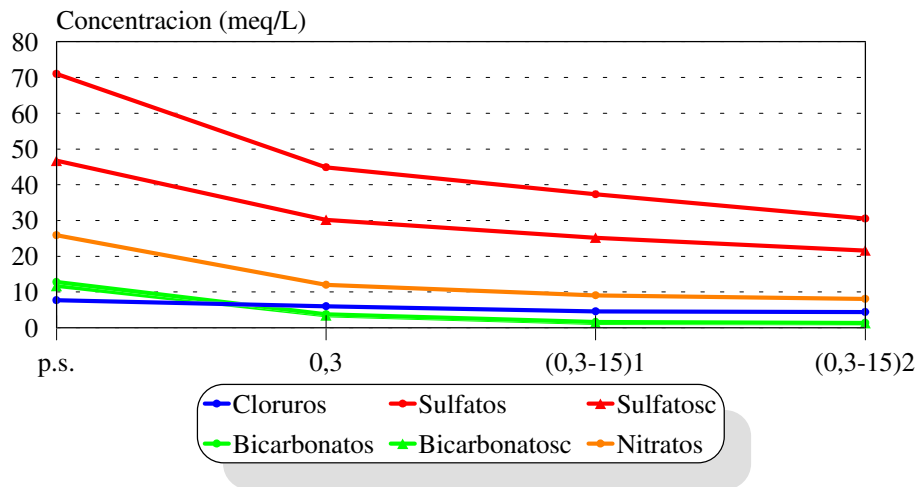
**Evolución de los cationes de la solución del suelo con el contenido de humedad**



Estos resultados parecen indicar que en los suelos agrícolas de Canarias el método de la pasta saturada sobreestima la salinidad de los mismos, cuestionándose su validez en nuestras condiciones. A resultados similares han llegado Arbelo et al. (1991), mediante ensayos de dilución de la solución edáfica en lugar de procesos de concentración.

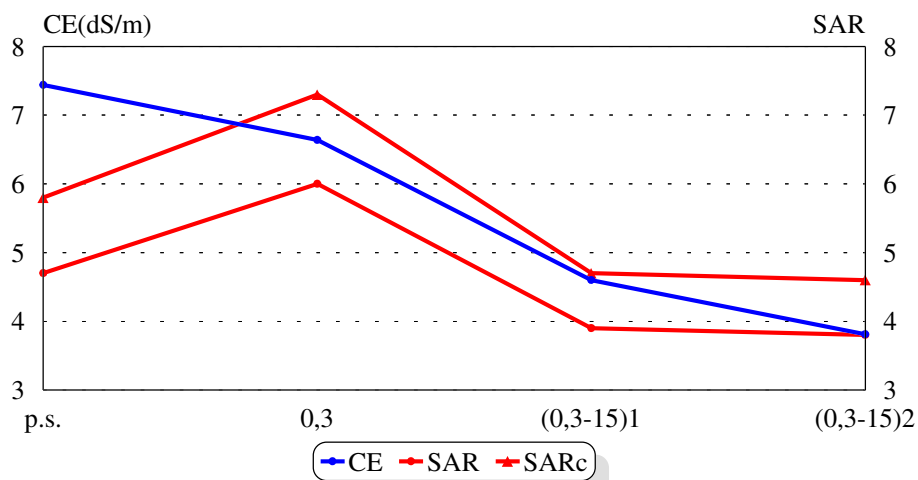
**Figura II.3.19**

**Evolución de los aniones de la solución del suelo con el contenido de humedad**



**Figura II.3.20**

**Evolución de la conductividad eléctrica (CE, dS/m) y de la sodicidad [SAR, (meq/L)<sup>0,5</sup>] de la solución del suelo con el contenido de humedad**



Este proceso de retención salina en suelos ándicos, puede explicar el que un altísimo porcentaje de los suelos de los cultivos de platanera y tomates (fundamentalmente en los primeros) aparezcan altas productividades a valores de salinidad y sodicidad por encima de las recomendadas (Parte I, Apto. III.1.2.1), ya que en las condiciones reales de humedad en el campo, entre capacidad de campo y punto de marchitamiento, hemos visto que se produce una disminución considerable tanto de la CE como del SAR.

## **III.4. CLASIFICACIÓN AGRONÓMICA INTEGRADA DE LAS AGUAS DE RIEGO Y RECOMENDACIONES DE MANEJO**

### **III.4.1. INTRODUCCIÓN**

Como ya comentamos en el apartado III.2.3 de la Parte I, la última tendencia en la clasificación de las aguas de riego es a la utilización de modelos informáticos que integran las características del agua de riego, el clima, las propiedades hídricas del suelo y la tolerancia de los cultivos a las sales.

Aunque es de gran interés conocer el contenido y composición de las sales en el agua desde el punto de vista de la salinización que pueda producirse en el suelo con su aplicación, es necesario tener en consideración que, de acuerdo a las condiciones del clima, propiedades hidrológicas del suelo y facilidades del drenaje, dicha concentración y composición pueden variar mucho en la solución del suelo. Es por ello que la clasificación de la salinidad de las aguas de riego no puede hacerse de forma aislada, sin tener en cuenta los demás factores que inciden sobre las concentraciones finales de la solución edáfica.

En el proceso de salinización tienen una particular importancia los cambios que pueden ocurrir en la composición de la solución del suelo por la precipitación de ciertas sales de solubilidad limitada, tales como carbonatos de calcio y de magnesio y sulfatos de calcio. Condiciones que favorezcan dicho proceso contribuirán a un enriquecimiento relativo de sodio en la solución del suelo y consecuentemente en el complejo de cambio, aunque se produzca una disminución en el contenido total de sales en la solución (Pla-Sentís, 1968a, 1972).

Las plantas no toman las sales en la misma proporción con que absorben agua y por ello, las aportadas por el riego tienden a acumularse en la solución del suelo. Esto puede evitarse aplicando un exceso de agua de riego por encima de la cantidad de agua que consume el cultivo, para lixiviar esas sales y evitar su acumulación en la zona radicular. La cantidad de agua a aplicar en exceso dependerá del contenido y tipo de sales en el agua de riego (Pla-Sentís, 1967), del contenido original de sales en la solución del suelo, del clima y de la efectividad de la lluvia lixiviando sales (Pla-Sentís, 1971a). El exceso de agua de riego requerido para el control de sales en el suelo ha sido llamado requerimiento de lixiviación (Reeve, 1957; Pla-Sentís, 1983a, 1988a,b, 1997, 1998).

Cuando el exceso de agua de riego o lluvia que penetra en el suelo no se elimina debido a déficits en el drenaje del mismo (debido a la baja permeabilidad en algún horizonte del suelo), se puede provocar un incremento más acelerado de la salinización por lo que es necesario proveer un sistema de drenaje capaz de eliminar el exceso de agua.

Se ha planteado la posibilidad de reducir los requerimientos de lixiviación de sales del suelo utilizando métodos de riego localizado que por su frecuencia y control preciso permitan, por un lado, que gran parte de las sales se acumulen y precipiten en zonas profundas del suelo y, por el otro, provoquen un mayor desarrollo y actividad radicular, con la mayor absorción de agua, en zonas más superficiales libres de excesos de sales (Bernstein y Francois, 1973; Rhoades, 1974). Pero esta reducción sólo es aplicable en situaciones donde sean económicos y prácticos la utilización y el control de dichos sistemas de riego. Además no está claro ni probado si dicho sistema de control de sales puede mantenerse a largo plazo sin un incremento progresivo de la salinización hacia la superficie del suelo (Pla-Sentís, 1983a).

Desde el punto de vista cuantitativo, para establecer el balance de sales en el suelo es necesario considerar algunos factores fijos o poco controlables como el suelo (propiedades físicas e hidrológicas), clima (precipitación, evaporación y transpiración del cultivo), agua (cantidad y sales disueltas); y de otros controlables hasta un cierto límite como los cultivos, drenaje artificial y manejo del riego, los cuales permiten atenuar o evitar los problemas de salinización o sodificación derivados de los factores fijos (Pla-Sentís, 1983a). Hoy en día existe la tendencia a definir cuantitativamente las posibilidades de uso de un agua de riego en base a las condiciones específicas en que dicha agua va a ser usada, incluyendo propiedades del suelo, clima, cultivos y manejo del riego (Pla-Sentís, 1968a,b, 1971a y b; Rhoades, 1972; Shalhevet, 1974).

Usando un agua determinada, la acumulación de sales y sodio en el suelo dependerá de la fracción de agua infiltrada que pase a través y hacia abajo de la zona radicular y de las posibilidades de precipitación de sales poco solubles como carbonatos de calcio y magnesio y en algunos casos sulfatos de calcio en el suelo (Doneen, 1954; Pla-Sentís, 1967, 1968a; Bower et al., 1968). También dependerá de la eficiencia con que dicha agua infiltrada actúe lixiviando las sales, la cual depende fundamentalmente del tipo de suelo y de la forma de aplicación del agua de lixiviación. Esta eficiencia es menor en suelos pesados cuando el agua de lixiviación se aplica en grandes cantidades de una sola vez, y es mayor en suelos ligeros con aplicaciones frecuentes y en pequeñas cantidades.

Los límites máximos de sales y sodio en el suelo, determinantes de la fracción del agua infiltrada que debe pasar a través de la zona radicular (requerimiento de lixiviación), dependerá de la tolerancia del cultivo a las sales y de las propiedades del suelo. La cantidad de agua de riego aplicada, además de la requerida para satisfacer la evapotranspiración del cultivo, debe proveer un exceso para cumplir con dichos requerimientos de lixiviación.

Un modelo de clasificación de aguas de riego para predecir sus efectos en el suelo debe tener en cuenta las necesidades de lixiviación. Utilizando la relación que existe entre lixiviación y acumulación de sales en la solución del suelo, es posible predecir aproximadamente la

concentración total de sales y la relación de adsorción de sodio en dicha solución cuando nos acercamos a condiciones de equilibrio. Para ello es necesario considerar las solubilidades de las diferentes sales bajo las condiciones del suelo. Como los valores de SAR pueden ser usados como índice bastante preciso de la acumulación de sodio intercambiable en el suelo en el rango de 5-30, correspondiente a los límites de PSI en la mayoría de los suelos afectados por sodio, pueden establecerse valores límites de SAR dependiendo del suelo y cultivo (Pla-Sentís, 1971a y b).

### III.4.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS GENERALES DE LAS AGUAS

Como podemos ver en la Tabla II.3.24, el agua que riega a la finca de tomates de Fuerteventura (F) tiene una CE casi ocho veces superior al agua de riego de las fincas de Tenerife. En su composición iónica predominan sodio, cloruros y sulfatos (Tablas II.3.24 y II.3.25). Si tenemos en cuenta las actividades de los iones (Fc), disminuyen las concentraciones de calcio, magnesio, sulfatos y bicarbonatos ya que se forman pares iónicos entre estos iones.

**Tabla II.3.24**  
**Análisis químico de las aguas de riego**

MUESTRA	CE (dS/m)	pH	Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	Na <sup>+</sup> (meq/L)	K <sup>+</sup> (meq/L)	SAR (meq/L) <sup>0,5</sup>
F	7,84	7,7	14,4	16,5	52,2	0,7	13,3
Fc			11,0	12,2	51,1	0,5	15,0
T	1,08	8,6	0,8	4,3	4,9	0,7	3,1
Tc			0,7	3,7	4,8	0,6	3,2

F Agua de riego de la finca de tomates de Fuerteventura T Agua de riego de las fincas de Tenerife (tomates y platanera)  
Fc y Tc Aguas de riego de Fuerteventura y Tenerife respectivamente con las concentraciones de cationes y aniones corregidas utilizando el CARBCHEM (Suarez, 1978)

**Tabla II.3.25**  
**Análisis químico de las aguas de riego (continuación)**

MUESTRA	Cl <sup>-</sup> (meq/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)
F	49,8	28,3	0,0	5,5	0,0
Fc	49,8	19,3	0,0	4,9	0,0
T	2,0	0,9	2,7	5,9	0,1
Tc	2,0	0,7	0,4	8,0	0,1

F Agua de riego de la finca de tomates de Fuerteventura T Agua de riego de las fincas de Tenerife (tomates y platanera)  
Fc y Tc Aguas de riego de Fuerteventura y Tenerife respectivamente con las concentraciones de cationes y aniones corregidas utilizando el CARBCHEM (Suarez, 1978)

Cuando el agua llega al suelo y se concentra por fenómenos de evapotranspiración, la concentración de los iones aumentan, sobre todo los cationes monovalentes (sodio) ya que los divalentes (calcio y magnesio) tienden a formar pares iónicos con sulfatos y bicarbonatos. Por ejemplo, si suponemos que el agua se concentra unas diez veces (aplicando el programa CARBCHEM de Suarez, 1978) el SAR aumenta unas tres veces, la solución se enriquece en sodio y cloruros, y se forman los siguientes pares iónicos en orden de mayor a menor concentración:  $\text{SO}_4(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Na})$ ,  $\text{HCO}_3(\text{Na}, \text{Mg}, \text{Ca})$ .

El agua de riego de las fincas de Tenerife (T) tiene un pH superior al agua de Fuerteventura debido a su carácter bicarbonatado y los iones que predominan son el sodio, magnesio, bicarbonatos y carbonatos. Si suponemos que el agua se concentra unas diez veces al llegar al suelo (al igual que en el agua de Fuerteventura), la solución edáfica se enriquece en sodio, magnesio, bicarbonatos y cloruros, el SAR aumenta unas cuatro veces y se forman los siguientes pares iónicos en orden de concentración decreciente:  $\text{CO}_3(\text{Mg})$ ,  $\text{HCO}_3(\text{Mg}, \text{Na})$ ,  $\text{SO}_4(\text{Mg})$ ,  $\text{HCO}_3(\text{Ca})$ ,  $\text{SO}_4(\text{Na}, \text{Ca})$ ,  $\text{CO}_3(\text{Na})$ . Esta agua tiene un mayor poder de sodificación del suelo que la anterior debido a su mayor alcalinidad (suma de carbonatos y bicarbonatos = 8,6 meq/L).

Si comparamos la composición iónica del agua F con esta composición en los extractos de saturación de las muestras TFG y TFI, se observa que predominan los mismos iones (sodio, magnesio, cloruros y sulfatos), indicando claramente que la salinización de estos suelos agrícolas tiene su origen en las aguas de riego (Tablas II.3.24 a II.3.27).

**Tabla II.3.26**  
**Características químicas del extracto de saturación**

MUESTRA	CE (dS/m)	Ca <sup>2+</sup> (meq/L)	Mg <sup>2+</sup> (meq/L)	Na <sup>+</sup> (meq/L)	K <sup>+</sup> (meq/L)	SAR (meq/L) <sup>0,5</sup>	PSIc (%)
<b>TFG</b>	12,37	27,0	20,2	94,4	0,8	19,4	21,5
<b>TFI</b>	17,26	34,4	32,9	125,7	0,9	21,7	23,5
<b>TTG</b>	7,44	27,8	29,0	24,9	9,5	4,7	5,3
<b>TTI</b>	8,67	31,0	40,2	27,4	11,3	4,6	5,2
<b>P</b>	20,30	29,9	99,0	144,4	16,8	18,0	20,2
<b>PJ</b>	16,15	33,5	74,6	81,3	26,0	11,1	13,1

**Tabla II.3.27**  
**Características químicas del extracto de saturación (continuación)**

MUESTRA	Cl <sup>-</sup> (meq/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/L)
TFG	57,3	81,1	10,4	7,6
TFI	122,2	85,5	12,9	5,3
TTG	7,7	71,0	12,8	25,9
TTI	13,4	67,9	10,5	32,9
P	56,9	170,6	12,8	50,3
PJ	35,3	88,5	12,4	52,5

El agua de las fincas de Tenerife (T) parece ser la responsable del predominio de sodio y magnesio en la solución de los suelos, sobre todo en las fincas PJ y P que son las que llevan un mayor número de años regándose con esta agua (6 y 12 años respectivamente); sin embargo los aniones que predominan en el suelo son los sulfatos y nitratos, que no proceden del agua de riego, sino de la aplicación de fertilizantes tales como nitrato potásico, sulfato amónico y ácidos nítrico y sulfúrico.

### III.4.3. EL MODELO SALSODIMAR DE PLA-SENTÍS

En esta segunda fase en la que ya se dispone de la caracterización física y química de los suelos de cuatro fincas representativas, así como del análisis de las aguas de riego e información climática y del cultivo, hemos hecho un intento de clasificación integral de estas aguas tipo, utilizando el modelo SALSODIMAR de Pla-Sentís (1983a,b, 1988a,b, 1997 y 1998).

El modelo SALSODIMAR se basa en un balance independiente de los iones más comunes en las aguas de riego y en la solución del suelo, de acuerdo a la fracción de lixiviación efectiva (LF) y a las solubilidades máximas de las sales bajo diferentes condiciones. Además es posible establecer las combinaciones más apropiadas de suelos, cultivos y manejo del riego que conduzcan a los balances de sales e iones más adecuados para prevenir problemas de salinización y/o sodificación en el suelo. Las bases teóricas del modelo y su desarrollo detallado aparecen en Pla-Sentís (1967, 1968a, 1969b, 1971b) y Pla-Sentís y Dappo (1974).

Se propone en el modelo el uso de valores de infiltración básica como índices de la permeabilidad del suelo: alta (IV) > 50 mm/h; mediana (III) 5-50 mm/h; baja (II) 1-5 mm/h y muy baja (I) < 1 mm/h, y determinados valores límite de concentración de sales (STES) de acuerdo con el cultivo y el clima y de índices de sodio (RASES) en el extracto de saturación, de acuerdo con el suelo y las sales totales (Tabla II.3.28).

**Tabla II.3.28**

**Límites críticos de sales totales STES (de acuerdo al cultivo y clima)  
y de relación de adsorción de sodio RASES (de acuerdo al suelo y sales totales)  
en el extracto de saturación (Pla-Sentís, 1988b)**

		Cultivos			
		Muy sensible	Sensible	Tolerante	Muy tolerante
STES (meq/L)		40	80	120	160
RASES (mmol/L) <sup>0.5</sup>	I	5	10	15	20
	II	10	15	20	30
	III	15	20	30	40
	IV	20	30	40	50

**STES** Sales totales en el extracto de saturación **RASES** Relación de adsorción de sodio en el extracto de saturación **I** Suelo con una tasa de infiltración muy baja < 1 (mm/hora) **II** Suelo con una tasa de infiltración baja 1-5 (mm/hora) **III** Suelo con una tasa de infiltración mediana 5-50 (mm/hora) **IV** Suelo con una tasa de infiltración alta > 50 (mm/hora)

En la Tabla II.3.29 se presenta el sistema utilizado para clasificar las aguas de acuerdo con los datos proporcionados por el modelo, de lixiviación efectiva requerida para el control de sales totales L(ST)F y de sodio L(NA)F. A partir de estos valores se pueden clasificar las aguas en clases  $St_{xy}NA_{xy}$  (Tabla II.3.29) en donde  $x$  puede tomar los valores 1 (Muy buena calidad), 2 (Regular calidad), 3 (Mala calidad), 4 (Muy mala calidad) y 5 (No utilizable); y la  $y$  puede tomar los valores 1 (Cultivo muy sensible, STES 40 meq/L), 2 (Cultivo sensible, STES 80 meq/L) y 3 (Cultivo tolerante y muy tolerante, STES 120-160 meq/L).



**Tabla II.3.29**  
**Clasificación de aguas de riego de acuerdo al peligro de acumulación**  
**de sales totales (ST) y de sodio (NA) en el suelo**  
**L(ST)F y L(NA)F (Pla-Sentís, 1983a)**

IB	STES	RASES	L(ST)F (para ST) - L(NA)F (para NA)													
			<0,01		0,01-0,02		0,02-0,05		0,05-0,10		0,10-0,20		0,20-0,30		>0,30	
IV	40	20	ST <sub>11</sub>	NA <sub>11</sub>	ST <sub>11</sub>	NA <sub>11</sub>	ST <sub>11</sub>	NA <sub>11</sub>	ST <sub>11</sub>	NA <sub>11</sub>	ST <sub>21</sub>	NA <sub>21</sub>	ST <sub>31</sub>	NA <sub>31</sub>	ST <sub>41</sub>	NA <sub>41</sub>
	80	30	ST <sub>12</sub>	NA <sub>12</sub>	ST <sub>12</sub>	NA <sub>12</sub>	ST <sub>12</sub>	NA <sub>12</sub>	ST <sub>12</sub>	NA <sub>12</sub>	ST <sub>22</sub>	NA <sub>22</sub>	ST <sub>32</sub>	NA <sub>32</sub>	ST <sub>42</sub>	NA <sub>42</sub>
	160	40	ST <sub>13</sub>	NA <sub>13</sub>	ST <sub>13</sub>	NA <sub>13</sub>	ST <sub>13</sub>	NA <sub>13</sub>	ST <sub>13</sub>	NA <sub>13</sub>	ST <sub>23</sub>	NA <sub>23</sub>	ST <sub>33</sub>	NA <sub>33</sub>	ST <sub>43</sub>	NA <sub>43</sub>
III	40	15	ST <sub>11</sub>	NA <sub>11</sub>	ST <sub>11</sub>	NA <sub>11</sub>	ST <sub>11</sub>	NA <sub>11</sub>	ST <sub>21</sub>	NA <sub>21</sub>	ST <sub>31</sub>	NA <sub>31</sub>	ST <sub>41</sub>	NA <sub>41</sub>	ST <sub>51</sub>	NA <sub>51</sub>
	80	20	ST <sub>12</sub>	NA <sub>12</sub>	ST <sub>12</sub>	NA <sub>12</sub>	ST <sub>12</sub>	NA <sub>12</sub>	ST <sub>22</sub>	NA <sub>22</sub>	ST <sub>32</sub>	NA <sub>32</sub>	ST <sub>42</sub>	NA <sub>42</sub>	ST <sub>52</sub>	NA <sub>52</sub>
	160	30	ST <sub>13</sub>	NA <sub>13</sub>	ST <sub>13</sub>	NA <sub>13</sub>	ST <sub>13</sub>	NA <sub>13</sub>	ST <sub>23</sub>	NA <sub>23</sub>	ST <sub>33</sub>	NA <sub>33</sub>	ST <sub>43</sub>	NA <sub>43</sub>	ST <sub>53</sub>	NA <sub>53</sub>
II	40	10	ST <sub>11</sub>	NA <sub>11</sub>	ST <sub>11</sub>	NA <sub>11</sub>	ST <sub>21</sub>	NA <sub>21</sub>	ST <sub>31</sub>	NA <sub>31</sub>	ST <sub>41</sub>	NA <sub>41</sub>	ST <sub>51</sub>	NA <sub>51</sub>	ST <sub>51</sub>	NA <sub>51</sub>
	80	15	ST <sub>12</sub>	NA <sub>12</sub>	ST <sub>12</sub>	NA <sub>12</sub>	ST <sub>22</sub>	NA <sub>22</sub>	ST <sub>32</sub>	NA <sub>32</sub>	ST <sub>42</sub>	NA <sub>42</sub>	ST <sub>52</sub>	NA <sub>52</sub>	ST <sub>52</sub>	NA <sub>52</sub>
	160	20	ST <sub>13</sub>	NA <sub>13</sub>	ST <sub>13</sub>	NA <sub>13</sub>	ST <sub>23</sub>	NA <sub>23</sub>	ST <sub>33</sub>	NA <sub>33</sub>	ST <sub>43</sub>	NA <sub>43</sub>	ST <sub>53</sub>	NA <sub>53</sub>	ST <sub>53</sub>	NA <sub>53</sub>
I	40	5	ST <sub>11</sub>	NA <sub>11</sub>	ST <sub>21</sub>	NA <sub>21</sub>	ST <sub>31</sub>	NA <sub>31</sub>	ST <sub>41</sub>	NA <sub>41</sub>	ST <sub>51</sub>	NA <sub>51</sub>	ST <sub>51</sub>	NA <sub>51</sub>	ST <sub>51</sub>	NA <sub>51</sub>
	80	10	ST <sub>12</sub>	NA <sub>12</sub>	ST <sub>22</sub>	NA <sub>22</sub>	ST <sub>32</sub>	NA <sub>32</sub>	ST <sub>42</sub>	NA <sub>42</sub>	ST <sub>52</sub>	NA <sub>52</sub>	ST <sub>52</sub>	NA <sub>52</sub>	ST <sub>52</sub>	NA <sub>52</sub>
	160	15	ST <sub>13</sub>	NA <sub>13</sub>	ST <sub>23</sub>	NA <sub>23</sub>	ST <sub>33</sub>	NA <sub>33</sub>	ST <sub>43</sub>	NA <sub>43</sub>	ST <sub>53</sub>	NA <sub>53</sub>	ST <sub>53</sub>	NA <sub>53</sub>	ST <sub>53</sub>	NA <sub>53</sub>

**L(ST)F** Fracción de lixiviación efectiva para mantener los valores de sales totales por debajo del límite establecido **L(NA)F** Fracción de lixiviación efectiva para mantener los valores de sodio por debajo del límite establecido **STES** Sales totales en el extracto de saturación (meq/L) **RASES** Relación de adsorción de sodio en el extracto de saturación (mmol/L)<sup>0.5</sup> **IB** Tasa de infiltración básica **IV** alta > 50 (mm/hora) **III** mediana 5-50 (mm/hora) **II** baja 1-5 (mm/hora) **I** muy baja < 1 (mm/hora)

### III.4.4. CALIDAD AGRONÓMICA DE LAS AGUAS Y RECOMENDACIONES DE MANEJO

En las siguientes Tablas (II.3.30 y II.3.31) se presentan los datos analíticos de las aguas de riego de Fuerteventura (F) y de Tenerife (T) y los datos de los suelos y de los cultivos de las fincas estudiadas. La profundidad de suelo tomada en las cuatro fincas fue de 30 cm, y los valores de STES y RASES son los propuestos por Pla-Sentís para cultivos muy sensibles (platanera) y sensibles (tomate) (Tabla II.3.28).

**Tabla II.3.30**  
**Datos de las aguas de riego (meq/L)**

Agua	CAR	NAR	BR	CLR	SR
F	30,9	52,2	5,5	49,8	28,3
T	5,1	4,9	8,6	2,0	0,9

**F** Agua de riego de la Finca dela isla de Fuerteventura **T** Agua de riego de las Fincas de la isla de Tenerife **CAR** Calcio+Magnesio **NAR** Sodio **BR** Carbonatos + Bicarbonatos **CLR** Cloruros **SR** Sulfatos

**Tabla II.3.31**  
**Datos de los suelos y de los cultivos**

Finca	Agua	DA	CC	IB	HET	Cultivo	STES	RASES
TF	F	1,46	0,27	50,0	2,50	Tomate	80	20
TT	T	0,86	0,39	285,0	2,20	Tomate	80	30
P	T	0,82	0,44	332,5	3,79	Platanera	40	20
PJ	T	0,55	0,42	612,5	3,79	Platanera	40	20

**DA** Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>) **CC** Contenido de agua a capacidad de campo (g/g) **IB** Tasa de infiltración básica (mm/hora) **HET** Evapotranspiración del cultivo (mm/día) **STES** Límite crítico de sales totales en el extracto de saturación (meq/L) **RASES** Límite crítico de relación de adsorción de sodio en el extracto de saturación (mmol/L)<sup>0.5</sup> **TF** Tomates Fuerteventura **TT** Tomates Tenerife **P** Platanera **PJ** Platanera jable **F** Agua de riego de la Finca dela isla de Fuerteventura **T** Agua de riego de las Fincas de la isla de Tenerife

Estos valores fueron los inputs necesarios para aplicar el modelo SALSODIMAR, y a partir de él obtuvimos las fracciones de lixiviación efectiva necesarias para clasificar las aguas (Tabla II.3.32). El agua de Fuerteventura (F), según el modelo es un agua no utilizable para un cultivo sensible como el tomate y el agua de Tenerife (T) es un agua de muy buena calidad para el tomate y de regular calidad para un cultivo muy sensible como la platanera.

En la finca de tomates de Fuerteventura la fracción de lixiviación efectiva con el agua F, para mantener el valor de sales totales [L(ST)F] por debajo del límite establecido para este cultivo (80 meq/L) es superior a la fracción de lixiviación efectiva para mantener el contenido de sodio [L(NA)F] por debajo del límite establecido para un suelo con una tasa de infiltración mediana [20 (mmol/L)<sup>0.5</sup>] (1,04>0,59), por lo tanto en estas condiciones el problema potencial dominante es la salinización del suelo.

**Tabla II.3.32**  
**Clasificación de las agua (F y T) teniendo en cuenta**  
**las propiedades del suelo, clima y cultivo**  
**Condiciones actuales**

Finca	Cultivo	IB	STES	L(ST)F	RASES	L(NA)F	Clasificación
TF	Tomate	50,0	80	1,04	20	0,59	ST <sub>52</sub> NA <sub>52</sub>
TT	Tomate	285,0	80	0,06cr	30	0,10cr	ST <sub>12</sub> NA <sub>12</sub>
P	Platanera	332,5	40	0,14cr	20	0,15cr	ST <sub>21</sub> NA <sub>21</sub>
PJ	Platanera	612,5	40	0,14cr	20	0,15cr	ST <sub>21</sub> NA <sub>21</sub>

**IB** Tasa de infiltración básica (mm/hora) **STES** Sales totales en el extracto de saturación (meq/L) **L(ST)F** Fracción de lixiviación efectiva para mantener los valores de sales totales por debajo del límite establecido **RASES** Relación de adsorción de sodio en el extracto de saturación (mmol/L)<sup>0.5</sup> **L(NA)F** Fracción de lixiviación efectiva para mantener los valores de sodio por debajo del límite establecido **cr** Acumulación de bicarbonato o carbonato de sodio

Para el caso de las fincas de Tenerife, tanto con cultivo de tomates como con platanera la fracción de lixiviación efectiva con el agua T, L(ST)F, es siempre inferior a la fracción de lixiviación efectiva L(NA)F, lo que indica que en estos casos el problema potencial dominante no es la salinización del suelo, sino la sodificación del mismo, con un problema adicional de alcalinización (cr) (Tabla II.3.32).

En la Tabla II.3.33 se ha tratado de comprobar las posibilidades del modelo, modificando algunos parámetros y considerando diversos escenarios. Así en la finca de tomates de Fuerteventura, donde el riesgo fundamental es de salinización del suelo, se ha valorado la calidad del agua, para otros cultivos más tolerantes que el tomate (STES= 120 y 160). En ambos casos el problema potencial sigue siendo la salinización del suelo, y también el agua no utilizable ni aún para cultivos muy tolerantes.

En las fincas regadas con el agua de Tenerife (T), donde el problema potencial es la sodificación del suelo y el consiguiente deterioro estructural, se ha considerado como supuesto escenario, un declive de la tasa de infiltración de agua en el suelo. En todos los casos el problema potencial sigue siendo la sodificación del suelo para el caso de la finca de tomates y el agua pasa de regular a muy mala calidad para el riego al disminuir la infiltración de 285 a 40 y finalmente a 4 mm/hora. En las fincas de platanera, el agua pasa de regular a muy mala calidad, al considerar la misma variación en la infiltración del suelo.

**Tabla II.3.33**  
**Clasificación de las agua (F y T) teniendo en cuenta**  
**las propiedades del suelo, clima y cultivo**  
**Otras condiciones simuladas**

Finca	Cultivo	IB	STES	L(ST)F	RASES	L(NA)F	Clasificación
TF	Tomate	50,0	120	0,63	30	0,39	ST <sub>53</sub> NA <sub>53</sub>
TF	Tomate	50,0	160	0,43	40	0,29	ST <sub>53</sub> NA <sub>43</sub>
TT	Tomate	40,0	80	0,07cr	20	0,15cr	ST <sub>22</sub> NA <sub>32</sub>
TT	Tomate	4,0	80	0,07cr	15	0,20cr	ST <sub>32</sub> NA <sub>42</sub>
P	Platanera	40,0	40	0,14cr	15	0,20cr	ST <sub>31</sub> NA <sub>31</sub>
P	Platanera	4,0	40	0,14cr	10	0,30cr	ST <sub>41</sub> NA <sub>51</sub>
PJ	Platanera	40,0	40	0,14cr	15	0,20cr	ST <sub>31</sub> NA <sub>31</sub>
PJ	Platanera	4,0	40	0,14cr	10	0,30cr	ST <sub>41</sub> NA <sub>51</sub>

**IB** Tasa de infiltración básica (mm/hora) **STES** Sales totales en el extracto de saturación (meq/L) **L(ST)F** Fracción de lixiviación efectiva para mantener los valores de sales totales por debajo del límite establecido **RASES** Relación de adsorción de sodio en el extracto de saturación (mmol/L)<sup>0.5</sup> **L(NA)F** Fracción de lixiviación efectiva para mantener los valores de sodio por debajo del límite establecido **cr** Acumulación de bicarbonato o carbonato de sodio

El modelo nos permite clasificar de forma integrada el agua de riego y además nos da unas limitaciones y recomendaciones del agua de riego, drenaje y manejo del riego, así como recomendaciones alternativas o complementarias, como exponemos a continuación para cada una de las fincas consideradas.

### III.4.4.1. Riego de tomates con aguas de Fuerteventura

#### 1. Problema dominante

$L(ST)F=1,04 > L(NA)F=0,59$  por lo que el problema potencial dominante es la salinización del suelo.

#### 2. Limitaciones y recomendaciones del agua de riego (Tabla II.3.34)

Se basa en los valores de requerimiento de agua de riego (RR) necesarios para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo y controlar al mismo tiempo los niveles de sales y de sodio por debajo de los niveles máximos preestablecidos. Siendo éste la relación existente entre la cantidad de agua de riego y la cantidad evapotranspirada (utilizada por el cultivo y la evaporación).

**Tabla II.3.34**  
**Limitaciones y recomendaciones del agua de riego, drenaje y**  
**manejo del riego (Pla-Sentís, 1998)**

AGUA DE RIEGO	
RR > 1,5	Fuerte limitación (fl)
RR = 1,2 - 1,5	Moderada limitación (ml)
RR < 1,2	Sin limitaciones (sl)
DRENAJE	
RD > 0,30	Fuerte limitación (fl)
RD = 0,10 - 0,30	Moderada limitación (ml)
RD < 0,10	Sin limitaciones (sl)
MANEJO DEL RIEGO	
RMR > 1,0	Imposible
RMR = 0,5 - 1,0	Riego continuo o por inundación
RMR = 0,25 - 0,50	Riego de alta frecuencia
RMR < 0,25	Riego convencional

**RR** Requerimiento de agua de riego **RD** Requerimiento de agua de drenaje **RMR** Requerimiento de manejo de riego

Como se observa en la Tabla II.3.35, en estos suelos, con un cultivo de tomates cuyos límites críticos son STES=80 (meq/L) y RASES=20 (mmol/L)<sup>0.5</sup> es imposible dadas las características de salinidad y sodicidad de esta agua obtener un valor de requerimiento de agua de riego (RR). Si como hemos considerado anteriormente nos situamos ante la posibilidad de instalar cultivos tolerantes a las sales (STES=120 meq/L) o muy tolerantes (STES=160 meq/L), en lugar de un cultivo sensible como el tomate, obtenemos unos valores de RR de 4,82 y 2,17 respectivamente, ambos muy superiores a 1,5 (Tabla II.3.34), tratándose, aún en estos casos, de un agua con fuertes limitaciones para obtener las fracciones de lixiviación requeridas y así mantener los niveles de sales y sodio por debajo de los niveles críticos en estos suelos.

**Tabla II.3.35**  
**Requerimientos de agua de riego (RR), agua de drenaje (RD)**  
**y manejo de riego (RMR)**  
**Finca de tomates en Fuerteventura**

IB	STES	RASES	RR	RD	TR	TER	RMR
50,0	80	20	sp	sp	0	24	sp
50,0	120	30	4,82(fl)	3,82(fl)	6	24	0,01(rc)
50,0	160	40	2,17(fl)	1,17(fl)	3	24	0,00(rc)

**IB** Tasa de infiltración básica (mm/hora) **STES** Sales totales en el extracto de saturación (meq/L) **RASES** Relación de adsorción de sodio en el extracto de saturación (mmol/L)<sup>0.5</sup> **RR** Requerimiento de agua de riego **RD** Requerimiento de agua de drenaje **TR** Tiempo mínimo que dura la infiltración del agua en cada riego (horas) **TER** Tiempo máximo de intervalo entre riegos (días) **RMR** Requerimiento de manejo de riego **sp** Sin posibilidades, imposible de lograr **fl** Fuerte limitación **rc** Riego convencional

### 3. Limitaciones y recomendaciones del agua de drenaje

El modelo obtiene los valores de requerimiento de drenaje (RD) a partir de la relación entre la cantidad de agua de drenaje y la cantidad de agua evapotranspirada (utilizada). Como podemos ver en la Tabla II.3.35 [STES 80 meq/L y RASES 20 (mmol/L)<sup>0.5</sup>] es también imposible en estas condiciones de agua, suelo y cultivo, lograr un valor de RD. Al aumentar los valores de STES a 120 y 160 meq/L obtenemos unos valores de RD de 3,82 y 1,17 respectivamente, ambos superiores a 0,30 (Tabla II.3.34), por lo que la necesidad de drenar más del 30 % del agua evapotranspirada (utilizada por la planta y evaporada), representa una fuerte limitación en cuanto al requerimiento de agua y de costosas instalaciones de drenaje, para evitar el encharcamiento.

### 4. Limitaciones y recomendaciones del manejo del riego

Este modelo calcula el requerimiento del manejo del riego (RMR) basándose en la relación entre TR [tiempo mínimo que tarda la infiltración en cada riego (horas)] y TER [intervalo máximo

entre riegos (días)]. En esta finca [STES 80 meq/L y RASES 20 (mmol/L)<sup>0,5</sup>] con estos valores de salinidad y sodicidad en el agua y de requerimientos de cultivo, es imposible conseguir un valor de RMR ya que se obtienen números fuera de toda lógica. Para cultivos más tolerantes que soporten valores de STES de 120 y 160 meq/L obtenemos unos valores de RMR de 0,01 y 0,00 respectivamente, ambos inferiores a 0,25 (Tabla II.3.34), que corresponde a una permanencia del agua de riego sobre la superficie del suelo inferior al 25 % del intervalo entre riegos. No existen por tanto, en esta situación hipotética, limitaciones derivadas de la permeabilidad del suelo para utilizar métodos convencionales de riego y drenaje, manteniendo la salinidad y sodicidad por debajo de los niveles críticos establecidos.

Cuando RMR está comprendido entre 0,25-0,50 se presentarán limitaciones, debido al requerimiento de riegos más complejos como son los localizados de alta frecuencia, o en algunos casos por la necesidad de controlar los niveles de sales y sodio a través de lavados intermitentes del suelo, acompañados o no de enmiendas. Valores de RMR entre 0,5-1,0 exigen inundación casi permanente del suelo para lograr controlar los niveles preestablecidos de sales y de sodio, lo cual significa fuertes limitaciones en cuanto a la posible elección de cultivos, prácticas de manejo y requerimientos de agua. Cuando RMR es superior a 1,0 no es posible en ningún caso controlar las sales o el sodio por debajo de los niveles que se hayan establecido como críticos (Tabla II.3.34).

##### 5. Recomendaciones alternativas o complementarias (Tabla II.3.36)

Las recomendaciones para regar esta finca con unos valores de  $RR > 1,5$ ,  $RD > 0,30$  y una  $L(ST)F > L(NA)F$  son el aumentar la permeabilidad del suelo, usar cultivos más tolerantes que el tomate, aguas menos salinas o instalar un drenaje artificial.

El agua de riego utilizada en esta finca y en general en la isla de Fuerteventura procede de pozos poco profundos que debido a su explotación y al escaso régimen de lluvias, va empeorando en calidad por un aumento de la salinidad. De todas las recomendaciones quizás la más adecuada para estas condiciones sea la de usar un agua menos salina; con el cambio del cultivo hacia otros más tolerantes (STES 120 y 160 meq/L) sólo se solucionaría el problema parcialmente ya que la cantidad de sales aportadas por el agua de pozo es tan alta que se va a producir una salinización y una degradación progresiva de estos suelos agrícolas.

Vemos pues que una de las principales restricciones que plantea la agricultura de regadío en zonas áridas es la creciente salinización del suelo debido a la elevada tasa de evaporación y a la baja calidad de las aguas de riego; la escasez de agua de buena calidad en estas regiones es uno de los principales problemas para la recuperación de los suelos salinizados.

**Tabla II.3.36**  
**Recomendaciones alternativas o complementarias**  
**(Pla-Sentís, 1998)**

Si: RMR > 1,0 o RR > 1,5 y: L(ST)F > L(NA)F	<b>Usar:</b> suelo más permeable cultivo más tolerante agua menos salina
Si: RMR > 1,0 o RR > 1,5 y: L(NA)F > L(ST)F y: NaBES = 0	<b>Usar:</b> suelo más permeable agua con menos sodio <b>Agregar:</b> enmiendas al suelo
Si: RMR > 1,0 o RR > 1,5 y: L(NA)F > L(ST)F y: NaBES > 0	<b>Usar:</b> suelo más permeable agua con menos bicarbonato sódico <b>Agregar:</b> enmiendas al suelo o al agua de riego
Si: RD > 0,30 y: L(ST)F > L(NA)F	<b>Usar:</b> agua menos salina <b>Instalar:</b> drenaje artificial
Si: RD > 0,30 y: L(NA)F > L(ST)F y: NaBES = 0	<b>Usar:</b> agua con menos sodio <b>Instalar:</b> drenaje artificial
Si: RD > 0,30 y: L(NA)F > L(ST)F y: NaBES > 0	<b>Usar:</b> agua sin bicarbonato sódico <b>Agregar:</b> enmiendas al agua de riego <b>Instalar:</b> drenaje artificial

**RR** Requerimiento de agua de riego **RD** Requerimiento de agua de drenaje **RMR** Requerimiento de manejo de riego **L(ST)F** Fracción de lixiviación efectiva para mantener los valores de sales totales por debajo del límite establecido **L(NA)F** Fracción de lixiviación efectiva para mantener los valores de sodio por debajo del límite establecido **NaBES** Bicarbonato sódico en el extracto de saturación

En esta isla, una pequeña parte de la agricultura de regadío se realiza en gavias, terrenos de cultivo que tienen la característica de recoger volúmenes grandes de agua de escorrentía procedentes de fuertes tormentas de lluvia; su posterior infiltración produce el lavado de las sales del suelo llegando a reducir la salinidad desde 78 dS/m (fuera de la gavia) hasta unos valores medios de CE de 1,2 dS/m (Torres, 1995).

Según Torres (1995), las gavias pueden considerarse como sistemas recuperadores de suelos salinizados por el uso de sistemas de riego. Una explotación agrícola en gavia, combinando períodos de riego con aguas salinas, con períodos de inundación por la captación de las aguas de lluvia, podría proporcionar las fracciones de lixiviación necesarias para mantener las concentraciones de sales y de sodio por debajo de unos valores críticos (según cultivo y propiedades del suelo). Como además el porcentaje de sodio intercambiable medio en una gavia es del 23,6 %, la aplicación de enmiendas químicas es necesaria para la reducción de estos niveles y evitar la degradación física de los suelos de gavia, que perderían así su capacidad de infiltración del agua, base fundamental de su funcionamiento.

### III.4.4.2. Riego de tomates con aguas de Tenerife

#### 1. Problema dominante

El problema potencial dominante es la sodificación con un problema adicional de alcalinización (acumulación de bicarbonato o carbonato sódico)  $L(NA)F=0,10 > L(ST)F=0,06$ .

#### 2. Limitaciones y recomendaciones del agua de riego

Como podemos ver en la Tabla II.3.37 [STES 80 meq/L y RASES 30 (mmol/L)<sup>0,5</sup>] obtenemos un valor de RR de 1,11 inferior a 1,2 y por tanto es un agua sin limitaciones de uso en estos suelos, obteniendo las fracciones de lixiviación necesarias para mantener los niveles de sales y sodio por debajo de los valores críticos establecidos (Tabla II.3.34).

Sin embargo si nos situamos en el supuesto de que se produzca un deterioro físico del suelo y la infiltración pase a ser mediana o baja (40 ó 4 mm/hora) el agua pasa a tener moderadas o fuertes limitaciones respectivamente, para obtener las fracciones de lixiviación requeridas (Tabla II.3.37).

**Tabla II.3.37**  
**Requerimientos de agua de riego (RR), agua de drenaje (RD)**  
**y manejo de riego (RMR)**  
**Finca de tomates en Tenerife**

IB	STES	RASES	RR	RD	TR	TER	RMR
285,0	80	30	1,11(sl)	0,11(ml)	0	23	0,00(rc)
40,0	80	20	1,24(ml)	0,24(ml)	2	23	0,00(rc)
4,0	80	15	1,52(fl)	0,55(fl)	19	23	0,03(rc)

**IB** Tasa de infiltración básica (mm/hora) **STES** Sales totales en el extracto de saturación (meq/L) **RASES** Relación de adsorción de sodio en el extracto de saturación (mmol/L)<sup>0,5</sup> **RR** Requerimiento de agua de riego **RD** Requerimiento de agua de drenaje **TR** Tiempo mínimo que dura la infiltración del agua en cada riego (horas) **TER** Tiempo máximo de intervalo entre riegos (días) **RMR** Requerimiento de manejo de riego **sp** Sin posibilidades, imposible de lograr **sl** Sin limitaciones **ml** Moderada limitación **fl** Fuerte limitación **rc** Riego convencional

#### 3. Limitaciones y recomendaciones del agua de drenaje

El valor de requerimiento de drenaje (RD) en esta finca (STES 80 meq/L y RASES 30 (mmol/L)<sup>0,5</sup>) (Tabla II.3.37) es de 0,11; lo que supone que los requerimientos de drenaje significan drenar un 11 % del agua consumida por evapotranspiración y ello representa moderadas



limitaciones en cuanto al requerimiento de instalaciones de drenaje para evitar el encharcamiento. Si suponemos que la infiltración del suelo llega a ser mediana o baja, los requerimientos de agua de drenaje serían mucho más altos (24% y 55% respectivamente, Tabla II.3.37), lo que supondría unas limitaciones fuertes de uso de estas aguas en estas condiciones de suelo.

#### 4. Limitaciones y recomendaciones del manejo del riego

El requerimiento del manejo del riego (RMR) en estas fincas tanto para el valor real de infiltración como para los dos valores simulados es siempre inferior a 0,25 (Tablas II.3.34 y II.3.37); lo que significa que no existen limitaciones derivadas de la permeabilidad del suelo para utilizar métodos convencionales de riego y drenaje para mantener la salinidad y sodicidad por debajo de los niveles críticos.

#### 5. Recomendaciones alternativas o complementarias

En principio esta agua de riego aunque tiene un peligro potencial de sodificación y alcalinización del suelo, para las condiciones actuales de suelo y cultivo y añadiendo las correspondientes fracciones de lixiviación, se mantendrían siempre los valores de sales y sodio por debajo de los máximos establecidos.

Cuando se consideran otros suelos con baja capacidad de infiltración, el modelo ofrece como recomendaciones alternativas el agregar enmiendas al agua de riego e instalar un sistema de drenaje.

### **III.4.4.3. Riego de platanera con aguas de Tenerife**

#### 1. Problema dominante

$L(NA)F=0,15 > L(ST)F=0,14$ , así que el problema potencial dominante, al igual que en las fincas de tomates, es la sodificación del suelo con un problema adicional de alcalinización (acumulación de bicarbonato o carbonato sódico).

#### 2. Limitaciones y recomendaciones del agua de riego

Como podemos ver en la Tabla II.3.38, para ambas fincas [STES 40 meq/L y RASES 20 (mmol/L)<sup>0.5</sup>], obtenemos un valor de RR de 1,18 inferior a 1,2 (Tabla II.3.34); por tanto es un agua sin limitaciones para obtener las fracciones de lixiviación requeridas para mantener los niveles de sales y sodio por debajo de los valores críticos establecidos. Este tipo de agua en suelos con

infiltraciones medianas y bajas tienen moderadas y fuertes limitaciones para obtener las fracciones de lixiviación necesarias.

**Tabla II.3.38**  
**Requerimientos de agua de riego (RR), agua de drenaje (RD)**  
**y manejo de riego (RMR)**  
**Fincas de platanera en Tenerife**

Finca	IB	STES	RASES	RR	RD	TR	TER	RMR
P	332,5	40	20	1,18(sl)	0,18(ml)	0	14	0,00(rc)
P	40,0	40	15	1,34(ml)	0,34(fl)	2	14	0,01(rc)
P	4,0	40	10	2,03(fl)	1,03(fl)	28	14	0,08(rc)
PJ	612,5	40	20	1,18(sl)	0,18(ml)	0	15	0,00(rc)
PJ	40,0	40	15	1,34(ml)	0,34(fl)	1	9	0,01(rc)
PJ	4,0	40	10	2,03(fl)	1,03(fl)	18	9	0,08(rc)

**IB** Tasa de infiltración básica (mm/hora) **STES** Sales totales en el extracto de saturación (meq/L) **RASES** Relación de adsorción de sodio en el extracto de saturación (mmol/L)<sup>0,5</sup> **RR** Requerimiento de agua de riego **RD** Requerimiento de agua de drenaje **TR** Tiempo mínimo que dura la infiltración del agua en cada riego (horas) **TER** Tiempo máximo de intervalo entre riegos (días) **RMR** Requerimiento de manejo de riego **sp** Sin posibilidades, imposible de lograr **sl** Sin limitaciones **ml** Moderada limitación **fl** Fuerte limitación **rc** Riego convencional

### 3. Limitaciones y recomendaciones del agua de drenaje

Como ya dijimos anteriormente los valores de requerimiento de drenaje (RD) son obtenidos de la relación entre la cantidad de agua de drenaje y la cantidad necesitada para evapotranspirar. En estas fincas de plataneras el valor de RD es de 0,18 (Tabla II.3.38) y por tanto la necesidad de añadir en exceso, como agua de drenaje un 18 % del agua que necesita el cultivo, representa moderadas limitaciones en cuanto al requerimiento de instalaciones de drenaje para evitar el encharcamiento. En suelos con infiltraciones medianas y bajas estas limitaciones serían mucho más acentuadas.

### 4. Limitaciones y recomendaciones del manejo del riego

El requerimiento del manejo del riego (RMR) para estas fincas tanto para los valores reales de infiltración, como para los valores de infiltración simulados es siempre inferior a 0,25 (Tabla II.3.34), no existiendo por tanto, limitaciones derivadas de la permeabilidad del suelo para utilizar métodos convencionales de riego y drenaje para el control de la salinidad y sodicidad por debajo de los niveles críticos.

## 5. Recomendaciones alternativas o complementarias

Esta agua de riego aunque tiene un peligro potencial de sodificación y alcalinización del suelo, para las condiciones actuales de suelo y cultivo, y añadiendo las correspondientes fracciones de lixiviación, se lograría mantener los valores de sales y sodio por debajo de los niveles críticos preestablecidos.

Esta agua aplicada en un suelo con una baja infiltración (4 mm/hora) tiene un valor de  $RR > 1,5$  (Tabla II.3.38), una  $L(NA)F > L(ST)F$  y una acumulación de bicarbonato sódico (Tabla II.3.36) por lo que se plantea en estas condiciones de baja infiltración las siguientes recomendaciones complementarias: usar un suelo más permeable, agua con menos bicarbonato sódico y agregar enmiendas al suelo o al agua de riego.

### **III.4.5. CONSIDERACIONES FINALES**

Podemos decir pues, que según el modelo SALSODIMAR, las aguas de Fuerteventura presenta un riesgo evidente de salinización del suelo debido a su alto contenido en sales, y es un agua no utilizable en las condiciones actuales, ni aún para cultivos muy tolerantes. Las aguas de Tenerife, al contrario de las de Fuerteventura, son aguas de muy buena a regular calidad según el cultivo (tomates, platanera), clima y suelo, y añadiendo las fracciones de lixiviación adecuadas se pueden mantener los valores de sales y de sodio por debajo de los niveles críticos para cada cultivo. Sin embargo, estas aguas presentan un problema potencial de sodificación y/o alcalinización (acumulación de carbonato sódico) por lo que hay que tener mucho cuidado en su utilización en suelos con bajas capacidades de infiltración.

En la Tabla II.3.39 se presenta la clasificación de estas dos aguas según otras clasificaciones habituales para las aguas de riego (Aptdo. III.2.2.7). En la primera columna aparecen las clasificaciones utilizadas y entre paréntesis figuran las variables tenidas en cuenta en cada una de ellas.

Como ya vimos en el apartado III.2.3 de la Parte I, de todas las clasificaciones utilizadas, la clasificación de la FAO es la que mejor evalúa la calidad del agua ya que tiene en cuenta la tolerancia de los cultivos a las sales, así como la influencia de la misma sobre las propiedades físicas del suelo.

También podemos ver (Tabla II.3.39) como la clasificación de estas dos aguas (F y T) según el modelo SALSODIMAR es similar a la que se obtiene con las directrices técnicas propuestas por la FAO y además, como hemos visto en los apartados anteriores (desde III.4.3.1 a III.4.3.3) nos

proporciona recomendaciones del agua de riego, del agua de drenaje y del manejo del riego, así como otras recomendaciones alternativas o complementarias.

**Tabla II.3.39**  
**Otras clasificaciones de las aguas de riego**

Clasificación (variables)	Agua de Fuerteventura (F)	Agua de Tenerife (T)
<b>Índice de Scott</b> ( $Na$ , $Cl$ , $SO_4$ )	Buena	Buena
<b>Wilcox</b> ( $CE$ , $\%Na$ )	Inutilizable	Buena a pasable
<b>Normas Greene</b> ( $TSD$ , $\%Na$ )	Regular	Buena
<b>Riverside</b> ( $CE$ , $SAR$ )	Peligro de salinidad y sodicidad muy altos (C5S4).	Peligro de salinidad medio alto y peligro de sodicidad bajo (C3S1).
<b>Directrices técnicas propuestas por la FAO</b> ( $CE$ , $SAR$ , $pH$ )	Salinidad por encima del valor recomendado para el cultivo. No presenta ninguna restricción de uso por sodificación (problemas de infiltración o degradación de la estructura).	Salinidad por encima del valor recomendado para el cultivo de platanera e inferior del mismo para tomates. Restricción de ligera a moderada ya que puede causar problemas de infiltración. Además tiene altos valores de pH (>8,4) por lo que tiene un riesgo añadido de degradación de la estructura así como desequilibrios nutricionales.
<b>Modelo SALSODIMAR</b> ( <i>niveles críticos de sales y de sodio en el extracto saturado según cultivo y capacidad de infiltración del suelo, cationes y aniones del agua de riego, densidad aparente, contenido en agua a capacidad de campo, tasa de infiltración básica y evapotranspiración del cultivo</i> ).	No utilizable ni en cultivos más tolerantes que el tomate. Problema dominante la salinización del suelo.	Muy buena (tomates) y regular (platanera), sin embargo presenta un problema potencial de sodificación y alcalinización con el consiguiente riesgo de degradación de la estructura.

De todas las clasificaciones de aguas de riego analizadas en este trabajo, esta última, la basada en el modelo SALSODIMAR de Pla-Sentís (1983a, 1988a,b, 1997 y 1998) es la más integral, ya que tiene en cuenta el complejo sistema formado por suelo, cultivo, clima y agua, y además ofrece una amplia gama de recomendaciones.

Los puntos débiles del modelo aparecen en los valores de referencia de sales (STES) y sodio (RASES), establecidos a partir de los resultados del análisis de la solución del suelo en el punto de saturación y hemos visto como en las condiciones de humedad del suelo desde capacidad de campo hasta el punto de marchitamiento, los valores de salinidad (conductividad eléctrica) y sodicidad (SAR) son bastante inferiores a los esperados a partir de los datos del extracto a saturación (Parte II, Apto. III.3), sobre todo en suelos con características ándicas. Parece pues que con estas medidas estamos sobrestimando los peligros de salinización y sodificación, por lo que estos suelos serían más tolerantes frente a las sales y al sodio ya que son capaces de retirarlos en parte de la solución edáfica, haciendo disminuir los riesgos de salinización y sodificación.

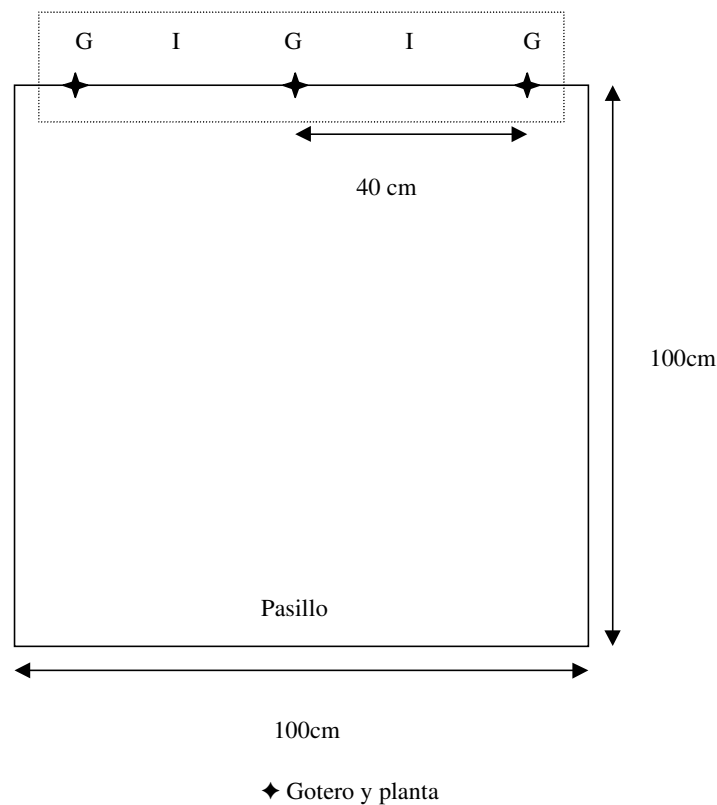
En cualquier caso el modelo es conceptualmente válido y sólo es cuestión de adaptar estos valores límites de referencia a las características de los suelos y los cultivos de cada región en particular.

### III.5. DISTRIBUCIÓN DE LA SALINIDAD: VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL

#### III.5.1. FINCAS DE TOMATES EN FUERTEVENTURA

Se hizo un muestreo a lo largo de una fila de goteros (Figura II.3.21), muestreando cada 20 cm el suelo bajo los goteros y en las zonas entre goteros, a tres profundidades: superficial (0-2 cm), zona radicular (4-7 cm) y debajo del sistema radicular (10-14 cm) con el fin de evaluar la distribución de la salinidad y el pH, en relación con los goteros y las raíces de las plantas. Se realizaron extractos 1:1 y se midió la CE y el pH de los mismos.

**Figura II.3.21**  
**Esquema de la finca de tomates en Fuerteventura**



Como podemos ver en la Tabla II.3.40, las sales se distribuyen en el suelo de tal forma que se observa una mayor acumulación en la superficie de las zonas intergoteros (CE media de 34 dS/m), y una menor acumulación en la superficie de la zona de los goteros (CE media de 13 dS/m). Por debajo de los 4 cm de profundidad ya no se observan diferencias y la CE de los extractos 1:1 es de unos 2 dS/m. Es decir que en la zona de desarrollo radicular la salinidad de la solución edáfica, permanece por debajo de los límites tolerables, en cualquier caso.

**Tabla II.3.40**  
**CE (dS/m) en extractos 1:1**

	G	I	G	I	G	I	G	I	G	I	G	MG	MI	DSG	DSI
<b>1</b>	8	32	7	26	14	49	18	32	13	31	15	13	34	4,2	8,7
<b>2</b>	3	2	2	4	3	2	2	4	2	2	2	2	3	0,5	1,1
<b>3</b>	2	2	2	3	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0,4	0,4

**G** Muestra zona gotero **I** Muestra zona intergotero **MG** Media zona gotero **MI** Media zona intergotero **DSG** Desviación estándar zona gotero **DSI** Desviación estándar zona intergotero **1** Muestra superficial (0-2 cm) **2** Muestra zona radicular (4-7 cm) **3** Muestra debajo sistema radicular (10-14 cm)

Con respecto al pH, se observan unos valores ligeramente más bajos en la zona superficial (0-2 cm de profundidad), en relación a la zona profunda del suelo (Tabla II.3.41). Es necesario señalar que el sistema radicular de los tomates aparece extendido por toda la zona superficial, llegando incluso a unirse las raíces entre plantas contiguas. La actividad química de estas raíces, muy finas y abundantes, podría explicar al menos en parte la diferencia de pH observada.

**Tabla II.3.41**  
**pH en extractos 1:1**

	G	I	G	I	G	I	G	I	G	I	G	MG	MI	DSG	DSI
<b>1</b>	7,4	7,3	7,3	7,4	7,4	7,2	7,4	7,1	7,4	7,1	7,3	7,2	7,3	0,1	0,1
<b>2</b>	8,0	8,4	7,9	7,6	7,6	8,3	8,0	8,1	7,8	8,3	7,9	7,9	8,1	0,2	0,3
<b>3</b>	7,7	8,5	8,4	7,6	8,2	8,4	8,5	8,3	8,4	8,2	8,2	8,2	8,2	0,3	0,4

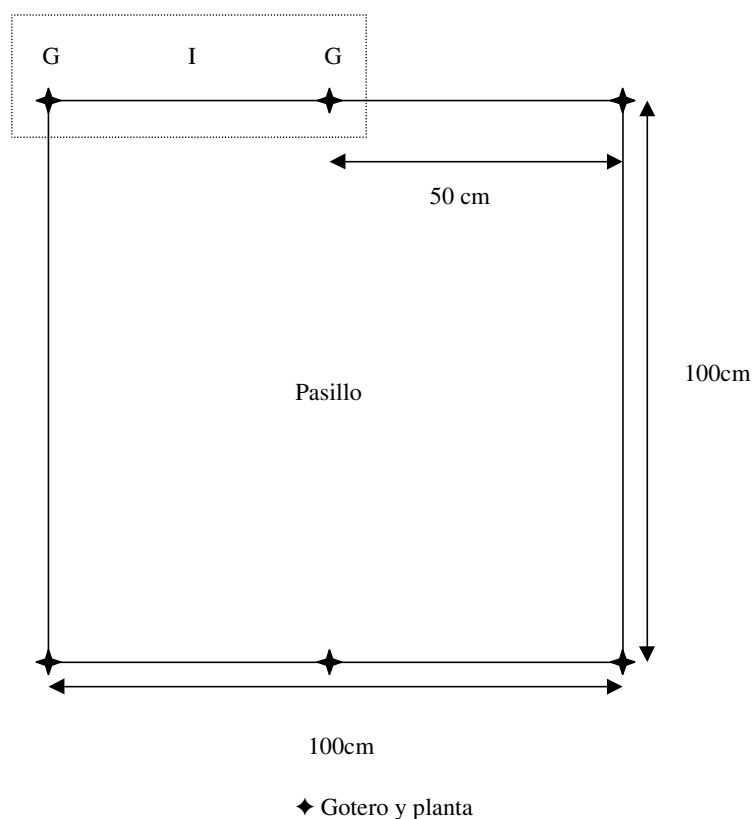
**G** Muestra zona gotero **I** Muestra zona intergotero **MG** Media zona gotero **MI** Media zona intergotero **DSG** Desviación estándar zona gotero **DSI** Desviación estándar zona intergotero **1** Muestra superficial (0-2 cm) **2** Muestra zona radicular (4-7 cm) **3** Muestra debajo sistema radicular (10-14 cm)

### III.5.2. FINCAS DE TOMATES EN TENERIFE

Se realizó un muestreo a lo largo de una fila de goteros (Figura II.3.22), muestreando cada 25 cm el suelo bajo los goteros y en las zonas entre goteros, a tres profundidades: superficial (0-5 cm), zona radicular (10 cm) y debajo del sistema radicular (25-30 cm) (Muestreo A). Se realizaron extractos 1:1 donde se midió la CE y el pH de los mismos.

A pesar del bajo número de muestras, parece observarse una CE más alta en la zona intergotero en la muestra superficial (0-5 cm) y en la radicular (10 cm), sobre todo en la primera (Tabla II.3.42). A partir de 25 cm la CE parece estabilizarse a un valor de 1 dS/m.

**Figura II.3.22**  
**Esquema de la finca de tomates en Tenerife**



Después de dos meses, se volvió a hacer otro muestreo similar al anterior cuyos valores de CE y pH del extracto 1:1 se presentan en la Tabla II.3.43 (Muestreo B).

La CE más alta corresponde a una zona de gotero (13 dS/m) lo cual se debía a que el gotero no estaba descargando correctamente, a causa de una obturación del mismo por precipitación de carbonatos. Si no tenemos en cuenta las muestras bajo este gotero, en el resto parece observarse una CE superior al muestreo anterior en la zona radicular (10 cm) y debajo de la misma (25-30 cm). En este segundo muestreo no se observa un aumento de la CE en la zona intergotero como cabría esperar.

**Tabla II.3.42**  
**CE (dS/m) en extractos 1:1**  
**Muestreo A**

	G	I	G	MG	DSG
<b>1</b>	3	6	2	3	0,7
<b>2</b>	1	3	2	2	0,7
<b>3</b>	1	1	1	1	0,0

**G** Muestra zona gotero **I** Muestra zona intergotero **MG** Media zona gotero **DSG** Desviación estándar zona gotero **1** Muestra superficial (0-5 cm) **2** Muestra zona radicular (10 cm) **3** Muestra debajo sistema radicular (25-30 cm)



**Tabla II.3.43**  
**CE (dS/m) extractos 1:1**  
**Muestreo B**

	<b>G</b>	<b>I</b>	<b>G</b>	<b>MG</b>	<b>DSG</b>
<b>1</b>	4	3	13	9	6,4
<b>2</b>	3	3	9	6	4,2
<b>3</b>	3	3	4	4	0,7

**G** Muestra zona gotero **I** Muestra zona intergotero **MG** Media zona gotero **DSG** Desviación estándar zona gotero **1** Muestra superficial (0-5 cm) **2** Muestra zona radicular (10 cm) **3** Muestra debajo sistema radicular (25-30 cm)

Con respecto al pH vemos como va aumentando con la profundidad (Tabla II.3.44). En este cultivo de tomate las raíces están más desarrolladas que en el de la isla de Fuerteventura, extendiéndose hasta los 25 cm de profundidad por lo que es probable que debido a la actividad radicular se observen unos pHs más bajos que en Fuerteventura, donde la actividad radicular está restringida a los primeros centímetros de suelo.

En el segundo muestreo se observan unos valores de pH similares a los del primero (Tabla II.3.45).

**Tabla II.3.44**  
**pH en extractos 1:1**  
**Muestreo A**

	<b>G</b>	<b>I</b>	<b>G</b>	<b>MG</b>	<b>DSG</b>
<b>1</b>	6,7	6,5	6,6	6,7	0,1
<b>2</b>	7,5	7,0	7,2	7,4	0,7
<b>3</b>	7,8	7,8	7,7	7,8	0,1

**G** Muestra zona gotero **I** Muestra zona intergotero **MG** Media zona gotero **DSG** Desviación estándar zona gotero **1** Muestra superficial (0-5 cm) **2** Muestra zona radicular (10 cm) **3** Muestra debajo sistema radicular (25-30 cm)

**Tabla II.3.45**  
**pH en extractos 1:1**  
**Muestreo B**

	G	I	G	MG	DSG
1	7,1	6,8	6,1	6,6	0,7
2	7,8	7,3	6,9	7,4	0,6
3	7,7	7,3	7,2	7,5	0,4

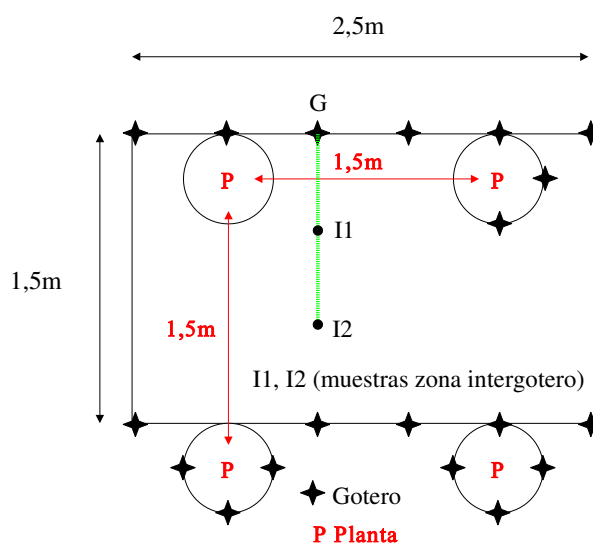
G Muestra zona gotero I Muestra zona intergotero MG Media zona gotero DSG Desviación estándar zona gotero 1 Muestra superficial (0-5 cm) 2 Muestra zona radicular (10 cm) 3 Muestra debajo sistema radicular (25-30 cm)

### III.5.3. FINCAS DE PLATANERA “PEQUEÑA ENANA” EN TENERIFE

Se realizó un muestreo con el objeto de ver la distribución de sales en el suelo bajo los goteros (G) y en las zonas entre ellos (I) (Figura II.3.23, línea verde discontinua, puntos de muestreo (G, I1, I2), a dos profundidades: superficial (0-5 cm) y debajo del sistema radicular (20-25cm) (Muestreo A). Igual que en las fincas anteriores se realizaron extractos 1:1 y se midió la CE y el pH en los mismos.

Como podemos observar en la Tabla II.3.46, volvemos a ver como las sales se acumulan en las zonas intergoteros con una CE media de 20 dS/m, que es unas seis veces superior a la existente en el suelo bajo los goteros. Esta distribución de sales se observa sólo en la superficie ya que por debajo del sistema radicular (20-25 cm) la CE es de 2 dS/m, independientemente de donde se haya tomado la muestra.

**Figura II.3.23**  
**Esquema de la finca de platanera “pequeña enana” en Tenerife**



**Tabla II.3.46**  
**CE (dS/m) en extractos 1:1**  
**Muestreo A**

	G	I1	I2	MI	DSI
<b>1</b>	3	18	21	20	2,1
<b>2</b>	2	2	2	2	0,0

G Muestra zona gotero I Muestra zona intergotero MI Media zona intergotero DSI Desviación estándar zona intergotero  
1 Muestra superficial (0-2 cm) 2 Muestra debajo sistema radicular (20-25 cm)

Transcurridos dos meses se realizó otro muestreo, en el que se observa una distribución similar al primero en la muestra superficial (0-5 cm) (Tabla II.3.47); y también parece verse un aumento de la salinidad según nos alejamos del gotero en la muestra tomada inmediatamente debajo de las raíces (20-25 cm).

**Tabla II.3.47**  
**CE (dS/m) en extractos 1:1**  
**Muestreo B**

	G	I1	I2	MI	DSI
<b>1</b>	3	19	14	16,5	3,5
<b>2</b>	1	2	7	4,5	3,5

G Muestra zona gotero I Muestra zona intergotero MI Media zona intergotero DSI Desviación estándar zona intergotero  
1 Muestra superficial (0-2 cm) 2 Muestra debajo sistema radicular (20-25 cm)

En las Tablas II.3.48 y II.3.49 se presentan los valores de los pH de los extractos 1:1 y se observan unos valores similares en las dos profundidades muestreadas y en los dos muestreos realizados.

**Tabla II.3.48**  
**pH en extractos 1:1**  
**Muestreo A**

	G	I1	I2	MI	DSI
<b>1</b>	7,8	7,3	7,2	7,3	0,1
<b>2</b>	7,6	7,5	7,5	7,5	0,0

G Muestra zona gotero I Muestra zona intergotero MI Media zona intergotero DSI Desviación estándar zona intergotero  
1 Muestra superficial (0-2 cm) 2 Muestra debajo sistema radicular (20-25 cm)

**Tabla II.3.49**  
**pH en extractos 1:1**  
**Muestreo B**

	G	I1	I2	MI	DSI
<b>1</b>	7,6	7,4	7,7	7,6	0,2
<b>2</b>	6,8	7,9	7,6	7,8	0,2

G Muestra zona gotero I Muestra zona intergotero MI Media zona intergotero DSI Desviación estándar zona intergotero  
 1 Muestra superficial (0-2 cm) 2 Muestra debajo sistema radicular (20-25 cm)

### **III.5.4. FINCAS DE PLATANERA “GRAN ENANA” CON MULCHING DE JABLE EN TENERIFE**

Al igual que en las fincas anteriores, se realizaron dos muestreos, con un intervalo de dos meses entre ellos, con el fin de evaluar la distribución de la salinidad y el pH, en relación con los goteros y las raíces de las plantas. Se muestreó el suelo bajo los goteros (G) y en las zonas intergoteros (I) (Figura II.3.24, línea verde discontinua, puntos de muestreo G, I, I, G) a dos profundidades, en superficie (0-10 cm) y por debajo del sistema radicular de la platanera (30 cm). En cada caso se realizaron extractos 1:1 y se midió la CE y el pH.

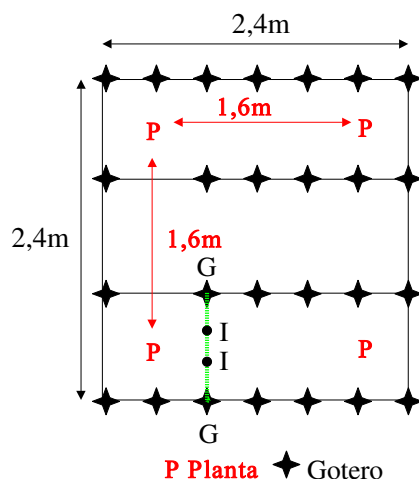
En la Tabla II.3.50 observamos como en uno de los goteros se ha obtenido una CE de 10 dS/m igual a la encontrada en la zona intergotero, lo cual puede deberse, como ya comentamos anteriormente a una obturación del gotero, caso frecuente cuando se utilizan aguas bicarbonatadas, como en esta finca.

En las dos Tablas (II.3.50 y II.3.51) se puede observar una mayor concentración de las sales, en la zona superficial (0-10 cm) y una distribución de las mismas de tal forma que se acumulan en mayor cantidad en la zona intergoteros, en las dos profundidades muestreadas. No se observa una tendencia definida de evolución con el tiempo.

En las Tablas II.3.52 y II.3.53 se presentan los valores de los pH de los extractos 1:1 y se observan unos valores similares en las dos profundidades muestreadas y en los dos muestreos realizados, no observándose tampoco diferencias significativas en las zonas de goteros e intergoteros.

**Figura II.3.24**

**Esquema de la finca de platanera “gran enana” con mulching de jable en Tenerife**



I (muestra zona intergotero)

**Tabla II.3.50**

**CE (dS/m) en extractos 1:1**

**Muestreo A**

	G	I	I	G	MG	MI	DSG	DSI
<b>1</b>	10	10	10	1	5,5	10	6,4	0,0
<b>2</b>	2	2	7	1	2	5	0,7	3,5

**G** Muestra zona gotero **I** Muestra zona intergotero **MG** Media zona gotero **MI** Media zona intergotero **DSG** Desviación estándar zona gotero **DSI** Desviación estándar zona intergotero **1** Muestra superficial (0-10 cm) **2** Muestra debajo sistema radicular (30 cm)

**Tabla II.3.51**

**CE (dS/m) en extractos 1:1**

**Muestreo B**

	G	I	I	G	MG	MI	DSG	DSI
<b>1</b>	1	17	4	3	2	10,5	1,4	9,2
<b>2</b>	2	4	2	2	2	3	0,0	1,4

**G** Muestra zona gotero **I** Muestra zona intergotero **MG** Media zona gotero **MI** Media zona intergotero **DSG** Desviación estándar zona gotero **DSI** Desviación estándar zona intergotero **1** Muestra superficial (0-10 cm) **2** Muestra debajo sistema radicular (30cm)

**Tabla II.3.52**  
**pH en extractos 1:1**  
**Muestreo A**

	G	I	I	G	MG	MI	DSG	DSI
<b>1</b>	7,6	7,3	7,8	7,7	7,7	7,6	0,1	0,4
<b>2</b>	7,9	8,0	7,7	8,0	8,0	7,9	0,1	0,2

G Muestra zona gotero I Muestra zona intergotero MG Media zona gotero MI Media zona intergotero DSG Desviación estándar zona gotero DSI Desviación estándar zona intergotero 1 Muestra superficial (0-10cm) 2 Muestra debajo sistema radicular(30cm)

**Tabla II.3.53**  
**pH en extractos 1:1**  
**Muestreo B**

	G	I	I	G	MG	MI	DSG	DSI
<b>1</b>	7,7	7,4	8,0	8,2	8,0	7,7	0,4	0,4
<b>2</b>	8,1	7,8	7,8	8,5	8,3	7,8	0,3	0,0

G Muestra zona gotero I Muestra zona intergotero MG Media zona gotero MI Media zona intergotero DSG Desviación estándar zona gotero DSI Desviación estándar zona intergotero 1 Muestra superficial (0-10cm) 2 Muestra debajo sistema radicular(30cm)

### III.5.5. CONCLUSIONES

Como cabría esperar la salinidad, en todos los cultivos, con este sistema de riego por goteo, se distribuye presentando una mayor acumulación salina en la zona intergoteros, que bajo los goteros, debido a la *expulsión* de las sales hacia afuera del bulbo hídrico que se forma bajo los goteros.

En profundidad, en las zonas de desarrollo radicular y bajo éstas, la salinidad disminuye considerablemente y además no se observan diferencias significativas entre las zonas bajo goteros y entre goteros.

En aquellas fincas donde se realizaron dos muestreos espaciados temporalmente, se aprecia una ligera tendencia a un incremento de la salinidad con el tiempo, sobre todo en profundidad, aunque la falta de un mayor número de datos no permite afirmar nada concluyente.

Para el caso del pH, éstos son generalmente más bajos en la zona superficial y de enraizamiento, para el caso de los cultivos de tomate, lo que se atribuye a la propia actividad carbónica rizosférica. Para el caso de las plataneras, no se observan diferencias significativas de pH ni espacial ni temporalmente entre las diferentes zonas muestreadas.

### **III.5.6. MODELIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE SALES EN SUELOS DE REGADÍO**

#### **III.5.6.1. Introducción: el modelo UNSATCHEM-2D**

Un modelo realista de la química de la zona radicular tiene que tener en cuenta los procesos que tienen lugar en las fases sólida, líquida y gaseosa. Los factores más importantes que influyen en este sistema químico y dinámico son el flujo del agua, el transporte de calor y los cambios en la concentración de CO<sub>2</sub> (Simunek y Suárez, 1994a).

El agua puede disolver compuestos y alterar la composición y la concentración de CO<sub>2</sub>, la temperatura del suelo afecta termodinámicamente las constantes de equilibrio y la producción de CO<sub>2</sub>, a su vez la concentración de CO<sub>2</sub> ejerce un control sobre los procesos biológicos y químicos en el suelo y tiene un efecto directo sobre la química de la solución del suelo; estas variaciones en la concentración de CO<sub>2</sub> pueden producir cambios en el pH del suelo, alterando así la solubilidad de algunas fases sólidas como carbonatos y oxihidróxidos.

En las décadas de los 70 y 80 se desarrollaron algunos modelos hidrológicos de flujo de agua, transporte de solutos y equilibrio químico en disoluciones acuosas; pero de forma independiente y aislada (Gureghian, 1981; Yeh y Huff, 1985; Wagenet y Hutson, 1987; Liu y Narasimhan; 1989). En esta década se han comenzado a integrar los modelos hidrológicos para el flujo de agua con los de transporte de solutos y de equilibrio químico, desarrollándose modelos de transporte hidrogeoquímicos de multicomponentes químicos (Yen y Tripathi, 1989; Mangold y Chin-Fu Tsang, 1991). La mayoría de estos modelos son unidimensionales y se han estudiado en medios saturados, donde los cambios de la velocidad del agua, temperatura y pH son relativamente graduales y menos importantes que en medios no saturados o variablemente saturados (Valocchi et al., 1981; Jennings et al., 1982; Walsh et al., 1984; Cederberg et al., 1985; Kirkner et al., 1985; Bryant et al., 1986; Förster y Gerke, 1988).

Sólo recientemente se han publicado algunos trabajos que incluyen el transporte de solutos y el flujo de agua en medios no saturados (Yen y Tripathi, 1991; Simunek et al., 1992; Simunek y Suárez, 1993b; Simunek y van Genuchten, 1993; Simunek y Suárez, 1994a y b).

Los primeros modelos consideraban solamente reacciones en equilibrio, mientras que datos publicados en sistemas naturales indican que las reacciones cinéticas frecuentemente controlan la composición de la disolución; por ejemplo, un estudio de la composición iónica de la zona radicular en suelos calcáreos de zonas áridas muestra que no se debe asumir el equilibrio de la calcita para

predecir la composición del agua del suelo (Suárez, 1977; Suárez y Rhoades, 1982); valores obtenidos por Suárez (1985) teniendo en cuenta la cinética de la reacción se corresponden más con la realidad.

Modelizando la distribución espacial y el flujo de CO<sub>2</sub> se ha encontrado una correlación con parámetros específicos como temperatura del aire, temperatura del suelo y contenido de agua en el suelo (Ouyang y Boersma, 1992; Simunek y Suárez, 1993a). Simunek y Suárez (1993a) desarrollaron el modelo SOILCO<sub>2</sub> con variables de flujo de agua en medio variablemente saturado, calor, transporte y producción biológica de CO<sub>2</sub>.

Estos mismos autores acoplaron el modelo SWMS-2D bidimensional de transporte de solutos y flujo de agua en medio variablemente saturado (Simunek et al., 1992), con una versión expandida del modelo de especiación CARBCHEM (Suárez, 1977) y con el modelo de producción y transporte de CO<sub>2</sub> (SOILCO<sub>2</sub> de Simunek y Suárez, 1993a). El resultado es un modelo de transporte de multicomponentes en medio poroso variablemente saturado, UNSATCHEM-2D (Simunek y Suárez, 1993b) que es aplicable en condiciones de pH > 6. Un nuevo modelo de transporte aplicable a cualquier pH ha sido desarrollado más recientemente por Suárez y Simunek (1994).

Los inputs necesarios para el modelo UNSATCHEM-2D son las concentraciones de los iones mayores (calcio, magnesio, sodio, potasio, sulfatos, cloruros y nitratos), alcalinidad (carbonatos y bicarbonatos), concentraciones en las fases adsorbida y sólida, contenido de agua (capacidad de campo y punto de marchitamiento), densidad aparente y presión parcial de CO<sub>2</sub>. La absorción de agua por las raíces depende del potencial de agua en el suelo y del potencial osmótico. Los valores de potencial osmótico los obtiene el modelo usando los coeficientes osmóticos y la ecuación modificada de van't Hoff, y la absorción de solutos por las raíces de las plantas se considera despreciable.

Las concentraciones volumétricas de CO<sub>2</sub> en la fase líquida y en la fase gaseosa las calcula el modelo aplicando un programa de especiación (carbonatos, bicarbonatos y otras especies complejadas) y la ley de Henry (Simunek y Suárez, 1993b). Se consideran dos procesos de producción de CO<sub>2</sub>, uno por los microorganismos del suelo y otro por la respiración de las raíces de las plantas. Se aplican también al modelo, coeficientes de reducción que dependen de la profundidad, temperatura, contenido de agua en el suelo, concentración de CO<sub>2</sub>, potencial osmótico y tiempo.



El sistema químico incluye cinco grupos de especies químicas (especies en disolución, especies complejadas, especies precipitadas, especies adsorbidas y especies que constituyen el sistema CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O).

La precipitación y disolución de la calcita se ve reducida por la presencia de inhibidores (arcilla, materia orgánica, etc.); Simunek y Suárez (1993b) desarrollaron también una función para tener en cuenta esta disminución debido a interacciones con carbono orgánico disuelto, según datos experimentales de Inskeep y Bloom (1986); por tanto es un modelo que tiene en cuenta además la cinética de la precipitación de la calcita.

El cálculo de los coeficientes de actividad iónica lo realiza utilizando la ecuación extendida de Debye-Hückel (Truesdell y Jones, 1974) o las expresiones Pitzer (Pitzer, 1979).

### III.5.6.2. Simulación con la finca de tomates de Fuerteventura (TF)

En la finca de tomates de Fuerteventura se ha hecho una simulación utilizando el modelo UNSATCHEM-2D de Simunek y Suárez (1993b). Aunque esta finca es un invernadero de malla, se asumió que se encontraba al aire libre por carecer de datos climáticos del invernadero de malla. Los datos climáticos se presentan en la Tabla II.3.54.

**Tabla II.3.54**  
**Datos climáticos de la finca de tomates de Fuerteventura**

Mes	S	O	N	D	E	F	M	A	M
<b>Eo</b>	210,8	176,7	99,2	96,1	93,0	127,1	148,8	186,0	176,7
<b>ETP</b>	49,6	65,1	49,6	58,9	62,0	83,7	99,2	124,0	117,8
<b>Cc</b>	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
<b>Co</b>	0,35	0,55	0,75	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<b>P</b>	1,4	4,5	12,7	18,9	10,4	11,4	6,3	2,4	0,4
<b>Tmáx</b>	25,9	24,5	21,5	19,1	18,7	19,4	20,4	20,6	22,7
<b>Tmín</b>	18,1	17,2	14,9	13,3	12,4	12,4	12,9	13,2	14,9

**Eo** Evaporación tanque clase A (mm) Granja Experimental de Pozo Negro del Cabildo Insular de Fuerteventura  
**ETP** Evapotranspiración del cultivo de tomate (mm) adaptado al estado vegetativo del cultivo (Hernández y Pérez, 1990a y 1990b) **Cc** Coeficiente del cultivo (ETP/Eo) **Co** Coeficiente de ocupación del cultivo (Hernández y Pérez, 1990a y 1990b)  
**P** Pluviometría media mensual (mm) de las estaciones Gran Tarajal y Faro Entellada  
**Tmáx y Tmín** Temperaturas máximas y mínimas medias mensuales de la estación Los Estancos

Con los datos iniciales de salinidad (TFG y TFI, Parte II, Apto. III.1, Tabla II.3.4), contenidos volumétricos de agua a capacidad de campo y punto de marchitamiento, densidad aparente, conductividad hidráulica saturada (Tabla II.3.55) así como con el contenido en sales del agua de riego (Parte II, Apto. III.4.2, Tablas II.3.24 y II.3.25) y una dosis de riego de 4L/planta/día, se hizo una simulación en el tiempo hasta 270 días (9 meses de cultivo). El cultivo se implantó a comienzos del mes de Septiembre (Tabla II.3.54).

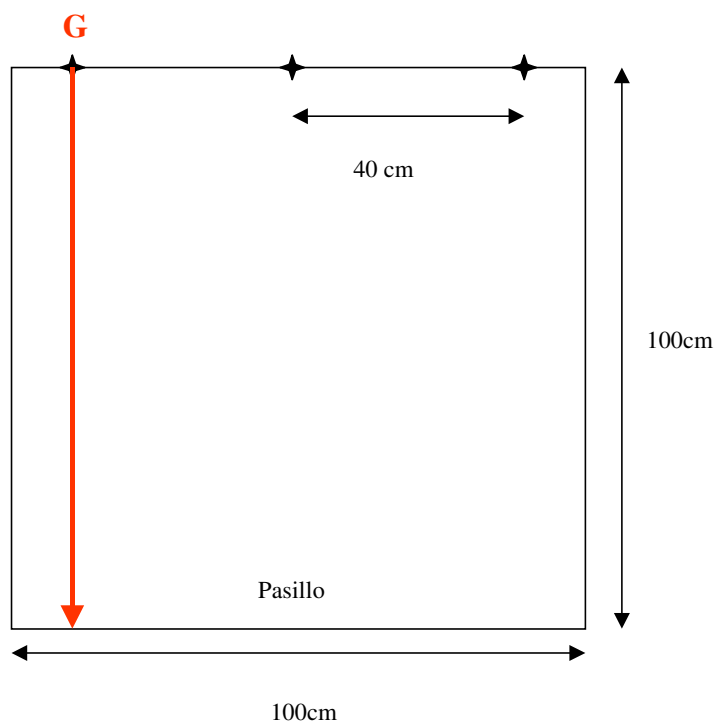
La simulación se hizo desde una zona de gotero (**G**), tomando una distancia de 100 cm hasta el pasillo y hasta una profundidad de 1 metro (Figura II.3.25) y considerando que se riega todos los días hasta la capacidad de campo. Otros datos de la finca se presentan en la correspondiente ficha de campo (Anexo XVII).

**Tabla II.3.55**  
**Datos físicos**

	2c (g/cm <sup>3</sup> )	2m (g/cm <sup>3</sup> )	DA (g/cm <sup>3</sup> )	CHS (mm/h)
<b>TFG</b>	0,27	0,14	1,46	62,43
<b>TFI</b>	0,25	0,13	1,47	40,20

2c Contenido volumétrico de agua capacidad de campo 2m Contenido volumétrico de agua punto de marchitamiento DA Densidad aparente CHS Conductividad hidráulica saturada

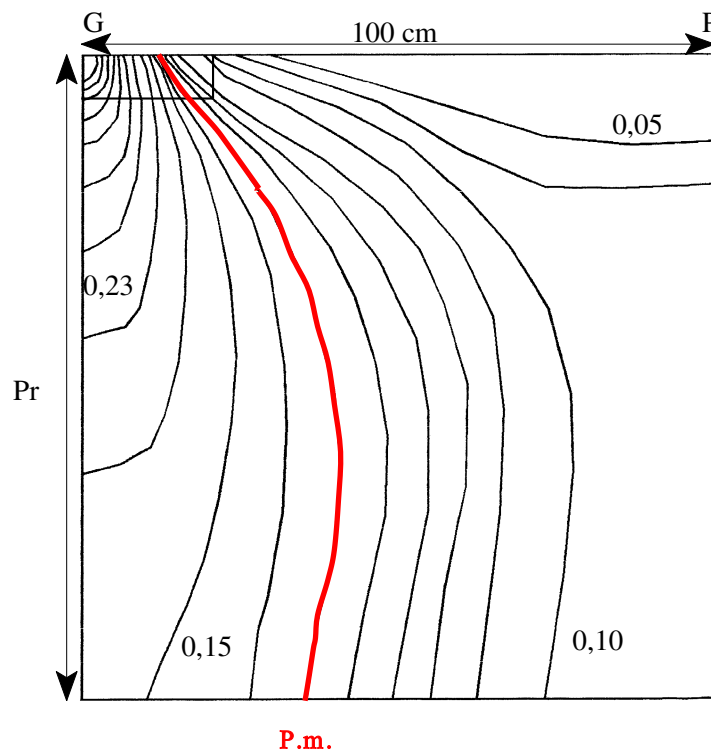
**Figura II.3.25**  
**Esquema de la finca de tomates en Fuerteventura**  
**Zona de simulación**



◆ Gotero y planta

En las Figuras II.3.26 a II.3.31 se puede observar la distribución del agua en el suelo expresada como contenido volumétrico (2) después de 25, 60, 100, 200 y 270 días de simulación. La zona recuadrada se corresponde con la zona ocupada por el sistema radicular de la planta (7 x 20 cm). Podemos observar en las Figuras II.3.26, II.3.27, II.3.29 y II.3.30 como en la zona del gotero aparecen unos contenidos de humedad superiores al punto de marchitamiento hasta los 100 cm de profundidad simulados, mientras que en la Figura II.3.31 (270 días) se observa humedad suficiente sólo hasta unos 75 cm de profundidad, a partir de los cuales ya se alcanzan valores por debajo del punto de marchitamiento. Si nos alejamos del gotero hacia el pasillo el contenido de humedad va disminuyendo rápidamente y a una distancia de unos 19 cm del gotero (100 días de cultivo, Figura II.3.29) o de unos 7 cm (270 días de cultivo, Figura II.3.31) ya se alcanzan valores de humedad por debajo del punto de marchitamiento.

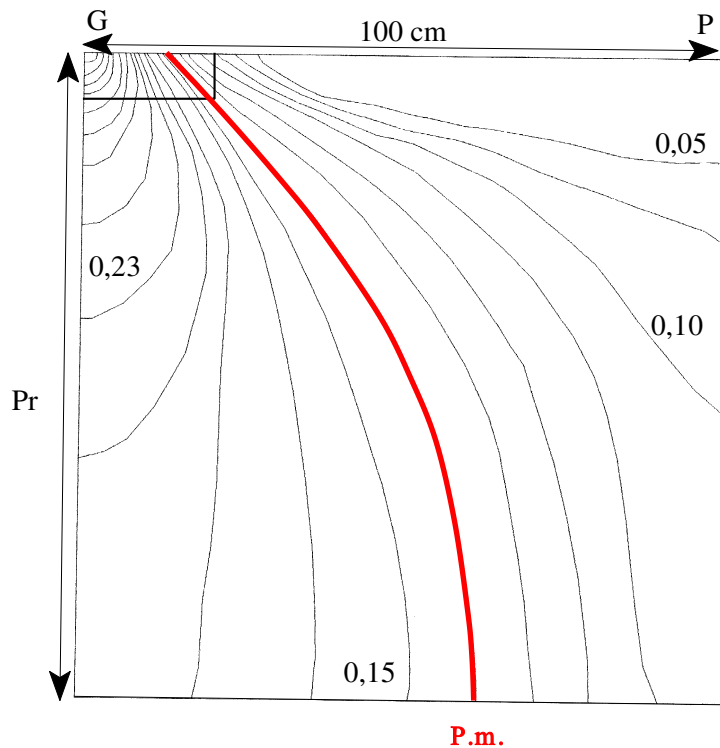
**Figura II.3.26**  
**Distribución del agua en el suelo ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )**  
**después de 25 días de cultivo (septiembre)**



**G** Gotero **P** Pasillo **Pr** Profundidad (hasta 100 cm)

**P.m.** Línea del contenido volumétrico de agua en el punto de marchitamiento

**Figura II.3.27**  
**Distribución del agua en el suelo ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )**  
**después de 60 días de cultivo (Octubre)**



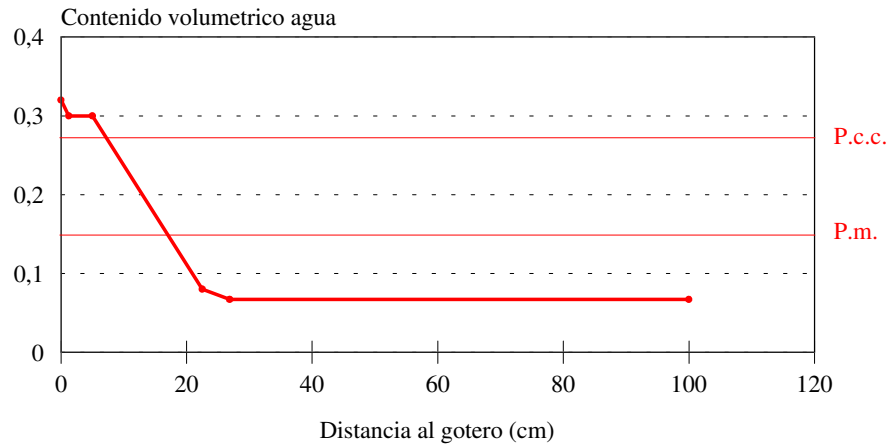
**G** Gotero **P** Pasillo **Pr** Profundidad (hasta 100 cm)  
**P.m.** Línea del contenido volumétrico de agua en el punto de marchitamiento

En la Figura II.3.28 se representa la situación de humedad del suelo a 10 cm de profundidad después de 60 días de cultivo.

En la Figura II.3.32 se pueden observar las isolíneas de conductividad eléctrica después de 100 días de cultivo y vemos como se produce una acumulación de sales fundamentalmente en superficie y a una distancia de 35 cm del gotero.

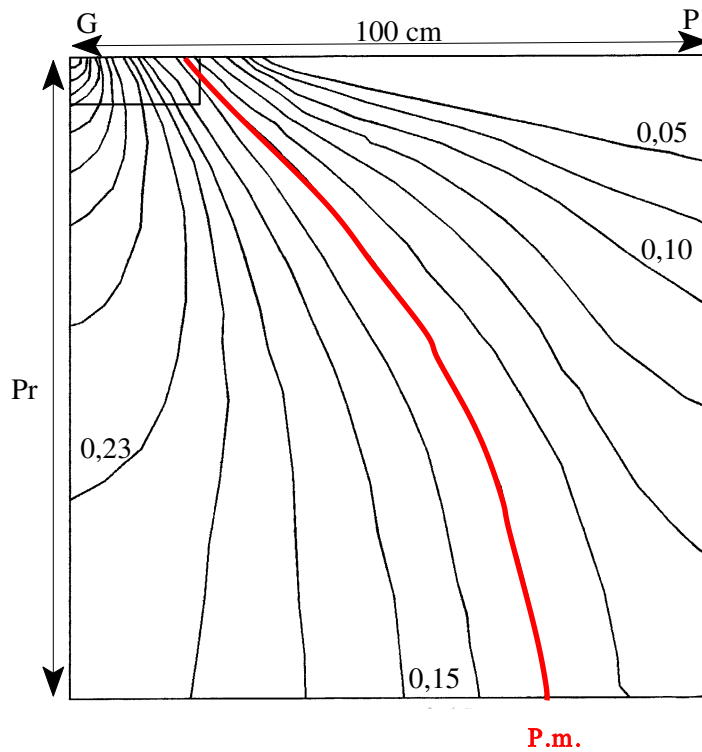
La simulación indica pues, que se produce una fuerte acumulación salina en los primeros 10 cm de profundidad a unos 35 cm de distancia del gotero, llegando a alcanzar la solución edáfica más de 300 dS/m en los primeros 2 cm superficiales (Figura II.3.33).

**Figura II.3.28**  
**Representación del contenido volumétrico de agua ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) en el suelo a 10 cm de profundidad después de 60 días de cultivo (Octubre)**



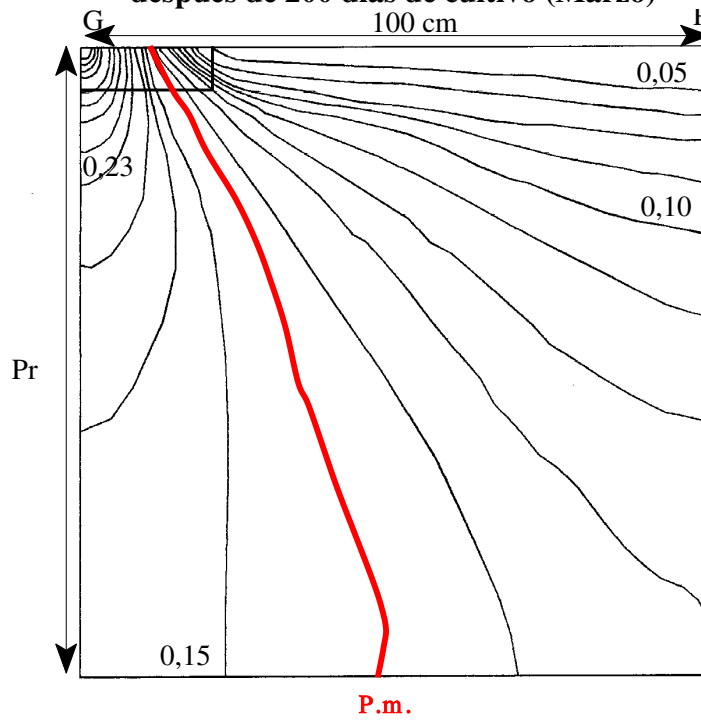
**P.c.c.** Contenido volumétrico de agua a capacidad de campo  
**P.m.** Contenido volumétrico de agua en el punto de marchitamiento

**Figura II.3.29**  
**Distribución del agua en el suelo ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) después de 100 días de cultivo (Diciembre)**



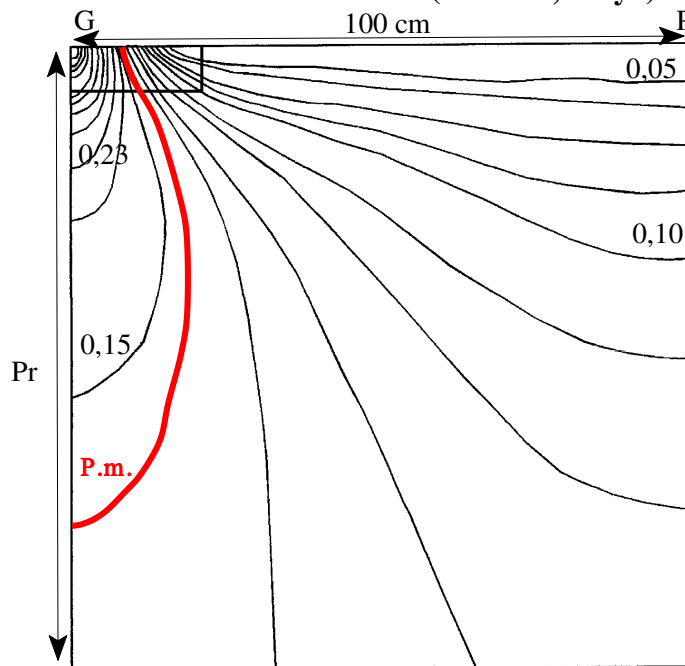
**G** Gotero **P** Pasillo **Pr** Profundidad (hasta 100 cm)  
**P.m.** Línea del contenido volumétrico de agua en el punto de marchitamiento

**Figura II.3.30**  
**Distribución del agua en el suelo ( $g/cm^3$ )**  
**después de 200 días de cultivo (Marzo)**



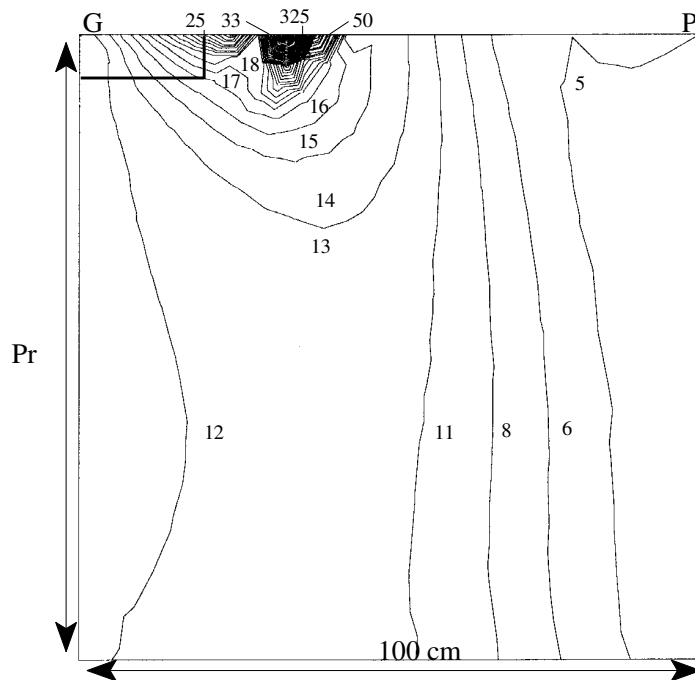
**G** Gotero **P** Pasillo **Pr** Profundidad (hasta 100 cm)  
**P.m.** Línea del contenido volumétrico de agua en el punto de marchitamiento

**Figura II.3.31**  
**Distribución del agua en el suelo ( $g/cm^3$ )**  
**al finalizar el cultivo (270 días, Mayo)**

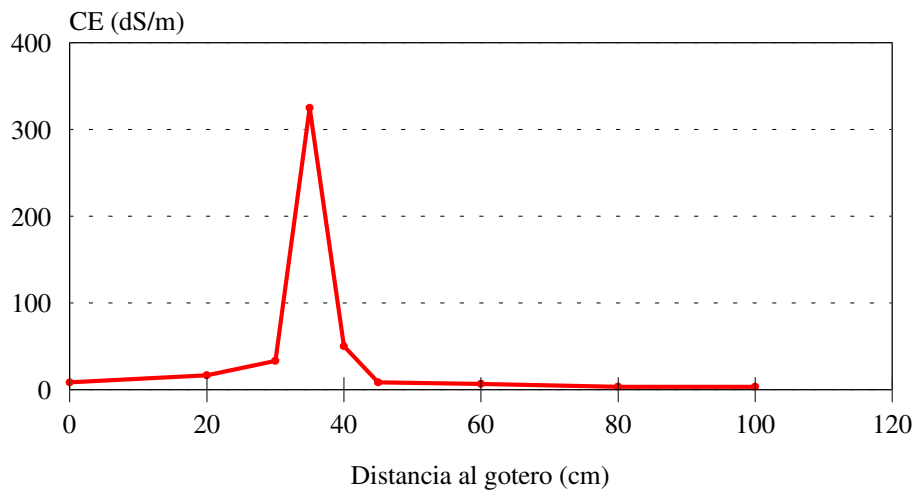


**G** Gotero **P** Pasillo **Pr** Profundidad (hasta 100 cm)  
**P.m.** Línea del contenido volumétrico de agua en el punto de marchitamiento

**Figura II.3.32**  
**Distribución de las sales (CE en dS/m) en el suelo**  
**después de 100 días cultivo (Diciembre)**

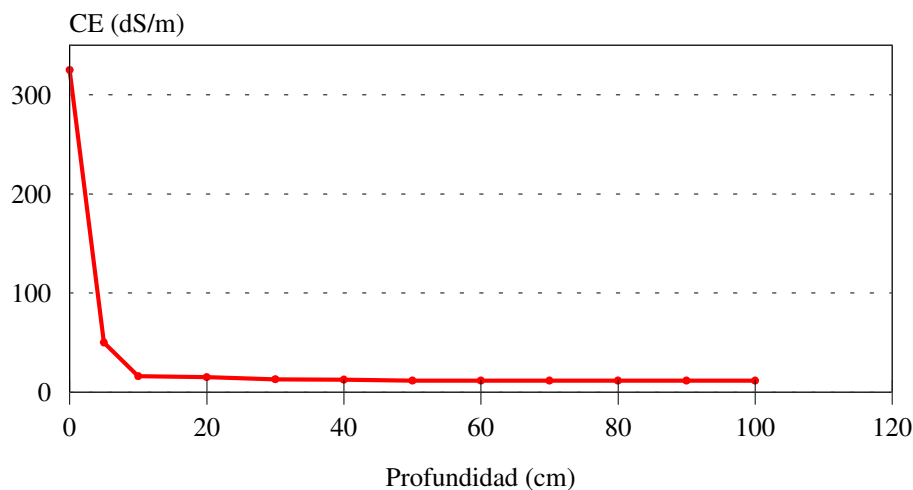


**Figura II.3.33**  
**Representación de la variación de la Conductividad eléctrica (dS/m)**  
**en la solución del suelo a 0-2 cm de profundidad**  
**después de 100 días de cultivo (Diciembre)**



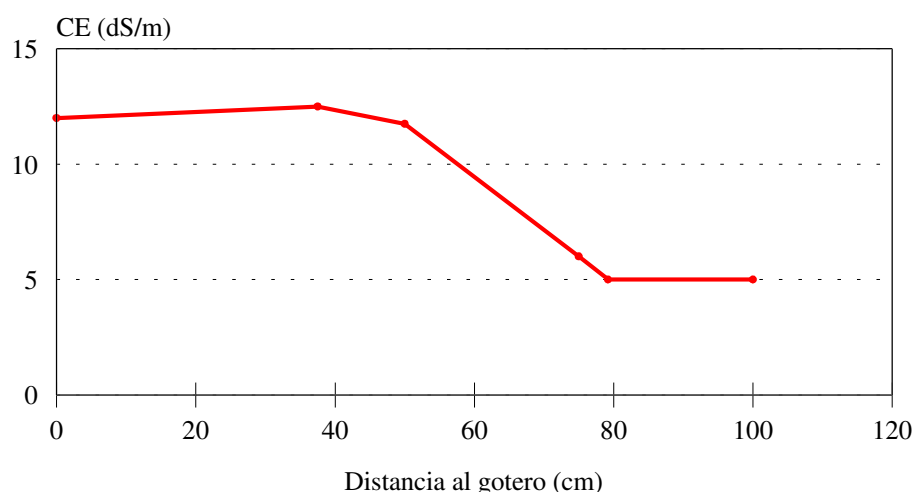
En la zona de máxima acumulación salina, los valores de conductividad eléctrica se encuentran en los primeros centímetros de la superficie del suelo, descendiendo rápidamente con la profundidad (Figura II.3.34).

**Figura II.3.34**  
**Conductividad eléctrica (dS/m) vs. Profundidad (cm)**  
**a 35 cm de distancia del gotero después de 100 días de cultivo (Diciembre)**



A un metro de profundidad, la salinidad (del orden de 13 dS/m) se mantiene constante hasta los 50 cm de distancia del gotero, a partir de donde desciende espectacularmente (hasta 5 dS/m) (Figura II.3.35).

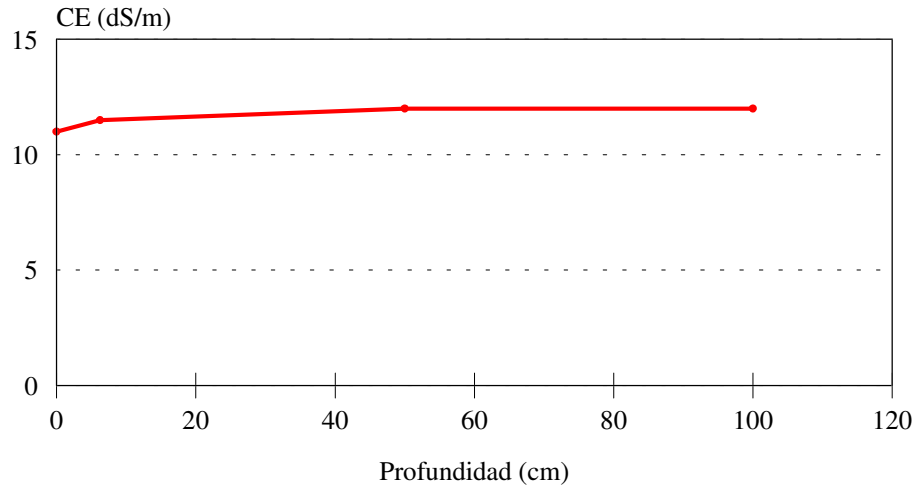
**Figura II.3.35**  
**Representación de la variación de la Conductividad eléctrica (dS/m)**  
**en la solución del suelo a 100 cm de profundidad después de 100 días de cultivo**  
**(Diciembre)**



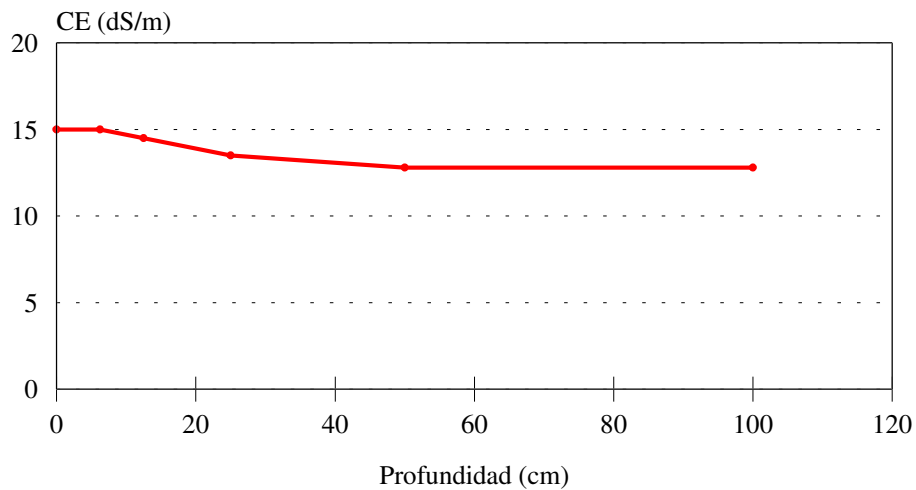
En toda la zona del gotero (Figura II.3.36) la conductividad se mantiene constante hasta 1 m de profundidad, igual que a los 50 cm de distancia del gotero (Figura II.3.37).



**Figura II.3.36**  
**Conductividad eléctrica (dS/m) vs. Profundidad (cm)**  
**en la zona bajo el gotero después de 100 días de cultivo (Diciembre)**

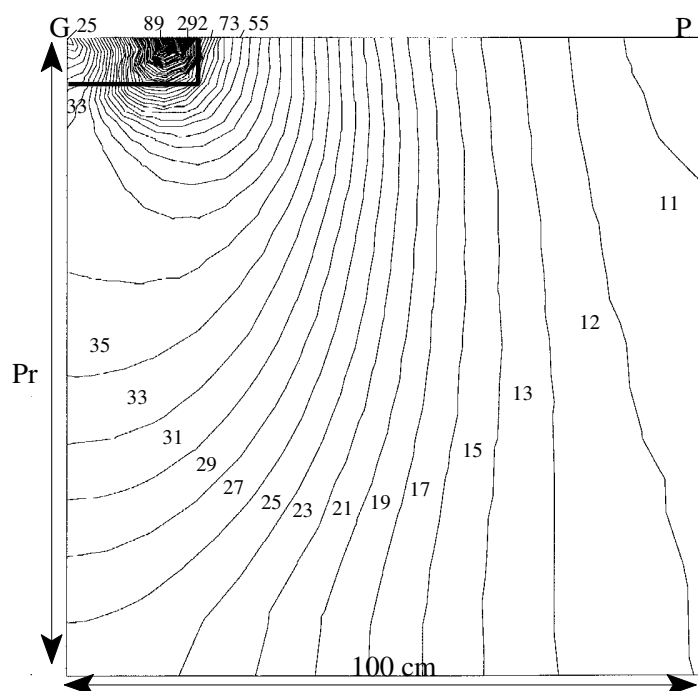


**Figura II.3.37**  
**Conductividad eléctrica (dS/m) vs. Profundidad (cm)**  
**a 50 cm de distancia del gotero después de 100 días de cultivo (Diciembre)**

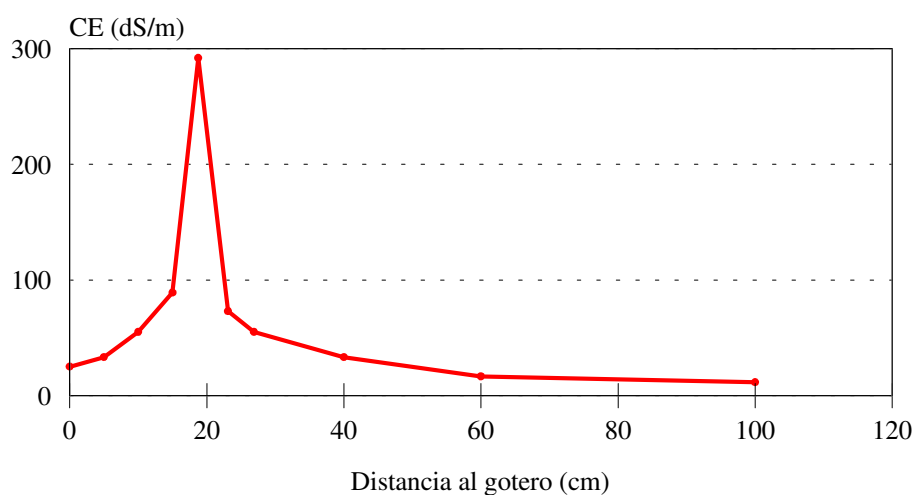


La distribución de isolíneas de conductividad eléctrica al finalizar el cultivo (270 días), muestra una distribución más homogénea de la salinidad que la obtenida para los 100 días de cultivo y además ya la zona de máxima acumulación de sales ( 300 dS/m) aparece mucho más cerca del punto de goteo (18-20 cm) (Figuras II.3.38 y II.3.39).

**Figura II.3.38**  
**Distribución de las sales (CE en dS/m) en el suelo**  
**al finalizar el cultivo (270 días, Mayo)**

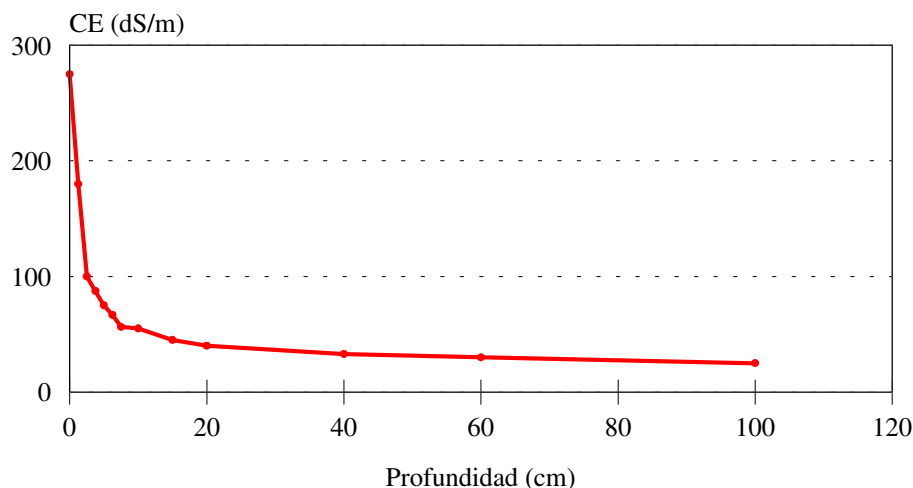


**Figura II.3.39**  
**Representación de la variación de la Conductividad eléctrica (dS/m)**  
**en la solución del suelo a 0-2 cm de profundidad**  
**al finalizar el cultivo (270 días, Mayo)**



En esta zona de acumulación de sales, los valores más altos de conductividad eléctrica se encuentran en la superficie, descendiendo rápidamente con la profundidad (Figura II.3.40).

**Figura II.3.40**  
**Conductividad eléctrica (dS/m) vs. Profundidad (cm)**  
**a 15 cm de distancia del gotero**  
**al finalizar el cultivo (270 días, Mayo)**



Como vimos en las Figuras II.3.26 y II.3.27, y desde la II.3.29 a la II.3.31, los contenidos volumétricos de agua en los distintos tiempos simulados y para valores de humedad mayores o iguales al punto de marchitamiento, delimitan un círculo en la superficie del suelo de unos 10 cm de radio y cuyo centro es el punto de goteo.

La superficie de este círculo o zona de humectación varía con la evaporación ( $E_o$ ), evapotranspiración (ETP), pluviometría (P) y coeficiente de ocupación del cultivo ( $C_o$ ), de tal forma que alcanza el valor máximo en el mes de Diciembre (100 días de simulación, 19 cm de radio) (Figura II.3.41), en el cual y como podemos ver en la Tabla II.3.54 los valores de evaporación son bajos y los de pluviometría altos.

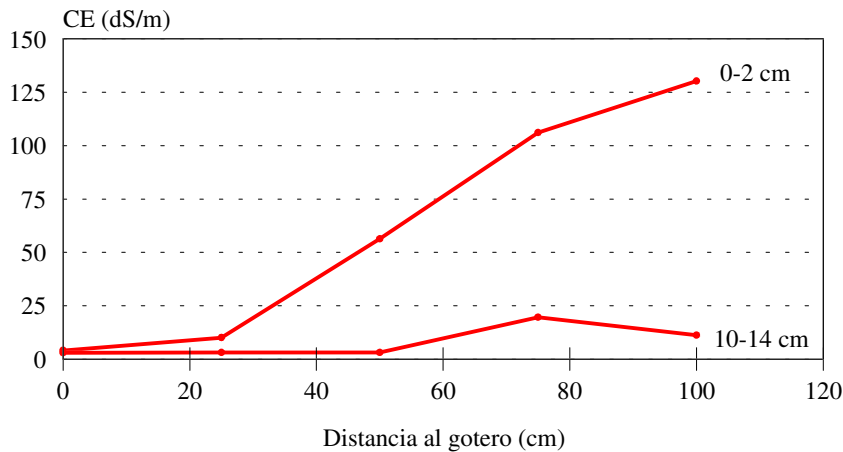
La menor superficie de humectación la encontramos al finalizar el cultivo (mes de Mayo, 7 cm de radio) en el que las tasas de evaporación y evapotranspiración del cultivo son altas y los valores de pluviometría son los más bajos (Figura II.3.42)

La acumulación de sales en la superficie del suelo tiene lugar, en la simulación de 100 días (Figura II.3.41), en una franja situada entre 30 y 40 cm de distancia al gotero y al final del cultivo (270 días) vemos como la zona de acumulación se ha desplazado hacia el gotero, en una franja situada entre 15 y 25 cm del punto de goteo (Figura II.3.42), debido, como hemos comentado anteriormente a las menores dimensiones del bulbo hídrico en estas condiciones.



Con objeto de comprobar la validez del modelo se realizó un muestreo casi finalizando el cultivo, tomando muestras por duplicado a dos profundidades, 0-2 cm y 10-14 cm en la zona del gotero y a 25, 50, 75 y 100 cm de distancia al gotero en dirección al pasillo. En la Figura II.3.43 se presenta la variación de la CE a estas dos profundidades, podemos ver como la conductividad eléctrica en la superficie del suelo (0-2 cm) aumenta con la distancia al gotero, sobre todo a partir de los 25 cm de distancia y la zona de mayor acumulación de sales se sitúa entre los 75-100 cm de distancia al punto de goteo.

**Figura II.3.43**  
**Variación real de la Conductividad Eléctrica (dS/m) en la solución del suelo a 0-2 y 10-14 cm de profundidad, al finalizar el cultivo**



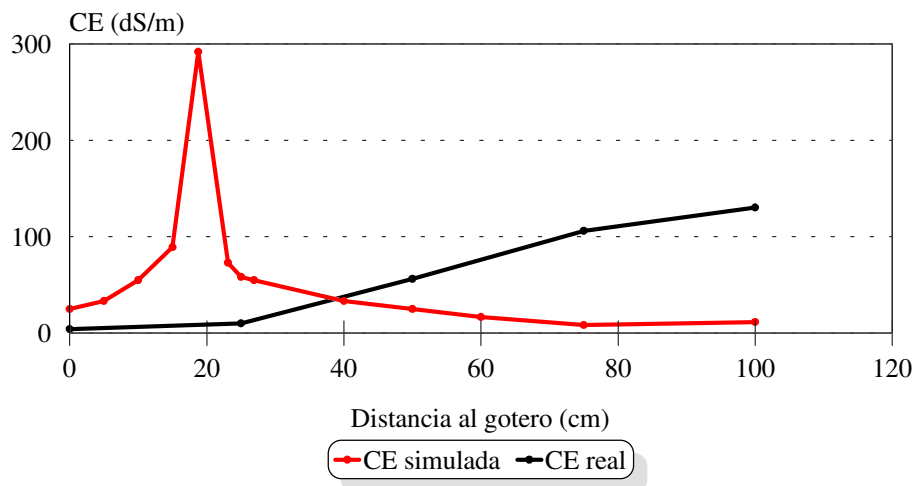
Los valores de salinidad a 10-14 cm de profundidad comienzan a ascender a partir de los 50 cm de distancia al punto de goteo, alcanzando el máximo valor de conductividad eléctrica (unas seis veces inferior al valor superficial) entorno a los 75 cm de distancia.

Si comparamos la distribución de la CE simulada y la obtenida en este muestreo (Figuras II.3.44 y II.3.45) podemos observar:

- La zona de acumulación de sales simulada a 270 días (finalizando el cultivo) se sitúa entorno a los 20 cm de distancia del gotero en la simulación superficial (0-2 cm) o en la franja 10-20 cm en la simulación a 10-14 cm de profundidad, mientras que en la finca esta zona se encontró a partir de 75-100 cm de distancia al punto de goteo.
- Los valores de CE máximos simulados son el doble de los encontrados en la realidad en la superficie del suelo (0-2 cm) y unas cuatro veces a 10-14 cm de profundidad.

Cuando realizamos este último muestreo, el agricultor había añadido una capa de picón de unos 2-3 cm de espesor, aproximadamente unos 20 cm a cada lado de la hilera de goteros. El mulching aumenta los contenidos volumétricos de agua a capacidad de campo y punto de marchitamiento (Tejedor et al., 1999a,b), y como ya vimos en las Figuras II.3.41 y II.3.42 la zona de acumulación de sales se aleja más del bulbo hídrico cuanto mayor sea éste. El aumento de los contenidos de humedad, como consecuencia de la aplicación de mulching a esta finca, puede explicar el alejamiento que sufre la zona de acumulación de sales, ya que además a partir de los 25 cm es cuando empieza a observarse un aumento de la CE en la superficie del suelo.

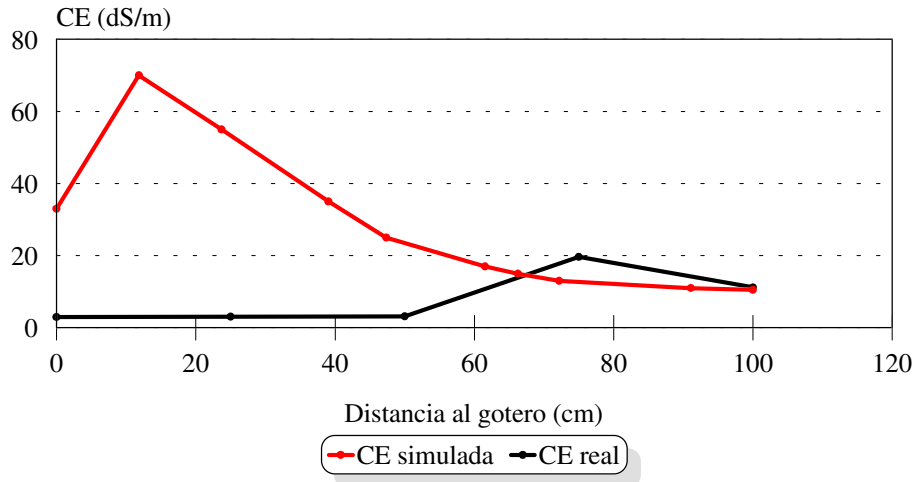
**Figura II.3.44**  
**Comparación entre la conductividad eléctrica simulada y real**  
**en la superficie del suelo (0-2 cm), al finalizar el cultivo**



Este efecto se amplifica con la profundidad, ya que el mulching también mejora la infiltración (entrada de agua al sistema) y por tanto el lavado de las sales de la zona radicular. Como podemos ver en la Figura II.3.45 la conductividad eléctrica real es cuatro veces inferior a la simulada y ésta, comienza a aumentar a partir de los 50 cm de distancia al gotero.

Además, hay que señalar que este último muestreo fue realizado después de una lluvia fuerte, la que podría explicar el lavado de sales y por tanto los valores de CE más bajos que los previstos por la simulación.

**Figura II.3.45**  
**Comparación entre la conductividad eléctrica simulada y real**  
**a 10-14 cm de profundidad, al finalizar el cultivo**



En cualquier caso se demostró que en la zona de desarrollo radicular de las plantas, las condiciones de salinidad se mantienen siempre por debajo de los niveles críticos para el crecimiento del cultivo, debido al sistema de riego utilizado que favorece la formación de un bulbo hídrico donde se produce un desplazamiento de las sales hacia las zonas superficiales de los espacios entre goteros. Sin embargo las sales continúan existiendo y acumulándose en los primeros 50 cm del suelo, lo que conlleva a una *salinización oculta*, proceso en el que la utilización de modelos como el UNSATCHEN-2D u otros similares podrían ser de gran utilidad para predecir las zonas de acumulación de sales y diseñar las prácticas de manejo más adecuadas para el suelo.

Nuestro objetivo en este caso, ha sido sólo realizar una aproximación a estos modelos complejos, siendo conscientes de que en el futuro sería necesario realizar experiencias más amplias y controladas, para validar su funcionamiento en nuestras condiciones.

## **III.6. EL ESTADO FÍSICO DE LOS SUELOS. APROXIMACIÓN EXPERIMENTAL**

En este capítulo, tratamos de hacer una aproximación experimental al estado físico de los suelos salinizados por el riego, basándonos en la estabilidad de los agregados a la humectación con soluciones de salinidad y SAR conocidas y en las características de dispersión de las arcillas en condiciones controladas de salinidad y sodicidad, pero antes realizaremos una breve introducción sobre la influencia del regadío y los procesos de salinización-sodificación en el estado físico de los suelos.

### **III.6.1. INTRODUCCIÓN**

La estructura de un suelo es una característica dinámica que puede cambiar por la acción de distintos factores, el más importante de ellos es el agua (Bybordi, 1989; Rahimi et al., 2000). Por ello, es de gran interés estudiar la estabilidad estructural de la capa más superficial del suelo ya que es más susceptible de sufrir modificaciones en su estructura por el manejo del mismo.

El riego y/o lavado de los suelos afectados por sales conduce con frecuencia a la pérdida de su estabilidad estructural, especialmente si se efectúa con agua de baja concentración salina y en suelos de carácter sódico (Amezqueta, 1992).

La pérdida de la estabilidad estructural del suelo limita la infiltración y la conductividad hidráulica de los mismos, produciendo efectos agronómicos negativos tales como insuficiencia del lavado de sales, encharcamiento, anoxia para los cultivos, encostramiento, colmatación de drenes, erosión hídrica, etc..

Las partículas del suelo se asocian fundamentalmente como resultado de las interacciones físico-químicas entre las superficies de las arcillas así como entre éstas y los grupos funcionales de la materia orgánica parcialmente descompuesta (Strickland et al., 1988).

El término estabilidad de agregados puede definirse como la resistencia que los mismos tienen frente a un determinado proceso dispersivo (Strickland et al., 1988). Esta estabilidad es básica para el comportamiento adecuado del suelo, ya que la distribución del tamaño de poros depende de ella. Si se tiene en cuenta que, de acuerdo con la ley de Poiseuille, el flujo de agua a través de un poro depende de su radio elevado a la cuarta potencia, es fácil comprender que los macroporos (aquellos de radio superior a 15  $\mu\text{m}$ ) son los responsables principales de la conductividad hidráulica del suelo, siendo mucho menor el efecto de los microporos (aquellos de radio menor de 15  $\mu\text{m}$ ).



Dado que la estabilidad estructural de los suelos depende de las fuerzas relativas de atracción y repulsión entre partículas, es evidente que las variables del agua y suelo de las que dependen las mismas son las que en definitiva determinan el estado de agregación del suelo.

La estabilidad de los agregados de un determinado tamaño, se determina aplicando una fuerza de desintegración y midiendo la proporción de agregados que se han roto en otros agregados o en partículas primarias inferiores al tamaño seleccionado.

### **III.6.1.1. La doble capa difusa**

Las arcillas son silicatos laminares en cuyas estructuras tetraédricas u octaédricas se presentan sustituciones isomórficas de unos cationes por otros de menor valencia, adquiriendo, por lo tanto, una carga neta negativa. Estas cargas negativas son neutralizadas por una carga equivalente positiva proveniente de los cationes de cambio que se encuentran en la interfase sólido-solución.

Esta atracción electrostática entre cargas opuestas origina un incremento en la concentración de los cationes cerca de las superficies sólidas, estableciéndose por lo tanto un gradiente de concentración en la interfase sólido-solución que actúa como fuerza motriz para la difusión de los cationes desde la superficie sólida hacia la solución. Estos dos procesos opuestos crean una doble capa difusa (DCD).

Así como los cationes son atraídos hacia las superficies negativas de las arcillas por las fuerzas electrostáticas de Coulomb, los aniones son repelidos por estas mismas fuerzas, resultando una reducción de su concentración en la DCD. La adsorción negativa puede generalizarse por lo tanto, como el fenómeno por el que una superficie sólida cargada interacciona con un ión con carga del mismo signo en una suspensión acuosa de tal manera que el ión es repelido de la superficie por las fuerzas de Coulomb, originando una región en la solución acuosa próxima a la superficie en la que la densidad iónica se ve relativamente reducida y otra región alejada de la superficie en la que dicha densidad iónica se ve relativamente enriquecida.

Existen dos tipos de DCD en las suspensiones coloidales del suelo, la primera se presenta en las caras superficiales de las arcillas y se caracteriza por una carga negativa superficial constante y un potencial superficial variable, dependiente de la disolución electrolítica, y la segunda se presenta en los bordes superficiales o en las suspensiones de las arcillas con cargas dependientes del pH y se caracteriza por presentar un potencial superficial constante y una carga superficial variable, estas suspensiones de arcillas y compuestos amorfos ricos en hierro y aluminio con cargas dependientes del pH y de la fuerza iónica del medio, tienen un comportamiento peculiar ya que a bajas concentraciones salinas disminuyen su capacidad de intercambio catiónico y aniónico,

produciéndose una desorción de iones hacia la solución del suelo, aumentando por tanto la concentración salina de la misma, lo que hace que la entrada de agua a los espacios interlaminares de las arcillas disminuya y se produzca un menor hinchamiento osmótico y consecuentemente una menor dispersión de las arcillas. Si por el contrario aumentamos la fuerza iónica de la solución del suelo se produce un aumento de las capacidades de intercambio catiónico y aniónico y una retención de iones procedentes de la solución, que se traduce en una disminución de la concentración electrolítica y un aumento de la actividad del agua en la solución edáfica, por lo que ésto puede producir una mayor entrada de agua hacia los espacios interlaminares (que presentan una baja actividad del agua) con el consiguiente hinchamiento osmótico. Pero también, como veremos adelante, es bien conocida la marcada estabilidad que presentan los agregados de los suelos que tienen compuestos amorfos ricos en hierro y aluminio, impidiendo el hinchamiento osmótico (rotura de los agregados) y por tanto la dispersión de las arcillas.

El grosor de la DCD depende básicamente del balance resultante de dos fuerzas opuestas: las fuerzas de atracción entre las cargas arcilla-cationes, que tienden a comprimir la DCD y la tendencia de los cationes a difundir desde la zona de acumulación hacia la solución exterior, que tiende a extender la DCD. Dado que la atracción aumenta con la carga del catión y la difusión disminuye con la reducción del gradiente de concentración (ésto es, con el aumento de la concentración de la disolución exterior), se puede concluir que el grosor de la DCD depende de la concentración y de la valencia de los iones de la solución del suelo. La extensión de la DCD es un concepto de singular importancia para explicar los mecanismos y factores relacionados con la estabilidad estructural de los suelos afectados por sales.

### **III.6.1.2. Factores que afectan a la estabilidad estructural de los suelos**

#### **III.6.1.2.a. Electrolito**

La concentración del electrolito presente en la solución del suelo y la valencia de los cationes adsorbidos son los principales factores que determinan el grosor o extensión de la doble capa difusa.

La adición de sales a la disolución externa elimina parcialmente la tendencia a la difusión de los cationes de cambio, ya que disminuye el gradiente osmótico y por lo tanto comprime la doble capa difusa.

El otro factor determinante de la extensión de la doble capa es la valencia del catión, ya que conforme mayor es la misma más fuertemente atraído está por la partícula negativa. De esta forma, para una misma concentración y distancia interparticular, las fuerzas de repulsión entre dos

partículas cuyas dobles capas difusas presentan cationes divalentes, serán menores que entre dos partículas con dobles capas difusas ocupadas por cationes monovalentes, siendo menor asimismo la barrera de energía de repulsión que tienen que superar para caer en el mínimo de energía primaria necesario para flocular.

Se puede deducir pues, que para una concentración electrolítica determinada, las partículas suspendidas en un medio cuyos electrolitos son divalentes floculan más rápidamente que las partículas suspendidas en un medio con electrolitos monovalentes; o sea dos partículas en suspensión requieren menor concentración de electrolitos divalentes que monovalentes para flocular. De tal forma que, cuanto mayor es la valencia, mayor es su poder de floculación y por lo tanto menor es la concentración a la que las partículas floculan.

Una suspensión coloidal permanece suspendida en agua debido al movimiento browniano, movimiento aleatorio de las partículas que se elevan y no sedimentan debido al choque que sufren con las moléculas de agua en movimiento y a las fuerzas de repulsión entre las partículas de arcilla. Se denomina floculación a la aglomeración de las partículas individuales suspendidas en el agua para formar agregados visibles, los cuales sedimentan por efecto de la gravedad. Los cationes intercambiables de alta carga (aluminio, calcio y magnesio) así como una alta concentración electrolítica en la solución son parámetros que favorecen la floculación.

Se define valor crítico de coagulación o valor de floculación como la mínima concentración de electrolitos que causa la floculación de la arcilla dispersa, este valor de floculación depende de la carga de los cationes intercambiables (van Olphen, 1977; Sposito, 1989; McBried, 1994).

Un bajo valor de floculación es deseable porque los bajos niveles de sales en el suelo son entonces suficientes para prevenir la dispersión de las arcillas y la consecuente degradación estructural. A la concentración crítica de coagulación hay sales suficientes en solución para inducir una interacción atractiva partícula-partícula y entonces las partículas de arcilla se asocian en agregados formados por un número suficiente de partículas cuya gravedad reemplaza al movimiento browniano, los agregados entonces sedimentan.

Teóricamente podemos definir tres estados según las interacciones entre las partículas de arcilla, dependiendo de la concentración de electrolito (NaCl) (McBride, 1994):

Estado 1: A bajas concentraciones las láminas de arcilla individuales no interaccionan.

Estado 2: A concentraciones de electrolito intermedias, las láminas de arcilla empiezan a acercarse lo suficiente para formar tactoides (grupos de láminas de arcilla).

Estado 3: Finalmente a concentraciones muy altas de electrolitos los espacios entre las láminas disminuyen aún más y se construyen estructuras floculadas. Los modelos tradicionales de las interacciones de arcillas en suspensión acuosa o en el suelo están basados en la idea de que estas partículas pueden asociarse de tres formas, borde-cara, borde-borde o cara-cara, sin embargo hechos más actuales evidencian la existencia fundamentalmente de interacciones cara-cara, debido a la irregularidad de los bordes de las láminas de arcilla.

El hinchamiento osmótico de las arcillas es el proceso inicial que va a permitir la individualización de las arcillas (previamente agregadas) o dispersión. Este hinchamiento se puede prevenir con altas concentraciones salinas. El hinchamiento es pues una condición natural en la mayoría de los suelos, salvo en el caso de suelos ricos en aluminio, calcio y magnesio cambiante ya que debido a la formación de puentes electrostáticos entre láminas adyacentes, mantienen las mismas muy unidas, lo que hace disminuir la tendencia al hinchamiento osmótico (McBride, 1994).

El porcentaje de sodio intercambiable (PSI) siempre se ha utilizado como medida de la dispersabilidad de un suelo, de tal forma que cuanto mayor es el PSI de un suelo, mayor es el valor de floculación y por tanto es necesario una mayor concentración electrolítica para mantener las arcillas agregadas (estado floculado), pero como veremos más adelante el PSI no explica del todo la dispersabilidad de las arcillas, ya que ésta depende de otros parámetros como pH de la solución edáfica, tipo de arcilla, presencia de óxidos de hierro y aluminio, contenido en materia orgánica, etc..

Los órdenes de magnitud de los valores de floculación encontrados por Schulze-Hardy (citado en Amezqueta, 1992) son de 25 a 150 meq/L para iones monovalentes, 0,5 a 2,0 meq/L para iones divalentes y 0,01 a 0,1 meq/L para iones trivalentes.

La distribución de los iones Na y Ca en las superficies internas y externas de las arcillas es otro aspecto de especial relevancia. Inicialmente se consideró que dichos cationes se encontraban uniformemente adsorbidos en ambas superficies. Sin embargo, el Ca se adsorbe preferentemente en las superficies internas y el Na en las superficies externas de las arcillas (Shainberg et al., 1980; Shainberg y Letey, 1984).

Por otro lado, además de la valencia y de la distribución de los cationes, el tamaño de éstos es otro aspecto importante. Para cationes de la misma valencia, a medida que aumenta el tamaño del ión (radio iónico) menor es su densidad superficial de carga, y menor es por lo tanto su esfera de hidratación. Cuando dos superficies de arcilla que se aproximan presentan cationes de cambio con esferas de hidratación relativamente pequeñas, las fuerzas de repulsión entre ellas, son menores que si los cationes de cambio presentan esferas de hidratación relativamente grandes. Como

consecuencia, las partículas flocularán antes en el primer caso. Para un grupo de iones de la misma valencia, el valor de floculación aumenta conforme menor es el radio iónico o mayor el radio hidratado (van Olphen, 1977).

Dentro de los cationes divalentes y según la secuencia liotrópica, el Ca posee un poder de floculación mayor que el Mg, por lo que la concentración de sales cálcicas requerida para flocular una suspensión de partículas de arcilla será menor que la de sales magnésicas (Bresler et al., 1982).

El papel del magnesio se comenzó a cuestionar al observar que los suelos con importantes contenidos de magnesio de cambio presentan pobres propiedades físicas y bajas estabilidades estructurales. Estudios encaminados a comparar el efecto del calcio y del magnesio sobre la dispersibilidad de las arcillas y la conductividad hidráulica de los suelos evidenciaron que, en determinadas situaciones, el magnesio era más negativo, de tal manera que el efecto relativo del calcio y del magnesio sobre las propiedades estructurales de los suelos, no está perfectamente establecido.

Otro aspecto importante del electrolito es el efecto del anión acompañante, ya que según la teoría de Debye-Hückel la actividad del catión, y por lo tanto su poder de floculación, disminuye al aumentar la valencia del anión; aniones como sulfatos, carbonatos o bicarbonatos disminuyen la actividad del calcio y magnesio debido a la formación de pares iónicos neutros o de menor carga positiva que los cationes.

El pH es otra de las propiedades del electrolito a tener en cuenta en el estudio de la estabilidad estructural de los suelos. La importancia del efecto del pH se demuestra por la observación de que, en determinados suelos, las diferencias en la conductividad hidráulica relativa entre pH 6 y 9 son equivalentes a las que se obtienen entre SAR 20 y 40 y dependen de la cantidad de minerales de carga variable y de materia orgánica (Suárez et al., 1984; Benito-Rueda y Díaz-Fierros, 1989a y b).

Van Olphen (1977) observó que el pH puede llegar a revertir la carga de ciertos minerales (especialmente la de las superficies de borde de las arcillas y la de los óxidos de hierro y aluminio), afectando por lo tanto a los modos de asociación de las partículas y a su estabilidad estructural. Por ello, los suelos ricos en minerales de carga variable son en general más inestables a los cambios de pH de la solución del suelo (Suárez et al., 1984; Chiang et al., 1987). Así, Gupta et al. (1984), Arora y Coleman (1979), Shainberg y Letey (1984), Suárez et al. (1984), Chiang et al. (1987) y Keren et al. (1988) han observado que al aumentar el pH del suelo se incrementa la dispersión de las arcillas.

El efecto del pH depende también del tipo de arcilla, siendo de mayor a menor importancia: caoliníticos, micáceos, montmorilloníticos y vermiculíticos (Suárez et al., 1984; Bohn et al., 1985; Goldberg y Glaubig, 1987; Goldberg y Foster, 1990 y Hesterberg y Page, 1990b).

A pesar de todos los efectos mencionados, la conductividad eléctrica y el SAR del electrolito son las dos variables más importantes en relación con la estabilidad estructural de los suelos. Por ello, diversos investigadores han combinado ambas variables definiendo la concentración umbral o concentración a partir de la cual se produce una reducción significativa de la conductividad hidráulica del suelo para un determinado valor de SAR. Sin embargo, la combinación de la conductividad eléctrica y SAR críticos obtenidos por diferentes investigadores para distintos suelos es claramente distinta; por ello no se debe generalizar el comportamiento de los suelos ya que no depende exclusivamente de la conductividad eléctrica y el SAR, sino que existen otras variables significativas además del electrolito.

### **III.6.1.2.b. Mineralogía de arcillas**

Las distintas características de las arcillas conducen a un diferente comportamiento y susceptibilidad a los mecanismos que afectan a la estabilidad estructural. Dentro de los minerales de arcilla del tipo 2:1, las micas e ilitas no son expandibles, el grupo de las esmectitas es expandible y de alta actividad coloidal y en un punto intermedio están las vermiculitas, que son relativamente expandibles. El grupo 2:1:1, en el que resaltan las cloritas, tiene actividad coloidal media y no son expandibles; y las caolinitas, del grupo 1:1 tienen un área superficial mínima y su carga es altamente dependiente del pH.

McNeal y Coleman (1966) establecieron que bajo condiciones de alto SAR y baja concentración de electrolitos los suelos con alto contenido en caolinita y sexquioxidos o en minerales amorfos son relativamente estables, los suelos con alto contenido en montmorillonita son inestables y los suelos con predominio de minerales 2:1 (pero sin o con poca montmorillonita) tienen un comportamiento intermedio.

El-Swaify (1976), van Olphen (1977), Arora y Coleman (1979), Oster et al. (1980) y Shainberg y Letey (1984), han determinado que las micas (ilitas) son los minerales más sensibles a la dispersión (valores de floculación más altos). Esto se debe a que las fuerzas de atracción borde-cara son menores que en otros minerales de arcilla.

Rengasamy (1983), Goldberg y Foster (1990) y Miller et al. (1990), a diferencia de Arora y Coleman (1979), concluyeron que las arcillas del suelo dispersan más que las correspondientes arcillas puras, lo que indica que (1) otras variables presentes en el suelo influyen en el

comportamiento dispersivo y (2) la predicción de la estabilidad de las arcillas del suelo a partir de la estabilidad de las arcillas puras no es del todo válida.

### **III.6.1.2.c. Óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio**

Los trabajos realizados por McNeal y Coleman (1966), McNeal et al. (1968), El-Swaify y Emerson (1975), El-Swaify (1976), Du Plessis y Shainberg (1985), Chiang et al. (1987), Shainberg et al. (1987), Bartoli et al. (1988), Keren y Singer (1989, 1990, 1991) y Goldberg et al. (1990) permiten concluir que los suelos con altos contenidos en óxidos de hierro y aluminio presentan una marcada estabilidad frente al lavado con soluciones de alto SAR y baja concentración de electrolitos.

No obstante, Borggaard (1983), (según van den Broek, 1989) muestra que el efecto de dichos compuestos en la agregación es inapreciable. Esta aparente contradicción está ligada a la variabilidad en su cristalinidad. La naturaleza y el grado de cristalinización de estos precipitados, determinado por diferentes métodos de síntesis a distintos pHs, influye en el tipo de interacción con la arcilla y por lo tanto, en el grado de estabilidad de los agregados. Así, Raupach (1963, citado por Keren y Singer, 1991) encuentra que la precipitación de hidróxido de aluminio a pH superior a siete determina bohemita, mientras que a pH inferior a siete conduce a hidróxidos amorfos. Goldberg (1989) afirma que a pHs bajos, los óxidos de hierro y aluminio precipitan en la superficie de las arcillas y estos precipitados son estables incluso a pHs elevados. Sin embargo, la precipitación de dichos óxidos a pHs altos se produce de forma separada de la arcilla, disminuyendo su capacidad de agregación.

El-Swaify y Emerson (1975), El-Swaify (1976), Frenkel y Shainberg (1980), Goldberg y Glaubig (1987) y Keren y Singer (1989, 1990, 1991) establecen que los polímeros de aluminio son más efectivos que los de hierro aumentando la estabilidad estructural e impidiendo el hinchamiento y la dispersión.

Sin embargo, McNeal et al. (1968); Brewer y Blackmore (1976); Krishna y Rengasamy (1976); Giovannini y Sequi (1976) y Shainberg et al. (1987) encontraron que los polímeros de hierro eran mejores estabilizantes que los de aluminio, y concluyeron que el efecto estabilizante de estos polímeros de hierro está relacionado con la carga de los mismos y no con su contenido total en el suelo.

#### III.6.1.2.d. Materia orgánica

El papel de la materia orgánica no está suficientemente explicado, y existen todavía resultados contradictorios. Así, Gupta et al. (1984) han demostrado que la materia orgánica y el carbonato cálcico son antagonistas respecto a sus efectos, ya que mientras la materia orgánica es conocida como buena mantenedora de la estructura del suelo, reduciendo el efecto negativo de la sodificación, en suelos que poseen carbonato cálcico parece por el contrario favorecer la dispersión.

Asimismo, se ha recomendado que la adición de materia orgánica como mejorante de las propiedades físico-químicas en suelos bajo procesos de sodificación se efectúe después de reducir la sodicidad del suelo, ya que para elevados valores de SAR (15-20) las adiciones de materia orgánica incrementan su dispersión (Gupta et al., 1984).

Shanmuganathan y Oades (1983), Durgin y Chaney (1984), Kosmas y Moustakas (1990) y Goldberg et al. (1990) observan que la adición de aniones orgánicos (fulvatos, citratos, oxalatos, tartratos, salicilatos, aspartatos, lactatos y acetatos) incrementan la dispersión de las arcillas. Van de Broek (1989) observa que la adición de pequeñas cantidades de ácidos fúlvicos y cítricos a suspensiones de arcilla incrementan de forma notable la dispersión, mientras que ácidos aromáticos (salicílico y p-hidroxibenzoico) tienen un efecto floculante.

Se ha observado que la estabilidad de los agregados no es una característica fija sino variable. La presencia en el suelo de materias muy fermentables provoca una intensa proliferación de la microflora del suelo. En un primer estadio, los filamentos de micelio envuelven las partículas del suelo y favorecen la agregación. Son principalmente los polisacáridos y poliurónidos, resultado sobre todo de la síntesis microbiana, los que participan en la estabilidad estructural (Guckert, 1973). Los polisacáridos se unen rápida e íntimamente a las arcillas generando una estructura muy estable (Guckert et al., 1975a), pero esta humina microbiana es rápidamente metabolizada, desapareciendo en gran parte los polisacáridos y disminuyendo así la estabilidad de la estructura.

Sin embargo, productos fenólicos tánicos, resultantes de la descomposición de ciertos tejidos vegetales, protegen a los polisacáridos residuales y se crean enlaces fuertes y muy estables entre estos compuestos orgánicos y las partículas minerales del suelo, que conducen a la formación de una humina estabilizada (Guckert, 1973) cuya acción sobre la estabilidad estructural es menos importante pero más duradera que la humina microbiana lábil.



En los suelos cultivados se produce una variación cíclica estacionaria de la estabilidad estructural. Este fenómeno está asociado a las condiciones climáticas (pluviometría y temperatura), pero sobre todo a la variación del contenido en polisacáridos del suelo (Guckert, 1973).

No obstante, son mayoría los autores que han obtenido correlaciones positivas entre el contenido en materia orgánica y la estabilidad de los agregados (Eagle, 1975; Greenland, 1971; Hamblin y Davies, 1977; Hamblin y Greenland, 1977; Chaney y Swift, 1984; todos estos citados por Fortún y Fortún, 1989; Benito-Rueda y Díaz-Fierros, 1989a; Fortún et al., 1989; Bartoli et al., 1992b; García et al., 1993 y Rahimi et al., 2000). El nivel crítico de la materia orgánica es de 4%, mínimo valor para la conservación de la estructura (Boels et al., 1982; Benito-Rueda y Díaz-Fierros, 1989a).

Guitián y Méndez (1961, 1963) y Benito-Rueda y Díaz-Fierros (1989a) encontraron una correlación significativa entre la relación Carbono/Nitrógeno y la estabilidad de los agregados.

Esta aparente contradicción del efecto de la materia orgánica se ha explicado indicando que (1) las uniones orgánicas estabilizan los agregados, pero una vez que las uniones se han roto y la desagregación se ha producido, la materia orgánica actúa como dispersante (Emerson, 1983 y Goldberg et al., 1990) y (2) que el efecto depende del tipo de unión entre las sustancias húmicas y la arcilla y concretamente del tamaño de los aniones orgánicos, ya que sólo si el anión orgánico es mayor que el borde de la partícula de arcilla podrá efectuar la unión y consiguiente estabilización de dichas partículas (Durgin y Chaney, 1984; Emerson, 1977; Shanmuganathan y Oades, 1983).

Bartoli et al. (1992b) encontraron incrementos en la dispersión de las arcillas en agregados orgánicos cuando parte de los cementos orgánicos fueron disueltos con pirofosfato sódico.

Los mecanismos de actuación de la materia orgánica en la estabilización de los agregados son muy diversos y no fácilmente comprensibles. La mayoría de los investigadores opinan que la cementación es el principal mecanismo, mientras que otros consideran que sólo actúa modificando las fuerzas de cohesión entre las partículas de arcilla cuando se adsorbe en su superficie (Martín et al., 1955, citado en Fortún y Fortún, 1989). Goldberg et al. (1990) sugieren que su efecto depende del rango de tamaños de las partículas investigadas, de forma que en los agregados de tamaño arcilla la materia orgánica actúa sobre la carga de las partículas, mientras que en los agregados del tamaño arena gruesa la materia orgánica actúa como agente enlazante mediante raíces e hifas (Tisdall y Oades, 1982).

### **III.6.1.2.e. Granulometría**

Generalmente se considera que los suelos arenosos y limosos son más inestables que los arcillosos (Meyer et al., 1975). Benito-Rueda y Díaz-Fierros (1989a) encontraron una correlación positiva entre estabilidad estructural y el contenido en arena; y negativa con el contenido de limo y arcilla.

### **III.6.1.3. Principales mecanismos relacionados con la estabilidad estructural de los suelos**

Los tres mecanismos que producen la degradación de la estructura y la consiguiente disminución de la permeabilidad de los suelos son, la *expansión de las arcillas* y la *desagregación o ruptura de los agregados* del suelo con la consiguiente disminución de la macroporosidad del mismo, así como la *dispersión de las arcillas* con el correspondiente taponamiento total o parcial de los poros por las partículas dispersas.

La disminución de la conductividad hidráulica del suelo aumenta con el contenido de arcilla, con el porcentaje de sodio de cambio (sobre todo para valores superiores al 25 %) y con la dilución de la solución del suelo.

#### **III.6.1.3.a. Expansión de las arcillas**

El hinchamiento y expansión de las arcillas puede ser explicado conceptualmente en base a las distribuciones iónicas en la doble capa. Cuando dos partículas de arcilla en movimiento browniano se aproximan, sus dobles capas difusas interactúan y se crea un plano medio en el cual la actividad del agua es muy inferior a la actividad del agua en la solución externa del suelo. Ello induce una entrada adicional de agua (hinchamiento de hidratación) por lo que las partículas embeben agua y se hinchan (McBride, 1994).

La expansión de las arcillas como consecuencia de la adsorción de agua o hidratación de las partículas coloidales (hinchamiento de hidratación debido a fuerzas de hidratación, no osmóticas) produce una disminución del volumen ocupado por los poros, así como una modificación en la distribución del tamaño de los mismos (Frenkel y Rhoades, 1978). Esta expansión conlleva una mayor separación entre las partículas y puede ayudar a que las fuerzas de repulsión predominen sobre las de atracción, favoreciendo por lo tanto la ruptura de los agregados sobre todo a bajas concentraciones electrolíticas debido a una entrada más importante de agua en los espacios interlaminares (hinchamiento osmótico debido a fuerzas osmóticas) y la dispersión de las partículas del suelo si la solución del suelo tiene una concentración salina inferior al valor de floculación.

### **III.6.1.3.b. Desagregación**

Waldron y Constantin (1968), Cass y Summer (1982a y b), Abu-Sharar (1985, 1988), Abu-Sharar et al. (1987a) y Benito-Rueda y Díaz-Fierros (1989a) definen el término desagregación como la ruptura de los agregados, mientras que el término dispersión es la individualización de las partículas menores de 2  $\mu\text{m}$  y representa la última fase de la desagregación con la liberación de la arcilla dispersa. Estos autores defienden que la ruptura de los agregados es el principal mecanismo de reducción de la conductividad hidráulica del suelo. En sus experimentos encontraron que cuando la concentración de los electrolitos aplicados a un suelo es superior a la concentración crítica de coagulación (valor de floculación), se produce la ruptura de agregados tan pequeños como 5  $\mu\text{m}$  en ausencia de dispersión de arcillas, pero si esta concentración es inferior al valor de floculación, se produce la dispersión, observándose cantidades significativas de arcilla dispersa en el efluente.

La ruptura de los agregados (desagregación) es producida por una ligera expansión de las dobles capas de las arcillas, y la dispersión se inicia cuando estas dobles capas se extienden lo suficiente como para llegar a producir la individualización de las mismas. Así mismo, encontraron que las reducciones en la conductividad hidráulica de un suelo al aplicarle concentraciones sucesivas más diluidas, no están correlacionadas con los valores de dispersión de arcilla en el efluente, por lo que la reducción de la conductividad hidráulica no está controlada por este proceso de dispersión sino por la ruptura de los agregados.

### **III.6.1.3.c. Dispersión de las arcillas**

Cuando dos partículas en suspensión se aproximan debido a sus energías cinéticas o movimiento browniano, sus DCD comienzan a solaparse e interaccionan creándose una energía potencial de repulsión de tipo electrostático derivada de la carga neta positiva presente en ambas capas difusas. El grado de solapamiento depende de la distancia entre las partículas y del grosor de la DCD, de tal forma que esta energía de repulsión será tanto mayor cuanto menor sea la distancia entre las partículas y mayor sea la extensión de las DCD. La extensión de la DCD depende a su vez de la concentración y de la valencia del electrolito, y puede concluirse pues que, para una distancia entre partículas determinada, la energía de repulsión es tanto mayor cuanto menor sea la concentración y/o valencia del electrolito.

Por otro lado, existe una atracción entre las partículas atribuida a las fuerzas de van der Waals que, aunque de corto rango, son aditivas para cada par de átomos por lo que para partículas de número considerable de átomos como las arcillas pueden ser comparables a las fuerzas electrostáticas de repulsión (Sposito, 1984, 1989).

Estas fuerzas de atracción de van der Waals son consecuencia de la asimetría en el reparto instantáneo de cargas de moléculas no polares que provocan la formación de dipolos inducidos en las moléculas vecinas dando lugar a atracciones instantáneas entre las mismas.

A diferencia de las fuerzas de repulsión, estas fuerzas son independientes de la densidad de carga de la arcilla y de la composición y concentración del electrolito en el rango de distancias entre las superficies de las arcillas de 1 a 15 nm.

Además de estas dos fuerzas deben considerarse otras fuerzas repulsivas de corto rango debidas a la resistencia a la interpenetración física de dos superficies en contacto (repulsión de Born) y a la hidratación de los cationes en la DCD.

La resultante entre las fuerzas de repulsión y atracción, junto con el movimiento térmico o energía cinética de las partículas es la que determina en definitiva la energía neta de interacción entre las partículas. Conforme las partículas se aproximan aparece un estado secundario de mínima energía a partir del cual se interpone una barrera de energía de repulsión cuyo valor depende como hemos visto de la distancia entre las partículas y de las características del electrolito. Si la energía cinética de las partículas es capaz de superar dicha barrera, caen en un mínimo de energía primaria produciéndose la coagulación, floculación o agregación de las mismas [aunque rigurosamente hablando estos tres términos no son equivalentes (Sposito, 1984, 1989)].

La barrera de energía es tanto menor cuanto mayor es la concentración y valencia del electrolito; para concentraciones elevadas del electrolito se produce la floculación espontánea mientras que para bajas concentraciones el sistema está en estado disperso.

En la mayoría de los experimentos la dispersión de arcilla se cuantifica estimando la cantidad de arcilla presente en los efluentes de columnas de percolación a través de la medida de la transmisión óptica del percolado (% de luz transmitido a través de la suspensión) (Felhendler et al., 1974; Abu-Sharar, 1988).

Frenkel y Rhoades (1978), Shainberg et al. (1981a, 1981b), Abu-Sharar (1985), Abu-Sharar et al. (1987b) y otros, han observado que la concentración de arcilla en el efluente de columnas de suelo lavadas alcanza un pico máximo, disminuyendo posteriormente aún cuando la conductividad hidráulica siga reduciéndose. Estos autores sugieren que este comportamiento es debido al efecto de explosión osmótica (hinchamiento osmótico) postulado por Emerson y Bakker en 1973 (citado en Pupisky y Shainberg, 1979 y en Shainberg et al., 1981a), McBride (1994), según el cual, al añadir soluciones cada vez más diluidas a un suelo salino, se crea un gradiente osmótico entre la solución concentrada de los microporos y la solución diluída de los macroporos, y como

consecuencia se induce un movimiento de agua hacia el interior de los agregados que produce el efecto de explosión de los mismos y consiguiente dispersión de las partículas del suelo, determinando de esta forma el pico máximo de concentración de arcilla. Posteriormente, las siguientes soluciones aplicadas reducen dicho gradiente osmótico hasta equilibrar las concentraciones en los microporos y macroporos, la migración de las partículas dispersas taponan los poros produciendo una disminución de la concentración de arcilla en el efluente y a su vez de la conductividad hidráulica.

### **III.6.2. RESULTADOS**

Como hemos visto, son básicamente tres los mecanismos que producen la degradación de la estructura del suelo y consiguiente disminución de la permeabilidad: el hinchamiento de las arcillas con la disminución correspondiente del diámetro de los poros, la desagregación o ruptura de los agregados que repercute en un descenso de la macroporosidad del suelo y la dispersión de las arcillas con el correspondiente taponamiento total o parcial de los poros por las partículas dispersas.

La estabilidad de los agregados, en cuanto a la resistencia de los mismo a la entrada de agua depende de las fuerzas de atracción y repulsión entre las partículas que los constituyen (fundamentalmente arcillas) y es la que en mayor medida va a determinar las posibilidades de degradación de la estructura del suelo (rotura de los agregados y dispersión de los coloides del suelo). Ya hemos visto en la introducción como la estabilidad se ve influenciada por la mineralogía de las arcillas (las ilitas son las más sensibles a la dispersión y presentan los valores de floculación más altos que otras arcillas), los cationes cambiabiles (altos valores de sodio cambiabile aumentan el valor de floculación), la solución del suelo (concentración salina, composición iónica y pH), el contenido en materia orgánica, la presencia de óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio, etc..

Según la mineralogía de las arcillas (Tabla II.3.9, Parte II, Apto. III.1) en todas las muestras estudiadas predomina la ilita y en las fincas de tomates (TF y TT) además se observan trazas de caolinita. Por ello hemos considerado despreciable el hinchamiento de las mismas (hinchamiento de hidratación) y nos hemos centrado en el estudio de los otros dos mecanismos que pueden provocar la degradación estructural de estos suelos.

#### **III.6.2.1. Desagregación**

Ya hemos señalado anteriormente que la desagregación es la ruptura que sufren los agregados y es la responsable de la reducción brusca de la conductividad hidráulica. La subsiguiente dispersión sólo tendrá lugar si existen las condiciones necesarias para producir la individualización

de las partículas de arcilla, produciéndose entonces un taponamiento de la porosidad y una mayor disminución de la conductividad hidráulica del suelo.

Por lo tanto, el mecanismo de desagregación por absorción de agua, es el que va a controlar fundamentalmente la dinámica de la estructura del suelo y va a depender de la estabilidad de los agregados presentes, o sea de la resistencia de los mismos a la entrada de agua.

### III.6.2.1.a. Tamizado en seco

Para tener un valor de referencia inicial se determinó en cada muestra el porcentaje de agregados superiores a 200 µm en seco (As). Se pesaron por triplicado y en la Tabla II.3.56 se presentan los valores medios.

**Tabla II.3.56**  
**Porcentaje de agregados > 200 µm en seco (As)**

TFG		TFI		TTG		TTI		P		PJ	
As	CV	As	CV	As	CV	As	CV	As	CV	As	CV
33,03	0,7	32,81	0,6	88,86	3,0	70,29	3,2	74,30	2,9	62,97	2,6

CV Coeficiente de variación

Como se puede observar, los suelos de Fuerteventura (TF) son los que tienen los menores porcentajes de As, lo cual puede deberse a que presentan valores de materia orgánica (5 g/kg) significativamente inferiores a los suelos de Tenerife (20-27 g/kg, Tabla II.3.1, Apto. III.1), presentando estos suelos una estructura masiva que se resuelve en particular, poco desarrollada.

Aplicando el test no paramétrico de la U de Mann-Whitney encontramos diferencias significativas en el porcentaje de agregados superiores a 200 µm en seco entre los suelos TT y P y los demás (TF y PJ) (U= 3,12 p= 0,002; U= 2,40 p= 0,016). Igualmente encontramos diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de As de los suelos de Fuerteventura (TF) y los de platanera con mulching (PJ) (U= 2,20 p= 0,028), por lo que podemos decir que los suelos de Tenerife (TT y P) son los que presentan los mayores porcentajes de As y los de Fuerteventura (TF) los menores, presentando la muestra PJ valores intermedios.

### III.6.2.1.b. Desagregación en húmedo

Un factor importante de resistencia a la destrucción de las unidades estructurales o agregados es su baja mojabilidad, que depende principalmente de la materia orgánica. Siendo las

demás condiciones constantes, una mayor cantidad de materia orgánica crea una estructura más estable, como ya hemos comentado en el Apto. III.6.1.2.d.

Cuando los agregados del suelo son sumergidos en agua, en primer lugar ocurre la rotura (o desagregación) de los agregados para dar partículas individuales (arenas, limos, arcillas) y/o agregados más pequeños y luego, puede suceder la dispersión de las arcillas liberadas (Henin, 1976; Emerson, 1977) si la concentración salina del agua es inferior al valor de floculación, como veremos en el siguiente apartado (Apto. III.6.2.2).

El aire atrapado en los agregados (Quirk y Panabokke, 1962; Concaret, 1967; Henin, 1976; Boiffin, 1984; Kemper y Rosenau, 1986; Bartoli et al., 1992a) o el efecto de hinchamiento o explosión osmótica (Emerson y Bakker, 1973, citado en Pupisky y Shainberg, 1979 y Shainberg et al., 1981a; Abu-Sharar et al., 1987a; McBride, 1994) parecen ser las causas dominantes de la rotura de los agregados. Ésta a su vez, está en función de la velocidad de humedecimiento, que depende del ángulo de contacto y del tamaño de poro (Concaret, 1967; Bartoli et al., 1992a), así como de la estabilidad de los agregados, o sea de las fuerzas de atracción que mantienen a las partículas unidas.

#### **i) Método de Henin**

Se calculó el índice de inestabilidad estructural (IS) según el método de Henin et al. (1969) y el índice de estabilidad  $\epsilon$  según Duchaufour (1975) (Parte II, Apto. II.2.1.16.b).

En el método de Henin que utiliza tres medios diferentes (agua, alcohol y benceno) para establecer la estabilidad, se considera que el alcohol aumenta la estabilidad media de los agregados en el agua, al permitir la liberación del aire de los poros sin que se produzca explosión osmótica. Por el contrario el benceno tiende a aumentar la disrupción de los agregados, sobre todo en suelos pobres en materia orgánica. El índice IS puede variar desde 0,1 (estructura muy estable) a más de 100 en suelos con baja estabilidad estructural.

Los ensayos se realizaron por duplicado, a veces con unos coeficientes de variación muy altos (sobre todo en las muestras TT y PJ) y como podemos ver en la Tabla II.3.57, todas las muestras tienen unos valores de IS bajos, por lo que se corresponderían con suelos de estructuras muy estables, pudiéndose establecer el siguiente orden de estabilidad decreciente:

$$PJ > TTG > TTI = TFI > P > TFG$$

Se calculó el índice de estabilidad  $\epsilon$  (Parte II, Apto. II.2.1.16.b) para cada una de las muestras y como podemos ver en la Tabla II.3.58, todas las muestras presentan unos valores

relativamente altos (superiores a 50), lo que indica de nuevo que son estructuras bastante estables. Se puede igualmente establecer un orden de estabilidad decreciente en estas muestras como sigue:

$$TTI > PJ > TTG > P > TFI > TFG$$

**Tabla II.3.57**  
**Índice de inestabilidad (IS)**

	TFG		TFI		TTG		TTI		P		PJ	
	M	CV	M	CV	M	CV	M	CV	M	CV	M	CV
<b>Ab</b>	35,86	5,3	40,04	0,5	20,31	32,8	13,63	27,8	20,01	0,7	44,31	15,3
<b>Aal</b>	38,61	1,4	43,11	1,3	59,79	2,9	59,57	0,1	61,06	3,4	52,86	15,1
<b>Aa</b>	36,90	4,6	40,40	2,8	44,78	18,6	47,10	0,0	40,10	7,0	44,25	7,8
<b>Alm</b>	16,95	3,8	16,50	11,1	35,60	20,3	40,25	10,7	39,45	2,7	15,10	21,5
<b>IS</b>	2,32	3,0	1,18	11,8	1,07	33,7	1,18	11,8	1,40	0,0	0,75	53,0

**M** Valor medio    **CV** Coeficiente de variación (%)    **Ab** Porcentaje de agregados >200 µm estables agua pretratamiento benceno  
**Aal** Porcentaje de agregados >200 µm estables agua pretratamiento alcohol    **Aa** Porcentaje de agregados >200 µm estables agua sin pretratamiento    **Alm** Porcentaje de arcilla más limo fino

**Tabla II.3.58**  
**Índice de estabilidad  $\epsilon$**

	TFG	TFI	TTG	TTI	P	PJ
<b>logK</b>	0,80	0,60	1,30	1,52	1,12	1,30
<b><math>\epsilon</math></b>	60,0	61,9	77,5	80,0	70,6	78,8

**logK**  $\log_{10}$  conductividad hidráulica saturada (cm/hora)

Según estos índices podemos concluir diciendo que aunque se observa una ligera diferencia entre las muestras PJ, TT y el resto, ya que las primeras parecen tener agregados superiores a 200µm ligeramente más estables que las muestras P y TF, en general todas las muestras tienen valores bajos de IS y altos de  $\epsilon$ , lo que indica que todos los suelos analizados presentan una alta estabilidad estructural.

## ii) Cinética de desagregación

Se realizó la cinética de desagregación de la fracción inferior a 2 mm según Bartoli et al. (1991) (Parte II, Apto. II.2.1.16.c).



Todas las medidas se realizaron por triplicado dando unos coeficientes de variación (CV) inferiores al 10 %. En la Tabla II.3.59 se presentan los valores medios de agregados > 200 µm estables al agua [Aa (%)] del total de agregados > 200 µm en seco inicialmente calculado (Aptdo. III.6.2.1.a), así como los coeficientes de variación [CV (%)] para cada uno de los periodos de tiempo estudiados (1, 5, 15, 30, 60, 120, 240 y 480 minutos).

En la Figura II.3.46 se puede observar como la cinética de desagregación describe curvas multiplicativas del tipo

$$\text{LnAa} = a + b\text{LnT}$$

Ecuación (41)

siendo Aa el porcentaje de agregados > 200µm estables al agua referidos al total de agregados iniciales (As), T el tiempo en minutos, y *a* y *b* constantes. No se observan diferencias significativas en el comportamiento de los agregados entre las muestras tomadas en la zona de los goteros y las que pertenecen a la zona intergoteros; por ello se han tomado los valores medios de las muestras TFG y TFI (TF) así como de las muestras TTG y TTI (TT) (Tabla II.3.59 y Figura II.3.46).

**Tabla II.3.59**  
**Porcentaje de agregados > 200 µm estables al agua (Aa)**

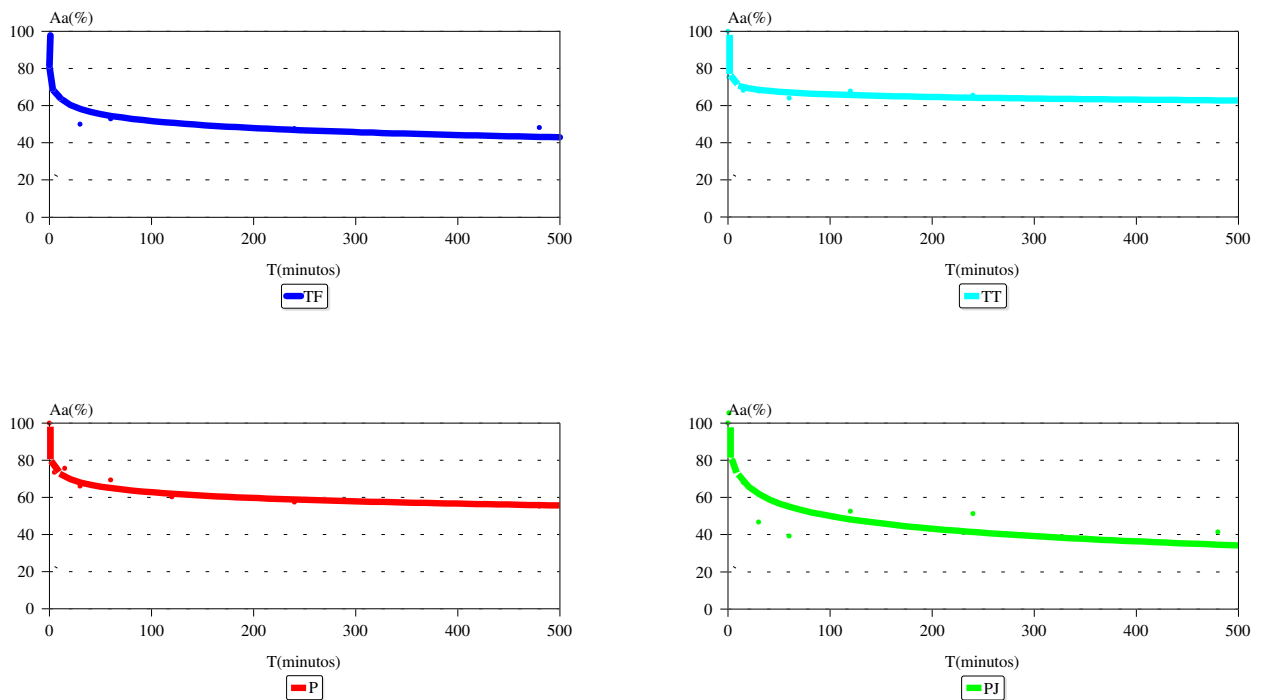
T	TF		TT		P		PJ	
	Aa	CV	Aa	CV	Aa	CV	Aa	CV
1	80,68	5,0	75,32	6,9	82,37	1,5	105,43	3,5
5	68,07	5,0	74,74	5,7	73,57	2,0	79,94	4,6
15	62,73	5,1	68,26	8,1	75,67	6,3	68,11	4,4
30	50,00	6,5	67,82	3,1	66,08	1,7	46,74	5,1
60	<b>52,89</b>	6,8	<b>64,06</b>	2,3	<b>69,43</b>	3,6	<b>39,24</b>	3,7
120	50,58	3,4	67,82	1,0	60,32	4,2	52,60	4,0
240	47,57	3,6	65,61	2,8	57,46	0,7	51,34	5,8
480	48,18	3,7	62,53	2,2	55,29	4,0	41,42	4,2

T Tiempo en minutos    CV Coeficiente de variación

En la figura II.3.46 podemos observar como las muestras TT y P son las que presentan el mayor porcentaje de agregados estables al agua > 200 µm, después del máximo periodo de agitación (8 horas), con unos valores en torno al 60 %, mientras que las muestras TF y PJ presentan unos valores de Aa próximos al 40 %.

De estas curvas se puede deducir también la sensibilidad o estabilidad de los agregados > 200  $\mu\text{m}$  a desagregarse en un medio como el agua destilada al ser sometidos a una agitación variable en periodos de tiempo crecientes. Las curvas correspondientes a las muestras TT y P tienen un perfil similar, lo que indica una cinética de desagregación muy parecida, descendiendo relativamente poco el porcentaje de agregados estables con el tiempo (40 %), indicando que los agregados presentan una cierta estabilidad.

**Figura II.3.46**  
**Cinética de desagregación**



El suelo de tomates de Fuerteventura (TF) y el de platanera con mulching (PJ) son los que presentan una mayor inestabilidad, ya que la cinética de desagregación muestra un mayor descenso de éstos (60 %) a medida que progresa el tiempo de desagregación.

Una observación detenida de la Tabla II.3.59 y de la Figura II.3.46, deja ver que las máximas variaciones en el porcentaje de Aa tienen lugar en la primera hora de agitación (Aa60), no encontrándose diferencias significativas entre Aa60 y el porcentaje de Aa en tiempos superiores de agitación; por ello Aa60 se podría establecer como el estándar para conocer la cantidad de agregados > 200  $\mu\text{m}$  estables al agua en este tipos de suelos y a su vez como índice de estabilidad ya que cuanto mayor es este valor mayor será la estabilidad de los agregados. Según este índice se puede establecer el siguiente orden decreciente de estabilidad (Tabla II.3.59):

$$P > TT > TF > PJ$$

Aplicando el test de la U de Mann-Whitney encontramos diferencias estadísticamente significativas del índice Aa60 entre los suelos TT y P y los demás (TF y PJ) ( $U= 3,31$   $p= 0,001$ ).

Si observamos los valores de Aa60 en la muestras de Tenerife, todas ellas con unos valores similares de materia orgánica (20-27 g/kg, Tabla II.3.1, Apto. III.1), vemos como las muestras TT y P presentan valores de Aa60 superiores a la muestra PJ, lo que sin duda es debido a la presencia de hierro y aluminio amorfo y órganomineral que como ya vimos en la introducción actúan aumentando la estabilidad de los agregados (uniones entre las partículas) con la consiguiente disminución del hinchamiento osmótico, que es en definitiva el que va a promover la separación de las partículas de arcillas (rotura de los agregados y posterior dispersión de las arcillas liberadas).

Como hemos dicho la estructura del suelo de Fuerteventura está poco desarrollada ya que presenta inicialmente pocos agregados superiores a 200  $\mu\text{m}$  (As), pero estos agregados, que son bastante estables y presentan una estabilidad intermedia entre las muestras P, TT y la muestra PJ, son en realidad fragmentos de costra de sellado con una alta estabilidad al agua y agrupaciones de raicillas con materia mineral adherida, que son particularmente abundantes en esta muestra.

Podemos concluir diciendo que la cinética de desagregación de las muestras TT y P tienen un comportamiento similar descendiendo relativamente menos el porcentaje de agregados estables con el tiempo (40 %) que las muestras TF y PJ (60 %), lo que indica que los agregados superiores a 200  $\mu\text{m}$  de las primeras muestras (TT y P) tienen una mayor estabilidad que los de las segundas (TF y PJ).

Las máximas variaciones en el porcentaje de agregados superiores a 200  $\mu\text{m}$  tienen lugar en la primera hora de agitación (Aa60), no encontrándose diferencias significativas entre Aa60 y el porcentaje de agregados en tiempos superiores de agitación, por lo que puede establecerse Aa60 como índice de estabilidad. Éste se expresa como el porcentaje de agregados superiores a 200  $\mu\text{m}$  estables al agua, del total de agregados en seco superiores a 200  $\mu\text{m}$  inicialmente calculado (As), de tal forma que combina los aspectos estáticos y dinámicos de la estabilidad y es el que mejor refleja la estabilidad ante el agua de los agregados de estos suelos ( $I= 100 \text{ Aa60} / \text{As}$ ).

Así pues, tomando como índice de estabilidad Aa60, los agregados de las muestras P y TT, y los de la PJ tienen la mayor y menor estabilidad respectivamente; mientras que los agregados de la muestra TF presentan una estabilidad intermedia. La mayor estabilidad en los agregados de las muestras P y TT parece ser debida a la presencia de hierro y aluminio amorfo y órganomineral.

Hasta ahora hemos visto como las máximas variaciones en el porcentaje de agregados estables al agua (Aa) tienen lugar en la primera hora de agitación (Aa60) cuando la cinética de desagregación se ha realizado con agua destilada. Con objeto de comprobar la validez del índice en aguas salinas, realizamos un estudio de la cinética de desagregación en las muestras TF, TT y PJ en agua clorurada-sódica-magnésica con SAR de 3 (meq/L)<sup>0,5</sup> y concentración salina de 60 meq/L. En este ensayo no se ha incluido la muestra P ya que como vimos anteriormente presenta una cinética de desagregación en agua destilada similar a la TT.

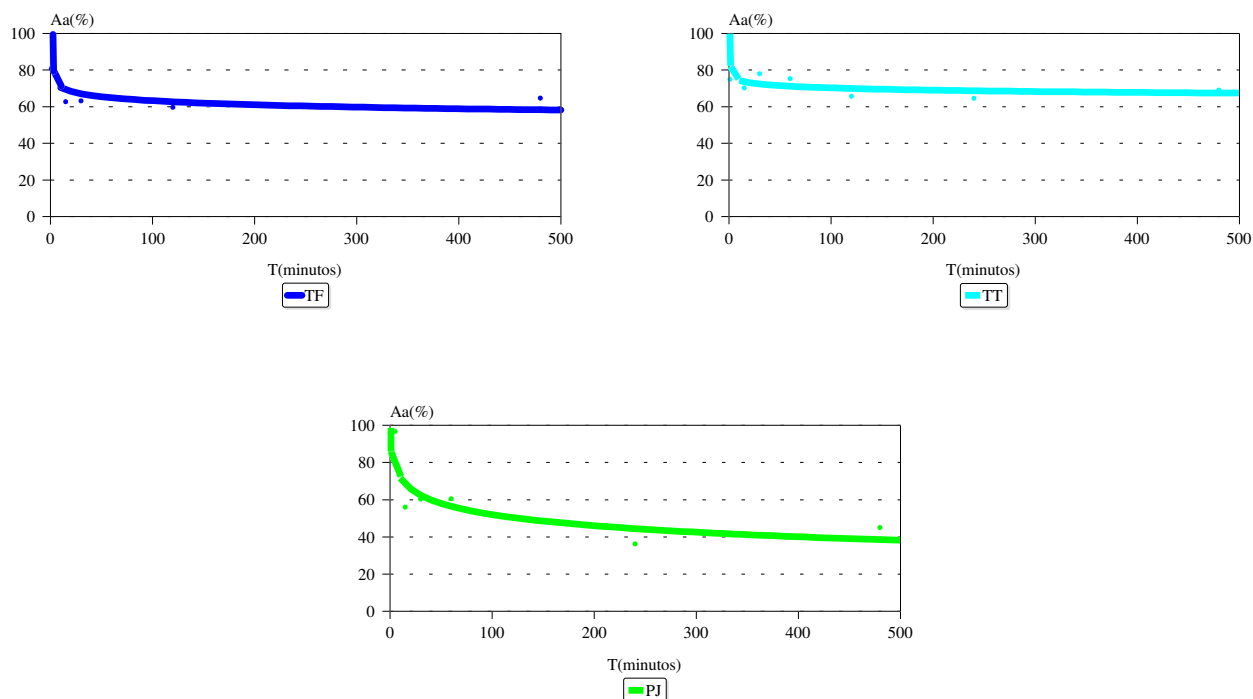
Al igual que ocurre con el agua destilada, la cinética de desagregación en este medio sigue curvas multiplicativas y las máximas variaciones en el porcentaje de Aa siguen teniendo lugar en la primera hora de agitación (Aa60) (Tabla II.3.60 y Figura II.3.47), no encontrándose diferencias significativas entre Aa60 y tiempos superiores, por lo que se puede establecer 60 minutos el tiempo adecuado para calcular el porcentaje de agregados > 200µm estables al agua, en estos suelos cultivados, y además puede servirnos como índice de estabilidad de tal forma que cuanto mayor sea Aa60 (referido a As), mayor será la estabilidad de los agregados.

**Tabla II.3.60**  
**Agregados estables al agua > 200 µm [Aa (%)]**  
**SAR3C60**

T	TF		TT		PJ	
	Aa	CV	Aa	CV	Aa	CV
1	80,77	2,5	74,91	6,4	85,26	2,8
5	77,37	6,0	79,68	8,2	96,65	13,3
15	62,70	4,2	70,23	5,6	55,99	6,7
30	63,15	8,1	77,97	4,8	60,27	7,9
60	<b>64,37</b>	3,7	<b>75,31</b>	4,6	<b>60,49</b>	14,3
120	59,63	0,4	65,67	4,0	50,31	11,4
240	60,72	1,9	64,58	31,7	36,19	1,9
480	64,67	10,7	69,02	2,0	45,01	20,4

T Tiempo en minutos    CV Coeficiente de variación

**Figura II.3.47**  
**Cinética de desagregación con aguas preparadas**  
**SAR3C60**



Una vez visto, que por encima de 60' de agitación, el porcentaje de agregados estables no varía, ni aún con aguas salinas, el valor de Aa60 puede usarse, como hemos dicho, como índice de estabilidad. Veremos a continuación la influencia que ejerce el SAR del agua aplicada en el valor de Aa60. Para ello se calcularon los Aa60 para todas las muestras, con aguas de la misma concentración salina (60 meq/L) y composición iónica que las aguas anteriores (NaCl y MgCl<sub>2</sub>) pero con valores de SAR crecientes [3, 7, 14, 28 (meq/L)<sup>0,5</sup>].

Como podemos ver en la Tabla II.3.61 y en la Figura II.3.48, al aumentar el SAR de 3 a 28 (meq/L)<sup>0,5</sup> en general se observa una disminución del porcentaje de agregados estables (Aa60), lo que está indicando una disminución en la estabilidad de los mismos, sobre todo en las muestras de Tenerife. El aumento de sodio en el agua aplicada produce una expansión de la dobles capas difusas que se traduce en una mayor entrada de agua a los agregados y rotura de los mismos por explosión osmótica.

Sin embargo la disminución en el porcentaje de agregados estables al aumentar el SAR de la solución edáfica es diferente en los cuatro suelos estudiados. Como se observa en la Tabla II.3.61, la muestra de Fuerteventura es la que presenta una menor variación en la estabilidad de los agregados al aumentar el SAR (2 %). Estos suelos, como ya hemos comentado, presentan una baja

agregación inicial, particularmente estable al estar constituidos los agregados por fragmentos de costra de sellado con una alta estabilidad también a las aguas salinas y sódicas.

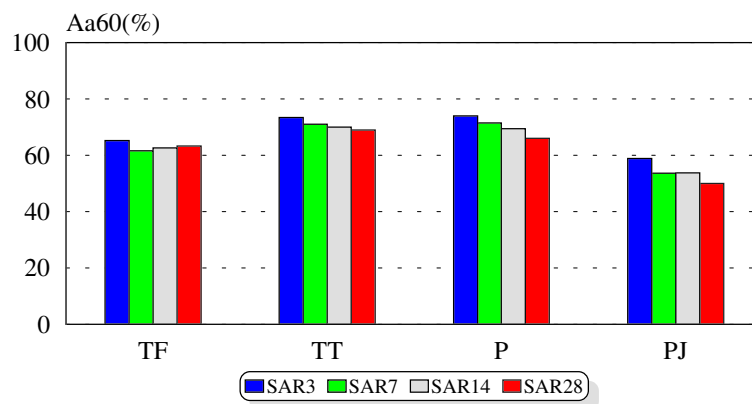
En los suelos de Tenerife, las variaciones en la estabilidad son importantes (4%, 8% y 9%) incluso en aquellas muestras con un alto contenido en hierro y aluminio amorfo y organomineral, que ya hemos dicho que aumentan considerablemente la estabilidad de los agregados, lo cual está claramente en relación con el PSI inicial de la muestra (16,9 % en la muestra P y 7,3 % en la muestra TT, Tabla II.3.3, Apto. III.1). Las variaciones mayores (9 %) aparecen en la muestra PJ, que corresponde a los suelos que no presentan hierro y aluminio cementante, aunque el PSI inicial sea bajo (7,4 %), lo que demuestra que en la estabilidad de los agregados juega un papel más importante la presencia de oxihidróxidos amorfos, que el sodio cambiante inicial de la muestra.

**Tabla II.3.61**  
**Valores de Aa60 a distintos valores de SAR**

Muestra	SAR (meq/L) <sup>0.5</sup>								Aa60
	3	CV	7	CV	14	CV	28	CV	
TF	65,16	8,9	61,54	11,1	62,64	4,3	63,27	5,8	1,89
TT	73,36	8,5	71,01	5,4	69,99	4,6	68,94	6,4	4,42
P	73,93	4,2	71,44	1,6	69,41	0,8	65,95	4,6	7,98
PJ	58,84	3,5	53,61	4,0	53,74	10,3	49,99	7,9	8,85

CV Coeficiente de variación Aa60 [Aa60 a 3 (meq/L)<sup>0.5</sup>] - [Aa60 a 28 (meq/L)<sup>0.5</sup>]

**Figura II.3.48**  
**Aa60 (%) a distintos valores de SAR**



Con el objetivo de determinar la influencia de la concentración salina del agua que se aplica, sobre la estabilidad de los agregados, se determinaron los valores de Aa60 con aguas artificiales a

SAR constante y concentración variable (10 y 75 meq/L). El SAR empleado en las aguas artificiales para la muestra de Fuerteventura fué de 13 (meq/L)<sup>0,5</sup> (el agua se preparó con NaCl y MgCl<sub>2</sub>) ya que éste es el valor de SAR del agua que se emplea en el riego de esta finca de tomates. Para las muestras de Tenerife (TT, P y PJ) se prepararon aguas con SAR 3 (con NaHCO<sub>3</sub> y MgCl<sub>2</sub>) por la misma razón señalada anteriormente.

Como podemos ver en las Tablas II.3.62 y en la Figura II.3.49, las muestras TF, TT y P no presentan diferencias importantes en el porcentaje de agregados estables (Aa60), con ambas soluciones (10 y 75 meq/L), por lo que la concentración salina no parece influir en la estabilidad de los agregados de estas muestras, al menos en esas concentraciones. Sin embargo en la muestra PJ aumentó el valor de Aa60 en un 10% al aumentar la concentración de 10 a 75 meq/L, lo cual nos está indicando que la estabilidad de los agregados en este caso, se hace mayor cuando aumentamos la concentración salina, lo que es debido a una menor entrada de agua a los espacios interlaminares de las arcillas (descenso del hinchamiento osmótico) y por tanto a una menor rotura de agregados.

**Tabla II.3.62**  
**Valores de Aa60 (%) a diferente concentración salina**

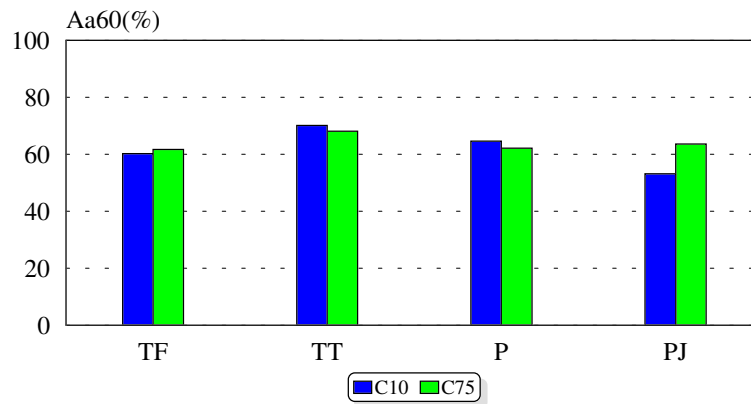
Muestra	SAR	Concentración (meq/L)			
		10	CV	75	CV
TF	13	60,18	10,3	61,73	2,8
TT	3	70,13	4,4	68,06	2,5
P	3	64,55	1,4	62,13	8,4
PJ	3	53,18	13,1	63,59	9,8

CV Coeficiente de variación

La baja influencia de la concentración salina en la estabilidad de los agregados de las muestras TF, TT y P, puede explicarse en el primer caso (TF) por la presencia de fragmentos de costra de costra de sellado relativamente estables al agua, así como de raicillas y materia mineral adherida a las mismas, y en las segundas (TT y P) por la presencia de hierro y aluminio que hacen de puente de unión con las arcillas y la materia orgánica, para dar también agregados relativamente estables al agua.

Los agregados menos estables a la desagregación en agua destilada (PJ), ven fuertemente influenciada su estabilidad por la concentración salina del agua, mientras que en aquellos más estables (TT, P y TF) la influencia de la salinidad del agua es mucho menor, al menos a estas concentraciones.

**Figura II.3.49**  
**Aa60 (%) a diferente concentración salina**



Para ver el efecto del pH de las aguas sobre la estabilidad de los agregados, se presentan en la Tabla II.3.63 y en la Figura II.3.50 los valores de Aa60 obtenidos con aguas preparadas a SAR constante  $[(3 \text{ meq/L})^{0.5}]$ , concentraciones salinas similares (60 y 75 meq/L) y valores de pH diferentes (6,2 y 8,6). La composición iónica del agua ácida es NaCl y  $\text{MgCl}_2$ , y de la alcalina  $\text{NaHCO}_3$  y  $\text{MgCl}_2$ . El test se ha realizado sólo con los suelos TT, P y PJ que son los que se están regando actualmente con aguas alcalinas (Tabla II.3.24, Parte II, Apto. III.4.2).

**Tabla II.3.63**  
**Aa60 (%) a distintos valores de pH**

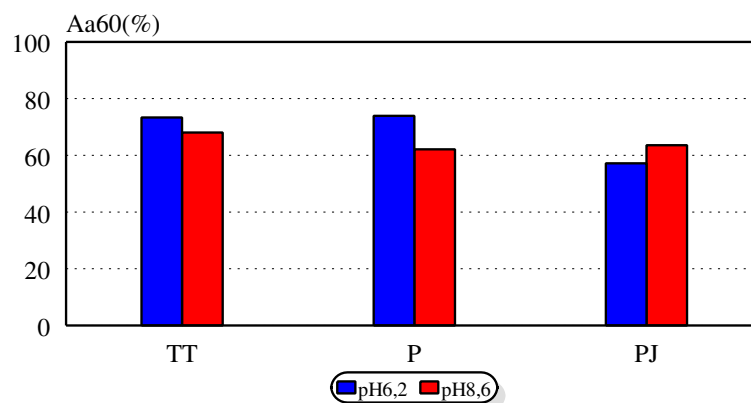
Muestra	SAR3C60pH6,2	SAR3C75pH8,6
TT	73,36	68,06
P	73,93	62,13
PJ	57,19	63,59

Como podemos ver en la Tabla II.3.63 y en la Figura II.3.50 se observa un descenso en el valor de Aa60 al aumentar el pH en las muestras TT y P, y un aumento del mismo en la muestra PJ. El efecto negativo del pH va a depender de la presencia de minerales de carga variable y del punto cero de carga (PZC) de estos minerales (Suárez et al., 1984). Las muestras TT y P, como ya hemos visto, son las que presentan hierro y aluminio amorfo y órganomineral, de tal forma que al aumentar el pH por encima del PZC (aproximadamente pH 8) se revierte la carga de los óxidos de hierro y aluminio (haciéndose negativa), afectado por tanto la asociación de éstos con las arcillas y la materia orgánica, ambas cargadas negativamente. Ésto podría explicar la disminución de la estabilidad de los agregados de las muestras TT y P al aumentar el pH de 6,2 (inferior al PZC) a 8,6 (superior al PZC).



Sin embargo en la muestra PJ, dominada por minerales de arcilla tipo ilita, se observa un aumento de la estabilidad de los agregados al aumentar el pH (Aa60 aumenta un 6 %), lo cual parece estar relacionado con la concentración electrolítica del agua, que es de 75 meq/L a pH 8,6 y de 60 meq/L a pH 6,2, y como hemos visto anteriormente la estabilidad de los agregados en esta muestra es altamente dependiente de la concentración salina del agua. Aunque la ilita es un mineral que presenta cargas variables dependientes del pH en los bordes, los cambios en la polaridad de la carga sólo se han observado a pH alto, cuando el SAR de la solución es superior a 20 (meq/L)<sup>0.5</sup> (Goldberg et al., 1991; Lebrón y Suárez, 1992), lo cual explica por otra parte, que la estabilidad de los agregados de la muestra PJ no se ve afectada negativamente por el aumento de pH con SAR de 3 (meq/L)<sup>0.5</sup>.

**Figura II.3.50**  
**Aa60 (%) a distintos valores de pH**



Todo lo dicho anteriormente podemos resumirlo diciendo que la estabilidad de los agregados superiores a 200 µm de la muestra de Fuerteventura no se ve influenciada por la concentración salina ni por el SAR del agua aplicada ya que como hemos indicado se trata de suelos con estructura degradada y poco desarrollada, con fragmentos de costra de sellado y donde los agregados verdaderos son poco abundantes.

Las muestras de Tenerife que inicialmente presentan estructura grumosa media tienen comportamientos diferentes, distinguiéndose unos suelos más estables (TT y P) y otros más inestables (PJ), siendo la diferencia fundamental de éste último con los primeros la no presencia de minerales de carga variable por lo que presenta agregados con una baja estabilidad y además esta estabilidad se ve influenciada con el SAR del agua aplicada y sobre todo con la concentración salina de la misma. Los suelos TT y P, con contenidos en materia orgánica similares al anterior, presentan además hierro y aluminio amorfo y órganomineral que confieren a los mismos una mejor estabilidad

(estabilidad media), pero esta estabilidad es altamente dependiente del pH y del SAR del agua, sobre todo a altos porcentajes de sodio intercambiable.

Una vez visto los parámetros más importantes, del suelo y de las aguas aplicadas en los distintos experimentos, que influyen en la estabilidad de los agregados del suelo, veamos a continuación la situación actual de los mismos según la condiciones de las aguas que los riegan. Para el caso de los suelos de la muestra TF regados con aguas con SAR de 13 (meq/L)<sup>0,5</sup>, concentración salina de unos 75 meq/L y pH de 7,7, no se observa ninguna influencia sobre la estabilidad de los agregados, ya que se trata de fragmentos de costras de sellado y abundantes raicillas relativamente estables a la desagregación en agua, aunque, como veremos en el siguiente apartado, la elevada concentración salina de esta agua sí va a tener un papel importante en la floculación de las arcillas y en la formación de costras de sellado.

El agua de Tenerife tiene un SAR de 3 (meq/L)<sup>0,5</sup>, una concentración salina de 10 meq/L y un pH de 8,6. En este caso, su baja concentración electrolítica puede producir una disminución de la estabilidad de los agregados en la muestra PJ, y el alto valor de pH puede revertir la carga de los óxidos de hierro y aluminio en las muestras TT y P, sobre todo a altos valores de sodio cambiante, lo que se traduce, en ambos casos en una menor agregación de las partículas del suelo. Aguas más salinas y menos alcalinas serían más adecuadas en estos suelos para impedir la degradación física de los mismos.

Podemos resumir diciendo que en suelos pobres en materia orgánica con estructuras poco desarrolladas (bajos porcentajes de agregados superiores a 200  $\mu\text{m}$  en seco) no parece observarse variación en la estabilidad de los agregados con aguas de distintos niveles de salinidad y sodicidad. El agua que se está empleando en el riego de la finca de tomates de Fuerteventura no parece influir en el estado de agregación de estos suelos. La desagregación pues, no parece ser importante y como veremos a continuación el mecanismo de dispersión es el que va a jugar un papel decisivo en la estabilidad estructural de estos suelos.

Por el contrario, en suelos con estructuras más desarrolladas y ricas en materia orgánica, hemos observado como el hierro y el aluminio confieren a los suelos una mayor estabilidad, estabilidad que disminuye con el aumento del SAR y del pH del agua, sobre todo a altos valores de sodio cambiante. La ausencia de amorfos hace que los agregados sean más inestables y más dependientes de la concentración salina. La baja concentración salina y el alto valor de pH del agua de Tenerife podrían potencialmente producir una disminución progresiva de la conductividad hidráulica de los suelos. En estos suelos pues, el mecanismo de desagregación juega un papel importante en la estabilidad estructural.

### III.6.2.2. Dispersión

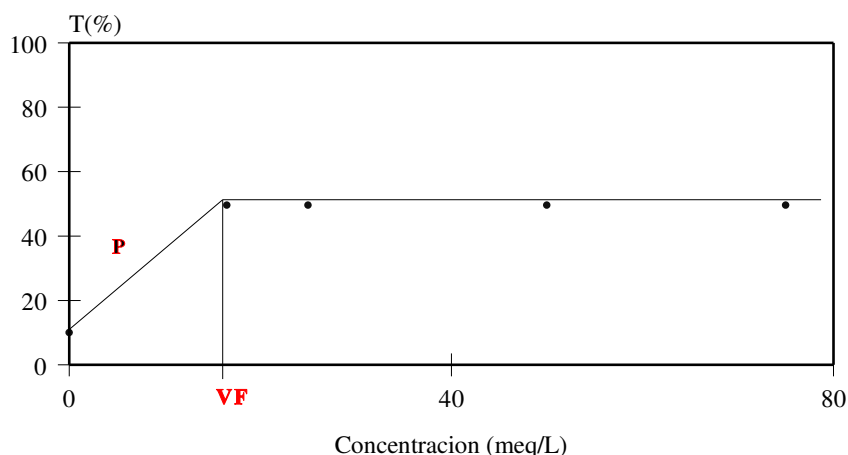
#### III.6.2.2.a. Dispersión del suelo total en soluciones de SAR infinito

En el apartado anterior hemos estudiado la desagregación en agua o rotura de los agregados superiores a 200  $\mu\text{m}$  de la fracción inferior a 2 mm y hemos visto como ésta se ve influenciada por la concentración salina, el SAR y el pH del agua aplicada. También hemos observado como la presencia de minerales amorfos de hierro y aluminio aumentan el porcentaje de agregados y la estabilidad de los mismos, que sin embargo disminuye a altos valores de pH, sobre todo cuando el suelo presenta valores elevados de sodio cambiante.

En este apartado, se estudia el proceso de floculación a partir de suspensiones coloidales en agua destilada al 1 % en arcilla, preparadas con la fracción inferior a 2 mm aplicando ultrasonido y posterior agitación para asegurarnos de que se produzca una desagregación total, como se describe en el Apto. II.2.1.17. A partir de ellas además, observaremos como las arcillas se organizan para flocular y que variables del suelo y del agua influyen en los estados de floculación/dispersión.

En la Figura II.3.51 aparece la representación teórica de un test ideal de dispersión de arcillas, donde se observa como partiendo de una dispersión coloidal, la floculación aumenta linealmente con la concentración electrolítica (aumenta el % de transmitancia), hasta una determinada concentración a partir de la que, la transmitancia permanece constante, lo que indica que se ha alcanzado la máxima floculación posible para esa arcilla en esas condiciones.

**Figura II.3.51**  
**Test de dispersión de arcillas**



El perfil de la gráfica nos indica que si a un suelo que ha sido desagregado previamente, le añadimos una solución salina con una concentración electrolítica superior a esa concentración crítica, el suelo floculará (o permanecerá floculado), mientras que si la concentración de la solución añadida es inferior a esa concentración, el suelo tiende a dispersar (o a permanecer disperso). A esta concentración electrolítica se le denomina valor de floculación (VF) y ha sido definido como la concentración mínima de sal que induce la floculación en 24 horas, habiendo recibido varias denominaciones: concentración crítica micelar (van Olphen, 1977), concentración crítica de coagulación (Rengasamy, 1983; Abu-Sharar, 1985 y 1988; Abu-Sharar et al., 1987b; Hesterberg y Page, 1990 a y b; Goldberg y Foster, 1990), concentración crítica de floculación (Miller et al., 1990), concentración crítica salina (Arora y Coleman, 1979), y la más utilizada, valor de floculación (Quirk y Schofield, 1955; van Olphen, 1977; Pupisky y Shainberg, 1979; Oster et al., 1980; Shainberg et al., 1981 a y b; Chiang et al., 1987; Keren y Singer, 1988 y Amezketa, 1992).

Este valor de floculación puede utilizarse como un índice de la susceptibilidad a la dispersión de un determinado suelo, ya que cuanto mayor es VF más sensible es el suelo a la dispersión, al necesitar una mayor concentración de electrolitos para mantenerse en estado floculado. Es deseable por tanto, bajos VF ya que los bajos niveles de sales en el suelo pueden ser suficientes para prevenir la dispersión. Además, la pendiente absoluta (P) de la recta obtenida a concentraciones inferiores al VF, puede utilizarse como un índice de la velocidad de dispersión ya que nos indica como va a ser esa dispersión, puesto que cuanto mayor es la pendiente, más inestables son los flóculos, ocurriendo la dispersión en un intervalo más corto de concentraciones. Pendientes más suaves indican que los flóculos son más estables y la dispersión ocurre en un intervalo más amplio de concentraciones.

Hay que tener en cuenta que la floculación constituye una primera fase en la agregación de las partículas y por tanto en la formación de la estructura del suelo. La floculación no es sinónimo de formación de agregados, si bien es una condición necesaria para ello. La formación de agregados requiere la floculación de las arcillas y su posterior estabilización o cementación.

Como se ha dicho en el apartado de material y métodos (Parte II, Apto. II.2.1.17), se han realizado los tests de dispersión por el método de Goldberg y Glaubig (1987) con soluciones de concentraciones crecientes y SAR infinito. Los test se realizaron por duplicado o triplicado con la fracción inferior a 2mm, previa eliminación de las sales con membranas de diálisis.

En las Tablas 1 a 6 y en las Figuras 1 a 6 del Anexo XVIII, se presentan tabulados los resultados del test de dispersión, incluyendo el análisis estadístico de las repeticiones, así como la gráfica característica para cada tipo de suelo incluyendo la ecuación de la recta del tramo medio o inicial de la misma (inferior al VF).

A partir de estas gráficas se ha calculado la susceptibilidad a la dispersión (valor de floculación) de cada una de las muestras y la velocidad de dispersión (pendiente de la recta del tramo medio o inicial) (Tabla II.3.64). La muestra de Fuerteventura es la que presenta el VF más bajo (menor susceptibilidad a la dispersión) y la P (pendiente) más alta (dispersión brusca) con diferencias importantes si las comparamos con las muestras de Tenerife. Las muestras de Tenerife presentan una mejor agregación y una elevada estabilidad a la desagregación, comparadas con las de Fuerteventura, lo que se atribuye a la presencia de mayores contenidos en materia orgánica y de minerales amorfos de hierro y aluminio en algunos casos (TT y P). Sin embargo una vez desagregadas las muestras, la tendencia a la dispersión en soluciones de SAR infinito es mucho mayor en las muestras de Tenerife, probablemente debido al efecto contradictorio que presenta la materia orgánica. Como ya vimos en la introducción la materia orgánica estabiliza los agregados, pero cuando la desagregación se ha producido (como es este caso ya que partimos de una suspensión coloidal) la materia orgánica actúa como dispersante (debido a su carga negativa), y además su efecto dispersante aumenta con el SAR de la solución (en este caso es infinito, por lo que los VF así obtenidos son los más altos posibles), sobre todo a altos niveles de PSI del suelo. Ésto explica además el que la muestra P sea la que presente el VF más alto, ya que es la que tiene el mayor PSI (17 %, Tabla II.3.3, Parte II, Apto. III.1).

**Tabla II.3.64**  
**Tests de dispersión de la fracción <2mm**  
**VF (meq/L) y P (pendiente)**

ORDEN DE MENOS A MAS DISPERSABLE				
MUESTRA	TF	PJ	TT	P
VF	46,1	257,8	358,4	454,4

ORDEN DE MAYOR A MENOR VELOCIDAD DE DISPERSIÓN				
MUESTRA	TF	PJ	P	TT
P	1,526	0,158	0,092	0,068

TF y TT corresponden al valor medio de goteros e intergoteros

Además de los bajos niveles en materia orgánica, las muestras de Fuerteventura presentan carbonatos y su menor dispersabilidad podría explicarse también por la solubilización de los mismos, que aumenta la concentración de la solución del suelo ejerciendo así un efecto protector de la dispersión (Minhas y Sharma, 1986).

La muestra PJ también presenta carbonatos al igual que las muestras de Fuerteventura, pero los contenidos en materia orgánica también son importantes y como ya vimos en la introducción los carbonatos en presencia de altos valores de materia orgánica favorecen la dispersión (Gupta et

al., 1984). Este hecho podría explicar el diferente comportamiento dispersivo de las muestras TF y PJ, todas con  $\text{CaCO}_3$ , la primera con un valor más bajo de materia orgánica presenta un VF de 46,1 meq/L, muy inferior al VF de la muestra PJ (257,8 meq/L), lo que indica la mayor dispersabilidad de ésta, debido al efecto antagónico de la materia orgánica.

Por otra parte, El-Swaify (1976), van Olphen (1977), Arora y Coleman (1979), Oster et al. (1980) y Shainberg y Letey (1984) describen que las ilitas son los minerales de arcilla más sensibles a la dispersión (presentando los VF más altos) y Rengasamy et al. (1976), Emerson y Bakker (1973) y Emerson y Chi (1977) (según Yousaf, 1983) indican que las ilitas magnésicas son más sensibles a la dispersión que las esmectitas y caolinitas. El magnesio intercambiable presenta una esfera de hidratación mayor que el calcio lo que produce una doble capa difusa más extensa (Shainberg y Kemper, 1966; Emerson y Smith, 1970; Rengasamy et al., 1986; van den Broek, 1989; Keren, 1989 a,b y c) por lo que favorece la dispersión e induce valores altos de PSI [McNeal et al. (1968); Abderrahman y Rowell (1979), Yousaf (1983) y Haghnia y Pratt (1988)].

Como se puede ver en la Tabla II.3.9 (Parte II, Apto. III.2), en todos los suelos estudiados por nosotros predomina la ilita en la fracción arcilla. En la Tabla II.3.65 se presentan los porcentajes de magnesio (PMI) y calcio (PCI) intercambiable, así como la relación PMI/PCI. Se observa que las mayores relaciones PMI/PCI se encuentran en las muestras P, TF y PJ y sin embargo las dos últimas son las menos dispersables. Esta menor dispersabilidad a altas relaciones PMI/PCI puede ser explicada por la presencia de carbonatos en el suelo, ya que como ha sido observado por Alperovitch et al. (1981), el magnesio intercambiable no presenta los efectos dispersivos esperados en suelos calcáreos, debido a que éste produce un incremento de la solubilidad de la calcita, aumentando así la concentración de la solución del suelo. Por el contrario, en la muestra P, que no presenta carbonatos, los efectos dispersivos del magnesio son evidentes ya que es la muestra que presenta el VF más alto y por tanto es la más sensible a la dispersión, Tabla II.3.64).

**Tabla II.3.65**  
**Relación magnesio (PMI) / calcio intercambiable (PCI)**

MUESTRA	TF	TT	P	PJ
PMI	37,4	23,6	29,5	23,8
PCI	44,0	53,2	28,1	33,3
PMI/PCI	0,85	0,45	1,05	0,71

PMI Porcentaje de magnesio intercambiable PCI Porcentaje de calcio intercambiable

Las muestras de Tenerife son más dispersables (VF más altos) que las de Fuerteventura, esto parece ser debido a los mayores contenidos en materia orgánica que tienen un efecto dispersante a altos valores de SAR, sobre todo en aquellos suelos que presenta altos valores de sodio cambiante.

La presencia de carbonatos parece disminuir la dispersabilidad, ya que la solubilización de los mismos aumenta la concentración de la solución del suelo. Sin embargo, los carbonatos asociados a la materia orgánica favorecen la dispersión.

La relación PMI/PCI también parece influir en la dispersabilidad de tal forma que cuanto mayor es esta relación mayor es también el VF. Esta influencia negativa del magnesio no se observa en suelos con carbonatos ya que éste aumenta la solubilidad de la calcita, y con ella la concentración de la solución del suelo.

Con respecto a la pendiente de la recta del tramo medio o inicial (P), la muestra de Fuerteventura (menor VF) es la que sufre la más rápida dispersión, para concentraciones inferiores al VF, mientras que las muestras de Tenerife (TT, P y PJ) aunque son más susceptibles a la dispersión (VF más altos), mantienen un nivel de dispersión más constante por debajo del VF, sobre todo en aquellos suelos que presentan minerales amorfos (TT y P).

Para conocer la cantidad de arcilla dispersa se realizó un test para cada suelo (Parte II, Apto. II.2.1.17), de tal forma que se obtuvieron las ecuaciones *arcilla dispersa [AD (g/L)]* frente a *Transmitancia (%)* (Tabla II.3.66) para cada uno de ellos.

**Tabla II.3.66**  
**Ecuaciones Arcilla dispersa (AD) (g/L) versus T (%)**

Muestra	Ecuación	r	p
TF	$AD (g/L) = 0,309 e^{(1,072 - 0,041 \times T (\%))} - 0,017$	-0,990	< 0,001
TT	$AD (g/L) = 0,325 e^{(-0,321 - 0,040 \times T (\%))} + 0,214$	-0,985	< 0,001
P	$AD (g/L) = 0,399 e^{(-0,289 - 0,035 \times T (\%))} + 0,157$	-0,967	< 0,001
PJ	$AD (g/L) = 0,396 e^{(1,005 - 0,041 \times T (\%))} - 0,116$	-0,980	< 0,001

r coeficiente de correlación p nivel de significación

A partir de la T (%) y con estas ecuaciones se calculó la cantidad de arcilla dispersa en la solución sobrenadante (AD en g/L), el porcentaje de arcilla dispersa del total de arcilla (AD en %) y la cantidad de arcilla dispersa por kg de suelo (AD en g/kg) (Tablas 1 a 6 del Anexo XVIII). Para el cálculo de AD (%), el total de arcilla en cada cubeta fue de 0,67 g/L.

En la Tabla II.3.67 aparecen para cada muestra, las cantidades absolutas y relativas de arcilla dispersa tanto en el comienzo de la dispersión (TVF), es decir con una concentración salina equivalente al valor de floculación, como en el estado de máxima dispersión (TMD) que corresponde hipotéticamente a una concentración electrolítica de 0 meq/L. La máxima dispersión para las muestras de Fuerteventura (TF) y platanera con mulching (PJ) se sitúa en torno al 50 % del total de arcilla, frente al 40 % en las otras muestras, siendo además las muestras que menor cantidad de arcilla dispersa presentan en el punto de floculación, lo cual puede ser debido a la ausencia de hierro y aluminio amorfo y órganomineral y confirman de nuevo la elevada tendencia a la dispersión de estas muestras una vez desagregadas.

**Tabla II.3.67**  
**Arcilla dispersa (AD) a diferentes concentraciones**  
**(Fracción < 2mm)**

	TF	TT	P	PJ
TVF(%)	69,05	56,38	55,25	59,92
AD(g/L)	0,04	0,24	0,20	0,00
AD(%)	5,3	35,8	29,9	0,0
AD(g/kg)	9,2	166,2	99,2	0,0
TMD (%)	21,6	31,9	22,6	19,8
AD(g/L)	0,36	0,28	0,29	0,36
AD(%)	53,7	41,8	43,3	53,7
AD(g/kg)	94,6	193,6	143,7	132,9
ADMD-ADVF(%)	48,4	6,0	13,4	53,7

TVF(%) Transmitancia correspondiente al VF TMD(%) Transmitancia correspondiente a la concentración equivalente a la máxima dispersión AD(g/L) Arcilla dispersa en el sobrenadante AD(%) Porcentaje de arcilla dispersa del total de arcilla  
AD(g/kg) Cantidad de arcilla dispersa por kg de suelo

Del estudio realizado sobre los mecanismos de floculación a partir de suspensiones coloidales, mediante el uso de disoluciones de concentración salina creciente y SAR infinito constante, hemos podido establecer para cada tipo de suelo un valor de floculación, el cual nos indica la dispersabilidad de las partículas una vez se ha producido la rotura de los agregados o desagregación.

Este valor de floculación o concentración electrolítica mínima necesaria para mantener el suelo en el estado de máxima floculación, está condicionado en estos suelos por parámetros químicos tales como el contenido en materia orgánica, la relación entre magnesio y calcio cambiante (PMI/PCI) y la presencia o ausencia de carbonato cálcico.



La pendiente de la recta inicial de la curva de dispersión (Figuras 1 a 6, Anexo XVIII), que corresponde a las concentraciones situadas por debajo del valor de floculación, nos indica la velocidad de dispersión, ya que las pendientes altas (TF y PJ) señalan que la dispersión es brusca y ocurre en un intervalo muy corto de concentraciones, dispersando alrededor del 50 % de la arcilla no dispersa inicialmente, mientras que las pendientes más suaves indican una dispersión más constante, dispersando sólo un 6-13 % de la arcilla no dispersa al principio, aunque la tendencia a la dispersabilidad sea mayor (muestras TT y P), lo cual parece estar en relación con la presencia de agentes estabilizantes como compuestos amorfos de hierro y aluminio.

### III.6.2.2.b. Dispersión del suelo total en soluciones de SAR equivalente al agua de riego

Con el objetivo de analizar la influencia del SAR en el proceso de dispersión y a su vez, evaluar si el agua de riego está produciendo dispersión en los suelos, se realizaron tests de dispersión de arcillas con la fracción < 2mm para cada una de las muestras, aplicando soluciones con concentraciones crecientes y SAR constante equivalente al agua de riego [SAR 13 (meq/L)<sup>0,5</sup> para las muestras de Fuerteventura; SAR 3 (meq/L)<sup>0,5</sup> para las muestras de Tenerife].

En las Tablas 7 a 12 del Anexo XVIII, se presentan tabulados los resultados del test de dispersión, incluyendo el análisis estadístico de las repeticiones, así como la gráfica característica para cada tipo de suelo incluyendo la ecuación de la recta del tramo de mayor pendiente de la gráfica (Figuras 7 a 12, Anexo XVIII). En la Tabla II.3.68 se presentan los valores de floculación (VF) y las pendientes (P) para cada uno de los suelos.

**Tabla II.3.68**  
**Tests de dispersión de la fracción <2mm a SAR 3 y 13**  
**VF (meq/L) y pendiente (P)**

ORDEN DE MENOS A MAS DISPERSABLE				
MUESTRA	P	TT	PJ	TF
VF	16,5	24,9	26,4	35,2
ORDEN DE MAYOR A MENOR VELOCIDAD DE DISPERSIÓN				
MUESTRA	P	PJ	TF	TT
P	3,844	1,443	1,433	1,100

Si comparamos estos valores de floculación obtenidos con soluciones de SAR3 y SAR13, con los calculados para soluciones de SAR infinito (Tabla II.3.69), se observa como en general el VF es menor cuando disminuimos el SAR del agua aplicada, ya que la concentración de sodio disminuye considerablemente y a su vez, lo hace el espesor de la doble capa difusa, por lo que la

tendencia a la dispersión es menor, y por tanto es necesaria una menor concentración electrolítica para mantener el suelo en estado floculado.

**Tabla II.3.69**

**Valores de floculación (meq/L) a diferentes valores de SAR (infinito, 13 y 3)**

SAR	TF	TT	P	PJ
SAR infinito	46,1	358,4	454,4	257,8
SAR 13	35,2	-	-	-
SAR 3	-	24,9	16,5	26,4

Con respecto a la velocidad de dispersión se observa un aumento importante en las muestras de Tenerife, esto indica que la dispersión (para concentraciones inferiores al VF) se hace más brusca (aumentan las fuerzas de repulsión) y tiene lugar en un intervalo de concentraciones más corto (Tabla II.3.70). Pensamos que esto puede deberse al alto valor de pH del agua artificial aplicada a las muestras de Tenerife (pH 8,6).

Éste puede ser el caso para las muestras TT y P que presentan componentes amorfos y organominerales de hierro y aluminio y como señalan Suárez et al. (1984), el aumento de la dispersión a pH alto está siempre relacionado con el contenido en materia orgánica y en minerales de carga variable. Además la dispersión menos brusca en la muestra TT puede estar relacionada con los mayores contenidos en calcio de cambio (Tablas II.3.2 y II.3.3, Parte II, Apto. III.1) pues como han encontrado Goldberg y Glaubig (1987) la influencia del pH es menor en arcillas saturadas en calcio que en sodio, habiendo observado Lebrón y Suárez (1992) que el sodio intercambiable se encuentra preferencialmente en las superficies externas del dominio (agrupación de ilitas), y éstos empiezan a romperse a partir de un valor crítico de sodio cambiante, por lo que cuanto mayor sea en contenido en calcio cambiante mayor serán las fuerzas de atracción siendo más difícil la individualización de las arcillas o dispersión.

**Tabla II.3.70**

**Pendientes (P) a diferentes valores de SAR (infinito, 13 y 3)**

SAR	TF	TT	P	PJ
SAR infinito	1,526	0,068	0,092	0,158
SAR 13	1,433	-	-	-
SAR 3	-	1,100	3,844	1,443

Con respecto a la muestra PJ podemos decir que el alto contenido en materia orgánica explica el aumento en la velocidad de dispersión cuando utilizamos aguas con altos valores de pH. Además, esta muestra, que no presenta componentes amorfos, dispersa más bruscamente que la

muestra TT debido a que tiene menos calcio cambiabile, y por el contrario lo hace más lentamente que la muestra P ya que esta última presenta aún menos calcio y sobre todo más sodio cambiabile, por lo que, como explicamos anteriormente el proceso de dispersión se hace más intenso a mayores contenidos en sodio cambiabile, en estos suelos ricos en materia orgánica y minerales de carga variable cuando son tratados con aguas alcalinas.

En la Tabla II.3.71 aparecen para cada muestra, las cantidades absolutas y relativas de arcilla dispersa tanto en el comienzo de la dispersión (TVF), es decir con una concentración salina equivalente al valor de floculación, como en el estado de máxima dispersión (TMD), que corresponde teóricamente a una concentración electrolítica de 0 meq/L, y se observa un descenso en la cantidad de arcilla dispersa, con respecto a la que se produce con soluciones de SAR infinito en la muestra de Fuerteventura. Con respecto a las muestras de Tenerife, se sigue observando menos arcilla dispersa en las muestras que presentan hierro y aluminio amorfo y órganomineral (TT y P) pero sufren un aumento importante en la cantidad de arcilla dispersa las muestras P y PJ a pesar de disminuir el SAR, debido al efecto del pH del agua, que sin embargo no es significativo en la muestra TT, probablemente por los altos contenidos en calcio intercambiabile, que disminuyen el mecanismo de la dispersión.

**Tabla II.3.71**  
**Arcilla dispersa a diferentes concentraciones y SAR (3 y 13)**  
**(Fracción < 2mm)**

	TF	TT	P	PJ
	SAR 13	SAR 3		
TVF(%)	63,74	53,97	49,41	51,90
AD(g/L)	0,05	0,24	0,21	0,01
AD(%)	7,5	35,8	31,3	1,5
AD(g/kg)	13,1	166,2	103,9	3,7
TMD (%)	28,8	32,1	9,1	13,8
AD(g/L)	0,26	0,28	0,37	0,50
AD(%)	38,8	41,8	55,2	74,6
AD(g/kg)	67,7	193,3	183,2	184,6
AD(%)MD - AD(%)VF	31,3	6,0	23,9	73,1

TVF(%) Transmitancia correspondiente al VF TMD(%) Transmitancia en el estado de máxima dispersión correspondiente a 0 meq/L AD(g/L) Arcilla dispersa en el sobrenadante AD(%) Porcentaje de arcilla dispersa del total de arcilla

AD(g/Kg) Cantidad de arcilla dispersa por Kg de suelo

El agua de riego de Fuerteventura tiene un SAR de 13 (meq/L)<sup>0.5</sup>, una concentración en torno a 75 meq/L y un pH de 7,7. Como podemos ver en la Tabla II.3.68, la concentración del agua de riego está por encima del VF de la muestra TF, por lo que en principio el agua utilizada para el riego no debería producir dispersión de las arcillas en el suelo. Sin embargo hay que señalar que las lluvias torrenciales que esporádicamente ocurren en esta isla pueden llevar a una disminución de la concentración salina de la solución edáfica por debajo de los VF, produciendo la dispersión sobre todo en los primeros centímetros del suelo, formando una costra de sellado que facilita el flujo horizontal del agua y disminuye la infiltración.

La formación de una costra en la superficie del suelo produce: una reducción de la infiltración e incremento de la escorrentía (Parr y Bertrand, 1960; Hillel y Gardner, 1969, 1970; Cary y Evans, 1974; Hillel, 1980; Morin et al., 1981; Shainberg, 1985), una disminución en el intercambio gaseoso entre la atmósfera y el suelo (Domby y Kohnke, 1956) e interfiere en la germinación de las semillas (Hanks y Thorpe, 1957; Taylor, 1962; Sale y Harrison, 1964; Frelich et al., 1973; Shainberg, 1985).

La formación de estas costras es un proceso cinético que depende de la concentración electrolítica del agua aplicada, del PSI del suelo y de la perturbación provocada por la aplicación del agua en la superficie del suelo.

La estructura de la costra de sellado ha sido investigada morfológicamente por McIntyre (1958), Le Bissonnais y Bruand (1993) y otros, encontrando que en la costra se podían distinguir dos partes: una lámina superficial de sellado atribuida a la compactación debido al impacto de las gotas de lluvia, y una zona de acumulación de partículas pequeñas (washed-in zone), de baja porosidad y menor infiltración que la lámina superficial, esta capa de acumulación se forma solamente en suelos que dispersan fácilmente; Epstein y Grant (1973) y Chen et al. (1980) encontraron solamente costras con la lámina superficial.

Dos mecanismos fueron propuestos para explicar la formación de las costras de sellado: rotura de los agregados y compactación debido al golpeteo de las gotas de lluvia en la superficie del suelo con la consiguiente formación de una delgada lámina de sellado, y la dispersión de las arcillas y movimiento de las partículas finas hacia una región de acumulación (washed-in zone). El primer mecanismo es de naturaleza mecánica, y en el segundo, predominan fuerzas químicas (Shainberg, 1985).

La permeabilidad de la costra y la infiltración del suelo está determinada por la capa de acumulación (Kazman et al., 1983), la cual se ha formado bajo condiciones que favorecen la

dispersión de las arcillas (alta sodicidad, baja concentración electrolítica e impacto mecánico de las gotas de lluvia).

El agua de riego de las muestras de Tenerife tiene una concentración salina de 10 meq/L, un SAR de 3 (meq/L)<sup>0.5</sup>, y un pH de 8,6, por lo que la concentración del agua de riego está por debajo del VF de las mismas (Tabla II.3.68), lo cual nos indica que en estos suelos se debe producir dispersión cuando se emplean aguas de baja concentración salina, como es este caso. Además el pH alcalino del agua de riego también puede influir aumentando la dispersión en estos suelos que presentan unos contenidos importantes en materia orgánica y hierro y aluminio amorfo y organomineral (en algunos casos), sobre todo con altos niveles de sodio cambiante.

En la Tabla II.3.73 se presentan las cantidades de arcilla dispersa en las condiciones de SAR y concentración del agua de riego y se puede observar como las muestras de Tenerife son las que presentan porcentajes de arcilla dispersa superior al 20 %, valor a partir del cual la dispersión se considera importante (Abu-Sharar et al., 1987b; Goldberg y Glaubig, 1987; Abu-Sharar, 1988; Goldberg y Foster, 1990; Abu-Sharar, 1993).

**Tabla II.3.73**

**Arcilla dispersa a la concentración (C) y SAR del agua de riego**

Muestra	SAR (meq/L) <sup>0.5</sup>	C (meq/L)	T (%)	AD(g/L)	AD (%)	AD(g/kg)
TF	13	75	64,88	0,05	6,8	11,8
TT	3	10	40,50	0,26	38,8	179,7
P	3	10	24,00	0,29	43,3	143,7
PJ	3	10	28,50	0,22	32,8	81,1

T(%) Transmitancia    AD(g/L) Arcilla dispersa en el sobrenadante    AD(%) Porcentaje de arcilla dispersa del total de arcilla  
AD(g/kg) Cantidad de arcilla dispersa por kg de suelo

El valor de floculación establecido en el apartado anterior para cada tipo de suelo, depende estrechamente del SAR de la disolución aplicada (o del agua de riego), aumentando su valor a medida que aumenta el SAR, o lo que es lo mismo haciéndose más dispersable, sobre todo con contenidos altos de materia orgánica en el suelo.

Se observa un aumento de la pendiente en las muestras de Tenerife al disminuir el SAR, lo que significa que para concentraciones inferiores al VF la dispersión se hace más brusca, lo cual puede explicarse por el valor de pH del agua aplicada (SAR 3, pH 8,6) frente al pH 6 de las aguas con SAR infinito, que produce un aumento de la dispersión en suelos con minerales amorfos de

hierro y aluminio y materia orgánica. Este efecto negativo del pH parece ser menos importante en suelos con altos contenidos en calcio cambiabile.

El agua de Fuerteventura presenta una concentración salina superior al VF calculado por lo que no se debe producir la dispersión de las arcillas en esas condiciones, sin embargo una disminución de la concentración salina por debajo del VF (p. ej. después de una lluvia torrencial) puede provocar, dispersión de las arcillas en la superficie del suelo y formación de costras de sellado debido a la rapidez de dispersión.

Con respecto al agua de riego de Tenerife, su baja concentración salina (inferior al VF) y su alto valor de pH (8,6) nos indica que en estos suelos se debe producir dispersión, importante en la muestra PJ (debido a la baja estabilidad de los agregados) y también en aquellos suelos con agregados más estables (con hierro y aluminio) cuando éstos se van enriqueciendo en sodio a costa de una disminución del calcio cambiabile.

### **III.6.2.3. Relación entre los mecanismos de desagregación y dispersión de arcillas**

Los suelos de Fuerteventura (muestra TF) presentan una estructura con una baja agregación y por tanto con un bajo porcentaje de agregados de tamaño superior a 200  $\mu\text{m}$ , los cuales muestran una cierta estabilidad al agua. Ni el porcentaje de agregados estables, ni la cinética de desagregación se ve afectada de manera significativa ni por la salinidad ni por el SAR del agua aplicada, lo cual indica que la desagregación en estos suelos no tiene lugar por el fenómeno de hinchamiento o explosión osmótica, que es el habitual, al menos en las primeras etapas en los suelos de Tenerife.

Por otra parte el valor de floculación en estos suelos es bajo, lo que indica que sólo dispersan en presencia de soluciones muy diluídas y entonces lo hacen de forma brusca. La baja tendencia a la dispersión, atribuída a la presencia de carbonatos en estos suelos, explica la nula influencia de la concentración iónica de la solución en la desagregación de estos suelos, y a que en ellos la degradación de los agregados se produce por un mecanismo de dispersión brusca de las arcillas, en presencia de soluciones diluidas, lo cual está relacionado con los altos contenidos de sodio y magnesio cambiabile.

El hecho de que el mecanismo de dispersión y no el de explosión osmótica sea el responsable de la degradación de la estructura de estos suelos, tiene consecuencias prácticas importantes ya que la utilización en el riego de aguas con una concentración iónica superior al valor de floculación, es siempre recomendable para mantener unas buenas condiciones físicas, pues cuando baja mucho la concentración del agua aplicada (lluvia o riego) se produce la dispersión

brusca de los agregados y la degradación de la conductividad hidráulica del suelo con formación de costras de sellado superficiales.

En las muestras de Tenerife, se observa siempre una buena estructura (grumosa) con un elevado contenido en agregados de diámetro superior a 200  $\mu\text{m}$ . La estabilidad de estos agregados en agua es moderada en las muestras TT y P y baja en los suelos de platanera con mulching (PJ).

En todos estos suelos y a diferencia de los de Fuerteventura el proceso de desagregación se ve fuertemente influenciado por la concentración salina del agua aplicada, el SAR y el pH de la misma. Esto indica que en estos casos las primeras etapas de la desagregación tiene lugar por ruptura de los agregados debido a su mecanismo de explosión osmótica en presencia de soluciones de baja concentración electrolítica, altos valores de SAR y pH. El efecto producido por el mecanismo de explosión osmótica, es diferente en los tres tipos de suelos y depende de la estabilidad de los agregados en relación con las características químicas de los suelos.

En la muestra PJ, donde los agregados tienen una baja estabilidad (sobre todo a altos valores de SAR y bajas concentraciones salinas del agua), la ruptura de los agregados se produce de forma brusca y además los agregados procedentes de estas estructuras desagregadas son muy susceptibles a la dispersión, aún con aguas de concentración salina relativamente alta, produciéndose una dispersión brusca de los coloides. La elevada dispersabilidad de estos agregados, aún con contenidos altos de carbonato cálcico se atribuye al efecto antagónico de la materia orgánica, muy abundante en estas muestras.

Vemos pues como en estos suelos la degradación de la estructura se produce aún en presencia de aguas salinas por un doble mecanismo, debido a la baja estabilidad ante el fenómeno de explosión osmótica (bajos contenidos en agentes cementantes como el hierro y aluminio organomineral y amorfo) y a la alta dispersabilidad de los agregados debido al efecto combinado de la materia orgánica y los carbonatos presentes en estos suelos.

En los suelos TT y P la estructura tiene una moderada estabilidad, debido a la presencia de un mayor contenido en hierro y aluminio organomineral y amorfo. En estos casos la desagregación sólo se producirá a altos valores de SAR y/o pH, y en baja proporción en presencia de aguas de baja concentración salina, por lo que en las condiciones actuales de riego, el alto valor de pH del agua de riego puede influir en la estabilidad ya que es capaz de revertir la carga del hierro y del aluminio amorfo, aumentando las fuerzas de repulsión, sobre todo si el suelo tiene altos valores de sodio cambiante, ya que las arcillas sódicas tienen dobles capas más extensas. Si por alguna circunstancia se produjese la desagregación y degradación de la estructura, puede ocurrir la dispersión de los

agregados, sobre todo en aquellos suelos con mayores valores de sodio y magnesio cambiante, así como por el uso de aguas de altos valores de pH.

En definitiva en estos suelos salinos y sódicos, la reducción de la conductividad hidráulica por degradación de la estructura, tiene lugar en primer lugar por un proceso de desagregación o ruptura de los agregados, mediante un mecanismo de explosión osmótica que está en relación con la concentración salina, el SAR y el pH del agua de riego, así como con el contenido en compuestos organominerales y amorfos de hierro y aluminio y posteriormente por una dispersión de los agregados, también en relación con la salinidad del agua de riego y con el contenido en carbonato cálcico, materia orgánica y sobre todo sodio y magnesio cambiante.

Esta dispersión de los coloides que tiene lugar luego de la desagregación de la estructura, puede ocurrir inicialmente en aquellos suelos sódicos con estructura degradada (Fuerteventura) con aguas muy diluídas como son las aguas de lluvia, llevando a la formación de una costra de sellado superficial.

#### **III.6.2.4. Relación de parámetros de los tests de desagregación y dispersión con propiedades del suelo**

Con objeto de detectar aquellos parámetros edáficos que mayor importancia tienen determinando la estabilidad de los agregados al agua y su comportamiento dispersivo, se han realizado correlaciones entre los valores claves de los tests de desagregación y dispersión con algunas propiedades edáficas. En concreto se han estudiado el porcentaje de agregados estables después de 60 minutos de agitación en agua destilada referido al porcentaje de agregados en seco determinados inicialmente ( $Aa_{60}$ ), el valor de floculación (VF), el porcentaje máximo de arcilla dispersa (ADMD), la diferencia entre el porcentaje máximo de arcilla dispersa y el porcentaje de la misma en el VF ( $ADMD-ADVF$ ) y la velocidad de dispersión (pendiente P), todos ellos obtenidos en soluciones de SAR infinito.

En la Tablas II.3.74 a II.3.78 se presentan los coeficientes de correlación más altos y significativos utilizando una función lineal ( $Y=ax+b$ ), multiplicativa ( $Y=ax^b$ ), exponencial ( $Y = e^{(a+bx)}$ ) o recíproca ( $1/Y=a+bx$ ). En el caso de la función recíproca, una correlación positiva quiere decir que cuanto mayor es la variable independiente (x) menor es el valor de la variable dependiente (Y) por lo que la hemos considerado como negativa, y cuando el coeficiente de correlación es negativo la hemos considerado como positiva, aunque en las tablas permanezca el signo positivo o negativo que le corresponda. Estas correlaciones se deben tomar con mucha prudencia ya que el número de las muestras con la que se han realizado, aunque representativo de todas las situaciones posibles, es bajo (seis muestras).



El índice Aa60 (agregados > 200 µm estables al agua, luego de 60 minutos de agitación) está correlacionado positivamente con el porcentaje de retención de fósforo (Tabla II.3.74).

El valor de floculación que como hemos dicho se puede considerar como una medida de la susceptibilidad a la dispersión aumenta con el contenido en coloides (correlaciones positivas con la materia orgánica y el contenido en arcillas) (Tabla II.3.75).

**Tabla II.3.74**  
**Coefficientes de correlación y niveles de significación**  
**Porcentaje de agregados > 200µm después de 60 minutos agitación (Aa60) / Otros**  
**parámetros del suelo**

	Multiplicativa
Aa60	
R.P.	r= 0,992 p=0,008

**Multiplicativa**  $Y=ax^b$  Y es la variable dependiente (Aa60), x es la variable independiente, a y b son constantes **R.P.** Retención de fósforo (%)

**Tabla II.3.75**  
**Coefficientes de correlación y niveles de significación**  
**Valor de floculación (VF) / Otros parámetros del suelo**

	Multiplicativa
Valor de floculación	
M.O.	r= 0,953 p=0,003
Arcilla (hexa.)	r= 0,853 p=0,030
Arcilla (resi.)	r= 0,892 p=0,017

**Multiplicativa**  $Y=ax^b$  Y es la variable dependiente (VF), x es la variable independiente, a y b son constantes  
**M.O.** Materia orgánica **Hexa.** Hexametáfosfato sódico **Resi.** Resina sódica

Las correlaciones realizadas con el porcentaje máximo de arcilla dispersa (ADMD) en disoluciones salinas con SAR infinito, tiene en todos los casos menor significación (Tabla II.3.76), pero puede decirse que la cantidad máxima de arcilla dispersa en estas condiciones, disminuye con el hierro y aluminio ligado en forma de complejos organominerales y con el contenido inicial de arcilla.

**Tabla II.3.76**  
**Coefficientes de correlación y niveles de significación**  
**Porcentaje máximo de arcilla dispersa [ADMD(%)] / Otros parámetros del suelo**

	Recíproca
<b>ADMD</b>	
<b>Fep</b>	r= 0,867 p=0,025
<b>Alp</b>	r= 0,863 p=0,027
<b>Arcilla (hexa.)</b>	r= 0,816 p=0,048

**Recíproca**  $1/Y=a+bx$  Y es la variable dependiente (ADMD), x es la variable independiente, a y b son constantes  
**Fep** Hierro extraído con pirofosfato **Alp** Aluminio extraído con pirofosfato **Hexa.** Hexametfosfato sódico

Los coeficientes de correlación entre (ADMD-ADVF) de los test de dispersión y otros parámetros del suelo se presentan en la Tabla II.3.77. Este parámetro nos indica la cantidad de arcilla que dispersa desde el valor de floculación (ADVF) hasta la concentración equivalente a la máxima dispersión (ADMD), y está relacionado con la velocidad de dispersión, ya que como vimos en el Apto. III.6.2.2.a, la cantidad de arcilla dispersa es mayor en aquellos suelos que presentan una alta velocidad de dispersión (dispersión brusca).

**Tabla II.3.77**  
**Coefficientes de correlación y niveles de significación**  
**(ADMD-ADVF)(%) / Otros parámetros del suelo**

	Lineal	Exponencial
<b>(ADMD-ADVF)</b>		
<b>pHes</b>		r= 0,923 p=0,009
<b>pHp</b>		r= 0,971 p=0,001
<b>Ca(meq/100g suelo)</b>		r= 0,871 p=0,024
<b>Feo</b>	r= 0,980 p=0,001	
<b>Alo + ½ Feo</b>	r= 0,928 p=0,008	
<b>Fep</b>	r= 0,857 p=0,029	
<b>Alp</b>	r= 0,916 p=0,010	
<b>Arcilla (hexa.)</b>		r= 0,966 p=0,002

**Lineal**  $Y=ax+b$  **Exponencial**  $Y=e^{(a+bx)}$  Y es la variable dependiente (ADMD-ADVF), x es la variable independiente, a y b son constantes  
**pHes** pH en el extracto de saturación **pHp** pH en la pasta saturada **Ca** Calcio cambiante **Feo** Hierro extraído con oxalato-ácido **Alo** Aluminio extraído con oxalato-ácido **Fep** Hierro extraído con pirofosfato  
**Alp** Aluminio extraído con pirofosfato **Hexa.** Hexametfosfato sódico

Según (ADMD-ADVF), la cantidad de arcilla dispersa disminuye con el calcio adsorbido al complejo de cambio, el hierro y aluminio amorfo y organomineral y la cantidad de arcilla presente en el suelo. Además se encuentran correlaciones negativas entre el valor de (ADMD-ADVF) y la conductividad hidráulica saturada e infiltración. Aparentemente, (ADMD-ADVF) se hace mayor con el aumento del pH de la solución del suelo.

Los coeficientes de correlación entre la pendiente (P) del tramo medio de la gráfica de los test de dispersión y otros parámetros del suelo se presentan en la Tabla II.3.78. Este parámetro P nos indica la velocidad de dispersión cuando la concentración es inferior al valor de floculación, de tal forma que cuanto mayor es P, más brusca es la dispersión.

Las correlaciones de este parámetro (P) son altamente significativas con prácticamente todas las propiedades del suelo consideradas, de tal manera que según este índice, la velocidad de la dispersión es menor al aumentar el contenido en materia orgánica, el calcio adsorbido al complejo de cambio, el hierro y aluminio amorfo y organomineral, el porcentaje de arcilla, etc..

**Tabla II.3.78**  
**Coefficientes de correlación y niveles de significación**  
**Pendiente (P) / Otros parámetros del suelo**

	Multiplicativa	Exponencial	Recíproca
<b>Pendiente</b>			
<b>M.O.</b>	r= 0,968 p=0,002		
<b>PMI</b>		r= 0,894 p=0,016	
<b>Ca(meq/100g suelo)</b>			r= 0,925 p=0,008
<b>SAR</b>			r= 0,834 p=0,039
<b>PSIc</b>			r= 0,834 p= 0,039
<b>Feo</b>			r= 0,958 p=0,003
<b>Alo</b>	r= 0,947 p=0,004		
<b>Fep</b>			r= 0,914 p=0,011
<b>Alp</b>	r= 0,947 p=0,004		
<b>Arcilla (hexa.)</b>			r= 0,981 p=0,001

**Multiplicativa**  $Y=ax^b$  **Exponencial**  $Y=e^{(a+bx)}$  **Recíproca**  $1/Y=a+bx$  Y es la variable dependiente (P), x es la variable independiente, a y b son constantes **M.O.** Materia orgánica **PMI** Porcentaje de magnesio intercambiable **Ca** Calciocambiable **PSIc** Porcentaje de sodio intercambiable calculado **Feo** Hierro extraído con oxalato-ácido **Alo** Aluminio extraído con oxalato-ácido **Fep** Hierro extraído con pirofosfato **Alp** Aluminio extraído con pirofosfato **Hexa.** Hexametáfosfato sódico

La velocidad de dispersión aumenta con el contenido de magnesio y sodio cambiabile, puesto que como vimos en el Apto. III.6.2.2.a. el magnesio y el sodio cambiabiles producen capas difusas extensas que se traducen en incrementos en las fuerzas de repulsión, por lo que la dispersión se hace más brusca (aumenta la velocidad de dispersión).

Hemos considerado Aa60 como índice de estabilidad de los agregados, de tal forma que un alto valor de Aa60 nos indica una alta estabilidad en los agregados del suelo. En general observamos como la presencia de características ándicas, establecida de forma indirecta mediante el porcentaje de retención de fósforo, confiere a los agregados una buena estabilidad.

El VF establecido como índice de dispersabilidad se ve fuertemente influenciado por la materia orgánica, ya que ésta, en las suspensiones coloidales, donde los agregados se han roto previamente, actúa sobre la carga de las arcillas aumentando la dispersabilidad de un suelo (fuerzas de repulsión), por lo que va a necesitar una mayor concentración salina para evitar la dispersión y así mantenerse en el estado de máxima floculación. En suelos arcillosos las fuerzas de repulsión entre la materia orgánica y las partículas de arcilla pueden ser más intensas. Cuando la concentración salina es inferior al VF, comienza a ser importante la dispersión, y ésta puede tener lugar de forma brusca (elevada velocidad de dispersión) (en el caso de suelos con magnesio y sodio cambiabile y altos valores de pH en la solución edáfica) o suave (presencia de hierro y aluminio amorfo y órganomineral, materia orgánica, calcio cambiabile y contenido de arcillas en el suelo).

## **CONCLUSIONES GENERALES**

## **CONCLUSIONES GENERALES**

Nos limitaremos a leer las conclusiones que a nuestro juicio son las más importantes en relación con los objetivos propuestos inicialmente, ya que las conclusiones parciales aparecen en el texto al final de cada apartado.

**1.** Atendiendo a los valores medios de los parámetros más importantes de la solución edáfica y teniendo en cuenta que hay desviaciones considerables de los mismos, los suelos analizados han de considerarse como ligeramente sódicos y medianamente salinos lo que confirma la existencia de procesos de salinización y sodificación en la generalidad de los suelos agrícolas de regadío en Canarias.

**2.** El contenido de sales de las aguas de riego, la excesiva e irracional aplicación de fertilizantes y enmiendas y en menor medida las sales marinas aportadas por la maresía frecuente en áreas costeras, son los principales factores responsables del proceso de salinización-sodificación que sufren los suelos agrícolas de Canarias. Además, las características climáticas con alta temperatura y evaporación y escasas precipitaciones, que condicionan un edafoclima con un régimen hídrico de tipo árido, hacen que las sales no se eliminen del suelo, permaneciendo en el mismo y distribuyéndose en él, según un modelo que depende fundamentalmente del sistema de riego empleado y de las propiedades físicas del suelo, de tal forma que los mayores problemas de salinización se han encontrado en suelos regados mediante sistemas de riego localizado, mientras que los de sodificación, aparecen fundamentalmente en aquellos suelos regados a manta.

**3.** Se ha confirmado que los sistemas de riego localizado, principalmente los de goteo, producen una salinización del suelo que hemos denominado *salinización oculta*. La alta frecuencia de riego con estos sistemas y su localización en las proximidades del sistema radicular del cultivo, hacen que la solución edáfica en esta zona presente una alta dilución, no viéndose afectada la absorción de agua ni de nutrientes por las raíces y obteniéndose altas productividades en el cultivo. Sin embargo las sales expulsadas de la zona rizosférica, continúan en el suelo, acumulándose en las zonas situadas entre los goteros y en los primeros centímetros del suelo. Se produce así una salinización del suelo que pasa desapercibida para el agricultor dadas las altas productividades que obtiene en cultivos de elevada rentabilidad, pero que conlleva una degradación del suelo de consecuencias imprevisibles a medio y largo plazo. El empleo de modelos de transporte de multicomponentes en medios porosos variablemente saturados como el UNSATCHEM-2D utilizado por nosotros, se han revelado de gran utilidad en la predicción de la distribución y acumulación de sales y en el diseño de las prácticas de manejo más adecuadas.

**4.** Más del 80% de los cultivos, principalmente hortícolas, platanera y algunos frutales, se están cultivando en suelos con valores de salinidad medida en extracto saturado superiores a los normalmente recomendados y además con numerosos desequilibrios iónicos en la solución, lo cual debería producir disminuciones notables en la producción, al menos en los cultivos más sensibles.

Sin embargo ésto no ocurre realmente así, lo que se debe a la absorción aparente de sales que se ha observado en los suelos con características ándicas, que son mayoritarios en las sorribas donde se realizan estos cultivos, sobre todo a bajos contenidos de humedad y que se traduce en unas concentraciones iónicas en la solución real de la cual se nutren los cultivos, más bajas que las determinadas en el punto de saturación.

**5.** Los cloruros y el sodio son los iones que predominan en los suelos más salinizados, mientras que los sulfatos y el calcio lo hacen en aquellos con menor intensidad del proceso. Cantidades significativas de nitratos aparecen en la solución edáfica, fundamentalmente en los suelos de cultivo de aquellas islas que tienen una mayor tecnificación agrícola y usan mayores cantidades de agroquímicos.

**6.** Las aguas de peor calidad se encuentran en las islas de Fuerteventura, Gran Canaria y Tenerife, cualquiera que sea el sistema de clasificación de las aguas de riego utilizado. Se observa una cierta tendencia a que las aguas de peor calidad sean las que proceden de pozos, aunque parece deducirse que la calidad del agua está más en relación con la isla de procedencia y con el grado de explotación de los acuíferos que con el procedimiento de obtención de las mismas.

Las directrices propuestas por la FAO y el uso de modelos informáticos tipo SALSODIMAR, son más adecuados para la evaluación de la calidad del agua de riego que las clasificaciones convencionales, ya que tienen en cuenta además de las propias características intrínsecas del agua, la tolerancia de los cultivos a las sales y el efecto que pueda tener el agua sobre las propiedades físicas del suelo. Además, los modelos no sólo tienen en cuenta el complejo sistema formado por suelo, cultivo, clima y agua, sino que también pueden ofrecer una amplia gama de recomendaciones de manejo.

**7.** De manera general puede decirse que las deficiencias que con mayor frecuencia aparecen en todos los cultivos y en todas las islas, son las de potasio, azufre y calcio en lo que se refiere a los macronutrientes y de manganeso, cobre y zinc entre los oligoelementos. Niveles altos en un elevado porcentaje de tejidos foliares se han encontrado para fósforo, hierro, sodio y cloruros.

Las deficiencias de calcio y potasio tienen su origen en un exceso de sodio que reduce la acumulación de estos nutrientes en los tejidos vegetales, mientras que el sodio se acumula.

Los valores marginales de azufre observados parecen deberse a un antagonismo de absorción entre los sulfatos y los cloruros o a una retención de los sulfatos en el suelo. Los valores deficientes observados frecuentemente para los micronutrientes pueden ser debidos no sólo a una baja biodisponibilidad en unas condiciones de pH superiores a 8, sino también a competencias iónicas en condiciones salinas e interacciones con el ión fosfato.

El alto contenido en fósforo en los tejidos de la mayor parte de los cultivos, parece indicar una sobrefertilización fosfórica o un aumento en la absorción de este macronutriente en presencia de altas concentraciones de sodio.

**8.** Como ya hemos señalado anteriormente, en todos los suelos de sorribas que presentan características ándicas la conductividad eléctrica de la solución edáfica real extraída hasta el punto de marchitamiento es menor de la esperada por la simple concentración de la disolución, lo cual indica que en este proceso de concentración, al acercarnos al punto de marchitamiento, se producen procesos tales como la absorción aparente de sales por la fase sólida de los suelos con características ándicas y retenciones iónicas por parte de zeolitas y partículas vítricas en aquellos suelos con mulching de pómez.

Estos procesos de retención salina hacen que en las condiciones reales de humedad de campo, tanto la conductividad eléctrica como el SAR de la solución edáfica sean mucho más bajas que las determinadas en el punto de saturación.

**9.** El estudio de la cinética de desagregación, nos ha permitido establecer como índice de estabilidad, el porcentaje de agregados de tamaño superior a 200  $\mu\text{m}$  estables después de una hora de agitación (Aa60), referido al total de agregados en seco, inicialmente calculado.

Las características del agua: concentración iónica, SAR y pH influyen de manera diferente sobre la estabilidad de los agregados, dependiendo de las características estructurales iniciales de los suelos:

$\rho$  En suelos pobres en materia orgánica con estructura poco desarrollada, no parece observarse variación en la estabilidad de los agregados con aguas de distintos niveles de salinidad y sodicidad. La desagregación no parece ser importante en estos suelos, donde son los mecanismos de dispersión los que juegan un papel decisivo en la estabilidad estructural.



ρ En los suelos con mayores contenidos en materia orgánica, que presentan estructuras más desarrolladas, la presencia de oxihidróxidos amorfos juega un papel de mayor importancia en la estabilidad de los agregados que el sodio cambiante inicial de la muestra. Esta estabilidad, sin embargo, disminuye mucho al aumentar el SAR y el pH del agua de riego, sobre todo a altos valores de sodio cambiante en el suelo. En estos suelos, el mecanismo de desagregación juega un papel preponderante en la estabilidad estructural.

**10.** Del estudio realizado sobre los mecanismos de floculación a partir de suspensiones coloidales, mediante el uso de disoluciones de concentración salina creciente y SAR infinito, hemos podido establecer para cada tipo de suelo un valor de floculación, el cual nos indica la dispersabilidad de las partículas una vez se ha producido la rotura de los agregados o desagregación. Este valor de floculación o concentración mínima necesaria para mantener el suelo en el estado de máxima floculación, está condicionado en estos suelos por parámetros químicos tales como el contenido en materia orgánica, la relación magnesio/calcio cambiante y la presencia o ausencia de carbonato cálcico.

La pendiente de la recta inicial de la curva de dispersión, que corresponde a las concentraciones situadas por debajo del valor de floculación, nos indica la velocidad de dispersión. Pendientes altas señalan que la dispersión es brusca y ocurre en un intervalo muy corto de concentraciones, mientras que pendientes más suaves indican una dispersión más constante aunque la tendencia a la dispersabilidad sea mayor, lo cual parece estar en relación con la presencia de agentes estabilizantes como componentes amorfos de hierro y aluminio.

Se ha demostrado que en estos suelos salinos y sódicos, la reducción de la conductividad hidráulica por degradación de la estructura, tiene lugar en primer lugar por un proceso de desagregación o ruptura de los agregados, mediante un mecanismo de explosión osmótica que está en relación con la concentración salina, el SAR y el pH del agua de riego, así como con el contenido en compuestos organominerales y amorfos de hierro y aluminio y posteriormente por una dispersión de los agregados, también en relación con la salinidad del agua de riego y con el contenido en carbonato cálcico, materia orgánica y sobre todo sodio y magnesio cambiante. Esta dispersión de los coloides que tiene lugar luego de la desagregación de la estructura, puede ocurrir inicialmente en aquellos suelos sódicos con estructura degradada, con aguas muy diluídas como son las aguas de lluvia, llevando a la formación de una costra de sellado superficial.

**11.** Se han obtenido buenas correlaciones entre la conductividad eléctrica del extracto saturado, la concentración de sales y la fuerza iónica, así como entre variables del extracto saturado y variables del extracto 1:1, por lo que pueden utilizarse en análisis de rutina los extractos de suelo 1:1, de fácil

y rápida preparación, y a partir de los mismos estimar los valores convencionales de salinidad, sodicidad e iones solubles. Se han observado diferencias estadísticamente significativas entre el SAR tradicional y el SAR extracto verdadero, que tiene en cuenta la formación de pares iónicos y complejos, así como una ecuación que relaciona ambos parámetros, por lo que se sugiere pues utilizar el SAR extracto verdadero para predecir mejor el riesgo de sodificación del suelo.

También se han obtenido ecuaciones con una alta significación, que relacionan la conductividad eléctrica del agua de riego con el total de sales disueltas, la fuerza iónica, la concentración de boro, al igual que una relación entre el SAR corregido del agua que tiene en cuenta el equilibrio con la calcita y la formación de pares iónicos y complejos y el SAR convencional del agua.

**12.** Correlaciones estadísticas de menor significación que las anteriores se han encontrado entre parámetros del análisis foliar, las aguas de riego y la solución edáfica, deduciéndose de ellas, una interacción fisiológica entre el calcio y los iones borato, que la absorción de sodio está fuertemente regulada por las concentraciones de calcio y potasio, y que el ión cloruro parece tener un papel importante favoreciendo la absorción de agua por la planta.

Evidentemente en un trabajo de Tesis Doctoral siempre quedan algunos aspectos insuficientemente tratados y otros que por su complejidad necesitan abordarse de manera más detallada. En este sentido hemos considerado que el análisis de la solución edáfica a bajos contenidos de humedad, sus métodos de obtención, la absorción aparente de sales y mecanismos de adsorción, es fundamental para mejor comprender la respuesta de los suelos al riego con aguas de baja calidad y la de los cultivos a la salinidad y sodicidad del suelo.

Dada la utilidad demostrada por los modelos de transporte de sales en medios variablemente saturados y de aquellos de clasificación integrada de las aguas de riego, parece también interesante realizar una validación y en su caso adaptación de los modelos existentes a nuestras particulares condiciones edáficas y de calidad de aguas.

La búsqueda de alternativas de gestión de los sistemas suelos-aguas-cultivos que minimicen la degradación de los suelos por salinización oculta y la identificación del papel de esta degradación en la desertificación de las islas, nos parece otra línea de investigación futura, muy prometedora en cuanto a resultados prácticos de manejo y conservación de suelos agrícolas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **BIBLIOGRAFÍA** **(Citada)**

- ABDERRAHMAN, W. y D.L. ROWELL.** 1979. The influence of Mg in saline and sodic soils: an specific effect or a problem of cation-exchange. *J. Soil Sci.*, 30:535-546.
- ABU-SHARAR, T.M.** 1985. Stability of soil structure and reduction in hydraulic conductivity as affected by electrolyte concentration and composition. Ph.D. Thesis. University of California Riverside.
- ABU-SHARAR, T.M.** 1988. Stability of soil aggregates as inferred from optical transmission of soil suspensions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:951-954.
- ABU-SHARAR, T.M.** 1993. Effects of sewage sludge treatments on aggregate slaking, clay dispersion and hydraulic conductivity of a semi-arid soil sample. *Geoderma*, 59:327-343.
- ABU-SHARAR, T.M., F.T. BINGHAM y J.D. RHOADES.** 1987a. Stability of soil aggregates as affected by electrolyte concentration and composition. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51:309-314.
- ABU-SHARAR, T.M., F.T. BINGHAM y J.D. RHOADES.** 1987b. Reduction in hydraulic conductivity in relation to clay dispersion and desaggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51:342-346.
- ADAMS, F.** 1974. Soil solution. En: *The Plant Root and Its Environment*. E.W. Carson (ed.). University Press of Virginia. Charlottesville. USA. p:441-481.
- ADAMS, P. Y L.C. HO.** 1993. Effects of environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of blossom-end rot. *Plant and Soil*, 154:125-132.
- ADINARAYANA, V.D., Y. BALAGURAVIAIAH, P. NARASIMHA RAO y I.V. SUBBA RAO.** 1986. Potassium and sodium disorders in banana. *J. Potassium Res.*, 2:102-107.
- AGRIMAC, S.L.** 1995a. Asistencia técnica: Asesoramiento agronómico en el regadío con aguas depuradas en el Valle de San Lorenzo. Primer informe semestral. 70p.+ anejos.
- AGRIMAC, S.L.** 1995b. Asistencia técnica: Asesoramiento agronómico en el regadío con aguas depuradas en el Valle de San Lorenzo. Segundo informe semestral. 75p.+ anejos.
- AGRIMAC, S.L.** 1999. Asistencia técnica: Asesoramiento agronómico en el regadío con aguas depuradas de Santa Cruz de Tenerife y La Laguna en el Valle de San Lorenzo y Valle Guerra. Segundo informe de seguimiento. 47p.+ anejos.
- AGUILERA KLINK, F., A. BRITO HERNÁNDEZ, C. CASTILLA GUTIÉRREZ, A. DÍAZ HERNÁNDEZ, J.M. FERNÁNDEZ-PALACIOS, A. RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, F. SABATÉ BEL y J. SÁNCHEZ GARCÍA.** 1994. Canarias. Economía, Ecología y Medio ambiente. F. Lemus (ed.). 361 p.

- ALBALADEJO, J., G. CHISCI, D. GABRIELS, J.L. RUBIO y M.A. STOCKING.** 1988. Soil degradation and its impact on desertification: a research design for mediterranean environments. *Soil Technology*, 1:169-174.
- ALPEROVITCH, N., I. SHAINBERG y R. KEREN.** 1981. Specific effect of magnesium on the hydraulic conductivity of sodic soils. *J. Soil Sci.*, 32:543-554.
- AMEZKETA, M.E.** 1992. Físico-química, estabilidad estructural y técnicas de lavado de suelos salino-sódicos del sistema de riegos Monegros-Flumen (Huesca). Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. Lérida. 220 p.
- ARAGÜÉS, R., F. ALBERTO y D. QUILEZ.** 1983. Relaciones entre parámetros químicos de las aguas superficiales de la cuenca del Ebro. Seminario: El sistema integrado del Ebro. Barcelona. 21p.
- ARAGÜÉS, R., M. MILLAN, D. QUILEZ y M. FERNANDEZ.** 1986. Métodos de medida de la salinidad del suelo. I y II. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Comunicaciones I.N.I.A. Serie General. N°18. 172 p.
- ARBELO, C.D. y J.M. HERNÁNDEZ MORENO.** 1988. Influencia de la desorción de cationes en suelos de carga variable. II Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Comunicaciones. Sevilla. p:84-94.
- ARBELO, C.D., J.E. GARCÍA HERNÁNDEZ y J.M. HERNÁNDEZ MORENO.** 1989. Influencia de la dilución en la desorción de cationes en andosoles y suelos ándicos. *An. Edafol. Agrobiol.*, 48:711-724.
- ARBELO, C.D., J.M. HERNÁNDEZ MORENO y J.E. GARCÍA.** 1991. Evaluación cinética de la desorción de bases en suelos con carga permanente y variable. Comparación con el método de la pasta saturada. *Suelo y Planta*, 1:377-387.
- ARMAS ESPINEL, S.** 1998. Caracterización de los suelos ándicos afectados por sales mediante resinas de intercambio catiónico. Trabajo Fin de Carrera Ing. Técn. Agrícola. Universidad de La Laguna. Centro Superior de Ciencias Agrarias. 105 p. + anejos.
- ARNON, D.I. y P.R. STOUT.** 1939. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiol.*, 14:371-380.
- ARORA, H.S. y N.T. COLEMAN.** 1979. The influence of electrolyte concentration on flocculation of clay suspensions. *J. Soil Sci.*, 127(3):134-139.
- ARUNACHALAM, A., N. RAMASWAMY y C.R. MUTHUKRISHNAN.** 1976. Studies on the nutrient concentration in leaf tissue and fruit yield with nitrogen level for Cavendish clones. *Progressive Hort.*, 8:13-22.
- AYERS, R.S. y K.K. TANJIL.** 1981. Agronomic aspects of crop irrigation with wastewater. Proc. Spec. Conf. Water Forum. 81.I:578-586.
- AYERS, R.S. y D.W WESTCOT.** 1976. Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage Paper N°29. FAO. Rome.

- AYERS, R.S. y D.W WESTCOT.** 1985. Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage Paper N°29. Rev.1. FAO. United Nations, Rome. 174 p.
- BADÍA, D. y A. MEIRI.** 1994. Composición iónica de dos cultivares de tomatara (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Con diferente tolerancia a la salinidad. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.*, 9(3):367-375.
- BADÍA, D. y A. MEIRI.** 1997. Influencia de la sodicidad edáfica sobre la nascencia de dos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Boletín de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. N° 3-2, p:377-386.
- BAI.** 1979. Kano River Project Phase II. Unpublished Soil and Land Capability Rep. Vol. 1. Summary and Main Report. Vol. 2 Annexes. BAI, London.
- BALTEN.** 1993. Proyecto de seguimiento de la implantación del regadío con aguas depuradas de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife en el Valle de San Lorenzo. Cabildo de Tenerife. Memoria.
- BARRER, R.M.** 1978. Cation exchange equilibria in zeolites and feldspathoids. En: Natural Zeolites: Occurrence, Properties, Use. L.B. Sand y F.A. Mumpton (eds.). Pergamon Press, Oxford. p:385-401.
- BARRER, R.M. y A.J. WALKER.** 1964. Imbibition of electrolytes by porous crystals. Transactions Faraday Society. 60:171-179.
- BARROW, C.J.** 1991. Land Degradation. Development and Breakdown of Terrestrial Environments. Cambridge: Cambridge University Press.
- BARROW, N.J.** 1985. Reaction of anions and cations with variable-charge soils. *Adv. Agron.*, 38:183-230.
- BARTOLI, F., G. BURTIN y J. GUERIF.** 1992a. Influence of organic matter on aggregation in Oxisols rich in gibbsite or in goethite. II. Clay dispersion, aggregate strength and water-stability. *Geoderma*, 54:1-16.
- BARTOLI, F., G. BURTIN y A.J. HERBILLON.** 1991. Disaggregation and clay dispersion of Oxisols: Na resin, a recommended methodology. *Geoderma*, 49:301-317.
- BARTOLI, F., R. PHILIPPY y G. BURTIN.** 1988. Aggregation in soils with small amounts of swelling clays. I. Aggregate stability. *J. Soil Sci.*, 39:593-616.
- BARTOLI, F., R. PHILIPPY y G. BURTIN.** 1992b. Poorly ordered Fe oxides, colloidal dispersion and soil aggregation. II. Modification of silty soil aggregation with Fe (III) polycations and model humic macromolecules. *J. Soil Sci.*, 43:59-75.
- BATEY, T. y D.B. DAVIES.** 1971. Soil field handbook. ADAS Advisory Papers N°9. MAFF. London.
- BELDA, R.M. y L.C. HO.** 1993. Salinity effect on the network of vascular bundles during tomato fruit development. *J. Hort. Sci.*, 68:557-564.

- BENITO-RUEDA, E. y F. DÍAZ-FIERROS VIQUEIRA.** 1989a. Estudio de los principales factores que intervienen en la estabilidad estructural de los suelos de Galicia. *An. Edafol. Agrobiol.* 48:229-253.
- BENITO-RUEDA, E. y F. DÍAZ-FIERROS VIQUEIRA.** 1989b. Comparación de diferentes métodos de medida de la estabilidad estructural al agua. *An. Edafol. Agrobiol.*, 48:291-302.
- BERNSTEIN, L.** 1974. Crop growth and salinity. En: Drainage for agriculture. J. van Schilfgaarde (ed.). *Agron. J.*,17:39-54.
- BERNSTEIN, L. y L.E. FRANCOIS.** 1973. Leaching requirements studies: Sensitivity of alfalfa to salinity of irrigation and drainage waters. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 37:931-939.
- BINGHAM, F.T., R.J. MAHLER y G. SPOSITO.** 1979. Effects of irrigation water composition on exchangeable sodium status of a field soil. *J. Soil Sci.*, 127:248-252.
- BISTRITSKAYA, T.L., V.V. VOLKOVA y V.V. SNAKIN.** 1981. Soil solutions in chernozems and grey forest soils. Nauka. Moscow.
- BLACK, C.A., D.D. EVANS, J.L. WHITE, L.E. ENSMINGER y F.E. CLARK.** 1965. Methods of soil analysis. *Amer. Soc. Agron.*, 11:1108-1110.
- BLACK, A.S. y A.S. CAMPBELL.** 1982. Ionic strength of soil solution and its effect on charge properties of some New Zealand soils. *J. Soil Sci.*, 33:249-262.
- BLAKEMORE, L.C., P.L. SEARLE y B.K. DALY.** 1981. Soil Bureau laboratory methods. A: Methods for chemical analysis of soils. New Zeland soil bureau scientific. Report 10 A. CSIRO. New Zeland.
- BLESA RODRÍGUEZ, A.C. y E. FERNÁNDEZ CALDAS.** 1973. Enfermedad de Panamá. *An. Edafol. Agrobiol.*, 32(3-4):233-259.
- BOELS, D., D.B. DAVIERS y A.E. JOHNSTON.** 1982. Soil degradation. A.A. Balkema. Rotterdam. 280 p.
- BOHN, H.L. B.L. McNEAL y G.A. O'CONNOR.** 1985. Soil Chemistry. 2ª ed. Wiley-Interscience Publication by John Wiley & Sons. New York. 341 p.
- BOIFFIN, J.** 1984. La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. Engineer Doctorate Thesis. INA-PG. Paris.
- BOLIVAR TOLEDO, R.** 1990a. Efectos de la calidad del agua sobre el cultivo del tomate. III Jornadas de Transferencia Tecnológica. El Cultivo del Tomate. Ediciones y promociones L.A.V., S.L. p:167-178.
- BOLIVAR TOLEDO, R.** 1990b. Respuesta de los cultivos a la calidad del agua de riego: El tomate. Ciclos de Seminarios V Curso Internacional de riego localizado. Consejería de Agricultura y Pesca del Gobierno Autónomo de Canarias. p:141-155.

**BORGES PÉREZ, A., M. FERNÁNDEZ FALCÓN, J.F. PÉREZ FRANCÉS y I. LÓPEZ CARREÑO.** 1990. El Mal de Panamá en las Islas Canarias (platanera Dwarf Cavendish). Aspectos nutricionales. *Phytoma*, 18:27-31.

**BORGES PÉREZ, A., I. TRUJILLO, F. GUTIÉRREZ JEREZ y D. ANGULO RODRÍGUEZ.** 1983. Estudio sobre el Mal de Panamá en las Islas Canarias. II. Influencia de los desequilibrios nutritivos P-Zn y K-Mg del suelo, en la alteración de los mecanismos de resistencia de la platanera (Dwarf Cavendish) al Mal de Panamá. *Fruits*, 38:755-758.

**BORGGAARD, O.K.** 1983. Iron oxide in relation to aggregation of soil particles. *Acta Agric. Scand.*, 23:257-260.

**BOWER, C.A.** 1959. The chemical amendments for improving sodium soils. *Agric. Info. Bull N°195.* USDA, Washington DC.

**BOWER, C.A. y J.T. HATCHER.** 1962. Characterization of salt-affected soils with respect to sodium. *J. Soil Sci.*, 93:275-280.

**BOWER, C.A., G. OGATA y J.M. TUCKER.** 1968. Sodium hazard of irrigation waters as influenced by leaching fraction and by precipitation of calcium carbonate. *J. Soil Sci.*, 106:29-38.

**BOWER, C.A., R.F. REITEMEIER y M. FIREMEN.** 1952. Exchangeable cation analysis of alkaline and saline soils. *J. Soil Sci.*, 73:251-261.

**BRESLER, E., B.L. McNEAL y D.L. CARTER.** 1982. Saline and Sodic Soils. Principles-Dinamics-Modeling. D.F.R. Bommer, B.R. Sabey, G.W. Thomas, Y. Vaadia y L.D. Van Vleck (eds.). *Advanced Series in Agricultural Sciences 10.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. 236 p.

**BREWER, R. y A.V. BLACKMORE.** 1976. Subplasticity in Australian soil. II. Relationships between subplasticity rating, optically oriented clay, cementation and aggregate stability. *Austr. J. Soil Res.*, (14):237-248.

**BRYANT, S.L., R.S. SCHECHTER y L.W. LAKE.** 1986. Interactions of precipitation/dissolution waves and ion exchange in flow through permeable media. *A.I.Ch.E.J.*, 32(5): 751-764.

**BYBORDI, M.** 1989. *Principal of Drainage Engineering and Improvement of Soils.* Tehran University Publication, Tehran, Irán.

**CAMPBELL, R.B.** 1949. Change of electrical conductivity with temperature and the relation of osmotic pressure to electrical conductivity and ion concentration for soil extracts. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 13:66-69.

**CAMPOS TORRES, C.Y.** 1995. Evolución de la calidad del agua depurada de Santa Cruz de Tenerife durante su transporte para su reutilización agronómica. EUITA. Universidad de La Laguna. Proyecto Fin de Carrera. 91 p. + Tablas + Figuras.

**CANOVAS CUENCA, J.** 1980. Calidad agronómica de las aguas de riego. *Publicaciones de Extensión Agraria (Madrid).* 55 p.



- CARY, J.W. y D.D. EVANS.** 1974. Soil crusts. J.W. Cary y D.D. Evans (ed.). Tech. Bull. N°214. Univ. of Arizona. Tucson. AZ.
- CASS, A. y M.E. SUMNER.** 1982a. Soil pore structural stability and irrigation water quality. I. Empirical sodium stability model. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46:503-506.
- CASS, A. y M.E. SUMNER.** 1982b. Soil pore structural stability and irrigation water quality. II. Sodium stability data. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46:507-512.
- CASTILLA, N.** 1995. Manejo del cultivo intensivo con suelo. El cultivo del tomate. Obra coordinada y dirigida por Fernando Nuez. Ed. Mundi Prensa. p:188-221.
- CASTILLA, N. Y E. FERVERES.** 1990. Tomato growth and yield in unheated plastic greenhouse under mediterranean climate. *Agr. Mediterránea*, 120(1):31-40.
- CEDERBERG, G.A., R.L. STREET y J.O. LECKIE.** 1985. A groundwater mass transport and equilibrium chemistry model for multicomponent systems. *Water Resour. Res.*, 21(8):1095-1104.
- CHANG, C., T.G. SOMMERFELDT, J.H. CAREFOOT y G.B. SCHEALJE.** 1983. Relationships of electrical conductivity with total dissolved salts and cation concentration of sulfate dominant soil extracts. *Can. J. Soil Sci.*, 63:79-86.
- CHAPMAN, H.D.** 1966a. Calcium. En: Diagnostic Criteria for Plants and Soils. H.D. Chapman (ed.). University of California. Division of Agricultural Sciences. p:65-92.
- CHARPENTIER, J.M. y P. MARTIN-PRÉVEL.** 1968. Carences et troubles de la nutrition minérale chez le bananier. Guide de diagnostic pratique. Ed. IRFA, Paris.
- CHAVE, K.E.** 1965. Carbonates: Association with organic matter in surface seawater. *J. Soil Sci.*, 148:1723-1724.
- CHAVE, K.E. y E. SUESS.** 1970. Calcium carbonate saturation in seawater: Effects of dissolved organic matter. *Limnol. Oceanogr.*, 15:633-637.
- CHEN, J., J. TARCHITZKY, J. MORIN y A. BANIN.** 1980. Scanning electron microscope observations on soil crust and their formation. *J. Soil Sci.*, 130:49-55.
- CHIANG, S.C., D.E. RADCLIFFE, W.P. MILLER y K.D. NEWMAN.** 1987. Hydraulic conductivity of three southeastern soils as affected by sodium, electrolyte concentration and pH. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51:1293-1299.
- CONCARET, J.** 1967. Etude des mécanismes de la destruction des agrégats de terre au contact de solutions aqueuses. *Ann. Agron.*, 18:99-144.
- COX, F.R. y E.J. KAMPRATH.** 1972. Micronutrient soil tests. En: Micronutrients in Agriculture. J.J. Mortvedt et al. (eds.). Soil Sci. Soc. Am. Madison. Wisconsin. p:289-317.

- CRUZ GARCÍA, J.L.** 1997. Características de la sorción-desorción de boro en suelos ándicos: consecuencias en el manejo de suelos regados con agua depurada. Tesina. Departamento de Edafología y Geología. Universidad de La Laguna. 74 p.
- CSILLAG, J. y M. RÉDLY.** 1989. Study of the liquid phase of the soil as a multicomponent electrolyte solution. *Agrokém. Talajtan*, 38(3-4):657-673.
- CSILLAG, J., T. TÓTH y M. RÉDLY.** 1993. Relación entre la composición de la solución del suelo y el contenido de la humedad en suelos salinos húngaros. Comunicaciones del XII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Salamanca. p:214-221.
- CSILLAG, J., T. TÓTH y M. RÉDLY.** 1995. Relationships between soil solution composition and soil water content of Hungarian salt-affected soils. *Arid Soil Res. Rehabilitation*, 9:245-260.
- CUARTERO, J., R. FERNÁNDEZ-MUÑOZ y J.J. GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ.** 1995. Estrés abiótico. El Cultivo del tomate. Obra coordinada y dirigida por Fernando Nuez. Ed. Mundi Prensa. p:353-383.
- CUBAS, V.** 1985. Reactividad oxalato y materiales activos en suelos de carga variable. Aplicación a los andosoles. Tesis Doctoral. Departamento de Edafología y Geología. Universidad de La Laguna. 123 p.+ tablas y figuras.
- CUBAS, V., C.D. ARBELO y M. ESPINO.** 1991. Sulfato desorbible con fosfato en andosoles. *Suelo y Planta*, 1:277-285.
- DARAB, K., K. KISS y J. MEDVEGY.** 1956. Methods for the analysis of the soil solution on alkali soils of the Trans-Tisza Region. *Agrokém. Talajtan*, 5:395-404.
- DEHAL, K. y M. TAL.** 1978. Salt tolerance in the wild relatives of the cultivated tomato: responses of *Solanum pennellii* to high salinity. *Irrig. Sci.*, 1:71-76.
- DEL CASTILLO RODRÍGUEZ, M.D.** 1994. Zeolitas en suelos pumíticos del Sur de Tenerife. Tesis Doctoral. Instituto de Productos Naturales y Agrobiología de Canarias. Departamento de Edafología y Geología. 287 p.
- DELVAUX, B.** 1996. Soils. En: Bananas and Plantains. S. Gowen (ed.). Natural Resources Institute, Chatham, UK and Department of Agriculture University of Reading, UK. Chapman & Hall. p:230-257.
- DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TECNOLOGÍA FARMACEÚTICA. UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA.** 1994. Proyecto de colaboración con BALTEN para el seguimiento de los elementos que integran el sistema del regadío con aguas residuales depuradas de Santa Cruz de Tenerife en el Valle de San Lorenzo. Informe: Periodo Diciembre 93-Junio 94. 91 p.
- DOMBY, C.W. y H. KOHNKE.** 1956. The influence of soils crusts on gaseous diffusion. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 20:1-5.
- DOMÍNGUEZ VIVANCOS, A.** 1983. Tratado de Fertilización. Ediciones Mundi-Prensa. 585 p.

- DOMÍNGUEZ VIVANCOS, A.** 1989. Tratado de Fertilización. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 597 p.
- DONAHUE, R.L., R.W MILLER y J.C. SHICKLUNA.** 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. J.U. Miller (ed.). Editorial Prentice/Hall Internacional. 624 p.
- DONEEN, L.D.** 1954. Salinization of soil by salts in the irrigation water. *Trans. Am. Geophys. Union*, 35:943-950.
- DREGNE, H. E.** 1976. Soil of Arid Regions. Elsevier. Amsterdam.
- DUCHAUFOR, PH.** 1975. Manual de Edafología. Masson (ed.). 41p.
- DU PLESSIS, H.M. y I. SHAINBERG.** 1985. Effect of exchangeable sodium and phosphogypsum on the hydraulic properties of several South African soils. *S. Afr. Tydskr. Plant. Grond.*, 2(4):179-186.
- DURGIN, P.B. y J.G. CHANEY.** 1984. Dispersion of kaolinite by dissolved organic matter from Douglass-fir roots. *Can. J. Soil Sci.*, 64:445-455.
- DYER, A. y D. KEIR.** 1989. Ion exchange and pH tolerance in molecular sieve zeolites. *J. Radioanalytical Nuclear Chemistry*, 132:423-441.
- DYER, A., S.A. MALIK, A. ARAYA y T.J. McCONVILLE.** 1984. New anion exchangers of zeolite type. Recent Development in Ion Exchange, Ionex-84 Conf. Wrexham. P.A. Williams y M.J. Hudson. Elsevier Applied Science. London, UK. p:257-263.
- EDWARD, A.P. y J.M. BREMNER.** 1967. Microaggregates in soils. *J. Soil Sci.*, 18:64-73.
- EHRET, D.L. y L.C. HO.** 1986. Translocation of calcium in relation to tomato fruit growth. *An. Bot.*, 58:679-688.
- ELAJABEITIA ACEVEDO, P.M.** 1975. Protección contra el viento de los frutales. Curso para Postgraduados sobre Fruticultura Tropical y Subtropical. E.T.I.A. Universidad de La Laguna.
- ELIZALDE, B. y S. LARSEN.** 1983. Effect of potassium on salt tolerance plants irrigated with saline waters. *An.Edafol. Agrobiol.*, 42:193-205.
- EL-SWAIFY, S.A.** 1976. Changes in the physical properties of soil clays due to precipitated aluminum and iron hydroxides. II. Coloidal interactions in the absence of drying. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40:516-520.
- EL-SWAIFY, S.A. y W.W. EMERSON.** 1975. Changes in the physical properties of soil clays due to precipitated aluminium and iron hydroxides. I. Swelling and aggregate stability after drying. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 39:1056-1063.
- EMERSON, W.W.** 1977. Physical properties and structure. En: Soil Factors in Crop Production in a Semi-Arid Environment. J.S. Russell y E.L. Greacen (eds.). University of Queensland Press, Brisbane. p:78-104.

**EMERSON, W.W.** 1983. Inter-particle bonding. En: Soils: An Australian viewpoint. Chapter 31, CSIRO Melbourne and Academic Press. London. p.477-498.

**EMERSON, W.W. y B.H. SMITH.** 1970. Magnesium organic matter and soil structure. *Nature*, 228:453-454.

**ENRIQUE MARTÍN, A. y M.E. BARRAGÁN LANDA.** 1997. Efecto del riego sobre un suelo salino cultivado en la Ribera de Navarra. Boletín de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. Nº 3-2. p:331-336.

**EPSTEIN, E. y W.J. GRANT.** 1973. Soil crust formation as affected by raindrop impact. En: Ecological Studies. 4. Physical aspects of soil water and salts in ecosystems. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg. New York. p:195-201.

**FAO.** 1963. High dam soil survey project, Aswan-Deb B.C. FAO, Rome.

**FAO.** 1979. Soil survey investigations for irrigation. Soils Bull. Nº42. FAO, Rome.

**FAO.** 1985a. Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. Soils Bull. Nº55. FAO, Rome.

**FAO.** 1985b. Water quality for agriculture. Ayers R.S. and Wescot D.W. Irrigation and Drainage. Paper Nº 29 Rev. 1. FAO, Rome.

**FAO.** 1991. FAO Production Yearbook. FAO, Rome.

**FAUCK, R., G. MOREAUX y C. THOMANN.** 1969. Changes in soil of Sefa (Casamance, Senegal) after 15 years of continuous cropping. Paris. *Agron. Trop.*, 24:263-301.

**FELHENDLER, R., I. SHAINBERG y H. FRENKEL.** 1974. Dispersion and the hydraulic conductivity of soils in mixed solutions. Int. Congr. Soil Sci. Trans. 10th. 1:103-111.

**FERNÁNDEZ-CALDAS, E. y A. BORGES PÉREZ.** 1971. Les reserves de potassium dans les sols bananeraies aux Iles Canaries. *Fruits*, 26:651-656.

**FERNÁNDEZ-CALDAS, E. y A. BORGES PÉREZ.** 1973. Interrelations between various indexes of available potassium in soils of banana plantations. Potash Review, Subject 5, Nº10. From Fruits, 28, Nº3. p:1-5.

**FERNÁNDEZ-CALDAS, E. y V. GARCÍA.** 1970. Contribution a l'étude de la fertilité des sols de bananeraie de l'île de Ténérife. *Fruits*, 25:175-185.

**FERNÁNDEZ-CALDAS, E. y V. PÉREZ GARCÍA.** 1974. Características químicas de las aguas subterráneas de las Islas Canarias Occidentales (Tenerife, La Palma, Gomera y Hierro). Centro de Edafología y Biología Aplicada de Tenerife, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (eds.). 182 p.

**FERNÁNDEZ-CALDAS, E., V. PÉREZ GARCÍA y A. BORGES PÉREZ.** 1971. Tolérance du bananier aux eaux d'irrigation bicarbonatées (eaux souterraines de Ténérife). *Fruits*, 26(1):5-13.

**FERNÁNDEZ-CALDAS, E., M.L. TEJEDOR SALGUERO y P. QUANTIN.** 1982. Suelos de regiones volcánicas. Tenerife. Islas Canarias. Editado por el Secretariado de publicaciones de la Universidad de La Laguna y Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Colección Viera y Clavijo IV. 250 p.

**FEY, M.V. y LE ROUX, J.** 1976. Electric charges on sesquioxidic soil clays. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40:359-364.

**FÖRSTER, R. y H. GERKE.** 1988. Integration von Modellen des Wasser- und Stofftransports sowie physikochemischer Wechselwirkungen zur Analyse von Agrar-Ökosystemen, Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie. Band XVIII. Essen.

**FORTUN, A. y C. FORTUN.** 1989. Diversos aspectos sobre el papel de la materia orgánica humificada en la formación y estabilización de los agregados del suelo. *An. Edafol. Agrobiol.*, 48:185-204.

**FORTUN, A., C. FORTUN y C. ORTEGA.** 1989. Effect of manure and its humic fractions aggregate stability of a sandy-loam soil. *J. Soil Sci.*, 40(2):293-298.

**FOX, R.L.** 1989. Detecting mineral deficiencies in tropical and temperate crops. En: Westview Press, Boulder, CO. D.L. Plucknett y H.B. Sprague (eds.).

**FOX, R.L., B.J. KANG y G.F. WILSON.** 1979. A comparative study of the sulphur nutrition of banana and plantain. *Fruits*, 34:525-534.

**FRELICH, J., E.W. JENSEN y R.O. GIFFORD.** 1973. Effects of crust rigidity and osmotic potential on emergence of six grass species. *Agron. J.*, 65:26-29.

**FRENKEL, H. y J.D. RHOADES.** 1978. Effects of dispersion and swelling on soil hydraulic conductivity. *J. of Testing and Evaluation*, 6(1):60-65.

**FRENKEL, H. y I. SHAINBERG.** 1980. The effect of hydroxy-Fe polymers on montmorillonite particle size. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:626-629.

**FUENTES YAGÜE, J.L.** 1989. El suelo y los fertilizantes. Ediciones Mundi-Prensa, Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación-Servicio de Extensión Agraria. 283 p.

**GALÁN SAUCO, V.** 1992. Los Frutales Tropicales en los subtrópicos II. Plátano (Banano). Ed. Mundi-Prensa. 173 p.

**GALÁN SAUCO, V. y J. CABRERA CABRERA.** 1990. El cultivo del plátano en Canarias. *Agrícola Vergel*, 99:185-189.

**GALÁN SAUCO, V. y D. FERNÁNDEZ GALVÁN.** 1987. Informe del viaje a Israel. Octubre 1987. R. 14212. Biblioteca del C.I.T.A. Consejería de Agricultura y Pesca. Gobierno de Canarias. 44 p.

**GARCÍA, V.** 1977. Etat actuel des études de nutrition et fertilité en culture bananière à Ténérife. *Fruits*, 32:15-23.

- GARCÍA, V.** 1980. Los suelos de cultivo y sus necesidades de fertilización en Canarias. El Campo. Boletín de Información Agraria del Banco de Bilbao. Suplemento extraordinario al N°76. p:44-46.
- GARCÍA, J.R., C. BLECKWEDEL, D. GIMÉNEZ, M.R. CÁCERES y A.M. PIETROBONI.** 1993. La degradación de los suelos agrícolas del este tucumano. Comunicaciones del XII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Salamanca. p:1280-1281.
- GARCÍA, V., A. DÍAZ, E. FERNÁNDEZ-CALDAS y J. ROBLES.** 1976. Factores que afectan a la asimilabilidad del potasio en los suelos de platanos de Tenerife. *Agrochimica*, 12:1-7.
- GILLMAN, G.P. y L.C. BELL.** 1978. Soil solution studies on weathered soils from tropical North Queensland. *Aust. J. Soil Res.*, 16:67-77.
- GIOVANNINI, G. y P. SEQUI.** 1976. Iron and aluminium as cementing substances of soil aggregates. II. Changes in stability of soil aggregates following extraction in a solvent. *J. Soil Sci.*, 27(2):148-153.
- GODEFROY, J., J.M. CHARPENTIER y P. LOSSOIS.** 1969. Action de la fumure organique sur les caractéristiques chimiques et structureles d'un sol bananeraie. *Fruits*, 24:21-24.
- GOLDBERG, S.** 1989. Interaction of aluminum and iron oxides and clay minerals and their effect on soil physical properties: a review. *Soil Sci. Plant Anal.*, 20(11-12):1181-1207.
- GOLDBERG, S. y H.S. FOSTER.** 1990. Flocculation of reference clays and arid-zone soil clays. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54:714-718.
- GOLDBERG, S., H.S. FOSTER y E.L. HEICK.** 1991. Flocculation of illite/kaolinite and illite/montmorillonite mixtures as affected by sodium adsorption ratio and pH. *Clays and Clay Minerals*, 39:375-380.
- GOLDBERG, S. y R.A. GLAUBIG.** 1987. Effect of saturating cation, pH and aluminum and iron oxide on the flocculation of kaolinite and montmorillonite. *Clays and Clay Minerals*, 35(3):220-227.
- GOLDBERG, S., B.S. KAPOOR y J.D. RHOADES.** 1990. Effect of aluminum and iron oxides and organic matter on flocculation and dispersion of arid zone soils. *J. Soil Sci.*, 150:588-593.
- GONZÁLEZ MARTÍN, M.M.** 1994. Depuración de aguas residuales sobre zeolitas naturales. Tesis Doctoral. Departamento de Edafología y Geología de la Universidad de La Laguna. 306 p.
- GONZÁLEZ SOTO, M.C., L.A. HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, C.C. JIMÉNEZ MENDOZA, M.J. ORTEGA GONZÁLEZ, P.A. PADRÓN PADRÓN, A. RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, J.M. TORRES CABRERA y G.E. VARGAS CHÁVEZ.** 1991. Primeros resultados sobre salinidad de suelos en Canarias. Comunicaciones de XVIII Reunión Nacional de Suelos. Tenerife. p:425-440.

**GONZÁLEZ SOTO, M.C., L.A. HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, J.M. TORRES CABRERA y G.E. VARGAS CHÁVEZ.** 1992. Análisis de la conductividad eléctrica en los suelos de Canarias. Su relación con algunos factores edáficos y ambientales. Comunicaciones del III Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Pamplona. p:104-109.

**GRIFFIN, R.A. y J.J. JURINAK.** 1973. Estimation of activity coefficients from the electrical conductivity of natural aquatic systems and soil extracts. *J. Soil Sci.*, 116:26-30.

**GUADALIX, M.E. y M.T. PARDO.** 1991. Sulphate sorption by variable charge soils. *J. Soil Sci.*, 42:607-614.

**GUCKERT, A.** 1973. Contribution à l'étude des polysaccharides dans les sols et de leur rôle dans les mécanismes d'aggrégation. Tesis. Univ. De Nancy. 138 p.

**GUCKERT, A., H. BREISCH y O. REISINGER.** 1975. *Soil Biol. Biochem.*, 7:241-250.

**GUITIÁN OJEA, F. y J. MÉNDEZ.** 1961. Un nuevo método por aspersión para determinar la estabilidad de los agregados del suelo. *Agrochimica*, 6(1):30-41.

**GUITIÁN OJEA, F. y J. MÉNDEZ.** 1963. Algunos factores en la evolución de la estructura del suelo. *An. Edafol. Agrobiol.*, (22):37-44.

**GUPTA, R.K., D.K. BHUMBLA y I.P. ABROL.** 1984. Effect of sodicity, pH, organic matter and calcium carbonate on the dispersion behaviour of soils. *J. Soil Sci.*, 137(4):245-251.

**GUREGHIAN, A.B.** 1981. A two-dimensional finite-element solution for the simultaneous transport of water and multi solutes through a nonhomogeneous aquifer under transient saturated-unsaturated flow conditions. *Sci. Total Environ.*, 21:329-337.

**GUTIERREZ JEREZ, F., I. TRUJILLO y A. BORGES PÉREZ.** 1983. Estudio sobre el Mal de Panamá en las Islas Canarias. I. Características físicas y químicas de los suelos y su relación con la aparición de la enfermedad. *Fruits*, 38:677-682.

**HAGHIA, G.H. y P.F. PRATT.** 1988. Effect of exchangeable magnesium on the accumulation of sodium and potassium in soils. *J. Soil Sci.*, 145(6):432-436.

**HANKS, R.T. y F.C. THORPE.** 1957. Seedling emergence of wheat germ, sorghum and soybeans as influenced by soil crust strength and moisture content. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 21:357-359.

**HAZARIKA, D.N. y N.K. MOHAN.** 1990. Effect of levels of nitrogen and time of application on fruit quality of Jahaji banana. *Banana Newsletter*, 13:9-26.

**HENIN, S.** 1976. Cours de Physique du Sol. ORSTOM, Paris and Editest, Brussels.

**HENIN, S., R. GRAS y G. MONNIER.** 1969. Le profil cultural. Masson et Cie, París. 332 p.

**HERNÁNDEZ, Z.** 1994a. El Plátano en cifras. Canarias Agraria. *Revista de la Consejería de Agricultura y Alimentación Gobierno de Canarias*, 26:62-63.

**HERNÁNDEZ, Z.** 1994b. El Tomate en cifras. Canarias Agraria. *Revista de la Consejería de Agricultura y Alimentación Gobierno de Canarias*, 26:60-61.

**HERNÁNDEZ ABAD, J.T.** 1992. Reutilización de las aguas depuradas de Santa Cruz de Tenerife en la agricultura. VI Curso Internacional de riego localizado. Ciclo de seminarios. Tomo II. J.L. Santana (ed.). Consejería de Agricultura y Pesca del Gobierno Autónomo de Canarias. p:5-18.

**HERNÁNDEZ SUÁREZ, M.** 1989. Manual para la reutilización de las aguas residuales urbanas depuradas de Tenerife. Cabildo Insular de Tenerife. Área de Planificación y Desarrollo. Sección de Planificación Hidráulica.

**HERNÁNDEZ ABREU, J.M., J. MASCARELL, S. DUARTE y A.R. SOCORRO.** 1986. Na and Cl content in banana plants of Canary Islands. *Fruits*, 41(4):239-244.

**HERNÁNDEZ ABREU, J.M. Y A. PÉREZ REGALADO.** 1990a. Manejo del riego localizado en tomate. Ciclos de Seminarios V Curso Internacional de riego localizado. Consejería de Agricultura y Pesca del Gobierno Autónomo de Canarias. p:100-114.

**HERNÁNDEZ ABREU, J.M. Y A. PÉREZ REGALADO.** 1990b. El riego del tomate para la exportación en Canarias. III Jornadas de Transferencia Tecnológica, Guía de Isora, Tenerife. El cultivo del Tomate. Ediciones y Promociones L.A.V. p:179-195.

**HERNÁNDEZ-MORENO, J.M., C.D. ARBELO y M. ESPINO MESA.** 1992. Salinización de suelos en carga variable: ensayos de laboratorio. Comunicaciones del III Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Pamplona. p:145-150.

**HESTERBERG, D. y A.L. PAGE.** 1990a. Flocculation series test yielding time-invariant critical coagulation concentrations of sodium illite. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54:729-735.

**HESTERBERG, D. y A.L. PAGE.** 1990b. Critical coagulation concentrations of sodium and potassium illite as affected by pH. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54:735-739.

**HILLEL, D.** 1980. Applications of soil physics. Academic Press. New York. 385 p.

**HILLEL, D. y W.R. GARDNER.** 1969. Steady infiltration into crust topped profiles. *J. Soil Sci.*, 108:137-142.

**HILLEL, D. y W.R. GARDNER.** 1970. Transient infiltration into crust topped profiles. *J. Soil Sci.*, 109:69-70.

**HOBSON, G.E.** 1988. Pre- and post-harvest strategies in the production of high quality tomato fruit. *Appl. Agric. Res.*, 3:282-287.

**HODGSON, J.M.** 1974. Soil survey field handbook. J.M. Hodgson (ed.). Tech. Monogr. N° 5. Soil Survey. Rothamsted. Exp. Stn. Harpenden.

**ILACO, B.V.** 1981. Agricultural compendium for rural development in the tropics and sub-tropics. Elsevier. Amsterdam.



- IMAI, H. y H. OKAJIMA.** 1979. Studies on the nutrient retention power of soils. I. The effect of AEC and CEC on the chemical composition of the soil solution. *J. Sci. Soil Manure. Jpn.*, 50:33-39.
- IMAI, H. y H. OKAJIMA.** 1980a. Studies on the nutrient retention power of soils. II. The effect of anion adsorption and gypsum formation on ammonium retention by soils. *J. Sci. Soil Manure. Jpn.*, 51:95-101.
- IMAI, H. y H. OKAJIMA.** 1980b. Studies on the nutrient retention power of soils. III. Nitrate adsorption. *J. Sci. Soil Manure. Jpn.*, 51:102-106.
- INSKEEP, W.P. y P.R. BLOOM.** 1986. Kinetics of calcite precipitation in the presence of water soluble organic ligands. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, p:1167-1172.
- ISRAELI, Y., E. LAHAV y N. NAMERI.** 1986. The effect of salinity and sodium adsorption ratio in the irrigation water, on growth and productivity of bananas under drip irrigation conditions. *Fruits*, 41:297-301.
- JENNINGS, A.A., D.J. KIRKNER y T.L. THEIS.** 1982. Multicomponent equilibrium chemistry in groundwater quality models. *Water Resour. Res.*, 18(4):1089-1096.
- JIMÉNEZ MENDOZA, C.C., A. RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ y G.E. VARGAS CHÁVEZ.** 1998. Influence of irrigation systems on the salinity and sodium content of agricultural soils in the Canary Islands. Comunicación al 16º Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo. Montpellier. Francia. 7 p.
- JONES, Jr. J.B.** 1972. Plant tissue analysis for micronutrients. En: *Micronutrients in Agriculture*. J. J. Mortvedt et al. (eds.). Soil Sci. Soc. Am. Madison. Wisconsin. p:319-346.
- JONES, Jr. J.B., B. WOLF y H.A. MILLS.** 1991. *Plant Analysis Handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Micro-Macro Publishing, Inc. 213 p.
- JONGERIUS, A.** 1957. Morphological investigations of soil structure. *Bodemkundige Studie, N°2*. Meded van der Sticking Bodemkartiering. Wageningen.
- JURINAK, J.J. y D.L. SUAREZ.** 1990. The chemistry of salt-affected soils and waters. En: *Agricultural Salinity Assessment and Management*. K.K. Tanji (ed.). *Manuals and Reports on Engineering Pract.* 71. ASCE, New York. p:42-63.
- KAFKAFI, U.** 1987. Nutrition des plantes dans des conditions de salinité. *Fertilisants et Agriculture*, 95:3-18.
- KAPULNIK, Y. y B. HEUER.** 1991. Forage production of four alfalfa cultivars under salinity. *Arid Soil Res. Rehabilitation*.
- KAZMAN, Z. I. SHAINBERG y M. GAL.** 1983. Effect of low levels of exchangeable sodium and applied phosphogypsum on the infiltration rate of various soils. *J. Soil Sci.*, 35:184-192.

- KEMPER, W.D. y R.C. ROSENAU.** 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph N°9. American Society of Agronomy-Soil Science Society of America. p:425-442.
- KEREN, R.** 1989a. Effect of clay charge density and adsorbed ions on the rheology of montmorillonite suspension. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53:25-29.
- KEREN, R.** 1989b. Rheology of mixed kaolinite-montmorillonite suspensions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53:725-730.
- KEREN, R.** 1989c. Water-drop kinetic energy effect on water infiltration in calcium and magnesium soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53:1624-1628.
- KEREN, R., I. SHAINBERG y E. KLEIN.** 1988. Settling and flocculation value of sodium-montmorillonite particles in aqueous media. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:76-80.
- KEREN, R. y M.J. SINGER.** 1988. Effect of low electrolyte concentration on hydraulic conductivity of sodium/calcium montmorillonite-sand system. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:368-373.
- KEREN, R. y M.J. SINGER.** 1989. Effect of low electrolyte concentration on hydraulic conductivity of clay-sand-hydroxy polymers systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53:349-355.
- KEREN, R. y M.J. SINGER.** 1990. Effect of pH on permeability of clay-sand mixture containing hydroxy polymers. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54:1310-1315.
- KEREN, R. y M.J. SINGER.** 1991. Hydroxy-aluminum's effect on permeability of clay-sand mixtures. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55:61-65.
- KHASAWNEH, F.E.** 1971. Solution ion activity and plant growth. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 35:426-436.
- KIRKNER, D.L., A.A. JENNINGS y T.L. THEIS.** 1985. Multisolute mass transport with chemical interaction kinetics. *J. Hydrol.*, 76:107-117.
- KOSMAS, C. y N. MOUSTAKAS.** 1990. Hydraulic conductivity and leaching of an organic saline-sodic soil. *Geoderma*, 46:363-370.
- KOTUR, S.C. y T. SESHAGIRI RAO.** 1988. Relationship between exchangeable sodium percentage and sodium adsorption ratio in some salt-affected soils. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 36:407-413.
- KRISHNA MURTI, G.S.R. y P. RENGASAMY.** 1976. Role of amorphous minerals in aggregation of ferruginous soils in India. Mededeligen van de Famleit Land-bauwwetenschappen. Rijs Universiteit Gent. (41-1):407-420.
- LAHAV, E.** 1973a. Phosphorus and potassium penetrability in the soil and their influence in a mature banana orchard. *Trop. Agric. Trin.*, 50:297-301.

- LAHAV, E.** 1973b. Effects and interactions of manure and fertilizers in a banana plantation. *Israel J. Agric. Res.*, 23:45-57.
- LAHAV, E.** 1974. The influence of potassium on the content of macroelements in the banana sucker. *Agrochimica*, 18:194-204.
- LAHAV, E.** 1976. Influence du fumier de ferme, dans fientes de poulet et du compost de ville sur les teneurs minérales du sol et des feuilles dans une plantation de bananiers. *Fruits*, 31:733-738.
- LAHAV, E.** 1996. Banana nutrition. En: Bananas and Plantains. S. Gowen (ed.). Chapman & Hall London, Weinheim, New York, Tokyo, Melbourne, Madras. p:258-316.
- LAHAV, E., M. BAREKET y D. ZAMET.** 1978. The effects of organic manure, KNO<sub>3</sub> and combined fertilizer on the yield and nutrient content of banana suckers. En: Plant Nutrition. Proc. 8th Int. Colloq. on Plant Analysis and Fertilizer Problems. Auckland, NZ. p:247-254.
- LAHAV, E. y D.W. TURNER.** 1983. Banana Nutrition. Bull. 7. International Potash Institute, Worblaufen-Bern, Switzerland.
- LAHAV, E. y D.W. TURNER.** 1985. Temperature influences the composition of diagnostic samples used to assess the nutrient status of banana plants. *Scientia Hort.*, 27:275-283.
- LAL, R. y STEWART, B.A.** 1990. Soil degradation: A global threat. R. Lal y B.A. Stewart (eds.). Soil Degradation. *Advances in Soil Science*, 11:13-17.
- LONDON, J.R.** 1991. Booker Tropical Soil Manual. A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics. J.R. Landon (ed.). Longman Scientific & Technical Copublished in the Unites States with John Wiley & Sons, Inc., New York. 474 p.
- LANGENEGGER, W. y B.L. SMITH.** 1988. Nitrogen requirements of bananas in South Africa. *Fruits*, 43(11):639-643.
- LÄUCHLI, A.E. y E. EPSTEIN.** 1990. Plant responses to saline and sodic conditions. K.K. Tanji (ed.), Agricultural Salinity Assessment and Management. New York: American Society of Civil Engineers. p:113-137.
- LE BISSONNAIS, Y. y A. BRUAND.** 1993. Crust micromorphology and runoff generation on silty soil materials during different seasons. En: Soil Surface Sealing and Crusting. J. Poesen y M.A. Nearing (eds.). *Catena Supp*, 24:1-16.
- LEBRÓN, I. y D.L. SUAREZ.** 1992. Variations in Soil Stability within and among Soil Types. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:1412-1421.
- LINEHAN, D.J., A.H. SINCLAIR y M.C. MITCHELL.** 1985. Mobilisation of Cu, Mn and Zn in the soil solutions of barley rhizospheres. *Plant and Soil*, 86:147-149.
- LIU, C.W. y T.N. NARASIMHAN.** 1989. Redox-controlled multiple-species reactive chemical transport. 1. Model development. *Water Resour. Res.*, 25(5):869-882.

- LÓPEZ RITAS, J. y J. LÓPEZ MELIDA.** 1985. El diagnóstico de suelos y plantas. Métodos de campo y laboratorio. Ediciones Mundi-Prensa. 368 p.
- LUCAS, R.E. y B.D. KNEZEK.** 1972. Climatic and soil conditions promoting micronutrient deficiencies in plants. En: *Micronutrients in Agriculture*. J.J. Mortvedt et al. (eds.). Soil Sci. Soc. Am. Madison, Wisconsin. p:265-288.
- LUNT, O.R.** 1966. Sodium. En: *Diagnostic Criteria for Plants and Soils*. H.D. Chapman (ed.). University of California. Division of Agricultural Sciences. p:409-432.
- MAAS, E.V.** 1984. Salt tolerance of plants. En: *Handbook of plant science in agriculture*. Christie B.R. (ed.). CRC Press. Boca Raton. Florida.
- MAAS, E.V.** 1986. Salt tolerance of plants. *Applied Agricultural Res.*, 1:12-26.
- MAAS, E.V. y G.J. HOFFMAN.** 1977. Crop salt tolerance - current assessment. *J. Irrig. Drain. Div. Proc. Am. Soc. Civil Eng.* 103:115-134.
- MAAS, E.V. y R.H. NIEMAN.** 1978. Physiology of plant tolerance to salinity. G.A. Jung (ed.). *Crop Tolerance to Suboptimal Land Conditions*. Madison: American Society of Agronomy. p:277-299.
- MAFF.** 1967. Soil potassium and magnesium. Tech. Bull. 14. HMSO.
- MANGOLD, D.C. y CHIN-FU TSANG.** 1991. A summary of subsurface hydrological and hydrochemical models. *Reviews of Geophysics*, 29(1).
- MARAÑÉS CORBACHO, A., J.A. SÁNCHEZ GARRIDO, S. DE HARO LOZANO, S.T. SÁNCHEZ GÓMEZ y F.J. LOZANO CANTERO.** 1994. Análisis de suelos. Metodología e interpretación. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Almería. 126 p.
- MARION, G.M. y K.L. BABCOCK.** 1977. The solubilities of carbonates and phosphates in calcareous soil suspensions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41:724-728.
- MARTÍNEZ BELTRÁN, J.** 1992. Situación actual y perspectiva del regadío en España. VI Curso Internacional de riego localizado. Tomo II. p:147-173.
- MARTIN-PRÉVEL, P.** 1969. Un essai "Variantes systematiques" sur bananier. *Fruits*, 24:193-201.
- MARTÍN ROCHA, M.A.** 1994. Ensayos de utilización de agua depurada en platanera (cvs. pequeña y gran enana) en la zona de las Galletas. (Sur de Tenerife). Proyecto fin de carrera, EUITA. Universidad de La Laguna.
- MASCARELL INTA, J., A. DÍAZ DE LA ROSA y M.E. DÍAZ DÍAZ.** 1989. Muestreo de suelos, aguas y foliares con fines agrícolas. Manual técnico. Secretaría General Técnica Consejería de Agricultura y Pesca (ed.). 55 p.

- MASSOUD, F.I.** 1971. A note on the need for accepted definitions and methods of characterization of salt affected Soils. IRYDA: Información International Society of Soils Science. Reunión de la subcomisión de suelos salinos, Sevilla.
- McBRIDE, M.D.** 1994. Environmental Chemistry of Soils. Oxford University Press, Inc. 406 p.
- McINTYRE, D.S.** 1958. Permeability measurement of soil crusts formed by raindrop impact. *Soil Sci.*, 85:185-189.
- McNEAL, B.L. y N.T. COLEMAN.** 1966. Effect of solution composition on soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 30:308-312.
- McNEAL, B.L., D.A. LAYFIELD, W.A. NORVELL y J.D. RHOADES.** 1968. Factors influencing hydraulic conductivity of soils in the presence of mixed-salt solutions. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 32(2):187-190.
- MEIRI, A.** 1994. Tolerance of different crops to salinity conditions in soils. 15<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. Acapulco, Mexico. 3(a):320-331.
- MEIRI, A. y J. SHALHEVET.** 1973. Crop growth under saline conditions. En: Arid Zone Irrigation. B. Yaron, E. Danfors y Y. Vaadia (eds.). Ecological Studies. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg. 5:277-290.
- MENGEL, K.** 1971. Plant ionic status. En: The plant root and its environment. E.W. Carson (ed.). University Press of Virginia. Charlottesville. p:63-81.
- METSON, A.J.** 1961. Methods of chemical analysis for soil survey samples. New Zealand DSIR Soil Bur. Bull. 12. Govt printer. Wellington. New Zealand.
- MEYER, L., G. FOSTER y M. ROMKENS.** 1975. Source of soil eroded by water from upland slopes: in present and prospective technology for predicting sediment yields and sources. Agr. Res. Service Report ARS-5-40. p:177-189.
- MILLER, W.P., H. FRENKEL y K.D. NEWMAN.** 1990. Flocculation concentration and sodium/calcium exchange of kaolinitic soil clays. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54:346-351.
- MING, D.W. y F.A. MUMPTON.** 1989. Zeolites in soils. En: Minerals in Soil Environments. J.B. Dixon y S.B. Weed (eds.). Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin. p:873-911.
- MINHAS, P.S. y D.R. SHARMA.** 1986. Hydraulic conductivity and clay dispersion as affected by application sequence of saline and simulated rain water. *Irrig. Sci.*, 7(3):159-167.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (MAPA).** 1974. Caracterización de la capacidad agrológica de los suelos de España. Metodología y Normas. Dir. Gral. de la Producción Agraria. Madrid. 42 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (MAPA).** 1986. Fertilizantes. Normas y recomendaciones para cultivos agrícolas y hortícolas. Ed. Acribia.

- MISOPOLINOS, N.** 1996. Numerical approach on studying and improving saline and sodic soils. En: Soil salinization and alkalization in Europe. N. Misopolinos y I. Szabolcs (eds.). European Society for Soil Conservation. p:13-19.
- MIZOTA, CH.** 1977. Phosphate fixation by andosols difference in their clay mineral composition. *Soil Sci. Plantarum Nature*, 23(3):311-318.
- MIZRAHI, Y.** 1982. Effect of salinity on tomato fruit ripening. *Plant Physiol.*, 69:966-970.
- MIZRAHI, Y., E. TALEISNIK, V. KAGAN-ZUR, Y. ZOHAR, R. OFFENBACH, E. MATAN y R. GOLAN.** 1988. A saline irrigation regime for improving tomato fruit quality without reducing yield. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 113:202-205.
- MORIN, J., Y. BENYAMINI y A. MICHAELI.** 1981. The dynamics of soil crusting by rainfall impact and the water movement in the soil profile. *J. Hydrol.*, 52:321-335.
- NONNECKE, I.L.** 1989. Vegetable production. Van Nostrand Reinhold. New York.
- NUEZ, F.** 1995. El Cultivo del tomate. Obra coordinada y dirigida por F. Nuez. Ed. Mundi Prensa. 793 p.
- OKAJIMA, H.** 1981. Land use and ionic composition in soil solutions. En: Adsorption Phenomena in Soils. Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition (ed.). Hakuyu-sha. Tokyo. p:85-128.
- OKAJIMA, H.** 1982. Nutrients concentration in soil solutions and plant growth. *Kagaku to Seibutsu*. 20:309-316.
- OKASAKI, R., H.W. SMITH y C.D. MOODIE.** 1962. Development of a cation-exchange capacity procedure with few inherent errors. *J. Soil Sci.*, 93:343-344.
- OLSEN, S.R.** 1972. Micronutrient interactions. En: Micronutrients in Agriculture. J.J. Mortvedt et al. (eds.). Soil Sci. Soc. Am. Madison. Wisconsin.
- OLSEN, S.R., C.V. COLE, S. WATANABE y L.A. DEAN.** 1954. Estimation of available phosphorous on soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Cir. N°939.
- OSTER, J.D. y J.D. RHOADES.** 1975. Calculated drainage water compositions and salt burdens resulting from irrigation with river waters in the western United States. *J. Environ. Qual.*, 4:73-79.
- OSTER, J.D. y F.W. SCHROER.** 1979. Infiltration as influenced by irrigation water quality. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43:444-447.
- OSTER, J.D. y I. SHAINBERG.** 1979. Exchangeable cation hydrolysis and soil weathering as affected by exchangeable sodium. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43:70-75.
- OSTER, J.D., I. SHAINBERG y J.D. WOOD.** 1980. Flocculation value and gel structure of sodium/calcium montmorillonite and illite suspensions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:955-959.

- OUYANG, Y. y L. BOERSMA.** 1992. Dynamic oxygen and carbon dioxide exchange between soil and atmosphere: I. Model development. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:1695-1702.
- PADRÓN PADRÓN, P.A.** 1993. Estudio Edafoambiental de la Isla de El Hierro. Tesis Doctoral inédita. Departamento de Edafología y Geología. Universidad de La Laguna. 285 p.+ mapas.
- PALACIOS, M.P., A. PARDO, E. DEL-NERO y F. RODRÍGUEZ.** 1999. Estudio comparativo de la solución extraída por pelos radicales, cápsulas cerámicas y el extracto saturado, en condiciones de laboratorio. En: Estudios de la Zona No Saturada del Suelo. R. Muñoz-Carpena, A. Ritter y C. Tascón (eds.). ICIA. Tenerife. p:53-63.
- PAPADAKIS, J.** 1966. Climates of the world and their agricultural potentialities. J. Papadakis (ed.). Buenos Aires.
- PARDO, M.T. y M.E. GUADALIX.** 1990. Phosphate sorption in allophanic soils and release of sulphate, silicate and hydroxyl. *J. Soil Sci.*, 41:607-612.
- PARFITT, R.L.** 1978. Anion adsorption by soils and soil materials. *Adv. Agron.*, 30:1-50.
- PARR, J.F. y A.R. BERTRAND.** 1960. Water infiltration into soils. *Adv. Agron.*, 12:311-363.
- PEARSON, G.A.** 1960. Tolerance of crops to exchangeable sodium. US. Dept. Agric. Inf. Bull. 216. Washington DC.
- PÉREZ REGALADO, A.** 1992. Economías de agua en la agricultura del Archipiélago Canario. VI Curso Internacional de riego localizado. Tomo I Ciclo Seminarios. Jose Luis Santana (ed.). p:97-113.
- PÉREZ GARCÍA, V., E. FERNÁNDEZ CALDAS y V. GARCÍA.** 1975. Distribución y características de los suelos salinos de la isla de Tenerife. *An. Edafol. Agrobiol.*, 34(7-8):595-605.
- PIGGOTT, T.J.** 1986. Vegetable Crops. En: Plant Analysis: An Interpretation Manual. D.J. Reuter y J.B. Robinson (eds.). Inkata Press. p:148-187.
- PINON, A. y J. GODEFROY.** 1973. Utilisation des parches de café et coques de cacao en bananeraie. *Fruits*, 28:263-269.
- PITZER, K.S.** 1979. Activity coefficients in electrolyte solutions. Chap. 7. CRC Press. Boca Raton. Fl.
- PIZARRO, F.** 1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Editora Agrícola Española S.A. 521 p.
- PLA-SENTÍS, I.** 1967. Evaluación cuantitativa de los efectos de los bicarbonatos en el agua de riego sobre las propiedades químicas y físicas de los suelos y factores que influyen sobre la magnitud de tales efectos. Maracay. Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía.

- PLA-SENTÍS, I.** 1968a. Evaluation of the quality of irrigation waters with high carbonate content in relation to the drainage conditions. Trans. 9 th Int. Congr. Soil Sci. Adelaide. Australia. 1:357-370.
- PLA-SENTÍS, I.** 1968b. Calidad de aguas de riego y requerimientos de drenaje. Memoria V Seminario Latinoamericano de Irrigación y III Jornadas Venezolanas de Riego. Caracas. Venezuela. p:85.
- PLA-SENTÍS, I.** 1969b. Calcium required as an amendment for irrigation waters with high bicarbonate content in relation to the drainage conditions. Budapest. *Agrokém. Talajtan.*, 18:183-187.
- PLA-SENTÍS, I.** 1971a. Evaluación de la influencia de factores naturales y artificiales en la recuperación y prevención de desarrollo de suelos afectados por sales. *Agron. Trop.*, 21(5):431-442.
- PLA-SENTÍS, I.** 1971b. Calidad de aguas de riego como fuente de salinización y sodificación. Actas VIII Reunión Latinoamericana de Fitotecnia. Bogotá. Colombia. p:213.
- PLA-SENTÍS, I.** 1972. Salt and water balances in irrigated soils under tropical conditions Proc. Symp. New Developments in the Field of Salt Affected Soils. Cairo.
- PLA-SENTÍS, I.** 1983a. Sistema integrado agua-cultivo-suelo-manejo para evaluar la calidad de agua para riego. Proc. Int. Symp. on Isotope and radiation techniques in soil physics and irrigation studies. International Atomic Energy Agency. Vienna. p:191-206.
- PLA-SENTÍS, I.** 1983b. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. V. M. Badillo, C. Bonfanti, F. Fernández, P. Sánchez y M. Estaba (eds.). Alcance, Revista de la Facultad de agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 91 p.
- PLA-SENTÍS, I.** 1988a. Desarrollo de Índices y Modelos para el diagnóstico y prevención de la degradación de suelos agrícolas en Venezuela. Premio Agropecuario Banco Consolidado 88. Maracay. 58 p.
- PLA-SENTÍS, I.** 1988b. Riego y desarrollo de suelos afectados por sales en condiciones tropicales. *Soil Technology*, 1:13-35.
- PLA-SENTÍS, I.** 1997. Evaluación de los procesos de salinización de suelos bajo riego. 50 Aniversario de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. Madrid. p:241-267.
- PLA-SENTÍS, I.** 1998. SALSODIMAR, un modelo práctico para la predicción y control de la salinidad y sodicidad en tierras de regadío. Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo. Montpellier, France. 12 p.
- PLA-SENTÍS, I. y F. DAPPO.** 1974. Sistema racional para la evaluación de calidad de aguas para riego. Suplemento Técnico N°.12. FUDECO. Barquisimeto. Venezuela.
- PORTA J., M. LOPEZ-ACEVEDO y C. ROQUERO.** 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2ª Ed. Ediciones Mundi-Prensa. 849 p.



- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA).** 1984. Desertification. 12th Session of the Governing Council of the UNEP. 25 p.
- PRICE, G.H.** 1986. Ornamentals. En: Plant Analysis: An Interpretation Manual. D.J. Reuter y J.B. Robinson (eds.). Inkata Press. p:188-218.
- PUPISKY, H. y I. SHAINBERG.** 1979. Salts effects on the hydraulic conductivity of a sandy soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43:429-433.
- QUIRANTES, F.** 1981. El regadío en Canarias. Editorial Interinsular Canaria. Departamento de Geografía. Universidad de La Laguna.
- QUIRK, J.P. y C.R. PANABOKKE.** 1962. Incipient failure of soil aggregates. *J. Soil Sci.*, 13:60-70.
- QUIRK, J.P. y R.K. SCHOFIELD.** 1955. The effect of electrolyte concentration on soil permeability. *J. Soil Sci.*, 6:163-178.
- RAHIMI, H., E. PAZIRA y F. TAJIK.** 2000. Effect of soil organic matter, electrical conductivity and sodium adsorption ratio on tensile strength of aggregates. *Soil Tillage Res.*, 54:145-153.
- RAMOS MONPO, C.** 1990. Lavado de fertilizantes como consecuencia del riego. Ciclo de Seminarios del V Curso Internacional de Riego Localizado. Universidad de La Laguna. Tenerife. p:7-19.
- RÉDLY, M. y K. DARAB.** 1981. The evaluation of physico-chemical processes from the point of view of alkali soil amelioration. *Agrokém. Talajtan.*, 30:178-188.
- REEVE, R.C.** 1957. The relation of salinity to irrigation and drainage requirements. Trans. 3rd. Congr. Int. Commission on Irrigation and Drainage. San Francisco. 10:175.
- REITEMEIER, R.** 1946. Effect of moisture content on the dissolved and exchangeable ions of soils of arids regions. *J. Soil Sci.*, 61:195-214.
- RENGASAMY, P.** 1983. Clay dispersion in relation to changes in the electrolyte composition of dialysed red-brown earths. *J. Soil Sci.*, 34:723-732.
- RENGASAMY, P., R.S.B. GREENE y G.W. FORD.** 1986. Influence of magnesium on aggregate stability in sodic red-brown earths. *Aust. J. Soil Res.*, 24:229-237.
- RENGASAMY, P., G.S.R. KRISHNA MURTI y Y.V. KATHAVATE.** 1976. Cationic environment and hydrophysical properties of tropical soils. *Z. Pflanzenern. Bodenkn.*, 4:409-416.
- REUTHER, W. y C.K. LABANAUSKAS.** 1966. Copper. En: Diagnostic Criteria for Plants and Soils. H.D. Chapman (ed.). University of California. Division of Agricultural Sciences. p:157-179.
- REUTER, D.J. y J.B. ROBINSON.** 1986. Plant Analysis: An Interpretation Manual. D.J. Reuter y J.B. Robinson (eds.). Inkata Press. 218 p.

- RHOADES, J.D.** 1972. Quality of water for irrigation. *J. Soil Sci.*, 113:277-283.
- RHOADES, J.D.** 1974. Minimizing the salt burdens of irrigation drainage water. *J. Environ. Qual.*, 3(4):311-319.
- RHOADES, J.D.** 1977. Potential for using saline agricultural drainage waters for irrigation. Proc. Water Management for Irrigation and Drainage. ASCE, Reno, Nevada. p:85-116.
- RISHBETH, J.** 1957. Fusarium wilt of bananas in Jamaica. II. Some aspects of host-parasite relationships. *Ann. Bot.*, 21:215-245.
- ROBINSON, J.B.** 1986. Fruits, vines and nuts. En: Plant Analysis: An Interpretation Manual. D.J. Reuter y J.B. Robinson (eds.). Inkata Press. p:120-147.
- RODRIGO LÓPEZ, J., A. MARRERO DOMINGUEZ y J.F. GONZÁLEZ HERNÁNDEZ.** 1993. Programa de reutilización de aguas depuradas en agricultura. Informe final. Agrimac, S.L.
- RODRIGO LÓPEZ, J.** 1973. Defensa de la platanera contra el viento en las Islas Canarias. *M.A.G.* 7(2):3-7.
- RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, A.** 1980. El tiempo como factor de diferenciación y evolución de los suelos fersialíticos de las islas Canarias. *El Campo Boletín de Información Agraria del Banco de Bilbao. Suplemento extraordinario.* 76:16-18.
- RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, A., M.C. GONZÁLEZ SOTO, L.A. HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, C.C. JIMÉNEZ MENDOZA, M.J. ORTEGA GONZÁLEZ, P.A. PADRÓN PADRÓN, J.M. TORRES CABRERA y G.E. VARGAS CHÁVEZ.** 1991. Un programa de Investigación sobre la degradación de suelos y su incidencia en los procesos de desertificación en Canarias. Comunicaciones de XVIII Reunión Nacional de Suelos. Tenerife. p:415-423.
- ROLDÁN CAÑAS, J.** 1990. Manejo de suelos de regadío. Curso sobre Evaluación y Conservación de Suelos. Centro de Investigación y Desarrollo Agrario de Granada. 50 p.
- ROUILLER, J., G. BURTIN y B. SOUCHIER.** 1972. La dispersion des sols dans l'analyse granulométrique. Méthode utilisant les résines échangeuses d'ions. *Bull. ENSAIA Nancy*, 14:193-205.
- RUDICH, J.E., E. ZAMSKI y Y. REGEV.** 1977. Genotypic variation for sensitivity to high temperatures in the tomato: Pollination and fruit set. *Bot. Gaz.*, 138:448-452.
- RUSH, D.W. y E. EPSTEIN.** 1984. Comparative studies on the sodium, potassium and chloride relations of a wild halophytic and a domestic salt-sensitive tomato species. *Plant Physiol.*, 68:1308-1313.
- SALE, P.J.M. y D.J. HARRISON.** 1964. Seedling emergence as affected by soil capping. *J. Hort. Sci.*, 39:147-161.

- SEMMENS, M.J.** 1984. Cation exchange properties of natural zeolites. En: *Zeo-Agriculture: Use of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture*. W.G. Pond y F.A. Mumpton (eds.). Westview Press. Boulder, Colorado. p:45-53.
- SHAINBERG, I.** 1973. Rate and mechanism of Na-montmorillonite hydrolisis in suspensions. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 37:689-694.
- SHAINBERG, I.** 1984. The effect of electrolyte concentration on the hydraulic properties of sodic soils. En: *Soil Salinity Under Irrigation*. I. Shainberg y J. Shalhevet (eds.). Springer-Verlag. Berlin. p:49-64.
- SHAINBERG, I.** 1985. The effect of exchangeable sodium and electrolyte concentration on crust formation. En: *Advances in Soil Science*. B.A. Stewart (ed.). Springer Verlag. 1:101-122.
- SHAINBERG, I. y W.D. KEMPER.** 1966. Hydration status of adsorbed cations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 30:707-713.
- SHAINBERG, I. y J. LETEY.** 1984. Response of soils to sodic and saline conditions. *Hilgardia*. 52(2):1-57.
- SHAINBERG, I., J.D. OSTER y J.D. WOOD.** 1980. Sodium/calcium exchange in montmorillonite and illite suspensions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:960-964.
- SHAINBERG, I., J.D. RHOADES y R.J. PHATHER.** 1981a. Effect of low electrolyte concentration on clay dispersion and hydraulic conductivity of a sodic soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45:273-277.
- SHAINBERG, I., J.D. RHOADES, D.L. SUAREZ y R.J. PHATHER.** 1981b. Effect of mineral weathering on clay dispersion and hydraulic conductivity of sodic soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45:287-291.
- SHAINBERG, I., M.J. SINGER y P. JANITZKY.** 1987. Effect of aluminum and iron oxides on hydraulic conductivity of sandy loam soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51:1283-1287.
- SHALHEVET, J.** 1974. Aspects of soil salinity and sodicity in relation to irrigation and reclamation. Symp. Israel-France. Bet Dagan. Israel. Publ. Sp. 39:117.
- SHANMUGANATHAN, R.T. y J.M. OADES.** 1983. Influence of anions on dispersion and physical properties of the A horizon of a red-brown earth. *Geoderma*, 29:257-277.
- SHIMSHI, D.** 1973. Water status in plants-methods of measuring. En: *Arid Zone Irrigation*. B. Yaron, E. Danfors y Y. Vaadia (eds.). Ecological Studies. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg. 5:249-259.
- SILBERBUSH, M. y J. BEN-ASHER.** 1987. The effect of salinity on parameters of potassium and nitrate uptake of cotton. *Comm. Soil Sci. Plan. Anal.*, 18:65-81.
- SILLANPÄÄ, M.** 1972. Trace elements in soil and agriculture. *Soils Bull N°17*. FAO Rome.

- SIMÓN, M., J. AGUILAR y A. GARCÍA.** 1980. Los suelos halomorfos de la provincia de Granada III. Sales solubles y conductividad. *An. Edaf. y Agrob.*, 39(1-2):121-133.
- SIMUNEK, J. y D.L. SUÁREZ.** 1993a. Modeling of carbon dioxide transport and production in soil: 1. Model development. *Water Resour. Res.*, 29(2):487-497.
- SIMUNEK, J. y D.L. SUÁREZ.** 1993b. The UNSATCHEM-2D code for simulating two dimensional variably saturated water flow, heat transport, carbon dioxide production and transport, and multicomponent solute transport with major ion equilibrium and kinetic chemistry. Versión 1.1. Research Report N° 128. U.S. Salinity Laboratory. USDA. ARS. Riverside. California. 218 p.
- SIMUNEK, J. y D.L. SUÁREZ.** 1994a. Modeling unsaturated water flow, and CO<sub>2</sub> and solute transport with major ion chemistry. J.D. Etchevers (ed.). 15<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. Acapulco. Mexico. 2a:127-145.
- SIMUNEK, J. y D.L. SUÁREZ.** 1994b. Two-dimensional transport model for variably saturated porous media with major ion chemistry. *Water Resour. Res.*
- SIMUNEK, J. y M. TH. VAN GENUCHTEN.** 1993. The CHAIN\_2D code for simulating two-dimensional movement of water, heat and multiple solutes in variably-saturated soils. *Agronom. Abs.* 217.
- SIMUNEK, J., T. VOGEL y M. TH. VAN GENUCHTEN.** 1992. The SWMS\_2D code for simulating water flow and solute transport in two-dimensional variably saturated media. Version 1.1. Research Report N°126. U.S. Salinity Laboratory. USDA. ARS. Riverside. California.
- SKRINNIKOVA, I.N.** 1977. Methods for the investigation of the chemical composition of the liquid phase of soil. En: *Methods of steady-state study of soil.* A.A. Rode et al. (eds.). Izd. Naukaa. Moscow. p:3-40.
- SLAMA, I.** 1978. Recherches sur les causes de l'exclusion du sodium des feuilles des plantes sensibles à NaCl. *Agron. J.*, 7:517-522.
- SMITH, F.W.** 1986. Pasture species. En: *Plant Analysis: An Interpretation Manual.* D.J. Reuter y J.B. Robinson (eds.). Inkata Press. p:100-119.
- SOIL SURVEY STAFF.** 1999. *Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys.* (2<sup>nd</sup> edition). U.S.D.A. Handbook N°436. 869 p.
- SOLER, C. y O. LOZANO.** 1988. El agua. Geografía de Canarias. Editorial Interinsular Canaria. 1:201-242.
- SOTO, M.** 1985. Bananas. Cultivo y Comercialización. LIL (imp). San José. 627 p.
- SPOSITO, G.** 1981. *The Thermodynamics of Soil Solutions.* Clarendon Press. Oxford. 225 p.
- SPOSITO, G.** 1984. *The Surface Chemistry of Soils.* Oxford University Press. Nueva York. 234p.
- SPOSITO, G.** 1989. *The Chemistry of Soils.* Oxford University Press. Nueva York. Oxford. 277p.

- SPOSITO, G. y S.W. MATTIGOD.** 1977. On the chemical foundation of the sodium adsorption ratio. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41:323-329.
- STANDARD METHODS.** 1975. Brucina Method. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 14<sup>a</sup> ed. p: 427.
- STANDARD METHODS.** 1985. Carmine Method. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 16<sup>a</sup> ed. Apha. Awwa. p:276-278.
- STOVER, R.H.** 1972. Conferencia: El Mal de Panamá en las plataneras canarias. Las Palmas de Gran Canaria.
- STRICKLAND, T., P. SOLLINS, D.S. SCHIMEL y E.A. KERLE.** 1988. Aggregation and aggregate stability in forest and range soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:829-833.
- SUÁREZ, D.L.** 1977. Ion activity products of calcium carbonate in waters below the rootzone. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41:310-315.
- SUÁREZ, D.L.** 1981. Relationship between p<sub>Hc</sub> and SAR and an alternative method of estimating SAR of soil or drainage water. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45:469-475.
- SUÁREZ, D.L.** 1983. Calcite supersaturation and precipitation kinetics in the lower Colorado River, All-American Canal, and East Highline Canal. *Water Resour. Res.*, 19:653-661.
- SUÁREZ, D.L.** 1985. Prediction of major ion concentrations in arid land soils using equilibrium and kinetic theories. ARS Modeling Symposium. USDA-ARS-30. Pingree Park. Co. p:170-175.
- SUÁREZ, D.L.** 1990. Criterios para evaluar la utilidad del agua para riego. Ciclos de Seminarios V Curso Internacional de riego localizado. Consejería de Agricultura y Pesca del Gobierno Autónomo de Canarias. p:203-215.
- SUÁREZ SÁNCHEZ, C.L.** 1994. Evapotranspiración de la Platanera (*Musa acuminata* COLLA, AAA) y respuestas fisiológicas al régimen de riego. Tesis doctoral. Departamento de Biología Vegetal. Universidad de La Laguna. 241 p.
- SUÁREZ, D.L. y I. LEBRÓN.** 1993. Water quality criteria for irrigation with highly saline water. En: Towards the rational use of high salinity tolerant plants. H. Lieth y A. Al Masoom (eds.). 2:389-397.
- SUÁREZ, D.L. y J.D. RHOADES.** 1982. The apparent solubility of calcium carbonate in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46:716-722.
- SUÁREZ, D.L., J.D. RHOADES, R. LAVADO y C.M. GRIEVE.** 1984. Effect of pH on saturated hydraulic conductivity and soil dispersion. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48:50-55.
- SUÁREZ, D.L. y C.L. SÚAREZ SÁNCHEZ.** 1990. Cinética de la precipitación del carbonato cálcico con aplicación a las aguas de galerías de Canarias. Ciclos de Seminarios V Curso Internacional de riego localizado. Consejería de Agricultura y Pesca del Gobierno Autónomo de Canarias. p:217-231.

- SUÁREZ SÁNCHEZ, C.L. y J.L. SANTANA OJEDA.** 1992. Efecto de un agua bicarbonatada enriquecida con CO<sub>2</sub> en el coeficiente de uniformidad de una instalación de riego localizado. Ciclo de Seminarios VI Curso Internacional de riego localizado. Consejería de Agricultura y Pesca del Gobierno Autónomo de Canarias. J.L. Santana (ed.). p:83-104.
- SUMMER, M.E.** 1963. Effect of alcohol washing and pH values of leaching solution on positive and negative changes in ferruginous soils. *Nature*, 108:1018-1019.
- SYNCONSULT AICASA.** 1987. Estudio de los consumos y necesidades hídricas agrarias en las Islas Canarias. Plan Hidrológico del Archipiélago Canario. Proyecto Canarias-Agua 2000, tomos 3 (Minografiado).
- SZABOLCS, I.** 1996. An overview on soil salinity and alkalinity in Europe. Soil salinization and alkalization in Europe. N. Misopolinos y I. Szabolcs (eds.). European Society for Soil Conservation. Thessaloniki, Greece. p:1-12.
- TABARES RODRÍGUEZ, J.M.** 1981. Cultivo en invernadero. El tomate. Caja Insular de Ahorros de Gran Canaria (ed.). XOBA. Revista de Agricultura. Monografía. 2:1-13.
- TANJI, K.K. y J.W. BIGGAR.** 1972. Specific conductance model for natural waters and soil solutions of limited salinity levels. *Water Resources Res.*, 8:145-153.
- TAYLOR, H.M.** 1962. Seedling emergence of wheat, grain, sorghum and guar as affected by rigidity and thickness of surface crusts. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 26:431-433.
- TEJEDOR, M., A. RODRÍGUEZ, C.C. JIMÉNEZ y F. DÍAZ.** 1999a. Evaluación del funcionamiento de agrosistemas tradicionales de zonas áridas. Aprovechamiento hídrico y estado salino. 14º Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Chile.
- TEJEDOR, M., A. RODRÍGUEZ, C.C. JIMÉNEZ y F. DÍAZ.** 1999b. Evaluation of traditional agrosystem function in arid zones: hydric state and fertility. Comunicación al 6<sup>th</sup> International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate. Barcelona. p:355-356.
- TELLO MARQUINA, J.C.** 1975. Conferencia: El Mal de Panamá en las plataneras de las Islas Canarias. INIA (CRIDA 11). Tenerife.
- THORNTHWAITE, C.W.** 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geograph. Review.*, 38:55-94.
- TISDALL, J.M. y J.M. OADES.** 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.*, 33:141-163.
- TORRES CABRERA, J.M.** 1995. El suelo como recurso natural: Procesos de degradación y su incidencia en la desertificación de la isla de Fuerteventura. Tesis Doctoral inédita. Departamento de Edafología y Geología. Universidad de La Laguna. 560 p.+ mapas.
- TORRES SOTELO, J.E.** 1990. El agua y el riego. Ciclo de Seminarios del V Curso Internacional de Riego Localizado. Universidad de La Laguna. Tenerife. p:115-128.

- TOUR GUIDE.** 1986. 8th Int. Soil Classification Workshop, Brazil. SMSS/EMBRAPA/UPR. Rio de Janeiro.
- TRUESDELL, A.H. y B.F. JONES.** 1974. Wateq, a computer program for calculating chemical equilibria of natural waters. *J. Res. U. S. Geol. Surv.*, 2(2):233-248.
- TURNER, D.W.** 1984. Banana production in different climatic zones of Australia. *Banana Newsletter*, 7:10.
- TURNER, D.W., C. KORAWIS y A.D. ROBSON.** 1989. Soil analysis and its relationship with leaf analysis and banana yield with special reference to a study of Carnarvon, Western Australia. *Fruits*, 44:193-203.
- TWYFORD, I.T.** 1967. Nutrition, a review of principles and practice. *J. Sci. Food Agric.*, 18:177-183.
- ULRICH, A., M.A.E. MOSTAFA y W.W. ALLEN.** 1980. Strawberry deficiency symptoms: A visual and plant analysis guide to fertilization. Univ. Calif. Div. Agric. Sci. Publication N°4098.
- UMALI, D.L.** 1993. Irrigation-induced salinity a growing problems of development and the environment. World Bank Technical Paper N°215. Washington. 78 p.
- U.S. SALINITY LABORATORY STAFF.** 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. L.A. Richards (ed.). U.S. Dept. Agr. Handbook 60. 160 p.
- VALOCCHI, A.J., R.L. STREET y P.V. ROBERTS.** 1981. Transport of ion-exchanging solutes in groundwater: Chromatographic theory and field simulation. *Water Resour. Res.*, 17(5):1517-1527.
- VAN DEN BROEK, T.M.W.** 1989. Clay dispersion and pedogenesis of soils with an abrupt contrast in texture, a hydro-pedological approach on subcatchment scale. Doctoral Thesis. Univ. of Amsterdam. Amsterdam. 109 p.
- VAN DEN HONERT, T.H.** 1948. Water transport in plants as a catenary process. Discuss. Faraday Soc. 3:146-153.
- VAN OLPHEN.** 1977. An introduction to clay colloid chemistry. 2ª ed. Interscience Publ. Nueva York. 318 p.
- VÁRALLYAY, G.** 1977. Moisture status and flow phenomena in salt affected soils. En: Proc. Indo-Hungarian Seminar on the Management of Salt Affected Soils. C.S.S.R.I. Karnal. India. p:85-102.
- VARGAS CHÁVEZ, G.E.** 1998. A study of clay dispersion in four agricultural saline soils of the Canary Islands. En: The soil as a strategic resource: degradation processes and conservation measures. A. Rodríguez Rodríguez, C.C. Jiménez Mendoza y M.L. Tejedor Salguero (eds.). Geoforma Ediciones. Logroño. p:305-313.

**VARGAS CHÁVEZ, G.E., M.C. GONZÁLEZ SOTO, L.A. HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, C.C. JIMÉNEZ MENDOZA, M.J. ORTEGA GONZÁLEZ, P.A. PADRÓN PADRÓN, A. RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ y J.M. TORRES CABRERA.** 1991. Salización inducida en la agricultura canaria. Comunicaciones de XVIII Reunión Nacional de Suelos. Tenerife. p:441-458.

**VARGAS CHÁVEZ, G.E., M.C. GONZÁLEZ SOTO, C.C. JIMÉNEZ MENDOZA y A. RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ.** 1993. Desertificación agrícola en las Islas Canarias. Degradación de suelos por salinización. Comunicaciones del XII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Salamanca. p:1439-1446.

**VARGAS CHÁVEZ, G.E., A. RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ y C.C. JIMÉNEZ MENDOZA.** 1999. Stability of aggregates in agricultural soils of the Canary Islands. Comunicación al 6<sup>th</sup> International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate. Barcelona. p:70.

**VARGAS CHÁVEZ, G.E. y A. RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ.** 2000. Influencia de las aguas de riego en los procesos de salinización y/o sodificación de los suelos dedicados a los cultivos de exportación más importantes de Canarias (plátanos y tomates). Vº Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Monográfico dedicado al olivar. Baeza (Jaén). Nº7-3. p:129-136.

**WADA, K.** 1958. Adsorption of alkali chlorides and ammonium chloride on halloysite. *Soil Plant Food*, 4:137-144.

**WADA, K.** 1959a. Oriented penetration of ionic compounds between the silicate layers of halloysite. *Am. Mineral.*, 44:153-165.

**WADA, K.** 1959b. An interlayer complex of halloysite with ammonium chloride. *Am. Mineral.*, 44:1237-1247.

**WADA, K.** 1961. Lattice expansion of kaolin minerals by treatment with potassium acetate. *Am. Mineral.*, 46:78-91.

**WADA, S.-I.** 1984. Mechanism of apparent salt absorption in and soils. *Soil Sci. Plant. Nutr.*, 30(1):77-83.

**WADA, S.-I.** 1987. Practical significance of the variability of charge. En: Proceedings of the ninth International Soil Classification Workshop. Properties, Classification and Utilization of Andisols and Paddy Soils. p:558-566.

**WAGENET, R.J. y J.L. HUTSON.** 1987. LEACHM: Leaching Estimation And Chemistry Model, A process-based model of water and solute movement, transformations, plant uptake and chemical reactions in the unsaturated zone. Continuum 2. Water Resour. Inst. Cornell University. Ithaca. N.Y.

**WALDRON, L.J. y G.K. CONSTANTIN.** 1968. Bulk volume and hydraulic conductivity changes during sodium saturation tests. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 32:175-179.

**WALKLEY, A. y I.A. BLACK.** 1934. An examination of Degthareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *J. Soil Sci.*, 37:29-38.



- WALSH, M.P.; S.L. BRYANT; R.S. SCHECHTER y L.W. LAKE.** 1984. Precipitation and dissolution of solids attending flow through porous media. *A.I.Ch.E.J.*, 30(2):317-328.
- WARDLAW, C.W.** 1935. A review of the occurrence of Panama Disease in the Canary Islands. *Trop. Agric. Trin.*, 10:151.
- WARDLAW, C.W.** 1961. Banana Diseases. Ed. Longmans, London. p:62-66.
- WARKENTIN, B.P. y T. MAEDA.** 1980. Physical and mechanical characteristics of Andisols. En: Soils with variable charge. B.K.G. Theng (ed.). Lower Hutt, New Zealand. Soc. of Soil Science. 7:281-301.
- WILCOX, L.V., G.Y. BLAIR y C.A. BOWER.** 1954. Effect of bicarbonate on suitability of water for irrigation. *J. Soil Science*, 77:259-266.
- WORLD BANK-UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAM (WB-UNDP).** 1990. Irrigation and Drainage Research: A Proposal. Washington, D.C. World Bank.
- WRB.** 1998. World Reference Base for Soil Resources. FAO, ISRIC, ISSS. World Soil Res. Rep.84. 88 p.
- YATES, R.A.** 1964. Yield depression due to phosphate fertiliser in sugarcane. *Aust. J. Agric. Res.*, 15(4):537-547.
- YEH, G.T. y D.D. HUFF.** 1985. FEMA: A finite element model of material transport through aquifers. Rep. ORNL-6063. Oak Ridge Natl. Lab. Oak Ridge. Tenn.
- YEH, G.T. y V.S. TRIPATHI.** 1989. A critical evaluation of recent developments in hydrogeochemical transport models of reactive multichemical components. *Water Resour. Res.*, 25(1):93-108.
- YEH, G.T. y V.S. TRIPATHI.** 1991. A model for simulating transport of reactive multispecies components: Model development and demonstration. *Water Resour. Res.*, 27(12):3075-3094.
- YOUNG, A. y P. BROWN.** 1962. The physical environment of Northern Nyasaland. Gvt. Printer. Zomba. Malawi.
- YOUNG, R.A. y G.H. HORNER.** 1986. Irrigated agriculture and mineralized water. En: Agriculture and the Environment. T.T. Phipps, P.R. Crosson y K.A. Price (eds.). Washington, D.C. Resources for the Future.
- YOUSAF, M.** 1983. Clay dispersion and hydraulic conductivity characteristics of soil as influenced by electrolyte concentration, exchangeable cation composition and clay mineralogy. Ph. D. dissertation. Univ. Of California. Riverside. 163 p.

## **BIBLIOGRAFÍA** **(Consultada)**

**AGASSI, M., I. SHAINBERG y J. MORIN.** 1981. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45:848-851.

**ALI, O.M., M. YOUSAF y J.D. RHOADES.** 1987. Effect of exchangeable cation and electrolyte cation and electrolyte concentration on mineralogy of clay dispersed from aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51:896-900.

**ALPEROVITCH, N., I. SHAINBERG y J.D. RHOADES.** 1986. Effect of mineral weathering on the response of sodic soils to exchangeable magnesium. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50:901-904.

**ALPEROVITCH, N., I. SHAINBERG y M.J. SINGER.** 1985. Effect of clay mineralogy and aluminum and iron oxides on the hydraulic conductivity of clay-sand mixtures. 1985. *Clay and Clay Minerals.*, 33:443-450.

**ALVAREZ, C.E., C. GARCÍA, J. ROBLES y A. DÍAZ.** 1981. Influence des caractéristiques du sol sur la maladie de Panama. *Fruits*, 36:71-81.

**ÁLVAREZ-BENEDÍ, J., T. ISLA, A. CARTÓN y S. BOLADO.** 1999. Efecto de la velocidad de flujo en los parámetros de transporte de solutos. En: Estudios de la Zona No Saturada del Suelo. R. Muñoz-Carpena, A. Ritter y C. Tascón (eds.). ICIA. Tenerife. p:157-161.

**ÁLVAREZ-ROGEL, J., J. HERNÁNDEZ, R. SILLE y F. ALCAREZ.** 1997. Patterns of spatial and temporal variation in soil salinity: example of a salt marsh in a semiarid climate. *Arid Soil Res. Rehabilitation*, 11(4):315-323.

**ANLAUF, R., K.CH. KERSEBAUM, LIU YA PING, A. NUSKE-SCHÜLER, J. RICHTER, G. SPRINGOB, K.M. SYRING y J. UTERMANN.** 1990. Models for Processes in the Soil. Programs and Exercises. Introduced and coordinated by J. Richter. Catena Verlag. 227 p.

**ARAGÜÉS, R.** 1990. Salinidad y alcalinidad. Adecuación del agua para riego. Apuntes V Curso Internacional de Riego Localizado. Centro de Investigación y Tecnología Agraria. Valle Guerra. Tenerife. 121 p.

**ARAGÜÉS, R. y E. AMEZKETA.** 1990. Estabilidad estructural de suelos afectados por sales: revisión bibliográfica. Ciclos de Seminarios V Curso Internacional de riego localizado. Consejería de Agricultura y Pesca del Gobierno Autónomo de Canarias. p:158-190.

**ARAGÜÉS, R. y E. AMEZKETA.** 1991a. Respuesta de cinco horizontes de un suelo salino-sódico al lavado con soluciones de diferente concentración salina. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. 6(2):147-159.

**ARAGÜÉS, R. y E. AMEZKETA.** 1991b. Dispersión de arcillas y conductividad hidráulica de cinco horizontes de un suelo salino-sódico. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. 6(2):160-169.

**AYERS, R.S. y D.W WESTCOT.** 1976b. Laboratory studies on salts distribution in furrow irrigated soil with special reference to the pre-emergence period. *J. Soil Sci.*, 83:249-263.

**BADÍA, D. y A. MEIRI.** 1994. Tolerance of two tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum* Mill.) to soil salinity during emergence phase. *Agr. Mediterránea*, 124:301-310.

**BAKKER, A.C., W.W. EMERSON y J.M. OADES.** 1973. The comparative effect of exchangeable calcium, magnesium and sodium on some physical properties of red brown earth subsoils. I. Exchange reactions and water contents for dispersion of Shepparton soil. *Aust. J. Soil Res.*, 11:143-150.

**BARTOLI, F. y R. PHILIPPY.** 1989. The colloidal stability of suspensions of variable-charge soil constituents and soils. *Geoderma*, 44:167-180.

**BARTOLI, F., R. PHILIPPY, J.M. PORTAL y B. GERARD.** 1992. Poorly ordered Fe oxides, colloidal dispersion and soil aggregation. I. Effect of humic macromolecules on surface and colloidal properties of Fe (III) polycations. *J. Soil Sci.*, 43:47-58.

**BARROS, L.C.G. y R.J. HANKS.** 1993. Evapotranspiration and yield of beans as affected by mulch and irrigation. *Agron. J.*, 85:692-697.

**BEN-HUR, M. y R. KAREN.** 1997. Polymer effects on water infiltration and soil aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61:565-570.

**BEN-HUR, M., I. SHAINBERG, D. BAKKER y R. KEREN.** 1985. Effect of soil texture and CaCO<sub>3</sub> content on water infiltration in crusted soil as related to water salinity. *Irrig. Sci.* 6:281-294.

**BERNSTEIN, L., L.E. FRANCOIS y R.A. CLARK.** 1974. Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetables. *Agron. J.*, 66:412-421.

**BHAN, K.C. y P.K. MAJUMDAR.** 1956. Manurial investigations with banana (Martaman variety) in West Bengal. *Indian J. Agric. Sci.*, 26:337-350.

**BINGHAM, F.T.** 1966. Phosphorus. En: Diagnostic Criteria for Plants and Soils. H.D. Chapman (ed.). University of California. Division of Agricultural Sciences. p:324-361.

**BRESLER, E.** 1975. Two-dimensional transport of solutes during non-steady infiltration from a trickle source. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 39:604-613.

**BROOKS, R.H., C.A. BOWER y R.C. REEVE.** 1956. The effect of various exchangeable cations upon the physical condition of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 20:325-327.

**BRUBAKER, S.C., C.S. HOLZHEY y B.R. BRASHER.** 1992. Estimating the water-dispersible clay content of soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:1227-1232.

- BRUGGENWERT, M.G.M. y C.G.R. VAN UFFELEN.** 1995. Sodication due fluctuating salt concentration. En: International Symposium on Salt-Affected Lagoon Ecosystems. J. Batlle-Sales (ed.). Valencia. España. p:181-187.
- CARTER, D.L.** 1981. Salinity and plant productivity. Chemical Rubber Co., Handbook Series in Nutrition and Food.
- CERDA, A., R.M. SALINAS y M. CARO.** 1983. Tolerancia de las plantas al boro. CEBAS. Murcia. 15 p.
- CHAN, K.Y. y D.P. HENAN.** 1996. The influence of crop rotation on soil structure and soil physical properties under conventional tillage. *Soil Tillage Res.*, 37:113-125.
- CHAPMAN, H.D., F.T. BINGHAM, G.R. DRADFORD, R.F. BREWER, F.M. EATON, T.W. EMBLETON, T.J. GANJE, C.M. JOHNSON, W.W. JONES, C.K. LABANAUSKAS, JR.G.F. LIEBIG, O.R. LUNT, J.P. MARTIN, W. MOJÉ, K. OHKI, P.F. PRATT, W. REUTHER, A. ULRICH, A.P. VANSELOW y E.F. WALLIHAN.** 1966. Diagnostic Criteria for Plants and Soils. H.D. Chapman (ed.). University of California. Division of Agricultural Sciences. 793 p.
- CHAVE, K.E.** 1970. Calcium carbonate saturation in seawater: Effects of dissolved organic matter. *Limnol. Oceanogr.*, 15:633-637.
- CHEN, S., P.F. LOW, J.H. CUSHMAN y C.B. ROTH.** 1987. Organic compounds effects on swelling and flocculation of upton montmorillonita. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51(6):1444-1450.
- CHUNDAWAT, B.S., S.K. DAVE y N.L. PATEL.** 1983. Effect of sources of nitrogen on yield and economics of Basrai banana (*Musa paradisiaca* L.). *Haryana J. Hort. Sci.*, 12:156-159.
- CHURCHMAN, G.J. y R.C. FOSTER.** 1994. The role of clay minerals in the maintenance of soil structure. 15<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. Acapulco, México. (8a):17-34.
- CLARKSON, D.T. y J. SANDERSON.** 1978. Sites of absorption and translocation of iron in barley roots. Tracer and microautoradiographic studies. *Plant Physiol.*, 61.
- CLOUDSLEY-THOMPSON, J.L.** 1985. Water into the 1990`s: The problems of the desert biome. *Intern. J. Environmental Studies*, 25:149-158.
- CRESCIMANNO, G., M. IOVINO y E. MARCONE.** 1995. Irrigation with saline-sodic waters: water and salt-balance in a Sicilian field. International Symposium on Salt-Affected Lagoon Ecosystems. J. Batlle-Sales (ed.). Valencia. España. p:389-398.
- CURTIN, D., C.A. CAMPBELL, R.O. ZENTNER y G.P. LAFOND.** 1994. Long-term management and clay dispersibility in two Haploborolls in Saskatchewan. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58:962-967.
- DAS, A. y B. DATTA.** 1987. Effect of electrolyte solution on saturated hydraulic conductivity of soils varying in clay type and content, and iron oxides. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenk.*, 150:187-192.

- DELVAUX, B. y PH. GUYOT.** 1989. Caractérisation de l'enracinement du bananier au champ. Incidences sur les relations sol-plante dans les bananeraies intensives de la Martinique. *Fruits*, 44: 633-647.
- DELVAUX, B., A. LASSOUDIÈRE, X. PERRIER y J. MARCHAL.** 1986. Une méthodologie d'étude des relations sol-plante-techniques culturales par enquête diagnostic. Application à la culture bananière de Cameroun. *Fruits*, 41:359-370.
- DELVAUX, B., X. PERRIER y PH. GUYOT.** 1990. Diagnostic de la fertilité de systèmes culturaux intensifs en bananeraies à la Martinique. *Fruits*, 45:223-236.
- DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA Y GEOLOGÍA. UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA.** 1994. Proyecto de colaboración con BALTEN para el estudio de la evolución de los suelos y plantas bajo riego con aguas depuradas de Santa Cruz de Tenerife en el Valle de San Lorenzo. Informe: Periodo Junio 94-Diciembre 94. 63 p.
- DESHPANDE, T.L., D.J. GREENLAND y J.P. QUIRK.** 1968. Changes in soil properties associated with the removal of iron and aluminium oxides. *J. Soil Sci.*, 19:108-122.
- DEWIS, J. y F.C.R. FREITAS.** 1970. Physical and chemical methods of soil and water analysis. Soils Bull N° 10. FAO. Roma.
- DOORENBOS, J. y A.H. KASSAM.** 1979. Yield response to water. Irrigation and Drainage. Paper N° 33 FAO. Roma.
- DOREL, M. y X. PERRIER.** 1990. Influence du milieu et des techniques culturales sur la productivité des bananeraies de Guadeloupe. *Fruits*, 45:237-244.
- DRAGOVIC, S.** 1995. Problems of soil salinization in irrigated agriculture. International Symposium on Salt-Affected Lagoon Ecosystems. J. Batlle-Sales (ed.). Valencia. España. p:213-219.
- EATON, F.M.** 1966a. Chlorine. En: Diagnostic Criteria for Plants and Soils. H.D. Chapman (ed.). University of California. Division of Agricultural Sciences. p:98-135.
- EATON, F.M.** 1966b. Sulfur. En: Diagnostic Criteria for Plants and Soils. H.D. Chapman (ed.). University of California. Division of Agricultural Sciences. p:444-475.
- EDWARDS, L.M.** 1991. The effect of alternate freezing and thawing on aggregate stability and aggregate size distribución of some Prince Edward Island soils. *J. Soil Sci.*, 42:193-204.
- EL MORSY, E.A., M. MALIK y J. LETEY.** 1991. Polymer effects on the hydraulic conductivity of saline and sodic soil conditions. *J. Soil Sci.*, 151(6):430-435.
- EL-SWAIFY, S.A., S. AHMED y L.D. SWINDALE.** 1970. Effects of adsorbed cations on physical properties of tropical red and tropical black earths. II. Liquid limit, degree of dispersion and moisture retention. *J. Soil Sci.*, 21(1):188-198.

**EMBLETON, T.W.** 1966. Magnesium. En: Diagnostic Criteria for Plants and Soils. H.D. Chapman (ed.). University of California. Division of Agricultural Sciences. p:225-263.

**EMERSON, W.W. y C.L. CHI.** 1977. Exchangeable calcium, magnesium, and sodium, and the dispersion of illites. II. Dispersion of illites in water. *Aust. J. Soil Res.*, 15:255-263.

**FEKETE, J.** 1995. The effects of amelioration of sodic and alkaline soils in dry conditions. International Symposium on Salt-Affected Lagoon Ecosystems. J. Batlle-Sales (ed.). Valencia. España. p:115-122.

**FERNÁNDEZ-CALDAS, E., M.L. TEJEDOR SALGUERO y C.C. JIMÉNEZ.** 1987. Soil types in the arid zones of the Canary Islands. *Catena*, 14:317-324.

**FLETCHER, P., K.M. HOLTZCLAW, C. JOUANY, G. SPOSITO y C.S. LEVESQUE.** 1984a. Sodium-calcium-magnesium exchange reactions on a montmorillonitic soil. II. Ternary exchange reactions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48:1022-1025.

**FLETCHER, P., G. SPOSITO y C.S. LEVESQUE.** 1984b. Sodium-calcium-magnesium exchange reactions on a montmorillonitic soil. I. Binary exchange reactions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48:1016-1021.

**FLOWERS, T.J. y A. LÄUCHLI.** 1983. Sodium versus potassium: substitution and compartmentation. A. Läuchli y A. Pirson (eds.). Inorganic Plant Nutrition. Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, Vol. 15B, Berlin, Springer-Verlag. p:651-81.

**FLOWERS, T.J. y A.R. YEO.** 1986. Ion relations of plants under drought and salinity. *Aust. J. Plant Physiol.*, 13:77-91.

**FREDE, H.G. y S. DABBERT.** 1999. Handbook for water protection in agriculture. Verlagsgesellschaft. AGE Co. K.G.

**FRENKEL, H., M.V. FAY y G.J. LEVY.** 1992. Organic and inorganic anions effects on reference and soil clays critical flocculation concentration. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:1762-1766.

**FRENKEL, H., J.O. GOERTZEN y J.D. RHOADES.** 1978. Effects of clay type and content, exchangeable sodium percentage, and electrolyte concentration on clay dispersion and soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42:32-39.

**GOLDBERG, S., D.L. SUAREZ y R.A. GLAUBIG.** 1988. Factors affecting clay dispersion and aggregate stability of arid-zone soils. *J. Soil Sci.*, 146:317-325.

**GÓMEZ, I., F. GARCÍA, J. NAVARRO PEDREÑO, R. MORAL, R. RUIZ ZAPATA y J. MATAIX.** 1995. Reclaiming saline soils: addition of sewage sludge and its influence on salt content. International Symposium on Salt-Affected Lagoon Ecosystems. J. Batlle-Sales (ed.). Valencia. España. p:433-436.

**GOWEN, S.** 1996. Bananas and Plantains. S. Gowen (ed.). Natural Resources Institute, Chatham, UK and Department of Agriculture University of Reading, UK. Chapman & Hall. 612 p.

- GRATTAN, S.R., C. SHENNAN, D.M. MAY, J.P. MITCHELL y R.G. BURAU.** 1987. Use of drainage water for irrigation of melons and tomatoes. *California Agriculture*, 41:27-28.
- GREENWAY, H. Y R. MUNNS.** 1980. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Annual Review of Plant Physiol.*, 31:149-190.
- GROENEVELT, P.H., P. VAN STRAATEN, V. RASIAH y J. SIMPSON.** 1989. Modifications in evaporation parameters by rock mulches. *Soil Technology*, 2:279-285.
- HAKANSSON, I. y J. LIPIEC.** 2000. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. *Soil Tillage Res.*, 53:71-85.
- HALITIM, A., M. ROBERT, D. TESSIER y R. PROST.** 1984. Influence des cations échangeables ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ) et de la concentration saline sur le comportement physique (retention en eau, conductivité hydraulique) de la montmorillonite. *Agron. J.*, 4(5):451-459.
- HAMID, K.S. y M.A. MUSTAFA.** 1975. Dispersion as an index of relative hydraulic conductivity in salt-affected soils of the Sudan. *Geoderma*, 14:107-114.
- HELAL, H.M. y K. MENGEL.** 1981. Interaction between light intensity y ClNa salinity and their effects on growth,  $\text{CO}_2$  assimilation and photosynthetic conversion in young broad beans. *Plant Physiol.*
- HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, P.** 1999. *Natura y Cultura de las Islas Canarias*. P. Hernández Hernández (ed.). Tafor Publicaciones. 704 p.
- HERNANZ, J.L., R. LÓPEZ y V. SÁNCHEZ-GIRÓN.** 1999. Long term effect of three tillage systems on structural soil stability in Central Spain. 6<sup>th</sup> International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate. Barcelona. p:647-649.
- HUSSAIN, T., M. AKHTAR ABBAS, G. JILANI y T. JAVAID.** 1995. Strategies to use saline irrigation water for crop production in Pakistan. International Symposium on Salt-Affected Lagoon Ecosystems. J. Batlle-Sales (ed.). Valencia. España. p:203-212.
- HUSSAIN, N., T. HUSSAIN, A. SATTAR, G. SARWAR, G.D. KHAN y J. IQBAL.** 1995. Best use of canal and brackish groundwater for crop production. International Symposium on Salt-Affected Lagoon Ecosystems. J. Batlle-Sales (ed.). Valencia. España. p:227-233.
- JACOBSEN, O.H., P. MOLDRUP, C. LARSEN, L. KONNERUP y L.W. PETERSEN.** 1997. Particle transport in macropores of undisturbed soil columns. *J. Hydrol.*, 196:185-203.
- JARVIS, N.J., K.G. VILLHOLTH y B. ELÉN.** 1999. Modelling particle mobilization and leaching in macroporous soil. *European J. Soil Sci.*, 50:621-632.
- JINGSONG, Y. y Z. SHOUQUAN.** 1995. Features of salt-affected soils and irrigation water resources in the north China plain and their management. International Symposium on Salt-Affected Lagoon Ecosystems. J. Batlle-Sales (ed.). Valencia. España. p:145-159.

- JONES, W.W.** 1966. Nitrogen. En: Diagnostic Criteria for Plants and Soils. H.D. Chapman (ed.). University of California. Division of Agricultural Sciences. p:310-323.
- KEMPER, W.D.** 1965. Aggregate Stability. En: C.A. Black et al. (ed.). Methods of soil analysis, Part 1. *Agron. J.*, 9:511-519.
- KEMPER, W.D. y W.S. CHEPIL.** 1965. Aggregate Stability. En: C.A. Black et al. (ed.). Methods of soil analysis, Part 1. *Agron. J.*, 9:499-510.
- KHASAWNEH, F.E. Y F. ADAMS.** 1967. Effect of dilution on calcium and potassium contents of soil solutions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 31:172-176.
- KIJNE, J.W. y E.J. VANDER VELDE.** 1992. Salinity in Punjab watercourse commands and irrigation system operations. IIMI, Advancements in IIMI'S Research 1989-91. Singapore: Stanford Press. p:139-175.
- KRISHNAN, B.M. y K.G. SHANMAUGEVELU.** 1981. Studies on the effects of different soil moisture depletion levels on the distribution of dry matter and nutrients in banana cv. 'Robusta'. *Mysore J. Agricultural Sci.*, 15:63-73.
- LABANAUSKAS, C.K.** 1966. Manganese. En: Diagnostic Criteria for Plants and Soils. H.D. Chapman (ed.). University of California. Division of Agricultural Sciences. p:264-285.
- LACOEUILHE, J.J. y P. MARTIN-PRÉVEL.** 1971. Culture sur milieu artificiel. 1. Carences en N, P, S chez le bananier, analyse foliaire. 2. Carence en K, Ca, Mg chez le bananier, analyse foliaire. *Fruits*, 26:161-167, 243-253.
- LAHAV, E.** 1972. Effect of different amounts of potassium on the growth of the banana. *Trop. Agric. Trin.*, 49:321-335.
- LAHAV, E.** 1980. Bibliography on mineral nutrition of bananas. International Group Mineral Nutrition of Bananas, New South Wales Government Printer, Australia.
- LAHAV, E. y D.W. TURNER.** 1989. Banana Nutrition. Bull. 12. International Potash Institute, Worblaufen-Bern, Switzerland.
- LE BISSONNAIS, Y. y M.J. SINGER.** 1992. Crusting, runoff and erosion response to soil water content and successive rainfalls. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:1898-1903.
- LETEY, J.** 1993. Relationship between salinity and efficient water use. *Irrig. Sci.*, 14:75-84.
- LEVY, G.J. y I. SHAINBERG.** 1999. Soil hydraulic conductivity: effects of using reclaimed waste water. 6<sup>th</sup> International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate. Barcelona. p:52-54.
- LEVY, G.J., I. SHAINBERG y Y. W.P. MILLER.** 1998. Physical properties of sodic soils. En: Sodic Soils, Distribution, Properties, Management and Environmental Consequences. M.E. Summer y R. Naidu (eds.). Oxford University Press. p:77-94.



**LORIDAT, P.** 1989. Etudes de la microflore fongique et des nématodes associés aux nécroses de l'appareil dou terrain du bananier en Martinique. Mise en évidence du pouvoir pathogène du genre *Cylindrocladium*. *Fruits*, 44:587-598.

**MARCHAL, J. y P. MARTIN-PRÉVEL.** 1971. Les oligoelements Cu, Fe, Mn, Zn dans le bananier. Niveaux foliaires et bilans. *Fruits*, 26:483-500.

**MARSCHNER, H.** 1986. Nutrition of Higher Plants. Academic Press, Inc., New York, NY.

**MARTIN-PRÉVEL, P.** 1973. Influence de la nutrition potassique sur les fonctions physiologiques et la qualité de la production chez quelques plantes tropicales. En: 10th Colloq. of the International Potash Institute. Abidjan, Ivory Coast. p:233-248.

**MARTIN-PRÉVEL, P.** 1974. Les methodes d'échantillonnage pour l'analyse foliaire du bananier, resultats d'une enquete internationale et propositions en veu d'une reference commune. *Fruits*, 29:583-588.

**MARTIN-PRÉVEL, P.** 1977. Echantillonnage du bananier pour l'analyse foliaire , consequences des differences de techniques. *Fruits*, 32:151-166.

**MARTIN-PRÉVEL, P.** 1978. Effects of magnesium and potassium nutrition on phosphorus uptake and redistribution in a cultivated plant, *Musa* sp. En: Plant Nutrition 1978: Proc. 8th Int. Colloq. on Plant Analysis and Fertilizer Problems. Auckland, NZ. p:329-338.

**MARTIN-PRÉVEL, P.** 1980. La nutrition minerale du bananier dans le monde. *Fruits*, 35:503-518,583-593.

**MARTIN-PRÉVEL, P.** 1984. Banana. En: Plant Analysis as a Guide to the Nutrient Requirements of Temperate and Tropical Crops. P. Martin-Prével, J. Gagnard y P. Gautier (eds.). p:637-670.

**MARTIN-PRÉVEL, P.** 1987. Banana. En: Plant Analysis as a Guide to the Nutrient Requirements of Temperate and Tropical Crops. P. Martin-Prével, J. Gagnard y P. Gautier (eds.). Lavoisier, Paris. p:637-670.

**MARTIN-PRÉVEL, P. y G. MONTAGUT.** 1966a. Essais sol-plante sur bananiers. 7. Les interactions dans la nutrition minerale du bananier. *Fruits*, 21:19-36.

**MARTIN-PRÉVEL, P. y G. MONTAGUT.** 1966b. Essais sol-plante sur bananiers. 8. Dynamique de l'azote dans la croissance et le développement du végétal. 9. Fonctions des divers organes dans l'assimilation de P, K, Ca, Mg. *Fruits*, 21:283-294 y 395-416.

**MASHALI, A.M.** 1995. Network on integrated soil management for sustainable use of salt affected soil. International Symposium on Salt-Affected Lagoon Ecosystems. J. Batlle-Sales (ed.). Valencia. España. p:267-283.

**MASSOUD, F.I.** 1974. Salinity and alkalinity. A World Assessment of Soil Degradation. An International Programme of Soil Conservation. report of an Expert Consultation on Soil Degradation. Roma, FAO, UNEP. p:16-17.

- McINTYRE, D.S.** 1979. Exchangeable sodium, subplasticity and hydraulic conductivity of some Australian soils. *Aust. J. Soil Res.*, 17:115-120.
- McNEAL, B.L., W.A. NORVELL y N.T. COLEMAN.** 1966. Effect of solution composition on the swelling of extracted soil clays. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 30(3):312-317.
- MEIRI, A., D.J. LAUTER y N. SHARABANI.** 1993. Shoot growth and fruit development of muskmelon under saline and non-saline soil moisture deficit. *Irrig. Sci.*
- MENDIZÁBAL, T.** 1994. La degradación de los suelos en la Europa Mediterránea: Evolución y consecuencias. Seminario teórico-práctico de erosión y degradación de suelos agrícolas y forestales. Contribución a la lucha contra la Desertificación. Sociedad española de Geomorfología y Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC). Madrid. 6 p.
- MERMIER, M., C. SAMIE y O. DE VILLELE.** 1970. Premier mesures d'évaporation sous serres. *P.H.M.* 103:6255-6260.
- MIRZA, B. y R. KHALIDY.** 1964a. Uptake of magnesium through foliar spray in banana. *West Pakistan J. Agric. Res.*, 2:81-82.
- MIRZA, B. y R. KHALIDY.** 1964b. Uptake and interaction of phosphorus with other organic nutrients in banana. *West Pakistan J. Agric. Res.*, 2:83-89.
- MITRA, S.L. y R.S. DHUA.** 1988. Banana. En: Mineral Nutrition of Crops. T.K. Bose, S.K. Mitra y M.K. Sadhu (eds.). Naya Prokash, Calcutta, India. p:185-220.
- MIYAMOTO, S.** 1980. Effects of bicarbonate on sodium hazard of irrigation water; alternative formulation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:1079-1084.
- MONTAGUT, G. Y P. MARTIN-PRÉVEL.** 1965. Essais sol-plante sur bananiers. 1. Besoins en engrais des bananeraies antillaises. *Fruits*, 20:265-273.
- MONTEAGUT GONZÁLEZ, F.** 2000. Contribución al conocimiento de la salinidad/sodicidad del sistema "gavia" de la isla de Fuerteventura. Universidad de La Laguna. Centro Superior de Ciencias Agrarias. Departamento de Edafología y Geología. 154 p.
- MOREIRA, R.S., R. HOROCE y L.A. SAES.** 1986. An analysis of twelve nutrients in the internal and external leaf samples of fifty banana cultivars. *Fruits*, 41(11):669-673.
- MUÑOZ-CARPENA, R., J.E. PARSONS y S. DUCHEYNE.** 1999. Simulación con el modelo numérico WAVE del transporte de agua y nitrógeno a través de la zona no saturada en un cultivo de platanera. En: Estudios de la Zona No Saturada del Suelo. R. Muñoz-Carpena, A. Ritter y C. Tascón (eds.). ICIA. Tenerife. p:163-168.
- MUSARD, M.** 1976. Besoins en eau des cultures maraichères sous serre et conduite d'irrigation en fonction du rayonnement solaire global. *P.H.M.* 165:23-31.
- NAGHSHINEH-POUR, B., G.W. KUNZE y C.D. CARSON.** 1970. The effect of electrolyte composition on hydraulic conductivity of certain Texas soils. *J. Soil Sci.*, 110:124-127.

- PAGLIAI, M.** 1999. The main aspects of soil degradation in agricultural and forestry lands. 6<sup>th</sup> International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate. Barcelona. p:777-779.
- PALACIOS, M.P., E. DEL-NERO y N. PAVÓN.** 1999. Influencia del riego con agua depurada municipal de diferentes calidades sobre los suelos y el cultivo de platanera. En: Estudios de la Zona No Saturada del Suelo. R. Muñoz-Carpena, A. Ritter y C. Tascón (eds.). ICIA. Tenerife. p:131-137.
- PANABOKKE, C.R. y J.P. QUIRK.** 1957. Effect of water content on stability of soil aggregates in water. *J. Soil Sci.*, 83:185-195.
- PASTERNAK, D. y Y. DE-MALACH.** 1993. Crop irrigation with saline water. En: Handbook of Plant and Crop Stress. M. Pessacareli (ed.). Marcel Dekkar inc. New York N.Y.
- PATCHARAPREECHA, P., B. TOPARK-NGARM, I. GOTO y M. KIMURA.** 1989. Studies on saline soils in Khon Kaen region, Northeast Thailand. I. Physical and Chemical Properties of Saline Soils. *Soil Sci. Plant. Nutr.*, 35(2):171-179.
- PENMAN, H.L.** 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. R. Soc. A.* 193:120-145.
- PENNY, M.G. y D.J.F. BOWLING.** 1974. A study of potassium gradients in the epidermis of intact leaves of *Commelina communis* in relation to stomatal opening. *Suelo y Planta*, 119.
- PITMAN, M.G. y J. CRAM.** 1977. Regulation of ion contents in whole plants. In Jennings. *Integration of Activity in the Higher Plant.* Cambridge University Press. p:391-424.
- PLA-SENTÍS, I.** 1969. Metodología de laboratorio recomendada para el diagnóstico de salinidad y alcalinidad en suelos, aguas y plantas. Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela (multigrafiado).
- PLA-SENTÍS, I.** 1996. Soil salinization and land desertification. En: Soil degradation and desertification in Mediterranean environments. J.L. Rubio y A. Calvo (eds.). Geoforma Ediciones. Logroño. p:105-129.
- PLA-SENTÍS, I.** 2000. Hydrological approach to soil and water conservation. European Society for Soil Conservation III International Congress, Man and Soil at the Third Millennium. p:45-69.
- PLA-SENTÍS, I. y F. DAPPO.** 1975. Criterios para regular el uso de aguas salinas en Agricultura. *Annales Juris Aquarum.* Conf. Int. sobre Derecho y Administración de Aguas. Caracas. Venezuela. 2:1085-1094.
- PLA-SENTÍS, I. y F. DAPPO.** 1977. Field testing of a new system for qualifying irrigation water. *Proc. Int. Conf. on Managing Saline Water for Irrigation.* Texas Tech. Univ. Lubbock. p:376-387.
- PLAUT, Z. y A. MEIRI.** 1988. Effect of salinity in irrigation water on yield and fruit quality of greenhouse-grown tomatoes during the winter. *Israel J. Agric. Res.*, 2:79-97.
- PORTA CASANELLAS, J.** 1986. Técnicas y experimentos en Edafología. Col·legi oficial d'Enginyers Agrònoms de Catalunya. Barcelona. 282 p.

- PROCEDURES FOR SOIL ANALYSIS.** 1986. Water dispersible clay. L.P. van Reeuwijk (ed.). International Soil Reference and Information Centre. p:9-14.
- PRATT, P.F.** 1966. Carbonate and Bicarbonate. En: Diagnostic Criteria for Plants and Soils. H.D. Chapman (ed.). University of California. Division of Agricultural Sciences. p:93-97.
- PRATT, P. y D.L. SUAREZ.** 1990. Irrigation water quality. En: Agricultural Salinity Assessment and Management. K.K. Tanji (ed.). Manuals and Reports on Engineering Pract.71. ASCE, New York. p:220-236.
- RAMOS, M.C. y S. NACCI.** 1997. Estabilidad estructural de agregados superficiales en suelos del Anoia-Penedés (Barcelona) frente al humedecimiento y el impacto de las gotas de lluvia. Boletín de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. 3(1):3-12.
- RAMOS, M.C. y S. NACCI.** 1999. Aggregate stability to drop impact and soil sealing. 6<sup>th</sup> International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate. Barcelona. p:61-63.
- REDDY, M.M.** 1977. Crystalization of calcium carbonate in the presence of trace concentrations of phosphorus-containing anions. *J. Crust. Rowth.*, 41:287-295.
- REYNOLDS, R.C.Jr.** 1978. Polyphenol inhibition of calcite precipitation in Lake Powel. *Limnol. Oceanogr.*, 23:585-597.
- RHOADES, J.D.** 1968a. Mineral-weathering correction for estimating the sodium hazard of irrigation waters. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 32(5):648-652.
- RHOADES, J.D.** 1968b. Leaching requirement for exchangeable-sodium control. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 32(5):652-656.
- RHOADES, J.D.** 1982. Reclamation and management of salt-affected soils after drainage. Proc. of the First Annual Western Provincial Conf. Rationalization of Water and Soil Res. and Management. Lethbridge, Alberta, Canada. p:123-197.
- RHOADES, J.D.** 1990. Overview: Diagnosis of salinity problems and selection of control practices. En: Agricultural Salinity Assessment and Management. K.K. Tanji (ed.). New York. American Society of Civil Engineers. p:18-41.
- RHOADES, J.D.** 1995. Salinization of soil and water: a review of causes, issues and control-principles. International Symposium on Salt-Affected Lagoon Ecosystems. J. Batlle-Sales (ed.). Valencia. España. p:343-370.
- RHOADES, J.D. y R.D. INGVALSON.** 1969. Macroscopic swelling and hydraulic conductivity properties of four vermiculitic soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 33(3):364-369.
- RICHARDS, L.A.** 1980. Diagnóstico y rehabilitación de los suelos salinos y sódicos. L.A. Richards (ed.). Departamento de Agricultura de los E.U.A. Rama de Investigación sobre Conservación del Suelo y Agua. Servicio de Investigaciones Agrícolas. Editorial Limusa. México. 172p.

**RICHTER, J.** 1987. The soil as a reactor. Modelling Processes in the Soil. J. Richter (ed.). Catena Verlag. 192 p.

**ROBINSON, J.B.** 1971. Salinity and the whole plant. En: Salinity and Water Use. A National Symp. on Hydrology. T. Talsma y J.R. Philip (eds.). Aust. Acad. Sci. London: MacMillan. p:193-206.

**RODRÍGUEZ BRITO, W.** 1992. Canarias: Agricultura y Ecología. Cabildo Insular de Tenerife. Centro de la Cultura Popular Canaria. 194p.

**RODRÍGUEZ BRITO, W.** 1995. El agua en Canarias y el siglo XXI. Cabildo Insular de Gran Canaria. Centro de la Cultura Popular Canaria. 129p.

**RODRÍGUEZ BRITO, W.** 1996. Agua y Agricultura en Canarias. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Centro de la Cultura Popular Canaria. 236p.

**RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, A., C.C. JIMÉNEZ MENDOZA y M.L. TEJEDOR SALGUERO.** 1998. The soil as a strategic resource: degradation processes and conservation measures. A. Rodríguez Rodríguez, C.C. Jiménez Mendoza y M.L. Tejedor Salguero (eds.). Departamento de Edafología y Geología. Universidad de La Laguna. Geoforma Ediciones. Logroño. 479 p.

**ROMÁN, R., A. BUSTOS y R. CABALLERO.** 1999. Variabilidad espacial de aniones y cationes en la solución de agua en el suelo en la ZNS. En: Estudios de la Zona No Saturada del Suelo. R. Muñoz-Carpena, A. Ritter y C. Tascón (eds.). ICIA. Tenerife. p:79-82.

**ROTH, C.H. y M.A. PAVAN.** 1991. Effects of lime gypsum on clay dispersion and infiltration in samples of a Brazilian Oxisol. *Geoderma*, (48):351-361.

**ROWELL, D.L. y I. SHAINBERG.** 1979. The influence of magnesium and of easily weathered minerals on hydraulic conductivity changes in a sodic soil. *J. Soil Sci.*, 30:719-726.

**SECRETARÍA PROVISIONAL PARA LA CONVENCION DE LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACION.** 1995. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África. Geneva Executive Center. 71p.

**SEN, H.S. y B.K. BANDYOPADHYAY.** 1989. Estimation of salinity at varying soil moisture. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 37:15-21.

**SETA, A.K. y A.D. KARATHANASIS.** 1997. Stability and transportability of water-dispersible soil colloids. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61:604-611.

**SHAINBERG, I. y G.J. LEVY.** 1994. Organic polymers and soil sealing in cultivated soils. *J. Soil Sci.*, 158:267-273.

**SHAINBERG, I., G.J. LEVY, P. RENGASAMY y H. FRENKEL.** 1992. Aggregate stability and seal formation as affected by drops impact energy and soil amendments. *Soil Sci.*, 154(2):113-119.

**SHAINBERG, I., D. WARRINGTON y J.M. LAFLEN.** 1992. Soil dispersibility, rain properties, and slope interaction in rill formation and erosion. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:278-283.

**SHALHEVET, J y B. YARON.** 1973. Effect of soil and water salinity on tomato growth. *Plant and Soil*, 39:285-292.

**SHENG, F. y C. XIULING.** 1999. Rationally utilizing water resources to control soil salinity in irrigation districts. 6<sup>th</sup> International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate. Barcelona. p:544-546.

**SIMÓN, M., O. CABEZAS, I. GARCÍA y P. MARTINEZ.** 1994. A new method for the estimation of total dissolved salts in saturation extracts of soils from electrical conductivity. *European J. Soil Sci.*, 45:153-157.

**SINGER, A.** 1994. Clay mineralogy as affecting dispersivity and crust formation in Aridisols. 15<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. Acapulco, México. 8a:37-46.

**SLAVICH, P.G. y G.H. PETERSON.** 1993. Estimating the electrical conductivity of saturated paste extracts from 1:5 soil:water suspensions and texture. *Aust. J. Soil Res.*, 31:73-81.

**SORIANO, M., C.M. ASENSIO, H. DELGADO y F.J. LOZANO.** 2000. *Boletín de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo*, (7-3):93-103.

**STEVENSON, D.R.G.** 1980. Low calcium levels in bananas produce dogeared leaf and leaf browning. *Banana Bull.*, 44:4-5.

**STOVER, R.H. y N.W. SIMMONDS.** 1987. Bananas. Longman, London.

**SUÁREZ, D.L. y M.F. ZAHOW.** 1989. Calcium-magnesium exchange selectivity of Wyoming montmorillonite in chloride, sulfate and perchlorate solutions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53:52-57.

**SUMNER, M.E. y W.P. MILLER.** 1992. Soil crusting in relation to global soil degradation. *American J. of Alternative Agriculture*, 7:56-62.

**SZABOLCS, I.** 1989. Amelioration of soils in salt affected areas. *Soil Technology*, 2(4):331-344.

**TANNER, C.B. y M.L. JACKSON.** 1947. Nomographs of sedimentation times for soil particles under gravity or centrifugal acceleration. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 12:60-65.

**TASCÓN RODRÍGUEZ, C.** 1997. El cultivo en gaviás y el cultivo de tomates en invernadero en la isla de Fuerteventura. Análisis comparativo. Trabajo de Fin de Carrera. Centro Superior de Ciencias Agrarias. Universidad de La Laguna. 425 p.

**THELLIER, C. y G. SPOSITO.** 1989a. Influence of electrolyte concentration on quaternary cation exchange by silver hill illite. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53:705-711.

**THELLIER, C. y G. SPOSITO.** 1989b. Influence of electrolyte concentration and exchangeable cations on the flocculation of silver hill illite. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53:711-715.

**TURNER, D.W.** 1987. Nutrient supply and water use of bananas in a subtropical environment. *Fruits*, 42:89-93.

**TURNER, D.W. y B. BARKUS.** 1980a. Plant growth and dry matter production of the Williams banana in relation to supply of potassium, magnesium and manganese in sand culture. *Scientia Hort.*, 12:27-45.

**TURNER, D.W. y B. BARKUS.** 1980b. An empirical relationship between climate, nutrition and nutrient concentrations in banana leaves. *Fruits*, 35:151-158.

**TURNER, D.W. y B. BARKUS.** 1983a. The uptake and distribution of mineral nutrients in the banana in response to supply of K, Mg and Mn. *Fert. Res.*, 4:89-99.

**TURNER, D.W. y B. BARKUS.** 1983b. Long-term nutrient absorption rates and competition between ions in banana in relation to supply of K, Mg and Mn. *Fert. Res.*, 4:127-134.

**TURNER, D.W. y E. LAHAV.** 1986. Temperature influences the distribution of some nutrients in young banana plants independently of its effects on dry matter. *Scientia Hort.*, 28:47-58.

**TWYFORD, I.T. y D. WALMSLEY.** 1973-4. The mineral composition of the Robusta banana plant. 1. Methods and plant growth studies. 2. The concentration of mineral constituents. 3. Uptake and distribution of mineral constituents. 4. The application of fertilizers for high yield. *Plant and Soil*, 39:227-243; 41:459-470, 471-491, 493-508.

**ULRICH, A. y K. OHKI.** 1966. Potassium. En: Diagnostic Criteria for Plants and Soils. H.D. Chapman (ed.). University of California. Division of Agricultural Sciences. p:362-393.

**USÓN, A. y R.M. POCH.** 2000. Effects of tillage and management practices on soil crust morphology under a Mediterranean environment. *Soil Tillage Res.*, 54:191-196.

**VAN BLADEL, R. y H.R. GHEYI.** 1980. Thermodynamic study of calcium-sodium and calcium-magnesium exchange in calcareous soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:938-942.

**VAN ESSEN, E.** 1999. Effects of salinization on aggregate stability in andic soils. A case study on irrigated artificial soils in an arid climate on the Canary Islands. Msc thesis Soil Formation and Ecopedology. Laboratory of Soil Science and Geology, Agricultural University Wageningen. Departamento de Edafología y Geología, Universidad de La Laguna. 58 p.

**VEERANNAH, L. y C.R. MUTHUKRISHNAN.** 1984. A comparative analysis of the dry matter production and nutrient uptake as an index of productivity in banana cvs., Robusta (AAA) and Poovan (AAB). En: Proc. 7th Int. Colloq. for the Optimization of Plant Nutrition, Montpellier, France. 4:1389-1396.

**VELASCO-MOLINA, H.A., A.R. SWOBODA y C.L. GODFREY.** 1971. Dispersion of soils of different mineralogy in relation to sodium adsorption ratio and electrolytic concentration. *J. Soil Sci.*, 111(5):282-287.

**VORM, P.D.J. VAN DER y A. VAN DIEST.** 1982. Redistribution of nutritive elements in a 'Gros Michel' banana plant. *Neth. J. Agric. Sci.*, 30:286-296.

- WALLIHAN, E.F.** 1966. Iron. En: Diagnostic Criteria for Plants and Soils. H.D. Chapman (ed.). University of California. Division of Agricultural Sciences. p:203-212.
- WALMSLEY, D. y I.T. TWYFORD.** 1968a. The zone of nutrient uptake by the Robusta banana. *Trop. Agric. Trin.*, 45:113-119.
- WALMSLEY, D. y I.T. TWYFORD.** 1968b. The uptake of  $^{32}\text{P}$  by Robusta banana. *Trop. Agric. Trin.*, 45:223-228.
- WALMSLEY, D., I.T. TWYFORD y I.S. CORNFORTH.** 1971. An evaluation of soil analysis method for nitrogen, phosphorus and potassium using banana. *Trop. Agric. Trin.*, 48:141-255.
- WASSIF, M.M., A.M. ELGALA, M.A. MOSTAFA y S.E. EL-MAGHRABY.** 1995. Soil management to control salt accumulation under drip irrigation system. International Symposium on Salt-Affected Lagoon Ecosystems. J. Batlle-Sales (ed.). Valencia. España. p:161-168.
- WATTS, C.W., A.R. DEXTER, E. DUMITRU y J. ARVIDSSON.** 1996. An assessment of the vulnerability of soil structure to destabilisation during tillage. Part 1. A laboratory test. *Soil Tillage Res.*, 37:161-174.
- WILCOX, L.V.** 1966. Tables for calculating the pHc values for waters. Salinity Laboratory. Riverside, California.
- WYN JONES, R.G., C.J. BRADY y J. SPEIRS.** 1979. Ionic and osmotic relations in plant cells. Recent Advances in the Biochemistry of Cereals. D.L. Laidman y R.G. Wyn Jones (eds.). New York, Academic Press. p:63-103.
- YARON, B. y G.W. THOMAS.** 1968. Soil hydraulic conductivity as affected by sodic water. *Water Resources Res.*, 4:545-552.
- YODER, R.E.** 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and study of the physical nature of erosion losses. *Journal of the American Society of Agronomy*, (28):337-351.
- YOUSAF, M., O.M. ALI y J.D. RHOADES.** 1987a. Clay dispersion and hydraulic conductivity of some salt-affected arid land soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51:905-907.
- YOUSAF, M., O.M. ALI y J.D. RHOADES.** 1987b. Dispersion of clay from some salt-affected, arid land soil aggregates. *Soil sci. Soc. Am. J.*, 51: 920-924.
- ZAROOGIAN, G.E. y C.M. BECHMAN.** 1968. A comparison of cell wall composition in the banana plants resistant or susceptible to *Fusarium oxysporium* f. *Cubense*. *Phytopathology*, 58:733-735.
- ZIEGLER, H.** 1986. Fisiología del metabolismo material y energético. En: Tratado de Botánica 32ª edición actualizada por D.V. Denffer, F. Ehrendorfer, A. Bresinsky y H. Ziegler. 7ª edición española traducida por Oriol de Bolos. Editorial Marín. p:223-382.



**UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA**  
**DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA Y GEOLOGÍA**

**SALINIZACIÓN INDUCIDA EN LOS SUELOS AGRÍCOLAS  
DE CANARIAS: CARACTERIZACIÓN Y PROGNOSIS**

**(ANEXOS)**

**TESIS DOCTORAL**

**GLADYS E. VARGAS CHÁVEZ**  
**La Laguna, Marzo 2001**

# ÍNDICE

## ANEXOS

<b><u>ANEXO I: FICHAS DE CAMPO</u></b> .....	1
Isla de Tenerife.....	1
Isla de La Palma.....	51
Isla de La Gomera.....	69
Isla de El Hierro.....	85
Isla de Gran Canaria.....	97
Isla de Fuerteventura.....	123
<b><u>ANEXO II: RELACIÓN DE MUESTRAS ANALIZADAS</u></b> .....	129
<b><u>ANEXO III: FICHAS CLIMÁTICAS</u></b> .....	137
<b><u>ANEXO IV: DATOS ANALÍTICOS DE LOS EXTRACTOS DE SATURACIÓN Y DE LOS EXTRACTOS 1:1</u></b> .....	159
<b><u>ANEXO V: DATOS CORREGIDOS DE LOS EXTRACTOS SATURADOS Y DE LOS EXTRACTOS 1:1. OBTENIDOS DEL MODELO DE SUAREZ (1978)</u></b> .....	171
<b><u>ANEXO VI: RELACIÓN DE MUESTRAS (AGUAS DE RIEGO, SUELOS Y CULTIVOS)</u></b> .....	193
<b><u>ANEXO VII: DATOS ANALÍTICOS DE LAS AGUAS DE RIEGO ESTUDIADAS</u></b> .....	201
<b><u>ANEXO VIII: DATOS CORREGIDOS DE LAS AGUAS DE RIEGO. OBTENIDOS DEL MODELO DE SUAREZ (1978)</u></b> .....	215
<b><u>ANEXO IX: RESTRICCIÓN EN EL USO DE LAS AGUAS DE RIEGO POR TOXICIDAD</u></b> .....	235
<b><u>ANEXO X: CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS DE RIEGO</u></b> .....	249
<b><u>ANEXO XI: TOLERANCIA DE LOS CULTIVOS A LA SALINIDAD DE LAS AGUAS DE RIEGO</u></b> .....	267
<b><u>ANEXO XII: RESTRICCIONES DE USO DE LAS AGUAS DE RIEGO SEGÚN RIESGO DE DEGRADACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y DISMINUCIÓN DE LA INFILTRACIÓN (DIRECTRICES FAO)</u></b> .....	275

---

<b><u>ANEXO XIII: DATOS ANALÍTICOS DE LOS ANÁLISIS FOLIARES (POR ISLAS)</u></b> .....	281
<b><u>ANEXO XIV: VALORES DE REFERENCIA PARA LOS NUTRIENTES SEGÚN LOS CULTIVOS</u></b>	
Concentraciones normales de nutrientes (Jones, 1972; Meiri y Shalhevet, 1973; Fuentes, 1989).....	295
Frutales.....	299
Hortícolas.....	307
Ornamentales.....	317
<b><u>ANEXO XV: INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS ANALÍTICOS DE LOS ANÁLISIS FOLIARES (POR ISLAS)</u></b> .....	321
<b><u>ANEXO XVI: DATOS ANALÍTICOS E INTERPRETACIÓN DE LOS ANÁLISIS FOLIARES (POR CULTIVOS)</u></b> .....	333
<b><u>ANEXO XVII: FICHAS DE CAMPO. MUESTRAS SELECCIONADAS EN LA PARTE II</u></b> .....	361
<b><u>ANEXO XVIII: RESULTADOS DEL TEST DE DISPERSIÓN</u></b> .....	371

# ANEXOS

# **ANEXO I**

## **FICHAS DE CAMPO**

# **ISLA DE TENERIFE**

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T1

**Fecha:** 6-5-91

**Coordenadas U.T.M.:** CS710618

**Finca:** La Laja. Tomás Dominguez Suarez

**Dirección Propietario:** La Bloquera Tegueste

**Teléfono:**

**Situación:** Punta Hidalgo

**Término Municipal:** La Laguna

**Isla:** Tenerife

**Altitud:** 0 m

**Superficie:** 5000 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Rosas 5 años (Variedad Madelón y Seta)

**Procedencia del agua de riego:** Presa y Pozo de Juan Carballo (Bajamar)

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 3.2

**Frecuencia de riego (días):** 2

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 576

**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9

**C.E.(µS/cm):** 462

**Temperatura:** 19.5 °C

## SUELO

**Color:** 10YR2/3

**Textura:** Franco-arenosa

**Exstructura:** Grumosa fina-particular

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> y abono foliar (Bifer, Ciato)

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si

**Tipo de cubierta:** Plástico

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

Se han aplicado varios plaguicidas contra araña roja, ceniza, botrytis y trips.



## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T2

**Fecha:** 6-5-91

**Coordenadas U.T.M.:** CS710618

**Finca:** La Laja. Tomás Dominguez Suarez

**Dirección Propietario:** La Bloquera Tegueste

**Teléfono:**

**Situación:** Punta Hidalgo

**Término Municipal:** La Laguna

**Isla:** Tenerife

**Altitud:** 0 m

**Superficie:** 1500 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Ornamental (Palmita)

**Procedencia del agua de riego:** Presa y Pozo de Juan Carballo (Bajamar)

**Sistema de riego:** Manta

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:** Del lugar con turba y picón en superficie

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9

**C.E.(μS/cm):** 462

**Temperatura:** 19.5 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/3

**Textura:** Arcillo-arenosa

**Exstructura:** Grumosa media

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si

**Tipo de cubierta:** Planchas plásticas

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

Las plantas estaban en macetas (traídas de Tegueste) y enterradas en la tierra muestreada, para lograr su enraizamiento. El foliar se cogió de la parte central de las hojas.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T3

**Fecha:** 6-5-91

**Coordenadas U.T.M.:** CS658582

**Finca:** Tarajales

**Dirección Propietario:** Empresa Jardinería y Paisaje

**Teléfono:**

**Situación:** Jover (Valle Guerra)

**Término Municipal:** La Laguna

**Isla:** Tenerife

**Altitud:** 50 m

**Superficie:** 2000 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Fresas (6 meses)

**Procedencia del agua de riego:** Pozo San Gonzalo

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 5.4

**Frecuencia de riego (días):** 2 ó 3

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 972 ó 648 (consumo medio 810)

**Procedencia de la tierra:** Del lugar y traída de La Laguna

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 10

**C.E.(µS/cm):** 910

**Temperatura:** 20.5 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/4

**Textura:** Arcillosa

**Exstructura:** Grumosa fina-media

**Profundidad:** 50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** KNO<sub>3</sub> y abonos complejos

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T4  
**Fecha:** 6-5-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS657576  
**Finca:** Pablo Hernández Rodríguez  
**Dirección Propietario:** El Ramal 5 Tejina  
**Teléfono:**  
**Situación:** Costa de Valle Guerra  
**Término Municipal:** La Laguna  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 80 m  
**Superficie:** 1000 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Strelitzias  
**Procedencia del agua de riego:** Mezclada  
**Sistema de riego:** Goteo  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.9  
**C.E.(μS/cm):** 1001  
**Temperatura:** 20 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/3  
**Textura:** Arcillosa  
**Exstructura:** Poliédrica media-gruesa  
**Profundidad:** 15-20 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Para el análisis foliar se tomaron las hojas más jóvenes (las del centro).

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T5  
**Fecha:** 6-5-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS645568  
**Finca:** Emérita Jorge Del Castillo  
**Dirección Propietario:** Valle Guerra Lomo Solís  
**Teléfono:**  
**Situación:** La Barranquera Valle Guerra  
**Término Municipal:** La Laguna  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 90 m  
**Superficie:** 5232 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Strelitzias  
**Procedencia del agua de riego:** Pozo La Noria  
**Sistema de riego:** Manta  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 10  
**C.E.(μS/cm):** 1884  
**Temperatura:** 20.5 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/3  
**Textura:** Arcillosa  
**Exstructura:** Poliédrica media-gruesa. Costra blanca en superficie  
**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> y Nitrofoska  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T6  
**Fecha:** 6-5-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS658576  
**Finca:** Pablo Hernández Rodríguez  
**Dirección Propietario:** El Ramal 5 Tejina  
**Teléfono:**  
**Situación:** Costa de Valle Guerra  
**Término Municipal:** La Laguna  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 80 m  
**Superficie:** 900 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Papas  
**Procedencia del agua de riego:** Mezclada  
**Sistema de riego:** Aspersión  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.9  
**C.E.(µS/cm):** 1001  
**Temperatura:** 20 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/3  
**Textura:** Arcillosa  
**Exstructura:** Grumosa fina-media  
**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

**OBSERVACIONES:**

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T7  
**Fecha:** 13-5-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS519426  
**Finca:**  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** La Dehesa Baja  
**Término Municipal:** La Orotava  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 230 m  
**Superficie:** 2000 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Cítricos (Naranjos de 10 años)  
**Procedencia del agua de riego:** Presa  
**Sistema de riego:** Aspersión  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 58  
**Frecuencia de riego (días):** 4  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 5220  
**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8  
**C.E.(μS/cm):** 720  
**Temperatura:** 16 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/2  
**Textura:** Franco-arcillosa  
**Exstructura:** Grumosa fina media  
**Profundidad:** 30-50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Abonos varios  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Ha aplicado algo para las hormigas. Anteriormente estuvo sembrada de Platanera.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T8  
**Fecha:** 13-5-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS519426  
**Finca:**  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** La Dehesa Baja  
**Término Municipal:** La Orotava  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 230 m  
**Superficie:** 1000 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Aguacate  
**Procedencia del agua de riego:** Presa  
**Sistema de riego:** Aspersión  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 34.8  
**Frecuencia de riego (días):** 4  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 3132  
**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8  
**C.E.(μS/cm):** 720  
**Temperatura:** 16 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/2  
**Textura:** Arcillo-limosa  
**Exstructura:** Grumosa fina media  
**Profundidad:** 30-50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Abonos varios  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T9  
**Fecha:** 13-5-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS511421  
**Finca:** Felipa Silvia Ruiz García  
**Dirección Propietario:** El Ramal, 11. La Orotava  
**Teléfono:**  
**Situación:** Zoolandia  
**Término Municipal:** La Orotava  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 260 m  
**Superficie:** 5000 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Aguacate de 8 años  
**Procedencia del agua de riego:** Galería  
**Sistema de riego:** Manta  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9  
**C.E.(μS/cm):** 496  
**Temperatura:** 18 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/3  
**Textura:** Franco-arcillosa  
**Exstructura:** Grumosa fina  
**Profundidad:** 30-50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Nitratos  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Se pierden varias plantas al año por enfermedades micóticas.



## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T10  
**Fecha:** 13-5-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS460409  
**Finca:** El Granadillar  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** Zamora Alta  
**Término Municipal:** Los Realejos  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 300 m  
**Superficie:** 900 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Platanera  
**Procedencia del agua de riego:** Galería de La Orotava  
**Sistema de riego:** Manta  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9.7  
**C.E.(μS/cm):** 469  
**Temperatura:** 19 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/4  
**Textura:** Franco-arcillosa  
**Exstructura:** Grumosa media  
**Profundidad:** 30-50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Abonos químicos varios  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T11  
**Fecha:** 13-5-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS453411  
**Finca:** Zamora. José González Machado  
**Dirección Propietario:** Segunda Román. Los Realejos  
**Teléfono:**  
**Situación:** La Carrera  
**Término Municipal:** Los Realejos  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 250 m  
**Superficie:** 7000 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Claveles  
**Procedencia del agua de riego:** Galería  
**Sistema de riego:** Manta  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 6  
**C.E.(μS/cm):** 493  
**Temperatura:** 21 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/4  
**Textura:** Franco-arcillosa  
**Exstructura:** Grumosa fina-media  
**Profundidad:** 30-50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Nitrofoska y estiércol de restos de champiñones  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T12  
**Fecha:** 25-5-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS369421  
**Finca:** Hilario Pimenter Zarza  
**Dirección Propietario:** Buen Paso, C/La Sabina, 76  
**Teléfono:**  
**Situación:** Costa de Santo Domingo  
**Término Municipal:** La Guancha  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 100 m  
**Superficie:** Varios canteros de 2000 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Platanera  
**Procedencia del agua de riego:**  
**Sistema de riego:** Aspersión  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Del lugar y de otros sitios

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9  
**C.E.(μS/cm):** 1385  
**Temperatura:** 20 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/3.5  
**Textura:** Arcillo-arenosa  
**Exstructura:** Poliédrica-grumosa media  
**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, nitratos, cal, estiércol y pinocha  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T13  
**Fecha:** 25-5-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS369421  
**Finca:** Hilario Pimenter Zarza  
**Dirección Propietario:** Buen Paso, C/La Sabina, 76  
**Teléfono:**  
**Situación:** Costa de Santo Domingo  
**Término Municipal:** La Guancha  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 100 m  
**Superficie:** 350 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Espinacas  
**Procedencia del agua de riego:**  
**Sistema de riego:** Aspersión  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Del lugar y de otros sitios

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9  
**C.E.(μS/cm):** 1385  
**Temperatura:** 20 °C

## SUELO

**Color:** 10YR5/3.5  
**Textura:** Arcillosa  
**Exstructura:** Poliédrica media-gruesa  
**Profundidad:** 30-50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, nitratos, cal, estiércol y pinocha  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Se observa una clorosis bastante acusada.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T14  
**Fecha:** 25-5-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS369421  
**Finca:** Hilario Pimenter Zarza  
**Dirección Propietario:** Buen Paso, C/La Sabina, 76  
**Teléfono:**  
**Situación:** Costa de Santo Domingo  
**Término Municipal:** La Guancha  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 100 m  
**Superficie:** 1100 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Lechugas  
**Procedencia del agua de riego:**  
**Sistema de riego:** Aspersión  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Del lugar y de otros sitios

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9  
**C.E.(μS/cm):** 1385  
**Temperatura:** 20 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/3  
**Textura:** Limo-arenosa  
**Exstructura:** Grumosa fina  
**Profundidad:** 30-50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, nitratos, cal, estiércol y pinocha  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

El cultivo presenta una ligera clorosis.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T15  
**Fecha:** 25-5-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS369421  
**Finca:** Hilario Pimenter Zarza  
**Dirección Propietario:** Buen Paso, C/La Sabina,76  
**Teléfono:**  
**Situación:** Costa de Santo Domingo  
**Término Municipal:** La Guancha  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 100 m  
**Superficie:** 400 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Zanahorias  
**Procedencia del agua de riego:**  
**Sistema de riego:** Aspersión  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Del lugar y de otros sitios

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9  
**C.E.(μS/cm):** 1385  
**Temperatura:** 20 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR2/3  
**Textura:** Arcillo-limosa  
**Exstructura:** Grumosa fina  
**Profundidad:** 30-50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, nitratos, cal, estiércol y pinocha  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Para el análisis foliar, se muestreó toda la parte aérea.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T16

**Fecha:** 25-5-91

**Coordenadas U.T.M.:** CS254396

**Finca:**

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** Caleta de Interián

**Término Municipal:** Garachico

**Isla:** Tenerife

**Altitud:** 60 m

**Superficie:** Varios canteros de 300 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:**

**Sistema de riego:** Microaspersión

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9

**C.E.(µS/cm):** 992

**Temperatura:** 24.5 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR2/2

**Textura:** Arcillosa

**Exstructura:** Grumosa media-poliédrica fina

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

**OBSERVACIONES:**

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T17

**Fecha:** 25-5-91

**Coordenadas U.T.M.:** CS196395

**Finca:** Los Barros. Santiago Hernández Barrios

**Dirección Propietario:** Finca Los Barros Buenavista del Norte

**Teléfono:** 841310

**Situación:** Montaña de Taco

**Término Municipal:** Buenavista

**Isla:** Tenerife

**Altitud:** 140 m

**Superficie:** 10500 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:** Galería y mezclada

**Sistema de riego:** Microaspersión

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 8

**Frecuencia de riego (días):** 2

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1440

**Procedencia de la tierra:** Del lugar, de La Guancha y de otros sitios

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9

**C.E.(μS/cm):** 1192

**Temperatura:** 20 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/3

**Textura:** Arcillosa

**Exstructura:** Grumosa media

**Profundidad:** 30-50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Abonos químicos varios, estiércol y pinocha

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Finca con problemas.



## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T18

**Fecha:** 25-5-91

**Coordenadas U.T.M.:** CS222298

**Finca:** José Ramos Gorrín

**Dirección Propietario:** Santiago del Teide, Molleva C/La Calzada 16

**Teléfono:** 863289

**Situación:** El Retamar-Tamaimo

**Término Municipal:** Santiago del Teide

**Isla:** Tenerife

**Altitud:** 750 m

**Superficie:** 200 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Ajos

**Procedencia del agua de riego:** Galería del Señor del Valle

**Sistema de riego:** Manta

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:** Del Norte (Erjos)

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9

**C.E.(µS/cm):** 2300

**Temperatura:** 21.5 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR4.5/4

**Textura:** Arcillo-limosa

**Exstructura:** Poliédrica media-fina

**Profundidad:** 30-50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Nitrofoska y pinocha

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T19  
**Fecha:** 25-5-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS209265  
**Finca:**  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** Risco de Lara - Tamaimo  
**Término Municipal:** Santiago del Teide  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 300 m  
**Superficie:** 7 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Azafrán  
**Procedencia del agua de riego:** Galería  
**Sistema de riego:** Manta  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Del Norte (Erjos)

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8  
**C.E.(μS/cm):** 2500  
**Temperatura:** 27.5 °C

## SUELO

**Color:** 2.5YR5/3  
**Textura:** Limo-arcillosa  
**Exstructura:** Poliédrica media  
**Profundidad:** 30 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T20

**Fecha:** 25-5-91

**Coordenadas U.T.M.:** CS205251

**Finca:** La Caldera. Francisco Trujillo Navarro

**Dirección Propietario:** Calle Tinguaro nº5, 2º piso. Santa Cruz de Tfe.

**Teléfono:** 216882

**Situación:** Puerto Santiago

**Término Municipal:** Santiago del Teide

**Isla:** Tenerife

**Altitud:** 200 m

**Superficie:** 9000 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Tomates (actualmente no sembrado)

**Procedencia del agua de riego:** Galería El Sauce

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:** Del lugar y del Norte

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8

**C.E.(µS/cm):** 3800

**Temperatura:** 20 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/4

**Textura:** Limo-arenosa

**Exstructura:** Grumosa media-fina

**Profundidad:** 50-60 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Guanos preparados en Cooperativa

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** Si NoX

## OBSERVACIONES:

El año anterior no se sembró y estaba sin cultivar en el momento del muestreo.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T21

**Fecha:** 27-5-91

**Coordenadas U.T.M.:** CS198246

**Finca:** Lajial. Herederos de Antonio González Barrios

**Dirección Propietario:** C/Los Cardones, nº10. Tamaimo

**Teléfono:** 863060

**Situación:** El Cercado-Puerto Santiago

**Término Municipal:** Santiago del Teide

**Isla:** Tenerife

**Altitud:** 75 m

**Superficie:** 12557 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:** Galería La Junquera y Pozo Las Lentejas

**Sistema de riego:** Manta

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:** De la cumbre

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9

**C.E.(µS/cm):** 547

**Temperatura:** 24 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/3

**Textura:** Franco-arcillosa

**Exstructura:** Grumosa media-fina

**Profundidad:** 30-50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Superfosfato de Cal, abundante estiércol y ácidos húmicos (GEPAVIT)

**Dosis:** 600 kg/ha/año de Superfosfato de Cal

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Añade tierra en el agua de riego. En el momento del muestreo la Finca estaba acabada de regar.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T22  
**Fecha:** 27-5-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS200216  
**Finca:** Delicias. Herederos de Salvador Reyes  
**Dirección Propietario:** Comunidad de Bienes, Alcalá  
**Teléfono:**  
**Situación:** Punta de Alcalá  
**Término Municipal:** Guía de Isora  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 10 m  
**Superficie:** 324384 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Platanera  
**Procedencia del agua de riego:** De Galerías y Pozos  
**Sistema de riego:** Goteo  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 11.8  
**Frecuencia de riego (días):** 1  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 4248  
**Procedencia de la tierra:** Del Norte (el 90%)

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.8  
**C.E.(μS/cm):** 1700  
**Temperatura:** 24.5 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/4  
**Textura:** Arcillosa  
**Exstructura:** Grumosa media-fina  
**Profundidad:** 50-70 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** CaSO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, KNO<sub>3</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> y estiércol  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Los hijos eran muy pequeños y se cogió la muestra para el análisis foliar de los adultos.

**DATOS DE LA FINCA**

**Clave:** T23  
**Fecha:** 27-5-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS206216  
**Finca:** Delicias. Herederos de Salvador Reyes  
**Dirección Propietario:** Comunidad de Bienes, Alcalá  
**Teléfono:**  
**Situación:** Punta de Alcalá  
**Término Municipal:** Guía de Isora  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 40 m  
**Superficie:** 5000 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Tomates (sin plantar en el momento del muestreo)  
**Procedencia del agua de riego:** De Galerías y Pozos  
**Sistema de riego:** Goteo  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 11.8  
**Frecuencia de riego (días):** 1  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 2832  
**Procedencia de la tierra:** Del Norte (el 90%)

**DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO**

**pH:** 8.8  
**C.E.(μS/cm):** 1700  
**Temperatura:** 24.5 °C

**SUELO**

**Color:** 10YR5/4  
**Textura:** Franco-arcillosa  
**Exstructura:** Grumosa media-fina  
**Profundidad:** 30-50 cm

**FERTILIZACIÓN**

**Fertilizantes:** CaSO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, KNO<sub>3</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> y estiércol  
**Dosis:**

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

**OBSERVACIONES:**

La muestra para el análisis foliar fue cogida el 25-11-91.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T24  
**Fecha:** 27-5-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS230189  
**Finca:** La Tosca. Rafael Gómez Bello  
**Dirección Propietario:** Calle Robayna, nº4 ó 7  
**Teléfono:**  
**Situación:** Playa San Juan  
**Término Municipal:** Guía de Isora  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 75 m  
**Superficie:** Varios canteros de 3000 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Platanera  
**Procedencia del agua de riego:** Galería  
**Sistema de riego:** Goteo  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 3.4  
**Frecuencia de riego (días):** 1  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1224  
**Procedencia de la tierra:** De la cumbre

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9  
**C.E.(µS/cm):** 1276  
**Temperatura:** 24 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/4  
**Textura:** Arcillosa  
**Exstructura:** Masiva que se resuelve en grumosa media-fina  
**Profundidad:** 30 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, KNO<sub>3</sub>, Azufre mojable y NPK líquido (8-4-10)  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T25  
**Fecha:** 27-5-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS248168  
**Finca:**  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** El Morro-Abama  
**Término Municipal:** Guía de Isora  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 250 m  
**Superficie:** Varios canteros de 1000 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Platanera  
**Procedencia del agua de riego:**  
**Sistema de riego:** Goteo  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 6  
**C.E.( $\mu$ S/cm):** 1313  
**Temperatura:** 26 °C

## SUELO

**Color:** 5YR4/4  
**Textura:** Arcillosa  
**Exstructura:** Grumosa media  
**Profundidad:** 30 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Enmienda orgánica húmica  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si  
**Tipo de cubierta:** Malla blanca

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:



## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T26

**Fecha:** 6-6-91

**Coordenadas U.T.M.:** CS242235

**Finca:** Weibel Rosas. Siergfrid Weibel

**Dirección Propietario:** Carretera General de Chío nº5

**Teléfono:**

**Situación:** Chío

**Término Municipal:** Guía de Isora

**Isla:** Tenerife

**Altitud:** 620 m

**Superficie:** 10464 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Rosas (variedad Lorena)

**Procedencia del agua de riego:** Galería La Trinidad y otras

**Sistema de riego:** Microaspersión

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 27.2

**Frecuencia de riego (días):** 2

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 4896

**Procedencia de la tierra:** Traída pero no saben de donde; capa de picón en superficie.

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8

**C.E.(µS/cm):** 1536

**Temperatura:** 21 °C

## SUELO

**Color:** 5YR2/2

**Textura:** Arcillo-arenosa

**Exstructura:** Grumosa fina

**Profundidad:** 30-50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** KNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, Hierro y Magnesio

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si

**Tipo de cubierta:** Plástico

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T27  
**Fecha:** 6-6-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS240235  
**Finca:** Las Rosas. Antonio Oliva  
**Dirección Propietario:** Apartado de Correos, 27. Guía de Isora  
**Teléfono:** 850291  
**Situación:** Chío  
**Término Municipal:** Guía de Isora  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 610 m  
**Superficie:** 500 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Gladiolos  
**Procedencia del agua de riego:** Galería La Trinidad  
**Sistema de riego:** Microaspersión  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Del Norte

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.5  
**C.E.(µS/cm):** 596  
**Temperatura:** 18.5 °C

## SUELO

**Color:** 5YR3/3  
**Textura:** Arcillo-limosa  
**Exstructura:** Grumosa media  
**Profundidad:** 30-50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Estiércol  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si  
**Tipo de cubierta:** Plástico

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T28  
**Fecha:** 6-6-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS246230  
**Finca:** José Manuel Plasencia Plasencia  
**Dirección Propietario:** El Pinillo 7D C/Tajaraste Guía de Isora  
**Teléfono:**  
**Situación:** El Guanche-Chío  
**Término Municipal:** Guía de Isora  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 600 m  
**Superficie:** 1000 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Tomates de dos meses  
**Procedencia del agua de riego:** Galería Arguayo  
**Sistema de riego:** Manguera (Manta)  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Del Norte

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.7  
**C.E.(μS/cm):** 2790  
**Temperatura:** 22 °C

## SUELO

<b>T28a</b>	<b>T28b</b>
<b>Color:</b> 10YR3/2	<b>Color:</b> 10YR4/3
<b>Textura:</b> Arcillosa	<b>Textura:</b> Franco limosa
<b>Exstructura:</b> Masiva	<b>Exstructura:</b> Grumosa fina-particular
<b>Profundidad:</b> 30-50 cm	<b>Profundidad:</b> 30-50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Fertiorgan Calcio y NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>  
**Dosis:** 333 L/ha/año de Fertiorgan Calcio y 1380kg/ha/año de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

Se tomaron dos muestras de tierra, una en la zona lavada (T28a) que estaba húmeda, y otra en la zona no lavada (T28b) que se encontraba seca.

**DATOS DE LA FINCA****Clave:** T29**Fecha:** 6-6-91**Coordenadas U.T.M.:** CS246230**Finca:** José Manuel Plasencia Plasencia**Dirección Propietario:** El Pinillo, 7D. C/Tajaraste. Guía de Isora**Teléfono:****Situación:** El Guanche-Chío**Término Municipal:** Guía de Isora**Isla:** Tenerife**Altitud:** 600 m**Superficie:** 1000 m<sup>2</sup>**Cultivo:** Tomates de dos meses**Procedencia del agua de riego:** Galería Arguayo**Sistema de riego:** Goteo**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 7.6**Frecuencia de riego (días):** 4**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 456**Procedencia de la tierra:** Del Norte**DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO****pH:** 8.7**C.E.(μS/cm):** 2790**Temperatura:** 22 °C**SUELO****Color:** 10YR3/3**Textura:** Arcillosa**Exstructura:** Grumosa media**Profundidad:** 30-50 cm**FERTILIZACIÓN****Fertilizantes:** Fertiorgan Calcio y NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>**Dosis:** 333 L/ha/año de Fertiorgan Calcio y 1380 kg/ha/año de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>**INFORMACIÓN ADICIONAL****Invernadero:** No**Tipo de cubierta:****ANÁLISIS FOLIAR** SiX No**OBSERVACIONES:**

Se ha encontrado obturación en los goteros.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T30  
**Fecha:** 6-6-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS246230  
**Finca:** José Manuel Plasencia Plasencia  
**Dirección Propietario:** El Pinillo 7D C/Tajaraste Guía de Isora  
**Teléfono:**  
**Situación:** El Guanche-Chío  
**Término Municipal:** Guía de Isora  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 600 m  
**Superficie:** 300 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Millo  
**Procedencia del agua de riego:** Galería Arguayo  
**Sistema de riego:** Manta  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Del Norte

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.7  
**C.E.(μS/cm):** 2790  
**Temperatura:** 22 °C

## SUELO

<b>T30c</b>	<b>T30d</b>
<b>Color:</b> 10YR5/8	<b>Color:</b> 2.5YR5/6
<b>Textura:</b> Limo-arenosa	<b>Textura:</b> Limo-arenosa
<b>Exstructura:</b> Grumosa media	<b>Exstructura:</b> Grumosa media-fina
<b>Profundidad:</b> >50 cm	<b>Profundidad:</b> >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

El muestreo del suelo fue realizado en la zona del surco (T30c) y en el camellón (T30d).

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T31  
**Fecha:** 6-6-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS246230  
**Finca:** José Manuel Plasencia Plasencia  
**Dirección Propietario:** El Pinillo 7D C/Tajaraste Guía de Isora  
**Teléfono:**  
**Situación:** El Guanche-Chío  
**Término Municipal:** Guía de Isora  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 600 m  
**Superficie:** 400 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Papas (Out of date)  
**Procedencia del agua de riego:** Galería Arguayo  
**Sistema de riego:** Manta  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Del Norte

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.7  
**C.E.(µS/cm):** 2790  
**Temperatura:** 22 °C

## SUELO

**Color:** 10YR4/4  
**Textura:** Arcillosa  
**Exstructura:** Grumosa media  
**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T32

**Fecha:** 6-6-91

**Coordenadas U.T.M.:** CS283115

**Finca:**

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** Era Grande, Armeñime

**Término Municipal:** Adeje

**Isla:** Tenerife

**Altitud:** 160 m

**Superficie:** Varios canteros de 400m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:**

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.5

**C.E.(µS/cm):** 1438

**Temperatura:** 23 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/4

**Textura:** Arcillosa

**Exstructura:** Masiva que se resuelve en poliédrica media

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

**OBSERVACIONES:**

**DATOS DE LA FINCA****Clave:** T33**Fecha:** 6-6-91**Coordenadas U.T.M.:** CS278095**Finca:****Dirección Propietario:****Teléfono:****Situación:** La Caleta**Término Municipal:** Adeje**Isla:** Tenerife**Altitud:** 20 m**Superficie:** 2500 m<sup>2</sup>**Cultivo:** Platanera**Procedencia del agua de riego:** Comunidad Los Olivos**Sistema de riego:** Microaspersión**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):****Frecuencia de riego (días):****Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):****Procedencia de la tierra:****DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO****pH:** 5.5**C.E.( $\mu$ S/cm):** 1804**Temperatura:** 40 °C**SUELO****Color:** 5YR3/3**Textura:** Arcillosa**Exstructura:** Masiva**Profundidad:** >50 cm**FERTILIZACIÓN****Fertilizantes:****Dosis:****INFORMACIÓN ADICIONAL****Invernadero:** No**Tipo de cubierta:****ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No**OBSERVACIONES:**

La muestra de agua fue tomada de la tubería del sistema de riego.



## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T34  
**Fecha:** 6-6-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS298094  
**Finca:** Los Gladiolos, Patricio Sánchez Padrón  
**Dirección Propietario:** Fañabé 86 Adeje  
**Teléfono:**  
**Situación:** Fañabé  
**Término Municipal:** Adeje  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 100 m  
**Superficie:** 600 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Platanera  
**Procedencia del agua de riego:** Galería  
**Sistema de riego:** Goteo  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 44.4  
**Frecuencia de riego (días):** 4  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 3996  
**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9  
**C.E.(μS/cm):** 1271  
**Temperatura:** 25°C

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/3  
**Textura:** Arcillosa  
**Exstructura:** Masiva  
**Profundidad:** 30-50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Se han añadido plaguicidas.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T35  
**Fecha:** 6-6-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS298094  
**Finca:** Los Gladiolos, Patricio Sánchez Padrón  
**Dirección Propietario:** Fañabé n.86 Adeje  
**Teléfono:**  
**Situación:** Fañabé  
**Término Municipal:** Adeje  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 100 m  
**Superficie:** 500 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Cítricos  
**Procedencia del agua de riego:** Galería  
**Sistema de riego:** Goteo  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 44.4  
**Frecuencia de riego (días):** 4  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 3996  
**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9  
**C.E.(μS/cm):** 1271  
**Temperatura:** 25°C

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/3  
**Textura:** Arcillo-limosa  
**Exstructura:** Grumosa media  
**Profundidad:** 30-50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Tiene una capa de pumita en superficie

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T36

**Fecha:** 7-6-91

**Coordenadas U.T.M.:** CS420073

**Finca:** Justo Atanasio Cabrera Bethancourth

**Dirección Propietario:** San Miguel Las Socas Acceso a la Barriada n.1

**Teléfono:**

**Situación:** Las Socas

**Término Municipal:** San Miguel

**Isla:** Tenerife

**Altitud:** 360 m

**Superficie:** 2000 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Viña en los bordes y preparado para papas

**Procedencia del agua de riego:** Canal del Sur (mezclada)

**Sistema de riego:** Manta (manguera)

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:** Del lugar y 30 cm de jable (capa de pumita en superficie)

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.4

**C.E.(µS/cm):** 882

**Temperatura:** 21 °C

## SUELO

**Color:** 10YR6/4

**Textura:** Areno-limosa

**Exstructura:** Grumosa fina

**Profundidad:** 30-50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** KNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> y CaSO<sub>4</sub>

**Dosis:** 10%, 70% y 20% respectivamente por cada 200kg de papas sembradas

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

La muestra de foliar corresponde al cultivo de viña. En Julio se iban a sembrar 200kg de papas.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T37

**Fecha:** 7-6-91

**Coordenadas U.T.M.:** CS422078

**Finca:** Santiago Tomás Toledo Hernández

**Dirección Propietario:** Las Socas C/El Pílon n.2 San Miguel de Abona

**Teléfono:**

**Situación:** Las Socas

**Término Municipal:** San Miguel

**Isla:** Tenerife

**Altitud:** 400 m

**Superficie:** 600 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Pimientos (y calabazas en los pasillos)

**Procedencia del agua de riego:** Canal Intermedio (mezclada)

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 1.7

**Frecuencia de riego (días):** 2

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 612

**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 6

**C.E.(μS/cm):** 1135

**Temperatura:** 22°C

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/6

**Textura:** Franco-limosa

**Exstructura:** Masiva que se resuelve en poliédrica media-gruesa

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si

**Tipo de cubierta:** Plástico

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Se han añadido desinfectantes en el suelo. El análisis foliar corresponde al cultivo de pimientos.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T38

**Fecha:** 7-6-91

**Coordenadas U.T.M.:** CS422078

**Finca:** Santiago Tomás Toledo Hernández

**Dirección Propietario:** Las Socas C/El Pilon n.2 San Miguel de Abona

**Teléfono:**

**Situación:** Las Socas

**Término Municipal:** San Miguel

**Isla:** Tenerife

**Altitud:** 400 m

**Superficie:** 600 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Habichuelas (5-6 meses)

**Procedencia del agua de riego:** Canal Intermedio (mezclada)

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 1.7

**Frecuencia de riego (días):** 2

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 612

**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 6

**C.E.(µS/cm):** 1135

**Temperatura:** 22°C

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/4

**Textura:** Franco-limosa

**Exstructura:** Grumosa media-fina

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si

**Tipo de cubierta:** Plástico

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Se han añadido desinfectantes al suelo.

**DATOS DE LA FINCA**

**Clave:** T39  
**Fecha:** 21-6-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS408017  
**Finca:** Archile, Antonio Ramos Glez.  
**Dirección Propietario:** Finca Archile San Miguel  
**Teléfono:** 78-58-55  
**Situación:** El Majano-Guargacho  
**Término Municipal:** San Miguel  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 50 m  
**Superficie:** 5232 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Cítricos (Naranjos de 5 años)  
**Procedencia del agua de riego:** Canal Intermedio  
**Sistema de riego:** Goteo  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 2.4  
**Frecuencia de riego (días):** 8  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 108  
**Procedencia de la tierra:** Del lugar y de la cumbre

**DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO**

**pH:** 7.7  
**C.E.(µS/cm):** 1095  
**Temperatura:** 25.5 °C

**SUELO**

**Color:** 7.5YR3/3  
**Textura:** Arcillosa  
**Exstructura:** Poliédrica que se resuelve en grumosa fina media  
**Profundidad:** >50 cm

**FERTILIZACIÓN**

**Fertilizantes:** Estiércol, ácidos húmicos, Nitratos, NH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> y NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>  
**Dosis:** 69L/ha/año ácidos húmicos, 69kg/ha/año Nitratos, 69kg/ha/año NH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> y 69kg/ha/año NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

**OBSERVACIONES:**

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T40  
**Fecha:** 14-6-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS374003  
**Finca:** Angela  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** Las Galletas  
**Término Municipal:** Arona  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 30 m  
**Superficie:**  
**Cultivo:** Platanera (Gran enana de Cultesa)  
**Procedencia del agua de riego:** Canal Intermedio  
**Sistema de riego:** Goteo  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 6 L/m<sup>2</sup>/día verano-3 L/m<sup>2</sup>/día invierno  
**Frecuencia de riego (días):** 1  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1350  
**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.9  
**C.E.(μS/cm):** 968  
**Temperatura:** 24 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/4  
**Textura:** Arcillo-arenosa  
**Exstructura:** Grumosa media  
**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si  
**Tipo de cubierta:** Plástico

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Cultivo sobre jable. La muestra de foliar no es del hijo, sino de una planta adulta.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T41  
**Fecha:** 14-6-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS374003  
**Finca:** Angela  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** Las Galletas  
**Término Municipal:** Arona  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 30 m  
**Superficie:** 100 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Aguacate  
**Procedencia del agua de riego:** Canal Intermedio  
**Sistema de riego:** Goteo  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 6.3  
**Frecuencia de riego (días):** 1  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 2268  
**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.9  
**C.E.(μS/cm):** 968  
**Temperatura:** 24 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/5  
**Textura:** Limo-arenosa  
**Extructura:** Masiva que se resuelve en poliédrica media  
**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:



## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T42

**Fecha:** 21-6-91

**Coordenadas U.T.M.:** CS362048

**Finca:** El Chapatal, Sebastián Gómez Quintero

**Dirección Propietario:** Avda. Marítima Chalet Playa Los Cristianos

**Teléfono:** 791388. Perito Fernando Méndez tfno: 330534

**Situación:** Cabo Blanco (salida del Valle San Lorenzo, pasada la gasolinera, 1º entrada a la izquierda)

**Término Municipal:** Arona

**Isla:** Tenerife

**Altitud:** 175 m

**Superficie:** 5232 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Aguacate (5-6 años)

**Procedencia del agua de riego:** Galería de Arona

**Sistema de riego:** Microaspersión

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 27.3

**Frecuencia de riego (días):** 7

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1404

**Procedencia de la tierra:** Del Norte

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.2

**C.E.(µS/cm):** 917

**Temperatura:** 28 °C

## SUELO

**Color:** 5YR3/4

**Textura:** Franco-arcillosa

**Exstructura:** Grumosa media-fina

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Ácidos húmicos, quelato de hierro y ZnSO<sub>4</sub> en aplicación foliar, KNO<sub>3</sub> y NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T43

**Fecha:** 21-6-91

**Coordenadas U.T.M.:** CS362048

**Finca:** El Chapatal, Sebastián Gómez Quintero

**Dirección Propietario:** Avda. Marítima Chalet Playa Los Cristianos

**Teléfono:** 791388. Perito Fernando Méndez tfno: 330534

**Situación:** Cabo Blanco (salida del Valle San Lorenzo, pasada la gasolinera, 1º entrada a la izquierda

**Término Municipal:** Arona

**Isla:** Tenerife

**Altitud:** 175 m

**Superficie:** 15696 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Cítricos (naranjas)

**Procedencia del agua de riego:** Galería de Arona

**Sistema de riego:** Microaspersión

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 56

**Frecuencia de riego (días):** 7

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 2880

**Procedencia de la tierra:** Del Norte

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.2

**C.E.(µS/cm):** 917

**Temperatura:** 28 °C

## SUELO

**Color:** 5YR3/3

**Textura:** Arcillosa

**Extructura:** Masiva que se resuelve en Grumosa media-fina

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Ácidos húmicos, quelato de hierro y ZnSO<sub>4</sub> en aplicación foliar, KNO<sub>3</sub> y NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T44

**Fecha:** 21-6-91

**Coordenadas U.T.M.:** CS362048

**Finca:** El Chapatal, Sebastián Gómez Quintero

**Dirección Propietario:** Avda. Marítima Chalet Playa Los Cristianos

**Teléfono:** 791388. Perito Fernando Méndez tfno: 330534

**Situación:** Cabo Blanco (salida del Valle San Lorenzo, pasada la gasolinera, 1º entrada a la izquierda

**Término Municipal:** Arona

**Isla:** Tenerife

**Altitud:** 175 m

**Superficie:** 2616 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Mango

**Procedencia del agua de riego:** Galería de Arona

**Sistema de riego:** Microaspersión

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 56

**Frecuencia de riego (días):** 7

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 2880

**Procedencia de la tierra:** Del Norte

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.2

**C.E.(µS/cm):** 917

**Temperatura:** 28 °C

## SUELO

**Color:** 5YR3/3

**Textura:** Franco-arcillosa

**Exstructura:** Grumosa media-fina

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Ácidos húmicos, quelato de hierro y ZnSO<sub>4</sub> en aplicación foliar, KNO<sub>3</sub> y NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

La finca se había fertilizado el día anterior al muestreo.

**DATOS DE LA FINCA**

**Clave:** T45  
**Fecha:** 21-6-91  
**Coordenadas U.T.M.:** CS371014  
**Finca:** La Cañada, Antonio Vicente Acosta Rguez.  
**Dirección Propietario:** El Fraile C/La Palma nº28 1º izdo.  
**Teléfono:**  
**Situación:** Los Pozos, Las Galletas  
**Término Municipal:** Arona  
**Isla:** Tenerife  
**Altitud:** 50 m  
**Superficie:** 18000 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Platanera (Pequeña enana)  
**Procedencia del agua de riego:** Mezclada  
**Sistema de riego:** Aspersión  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 20.4  
**Frecuencia de riego (días):** 4  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1836  
**Procedencia de la tierra:** De la cumbre

**DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO**

**pH:** 6.3  
**C.E.(µS/cm):** 1013  
**Temperatura:** 25 °C

**SUELO**

**Color:** 7.5YR3/4  
**Textura:** Franco-arcillosa  
**Exstructura:** Poliédrica que se resuelve en grumosa media fina  
**Profundidad:** >50 cm

**FERTILIZACIÓN**

**Fertilizantes:** Acidos húmicos, abono orgánico (estiércol de gallina), complejo N:P:K y Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>  
**Dosis:** 1411 kg/ha/año del complejo, 706 kg/ha/año Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

**OBSERVACIONES:**

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T46

**Fecha:** 21-6-91

**Coordenadas U.T.M.:** CS428043

**Finca:** Ciguaña, Herederos José Francisco Galván

**Dirección Propietario:** Finca Ciguaña Granadilla de Abona

**Teléfono:** 771628

**Situación:** Pelleja

**Término Municipal:** Granadilla de Abona

**Isla:** Tenerife

**Altitud:** 125 m

**Superficie:** 24000m<sup>2</sup> (12 invernaderos de unos 2000m<sup>2</sup> cada uno)

**Cultivo:** Tomates

**Procedencia del agua de riego:** Pozo

**Sistema de riego:** Goteo (no instalado actualmente)

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 4.9

**Frecuencia de riego (días):** 3

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 392

**Procedencia de la tierra:** Del lugar, de La Esperanza y de Santiago del Teide

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.2

**C.E.(µS/cm):** 3350

**Temperatura:** 35 °C

## SUELO

**Color:** 10YR5/3

**Textura:** Areno-limosa

**Exstructura:** Particular

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Cal, azufre y complejos (13:40:13, 15:11:15 y 15:5:30)

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si

**Tipo de cubierta:** Malla

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Cuando se tomó la muestra del suelo estaban preparando la finca para sembrar tomates. El foliar fue cogido en un segundo muestreo realizado el 25-11-91.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T47

**Fecha:** 21-6-91

**Coordenadas U.T.M.:** CS428043

**Finca:** Ciguaña, Herederos José Francisco Galván

**Dirección Propietario:** Finca Ciguaña Granadilla de Abona

**Teléfono:** 771628

**Situación:** Pelleja

**Término Municipal:** Granadilla de Abona

**Isla:** Tenerife

**Altitud:** 125 m

**Superficie:**

**Cultivo:** Cítricos (naranjas)

**Procedencia del agua de riego:** Pozo

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 4.9

**Frecuencia de riego (días):** 3

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 588

**Procedencia de la tierra:** Del lugar, de La Esperanza y de Santiago del Teide

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.2

**C.E.(μS/cm):** 3350

**Temperatura:** 35 °C

## SUELO

**Color:** 5YR4/4

**Textura:** Arcillosa

**Extructura:** Poliédrica media que se resuelve en grumosa fina

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Cal, azufre y complejos (13:40:13, 15:11:15 y 15:5:30)

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Yeso en los troncos.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** T48

**Fecha:** 21-6-91

**Coordenadas U.T.M.:** CS428043

**Finca:** Ciguaña, Herederos José Francisco Galván

**Dirección Propietario:** Finca Ciguaña Granadilla de Abona

**Teléfono:** 771628

**Situación:** Pelleja

**Término Municipal:** Granadilla de Abona

**Isla:** Tenerife

**Altitud:** 125 m

**Superficie:**

**Cultivo:** Tierra preparada para sembrar tomates

**Procedencia del agua de riego:** Pozo

**Sistema de riego:** Goteo (no instalado actualmente)

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 4.9

**Frecuencia de riego (días):** 3

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 392

**Procedencia de la tierra:** Del lugar, de La Esperanza y de Santiago del Teide

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.2

**C.E.(µS/cm):** 3350

**Temperatura:** 35 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/4

**Textura:** Areno-limosa

**Exstructura:** Particular

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Cal, azufre y complejos (13:40:13, 15:11:15 y 15:5:30)

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** Si NoX

**OBSERVACIONES:**

# **ISLA DE LA PALMA**



**DATOS DE LA FINCA****Clave:** LP1**Fecha:** 2-01-91**Coordenadas U.T.M.:** BS192553**Finca:** Norberto Carballo Gómez**Dirección Propietario:** c/Dr.Fleming 21. Los LLanos de Aridane.**Teléfono:** 461738**Situación:** La Ballena (Costa de Fuencaliente)**Término Municipal:** Fuencaliente de La Palma**Isla:** La Palma**Altitud:** 50m.**Superficie:** 13080 m<sup>2</sup>**Cultivo:** Platanera**Procedencia del agua de riego:** Canal-Pozos de S/C de La Palma-Breña Alta**Sistema de riego:** Aspersión**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 32.9**Frecuencia de riego (días):** 7**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1692**Procedencia de la tierra:** Breña-San Isidro**DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO****pH:** 9.6**C.E.(μS/cm):** 211**Temperatura:** 18 °C**SUELO****Color:** 10R2/2 (pardo rojizo muy oscuro)**Textura:** Arcillo limosa con abundantes gravas de pequeño tamaño**Exstructura:** Grumosa media**Profundidad:** 80-90cm.**FERTILIZACIÓN****Fertilizantes:** Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, KNO<sub>3</sub> y NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (en verano).**Dosis:****INFORMACIÓN ADICIONAL****Invernadero:** No**Tipo de cubierta:****ANÁLISIS FOLIAR**    Si X        No**OBSERVACIONES:**

Materia orgánica poco transformada (se observan acículas de pinocha).

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LP2

**Fecha:** 2-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BS188554

**Finca:** Juan Orribo Alonso

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** La Ballena (Costa de Fuencaliente)

**Término Municipal:** Fuencaliente de la Palma

**Isla:** La Palma

**Altitud:** 40 m

**Superficie:** 5250 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:** Canal de Pozos de S/C de la Palma-Breña Alta

**Sistema de riego:** Aspersión

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 44.1

**Frecuencia de riego (días):** 7

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 2268

**Procedencia de la tierra:** San Isidro-Breña

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:**

**C.E. (µS/cm):**

**Temperatura:**

## SUELO

**Color:** 5YR2/2 (Negro parduzco)

**Textura:** Areno-arcillosa

**Exstructura:** Grumosa fina

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Abonos Complejos

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si

**Tipo de cubierta:** Plástico

**ANÁLISIS FOLIAR** Si X No

## OBSERVACIONES:

La muestra de agua fue tomada en la boca del aspersor.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LP3

**Fecha:** 2-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BS187554

**Finca:** Juan Orribo Alonso

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** La Ballena (Costa de Fuencaliente)

**Término Municipal:** Fuencaliente de la Palma

**Isla:** La Palma

**Altitud:** 10 m

**Superficie:**

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:** Canal de Pozos de S/C de la Palma-Breña Alta

**Sistema de riego:** Aspersión

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:**

**C.E.( $\mu$ S/cm):**

**Temperatura:**

## SUELO

**Color:** 2.5YR2/2 (Pardo rojizo muy oscuro)

**Textura:** Arcillo-limosa

**Exstructura:** Grumosa fina

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Nitrofoska

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si

**Tipo de cubierta:** Plástico

**ANÁLISIS FOLIAR** Si X No

## OBSERVACIONES:

El invernadero estaba acabado de regar cuando se hizo el muestreo.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LP4

**Fecha:** 2-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BS188553

**Finca:** Orribos

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** La Ballena (Costa de Fuencaliente)

**Término Municipal:** Fuencaliente de la Palma

**Isla:** La Palma

**Altitud:** 10 m

**Superficie:**

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:**

**Sistema de riego:** Aspersión

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:**

**C.E.(μS/cm):**

**Temperatura:**

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/4 (Pardo oscuro)

**Textura:** Areno-limosa

**Exstructura:** Grumosa fina

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** Si X No

## OBSERVACIONES:

Se observa en mal estado por la maresía.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LP5

**Fecha:** 2-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BS306685

**Finca:** La Bajita 130. Antonio Miguel Rodriguez Rodriguez

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:**

**Término Municipal:** Villa de Mazo

**Isla:** La Palma

**Altitud:** 50 m

**Superficie:** 16696 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:** Breña. S/C de la Palma

**Sistema de riego:** Aspersión

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 61.2

**Frecuencia de riego (días):** 10

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 2203

**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.38

**C.E.(μS/cm):** 1060

**Temperatura:** 20° C

## SUELO

**Color:** 2.5YR2/3.5 (Pardo rojizo muy oscuro)

**Textura:** Arcillosa

**Exstructura:** Grumosa media

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y superfosfato normal.

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

Suelo muy orgánico.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LP6  
**Fecha:** 3-01-91  
**Coordenadas U.T.M.:** BS147686  
**Finca:** El Término (José Luis González)  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** Carretera Todoque-Tazacorte  
**Término Municipal:** Tazacorte  
**Isla:** La Palma  
**Altitud:** 150 m  
**Superficie:** 36624 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Platanera  
**Procedencia del agua de riego:** Zona alta. Pozo  
**Sistema de riego:** Aspersión  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 9.8  
**Frecuencia de riego (días):** 7  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 504  
**Procedencia de la tierra:** Llano de las Cuevas y Argual

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.47  
**C.E.(μS/cm):** 581  
**Temperatura:** 15.5° C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/3 (Pardo oscuro)  
**Textura:** Areno-limo-arcillosa  
**Exstructura:** Grumosa  
**Profundidad:** 80 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Complejos 12-12-17<sub>s</sub>, 20-10-10<sub>s</sub>, Estiércol  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LP7  
**Fecha:** 3-01-91  
**Coordenadas U.T.M.:** BS149683  
**Finca:** El Término (José Luis González)  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** Carretera Todoque-Tazacorte  
**Término Municipal:** Tazacorte  
**Isla:** La Palma  
**Altitud:** 195 m  
**Superficie:** 300 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Cítricos  
**Procedencia del agua de riego:** Zona alta. Pozo  
**Sistema de riego:** Manta  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Llano de las Cuevas (El Paso)

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.47  
**C.E.(μS/cm):** 581  
**Temperatura:** 15.5° C

## SUELO

**Color:** 10YR3/3 (Pardo oscuro)  
**Textura:** Areno-limosa  
**Exstructura:** Grumosa  
**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Complejos 12-12-17<sub>s</sub>, 20-10-10<sub>s</sub>. Estiércol  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LP8  
**Fecha:** 3-01-91  
**Coordenadas U.T.M.:** BS175620  
**Finca:** Remo (Eutimio Pérez Camacho)  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** El Remo  
**Término Municipal:** Los Llanos de Aridane  
**Isla:** La Palma  
**Altitud:** 10 m  
**Superficie:** 41856 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Platanera  
**Procedencia del agua de riego:** Pozo  
**Sistema de riego:** Aspersión  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 64.2  
**Frecuencia de riego (días):** 15  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1541  
**Procedencia de la tierra:** Llano de la Virgen

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.4  
**C.E.(μS/cm):** 572  
**Temperatura:** 18° C

## SUELO

**Color:** 5Y2/4 (Pardo rojizo muy oscuro)  
**Textura:** Arcillo-limosa  
**Exstructura:** Grumosa media  
**Profundidad:** 80-90 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, KNO<sub>3</sub> y cal  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:



## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LP9

**Fecha:** 4-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BS147672

**Finca:** Celestino Pérez Jiménez, Bernardino Toledo Rodríguez

**Dirección Propietario:** C/Enrique Mederos Edificio Feliciano nº32, 2º piso puerta 7

**Teléfono:** 462382

**Situación:** La Bombilla

**Término Municipal:** Tazacorte

**Isla:** La Palma

**Altitud:** 20 m

**Superficie:** 8720 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:** Canal de Tenisca (Pozo)

**Sistema de riego:** Manta

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:** Sur de la Palma

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.8

**C.E.(µS/cm):** 645

**Temperatura:** 17° C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/4 (Pardo oscuro)

**Textura:** Limo-arcillosa

**Exstructura:** Grumosa media

**Profundidad:** 60 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Estiércol vacuno, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub> y nitrofoska

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LP10  
**Fecha:** 4-01-91  
**Coordenadas U.T.M.:** BS150668  
**Finca:** Las Hoyas (Daniel García Sosa)  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** La Bombilla  
**Término Municipal:** Tazacorte  
**Isla:** La Palma  
**Altitud:** 60 m  
**Superficie:** 73248 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Mango  
**Procedencia del agua de riego:** Pozo de Tenisca  
**Sistema de riego:** Aspersión  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 20  
**Frecuencia de riego (días):** 8  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 900  
**Procedencia de la tierra:** Paso y Puerto de Naos

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.5  
**C.E.(μS/cm):** 1009  
**Temperatura:** 23° C

## SUELO

**Color:** 2.5YR3/3 (Pardo rojizo oscuro)  
**Textura:** Arcillo-arenosa  
**Exstructura:** Grumosa  
**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Abonos químicos varios. Hace dos años se aplicó estiércol al suelo  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LP11  
**Fecha:** 4-01-91  
**Coordenadas U.T.M.:** BS150668  
**Finca:** Las Hoyas (Daniel García Sosa)  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** La Bombilla  
**Término Municipal:** Tazacorte  
**Isla:** La Palma  
**Altitud:** 60 m  
**Superficie:** 3000 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Mango  
**Procedencia del agua de riego:** Pozo de Tenisca  
**Sistema de riego:** Manta  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Paso y Puerto de Naos

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.5  
**C.E.( $\mu$ S/cm):** 1009  
**Temperatura:** 23°C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/3.5 (Pardo oscuro)  
**Textura:** Arcillo-limosa  
**Exstructura:** Grumosa media  
**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Abonos químicos varios. Hace dos años se añadió estiércol al suelo  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LP12

**Fecha:** 4-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BS141691

**Finca:** Los Guirres (Celestino Pérez Jiménez)

**Dirección Propietario:** Avenida Enrique Mederos Edificio Feliciano nº32, 2º piso puerta 7

**Teléfono:**

**Situación:**

**Término Municipal:** Tazacorte

**Isla:** La Palma

**Altitud:** 100 m

**Superficie:** 9592 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:** Pozo de Tenisca

**Sistema de riego:** Aspersión

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 20.3

**Frecuencia de riego (días):** 7

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1040

**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.8

**C.E.(µS/cm):** 840

**Temperatura:** 18°C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/4 (Pardo oscuro)

**Textura:** Arcillo-limosa

**Exstructura:** Poliédrica media

**Profundidad:** 60-80 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Guanos ligados

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LP13

**Fecha:** 4-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BS146694

**Finca:** El Cardonal (Bernardino Toledo Rodríguez)

**Dirección Propietario:** Avenida Enrique Mederos Edificio Feliciano nº32, 2º piso puerta 7

**Teléfono:**

**Situación:**

**Término Municipal:** Tazacorte

**Isla:** La Palma

**Altitud:** 150 m

**Superficie:** 8284 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:** Pozo de Tenisca

**Sistema de riego:** Aspersión

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 20.3

**Frecuencia de riego (días):** 7

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1044

**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.8

**C.E.(µS/cm):** 840

**Temperatura:** 18° C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/3 (Pardo oscuro)

**Textura:** Arcillo-limosa

**Exstructura:** Poliédrica media

**Profundidad:** 60-80 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Guanos ligados

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LP14

**Fecha:** 4-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BS116742

**Finca:** Cajero (Carmen Rodríguez Hernández)

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** La Punta de Tijarafe

**Término Municipal:** Tijarafe

**Isla:** La Palma

**Altitud:** 310 m

**Superficie:** 872 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:** Pozo de Las Angustias

**Sistema de riego:** Aspersión

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:** Tijarafe

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:**

**C.E.(μS/cm):**

**Temperatura:**

## SUELO

**Color:** 5YR3/6 (Pardo rojizo oscuro)

**Textura:** Arcillosa

**Exstructura:** Poliédrica media

**Profundidad:** 70 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Estiércol y abonos químicos

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LP15  
**Fecha:** 5-01-91  
**Coordenadas U.T.M.:** BS327799  
**Finca:** La Piedra Alta (José Sánchez Piñero)  
**Dirección Propietario:** San Andrés y Sauces  
**Teléfono:**  
**Situación:**  
**Término Municipal:** Puntallana  
**Isla:** La Palma  
**Altitud:** 60 m  
**Superficie:** 10464 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Platanera  
**Procedencia del agua de riego:** Galería de Puntallana. Pozo  
**Sistema de riego:** Aspersión  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 30  
**Frecuencia de riego (días):** 10  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1080  
**Procedencia de la tierra:** Costa de Puntallana

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.4  
**C.E.(μS/cm):** 76  
**Temperatura:** 16 °C

## SUELO

**Color:** 10YR4/4 (Pardo)  
**Textura:** Arcillosa  
**Exstructura:** Masiva  
**Profundidad:** 70-80 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Guano líquido, estiércol vacuno, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

Hace dos años que se está cultivando.

# **ISLA DE LA GOMERA**



## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LG1  
**Fecha:** 11-01-91  
**Coordenadas U.T.M.:** BS914101  
**Finca:**  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** Barranco de la Villa  
**Término Municipal:** San Sebastián de la Gomera  
**Isla:** La Gomera  
**Altitud:** 50 m  
**Superficie:**  
**Cultivo:** Platanera  
**Procedencia del agua de riego:** Presa  
**Sistema de riego:** Manta  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Aluvión de barranco y vertisoles

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.32  
**C.E.(μS/cm):** 442  
**Temperatura:** 18.5 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/4 (Pardo oscuro)  
**Textura:** Arcillosa  
**Exstructura:** Masiva  
**Profundidad:** 30 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

Se tomaron dos muestras de foliares, una de un hijo de una platanera normal (LG11) y la otra muestra fue el hijo entero de una platanera con hojas cloróticas (LG1v). Se observan abundantes plantas que presentan clorosis y cuyos hijos son raquíuticos

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LG2

**Fecha:** 11-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BS845161

**Finca:**

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** Bajada a Hermigua, pasado los Telares

**Término Municipal:** Hermigua

**Isla:** La Gomera

**Altitud:** 215 m

**Superficie:**

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:** Presa

**Sistema de riego:** Manta

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.23

**C.E.( $\mu$ S/cm):** 459

**Temperatura:** 16.5 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/2 (Negro parduzco)

**Textura:** Arcillo-limosa

**Exstructura:** Grumosa fina-media

**Profundidad:** 30 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LG3

**Fecha:** 11-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BS859185

**Finca:**

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** Junto a la playa de Hermigua

**Término Municipal:** Hermigua

**Isla:** La Gomera

**Altitud:** 4 m

**Superficie:**

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:** Presa

**Sistema de riego:** Manta

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.89

**C.E.( $\mu$ S/cm):** 898

**Temperatura:** 17 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/3 (Pardo oscuro)

**Textura:** Arcillosa

**Exstructura:** Masiva

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

**OBSERVACIONES:**

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LG4

**Fecha:** 11-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BS851199

**Finca:** La Bobadilla (Juan Amaya Vera)

**Dirección Propietario:** C/Piedra Grande n.10, La Montañeta Agulo

**Teléfono:**

**Situación:**

**Término Municipal:** Agulo

**Isla:** La Gomera

**Altitud:** 170 m

**Superficie:** 720 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:** Monte de Meriga

**Sistema de riego:** Manta

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.08

**C.E.(μS/cm):** 469

**Temperatura:** 16°C

## SUELO

**Color:** 5YR3/4 (Pardo rojizo oscuro)

**Textura:** Arcillosa

**Exstructura:** Poliédrica gruesa

**Profundidad:** <50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Guano y Nitrofoska

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

Muestra de agua bastante turbia, fue tomada en la atarjea.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LG5

**Fecha:** 12-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BS849024

**Finca:** Agrupación Noruega

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** Frente al Hotel Tecina, Playa Santiago

**Término Municipal:** San Sebastián de la Gomera

**Isla:** La Gomera

**Altitud:** 75 m

**Superficie:**

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:**

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9.19

**C.E.(μS/cm):** 218

**Temperatura:** 17°C

## SUELO

**Color:** 5YR3/4 (Pardo rojizo oscuro)

**Textura:** Arcillosa

**Exstructura:** Masiva

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

Se tomaron dos muestras de suelo, una fuera de los goteros (LG5h) y otra en el bulbo hídrico (LG5g) que se encontraba encharcado.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LG6

**Fecha:** 12-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BS842022

**Finca:** Santiago Trujillo

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:**

**Término Municipal:** Alajeró

**Isla:** La Gomera

**Altitud:** 2 m

**Superficie:**

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:**

**Sistema de riego:** Manta

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9.19

**C.E.(μS/cm):** 218

**Temperatura:** 17 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/2 (Negro parduzco)

**Textura:** Arcillosa

**Exstructura:** Masiva

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

**OBSERVACIONES:**

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LG7

**Fecha:** 12-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BS852028

**Finca:** Agrupación Noruega

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** Pasado el Hotel Tecina, carretera que va a la playa del Medio

**Término Municipal:** San Sebastián de la Gomera

**Isla:** La Gomera

**Altitud:** 90 m

**Superficie:**

**Cultivo:** Aguacate

**Procedencia del agua de riego:**

**Sistema de riego:** Microaspersión

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9.19

**C.E.(μS/cm):** 218

**Temperatura:** 17 °C

## SUELO

**Color:** 5YR4/4 (Pardo rojizo brillante)

**Textura:** Arcillosa

**Exstructura:** Masiva

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

Se tomaron dos muestras de foliares, una de hojas normales (LG7I) y otra de hojas cloróticas con los nervios verdes, que presentan quemaduras en los bordes (LG7v).

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LG8

**Fecha:** 12-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BS703093

**Finca:**

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** La Playa

**Término Municipal:** Valle Gran Rey

**Isla:** La Gomera

**Altitud:** 5 m

**Superficie:**

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:**

**Sistema de riego:** Manta

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.81

**C.E.(μS/cm):** 772

**Temperatura:** 19 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/3 (Pardo oscuro)

**Textura:** Arcillo-limosa

**Exstructura:** Grumosa media-gruesa

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

**OBSERVACIONES:**



## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LG9

**Fecha:** 12-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BS705098

**Finca:**

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** Bajada a la playa, detrás de la iglesia

**Término Municipal:** Valle Gran Rey

**Isla:** La Gomera

**Altitud:** 50 m

**Superficie:**

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:**

**Sistema de riego:** Manta

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.55

**C.E.( $\mu$ S/cm):** 796

**Temperatura:** 19.5 °C

## SUELO

**Color:** 5YR2/3 (Pardo rojizo muy oscuro)

**Textura:** Arcillo-limosa

**Exstructura:** Grumosa media

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

**OBSERVACIONES:**

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LG10

**Fecha:** 13-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BS781200

**Finca:** Antonio Ventura Suarez (medianero)

**Dirección Propietario:** La Playa Vallehermoso

**Teléfono:**

**Situación:** Bajada a Vallehermoso, carretera que va a la playa

**Término Municipal:** Vallehermoso

**Isla:** La Gomera

**Altitud:** 170 m

**Superficie:**

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:** Presa La Encantadora

**Sistema de riego:** Manta

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:** Del lugar (fondo de barranco)

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9.10

**C.E.(μS/cm):** 914

**Temperatura:** 18 °C

## SUELO

**Color:** 10YR3/4 (Pardo oscuro)

**Textura:** Arcillo-limosa

**Exstructura:** Masiva

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> al 26%., K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y Cal a partes iguales

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

Esta finca fue regada anteriormente con agua de pozo (LG10k), pero actualmente se riega con el agua LG10j, que se tomó de un estanque. Se observa abundante pedregosidad en la superficie del suelo.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LG11

**Fecha:** 13-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BS781200

**Finca:** Antonio Ventura Suarez (Medianero)

**Dirección Propietario:** La Playa Vallehermoso

**Teléfono:**

**Situación:** Bajada a Vallehermoso (carretera que va a la playa)

**Término Municipal:** Vallehermoso

**Isla:** La Gomera

**Altitud:** 170 m

**Superficie:**

**Cultivo:** Cítricos (Naranjos)

**Procedencia del agua de riego:** Presa la Encantadora

**Sistema de riego:** Manta

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9.10

**C.E.( $\mu$ S/cm):** 914

**Temperatura:** 18 °C

## SUELO

**Color:** 10YR3.5/4 (Pardo oscuro)

**Textura:** Arcillo-limosa

**Exstructura:** Grumosa media

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Cal, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> a partes iguales

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

Esta finca fue regada anteriormente con agua de pozo (LG10k), pero actualmente se riega con el agua LG10j, que se tomó de un estanque. Se observa abundante pedregosidad en la superficie del suelo. En las hojas de los naranjos había mosca blanca y negrilla.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LG12

**Fecha:** 13-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BS789214

**Finca:** Antonio Ventura Suarez (Medianero)

**Dirección Propietario:** La Playa Vallehermoso

**Teléfono:**

**Situación:** La Playa

**Término Municipal:** Vallehermoso

**Isla:** La Gomera

**Altitud:** 50 m

**Superficie:**

**Cultivo:** Ninguno, suelo preparado para hortícolas; anteriormente estuvo sembrado de maíz

**Procedencia del agua de riego:** Presa La Encantadora

**Sistema de riego:** Manta

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:** Traída del mismo valle pero a mayor altitud

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9.10

**C.E.(μS/cm):** 914

**Temperatura:** 18°C

## SUELO

**Color:** 10YR4/5 (Pardo)

**Textura:** Arcillo-arenosa

**Exstructura:** Grumosa media

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> al 26%, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y Cal

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** Si NoX

## OBSERVACIONES:

Este suelo fue regado con agua de pozo en un momento (LG10k); actualmente se riega con el agua LG10j. La muestra de agua fue tomada en un estanque.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LG13  
**Fecha:** 13-01-91  
**Coordenadas U.T.M.:** BS789211  
**Finca:** Antonio Ventura Suarez (Medianero)  
**Dirección Propietario:** La Playa Vallehermoso  
**Teléfono:**  
**Situación:** La Playa  
**Término Municipal:** Vallehermoso  
**Isla:** La Gomera  
**Altitud:** 50 m  
**Superficie:**  
**Cultivo:** Platanera  
**Procedencia del agua de riego:** Presa La Encantadora  
**Sistema de riego:** Manta  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9.10  
**C.E.(μS/cm):** 914  
**Temperatura:** 18 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/4 (Pardo)  
**Textura:** Arcillo-limosa  
**Exstructura:** Masiva  
**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> al 26%, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y Cal  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

Este suelo fue regado con agua de pozo en un momento (muestra LG10k); actualmente se riega con el agua de la muestra LG10j, que fue tomada de un estanque.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** LG14  
**Fecha:** 13-01-91  
**Coordenadas U.T.M.:** BS789213  
**Finca:** Antonio Ventura Suarez (Medianero)  
**Dirección Propietario:** La Playa Vallehermoso  
**Teléfono:**  
**Situación:** La Playa  
**Término Municipal:** Vallehermoso  
**Isla:** La Gomera  
**Altitud:** 50 m  
**Superficie:**  
**Cultivo:** Viña  
**Procedencia del agua de riego:** Presa La Encantadora  
**Sistema de riego:** Manta  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9.10  
**C.E.(μS/cm):** 914  
**Temperatura:** 18 °C

## SUELO

**Color:** 10YR4/6 (Pardo)  
**Textura:** Limo-arenosa  
**Exstructura:** Grumosa fina-particular  
**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y Cal  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

Se tomaron dos muestras para el análisis foliar, una de hojas jóvenes (LG14o) y otra de hojas viejas (LG14p). Esta finca fue regada en un momento por agua de pozo (muestra LG10k), pero actualmente se riega con el agua de la muestra LG10j.

# **ISLA DE EL HIERRO**

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** EH1  
**Fecha:** 18-01-91  
**Coordenadas U.T.M.:** BR034765  
**Finca:**  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** El Matorral, Agua Nueva  
**Término Municipal:** Frontera  
**Isla:** El Hierro  
**Altitud:** 50 m  
**Superficie:**  
**Cultivo:** Platanera  
**Procedencia del agua de riego:**  
**Sistema de riego:** Aspersión  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.20  
**C.E.(μS/cm):** 465  
**Temperatura:** 19 °C

## SUELO

**Color:** 5YR2/4 (Pardo rojizo muy oscuro)  
**Textura:** Arcillo-limosa  
**Exstructura:** Grumosa media  
**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:



## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** EH2

**Fecha:** 18-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BR034764

**Finca:**

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** El Matorral, Agua Nueva

**Término Municipal:** Frontera

**Isla:** El Hierro

**Altitud:** 50 m

**Superficie:** 5232 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Piña Tropical de cuatro a cinco años

**Procedencia del agua de riego:** Pozo de Mario León

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 2.9

**Frecuencia de riego (días):** 3

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 348

**Procedencia de la tierra:** El Jorado (zona de la Cumbre)

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.25

**C.E.(μS/cm):** 860

**Temperatura:** 15 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/3 (Pardo oscuro)

**Textura:** Arcillo-limosa

**Exstructura:** Grumosa fina-media

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ácidos nítrico y fosfórico, y estiércol.

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

Hay un mulching de plástico negro de 80 cm, colocado en franjas a lo largo de la línea de goteros. Se cogieron dos muestras de suelo, una en la zona del gotero (EH2g) y otra fuera del gotero, a unos 75 cm (EH2h).

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** EH3  
**Fecha:** 18-01-91  
**Coordenadas U.T.M.:** BR034764  
**Finca:**  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** El Matorral, Agua Nueva  
**Término Municipal:** Frontera  
**Isla:** El Hierro  
**Altitud:** 50 m  
**Superficie:** 5232 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Piña tropical de un año  
**Procedencia del agua de riego:** Pozo de Mario León  
**Sistema de riego:** Goteo  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 2.9  
**Frecuencia de riego (días):** 3  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 348  
**Procedencia de la tierra:** El Jorado (Zona de la Cumbre)

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.25  
**C.E.(μS/cm):** 860  
**Temperatura:** 15 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/3 (Pardo oscuro)  
**Textura:** Arcillo-limosa  
**Exstructura:** Grumosa media-fina  
**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ácidos nítrico y fosfórico, y estiércol.  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

Se tomaron dos muestras de tierra, la primera fue cogida debajo del gotero (EH3g) y la segunda en la zona intergoteros (EH3h).

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** EH4

**Fecha:** 18-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BR034764

**Finca:**

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** El Matorral, Agua Nueva

**Término Municipal:** Frontera

**Isla:** El Hierro

**Altitud:** 50 m

**Superficie:** 5232 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Mango

**Procedencia del agua de riego:** Pozo de Mario León

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 2.9

**Frecuencia de riego (días):** 3

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 348

**Procedencia de la tierra:** El Jorado (zona de la Cumbre)

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.25

**C.E.(μS/cm):** 860

**Temperatura:** 15 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/4 (Pardo oscuro)

**Textura:** Limo-arenosa

**Exstructura:** Grumosa media-fina

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ácidos nítrico y fosfórico, y estiércol.

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

Las hojas de los mangos están necrosadas en los bordes. La muestra de suelo fue tomada debajo del gotero.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** EH5

**Fecha:** 18-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BR034764

**Finca:**

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** El Matorral, Agua Nueva

**Término Municipal:** Frontera

**Isla:** El Hierro

**Altitud:** 50 m

**Superficie:** 5232 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Cítricos (Naranjos)

**Procedencia del agua de riego:** Pozo de Mario León

**Sistema de riego:** Aspersión

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:** El Jorado (zona de la Cumbre)

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.25

**C.E.( $\mu$ S/cm):** 860

**Temperatura:** 15 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/4 (Pardo oscuro)

**Textura:** Arcillo-limosa

**Exstructura:** Grumosa media-fina

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ácidos nítrico y fosfórico, y estiércol.

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

En las hojas se observa melasa y negrilla.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** EH6

**Fecha:** 18-01-91

**Coordenadas U.T.M.:** BR034764

**Finca:**

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** El Matorral, Agua Nueva

**Término Municipal:** Frontera

**Isla:** El Hierro

**Altitud:** 50 m

**Superficie:** 5232 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** En el momento del muestreo se estaba preparando la tierra para cultivar piña tropical

**Procedencia del agua de riego:** Pozo de Mario León

**Sistema de riego:**

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:** El Jorado (zona de la Cumbre)

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.25

**C.E.( $\mu$ S/cm):** 860

**Temperatura:** 15°C

## SUELO

**Color:** 7.54/4 (Pardo)

**Textura:** Limo-arenosa

**Exstructura:** Grumosa media-fina

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y azufre

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** Si NoX

## OBSERVACIONES:

Tierra en preparación para sembrar piña tropical.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** EH7  
**Fecha:** 18-01-91  
**Coordenadas U.T.M.:** BR034764  
**Finca:** Monjas del Convento  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** El Matorral, Agua Nueva  
**Término Municipal:** Frontera  
**Isla:** El Hierro  
**Altitud:** 50 m  
**Superficie:** 5232 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Piña tropical  
**Procedencia del agua de riego:**  
**Sistema de riego:** Aspersión  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:**  
**C.E.(μS/cm):**  
**Temperatura:**

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/6 (Pardo)  
**Textura:** Limo-arcillosa-franca  
**Exstructura:** Grumosa fina  
**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** EH8  
**Fecha:** 18-01-91  
**Coordenadas U.T.M.:** BR024751  
**Finca:** J. Rodríguez López  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** El Matorral  
**Término Municipal:** Frontera  
**Isla:** El Hierro  
**Altitud:** 100 m  
**Superficie:** 20000 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Platanera  
**Procedencia del agua de riego:** Pozo C.A. Frontera  
**Sistema de riego:** Goteo  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 6  
**Frecuencia de riego (días):** 2  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1080  
**Procedencia de la tierra:** Jinama

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8  
**C.E.(μS/cm):** 494  
**Temperatura:** 27.5 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/4 (Pardo oscuro)  
**Textura:** Limo-arcillosa  
**Exstructura:** Grumosa media  
**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** KNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> y HNO<sub>3</sub>  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si  
**Tipo de cubierta:** Plástico y malla

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Se cogieron dos muestras de suelo, una fue tomada debajo del gotero (EH8g) y la otra fuera de los mismos (EH8h). Abundante materia orgánica. Se añadió yeso agrícola hace poco. La muestra de agua fue tomada de un estanque.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** EH9  
**Fecha:** 18-01-91  
**Coordenadas U.T.M.:** BR017745  
**Finca:** Antonio Cazañas Castañeda  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** Tejeguete  
**Término Municipal:** Frontera  
**Isla:** El Hierro  
**Altitud:** 110 m  
**Superficie:** 2100 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Piña tropical de unos catorce meses  
**Procedencia del agua de riego:** Pozo de Frontera  
**Sistema de riego:** Aspersión  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 9.1  
**Frecuencia de riego (días):** 7  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 468  
**Procedencia de la tierra:** Nisdafe

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.93  
**C.E.(μS/cm):** 500  
**Temperatura:** 19.5 °C

## SUELO

**Color:** 5YR3/4 (Pardo rojizo oscuro)  
**Textura:** Arcillo-limosa  
**Exstructura:** Grumosa media-gruesa  
**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** KNO<sub>3</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> y hierro  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX            No  
**OBSERVACIONES:**

Problemas en el cultivo.



## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** EH10  
**Fecha:** 18-01-91  
**Coordenadas U.T.M.:** BR017745  
**Finca:** Antonio Cazañas Castañeda  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** Tejeguete  
**Término Municipal:** Frontera  
**Isla:** El Hierro  
**Altitud:** 110 m  
**Superficie:** 5232 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Platanera  
**Procedencia del agua de riego:** Pozo de Frontera  
**Sistema de riego:** Aspersión  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Nisdafe

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.93  
**C.E.(μS/cm):** 500  
**Temperatura:** 19.5 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/4 (Pardo oscuro)  
**Textura:** Arcillo-limosa  
**Exstructura:** Grumosa media-gruesa  
**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Superfosfato de cal, y nitroamónico cálcico.  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Pinocha en superficie.

# **ISLA DE GRAN CANARIA**

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC1

**Fecha:** 16-3-91

**Coordenadas U.T.M.:** DR204972

**Finca:**

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** Valle La Aldea

**Término Municipal:** San Nicolás de Tolentino

**Isla:** Gran Canaria

**Altitud:** 0 m

**Superficie:** 1.308 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Millo pequeño

**Procedencia del agua de riego:** Presa y pozo

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 2.2

**Frecuencia de riego (días):** 2

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 396

**Procedencia de la tierra:** Fluvisoles

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.2

**C.E.(μS/cm):** 497

**Temperatura:** 17.5 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/3 (Pardo)

**Textura:** Franco-arcillosa

**Exstructura:** Grumosa media

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y superfosfato

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    Si            NoX

## OBSERVACIONES:

Se tomaron dos muestras de aguas, la GC1ñ (pozo) cuyos datos son los siguientes **pH:** 7.2, **C.E:** 4720 y 21.9°C, y la GC1n (presa) cuyos datos figuran arriba. En el momento del muestreo la finca se regaba con el agua de presa.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC2  
**Fecha:** 16-3-91  
**Coordenadas U.T.M.:** DR215970  
**Finca:** Guillermo Quintana Ramos  
**Dirección Propietario:** Doctor Fleming  
**Teléfono:** 890609, 890865 (medianero)  
**Situación:** Barranco de La Aldea  
**Término Municipal:** San Nicolás de Tolentino  
**Isla:** Gran Canaria  
**Altitud:** 5-10 m  
**Superficie:** 3052 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Tomates  
**Procedencia del agua de riego:** Presa y pozo  
**Sistema de riego:** Goteo  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 1.8  
**Frecuencia de riego (días):** 2  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 216  
**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.43  
**C.E.(μS/cm):** 2450  
**Temperatura:** 21.4 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/3 (pardo)  
**Textura:** Arcillosa  
**Exstructura:** Grumosa-media  
**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, KNO<sub>3</sub> y estiércol líquido  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si  
**Tipo de cubierta:** Malla

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Se tomaron dos muestras de tierra, una en la zona del gotero (GC2g) y la otra fuera del gotero (GC2h). Se cogieron hojas para el análisis foliar (GC2e) y frutos maduros (GC2i). Anteriormente estuvo plantado de alfalfa.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC3  
**Fecha:** 16-3-91  
**Coordenadas U.T.M.:** DR215970  
**Finca:** Heredero de Justo Montesdeoca Valencia  
**Dirección Propietario:** El Cruce, 83  
**Teléfono:** 890347  
**Situación:** Barranco de La Aldea  
**Término Municipal:** San Nicolás de Tolentino  
**Isla:** Gran Canaria  
**Altitud:** 5-10 m  
**Superficie:** 2000 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Papaya  
**Procedencia del agua de riego:** Presa  
**Sistema de riego:** Goteo  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 1.6  
**Frecuencia de riego (días):** 2  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 288  
**Procedencia de la tierra:** Barranco Fiorel

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.3  
**C.E.(μS/cm):** 471  
**Temperatura:** 21.2 °C

## SUELO

**Color:** 7.54R4/3 (pardo)  
**Textura:** Arcillo-limosa  
**Exstructura:** Grumosa medio-fina  
**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, FeSO<sub>4</sub>  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si  
**Tipo de cubierta:** Malla

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Se fertilizó hace 8-9 meses. También hay cultivo de mangas.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC4

**Fecha:** 17-3-91

**Coordenadas U.T.M.:** DR199877

**Finca:**

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** Barranco de Tasartico

**Término Municipal:** San Nicolás de Tolentino

**Isla:** Gran Canaria

**Altitud:** 50 m

**Superficie:** 2616 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Papaya y mango (1 año y 7 meses)

**Procedencia del agua de riego:** Pozo

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 1

**Frecuencia de riego (días):** 5

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 72

**Procedencia de la tierra:** Del lugar (Fluvisoles).

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.9

**C.E.(μS/cm):** 1516

**Temperatura:** 20.1 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/2.5

**Textura:** Franco-arcillosa

**Exstructura:** Grumosa media

**Profundidad:** 50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> y estiércol de cabra.

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Se tomaron hojas de papaya (GC4r) y de mango (GC4u).

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC5

**Fecha:** 13-3-91

**Coordenadas U.T.M.:** DR196875

**Finca:**

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** Barranco de Tasartico

**Término Municipal:** San Nicolás de Tolentino

**Isla:** Gran Canaria

**Altitud:** 50 m

**Superficie:** 13080 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Tomates

**Procedencia del agua de riego:** Pozo

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 2

**Frecuencia de riego (días):** 5

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 96

**Procedencia de la tierra:** Del lugar (Fluvisoles)

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.9

**C.E.(μS/cm):** 1516

**Temperatura:** 20.1 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/4

**Textura:** Arcillo-limosa

**Exstructura:** Grumosa media

**Profundidad:** 20-30 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> y estiércol de cabra

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si

**Tipo de cubierta:** Malla

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Hay dos muestras de foliares la GC5e (hojas) y la GC5i (frutos maduros)

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC6

**Fecha:** 18-3-91

**Coordenadas U.T.M.:** DR244820

**Finca:** La Posteragua de Veneguera

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** Barranco de Veneguera

**Término Municipal:** Mogán

**Isla:** Gran Canaria

**Altitud:** 10 m

**Superficie:** 47088 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:** Recogida del barranco (estanque)

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 5.4 (invierno) y 8.2 (verano)

**Frecuencia de riego (días):** 2 (invierno) y 1 (verano)

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1467

**Procedencia de la tierra:** Varios lugares

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.9

**C.E.(μS/cm):** 811

**Temperatura:** 20.2 °C

## SUELO

**Color:** 5YR4/3

**Textura:** Arcillosa

**Exstructura:** Masiva

**Profundidad:** 50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** KNO<sub>3</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. La hoja de la platanera, una vez cortada se queda en la tierra.

**Dosis:** 202-706kg/ha/año de KNO<sub>3</sub> y 580-2027kg/ha/año de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

La muestra de tierra fue recogida en la zona del gotero.



## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC7  
**Fecha:** 18-3-91  
**Coordenadas U.T.M.:** DR251831  
**Finca:** El Inglés  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** Barranco de Veneguera  
**Término Municipal:** Mogán  
**Isla:** Gran Canaria  
**Altitud:** 50 m  
**Superficie:** 78480 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Platanera  
**Procedencia del agua de riego:** Pozo (a veces de barranco)  
**Sistema de riego:** Goteo  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 19.2 (invierno) y 14.5 (verano)  
**Frecuencia de riego (días):** 4 (invierno) y 1 (verano)  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 2601  
**Procedencia de la tierra:** Traída de varios sitios

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.5  
**C.E.(μS/cm):** 935  
**Temperatura:** 26.5 °C

## SUELO

**Color:** 5YR4/2  
**Textura:** Arcillosa  
**Exstructura:** Masiva  
**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Guano y fertilizantes varios  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Muestra de tierra cogida a la salida del gotero. Se ha aplicado nematicidas al suelo.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC8

**Fecha:** 18-3-91

**Coordenadas U.T.M.:** DR266843

**Finca:** Goteras

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** Barranco de Veneguera

**Término Municipal:** Mogán

**Isla:** Gran Canaria

**Altitud:** 150 m

**Superficie:**

**Cultivo:** Aguacate

**Procedencia del agua de riego:** Pozo (a veces de barranco)

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 7.8

**Frecuencia de riego (días):** 2

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1404

**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.5

**C.E.(μS/cm):** 935

**Temperatura:** 26.5 °C

## SUELO

**Color:** 5YR3/2

**Textura:** Arcillo-limosa

**Exstructura:** Grumosa fina-media

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Guano, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y KNO<sub>3</sub>

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC9  
**Fecha:** 18-3-91  
**Coordenadas U.T.M.:** DR261787  
**Finca:**  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** Barranco de Mogán  
**Término Municipal:** Mogán  
**Isla:** Gran Canaria  
**Altitud:** 40 m  
**Superficie:** 26160 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Berenjena  
**Procedencia del agua de riego:** Pozo  
**Sistema de riego:** Goteo  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 3.6  
**Frecuencia de riego (días):** 2  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 648  
**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9  
**C.E.(µS/cm):** 1645  
**Temperatura:** 24.5 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR5/3  
**Textura:** Franco-arenosa  
**Exstructura:** Grumosa fina-particular  
**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, KNO<sub>3</sub>, Calcio granulado y estiércol líquido  
**Dosis:** 1720kg/ha/año de KNO<sub>3</sub>. El resto de los fertilizantes se van alternando

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC10

**Fecha:** 19-3-91

**Coordenadas U.T.M.:** DR286760

**Finca:**

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** Barranco de Tauro

**Término Municipal:** Mogán

**Isla:** Gran Canaria

**Altitud:** 15 m

**Superficie:** 2500 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Berenjena (híbrida)

**Procedencia del agua de riego:** Presa y pozo

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 7.6

**Frecuencia de riego (días):** 1

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 2736

**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.7

**C.E.(μS/cm):** 300

**Temperatura:** 22.8 °C

## SUELO

**Color:** 10YR5/3

**Textura:** Franco-arenosa

**Exstructura:** Grumosa fina

**Profundidad:** 25-30 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Guano

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Se tomaron dos muestras de agua, la GC10n (presa) cuyos datos figuran arriba y la GC10ñ (pozo) de 7.3 de pH, CE 4140 y 22.1 °C. En el momento del muestreo se regaba con el agua GC10n. Cultivo de berenjenas híbridas y entutoradas.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC11  
**Fecha:** 28-6-91  
**Coordenadas U.T.M.:** DS312104  
**Finca:**  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** Lomo del Cardonal  
**Término Municipal:** Gáldar  
**Isla:** Gran Canaria  
**Altitud:** 150 m  
**Superficie:** 3000 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Cebolla  
**Procedencia del agua de riego:** Recogida de barranco  
**Sistema de riego:** Manta  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 5.9  
**C.E.(μS/cm):** 991  
**Temperatura:** 31.5 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR6/4  
**Textura:** Limo-arenosa  
**Exstructura:** Particular  
**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC12

**Fecha:** 28-6-91

**Coordenadas U.T.M.:** DS320136

**Finca:**

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** Sardina

**Término Municipal:** Gáldar

**Isla:** Gran Canaria

**Altitud:** 75 m

**Superficie:** 5000 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:**

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 5

**C.E.(μS/cm):** 322

**Temperatura:** 25 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/4

**Textura:** Arcillosa

**Exstructura:** Masiva que se resuelve en poliédrica media

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Mal aspecto y bastante viento.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC13  
**Fecha:** 2-7-91  
**Coordenadas U.T.M.:** DS364132  
**Finca:** José González Molina  
**Dirección Propietario:** Francisco de Quevedo 5 Gáldar  
**Teléfono:**  
**Situación:** Las Vegas  
**Término Municipal:** Gáldar  
**Isla:** Gran Canaria  
**Altitud:** 100 m  
**Superficie:** 17440 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Platanera  
**Procedencia del agua de riego:** Presa  
**Sistema de riego:** Manta  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:**  
**C.E.(μS/cm):**  
**Temperatura:**

## SUELO

**Color:**  
**Textura:** Arcillosa  
**Extructura:** Masiva que se resuelve en poliédrica media  
**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Guano y estiércol  
**Dosis:** Estiércol 3-4veces/año

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

**OBSERVACIONES:**

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC14

**Fecha:** 29-6-91

**Coordenadas U.T.M.:** DS451133

**Finca:** Juan González García

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:** 620410

**Situación:** San Andrés

**Término Municipal:** Moya

**Isla:** Gran Canaria

**Altitud:** 0 m

**Superficie:** 36624 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:**

**Sistema de riego:** Microaspersión

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 14.1

**Frecuencia de riego (días):** 3

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1692

**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.7

**C.E.(µS/cm):** 1128

**Temperatura:** 24.5 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR3/2

**Textura:** Franco-arcillosa

**Exstructura:** Masiva que se resuelve en poliédrica gruesa-media

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, KNO<sub>3</sub> 13-0-46 y NH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>

**Dosis:** 360kg/ha/año de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, 4800kg/ha/año de KNO<sub>3</sub> 13-0-46 y 360kg/ha/año de NH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:



## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC15

**Fecha:** 29-6-91

**Coordenadas U.T.M.:** DS426133

**Finca:** Herederos de Ana Victoria de Lara Domenech

**Dirección Propietario:** Cronista Romero Cebayos 9 3ª 35011 Las Palmas

**Teléfono:**

**Situación:** San Felipe

**Término Municipal:** Moya

**Isla:** Gran Canaria

**Altitud:** 0 m

**Superficie:** 35000 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:** Pozo Fontanales

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 8

**Frecuencia de riego (días):** 2

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1440

**Procedencia de la tierra:** De varios lugares

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 7.3

**C.E.(µS/cm):** 1220

**Temperatura:** 25 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/2.5

**Textura:** Arcillosa

**Exstructura:** Masiva que se resuelve en grumosa media

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, KNO<sub>3</sub> y NH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC16

**Fecha:** 30-6-91

**Coordenadas U.T.M.:** DS565019

**Finca:** Francisco Navarro Quintana

**Dirección Propietario:** María Victoria 6 ó Rabadán 30 1ºB Las Palmas

**Teléfono:**

**Situación:** Los Hoyos Marzagán

**Término Municipal:** Las Palmas

**Isla:** Gran Canaria

**Altitud:** 200 m

**Superficie:** 800 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Viña

**Procedencia del agua de riego:** Depuradora del Ayuntamiento

**Sistema de riego:** Manta

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.2

**C.E.(µS/cm):** 2500

**Temperatura:** 28 °C

## SUELO

**Color:** 10YR3/4

**Textura:** Arenosa

**Exstructura:** Particular

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Nada

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Capa de picón natural.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC17  
**Fecha:** 30-6-91  
**Coordenadas U.T.M.:** DS565019  
**Finca:** Los Mireles  
**Dirección Propietario:** Sabinar Canario S.A. Los Hoyos 102  
**Teléfono:**  
**Situación:** Los Hoyos Marzagán  
**Término Municipal:** Las Palmas  
**Isla:** Gran Canaria  
**Altitud:** 200 m  
**Superficie:** 50000 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Cítricos (Naranjos)  
**Procedencia del agua de riego:** Depuradora del Ayuntamiento  
**Sistema de riego:** Manta  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Del lugar, de Tafira y de San Mateo

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 8.2  
**C.E.(µS/cm):** 2500  
**Temperatura:** 28 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/3  
**Textura:** Limo-Arenosa  
**Exstructura:** Poliédrica media gruesa  
**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Nitrofoska y estiércol cada 2-3 años  
**Dosis:** 300kg/ha/año de Nitrofoska

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Se observa clorosis en algunas hojas.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC18

**Fecha:** 1-7-91

**Coordenadas U.T.M.:** DR592984

**Finca:** Portichuelo. Antonio Cabrera Baez

**Dirección Propietario:** Capitán Suarez Navarro 68 Vega de San Mateo

**Teléfono:**

**Situación:** Los Cacerones

**Término Municipal:** Telde

**Isla:** Gran Canaria

**Altitud:** 90 m

**Superficie:** 52320 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Cítricos (Naranjos)

**Procedencia del agua de riego:** Valsequillo

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 21.2

**Frecuencia de riego (días):** 4

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1908

**Procedencia de la tierra:** De varios lugares

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:**

**C.E.(μS/cm):**

**Temperatura:**

## SUELO

**Color:**

**Textura:** Arcillosa

**Exstructura:** Masiva que se resuelve en grumosa media

**Profundidad:**

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Guano y ácidos húmicos

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Se observa Mesembryanthemum crystallinum entre los naranjos.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC19  
**Fecha:** 1-7-91  
**Coordenadas U.T.M.:** DR619989  
**Finca:** La Pardilla. Juan González Peñate  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** La Pardilla  
**Término Municipal:** Telde  
**Isla:** Gran Canaria  
**Altitud:** 20 m  
**Superficie:** 141264 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Tomates  
**Procedencia del agua de riego:** Mezclada  
**Sistema de riego:** Manta  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:**  
**C.E.(μS/cm):**  
**Temperatura:**

## SUELO

**Color:**  
**Textura:** Areno-limosa  
**Exstructura:** De grumosa fina a particular  
**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Cal, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> y KNO<sub>3</sub>  
**Dosis:** 6116kg/ha/año de cada una

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    Si            NoX

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC20

**Fecha:** 1-7-91

**Coordenadas U.T.M.:** DR591961

**Finca:** Las Tosquillas. Miguel Medina Quintana

**Dirección Propietario:** Obispo Verdugo

**Teléfono:**

**Situación:** El Caracol

**Término Municipal:** Telde

**Isla:** Gran Canaria

**Altitud:** 100 m

**Superficie:** 10464 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:** Mezclada (El Draguillo)

**Sistema de riego:** Manta

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:**

**C.E.(μS/cm):**

**Temperatura:**

## SUELO

**Color:**

**Textura:** Arcillo-limosa

**Exstructura:** Masiva que se resuelve en poliédrica gruesa

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y estiércol

**Dosis:** 7200kg/ha/año de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

Se observan bastantes lombrices en la tierra.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC21  
**Fecha:** 1-7-91  
**Coordenadas U.T.M.:** DR619828  
**Finca:** Los Espinales. Diego López López  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** Arinaga  
**Término Municipal:** Agüimes  
**Isla:** Gran Canaria  
**Altitud:** 40 m  
**Superficie:** 266832 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Tomates  
**Procedencia del agua de riego:** Mezclada  
**Sistema de riego:** Goteo  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 6.9  
**Frecuencia de riego (días):** 3  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 552  
**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:**  
**C.E.(µS/cm):**  
**Temperatura:**

## SUELO

**Color:**  
**Textura:** Franco-arcillosa  
**Exstructura:** Masiva que se resuelve en poliédrica media  
**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> y KNO<sub>3</sub>  
**Dosis:** 1600kg/ha/año de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1360kg/ha/año de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> y 2400kg/ha/año de KNO<sub>3</sub>

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si  
**Tipo de cubierta:** Malla

**ANÁLISIS FOLIAR**    Si            NoX

## OBSERVACIONES:

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC22

**Fecha:** 1-7-91

**Coordenadas U.T.M.:** DR535858

**Finca:** Corralillos. Carmelo Sánchez Santana

**Dirección Propietario:** Muebles Norte Vecindario

**Teléfono:**

**Situación:** Los Corralillos

**Término Municipal:** Agüimes

**Isla:** Gran Canaria

**Altitud:** 250 m

**Superficie:** 20928 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Cítricos (Naranjos)

**Procedencia del agua de riego:** Mezclada (Barranco de las Vacas)

**Sistema de riego:** Microaspersión

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 18.3

**Frecuencia de riego (días):** 3

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 2196

**Procedencia de la tierra:** Del lugar y de otros sitios

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:**

**C.E.(μS/cm):**

**Temperatura:**

## SUELO

**Color:**

**Textura:** Franco-arcillosa

**Exstructura:** Grumosa media-fina

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Complejo 6-17-18 y estiércol

**Dosis:** 132kg/ha/año del complejo y el estiércol una vez al año

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si

**Tipo de cubierta:** Malla

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

Se cogieron dos muestras de agua, la GC22s (mezclada) con la que regaban la finca y la GC22t (galería).



## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC23

**Fecha:** 1-7-91

**Coordenadas U.T.M.:** DR518827

**Finca:** Enrique López Santana

**Dirección Propietario:** Dean Rodríguez Bolaño 9 Sardina

**Teléfono:** 750398

**Situación:** Era del Cardón, bajada a Sardina antes del Km1 a la izquierda

**Término Municipal:** Santa Lucía

**Isla:** Gran Canaria

**Altitud:** 300 m

**Superficie:** 270 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Pimientos de 3 meses (variedad Gedeón)

**Procedencia del agua de riego:** Galería (Santa Lucía)

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 3.1

**Frecuencia de riego (días):** 1

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1116

**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:**

**C.E.(μS/cm):**

**Temperatura:**

## SUELO

**Color:**

**Textura:** Arcillo-limosa

**Exstructura:** Grumosa media-fina

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si

**Tipo de cubierta:** Malla

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

Se han aplicado insecticidas.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** GC24

**Fecha:** 2-7-91

**Coordenadas U.T.M.:** DS379156

**Finca:**

**Dirección Propietario:**

**Teléfono:**

**Situación:** Matas Blancas

**Término Municipal:** Santa María de Guía

**Isla:** Gran Canaria

**Altitud:** 50 m

**Superficie:** 6000 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Platanera

**Procedencia del agua de riego:**

**Sistema de riego:** Microaspersión

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**

**Frecuencia de riego (días):**

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**

**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:**

**C.E.(μS/cm):**

**Temperatura:**

## SUELO

**Color:**

**Textura:** Arcillosa

**Extructura:** Masiva que se resuelve en poliédrica media-gruesa

**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:**

**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No

**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

La muestra de agua fue cogida en el sistema de riego.

# **ISLA DE FUERTEVENTURA**

**DATOS DE LA FINCA**

**Clave:** F1  
**Fecha:** 12-2-91  
**Coordenadas U.T.M.:** FS006291  
**Finca:** Fermín Armas  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** Tequital (La mareta de la Yepa)  
**Término Municipal:** Tuineje  
**Isla:** Fuerteventura  
**Altitud:** 100 m  
**Superficie:** 10.000 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Tomates  
**Procedencia del agua de riego:** Pozo Tuineje  
**Sistema de riego:** Goteo  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 6.9  
**Frecuencia de riego (días):** 1  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1656  
**Procedencia de la tierra:** Del lugar

**DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO**

**pH:**  
**C.E.(μS/cm):** 6050  
**Temperatura:** 21.3 °C

**SUELO**

**Color:** 7.5YR4/6 (Pardo)  
**Textura:** Limo-arenosa  
**Exstructura:** Masiva que se resuelve en grumosa media-gruesa  
**Profundidad:** >50 cm

**FERTILIZACIÓN**

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub>, ácidos húmicos y fúlvicos, complejos 20-5-5 y 15-11-15  
**Dosis:** 1343kg/ha/año NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, 448kg/ha/año NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 449L/ha/año H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, 448kg/ha/año KNO<sub>3</sub> y aplicaciones semanales de ácidos húmicos-fúlvicos

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

**Invernadero:** Si  
**Tipo de cubierta:** Malla del 50%

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

**OBSERVACIONES:**

Suelo cultivado durante 10 años (solo uno de descanso). Muestras de tierra tomada en la zona del gotero (F1g) y entre los goteros (F1h). Capa de picón en superficie.

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** F2  
**Fecha:** 15-2-91  
**Coordenadas U.T.M.:** ES957234  
**Finca:** Luis Mesa  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** La Fuentita  
**Término Municipal:** Tuineje  
**Isla:** Fuerteventura  
**Altitud:** 30 m  
**Superficie:** 20.000 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Tomates (variedad Sonora, resistente a la salinidad)  
**Procedencia del agua de riego:** Pozo de la zona  
**Sistema de riego:** Goteo  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 8.1  
**Frecuencia de riego (días):** 1  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1932  
**Procedencia de la tierra:**

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:**  
**C.E.(μS/cm):** 8060  
**Temperatura:** 17.9 °C

## SUELO

**Color:** 7.5YR5/6 (Pardo brillante)  
**Textura:** Arcillo-arenosa  
**Exstructura:** Masiva  
**Profundidad:** >50 cm

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, complejo 20-5-5 y ácidos húmicos.  
**Dosis:** 1500kg/ha/año de NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 1500kg/ha/año NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, 40kg/ha/año Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> y 40kg/ha/año Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 200kg/ha/año del complejo y 133L/ha/año de ácidos húmicos.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si  
**Tipo de cubierta:** Malla del 50%

**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

## OBSERVACIONES:

Se tomaron dos muestras de foliares, la F2l de aspecto normal y la F2v de hojas cloróticas y nerviaciones verdes. Capa de picón en superficie. Se recogieron dos muestras de tierra, una en la zona del gotero (F2g) y otra fuera de ellos (F2h).

## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** F3  
**Fecha:** 18-2-91  
**Coordenadas U.T.M.:** ES968227  
**Finca:** Juan Miguel Tórres Cabrera  
**Dirección Propietario:**  
**Teléfono:**  
**Situación:** Gran Tarajal  
**Término Municipal:** Tuineje  
**Isla:** Fuerteventura  
**Altitud:** 10 m  
**Superficie:** 150 m<sup>2</sup>  
**Cultivo:** Alfalfa de dos años de edad  
**Procedencia del agua de riego:** Pozo  
**Sistema de riego:** Manta  
**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):**  
**Frecuencia de riego (días):**  
**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):**  
**Procedencia de la tierra:** Del lugar

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:**  
**C.E.(μS/cm):**  
**Temperatura:**

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/6 (Pardo)  
**Textura:** Arcillosa  
**Exstructura:** Masiva  
**Profundidad:** >2 m

## FERTILIZACIÓN

**Fertilizantes:** Abonado de fardo con estiércol  
**Dosis:**

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** No  
**Tipo de cubierta:**

**ANÁLISIS FOLIAR**    SiX        No

## OBSERVACIONES:

La muestra de suelo se cogió entre los 5-25 cm.

# **ANEXO II**

## **RELACIÓN DE MUESTRAS ANALIZADAS**

**Tabla 1**  
**Muestras analizadas. Isla de Tenerife**

Finca	Suelo	Agua	Foliar	S. Riego	Cultivo	Municipio
T1	T1	T1	T1	Goteo	Rosas *	L. Laguna
T2	T2	T1	T2	Manta	Palmita *	L. Laguna
T3	T3	T3	T3	Goteo	Fresas	L. Laguna
T4	T4	T4	T4	Goteo	Strelitzia	L. Laguna
T5	T5	T5	T5	Manta	Strelitzia	L. Laguna
T6	T6	T4	T6	Aspersión	Papa	L. Laguna
T7	T7	T7	T7	Aspersión	Cítricos	L. Orotava
T8	T8	T7	T8	Aspersión	Aguacate	L. Orotava
T9	T9	T9	T9	Manta	Aguacate	L. Orotava
T10	T10	T10	T10	Manta	Platanera	L. Realejos
T11	T11	T11	T11	Manta	Clavel	L. Realejos
T12	T12	T12	T12	Aspersión	Platanera	L. Guancha
T13	T13	T12	T13	Aspersión	Espinacas	L. Guancha
T14	T14	T12	T14	Aspersión	Lechuga	L. Guancha
T15	T15	T12	T15	Aspersión	Zanahoria	L. Guancha
T16	T16	T16	T16	Microaspersión	Platanera	Garachico
T17	T17	T17	T17	Microaspersión	Platanera	Buena Vista
T18	T18	T18	T18	Manta	Ajos	S. Teide
T19	T19	T19	T19	Manta	Azafrán	S. Teide
T20	T20	T20	no	Goteo	Tomate	S. Teide
T21	T21	T21	T21	Manta	Platanera	S. Teide
T22	T22	T22	T22	Goteo	Platanera	G. Isora
T23	T23	T22	T23	Goteo	Platanera	G. Isora
T24	T24	T24	T24	Goteo	Platanera	G. Isora
T25	T25	T25	T25	Goteo	Platanera *	G. Isora

\* Invernadero **no** No muestreada



**Tabla 1**  
**Muestras analizadas. Isla de Tenerife (continuación)**

<b>Finca</b>	<b>Suelo</b>	<b>Agua</b>	<b>Foliar</b>	<b>S. Riego</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Municipio</b>
T26	T26	T26	T26	Microaspersión	Rosas *	G. Isora
T27	T27	T27	T27	Microaspersión	Gladiolos *	G. Isora
T28	T28a,b	T28	T28	Manta	Tomate	G. Isora
T29	T29	T28	T29	Goteo	Tomate	G. Isora
T30	T30c,d	T28	T30	Manta	Millo	G. Isora
T31	T31	T28	T31	Manta	Papas	G. Isora
T32	T32	T32	T32	Goteo	Platanera	Adeje
T33	T33	T33	T33	Microaspersión	Platanera	Adeje
T34	T34	T34	T34	Goteo	Platanera	Adeje
T35	T35	T34	T35	Goteo	Cítricos	Adeje
T36	T36	T36	T36	Manta	Viñas, preparado papas	S. Miguel
T37	T37	T37	T37	Goteo	Pimiento *	S. Miguel
T38	T38	T37	T38	Goteo	Habichuelas *	S. Miguel
T39	T39	T39	T39	Goteo	Cítricos	S. Miguel
T40	T40	T40	T40	Goteo	Platanera *	Arona
T41	T41	T40	T41	Goteo	Aguacate	Arona
T42	T42	T42	T42	Microaspersión	Aguacate	Arona
T43	T43	T42	T43	Microaspersión	Cítricos	Arona
T44	T44	T42	T44	Microaspersión	Mango	Arona
T45	T45	T45	T45	Aspersión	Platanera	Arona
T46	T46	T46	T46	Goteo	Tomate *	Granadilla
T47	T47	T46	T47	Goteo	Cítricos	Granadilla
T48	T48	T46	no	Goteo	Preparado tomate	Granadilla

\* Invernadero **a** Zona lavada **b** Zona no lavada **c** Surco **d** Camellón **no** No muestreada

**Tabla 2**  
**Muestras analizadas. Isla de La Palma**

Finca	Suelo	Agua	Foliar	S. Riego	Cultivo	Municipio
LP1	LP1	LP1	LP1	Aspersión	Platanera	Fuencaliente
LP2	LP2	LP2	LP2	Aspersión	Platanera *	Fuencaliente
LP3	LP3	LP2	LP3	Aspersión	Platanera *	Fuencaliente
LP4	LP4	no	LP4	Aspersión	Platanera	Fuencaliente
LP5	LP5	LP5	LP5	Aspersión	Platanera	Mazo
LP6	LP6	LP6	LP6	Aspersión	Platanera	Tazacorte
LP7	LP7	LP6	LP7	Manta	Cítricos	Tazacorte
LP8	LP8	LP8	LP8	Aspersión	Platanera	Aridane
LP9	LP9	LP9	LP9	Manta	Platanera	Tazacorte
LP10	LP10	LP10	LP10	Aspersión	Mango	Tazacorte
LP11	LP11	LP10	LP11	Manta	Mango	Tazacorte
LP12	LP12	LP12	LP12	Aspersión	Platanera	Tazacorte
LP13	LP13	LP12	LP13	Aspersión	Platanera	Tazacorte
LP14	LP14	no	LP14	Aspersión	Platanera	Tijarafe
LP15	LP15	LP15	LP15	Aspersión	Platanera	Puntallana

\* Invernadero **no** No muestreada

**Tabla 3**  
**Muestras analizadas. Isla de La Gomera**

Finca	Suelo	Agua	Foliar	S. Riego	Cultivo	Municipio
LG1	LG1	LG1	LG11,v	Manta	Platanera	S. Sebastián
LG2	LG2	LG2	LG2	Manta	Platanera	Hermigua
LG3	LG3	LG3	LG3	Manta	Platanera	Hermigua
LG4	LG4	LG4	LG4	Manta	Platanera	Agulo
LG5	LG5g,h	LG5	LG5	Goteo	Platanera	S. Sebastián
LG6	LG6	LG5	LG6	Manta	Platanera	Alajeró
LG7	LG7	LG5	LG7l,v	Microaspersión	Aguacate	S. Sebastián
LG8	LG8	LG8	LG8	Manta	Platanera	V. G. Rey
LG9	LG9	LG9	LG9	Manta	Platanera	V. G. Rey
LG10	LG10	LG10j,k	LG10	Manta	Platanera	Vallehermoso
LG11	LG11	LG10j,k	LG11	Manta	Cítricos	Vallehermoso
LG12	LG12	LG10j,k	no	Manta	Preparado Hortícolas	Vallehermoso
LG13	LG13	LG10j,k	LG13	Manta	Platanera	Vallehermoso
LG14	LG14	LG10j,k	LG14o,p	Manta	Viña	Vallehermoso

g Zona gotero h Zona intergotero j Agua de riego actual k Agua de riego anterior  
l Normal o Hojas jóvenes p Hojas viejas v Clorosis **no** No muestreada

**Tabla 4**  
**Muestras analizadas. Isla de El Hierro**

<b>Finca</b>	<b>Suelo</b>	<b>Agua</b>	<b>Foliar</b>	<b>S. Riego</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Municipio</b>
EH1	EH1	EH1	EH1	Aspersión	Platanera	Frontera
EH2	EH2g,h	EH2	EH2	Goteo	Piña Tropical	Frontera
EH3	EH3g,h	EH2	EH3	Goteo	Piña Tropical	Frontera
EH4	EH4	EH2	EH4	Goteo	Mango	Frontera
EH5	EH5	EH2	EH5	Aspersión	Cítricos	Frontera
EH6	EH6	EH2	no	Goteo	Preparado Piña	Frontera
EH7	EH7	no	EH7	Aspersión	Piña Tropical	Frontera
EH8	EH8g,h	EH8	EH8	Goteo	Platanera *	Frontera
EH9	EH9	EH9	EH9	Aspersión	Piña tropical	Frontera
EH10	EH10	EH9	EH10	Aspersión	Platanera	Frontera

\* Invernadero **g** Zona gotero **h** Zona intergotero **no** No muestreada

**Tabla 5**  
**Muestras analizadas. Isla de Gran Canaria**

Finca	Suelo	Agua	Foliar	S. Riego	Cultivo	Municipio
GC1	GC1	GC1n,ñ	no	Goteo	Millo	S. N. Tolentino
GC2	GC2g,h	GC2	GC2e,i	Goteo	Tomate *	S. N. Tolentino
GC3	GC3	GC3	GC3	Goteo	Papaya *	S. N. Tolentino
GC4	GC4	GC4	GC4r,u	Goteo	Papaya y mango	S. N. Tolentino
GC5	GC5	GC4	GC5e,i	Goteo	Tomate *	S. N. Tolentino
GC6	GC6	GC6	GC6	Goteo	Platanera	Mogán
GC7	GC7	GC7	GC7	Goteo	Platanera	Mogán
GC8	GC8	GC7	GC8	Goteo	Aguacate	Mogán
GC9	GC9	GC9	GC9	Goteo	Berenjena	Mogán
GC10	GC10	GC10n,ñ	GC10	Goteo	Berenjena	Mogán
GC11	GC11	GC11	GC11	Manta	Cebolla	Gáldar
GC12	GC12	GC12	GC12	Goteo	Platanera	Gáldar
GC13	GC13	GC13	GC13	Manta	Platanera	Gáldar
GC14	GC14	GC14	GC14	Microaspersión	Platanera	Moya
GC15	GC15	GC15	GC15	Goteo	Platanera	Moya
GC16	GC16	GC16	GC16	Manta	Viña	L. Palmas
GC17	GC17	GC16	GC17	Manta	Cítricos	L. Palmas
GC18	GC18	GC18	GC18	Goteo	Cítricos	Telde
GC19	GC19	GC19	no	Manta	Tomate	Telde
GC20	GC20	GC20	GC20	Manta	Platanera	Telde
GC21	GC21	GC21	no	Goteo	Tomate *	Agüimes
GC22	GC22	GC22s,t	GC22	Microaspersión	Cítricos *	Agüimes
GC23	GC23	GC23	GC23	Goteo	Pimiento *	S. Lucía
GC24	GC24	GC24	GC24	Microaspersión	Platanera	S. M. de Guía

\* Invernadero e Foliar g Zona gotero h Zona intergotero i Fruto n Agua de presa ñ Agua de pozo  
r Cultivo Papayas Agua mezclada t Agua de galería u Cultivo Mango no No muestreada

**Tabla 6**  
**Muestras analizadas. Isla de Fuerteventura**

Finca	Suelo	Agua	Foliar	S. Riego	Cultivo	Municipio
F1	F1g,h	F1	F1	Goteo	Tomate *	Tuineje
F2	F2g,h	F2	F2l,v	Goteo	Tomate *	Tuineje
F3	F3	F3	F3	Manta	Alfalfa	Tuineje

\* Invernadero g Zona gotero h Zona intergotero l Normal v Clorosis

# **ANEXO III**

## **FICHAS CLIMÁTICAS**

**ESTACIÓN: L. Silos ALTITUD (m): 95 AÑOS: 15**  
**ORIENTACIÓN: N ISLA: Tenerife**

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	17.4	0.91	6.60			5.44	49.5
F	17.0	0.88	6.36			5.15	45.3
M	17.8	1.03	6.85			5.72	59.0
A	18.2	1.07	7.04			5.96	63.8
M	19.3	1.16	7.70			6.76	78.4
J	21.0	1.15	8.78			8.17	93.9
J	22.1	1.18	9.47			9.09	107.3
A	23.1	1.13	10.12			9.99	112.9
S	23.4	1.02	10.33			10.29	104.9
O	22.3	0.99	9.61			9.29	91.9
N	20.7	0.90	8.59			7.91	71.2
D	18.6	0.90	7.31			6.29	56.6
				98.75	2.16		934.69

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	82.5	33.0	33.0	49.5	0.0	0.0	0.0
F	40.0	-5.3	27.7	45.3	0.0	0.0	0.0
M	45.5	-13.5	14.2	59.0	0.0	0.0	0.0
A	28.7	-14.2	0.0	42.9	20.9	0.0	0.0
M	7.7	0.0	0.0	7.7	70.7	0.0	0.0
J	2.7	0.0	0.0	2.7	91.2	0.0	0.0
J	2.2	0.0	0.0	2.2	105.1	0.0	0.0
A	0.9	0.0	0.0	0.9	112.0	0.0	0.0
S	6.8	0.0	0.0	6.8	98.1	0.0	0.0
O	31.9	0.0	0.0	31.9	60.0	0.0	0.0
N	51.9	0.0	0.0	51.9	19.3	0.0	0.0
D	46.4	0.0	0.0	46.4	10.2	0.0	0.0
Total	347.2			347.2	587.4	0.0	0.0

Ih	Ia	Im	ET	% E
0.0	62.9	-37.7	93.5	34.8

**T** Temperatura media mensual en °C **F** Factor de corrección mensual según la latitud de la estación **i** Índice térmico mensual  
**I** Índice térmico anual **a** Constante específica de la estación **e** Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días  
y doce horas de insolación (cm) **ETPc** Evapotranspiración potencial mensual corregida (mm) **P** Precipitación (mm) **VR**  
Variación de la reserva de agua del suelo (mm) **R** Reserva en agua del suelo (mm) **EVT** Evapotranspiración real (mm) **FA**  
Falta de agua (mm) **EX** Exceso de agua (mm) **DES** Desagüe (mm) **Ih** Índice de humedad **Ia** Índice de aridez **Im** Índice  
hídrico **ET** Eficacia térmica (cm) **% E** Porcentaje de la ETPc estival

**ESTACIÓN: S. Juan-P. Cruz ALTITUD (m): 47 AÑOS: 15**  
**ORIENTACIÓN: N ISLA: Tenerife**

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	16.3	0.91	5.97			5.15	46.9
F	16.5	0.88	6.07			5.26	46.3
M	17.1	1.03	6.45			5.69	58.6
A	17.1	1.07	6.45			5.70	60.9
M	17.7	1.16	6.79			6.08	70.6
J	19.3	1.15	7.75			7.23	83.2
J	20.8	1.18	8.67			8.37	98.8
A	21.9	1.13	9.36			9.25	104.5
S	22.3	1.02	9.60			9.55	97.4
O	20.9	0.99	8.73			8.44	83.5
N	19.1	0.90	7.62			7.08	63.7
D	17.4	0.90	6.59			5.85	52.7
				90.06	1.97		867.19

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	52.9	6.0	6.0	46.9	0.0	0.0	0.0
F	31.6	-6.0	0.0	37.6	8.7	0.0	0.0
M	34.9	0.0	0.0	34.9	23.7	0.0	0.0
A	18.7	0.0	0.0	18.7	42.2	0.0	0.0
M	8.8	0.0	0.0	8.8	61.8	0.0	0.0
J	2.9	0.0	0.0	2.9	80.3	0.0	0.0
J	0.7	0.0	0.0	0.7	98.1	0.0	0.0
A	0.5	0.0	0.0	0.5	104.0	0.0	0.0
S	7.8	0.0	0.0	7.8	89.6	0.0	0.0
O	24.7	0.0	0.0	24.7	58.8	0.0	0.0
N	45.7	0.0	0.0	45.7	18.0	0.0	0.0
D	36.0	0.0	0.0	36.0	16.7	0.0	0.0
Total	265.1			259.1	601.9	0.0	0.0

Ih	Ia	Im	ET	% E
0.0	69.4	-41.7	86.7	34.7

**T** Temperatura media mensual en °C **F** Factor de corrección mensual según la latitud de la estación **i** Índice térmico mensual  
**I** Índice térmico anual **a** Constante específica de la estación **e** Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días  
y doce horas de insolación (cm) **ETPc** Evapotranspiración potencial mensual (mm) **P** Precipitación (mm) **VR** Variación de la  
reserva de agua del suelo (mm) **R** Reserva en agua del suelo (mm) **EVT** Evapotranspiración real (mm) **FA** Falta de agua (mm)  
**EX** Exceso de agua (mm) **DES** Desagüe (mm) **Ih** Índice de humedad **Ia** Índice de aridez **Im** Índice hídrico  
**ET** Eficacia térmica (cm) **% E** Porcentaje de la ETPc estival

**ESTACIÓN:** Granadilla-Reina S. **ALTITUD (m):** 25 **AÑOS:** 9  
**ORIENTACIÓN:** SE **ISLA:** Tenerife

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	18.4	0.91	7.20			5.68	51.7
F	18.4	0.88	7.18			5.66	49.8
M	19.5	1.03	7.83			6.49	66.8
A	19.2	1.07	7.65			6.25	66.9
M	20.2	1.16	8.25			7.04	81.7
J	22.0	1.15	9.40			8.64	99.4
J	23.9	1.18	10.69			10.60	125.1
A	24.9	1.13	11.38			11.69	132.1
S	24.8	1.02	11.29			15.54	117.8
O	23.4	0.99	10.37			10.09	99.9
N	21.6	0.90	9.14			8.28	74.5
D	19.6	0.90	7.90			6.57	59.1
				108.29	2.39		1024.8

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	25.1	0.0	0.0	25.1	26.6	0.0	0.0
F	10.1	0.0	0.0	10.1	39.7	0.0	0.0
M	7.5	0.0	0.0	7.5	59.3	0.0	0.0
A	11.4	0.0	0.0	11.4	55.5	0.0	0.0
M	0.0	0.0	0.0	0.0	81.7	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	99.4	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	125.1	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	132.1	0.0	0.0
S	1.4	0.0	0.0	1.4	116.4	0.0	0.0
O	5.1	0.0	0.0	5.1	94.8	0.0	0.0
N	5.8	0.0	0.0	5.8	68.7	0.0	0.0
D	2.2	0.0	0.0	2.2	56.9	0.0	0.0
Total	68.6			68.6	956.2	0.0	0.0

Ih	Ia	Im	ET	% E
0.0	93.3	-56.0	102.5	36.6

**T** Temperatura media mensual en °C **F** Factor de corrección mensual según la latitud de la estación **i** Índice térmico mensual  
**I** Índice térmico anual **a** Constante específica de la estación **e** Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días  
y doce horas de insolación (cm) **ETPc** Evapotranspiración potencial mensual (mm) **P** Precipitación (mm) **VR** Variación de la  
reserva de agua del suelo (mm) **R** Reserva en agua del suelo (mm) **EVT** Evapotranspiración real (mm) **FA** Falta de agua (mm)  
**EX** Exceso de agua (mm) **DES** Desagüe (mm) **Ih** Índice de humedad **Ia** Índice de aridez **Im** Índice hídrico  
**ET** Eficacia térmica (cm) **% E** Porcentaje de la ETPc estival



**ESTACIÓN: Adeje ALTITUD (m): 112 AÑOS: 18**  
**ORIENTACIÓN: S ISLA: Tenerife**

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	17.5	0.91	6.69			5.13	46.6
F	17.9	0.88	6.87			5.34	47.0
M	19.2	1.03	7.66			6.33	65.2
A	19.3	1.07	7.75			6.45	69.0
M	20.2	1.16	8.26			7.12	82.6
J	22.4	1.15	9.66			9.08	104.5
J	23.8	1.18	10.60			10.49	123.7
A	24.5	1.13	11.07			11.22	126.7
S	24.9	1.02	11.35			11.66	119.0
O	23.7	0.99	10.55			10.40	103.0
N	21.0	0.90	8.81			7.86	70.8
D	19.2	0.90	7.64			6.31	56.8
				106.92	2.35		1014.9

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	7.9	0.0	0.0	7.9	38.7	0.0	0.0
F	24.3	0.0	0.0	24.3	22.7	0.0	0.0
M	10.5	0.0	0.0	10.5	54.7	0.0	0.0
A	10.9	0.0	0.0	10.9	58.1	0.0	0.0
M	0.2	0.0	0.0	0.2	82.4	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	104.5	0.0	0.0
J	0.2	0.0	0.0	0.2	123.5	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	126.7	0.0	0.0
S	1.0	0.0	0.0	1.0	117.9	0.0	0.0
O	9.9	0.0	0.0	9.9	93.1	0.0	0.0
N	28.3	0.0	0.0	28.3	42.5	0.0	0.0
D	27.9	0.0	0.0	27.9	28.9	0.0	0.0
Total	121.2			121.2	893.8	0.0	0.0

Ih	Ia	Im	ET	% E
0.0	88.1	-52.8	101.5	36.4

**T** Temperatura media mensual en °C **F** Factor de corrección mensual según la latitud de la estación **i** Índice térmico mensual  
**I** Índice térmico anual **a** Constante específica de la estación **e** Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días  
y doce horas de insolación (cm) **ETPc** Evapotranspiración potencial mensual (mm) **P** Precipitación (mm) **VR** Variación de la  
reserva de agua del suelo (mm) **R** Reserva en agua del suelo (mm) **EVT** Evapotranspiración real (mm) **FA** Falta de agua (mm)  
**EX** Exceso de agua (mm) **DES** Desagüe (mm) **Ih** Índice de humedad **Ia** Índice de aridez **Im** Índice hídrico  
**ET** Eficacia térmica (cm) **% E** Porcentaje de la ETPc estival

**ESTACIÓN: Breña B.-Mazo ALTITUD (m): 15 AÑOS: 17**  
**ORIENTACIÓN: E ISLA: La Palma**

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	17.6	0.91	6.71			5.49	50.0
F	17.5	0.88	6.64			5.40	47.6
M	17.9	1.03	6.89			5.71	58.8
A	18.4	1.07	7.17			6.04	64.6
M	19.3	1.16	7.75			6.76	78.4
J	21.0	1.15	8.80			8.13	93.5
J	22.6	1.18	9.84			9.55	112.7
A	23.5	1.13	10.41			10.37	117.2
S	23.5	1.02	10.42			10.39	106.0
O	22.4	0.99	9.69			9.34	92.5
N	20.5	0.90	8.46			7.68	69.1
D	18.8	0.90	7.45			6.39	57.5
				100.24	2.19		947.9

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	112.9	17.6	100	50.0	0.0	45.3	22.7
F	67.9	0.0	100	47.6	0.0	20.3	21.5
M	42.4	-16.4	83.6	58.8	0.0	0.0	10.8
A	8.8	-55.8	27.8	64.6	0.0	0.0	5.4
M	8.5	-27.8	0.0	36.3	42.1	0.0	2.7
J	2.1	0.0	0.0	2.1	91.4	0.0	1.3
J	0.1	0.0	0.0	0.1	112.6	0.0	0.7
A	2.6	0.0	0.0	2.6	114.6	0.0	0.3
S	5.0	0.0	0.0	5.0	101.0	0.0	0.2
O	76.0	0.0	0.0	76.0	16.5	0.0	0.1
N	127.6	58.5	58.5	69.1	0.0	0.0	0.0
D	81.4	23.9	82.4	57.5	0.0	0.0	0.0
Total	535.4			397.5	550.5	65.6	65.7

Ih	Ia	Im	ET	% E
6.9	58.1	-27.2	94.8	35.4

T Temperatura media mensual en °C F Factor de corrección mensual según la latitud de la estación i Índice térmico mensual I Índice térmico anual a Constante específica de la estación e Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días y doce horas de insolación (cm) ETPc Evapotranspiración potencial mensual (mm) P Precipitación (mm) VR Variación de la reserva de agua del suelo (mm) R Reserva en agua del suelo (mm) EVT Evapotranspiración real (mm) FA Falta de agua (mm) EX Exceso de agua (mm) DES Desagüe (mm) Ih Índice de humedad Ia Índice de aridez Im Índice hídrico ET Eficacia térmica (cm) % E Porcentaje de la ETPc estival

**ESTACIÓN: Mazo ALTITUD (m): 40 AÑOS: 20**  
**ORIENTACIÓN: E ISLA: La Palma**

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	17.6	0.91	6.71			5.49	50.0
F	17.5	0.88	6.64			5.40	47.6
M	17.9	1.03	6.89			5.71	58.8
A	18.4	1.07	7.17			6.04	64.6
M	19.3	1.16	7.75			6.76	78.4
J	21.0	1.15	8.80			8.13	93.5
J	22.6	1.18	9.84			9.55	112.7
A	23.5	1.13	10.41			10.37	117.2
S	23.5	1.02	10.42			10.39	106.0
O	22.4	0.99	9.69			9.34	92.5
N	20.5	0.90	8.46			7.68	69.1
D	18.8	0.90	7.45			6.39	57.5
				100.24	2.19		947.9

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	62.3	12.3	12.3	50.0	0.0	0.0	0.0
F	47.8	0.2	12.5	47.6	0.0	0.0	0.0
M	34.3	-12.5	0.0	46.8	12.0	0.0	0.0
A	31.2	0.0	0.0	31.2	33.4	0.0	0.0
M	6.1	0.0	0.0	6.1	72.3	0.0	0.0
J	1.1	0.0	0.0	1.1	92.4	0.0	0.0
J	0.6	0.0	0.0	0.6	112.1	0.0	0.0
A	0.7	0.0	0.0	0.7	116.5	0.0	0.0
S	9.8	0.0	0.0	9.8	96.1	0.0	0.0
O	34.4	0.0	0.0	34.4	58.1	0.0	0.0
N	63.0	0.0	0.0	63.0	6.1	0.0	0.0
D	41.3	0.0	0.0	41.3	16.2	0.0	0.0
Total	332.5			332.2	615.7	0.0	0.0

Ih	Ia	Im	ET	% E
0.0	65.0	-39.0	94.8	35.4

**T** Temperatura media mensual en °C **F** Factor de corrección mensual según la latitud de la estación **i** Índice térmico mensual  
**I** Índice térmico anual **a** Constante específica de la estación **e** Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días y doce horas de insolación (cm) **ETPc** Evapotranspiración potencial mensual (mm) **P** Precipitación (mm) **VR** Variación de la reserva de agua del suelo (mm) **R** Reserva en agua del suelo (mm) **EVT** Evapotranspiración real (mm) **FA** Falta de agua (mm)  
**EX** Exceso de agua (mm) **DES** Desagüe (mm) **Ih** Índice de humedad **Ia** Índice de aridez **Im** Índice hídrico  
**ET** Eficacia térmica (cm) **% E** Porcentaje de la ETPc estival

**ESTACIÓN: Fuencaliente-Mazo ALTITUD (m): 25 AÑOS: 8**  
**ORIENTACIÓN: S ISLA: La Palma**

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	17.6	0.91	6.71			5.49	50.0
F	17.5	0.88	6.64			5.40	47.6
M	17.9	1.03	6.89			5.71	58.8
A	18.4	1.07	7.17			6.04	64.6
M	19.3	1.16	7.75			6.76	78.4
J	21.0	1.15	8.80			8.13	93.5
J	22.6	1.18	9.84			9.55	112.7
A	23.5	1.13	10.41			10.37	117.2
S	23.5	1.02	10.42			10.39	106.0
O	22.4	0.99	9.69			9.34	92.5
N	20.5	0.90	8.46			7.68	69.1
D	18.8	0.90	7.45			6.39	57.5
				100.24	2.19		947.9

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	11.6	0.0	0.0	11.6	38.4	0.0	0.0
F	16.9	0.0	0.0	16.9	30.7	0.0	0.0
M	26.3	0.0	0.0	26.3	32.5	0.0	0.0
A	1.3	0.0	0.0	1.3	63.3	0.0	0.0
M	1.4	0.0	0.0	1.4	77.0	0.0	0.0
J	0.3	0.0	0.0	0.3	93.2	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	112.7	0.0	0.0
A	0.9	0.0	0.0	0.9	116.3	0.0	0.0
S	7.3	0.0	0.0	7.3	98.7	0.0	0.0
O	28.7	0.0	0.0	28.7	63.8	0.0	0.0
N	28.2	0.0	0.0	28.2	40.9	0.0	0.0
D	55.1	0.0	0.0	55.1	2.4	0.0	0.0
Total	178.0			178.0	769.9	0.0	0.0

Ih	Ia	Im	ET	% E
0.0	81.2	-48.7	94.8	35.4

T Temperatura media mensual en °C F Factor de corrección mensual según la latitud de la estación i Índice térmico mensual I Índice térmico anual a Constante específica de la estación e Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días y doce horas de insolación (cm) ETPc Evapotranspiración potencial mensual (mm) P Precipitación (mm) VR Variación de la reserva de agua del suelo (mm) R Reserva en agua del suelo (mm) EVT Evapotranspiración real (mm) FA Falta de agua (mm) EX Exceso de agua (mm) DES Desagüe (mm) Ih Índice de humedad Ia Índice de aridez Im Índice hídrico ET Eficacia térmica (cm) % E Porcentaje de la ETPc estival

**ESTACIÓN:** Aridane-Tazacorte A. **ALTITUD (m):** 25 **AÑOS:** 7  
**ORIENTACIÓN:** W **ISLA:** La Palma

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	17.3	0.91	6.55			5.36	48.8
F	17.1	0.88	6.43			5.23	46.0
M	17.9	1.03	6.90			5.78	59.5
A	17.9	1.07	6.90			5.78	61.8
M	19.0	1.16	7.55			6.57	76.2
J	20.9	1.15	8.72			8.08	92.9
J	22.5	1.18	9.75			9.47	111.8
A	23.7	1.13	10.55			10.60	119.8
S	23.5	1.02	10.41			10.41	106.2
O	22.1	0.99	9.49			9.11	90.2
N	20.4	0.90	8.41			7.66	69.0
D	18.5	0.90	7.25			6.20	55.8
				98.89	2.16		938.0

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	8.4	-40.4	11.6	20.0	28.8	0.0	0.0
F	39.1	-6.9	4.7	43.8	2.2	0.0	0.0
M	25.5	-4.7	0.0	25.5	34.0	0.0	0.0
A	5.3	0.0	0.0	5.3	56.5	0.0	0.0
M	8.5	0.0	0.0	8.5	67.7	0.0	0.0
J	0.1	0.0	0.0	0.1	92.8	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	111.8	0.0	0.0
A	2.4	0.0	0.0	2.4	117.4	0.0	0.0
S	2.8	0.0	0.0	2.8	103.4	0.0	0.0
O	43.0	0.0	0.0	43.0	47.2	0.0	0.0
N	85.2	16.2	16.2	69.0	0.0	0.0	0.0
D	91.6	35.8	52.0	55.8	0.0	0.0	0.0
Total	311.9			276.2	661.8	0.0	0.0

Ih	Ia	Im	ET	% E
0.0	70.6	-42.3	93.8	36.0

**T** Temperatura media mensual en °C **F** Factor de corrección mensual según la latitud de la estación **i** Índice térmico mensual  
**I** Índice térmico anual **a** Constante específica de la estación **e** Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días  
y doce horas de insolación (cm) **ETPc** Evapotranspiración potencial mensual (mm) **P** Precipitación (mm) **VR** Variación de la  
reserva de agua del suelo (mm) **R** Reserva en agua del suelo (mm) **EVT** Evapotranspiración real (mm) **FA** Falta de agua (mm)  
**EX** Exceso de agua (mm) **DES** Desagüe (mm) **Ih** Índice de humedad **Ia** Índice de aridez **Im** Índice hídrico  
**ET** Eficacia térmica (cm) **% E** Porcentaje de la ETPc estival

**ESTACIÓN:** Tazacorte P.-Tazacorte A. **ALTITUD (m):** 30 **AÑOS:** 6  
**ORIENTACIÓN:** W **ISLA:** La Palma

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	17.3	0.91	6.55			5.36	48.8
F	17.1	0.88	6.43			5.23	46.0
M	17.9	1.03	6.90			5.78	59.5
A	17.9	1.07	6.90			5.78	61.8
M	19.0	1.16	7.55			6.57	76.2
J	20.9	1.15	8.72			8.08	92.9
J	22.5	1.18	9.75			9.47	111.8
A	23.7	1.13	10.55			10.60	119.8
S	23.5	1.02	10.41			10.41	106.2
O	22.1	0.99	9.49			9.11	90.2
N	20.4	0.90	8.41			7.66	69.0
D	18.5	0.90	7.25			6.20	55.8
				98.89	2.16		938.0

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	2.0	-18.0	0.0	20.0	28.8	0.0	0.0
F	11.5	0.0	0.0	11.5	34.5	0.0	0.0
M	28.3	0.0	0.0	28.3	31.2	0.0	0.0
A	6.7	0.0	0.0	6.7	55.1	0.0	0.0
M	4.0	0.0	0.0	4.0	72.2	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	92.9	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	111.8	0.0	0.0
A	2.1	0.0	0.0	2.1	117.7	0.0	0.0
S	2.5	0.0	0.0	2.5	103.7	0.0	0.0
O	27.7	0.0	0.0	27.7	62.5	0.0	0.0
N	37.6	0.0	0.0	37.6	31.4	0.0	0.0
D	73.8	18.0	18.0	55.8	0.0	0.0	0.0
Total	196.2			178.2	759.8	0.0	0.0

Ih	Ia	Im	ET	% E
0.0	81.0	-48.6	93.8	36.0

**T** Temperatura media mensual en °C **F** Factor de corrección mensual según la latitud de la estación **i** Índice térmico mensual  
**I** Índice térmico anual **a** Constante específica de la estación **e** Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días  
y doce horas de insolación (cm) **ETPc** Evapotranspiración potencial mensual (mm) **P** Precipitación (mm) **VR** Variación de la  
reserva de agua del suelo (mm) **R** Reserva en agua del suelo (mm) **EVT** Evapotranspiración real (mm) **FA** Falta de agua (mm)

**EX** Exceso de agua (mm) **DES** Desagüe (mm) **Ih** Índice de humedad **Ia** Índice de aridez **Im** Índice hídrico

**ET** Eficacia térmica (cm) **% E** Porcentaje de la ETPc estival

**ESTACIÓN: Vallehermoso ALTITUD (m): 225 AÑOS: 10**  
**ORIENTACIÓN: NW ISLA: La Gomera**

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	15.4	0.91	5.49			4.82	43.9
F	15.3	0.88	5.44			4.76	41.9
M	16.3	1.03	5.98			5.37	55.3
A	16.1	1.07	5.87			5.24	56.1
M	17.1	1.16	6.43			5.88	68.2
J	18.2	1.15	7.07			6.61	76.0
J	20.5	1.18	8.47			8.28	97.7
A	21.3	1.13	8.97			8.90	100.6
S	23.0	1.02	10.08			10.30	105.0
O	20.2	0.99	8.28			8.05	79.7
N	18.9	0.90	7.49			7.10	63.9
D	17.1	0.90	6.43			5.88	52.9
				86.01	1.89		841.1

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	10.8	0.0	0.0	10.8	33.1	0.0	0.0
F	27.0	0.0	0.0	27.0	14.8	0.0	0.0
M	20.8	0.0	0.0	20.8	34.5	0.0	0.0
A	7.6	0.0	0.0	7.6	48.5	0.0	0.0
M	0.6	0.0	0.0	0.6	67.6	0.0	0.0
J	0.4	0.0	0.0	0.4	75.6	0.0	0.0
J	0.8	0.0	0.0	0.8	96.9	0.0	0.0
A	0.1	0.0	0.0	0.1	100.6	0.0	0.0
S	1.6	0.0	0.0	1.6	103.5	0.0	0.0
O	16.3	0.0	0.0	16.3	63.5	0.0	0.0
N	53.6	0.0	0.0	53.6	10.3	0.0	0.0
D	33.9	0.0	0.0	33.9	19.0	0.0	0.0
Total	173.3			173.4	667.8	0.0	0.0

Ih	Ia	Im	ET	% E
0.0	79.4	-47.6	84.1	36.1

**T** Temperatura media mensual en °C **F** Factor de corrección mensual según la latitud de la estación **i** Índice térmico mensual  
**I** Índice térmico anual **a** Constante específica de la estación **e** Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días  
y doce horas de insolación (cm) **ETPc** Evapotranspiración potencial mensual (mm) **P** Precipitación (mm) **VR** Variación de la  
reserva de agua del suelo (mm) **R** Reserva en agua del suelo (mm) **EVT** Evapotranspiración real (mm) **FA** Falta de agua (mm)  
**EX** Exceso de agua (mm) **DES** Desagüe (mm) **Ih** Índice de humedad **Ia** Índice de aridez **Im** Índice hídrico  
**ET** Eficacia térmica (cm) **% E** Porcentaje de la ETPc estival

**ESTACIÓN:** Hermigua P.-Hermigua C. **ALTITUD (m):** 40 **AÑOS:** 14  
**ORIENTACIÓN:** NE **ISLA:** La Gomera

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	16.0	0.91	5.82			4.85	44.1
F	16.6	0.88	6.15			5.22	46.0
M	17.8	1.03	6.84			6.02	62.0
A	16.8	1.07	6.26			5.35	57.2
M	18.2	1.16	7.07			6.29	73.0
J	21.3	1.15	8.97			8.66	99.5
J	21.7	1.18	9.23			8.99	106.1
A	22.8	1.13	9.95			9.94	112.3
S	23.0	1.02	10.08			10.11	103.1
O	19.9	0.99	8.10			7.54	74.7
N	18.5	0.90	7.25			6.50	58.5
D	17.9	0.90	6.90			6.08	54.8
				92.61	2.03		891.2

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	15.3	0.0	0.0	15.3	28.8	0.0	0.0
F	33.3	0.0	0.0	33.3	12.7	0.0	0.0
M	38.5	0.0	0.0	38.5	23.5	0.0	0.0
A	15.6	0.0	0.0	15.6	41.6	0.0	0.0
M	4.5	0.0	0.0	4.5	68.5	0.0	0.0
J	1.2	0.0	0.0	1.2	98.3	0.0	0.0
J	1.1	0.0	0.0	1.1	105.0	0.0	0.0
A	0.4	0.0	0.0	0.4	111.9	0.0	0.0
S	7.5	0.0	0.0	7.5	95.6	0.0	0.0
O	50.2	0.0	0.0	50.2	24.5	0.0	0.0
N	44.7	0.0	0.0	44.7	13.8	0.0	0.0
D	49.0	0.0	0.0	49.0	5.8	0.0	0.0
Total	261.3			261.3	629.9	0.0	0.0

Ih	Ia	Im	ET	% E
0.0	70.7	-42.4	89.1	36.1

**T** Temperatura media mensual en °C **F** Factor de corrección mensual según la latitud de la estación **i** Índice térmico mensual  
**I** Índice térmico anual **a** Constante específica de la estación **e** Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días  
y doce horas de insolación (cm) **ETPc** Evapotranspiración potencial mensual (mm) **P** Precipitación (mm) **VR** Variación de la  
reserva de agua del suelo (mm) **R** Reserva en agua del suelo (mm) **EVT** Evapotranspiración real (mm) **FA** Falta de agua (mm)  
**EX** Exceso de agua (mm) **DES** Desagüe (mm) **Ih** Índice de humedad **Ia** Índice de aridez **Im** Índice hídrico  
**ET** Eficacia térmica (cm) **% E** Porcentaje de la ETPc estival



**ESTACIÓN: S. Sebastián ALTITUD (m): 15 AÑOS: 6**  
**ORIENTACIÓN: E ISLA: La Gomera**

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	18.0	0.91	6.94			5.33	48.5
F	18.5	0.88	7.27			5.73	50.5
M	19.4	1.03	7.80			6.41	66.0
A	19.2	1.07	7.64			6.20	66.3
M	20.8	1.16	8.68			7.60	88.1
J	22.4	1.15	9.66			9.00	103.5
J	24.2	1.18	10.89			10.89	128.5
A	25.5	1.13	11.76			12.30	139.0
S	25.2	1.02	11.59			12.02	122.6
O	22.9	0.99	9.98			9.48	93.9
N	21.2	0.90	8.93			7.95	71.6
D	19.6	0.90	7.90			6.53	58.8
				109.04	2.40		1037.2

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	3.0	-40.5	0.0	43.5	5.0	0.0	0.0
F	5.0	-16.9	0.0	21.9	28.6	0.0	0.0
M	24.8	0.0	0.0	24.8	41.2	0.0	0.0
A	11.1	0.0	0.0	11.1	55.2	0.0	0.0
M	0.0	0.0	0.0	0.0	88.1	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	103.5	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	128.5	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	139.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0	0.0	122.6	0.0	0.0
O	16.5	0.0	0.0	16.5	77.4	0.0	0.0
N	22.7	0.0	0.0	22.7	48.9	0.0	0.0
D	99.3	40.5	40.5	58.8	0.0	0.0	0.0
Total	330.6			258.1	779.1	0.0	0.0

Ih	Ia	Im	ET	% E
0.0	75.1	-45.1	103.7	37.6

**T** Temperatura media mensual en °C **F** Factor de corrección mensual según la latitud de la estación **i** Índice térmico mensual  
**I** Índice térmico anual **a** Constante específica de la estación **e** Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días  
y doce horas de insolación (cm) **ETPc** Evapotranspiración potencial mensual (mm) **P** Precipitación (mm) **VR** Variación de la  
reserva de agua del suelo (mm) **R** Reserva en agua del suelo (mm) **EVT** Evapotranspiración real (mm) **FA** Falta de agua (mm)  
**EX** Exceso de agua (mm) **DES** Desagüe (mm) **Ih** Índice de humedad **Ia** Índice de aridez **Im** Índice hídrico  
**ET** Eficacia térmica (cm) **% E** Porcentaje de la ETPc estival

**ESTACIÓN: V. G. Rey-P. Santiago ALTITUD (m): 25 AÑOS: 15**  
**ORIENTACIÓN: W ISLA: La Gomera**

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	17.4	0.91	6.61			5.49	49.9
F	17.4	0.88	6.61			5.49	48.3
M	18.1	1.03	7.01			5.97	61.5
A	18.0	1.07	6.95			5.90	63.1
M	18.7	1.16	7.37			6.40	74.2
J	20.1	1.15	8.22			7.47	85.9
J	22.6	1.18	9.81			9.60	113.3
A	24.0	1.13	10.75			10.92	123.3
S	22.9	1.02	10.01			9.87	100.7
O	21.8	0.99	9.29			8.89	88.0
N	20.0	0.90	8.16			7.39	66.5
D	18.1	0.90	7.01			5.97	53.7
				97.81	2.14		928.5

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	11.9	0.0	0.0	11.9	38.0	0.0	0.0
F	19.8	0.0	0.0	19.8	28.5	0.0	0.0
M	17.5	0.0	0.0	17.5	44.0	0.0	0.0
A	3.7	0.0	0.0	3.7	59.4	0.0	0.0
M	0.5	0.0	0.0	0.5	73.7	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	85.9	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	113.3	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	123.3	0.0	0.0
S	1.4	0.0	0.0	1.4	99.3	0.0	0.0
O	14.8	0.0	0.0	14.8	73.2	0.0	0.0
N	49.7	0.0	0.0	49.7	16.8	0.0	0.0
D	39.0	0.0	0.0	39.0	14.7	0.0	0.0
Total	158.3			158.3	770.2	0.0	0.0

Ih	Ia	Im	ET	% E
0.0	83.0	-49.8	92.9	36.3

T Temperatura media mensual en °C F Factor de corrección mensual según la latitud de la estación i Índice térmico mensual I Índice térmico anual a Constante específica de la estación e Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días y doce horas de insolación (cm) ETPc Evapotranspiración potencial mensual (mm) P Precipitación (mm) VR Variación de la reserva de agua del suelo (mm) R Reserva en agua del suelo (mm) EVT Evapotranspiración real (mm) FA Falta de agua (mm) EX Exceso de agua (mm) DES Desagüe (mm) Ih Índice de humedad Ia Índice de aridez Im Índice hídrico ET Eficacia térmica (cm) % E Porcentaje de la ETPc estival

**ESTACIÓN: Matorral A. ALTITUD (m): 50 AÑOS: 11**  
**ORIENTACIÓN: N ISLA: El Hierro**

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	18.5	0.91	7.25			5.79	52.7
F	18.4	0.88	7.19			5.72	50.3
M	18.9	1.03	7.49			6.09	62.7
A	19.7	1.07	7.97			6.72	71.9
M	20.9	1.16	8.72			7.72	89.6
J	22.4	1.15	9.68			9.10	104.6
J	23.3	1.18	10.28			9.98	117.8
A	24.4	1.13	11.02			11.13	125.8
S	24.3	1.02	10.95			11.03	112.5
O	23.0	0.99	10.08			9.68	95.9
N	21.3	0.90	8.97			8.08	72.7
D	19.4	0.90	7.73			6.40	57.6
				107.57	2.37		1014.0

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	26.3	-3.2	0.0	29.5	23.2	0.0	0.0
F	39.5	0.0	0.0	39.5	0.0	0.0	0.0
M	34.2	0.0	0.0	34.2	151.3	0.0	0.0
A	5.0	0.0	0.0	5.0	52.2	0.0	0.0
M	6.1	0.0	0.0	6.1	60.9	0.0	0.0
J	1.1	0.0	0.0	1.1	87.6	0.0	0.0
J	0.1	0.0	0.0	0.1	110.6	0.0	0.0
A	0.6	0.0	0.0	0.6	115.6	0.0	0.0
S	7.9	0.0	0.0	7.9	98.1	0.0	0.0
O	23.8	0.0	0.0	23.8	72.0	0.0	0.0
N	55.3	0.0	0.0	55.3	17.3	0.0	0.0
D	60.8	3.2	3.2	57.6	0.0	0.0	0.0
Total	260.7			260.7	756.6	0.0	0.0

Ih	Ia	Im	ET	% E
0.0	72.1	-43.3	101.4	35.1

**T** Temperatura media mensual en °C **F** Factor de corrección mensual según la latitud de la estación **i** Índice térmico mensual  
**I** Índice térmico anual **a** Constante específica de la estación **e** Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días  
y doce horas de insolación (cm) **ETPc** Evapotranspiración potencial mensual (mm) **P** Precipitación (mm) **VR** Variación de la  
reserva de agua del suelo (mm) **R** Reserva en agua del suelo (mm) **EVT** Evapotranspiración real (mm) **FA** Falta de agua (mm)  
**EX** Exceso de agua (mm) **DES** Desagüe (mm) **Ih** Índice de humedad **Ia** Índice de aridez **Im** Índice hídrico  
**ET** Eficacia térmica (cm) **% E** Porcentaje de la ETPc estival

**ESTACIÓN: Agaete ALTITUD (m): 60 AÑOS: 28**  
**ORIENTACIÓN: SW ISLA: Gran Canaria**

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	18.2	0.91	7.09			5.57	50.7
F	18.3	0.88	7.10			5.59	49.1
M	19.7	1.03	7.97			6.70	69.0
A	19.2	1.07	7.65			6.27	67.1
M	20.9	1.16	8.69			7.66	88.9
J	22.0	1.15	9.55			8.89	102.2
J	23.5	1.18	10.39			10.14	119.7
A	24.7	1.13	11.21			11.42	129.0
S	25.2	1.02	11.54			11.95	121.9
O	23.2	0.99	10.19			9.84	97.4
N	21.0	0.90	8.80			7.82	70.4
D	19.1	0.90	7.58			6.18	55.7
				107.76	2.37		1021.1

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	24.6	0.0	0.0	24.6	26.1	0.0	0.0
F	25.9	0.0	0.0	25.9	23.2	0.0	0.0
M	15.9	0.0	0.0	15.9	53.1	0.0	0.0
A	6.1	0.0	0.0	6.1	61.0	0.0	0.0
M	2.4	0.0	0.0	2.4	86.4	0.0	0.0
J	1.1	0.0	0.0	1.1	101.1	0.0	0.0
J	0.2	0.0	0.0	0.2	119.5	0.0	0.0
A	0.4	0.0	0.0	0.4	128.6	0.0	0.0
S	5.6	0.0	0.0	5.6	116.3	0.0	0.0
O	12.5	0.0	0.0	12.5	84.9	0.0	0.0
N	33.4	0.0	0.0	33.4	37.0	0.0	0.0
D	25.4	0.0	0.0	25.4	30.3	0.0	0.0
Total	153.5			153.5	867.6	0.0	0.0

Ih	Ia	Im	ET	% E
0.0	85.0	-51.0	102.1	36.3

**T** Temperatura media mensual en °C **F** Factor de corrección mensual según la latitud de la estación **i** Índice térmico mensual  
**I** Índice térmico anual **a** Constante específica de la estación **e** Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días  
y doce horas de insolación (cm) **ETPc** Evapotranspiración potencial mensual (mm) **P** Precipitación (mm) **VR** Variación de la  
reserva de agua del suelo (mm) **R** Reserva en agua del suelo (mm) **EVT** Evapotranspiración real (mm) **FA** Falta de agua (mm)

**EX** Exceso de agua (mm) **DES** Desagüe (mm) **Ih** Índice de humedad **Ia** Índice de aridez **Im** Índice hídrico

**ET** Eficacia térmica (cm) **% E** Porcentaje de la ETPc estival

**ESTACIÓN: S. Felipe-L. Palmas ALTITUD (m): 0 AÑOS: 28**  
**ORIENTACIÓN: N ISLA: Gran Canaria**

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	18.4	0.91	7.21			5.80	52.7
F	18.4	0.88	7.21			5.80	51.0
M	19.0	1.03	7.54			6.21	64.0
A	19.4	1.07	7.77			6.51	69.7
M	20.3	1.16	8.35			7.27	84.3
J	21.7	1.15	9.26			8.52	98.0
J	22.8	1.18	9.97			9.56	112.8
A	23.9	1.13	10.69			10.64	120.2
S	24.2	1.02	10.91			10.98	112.0
O	23.4	0.99	10.36			10.13	100.3
N	21.5	0.90	9.12			8.33	75.0
D	19.5	0.90	7.86			6.62	59.5
				106.25	2.34		999.4

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	18.5	0.0	0.0	18.5	34.3	0.0	0.0
F	26.9	0.0	0.0	26.9	24.1	0.0	0.0
M	14.3	0.0	0.0	14.3	49.6	0.0	0.0
A	7.6	0.0	0.0	7.6	62.1	0.0	0.0
M	3.1	0.0	0.0	3.1	81.2	0.0	0.0
J	1.2	0.0	0.0	1.2	96.8	0.0	0.0
J	0.5	0.0	0.0	0.5	112.3	0.0	0.0
A	0.2	0.0	0.0	0.2	120.0	0.0	0.0
S	4.7	0.0	0.0	4.7	107.3	0.0	0.0
O	15.3	0.0	0.0	15.3	85.0	0.0	0.0
N	33.3	0.0	0.0	33.3	41.7	0.0	0.0
D	26.5	0.0	0.0	26.5	33.0	0.0	0.0
Total	152.1			152.1	847.3	0.0	0.0

Ih	Ia	Im	ET	% E
0.0	84.8	-50.9	99.9	34.5

T Temperatura media mensual en °C F Factor de corrección mensual según la latitud de la estación i Índice térmico mensual I Índice térmico anual a Constante específica de la estación e Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días y doce horas de insolación (cm) ETPc Evapotranspiración potencial mensual (mm) P Precipitación (mm) VR Variación de la reserva de agua del suelo (mm) R Reserva en agua del suelo (mm) EVT Evapotranspiración real (mm) FA Falta de agua (mm) EX Exceso de agua (mm) DES Desagüe (mm) Ih Índice de humedad Ia Índice de aridez Im Índice hídrico ET Eficacia térmica (cm) % E Porcentaje de la ETPc estival

**ESTACIÓN: L. Palmas ALTITUD (m): 0 AÑOS: 28**  
**ORIENTACIÓN: N ISLA: Gran Canaria**

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	18.4	0.91	7.21			5.80	52.7
F	18.4	0.88	7.21			5.80	51.0
M	19.0	1.03	7.54			6.21	64.0
A	19.4	1.07	7.77			6.51	69.7
M	20.3	1.16	8.35			7.27	84.3
J	21.7	1.15	9.26			8.52	98.0
J	22.8	1.18	9.97			9.56	112.8
A	23.9	1.13	10.69			10.64	120.2
S	24.2	1.02	10.91			10.98	112.0
O	23.4	0.99	10.36			10.13	100.3
N	21.5	0.90	9.12			8.33	75.0
D	19.5	0.90	7.86			6.62	59.5
				106.25	2.34		999.4

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	15.2	0.0	0.0	15.2	37.5	0.0	0.0
F	20.4	0.0	0.0	20.4	30.6	0.0	0.0
M	12.1	0.0	0.0	12.1	51.9	0.0	0.0
A	6.6	0.0	0.0	6.6	63.1	0.0	0.0
M	3.5	0.0	0.0	3.5	80.8	0.0	0.0
J	1.0	0.0	0.0	1.0	96.9	0.0	0.0
J	0.2	0.0	0.0	0.2	112.6	0.0	0.0
A	0.3	0.0	0.0	0.3	119.9	0.0	0.0
S	5.1	0.0	0.0	5.1	106.9	0.0	0.0
O	8.8	0.0	0.0	8.8	91.5	0.0	0.0
N	19.0	0.0	0.0	19.0	56.0	0.0	0.0
D	19.0	0.0	0.0	19.0	40.5	0.0	0.0
Total	111.3			111.3	888.2	0.0	0.0

Ih	Ia	Im	ET	% E
0.0	88.9	-53.3	99.4	34.5

T Temperatura media mensual en °C F Factor de corrección mensual según la latitud de la estación i Índice térmico mensual I Índice térmico anual a Constante específica de la estación e Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días y doce horas de insolación (cm) ETPc Evapotranspiración potencial mensual (mm) P Precipitación (mm) VR Variación de la reserva de agua del suelo (mm) R Reserva en agua del suelo (mm) EVT Evapotranspiración real (mm) FA Falta de agua (mm) EX Exceso de agua (mm) DES Desagüe (mm) Ih Índice de humedad Ia Índice de aridez Im Índice hídrico ET Eficacia térmica (cm) % E Porcentaje de la ETPc estival

**ESTACIÓN:** Agüimes **ALTITUD (m):** 240 **AÑOS:** 28  
**ORIENTACIÓN:** SE **ISLA:** Gran Canaria

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	14.7	0.91	5.12			4.59	41.8
F	14.7	0.88	5.14			4.62	40.6
M	16.1	1.03	5.86			5.40	55.7
A	16.0	1.07	5.83			5.38	57.5
M	17.3	1.16	6.54			6.17	71.6
J	18.2	1.15	7.10			6.81	78.3
J	21.8	1.18	9.29			9.43	111.2
A	21.8	1.13	9.28			9.41	106.4
S	20.6	1.02	8.54			8.51	86.8
O	19.6	0.99	7.93			7.78	77.1
N	17.3	0.90	6.53			6.16	55.5
D	15.1	0.90	5.33			4.82	43.4
				82.50	1.82		825.8

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	35.5	0.0	0.0	35.5	6.3	0.0	0.0
F	43.4	2.8	0.0	40.6	0.0	0.0	0.0
M	18.7	-2.8	0.0	21.5	34.2	0.0	0.0
A	22.1	0.0	0.0	22.1	35.5	0.0	0.0
M	3.2	0.0	0.0	3.2	68.4	0.0	0.0
J	0.4	0.0	0.0	0.4	77.9	0.0	0.0
J	0.1	0.0	0.0	0.1	111.1	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	106.4	0.0	0.0
S	7.2	0.0	0.0	7.2	79.6	0.0	0.0
O	12.7	0.0	0.0	12.7	64.3	0.0	0.0
N	38.4	0.0	0.0	38.4	17.1	0.0	0.0
D	36.3	0.0	0.0	36.3	7.1	0.0	0.0
Total	217.9			218.0	608.0	0.0	0.0

Ih	Ia	Im	ET	% E
0.0	73.6	-44.2	82.6	36.9

**T** Temperatura media mensual en °C **F** Factor de corrección mensual según la latitud de la estación **i** Índice térmico mensual  
**I** Índice térmico anual **a** Constante específica de la estación **e** Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días  
y doce horas de insolación (cm) **ETPc** Evapotranspiración potencial mensual (mm) **P** Precipitación (mm) **VR** Variación de la  
reserva de agua del suelo (mm) **R** Reserva en agua del suelo (mm) **EVT** Evapotranspiración real (mm) **FA** Falta de agua (mm)  
**EX** Exceso de agua (mm) **DES** Desagüe (mm) **Ih** Índice de humedad **Ia** Índice de aridez **Im** Índice hídrico  
**ET** Eficacia térmica (cm) **% E** Porcentaje de la ETPc estival

**ESTACIÓN: S. Nicolás-Agaete ALTITUD (m): 100 AÑOS: 28**  
**ORIENTACIÓN: SW ISLA: Gran Canaria**

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	18.2	0.91	7.09			5.57	50.7
F	18.3	0.88	7.10			5.59	49.1
M	19.7	1.03	7.97			6.70	69.0
A	19.2	1.07	7.65			6.27	67.1
M	20.9	1.16	8.69			7.66	88.9
J	22.0	1.15	9.55			8.89	102.2
J	23.5	1.18	10.39			10.14	119.7
A	24.7	1.13	11.21			11.42	129.0
S	25.2	1.02	11.54			11.95	121.9
O	23.2	0.99	10.19			9.84	97.4
N	21.0	0.90	8.80			7.82	70.4
D	19.1	0.90	7.58			6.18	55.7
				107.76	2.37		1021.1

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	30.5	0.0	0.0	30.5	20.2	0.0	0.0
F	24.6	0.0	0.0	24.6	24.5	0.0	0.0
M	21.2	0.0	0.0	21.2	47.8	0.0	0.0
A	6.2	0.0	0.0	6.2	61.0	0.0	0.0
M	1.3	0.0	0.0	1.3	87.5	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	102.2	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	119.7	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.0	0.0	129.0	0.0	0.0
S	3.8	0.0	0.0	3.8	118.1	0.0	0.0
O	7.2	0.0	0.0	7.2	90.2	0.0	0.0
N	31.5	0.0	0.0	31.5	38.9	0.0	0.0
D	23.8	0.0	0.0	23.8	31.9	0.0	0.0
Total	150.1			150.1	871.0	0.0	0.0

Ih	Ia	Im	ET	% E
0.0	85.3	-51.2	102.1	36.3

T Temperatura media mensual en °C F Factor de corrección mensual según la latitud de la estación i Índice térmico mensual I Índice térmico anual a Constante específica de la estación e Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días y doce horas de insolación (cm) ETPc Evapotranspiración potencial mensual (mm) P Precipitación (mm) VR Variación de la reserva de agua del suelo (mm) R Reserva en agua del suelo (mm) EVT Evapotranspiración real (mm) FA Falta de agua (mm) EX Exceso de agua (mm) DES Desagüe (mm) Ih Índice de humedad Ia Índice de aridez Im Índice hídrico ET Eficacia térmica (cm) % E Porcentaje de la ETPc estival



**ESTACIÓN: G. Tarajal-E. Matorral ALTITUD (m): 0 AÑOS: 28**  
**ORIENTACIÓN: S ISLA: Fuerteventura**

Meses	T	F	i	I	a	e	ETPc
E	17.2	0.91	6.49			5.20	47.3
F	17.4	0.88	6.61			5.33	46.9
M	18.1	1.03	7.01			5.82	59.9
A	18.6	1.07	7.31			6.18	66.1
M	19.7	1.16	7.97			7.01	81.4
J	21.4	1.15	9.04			8.42	96.9
J	23.3	1.18	10.28			10.16	119.9
A	23.7	1.13	10.55			10.55	119.2
S	23.6	1.02	10.48			10.45	106.6
O	22.4	0.99	9.68			9.32	92.2
N	20.4	0.90	8.41			7.58	68.2
D	18.2	0.90	7.07			5.89	53.0
				100.89	2.21		957.7

Meses	P	VR	R	EVT	FA	EX	DES
E	10.5	0.0	0.0	10.5	36.8	0.0	0.0
F	11.5	0.0	0.0	11.5	35.4	0.0	0.0
M	6.7	0.0	0.0	6.7	53.2	0.0	0.0
A	2.5	0.0	0.0	2.5	63.6	0.0	0.0
M	0.4	0.0	0.0	0.4	81.0	0.0	0.0
J	0.0	0.0	0.0	0.0	96.9	0.0	0.0
J	0.3	0.0	0.0	0.3	119.6	0.0	0.0
A	0.1	0.0	0.0	0.1	119.1	0.0	0.0
S	1.4	0.0	0.0	1.4	105.2	0.0	0.0
O	4.7	0.0	0.0	4.7	87.5	0.0	0.0
N	11.2	0.0	0.0	11.2	57.0	0.0	0.0
D	26.6	0.0	0.0	26.6	26.4	0.0	0.0
Total	75.9			75.9	881.8	0.0	0.0

Ih	Ia	Im	ET	% E
0.0	92.1	-55.2	95.8	36.1

T Temperatura media mensual en °C F Factor de corrección mensual según la latitud de la estación i Índice térmico mensual I Índice térmico anual a Constante específica de la estación e Evapotranspiración potencial mensual para un mes de treinta días y doce horas de insolación (cm) ETPc Evapotranspiración potencial mensual (mm) P Precipitación (mm) VR Variación de la reserva de agua del suelo (mm) R Reserva en agua del suelo (mm) EVT Evapotranspiración real (mm) FA Falta de agua (mm) EX Exceso de agua (mm) DES Desagüe (mm) Ih Índice de humedad Ia Índice de aridez Im Índice hídrico ET Eficacia térmica (cm) % E Porcentaje de la ETPc estival

## **ANEXO IV**

### **DATOS ANALÍTICOS DE LOS EXTRACTOS DE SATURACIÓN Y DE LOS EXTRACTOS 1:1**

**Tabla 1**  
**Datos analíticos de los extractos de saturación. Isla de Tenerife**

Suelo	(dS/m)		Cationes (meq/L)				Aniones (meq/L)			
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
T1	6,8	4,4	24,6	14,0	3,9	9,1	6,0	31,1	5,3	11,9
T2	8,3	1,3								
T3	7,3	8,2	39,5	29,6	2,2	26,1	37,6	38,6	3,3	17,9
T4	7,4	2,6	5,3	4,7	1,5	13,7	11,0	9,8	3,7	3,0
T5	7,4	2,9	9,4	11,8	1,9	6,8	6,6	14,9	7,7	6,8
T6	7,7	2,3	6,6	6,9	1,7	7,4	5,4	6,3	10,7	2,9
T7	7,2	1,0								
T8	7,0	1,0								
T9	6,8	1,2								
T10	6,1	5,3	16,3	16,7	11,1	11,6	2,2	19,5	2,5	37,9
T11	6,8	1,2								
T12	5,3	4,4	9,5	10,6	5,0	19,0	3,3	14,4	2,0	29,8
T13	7,9	6,4	21,6	24,1	4,4	30,0	3,5	59,1	5,5	4,5
T14	8,0	6,4	14,2	23,3	6,4	35,8	4,3	57,3	6,5	2,7
T15	7,4	7,9	17,8	30,4	5,3	36,8	4,3	62,5	3,3	22,1
T16	7,8	6,7	21,5	21,3	10,5	18,8	5,6	32,5	7,5	34,9
T17	8,2	2,4	3,1	2,9	0,9	16,5	6,0	7,3	6,0	7,2
T18	8,3	3,8	3,5	4,7	2,3	28,3	7,1	17,1	7,3	10,8
T19	7,8	3,8	2,9	8,3	1,7	25,0	4,9	26,4	3,3	7,6
T20	8,0	1,3								
T21	6,4	2,8	13,8	7,5	0,5	12,2	2,4	29,9	1,5	0,5
T22	7,8	9,2	21,3	24,2	2,8	47,8	51,5	23,2	4,1	25,4
T23	6,4	9,4	32,8	37,7	9,2	33,0	23,5	52,0	11,3	28,2
T24	7,8	6,5	23,2	18,4	2,7	35,8	2,3	71,9	4,0	1,1
T25	7,9	6,1	18,7	16,6	4,9	35,9	4,6	52,0	4,0	8,3

**Tabla 1 (continuación)**  
**Datos analíticos de los extractos de saturación. Isla de Tenerife**

Suelo	(dS/m)		Cationes (meq/L)				Aniones (meq/L)			
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
T26	7,2	4,2	18,5	7,9	3,3	14,8	3,8	17,9	5,3	19,6
T27	8,2	1,8								
T28a	7,7	9,4	14,4	22,3	2,9	70,4	7,2	51,9	3,8	47,4
T28b	7,3	6,5	7,6	13,8	1,5	51,1	10,7	80,3	4,0	15,1
T29	8,0	3,5	2,6	2,9	0,8	27,7	4,8	20,6	4,5	8,1
T30c	7,7	6,4	6,0	10,8	1,5	47,4	5,4	36,5	4,0	27,4
T30d	7,6	9,6	18,5	27,7	1,5	70,7	20,2	72,8	3,8	20,0
T31	8,1	3,0	2,9	2,8	0,6	23,2	4,9	8,2	5,0	15,5
T32	8,2	4,8	6,1	5,8	6,7	30,5	10,8	20,3	8,9	15,2
T33	8,5	15,5	9,3	9,4	73,9	67,4	27,6	66,7	15,7	70,3
T34	8,5	1,5								
T35	8,1	3,5	5,4	10,0	3,5	14,7	2,9	11,2	6,8	16,2
T36	7,8	1,2								
T37	5,7	27,8	65,6	111,5	10,3	94,0	35,5	87,2	3,0	189,4
T38	5,0	16,7	50,5	81,7	11,0	53,6	17,8	84,4	2,3	103,7
T39	7,8	8,4	11,0	35,4	6,9	36,9	17,7	14,8	3,3	63,9
T40	7,6	16,1	36,3	71,8	20,7	71,2	31,9	69,5	8,7	90,7
T41	8,3	1,2								
T42	7,7	5,6	25,4	17,8	2,6	22,9	7,8	56,1	1,7	3,3
T43	7,8	4,9	24,8	22,7	2,3	11,0	3,0	46,3	3,3	8,5
T44	7,5	5,2	23,0	22,6	2,4	14,9	4,6	51,3	1,5	5,0
T45	8,0	3,6	4,2	9,7	5,9	14,3	4,0	10,6	2,3	19,1
T46	7,8	6,1	23,4	25,5	3,4	15,8	1,7	48,9	5,3	4,9
T47	6,5	8,5	37,2	43,7	1,7	22,4	21,3	45,1	4,5	27,9
T48	7,7	6,0	11,8	6,7	0,5	43,7	26,2	39,2	1,5	0,8

a Zona lavada b Zona no lavada c Surco d Camellón

**Tabla 2**  
**Datos analíticos de los extractos de saturación. Isla de La Palma**

Suelos	(dS/m)		Cationes (meq/L)				Aniones (meq/L)			
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
LP1	7,0	1,8	10,0	5,0	2,1	4,3	2,4	13,9	5,4	0,0
LP2	7,4	7,5	41,7	27,8	15,3	5,3	4,9	61,1	13,0	0,7
LP3	6,8	1,7								
LP4	5,6	5,7	25,2	14,2	15,1	5,6	5,0	36,8	12,1	0,8
LP5	6,9	3,6	21,3	8,3	5,4	3,9	3,3	23,8	4,3	12,8
LP6	7,9	1,6								
LP7	7,8	1,3								
LP8	7,8	4,2	15,7	11,4	3,3	14,9	3,9	20,3	22,2	3,5
LP9	7,8	3,0	9,5	8,3	4,1	8,7	1,3	15,6	7,3	13,0
LP10	7,8	1,9	4,5	3,3	2,3	11,3	2,1	12,7	7,3	2,2
LP11	7,7	4,3	15,0	13,8	4,4	19,6	7,5	32,9	7,0	0,0
LP12	7,6	2,7	8,0	5,8	2,3	12,0	1,3	19,0	7,8	3,3
LP13	7,7	9,7	36,4	36,3	9,0	23,7	3,4	78,5	12,8	0,7
LP14	7,8	3,5	15,5	9,1	2,2	13,2	2,2	17,5	16,5	6,9
LP15	8,0	1,8	7,6	5,6	1,0	6,2	2,2	3,0	11,7	5,4

**Tabla 3**  
**Datos analíticos de los extractos de saturación. Isla de La Gomera**

Suelos	(dS/m)		Cationes (meq/L)				Aniones (meq/L)			
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
LG1	7,9	2,4	9,7	6,1	3,3	7,8	5,7	6,9	11,6	0,1
LG2	7,7	2,8	12,3	8,3	0,4	7,0	3,4	4,2	6,0	11,4
LG3	7,7	2,3	7,5	4,8	0,3	9,9	10,9	14,0	5,8	3,4
LG4	6,3	3,5	14,4	10,1	3,4	8,3	8,9	32,1	2,5	8,6
LG5g	7,2	3,3	12,6	6,5	8,6	2,7	5,9	22,2	6,0	0,0
LG5h	6,7	5,0	19,0	9,6	12,1	4,5	13,0	28,5	4,3	0,0
LG6	7,2	4,5	24,0	19,3	2,2	10,4	4,0	38,2	7,0	0,8
LG7	7,7	2,5	12,3	4,2	5,4	2,4	2,2	17,0	6,5	0,7
LG8	7,5	1,2								
LG9	7,7	1,3								
LG10	7,9	1,2								
LG11	7,8	1,8	8,6	5,8	1,0	4,0	2,5	11,1	7,4	0,5
LG12	8,2	2,4	6,2	4,4	1,7	16,9	10,3	6,0	11,1	0,1
LG13	8,0	1,7	6,1	5,1	0,5	7,7	2,5	12,6	5,9	0,1
LG14	7,6	5,3	18,3	13,3	0,6	25,9	17,5	26,4	4,5	16,7

g Zona gotero h Zona intergotero

**Tabla 4**  
**Datos analíticos de los extractos de saturación. Isla de El Hierro**

Suelos	(dS/m)		Cationes (meq/L)				Aniones (meq/L)			
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
<b>EH1</b>	7,3	3,2	4,1	6,0	6,0	24,0	18,1	10,2	5,6	1,2
<b>EH2g</b>	5,8	6,1	27,4	12,0	1,0	29,7	22,4	38,8	0,9	1,1
<b>EH2h</b>	6,1	7,0	24,7	17,7	3,5	41,6	43,3	43,0	1,1	0,1
<b>EH3g</b>	6,2	7,1	20,0	18,8	1,5	35,9	54,0	26,8	2,0	2,4
<b>EH3h</b>	6,0	8,4	33,7	20,8	4,8	40,2	53,0	45,7	2,0	2,8
<b>EH4</b>	7,4	2,5	2,6	4,4	1,3	14,8	10,5	11,2	3,3	1,0
<b>EH5</b>	7,1	2,1	2,5	3,1	1,3	13,0	9,0	10,9	1,2	1,2
<b>EH6</b>	6,3	9,5	36,4	29,0	4,8	44,3	62,7	54,3	1,3	0,1
<b>EH7</b>	6,8	11,1	25,6	27,1	7,1	65,2	78,1	52,5	2,3	2,2
<b>EH8g</b>	6,9	3,7	25,1	10,0	3,9	6,2	1,5	35,0	3,8	5,3
<b>EH8h</b>	7,1	29,0	53,0	76,7	36,6	193,9	178,8	78,6	3,3	79,3
<b>EH9</b>	7,4	3,8	6,9	10,1	3,5	17,9	10,4	19,7	3,0	9,9
<b>EH10</b>	7,4	4,7	25,6	15,9	4,1	11,8	7,4	42,9	5,7	1,9

g Zona gotero h Zona intergotero

**Tabla 5**  
**Datos analíticos de los extractos de saturación. Isla de Gran Canaria**

Suelos	(dS/m)		Cationes (meq/L)				Aniones (meq/L)			
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
GC1	6,9	22,0	63,3	93,7	5,5	78,8	169,5	45,0	3,5	51,5
GC2g	7,7	3,3	15,6	8,8	4,5	6,1	3,1	20,2	3,5	12,3
GC2h	7,7	2,7	12,3	8,7	0,9	7,8	4,3	14,2	3,3	9,4
GC3	7,7	7,2	33,8	20,8	9,6	21,5	15,1	35,6	4,0	26,4
GC4	7,7	4,7	14,0	20,8	1,5	13,9	17,1	22,6	10,0	6,4
GC5	7,7	6,3	31,7	22,9	4,2	17,7	17,4	41,9	4,0	15,1
GC6	7,4	7,4	31,5	33,3	3,9	23,9	20,8	37,5	3,5	37,5
GC7	7,9	3,9	15,4	12,5	5,1	9,4	9,9	14,3	9,0	13,4
GC8	7,4	5,0	14,7	21,5	4,8	13,4	18,1	15,6	5,2	22,4
GC9	7,6	4,9	13,4	15,5	1,9	21,3	25,2	11,4	7,0	10,2
GC10	5,5	32,4	105,5	123,5	8,7	62,4	242,1	60,3	2,8	0,0
GC11	7,8	8,4	13,7	6,7	3,5	59,8	22,2	31,3	5,0	33,5
GC12	7,9	5,1	15,9	10,4	13,5	9,9	14,5	5,4	8,0	26,7
GC13	7,4	11,7	68,7	46,0	5,3	7,8	3,0	44,4	3,1	85,1
GC14	8,1	5,4	13,1	17,2	2,0	28,0	13,9	29,1	8,2	14,9
GC15	7,8	7,1	19,1	18,7	3,5	33,2	38,0	14,9	3,8	19,7
GC16	7,0	5,4	13,8	8,1	1,4	35,8	12,4	29,7	7,2	15,8
GC17	7,6	7,5	14,1	9,4	2,4	45,1	55,3	10,3	5,6	55,3
GC18	7,3	9,6	47,8	24,0	3,6	32,3	13,8	48,2	8,4	48,8
GC19	7,5	10,1	46,3	20,8	9,1	37,0	44,4	49,0	3,5	28,3
GC20	7,7	4,1	11,6	12,1	5,3	16,1	13,6	9,9	11,4	15,2
GC21	7,8	4,1	9,0	15,0	1,6	15,0	11,5	22,0	4,5	7,2
GC22	8,0	5,6	13,5	15,8	3,7	29,4	15,6	27,5	10,2	13,9
GC23	7,5	22,3	83,8	70,8	4,4	80,4	131,5	50,0	3,1	75,5
GC24	8,1	3,6	11,3	8,8	1,8	15,9	15,4	17,5	3,8	5,6

g Zona gotero h Zona intergotero

**Tabla 6**  
**Datos analíticos de los extractos de saturación. Isla de Fuerteventura**

Suelos	(dS/m)		Cationes (meq/L)				Aniones (meq/L)				
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
F1g	7,7	7,6	12,5	10,4	0,4	55,4	44,8	27,9	4,6	0,0	11,6
F1h	7,6	6,0	13,8	8,3	1,3	41,3	33,5	29,4	3,3	0,0	5,4
F2g	7,7	8,0	13,1	8,3	0,9	63,0	48,0	33,3	4,8	0,0	7,1
F2h	7,6	7,1	11,3	6,3	1,8	60,9	47,0	31,9	4,8	1,0	2,6
F3	8,1	6,2	5,0	3,5	0,6	54,4	41,5	26,4	0,5	0,0	0,0

g Zona gotero h Zona intergotero

**Tabla 7**  
**Datos analíticos de los extractos 1:1. Isla de Tenerife**

Suelo	(dS/m)		Cationes (meq/L)				Aniones (meq/L)		
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub>
<b>T1</b>	6,8	3,0	14,0	8,3	3,7	6,7	3,6	22,7	3,9
<b>T2</b>	7,8	0,8							
<b>T3</b>	7,3	5,6	29,6	19,6	2,1	17,9	19,8	41,4	1,6
<b>T4</b>	6,4	1,2	1,4	1,3	0,9	6,8	4,4	5,8	1,3
<b>T5</b>	7,3	1,7	2,7	3,8	1,2	12,0	5,3	3,8	2,8
<b>T6</b>	7,4	1,4	3,5	4,0	1,4	7,9	3,8	5,0	1,8
<b>T7</b>	7,4	0,7							
<b>T8</b>	7,2	0,7							
<b>T9</b>	6,9	0,8							
<b>T10</b>	6,1	2,6	6,1	6,1	7,2	6,1	0,8	10,2	1,0
<b>T11</b>	6,9	0,6							
<b>T12</b>	5,0	2,5	3,6	5,0	3,3	10,8	1,4	10,2	0,6
<b>T13</b>	8,0	3,1	7,8	9,4	2,6	15,1	1,1	33,5	2,2
<b>T14</b>	7,8	3,6	5,4	9,6	4,2	26,0	2,1	38,5	3,2
<b>T15</b>	7,4	4,7	8,9	15,8	3,9	24,6	1,9	42,1	1,6
<b>T16</b>	7,6	4,1	10,6	10,8	7,4	12,1	2,9	18,7	2,8
<b>T17</b>	8,0	1,5	1,9	2,0	0,8	11,0	3,2	10,9	4,4
<b>T18</b>	8,5	1,9	0,6	1,4	1,3	14,7	2,7	9,5	3,9
<b>T19</b>	8,0	1,9	1,9	3,4	1,4	13,1	2,0	15,7	2,4
<b>T20</b>	7,7	0,7							
<b>T21</b>	6,5	1,3	6,0	3,8	0,3	7,7	1,3	18,3	0,9
<b>T22</b>	7,5	7,2	16,5	17,9	1,4	38,6	38,5	21,9	1,8
<b>T23</b>	5,9	6,5	27,3	25,8	7,7	21,2	11,1	74,1	1,0
<b>T24</b>	7,7	5,1	21,5	14,8	2,1	25,2	0,9	67,6	1,9
<b>T25</b>	7,9	3,5	6,7	6,8	3,0	20,4	1,9	32,5	2,7



**Tabla 7 (continuación)**  
**Datos analíticos de los extractos 1:1. Isla de Tenerife**

Suelo	(dS/m)		Cationes (meq/L)				Aniones (meq/L)		
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
T26	7,1	2,2	7,9	3,6	2,5	8,7	1,6	13,6	1,8
T27	8,2	7,0	2,1	0,1	1,4	7,6	1,6	22,7	5,4
T28a	7,6	5,7	5,6	9,4	1,6	41,2	3,4	38,5	2,0
T28b	7,9	3,9	2,4	5,4	1,2	30,4	5,4	26,9	2,5
T29	8,3	2,1	0,9	1,3	0,6	17,6	2,3	14,7	3,3
T30c	7,9	3,4	1,8	3,5	1,0	26,2	2,5	9,4	2,4
T30d	7,7	4,8	5,8	8,5	1,0	36,3	8,7	33,2	1,9
T31	8,2	1,8	1,0	1,5	0,6	16,3	2,5	6,4	3,9
T32	8,5	2,2	1,9	1,8	3,9	15,4	2,2	8,1	5,9
T33	8,7	8,2	2,1	3,3	36,9	33,7	16,7	27,3	13,1
T34	8,4	1,0							
T35	7,8	1,9	2,9	4,8	2,7	9,7	1,2	7,6	4,1
T36	8,1	0,6							
T37	5,6	14,9	45,1	83,8	7,0	48,5	16,4	69,8	1,4
T38	4,8	9,5	35,4	44,2	7,8	28,7	7,6	71,2	0,9
T39	7,2	4,14	4,0	13,3	5,1	18,0	7,9	6,5	2,9
T40	7,4	10,9	30,1	48,1	13,8	90,4	17,2	70,3	5,5
T41	8,2	0,8							
T42	7,6	4,3	25,6	14,4	2,6	15,4	3,1	51,4	1,6
T43	7,8	4,1	26,3	20,2	2,4	9,2	1,3	49,3	2,9
T44	7,1	2,4	9,5	8,2	1,8	7,5	1,3	24,6	1,3
T45	8,0	2,1	2,0	4,2	3,6	7,5	2,0	5,0	2,6
T46	6,8	4,3	25,6	20,8	3,3	10,3	5,4	54,8	2,9
T47	6,1	5,2	9,1	30,2	1,2	13,4	6,9	46,1	1,1
T48	7,5	3,0	3,3	1,9	0,4	23,3	11,4	16,3	2,0

a Zona lavada b Zona no lavada c Surco d Camellón

**Tabla 8**  
**Datos analíticos de los extractos 1:1. Isla de La Palma**

Suelo	(dS/m)		Cationes (meq/L)				Aniones (meq/L)		
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
LP1	6,9	1,4	6,8	3,3	1,6	2,7	1,8	6,5	4,3
LP3	6,7	0,6							
LP5	6,9	2,1	11,1	4,1	3,9	2,1	1,5	9,8	1,8
LP6	7,9	0,6							
LP7	7,7	0,3							
LP9	8,0	1,3	3,5	2,8	2,5	4,9	0,5	4,0	2,4
LP10	7,8	7,9	1,5	1,3	2,0	5,4	0,7	5,5	3,0
LP11	7,6	2,2	5,6	4,9	2,6	10,0	3,1	14,2	2,2
LP12	7,6	1,3	3,2	2,5	1,2	6,2	0,6	10,0	4,4

**Tabla 9**  
**Datos analíticos de los extractos 1:1. Isla de La Gomera**

Suelo	(dS/m)		Cationes (meq/L)				Aniones (meq/L)		
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
LG3	7,6	1,0	2,1	1,4	0,3	5,7	4,2	4,6	2,5
LG5g	6,5	3,1	9,5	5,3	9,7	3,3	6,9	4,4	3,2
LG5h	6,8	2,2	6,1	3,8	6,9	2,3	3,4	3,0	3,3
LG7	7,7	1,7	7,1	2,3	4,3	1,9	1,5	4,4	4,6
LG8	7,4	0,6							
LG9	7,7	0,6							
LG10	7,8	0,6							
LG11	7,6	0,9	3,7	2,5	1,0	2,1	1,0	4,4	4,4
LG13	8,2	0,7	2,1	1,8	0,5	3,5	1,6	3,2	2,8
LG14	7,7	1,9	4,7	3,3	0,5	11,2	5,4	7,7	1,7

g Zona gotero h Zona intergotero

**Tabla 10**  
**Datos analíticos de los extractos 1:1. Isla de El Hierro**

Suelo	(dS/m)		Cationes (meq/L)				Aniones (meq/L)		
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
<b>EH3g</b>	5,9	4,2	9,1	9,5	1,4	21,5	26,5	16,9	0,9
<b>EH3h</b>	5,9	5,4	21,5	12,1	3,7	24,0	24,5	31,9	0,9
<b>EH4</b>	7,6	1,5	1,3	1,6	0,9	8,9	9,1	3,6	1,7
<b>EH5</b>	6,8	1,2	1,2	1,1	1,2	8,6	6,5	2,9	1,3
<b>EH7</b>	6,9	6,3	12,3	11,7	4,2	34,2	44,2	18,6	1,1
<b>EH8g</b>	7,0	2,9	21,8	7,8	1,0	4,1	0,7	31,6	2,0
<b>EH8h</b>	6,7	17,8	43,8	49,0	25,6	84,1	88,5	64,5	1,7
<b>EH9</b>	7,6	2,1	3,4	3,7	2,0	10,5	6,3	5,0	2,1
<b>EH10</b>	7,2	3,2	18,0	10,5	3,1	8,9	4,0	22,6	2,7

**g** Zona gotero **h** Zona intergotero

**Tabla 11**  
**Datos analíticos de los extractos 1:1. Isla de Gran Canaria**

Suelo	(dS/m)		Cationes (meq/L)				Aniones (meq/L)		
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
GC1	6,5	9,0	36,6	38,1	2,7	27,4	51,0	41,0	1,1
GC2g	7,8	1,7	6,3	4,7	0,6	5,1	2,1	10,3	1,6
GC2h	7,8	1,8	7,2	3,9	2,7	3,6	1,4	9,5	1,6
GC3	7,7	4,3	21,1	10,8	6,4	11,4	5,9	28,7	1,6
GC4	7,6	1,8	4,1	6,1	3,3	6,1	5,2	5,3	1,5
GC5	7,7	4,8	26,5	17,3	3,3	11,7	8,1	41,3	1,4
GC6	7,3	3,5	12,1	12,3	2,1	10,1	8,3	16,9	1,1
GC7	7,9	2,3	7,0	5,9	3,3	5,9	4,9	8,9	4,0
GC8	7,2	2,0	4,0	6,5	2,5	5,9	6,2	5,3	2,0
GC9	7,5	1,6	3,3	3,3	0,8	7,6	7,0	5,0	1,7
GC10	5,6	13,6	42,0	29,4	2,2	66,5	103,3	41,7	0,8
GC11	8,2	3,8	4,0	1,8	1,7	29,4	11,1	8,6	2,3
GC12	8,0	3,6	9,4	5,8	10,0	7,2	9,1	5,0	4,3
GC13	7,3	6,6	40,9	23,8	3,3	4,4	8,8	25,8	1,6
GC14	7,5	3,0	5,0	6,8	1,7	18,3	6,4	16,3	3,4
GC15	7,8	3,7	7,3	7,3	2,0	16,9	16,8	10,4	1,8
GC16	6,4	1,6	2,0	1,3	0,5	10,4	3,1	9,1	0,7
GC17	7,6	2,5	2,5	1,6	1,0	16,2	15,3	3,8	1,7
GC18	7,8	4,4	21,5	10,3	2,2	16,2	5,6	21,5	1,7
GC19	7,4	5,0	25,1	8,2	4,9	15,7	15,4	28,9	1,8
GC20	7,9	3,1	6,6	8,2	4,3	11,6	5,1	9,1	6,6
GC21	8,1	1,7	3,5	4,8	0,7	7,0	6,9	5,6	2,0
GC22	8,1	2,3	3,0	3,9	1,7	12,2	5,0	9,4	2,1
GC23	7,4	11,1	50,0	37,5	2,6	31,5	61,2	39,2	1,8
GC24	8,1	1,9	4,4	3,8	1,1	8,7	7,1	8,9	1,7

g Zona gotero h Zona intergotero

**Tabla 12**  
**Datos analíticos de los extractos 1:1. Isla de Fuerteventura**

Suelo	(dS/m)		Cationes (meq/L)				Aniones (meq/L)		
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
F1g	8,0	2,1	1,6	1,3	0,1	15,7	8,9	7,2	2,0
F1h	7,6	1,6	1,7	1,1	0,5	11,2	6,0	5,7	1,9
F2g	8,1	2,6	2,3	1,4	0,3	20,0	11,9	9,5	2,5
F2h	8,5	2,5	1,6	0,8	0,8	19,7	11,8	8,8	2,1
F3	8,5	2,4	0,9	0,6	0,3	20,3	12,5	7,8	3,6

g Zona gotero h Zona intergotero

# **ANEXO V**

## **DATOS CORREGIDOS DE LOS EXTRACTOS SATURADOS Y DE LOS EXTRACTOS 1:1**

**OBTENIDOS DEL MODELO DE SUAREZ (1978)**

**Tabla 1**  
**Datos corregidos de los extractos saturados. Isla de Tenerife**

Suelo	Cationes (meq/L)						Aniones (meq/L)			
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> c	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> c
T1	24,6	17,6	14,0	9,7	9,1	8,9	31,1	19,9	5,3	4,9
T3	39,5	30,6	29,6	22,1	26,1	25,6	38,6	21,8	3,3	2,9
T4	5,3	4,3	4,7	3,7	13,7	13,5	9,8	7,7	3,7	3,6
T5	9,4	7,3	11,8	8,9	6,8	6,7	14,9	10,4	7,7	7,3
T6	6,6	5,5	6,9	5,7	7,4	7,3	6,3	4,6	10,7	10,2
T10	16,3	13,2	16,7	13,2	11,6	11,4	19,5	12,6	2,5	2,3
T12	9,5	7,8	10,6	8,5	19,0	18,8	14,4	10,2	2,0	1,9
T13	21,6	13,3	24,1	14,1	30,0	28,8	59,1	38,9	5,5	5,0
T14	14,2	8,7	23,3	13,5	35,8	34,3	57,3	39,4	6,5	6,0
T15	17,8	11,3	30,4	18,2	36,8	35,4	62,5	41,1	3,3	3,0
T16	21,5	15,9	21,3	15,2	18,8	18,3	32,5	20,7	7,5	6,8
T17	3,1	2,5	2,9	2,3	16,5	16,3	7,3	6,1	6,0	5,8
T18	3,5	2,6	4,7	3,4	28,3	27,6	17,1	14,1	7,3	7,0
T19	2,9	2,0	8,3	5,4	25,0	24,3	26,4	21,4	3,3	3,2
T21	13,8	9,1	7,5	4,8	12,2	11,9	29,9	21,9	1,5	1,4
T22	21,3	17,7	24,2	19,6	47,8	47,1	23,2	14,4	4,1	3,6
T23	32,8	23,4	37,7	25,5	33,0	31,9	52,0	30,4	11,3	10,0
T24	23,2	13,2	18,4	9,8	35,8	34,1	71,9	50,3	4,0	3,7
T25	18,7	11,8	16,6	9,9	35,9	34,6	52,0	36,0	4,0	3,7
T26	18,5	14,5	7,9	6,0	14,8	14,5	17,9	12,1	5,3	5,0
T28a	39,5	30,6	29,6	22,1	26,1	25,6	38,6	21,8	3,3	2,9
T28b	14,4	9,9	22,3	14,5	70,4	68,2	51,9	35,7	3,8	3,4
T29	2,6	1,8	2,9	1,9	27,7	27,0	20,6	17,8	4,5	4,3
T30c	6,0	4,1	10,8	7,0	47,4	46,0	36,5	28,3	4,0	3,7
T30d	18,5	11,6	27,7	16,3	70,7	67,8	72,8	49,4	3,8	3,4
T31	2,9	2,4	2,8	2,3	23,2	22,9	8,2	6,9	5,0	4,8

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad  
obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 1 (continuación)**  
**Datos corregidos de los extractos saturados. Isla de Tenerife**

Suelo	SARes	SAResv	PSIes (%)	PSIesv (%)	I	pCO <sub>2</sub>	pIAP
T1	2,1	2,4	1,8	2,2	0,065	0,254	9,1
T3	4,4	5,0	5,0	5,7	0,118	0,044	8,7
T4	6,1	6,7	7,2	8,0	0,032	0,049	9,2
T5	2,1	2,3	1,8	2,1	0,041	0,099	8,7
T6	2,8	3,1	2,9	3,2	0,030	0,071	8,3
T10	2,9	3,1	2,9	3,3	0,072	0,594	10,3
T12	6,0	6,6	7,0	7,8	0,056	3,115	11,4
T13	6,3	7,8	7,4	9,3	0,090	0,020	8,2
T14	8,3	10,3	9,9	12,3	0,089	0,019	8,2
T15	7,5	9,2	8,9	11,0	0,106	0,037	9,0
T16	4,1	4,6	4,5	5,3	0,090	0,034	8,1
T17	9,5	10,4	11,3	12,3	0,029	0,013	8,4
T18	14,0	16,0	16,2	18,3	0,048	0,012	8,3
T19	10,6	12,7	12,5	14,9	0,050	0,017	9,3
T21	3,7	4,5	4,1	5,1	0,044	0,192	10,3
T22	10,0	10,9	11,9	12,9	0,117	0,018	8,4
T23	5,6	6,5	6,5	7,6	0,132	1,191	9,2
T24	7,8	10,0	9,4	11,9	0,096	0,018	8,5
T25	8,5	10,5	10,2	12,4	0,087	1,015	8,4
T26	4,1	4,5	4,5	5,1	0,056	0,103	8,8
T28a	4,4	5,0	5,0	5,7	0,118	0,044	8,7
T28b	16,4	19,5	18,7	21,6	0,126	0,021	8,8
T29	16,7	19,7	18,9	21,8	0,044	0,015	8,9
T30c	16,4	19,6	18,6	21,6	0,082	0,024	9,0
T30d	14,7	18,1	17,0	20,3	0,135	0,026	8,8
T31	13,7	15,0	16,0	17,2	0,036	0,013	8,6

v Verdadero o corregido I Fuerza iónica (moles/L) pCO<sub>2</sub> Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm)

pIAP Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos

**Tabla 1 (continuación)**  
**Datos corregidos de los extractos saturados. Isla de Tenerife**

Suelo	Cationes (meq/L)						Aniones (meq/L)			
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> c	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> c
<b>T32</b>	6,1	4,5	5,8	4,1	30,5	29,7	20,3	16,1	8,9	8,4
<b>T33</b>	9,3	6,1	9,4	5,8	67,4	64,4	66,7	49,5	15,7	14,5
<b>T35</b>	5,4	4,4	10,0	7,9	14,7	14,5	11,2	8,2	6,8	6,4
<b>T37</b>	65,6	52,0	111,5	83,9	94,0	91,7	87,2	42,2	3,0	2,3
<b>T38</b>	50,5	37,3	81,7	56,9	53,6	52,1	84,4	43,4	2,3	1,9
<b>T39</b>	11,0	9,7	35,4	30,8	36,9	36,5	14,8	8,8	3,3	2,9
<b>T40</b>	36,3	27,3	71,8	51,1	71,2	69,1	69,5	37,4	8,7	7,2
<b>T42</b>	25,4	15,7	17,8	10,5	22,9	22,1	56,1	37,4	1,7	1,6
<b>T43</b>	24,8	16,3	22,7	14,3	11,0	10,7	46,3	29,0	3,3	3,0
<b>T44</b>	23,0	14,6	22,6	13,7	14,9	14,4	51,3	33,0	1,5	1,4
<b>T45</b>	4,2	3,5	9,7	7,9	14,3	14,1	10,6	7,9	2,3	2,2
<b>T46</b>	23,4	15,2	25,5	15,8	15,8	15,3	48,9	30,5	5,3	4,8
<b>T47</b>	37,2	28,2	43,7	31,8	22,4	21,9	45,1	24,3	4,5	3,9
<b>T48</b>	11,8	7,8	6,7	4,2	43,7	42,4	39,2	30,2	1,5	1,4

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978) **a** Zona lavada **b** Zona no lavada **c** Surco **d** Camellón



**Tabla 1 (continuación)**  
**Datos corregidos de los extractos saturados. Isla de Tenerife**

Suelo	SARes	SAResv	PSIes (%)	PSIesv (%)	I	pCO <sub>2</sub>	pIAP
T32	12,5	14,3	14,7	16,6	0,061	0,017	8,1
T33	22,0	26,4	23,8	27,4	0,188	0,017	7,7
T35	5,3	5,8	6,2	6,8	0,043	0,017	8,3
T37	10,0	11,1	11,9	13,2	0,344	1,185	10,4
T38	6,6	7,6	7,8	9,0	0,232	5,206	11,2
T39	7,7	8,1	9,1	9,7	0,114	0,014	8,7
T40	9,7	11,0	11,5	13,1	0,227	0,050	8,2
T42	4,9	6,1	5,7	7,2	0,083	0,010	8,8
T43	2,3	2,7	2,0	2,7	0,074	0,015	8,4
T44	3,1	3,8	3,2	4,2	0,076	0,014	9,1
T45	5,4	5,9	6,3	6,9	0,042	0,007	8,9
T46	3,2	3,9	3,3	4,3	0,077	0,025	8,2
T47	3,5	4,0	3,8	4,4	0,123	0,374	9,4
T48	14,4	17,3	16,6	19,5	0,079	0,009	9,2

v Verdadero o corregido I Fuerza iónica (moles/L) pCO<sub>2</sub> Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm)  
 pIAP Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos  
 a Zona lavada b Zona no lavada c Surco d Camellón

**Tabla 2**  
**Datos corregidos de los extractos saturados. Isla de La Palma**

Suelo	Cationes (meq/L)						Aniones (meq/L)			
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> c	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> c
LP1	10,0	7,5	5,0	3,7	4,3	4,2	13,9	10,2	5,4	5,2
LP2	41,7	26,6	27,8	16,8	5,3	5,1	61,1	35,7	13,0	11,7
LP4	25,2	17,0	14,2	9,1	5,6	5,4	36,8	23,8	12,1	11,3
LP5	21,3	15,7	8,3	5,9	3,9	3,8	23,8	15,9	4,3	4,1
LP8	15,7	11,3	11,4	7,9	14,9	14,4	20,3	14,0	22,2	20,8
LP9	9,5	7,2	8,3	6,2	8,7	8,5	15,6	11,4	7,3	7,0
LP10	4,5	3,3	3,3	2,4	11,3	11,1	12,7	10,5	7,3	7,1
LP11	15,0	10,2	13,8	9,0	19,6	19,0	32,9	22,7	7,0	6,5
LP12	8,0	5,6	5,8	4,0	12,0	11,7	19,0	14,7	7,8	7,5
LP13	36,4	21,8	36,3	20,3	23,7	22,5	78,5	47,4	12,8	11,4
LP14	15,5	11,5	9,1	6,5	13,2	12,8	17,5	12,1	16,5	15,5
LP15	7,6	6,7	5,6	4,9	6,2	6,1	3,0	2,2	11,7	11,2

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 2 (continuación)**  
**Datos corregidos de los extractos saturados. Isla de La Palma**

Suelo	SARes	SAResv	PSIes (%)	PSIesv (%)	I	pCO <sub>2</sub>	pIAP
LP1	1,6	1,8	1,0	1,4	0,029	0,182	9,2
LP2	0,9	1,1	0,1	0,3	0,099	0,146	8,1
LP4	1,3	1,5	0,6	0,9	0,069	9,185	10,0
LP5	1,0	1,2	0,2	0,5	0,052	0,170	9,1
LP8	4,0	4,6	4,5	5,3	0,057	0,109	7,7
LP9	2,9	3,3	3,0	3,5	0,042	0,037	8,3
LP10	5,7	6,5	6,7	7,7	0,029	0,039	8,6
LP11	5,2	6,1	6,0	7,2	0,061	0,043	8,3
LP12	4,6	5,3	5,2	6,2	0,038	0,064	8,6
LP13	3,9	4,9	4,3	5,6	0,141	0,070	7,9
LP14	3,8	4,3	4,1	4,8	0,051	0,082	7,8
LP15	2,4	2,5	2,2	2,4	0,027	0,039	7,9

v Verdadero o corregido I Fuerza iónica (moles/L) pCO<sub>2</sub> Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm)  
 pIAP Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos

**Tabla 3**  
**Datos corregidos de los extractos saturados. Isla de La Gomera**

Suelo	Cationes (meq/L)						Aniones (meq/L)			
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> c	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> c
LG1	9,7	8,4	6,1	5,2	7,8	7,7	6,9	5,2	11,6	11,2
LG2	12,3	11,1	8,3	7,4	7,0	6,9	4,2	2,7	6,0	5,6
LG3	7,5	5,7	4,8	3,5	9,9	9,7	14,0	10,9	5,8	5,6
LG4	14,4	9,6	10,1	6,5	8,3	8,1	32,1	23,3	2,5	2,4
LG5g	12,6	8,8	6,5	4,4	2,7	2,6	22,2	16,2	6,0	5,8
LG5h	19,0	13,4	9,6	6,5	4,5	4,4	28,5	19,4	4,3	4,1
LG6	24,0	16,2	19,3	12,5	10,4	10,1	38,2	23,9	7,0	6,5
LG7	12,3	8,9	4,2	3,0	2,4	2,3	17,0	12,5	6,5	6,3
LG11	8,6	6,7	5,8	4,4	4,0	3,9	11,1	8,2	7,4	7,1
LG12	6,2	5,2	4,4	3,6	16,9	16,6	6,0	4,6	11,1	10,6
LG13	6,1	4,6	5,1	3,7	7,7	7,6	12,6	9,8	5,9	5,7
LG14	18,3	13,8	13,3	9,7	25,9	25,3	26,4	17,8	4,5	4,2

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978) g Zona gotero h Zona intergotero

**Tabla 3 (continuación)**

**Datos corregidos de los extractos saturados. Isla de La Gomera**

Suelo	SARes	SAResv	PSIes (%)	PSIesv (%)	I	pCO <sub>2</sub>	pIAP
LG1	2,8	2,9	2,8	3,0	0,033	0,037	8,2
LG2	2,2	2,3	1,9	2,1	0,035	0,039	8,3
LG3	4,0	4,5	4,4	5,1	0,035	0,038	8,6
LG4	2,4	2,8	2,2	2,8	0,055	0,394	10,2
LG5g	0,9	1,0	0,0	0,2	0,041	0,124	8,9
LG5h	1,2	1,4	0,5	0,8	0,056	0,268	9,4
LG6	2,2	2,7	2,0	2,6	0,065	0,133	8,7
LG7	0,8	1,0	0,0	0,2	0,033	0,043	8,3
LG11	1,5	1,7	0,9	1,2	0,027	0,040	8,3
LG12	7,3	7,9	8,7	9,4	0,033	0,023	7,8
LG13	3,3	3,7	3,4	4,0	0,026	0,020	8,3
LG14	6,5	7,4	7,7	8,8	0,074	0,034	8,5

v Verdadero o corregido I Fuerza iónica (moles/L) pCO<sub>2</sub> Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm)  
pIAP Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos  
g Zona gotero h Zona intergotero

**Tabla 4**  
**Datos corregidos de los extractos saturados. Isla de El Hierro**

Suelo	Cationes (meq/L)						Aniones (meq/L)			
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> c	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> c
<b>EH1</b>	4,1	3,4	6,0	4,8	24,0	23,6	10,2	7,9	5,6	5,3
<b>EH2g</b>	27,4	19,3	12,0	8,1	29,7	29,0	38,8	25,3	0,9	0,8
<b>EH2h</b>	24,7	17,6	17,7	12,1	41,6	40,5	43,0	28,2	1,1	1,0
<b>EH3g</b>	20,0	15,8	18,8	14,4	35,9	35,3	26,8	17,3	2,0	1,8
<b>EH3h</b>	33,7	24,6	20,8	14,5	40,2	39,2	45,7	28,4	2,0	1,8
<b>EH4</b>	2,6	2,0	4,4	3,4	14,8	14,6	11,2	9,3	3,3	3,2
<b>EH5</b>	2,5	1,9	3,1	2,4	13,0	12,8	10,9	9,3	1,2	1,2
<b>EH6</b>	36,4	26,2	29,0	19,9	44,3	43,1	54,3	32,7	1,3	1,1
<b>EH7</b>	25,6	18,6	27,1	18,7	65,2	63,4	52,5	33,6	2,3	2,0
<b>EH8g</b>	25,1	16,9	10,0	6,5	6,2	6,0	35,0	23,1	3,8	3,6
<b>EH8h</b>	53,0	42,9	76,7	59,0	193,0	189,5	78,6	41,5	3,3	2,5
<b>EH9</b>	6,9	5,2	10,1	7,3	17,9	17,5	19,7	14,6	3,0	2,8
<b>EH10</b>	25,6	16,8	15,9	10,0	11,8	11,4	42,9	27,9	5,7	5,3

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978) g Zona gotero h Zona intergotero

**Tabla 4 (continuación)**  
**Datos corregidos de los extractos saturados. Isla de El Hierro**

Suelo	SARes	SAResv	PSIes (%)	PSIesv (%)	I	pCO <sub>2</sub>	pIAP
<b>EH1</b>	10,7	11,7	12,7	13,8	0,043	0,090	9,3
<b>EH2g</b>	6,7	7,8	7,9	9,3	0,080	0,416	10,9
<b>EH2h</b>	9,0	10,5	10,8	12,5	0,103	0,245	10,6
<b>EH3g</b>	8,2	9,1	9,7	10,8	0,095	0,358	10,3
<b>EH3h</b>	7,7	8,9	9,2	10,6	0,119	0,544	10,3
<b>EH4</b>	7,9	8,9	9,4	10,6	0,030	0,044	9,6
<b>EH5</b>	7,8	8,8	9,3	10,4	0,026	0,033	10,3
<b>EH6</b>	7,7	9,0	9,2	10,7	0,135	0,172	10,2
<b>EH7</b>	12,7	14,7	14,9	16,9	0,148	0,095	9,6
<b>EH8g</b>	1,5	1,8	0,9	1,3	0,057	0,148	9,2
<b>EH8h</b>	24,1	26,5	25,5	27,5	0,389	0,051	9,0
<b>EH9</b>	6,1	7,0	7,2	8,3	0,049	0,038	9,3
<b>EH10</b>	2,6	3,1	2,5	3,2	0,070	0,068	8,5

v Verdadero o corregido I Fuerza iónica (moles/L) pCO<sub>2</sub> Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm)  
pIAP Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos  
g Zona gotero h Zona intergotero

**Tabla 5**  
**Datos corregidos de los extractos saturados. Isla de Gran Canaria**

Suelo	Cationes (meq/L)						Aniones (meq/L)			
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> c	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> c
GC1	63,3	55,2	93,7	79,1	78,8	77,7	45,0	21,4	3,5	2,7
GC2g	15,6	11,7	8,8	6,4	6,1	6,0	20,2	13,9	3,5	3,3
GC2h	12,3	9,7	8,7	6,7	7,8	7,7	14,2	9,8	3,3	3,1
GC3	33,8	25,6	20,8	15,2	21,5	21,0	35,6	21,2	4,0	3,6
GC4	14,0	10,6	20,8	15,3	13,9	13,6	22,6	14,5	10,0	9,2
GC5	31,7	22,7	22,9	15,7	17,7	17,2	41,9	25,3	4,0	3,6
GC6	31,5	24,4	33,3	24,8	23,9	23,4	37,5	21,5	3,5	3,1
GC7	15,4	12,4	12,5	9,8	9,4	9,2	14,3	9,4	9,0	8,4
GC8	14,7	12,3	21,5	17,6	13,4	13,2	15,6	9,7	5,2	4,8
GC9	13,4	11,4	15,5	13,0	21,3	21,0	11,4	7,4	7,0	6,4
GC10	105,5	91,7	123,5	103,5	62,4	61,5	60,3	25,9	2,8	2,0
GC11	13,7	10,1	6,7	4,7	59,8	58,3	31,3	23,4	5,0	4,6
GC12	15,9	14,4	10,4	9,3	9,9	9,8	5,4	3,5	8,0	7,4
GC13	68,7	55,7	46,0	36,0	7,8	7,7	44,4	21,9	3,1	2,6
GC14	13,1	9,4	17,2	11,8	28,0	27,3	29,1	19,9	8,2	7,6
GC15	19,1	16,5	18,7	15,8	33,2	32,8	14,9	9,3	3,8	3,4
GC16	13,8	9,8	8,1	5,5	35,8	34,8	29,7	21,9	7,2	6,7
GC17	14,1	12,6	9,4	8,2	45,1	44,6	10,3	7,4	5,6	5,2
GC18	47,8	35,1	24,0	16,8	32,3	31,4	48,2	28,2	8,4	7,4
GC19	46,3	34,3	20,8	14,7	37,0	36,1	49,0	29,3	3,5	3,1
GC20	11,6	9,7	12,1	9,9	16,1	15,8	9,9	6,7	11,4	10,6
GC21	9,0	6,7	15,0	10,8	15,0	14,7	22,0	15,3	4,5	4,2
GC22	13,5	9,9	15,8	11,1	29,4	28,6	27,5	18,9	10,2	9,4
GC23	83,8	71,7	70,8	58,5	80,4	79,1	50,0	24,3	3,1	2,4
GC24	11,3	8,7	8,8	6,6	15,9	15,6	17,5	12,5	3,8	3,6

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978) g Zona gotero h Zona intergotero

**Tabla 5 (continuación)**  
**Datos corregidos de los extractos saturados. Isla de Gran Canaria**

Suelo	SARes	SAResv	PSIes (%)	PSIesv (%)	I	pCO <sub>2</sub>	pIAP
GC1	8,9	9,5	10,6	11,3	0,310	0,089	9,1
GC2g	1,7	2,0	1,3	1,6	0,047	0,022	8,5
GC2h	2,4	2,7	2,2	2,6	0,039	0,021	8,6
GC3	4,1	4,7	4,6	5,3	0,100	0,022	8,3
GC4	3,3	3,8	3,5	4,1	0,065	0,060	8,2
GC5	3,4	3,9	3,6	4,3	0,093	0,023	8,3
GC6	4,2	4,7	4,7	5,4	0,115	0,038	8,7
GC7	2,5	2,8	2,4	2,7	0,055	0,035	7,9
GC8	3,1	3,4	3,3	3,6	0,071	0,061	8,7
GC9	5,6	6,0	6,5	7,1	0,064	0,053	8,4
GC10	5,8	6,2	6,8	7,3	0,379	1,636	10,4
GC11	18,7	21,4	20,9	23,3	0,100	0,023	8,5
GC12	2,7	2,8	2,7	2,9	0,063	0,031	7,9
GC13	1,0	1,1	0,3	0,4	0,166	0,030	8,5
GC14	7,2	8,4	8,6	10,0	0,075	0,020	7,9
GC15	7,6	8,2	9,1	9,7	0,091	0,017	8,4
GC16	10,8	12,6	12,8	14,8	0,073	0,216	9,1
GC17	13,2	13,8	15,4	16,1	0,110	0,040	8,6
GC18	5,4	6,2	6,3	7,3	0,133	0,111	8,3
GC19	6,4	7,3	7,5	8,7	0,139	0,029	8,5
GC20	4,7	5,0	5,3	5,8	0,057	0,070	8,1
GC21	4,3	5,0	4,9	5,7	0,053	0,022	8,6
GC22	7,7	8,8	9,1	10,5	0,076	0,030	7,9
GC23	9,1	9,8	10,9	11,7	0,302	0,020	8,4
GC24	5,0	5,6	5,8	6,6	0,049	0,009	8,2

v Verdadero o corregido I Fuerza iónica (moles/L) pCO<sub>2</sub> Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm)  
 pIAP Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos  
 g Zona gotero h Zona intergotero

**Tabla 6**  
**Datos corregidos de los extractos saturados. Isla de Fuerteventura**

Suelo	Cationes (meq/L)						Aniones (meq/L)			
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> c	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> c
<b>F1g</b>	12,5	9,5	10,4	7,6	55,4	54,2	27,9	20,3	4,6	4,2
<b>F1h</b>	13,8	10,0	8,3	5,8	41,3	40,3	29,4	21,6	3,3	3,1
<b>F2g</b>	13,1	9,6	8,3	5,8	63,0	61,4	33,3	24,8	4,8	4,4
<b>F2h</b>	11,3	8,2	6,3	4,4	60,9	59,3	31,9	24,4	4,8	5,4
<b>F3</b>	5,0	3,6	3,5	2,5	54,4	53,2	26,4	21,7	0,5	0,5

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978) g Zona gotero h Zona intergotero

**Tabla 6 (continuación)**  
**Datos corregidos de los extractos saturados. Isla de Fuerteventura**

Suelo	SAR <sub>v</sub>	SAR <sub>cv</sub>	PSI (%)	PSI <sub>v</sub> (%)	I	pCO <sub>2</sub>	pIAP
<b>F1g</b>	16,4	18,5	18,6	20,7	0,096	0,026	8,6
<b>F1h</b>	12,4	14,3	14,6	16,6	0,080	0,025	8,8
<b>F2g</b>	19,3	22,2	21,4	23,9	0,102	0,027	8,6
<b>F2h</b>	20,5	23,7	22,5	25,2	0,096	0,042	8,7
<b>F3</b>	26,4	30,5	27,4	30,4	0,076	0,001	9,6

v Verdadero o corregido I Fuerza iónica (moles/L) pCO<sub>2</sub> Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm)  
pIAP Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos  
g Zona gotero h Zona intergotero

**Tabla 7**  
**Datos corregidos de los extractos 1:1. Isla de Tenerife**

Suelo	Cationes (meq/L)					
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c
T1	14,0	9,9	8,3	5,7	6,7	6,5
T3	29,6	20,7	19,6	13,2	17,9	17,4
T4	1,4	1,1	1,3	1,1	6,8	6,7
T5	2,7	2,4	3,8	3,3	12,0	11,9
T6	3,5	3,0	4,0	3,4	7,9	7,8
T10	6,1	4,9	6,1	4,8	6,1	6,0
T12	3,6	2,8	5,0	3,9	10,8	10,7
T13	7,8	4,9	9,4	5,6	15,1	14,6
T14	5,4	3,3	9,6	5,6	26,0	25,1
T15	8,9	5,6	15,8	9,4	24,6	24,1
T16	10,6	8,0	10,8	7,9	12,1	11,9
T17	1,9	1,4	2,0	1,4	11,0	10,8
T18	0,6	0,4	1,4	1,0	14,7	14,5
T19	1,9	1,3	3,4	2,3	13,1	12,8
T21	6,0	4,1	3,8	2,5	7,7	7,5
T22	16,5	13,3	17,9	14,1	38,6	38,0
T23	27,3	16,0	25,8	14,2	21,2	20,3
T24	21,5	12,0	14,8	7,8	25,2	24,0
T25	6,7	4,2	6,8	4,1	20,3	19,8
T26	7,9	5,9	3,6	2,6	8,7	8,6
T27	2,1	1,3	0,1	0,1	7,6	7,3
T28a	5,6	3,5	9,4	5,7	41,2	39,8
T28b	2,4	1,6	5,4	3,4	30,4	29,5
T29	0,9	0,6	1,3	0,9	17,6	17,2
T30c	1,8	1,4	3,5	2,8	26,2	25,9
T30d	5,8	3,8	8,5	5,3	36,3	35,2
T31	1,0	0,8	1,5	1,2	16,3	16,1

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978) a Zona lavada b Zona no lavada c Surco d Camellón



**Tabla 7 (continuación)**  
**Datos corregidos de los extractos 1:1. Isla de Tenerife**

Suelo	Aniones (meq/L)				SAR1:1	SAR1:1 v
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-c</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-c</sup>		
T1	22,7	15,9	3,9	3,7	2,0	2,3
T3	41,4	25,4	1,6	1,4	3,6	4,2
T4	5,8	5,2	1,3	1,3	5,9	6,4
T5	3,8	3,0	2,8	2,7	6,6	7,0
T6	5,0	3,9	1,8	1,7	4,1	4,4
T10	10,2	7,5	1,0	1,0	2,5	2,7
T12	10,2	8,0	0,6	0,6	5,2	5,8
T13	33,5	25,9	2,2	2,1	5,2	6,4
T14	38,5	30,5	3,2	3,0	9,5	11,9
T15	42,1	30,6	1,6	1,5	7,0	8,8
T16	18,7	12,8	2,8	2,6	3,7	4,2
T17	10,9	9,6	4,4	4,3	7,9	9,1
T18	9,5	8,6	3,9	3,7	14,8	16,9
T19	15,7	13,6	2,4	2,3	8,1	9,5
T21	18,3	14,9	0,9	0,9	3,5	4,1
T22	21,9	14,0	1,8	1,6	9,3	10,3
T23	74,1	48,7	1,0	0,9	4,1	5,2
T24	67,6	48,7	1,9	1,8	5,9	7,6
T25	32,5	26,0	2,7	2,6	7,8	9,7
T26	13,6	10,4	1,8	1,7	3,6	4,1
T27	22,7	21,4	5,4	5,3	7,2	9,0
T28a	38,5	30,1	2,0	1,9	15,0	18,6
T28b	26,9	22,5	2,5	2,4	15,4	18,7
T29	14,7	13,4	3,3	3,2	16,9	19,9
T30c	9,4	7,8	2,4	2,3	16,1	17,9
T30d	33,2	26,0	1,9	1,8	13,6	16,5
T31	6,4	5,7	3,9	3,7	14,7	16,1

v Verdadero o corregido I Fuerza iónica (moles/L) pCO<sub>2</sub> Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm)  
 pIAP Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos  
 a Zona lavada b Zona no lavada c Surco d Camellón

**Tabla 7 (continuación)**  
**Datos corregidos de los extractos 1:1. Isla de Tenerife**

Suelo	Cationes (meq/L)					
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c
T32	7,9	5,9	3,6	2,6	8,7	8,6
T33	2,1	1,3	3,3	2,1	33,7	32,6
T35	2,9	2,3	4,8	3,8	9,7	9,6
T37	45,1	33,7	83,8	59,8	48,5	47,3
T38	35,4	23,1	44,2	27,4	28,7	27,7
T39	4,0	3,5	13,3	11,6	18,0	17,9
T40	30,1	20,9	48,1	31,6	90,4	87,4
T42	25,6	15,7	14,4	8,4	15,4	14,9
T43	26,3	16,6	20,2	12,1	9,2	8,9
T44	9,5	6,4	8,2	5,3	7,5	7,3
T45	2,0	1,7	4,2	3,5	7,5	7,4
T46	25,6	15,7	20,8	12,1	10,3	9,9
T47	9,1	5,8	30,2	18,4	13,4	13,0
T48	3,3	2,4	1,9	1,3	23,3	22,8

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 7 (continuación)**  
**Datos corregidos de los extractos 1:1. Isla de Tenerife**

Suelo	Aniones (meq/L)				SAR1:1	SAR1:1 v
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-c</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-c</sup>		
T32	8,1	7,0	5,9	5,6	11,3	12,8
T33	27,3	22,3	13,1	11,9	20,4	24,9
T35	7,6	6,0	4,1	3,9	4,9	5,5
T37	69,8	32,2	1,4	1,1	6,0	6,9
T38	71,2	39,7	0,9	0,8	4,6	5,5
T39	6,5	4,4	2,9	2,7	6,1	6,5
T40	70,3	39,4	5,5	4,6	14,5	17,1
T42	51,4	34,4	1,6	1,5	3,5	4,3
T43	49,3	31,2	2,9	2,6	1,9	2,3
T44	24,6	18,3	1,3	1,2	2,5	3,0
T45	5,0	4,0	2,6	2,5	4,3	4,6
T46	54,8	35,6	2,9	2,7	2,1	2,7
T47	46,1	30,2	1,1	1,0	3,0	3,7
T48	16,3	14,0	2,0	1,9	14,5	16,7

v Verdadero o corregido I Fuerza iónica (moles/L) pCO<sub>2</sub> Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm)  
 pIAP Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos

**Tabla 8**  
**Datos corregidos de los extractos 1:1. Isla de La Palma**

Suelo	Cationes (meq/L)					
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c
LP1	6,8	5,6	3,3	2,7	2,7	2,7
LP5	11,1	9,0	4,1	3,3	2,1	2,1
LP9	3,5	3,0	2,8	2,4	4,9	4,9
LP10	1,5	1,2	1,3	1,0	5,4	5,3
LP11	5,6	4,2	4,9	3,6	10,0	9,8
LP12	3,2	2,4	2,5	1,8	6,2	6,1

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 8 (continuación)**  
**Datos corregidos de los extractos 1:1. Isla de La Palma**

Suelo	Aniones (meq/L)				SAR1:1	SAR1:1 v
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> c	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> c		
LP1	6,5	4,9	4,3	4,2	1,2	1,3
LP5	9,8	6,9	1,8	1,7	0,8	0,8
LP9	4,0	3,2	2,4	2,3	2,7	2,9
LP10	5,5	4,9	3,0	2,9	4,6	5,0
LP11	14,2	11,1	2,2	2,1	4,4	5,0
LP12	10,0	8,5	4,4	4,3	3,7	4,2

v Verdadero o corregido I Fuerza iónica (moles/L) pCO<sub>2</sub> Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm)  
pIAP Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos

**Tabla 9**  
**Datos corregidos de los extractos 1:1. Isla de La Gomera**

Suelo	Cationes (meq/L)					
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c
LG3	2,1	1,8	1,4	1,2	5,7	5,6
LG5g	9,5	5,5	5,3	3,4	3,3	2,3
LG5h	6,1	8,6	3,8	4,7	2,3	3,3
LG11	3,7	3,1	2,5	2,1	2,1	2,1
LG13	2,1	1,8	1,8	1,5	3,5	3,5
LG14	4,7	3,9	3,3	2,7	11,2	11,1

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 9 (continuación)**  
**Datos corregidos de los extractos 1:1. Isla de La Gomera**

Suelo	Aniones (meq/L)				SAR1:1	SAR1:1 v
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> c	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> c		
LG3	4,6	4,0	2,5	2,4	4,3	4,7
LG5g	4,4	2,4	3,2	3,2	1,2	1,1
LG5h	3,0	3,0	3,3	3,1	1,0	1,3
LG11	4,4	3,6	4,4	4,3	1,2	1,3
LG13	3,2	2,7	2,8	2,7	2,5	2,7
LG14	7,7	6,1	1,7	1,6	5,6	6,1

v Verdadero o corregido I Fuerza iónica (moles/L) pCO<sub>2</sub> Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm)  
pIAP Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos

**Tabla 10**  
**Datos corregidos de los extractos 1:1. Isla de El Hierro**

Suelo	Cationes (meq/L)					
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c
<b>EH3g</b>	9,1	7,2	9,5	7,3	21,5	21,2
<b>EH3h</b>	21,5	15,6	12,1	8,5	24,0	23,5
<b>EH4</b>	1,3	1,1	1,6	1,4	8,9	8,8
<b>EH5</b>	1,2	1,1	1,1	1,0	8,6	8,6
<b>EH7</b>	12,3	10,0	11,7	9,3	34,2	33,7
<b>EH8g</b>	21,8	14,4	7,8	5,0	4,1	4,0
<b>EH8h</b>	43,8	33,3	49,0	35,5	84,1	82,0
<b>EH9</b>	3,4	3,0	3,7	3,2	10,5	10,4
<b>EH10</b>	18,0	13,3	10,5	7,5	8,9	8,7

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978) **g** Zona gotero **h** Zona intergotero

**Tabla 10 (continuación)**  
**Datos corregidos de los extractos 1:1. Isla de El Hierro**

Suelo	Aniones (meq/L)				SAR1:1	SAR1:1 v
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> c	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> c		
<b>EH3g</b>	16,9	12,2	0,9	0,8	7,1	7,9
<b>EH3h</b>	31,9	21,2	0,9	0,8	5,9	6,8
<b>EH4</b>	3,6	3,2	1,7	1,7	7,5	7,8
<b>EH5</b>	2,9	2,6	1,3	1,3	8,1	8,4
<b>EH7</b>	18,6	12,9	1,1	1,0	9,9	10,9
<b>EH8g</b>	31,6	21,4	2,0	1,9	1,1	1,3
<b>EH8h</b>	64,5	35,3	1,7	1,4	12,4	14,0
<b>EH9</b>	5,0	4,0	2,1	2,0	5,6	5,9
<b>EH10</b>	22,6	14,7	2,7	2,5	2,4	1,9

v Verdadero o corregido **I** Fuerza iónica (moles/L) **pCO<sub>2</sub>** Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm)  
**pIAP** Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos  
**g** Zona gotero **h** Zona intergotero

**Tabla 11**  
**Datos corregidos de los extractos 1:1. Isla de Gran Canaria**

Suelo	Cationes (meq/L)					
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c
GC1	36,6	28,4	38,1	28,5	27,4	26,9
GC2g	6,3	4,9	4,7	3,6	5,1	5,0
GC2h	7,2	5,7	3,9	3,1	3,6	3,6
GC3	21,1	15,0	10,8	7,5	11,4	11,1
GC4	4,1	3,6	6,1	5,3	6,1	6,1
GC5	26,5	17,8	17,3	11,2	11,7	11,4
GC6	12,1	9,5	12,3	9,4	10,1	10,0
GC7	7,0	5,7	5,9	4,7	5,9	5,8
GC8	4,1	3,5	6,5	5,6	5,9	5,9
GC9	3,3	2,8	3,3	2,8	7,6	7,5
GC10	42,0	33,6	29,4	22,7	66,5	65,3
GC11	4,0	3,3	1,8	1,5	29,3	29,1
GC12	9,4	8,3	5,8	5,1	7,2	7,1
GC13	40,9	33,1	23,8	18,8	4,3	4,3
GC14	5,0	3,7	6,8	4,9	18,3	18,0
GC15	7,3	6,1	7,3	6,0	16,8	16,7
GC16	2,0	1,5	1,3	1,0	10,4	10,3
GC17	2,5	2,2	1,6	1,4	16,2	16,1
GC18	21,5	16,5	10,3	7,7	16,2	15,9
GC19	25,1	18,2	8,2	5,8	15,7	15,4
GC20	6,6	5,4	8,2	6,6	11,6	11,4
GC21	3,5	3,0	4,8	4,1	7,0	6,9
GC22	3,0	2,4	3,9	3,0	12,2	12,0
GC23	50,0	40,2	37,5	29,2	31,5	31,0
GC24	4,4	3,5	3,8	3,0	8,7	8,6

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978) g Zona gotero h Zona intergotero

**Tabla 11 (continuación)**  
**Datos corregidos de los extractos 1:1. Isla de Gran Canaria**

Suelo	Aniones (meq/L)				SAR1:1	SAR1:1 v
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-c</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-c</sup>		
GC1	41,0	22,3	1,1	1,0	4,5	5,5
GC2g	10,3	7,8	1,6	1,5	2,2	2,4
GC2h	9,5	7,1	1,6	1,5	1,5	1,7
GC3	28,7	18,7	1,6	1,5	2,9	3,3
GC4	5,3	3,9	1,5	1,4	2,7	2,9
GC5	41,3	25,9	1,4	1,3	2,5	2,1
GC6	16,9	11,1	1,1	1,0	2,9	3,2
GC7	8,9	6,5	4,0	3,8	2,3	2,6
GC8	5,3	3,9	2,0	1,9	2,6	2,7
GC9	5,0	4,0	1,7	1,6	4,2	4,5
GC10	41,7	24,3	0,8	0,7	11,1	12,3
GC11	8,6	7,1	2,3	2,2	17,2	18,8
GC12	5,0	3,5	4,3	4,0	2,6	2,8
GC13	25,7	13,1	1,6	1,4	0,8	0,9
GC14	16,3	12,6	3,4	3,2	7,5	8,7
GC15	10,4	7,6	1,8	1,7	6,2	6,8
GC16	9,1	8,1	0,7	0,7	8,1	9,1
GC17	3,8	3,2	1,7	1,6	11,3	11,9
GC18	21,5	13,5	1,7	1,5	4,1	4,6
GC19	28,9	18,9	1,8	1,7	3,8	4,4
GC20	9,1	6,5	6,6	6,2	4,3	4,7
GC21	5,6	4,4	2,0	1,9	3,4	3,7
GC22	9,4	7,7	2,1	2,0	6,5	7,3
GC23	39,2	20,4	1,8	1,5	4,8	5,3
GC24	8,9	7,1	1,7	1,6	4,3	4,8

v Verdadero o corregido I Fuerza iónica (moles/L) pCO<sub>2</sub> Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm)  
 pIAP Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos  
 g Zona gotero h Zona intergotero



**Tabla 12****Datos corregidos de los extractos 1:1. Isla de Fuerteventura**

Suelo	Cationes (meq/L)					
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c
<b>F1g</b>	1,6	1,3	1,3	1,0	15,7	15,5
<b>F1h</b>	1,7	1,4	1,1	0,9	11,2	11,1
<b>F2g</b>	2,3	1,8	1,4	1,1	20,0	19,7
<b>F2h</b>	1,6	1,3	0,8	0,6	19,7	19,4
<b>F3</b>	0,9	0,7	0,6	0,5	20,3	20,0

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978) **g** Zona gotero **h** Zona intergotero

**Tabla 12 (continuación)****Datos corregidos de los extractos 1:1. Isla de Fuerteventura**

Suelo	Aniones (meq/L)				SAR1:1	SAR1:1 v
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> c	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> c		
<b>F1g</b>	7,2	6,4	2,0	1,9	12,9	14,4
<b>F1h</b>	5,7	5,1	1,9	1,9	9,5	10,3
<b>F2g</b>	9,5	8,3	2,5	2,4	14,8	16,4
<b>F2h</b>	8,8	7,9	2,1	2,0	17,8	20,0
<b>F3</b>	7,8	7,1	3,6	3,4	23,8	26,1

v Verdadero o corregido **I** Fuerza iónica (moles/L) **pCO<sub>2</sub>** Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm)  
**pIAP** Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos  
**g** Zona gotero **h** Zona intergotero

## **ANEXO VI**

# **RELACIÓN DE MUESTRAS: AGUAS DE RIEGO, SUELOS Y CULTIVOS**

**Tabla 1**  
**Relación de muestras. Isla de Tenerife**

Agua	Suelo	Foliar	Cultivo	Sistema riego
T1	T1	T1	Rosas	go
T1	T2	T2	Palmita	m
T1	n.s.	T66*	Platanera	mi
T1	n.s.	T67*	Tomate	go
T1	n.s.	T68*	Millo	go
T3	T3	T3	Fresas	go
T4	T4	T4	Strelitzia	go
T4	T6	T6	Papas	as
T4	n.s.	T69*	Rosas	mi
T5	T5	T5	Strelitzia	m
T7	T7	T7	Cítricos	as
T7	T8	T8	Aguacate	as
T9	T9	T9	Aguacate	m
T10	T10	T10	Platanera	m
T11	T11	T11	Clavel	m
T11	n.s.	T70*	Gladiolos	m
T12	T12	T12	Platanera	as
T12	T13	T13	Espinacas	as
T12	T14	T14	Lechuga	as
T12	T15	T15	Zanahoria	as
T16	T16	T16	Platanera	mi
T17	T17	T17	Platanera	mi
T18	T18	T18	Ajos	m
T19	T19	T19	Azafrán	m
T20	T20	no	Tomate	go
T21	T21	T21	Platanera	m
T22	T22	T22	Platanera	go
T22	T23	T23	Tomate	go
T24	T24	T24	Platanera	go
T25	T25	T25	Platanera	go
T25	n.s.	T71*	Tomate	go
T26	T26	T26	Rosas	mi
T27	T27	T27	Gladiolos	mi
T27	n.s.	T72*	Tomate	go
T28	T28a	T28	Tomate	m
T28	T29	T29	Tomate	go
T28	T30c	T30	Millo	m
T28	T31	T31	Papas	m
T32	T32	T32	Platanera	go
T33	T33	T33	Platanera	mi

**go** Goteo **m** Manta **mi** Microaspersión **as** Aspersión **n.s.** Muestra no seleccionada  
**no** No muestreada \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada **a** Zona lavada **c** Surco

**Tabla 1 (continuación)**  
**Relación de muestras. Isla de Tenerife**

Agua	Suelo	Foliar	Cultivo	Sistema riego
T34	T34	T34	Platanera	go
T34	T35	T35	Cítricos	go
T36	T36	T36	Viña	m
T37	T37	T37	Pimiento	go
T37	T38	T38	Habichuelas	go
T37	n.s.	T73*	Tomate	go
T39	T39	T39	Cítricos	go
T39	n.s.	T74*	Tomate	go
T39	n.s.	T75*	Platanera	go
T40	T40	T40	Platanera	go
T40	T41	T41	Aguacate	go
T40	n.s.	T76*	Tomate	go
T40	n.s.	T77*	Pimiento	go
T40	n.s.	T78*	Platanera	go
T40	n.s.	T79*	Acelga	go
T40	n.s.	T80*	Cítricos	go
T40	n.s.	T81*	Platanera	mi
T42	T42	T42	Aguacate	mi
T42	T43	T43	Cítricos	mi
T42	T44	T44	Mango	mi
T45	T45	T45	Platanera	as
T46	T46	T46	Tomate	go
T46	T47	T47	Cítricos	go
T46	T48	no	Tomate	go
T50*	n.s.	T50*	Aguacate	mi
T51*	n.s.	T51*	Platanera	as
T51*	n.s.	T60*	Platanera	as
T52*	n.s.	T52*	Platanera	go
T52*	n.s.	T61*	Platanera	go
T53*	n.s.	T53*	Platanera	mi
T54*	n.s.	T54*	Tomate	go
T55*	n.s.	T55*	Platanera	go
T56*	n.s.	T56e*	Papas	m
T56*	n.s.	T56f*	Papas	m
T56*	n.s.	T62*	Viña	m
T57*	n.s.	T57*	Viña	m
T58*	n.s.	T58*	Aguacate	go
T58*	n.s.	T63*	Cítricos	go
T59*	n.s.	T59*	Tomate	go
T59*	n.s.	T64*	Tomate	go

go Goteo m Manta mi Microaspersión as Aspersión n.s. Muestra no seleccionada  
no No muestreada \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada e Foliar f Tubérculo

**Tabla 2**  
**Relación de muestras. Isla de La Palma**

Agua	Suelo	Foliar	Cultivo	Sistema riego
LP1	LP1	LP1	Platanera	as
LP2	LP2	LP2	Platanera	as
LP2	LP3	LP3	Platanera	as
no	LP4	LP4	Platanera	as
LP5	LP5	LP5	Platanera	as
LP6	LP6	LP6	Platanera	as
LP6	LP7	LP7	Cítricos	m
LP8	LP8	LP8	Platanera	as
LP9	LP9	LP9	Platanera	m
LP10	LP10	LP10	Mango	as
LP10	LP11	LP11	Mango	m
LP12	LP12	LP12	Platanera	as
LP12	LP13	LP13	Platanera	as
no	LP14	LP14	Platanera	as
LP15	LP15	LP15	Platanera	as

m Manta as Aspersión no No muestreada

**Tabla 3**  
**Relación de muestras. Isla de La Gomera**

Agua	Suelo	Foliar	Cultivo	Sistema riego
LG1	LG1	LG1k	Platanera	m
LG1	LG1	LG1l	Platanera	m
LG2	LG2	LG2	Platanera	m
LG3	LG3	LG3	Platanera	m
LG4	LG4	LG4	Platanera	m
LG5	LG5g	LG5	Platanera	go
LG5	LG6	LG6	Platanera	m
LG5	LG7	LG7v	Aguacate	mi
LG5	LG7	LG7l	Aguacate	mi
LG8	LG8	LG8	Platanera	m
LG9	LG9	LG9	Platanera	m
LG10j	LG10	LG10	Platanera	m
LG10j	LG11	LG11	Cítricos	m
LG10j	LG12	no	Preparado Hortícolas	m
LG10j	LG13	LG13	Platanera	m
LG10j	LG14	LG14o	Viña	m
LG10j	LG14	LG14p	Viña	m

go Goteo m Manta mi Microaspersión no No muestreada g Zona gotero  
j Agua de riego actual l Normal o Hojas jóvenes p Hojas viejas v Clorosis

**Tabla 4**  
**Relación de muestras. Isla de El Hierro**

Agua	Suelo	Foliar	Cultivo	Sistema riego
EH1	EH1	EH1	Platanera	as
EH2	EH2g	EH2	Piña Tropical	go
EH2	EH3g	EH3	Piña Tropical	go
EH2	EH4	EH4	Mangos	go
EH2	EH5	EH5	Cítricos	as
EH2	EH6	no	Preparado Piña	go
no	EH7	EH7	Piña Tropical	as
EH8	EH8g	EH8	Platanera	go
EH9	EH9	EH9	Piña Tropical	as
EH9	EH10	EH10	Platanera	as

**go** Goteo **as** Aspersión **no** No muestreada **g** Zona gotero

**Tabla 5**  
**Relación de muestras. Isla de Gran Canaria**

Agua	Suelo	Foliar	Cultivo	Sistema riego
GC1n	GC1	no	Millo	go
GC2	GC2g	GC2e	Tomate	go
GC2	GC2g	GC2i	Tomate	go
GC3	GC3	GC3	Papaya	go
GC4	GC4	GC4r	Papaya	go
GC4	GC4	GC4u	Mango	go
GC4	GC5	GC5e	Tomate	go
GC4	GC5	GC5i	Tomate	go
GC4	n.s.	GC34*	Cítrico	go
GC4	n.s.	GC35e*	Tomate	go
GC4	n.s.	GC35i*	Tomate	go
GC6	GC6	GC6	Platanera	go
GC7	GC7	GC7	Platanera	go
GC7	GC8	GC8	Aguacate	go
GC9	GC9	GC9	Berenjena	go
GC10n	GC10	GC10	Berenjena	go
GC10n	n.s.	GC36*	Berenjena	go
GC10ñ	GC10	GC10	Berenjena	go
GC10ñ	n.s.	GC36*	Berenjena	go
GC11	GC11	GC11	Cebolla	m
GC12	GC12	GC12	Platanera	go
GC13	GC13	GC13	Platanera	m
GC14	GC14	GC14	Platanera	mi
GC15	GC15	GC15	Platanera	go
GC16	GC16	GC16	Viña	m
GC16	GC17	GC17	Cítricos	m
GC18	GC18	GC18	Cítricos	go
GC19	GC19	no	Tomate	go
GC20	GC20	GC20	Platanera	m
GC21	GC21	no	Tomate	go
GC22s	GC22	GC22	Cítricos	mi
GC23	GC23	GC23	Pimiento	go
GC24	GC24	GC24	Platanera	mi

**go** Goteo **m** Manta **mi** Microaspersión **n.s.** Muestra no seleccionada  
**no** No muestreada \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada  
**e** Foliar **g** Zona gotero **i** Fruto **n** Agua de presa **ñ** Agua de pozo  
**r** Cultivo Papaya **s** Agua mezclada **u** Cultivo Mango

**Tabla 5 (continuación)**  
**Relación de muestras. Isla de Gran Canaria**

Agua	Suelo	Foliar	Cultivo	Sistema riego
GC26*	n.s.	no	Tomate	go
GC27*	n.s.	GC27*	Platanera	mi
GC28*	n.s.	GC28*	Platanera	go
GC29*	n.s.	GC29*	Tomate	go
GC30*	n.s.	GC30*	Platanera	go
GC31*	n.s.	GC31*	Platanera	go
GC32*	n.s.	GC32*	Platanera	mi
GC32*	n.s.	GC37*	Platanera	mi
GC33*	n.s.	GC33*	Platanera	mi

**go** Goteo **mi** Microaspersión **n.s.** Muestra no seleccionada  
**no** No muestreada \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

**Tabla 6**  
**Relación de muestras. Isla de Fuerteventura**

Agua	Suelo	Foliar	Cultivo	Sistema riego
F1	F1g	F1	Tomate	go
F2	F2g	F2l	Tomate	go
F2	F2g	F2v	Tomate	go
F3	F3	F3	Alfalfa	ma

**go** Goteo **m** Manta **g** Zona gotero  
**l** Normal **v** Clorosis



# **ANEXO VII**

## **DATOS ANALÍTICOS DE LAS AGUAS DE RIEGO ESTUDIADAS**

**Tabla 1**  
**Datos analíticos de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	(μS/cm)		Cationes (meq/L)					Origen
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
T1	7,6	492	0,8	1,1	0,1	2,2	0,0	Mezclada
T3	9,2	1055	0,6	2,8	0,2	5,4	0,3	Pozo
T4	9,5	1142	1,3	2,4	0,3	7,0	0,1	Mezclada
T5	9,0	2120	1,7	4,5	0,5	12,7	0,0	Pozo
T7	8,8	787	0,4	2,0	0,4	5,5	0,0	Presa
T9	9,0	561	0,5	0,9	4,2	0,3	0,0	Galería
T10	9,2	538	0,6	1,6	0,4	3,3	0,0	Galería
T11	9,0	515	0,5	1,1	0,4	3,6	0,0	Galería
T12	8,7	1434	0,7	2,8	0,7	10,7	0,0	-
T16	8,5	1002	1,3	2,8	0,4	6,9	0,2	-
T17	8,5	1268	1,5	4,3	0,5	7,9	0,2	Mezclada
T18	8,8	2320	1,1	10,3	0,5	15,0	0,0	Galería
T19	8,8	2210	0,3	9,6	0,5	14,5	0,0	Galería
T20	9,1	3650	0,1	9,5	0,6	32,2	0,0	Galería
T21	8,4	539	0,9	1,5	0,1	3,0	0,0	Mezclada
T22	8,5	1872	2,8	5,3	0,6	11,5	0,0	Mezclada
T24	8,6	1227	0,9	2,1	0,7	9,5	0,0	Galería
T25	8,6	1210	0,6	3,7	0,8	8,0	0,0	-
T26	8,4	1561	2,3	5,2	0,8	9,3	0,0	Galería
T27	8,4	661	1,4	1,3	0,3	3,5	0,0	Galería
T28	9,0	2720	0,4	9,8	1,2	19,6	0,0	Galería
T32	9,1	1338	1,0	3,8	1,1	8,7	0,0	-
T33	9,0	1355	1,3	3,9	1,1	8,7	0,0	-
T34	9,1	1119	0,3	4,8	0,9	7,4	0,0	Galería
T36	8,9	967	1,2	4,1	0,7	4,9	0,0	Mezclada

- Se desconoce la procedencia

**Tabla 1 (continuación)**  
**Datos analíticos de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	Aniones (meq/L)						∑ Ani	∑ Cat
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			
T1	2,5	0,5	1,1	0,0	0,0	4,1	4,2	
T3	4,8	1,7	1,3	0,7	0,5	8,9	9,3	
T4	4,9	2,0	2,0	1,7	0,1	10,7	11,0	
T5	11,0	3,5	1,8	0,7	1,5	18,5	19,4	
T7	0,9	0,7	5,3	1,0	0,0	7,8	8,3	
T9	0,6	0,7	3,5	0,9	0,0	5,7	6,0	
T10	0,3	0,7	3,3	1,2	0,0	5,5	5,8	
T11	0,6	0,6	3,0	0,9	0,1	5,2	5,5	
T12	0,7	0,8	8,9	4,0	0,0	14,5	14,8	
T16	0,8	1,2	3,5	6,6	0,0	12,2	11,6	
T17	1,5	2,1	7,4	2,5	0,1	13,5	14,4	
T18	1,9	6,2	12,4	5,8	0,1	26,3	26,9	
T19	1,7	5,8	8,7	8,1	0,1	24,5	24,9	
T20	7,4	7,9	8,4	20,8	0,0	44,5	42,4	
T21	1,3	0,6	1,9	1,2	0,2	5,2	5,4	
T22	4,9	2,9	9,7	2,5	0,2	20,1	20,3	
T24	1,0	1,7	7,6	2,2	0,2	12,6	13,3	
T25	1,5	2,5	5,9	2,7	0,2	12,8	13,0	
T26	1,6	3,2	11,3	2,1	0,0	18,2	17,6	
T27	2,5	0,4	3,1	0,4	0,1	6,5	6,4	
T28	2,5	5,3	14,6	8,3	0,0	30,7	30,9	
T32	0,7	1,6	7,2	4,5	0,1	14,0	14,6	
T33	0,7	1,6	8,5	3,6	0,1	14,7	15,0	
T34	0,7	0,5	8,2	4,3	0,0	13,7	13,3	
T36	1,1	0,5	6,2	2,4	0,2	10,3	10,8	

∑ Ani Suma de aniones ∑ Cat Suma de cationes

**Tabla 1 (continuación)**  
**Datos analíticos de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	(μS/cm)		Cationes (meq/L)					Origen
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
T37	9,3	1215	0,2	5,4	0,9	7,0	0,0	Mezclada
T39	9,1	937	0,2	4,0	0,7	5,0	0,0	Mezclada
T40	9,1	949	0,5	4,1	0,6	4,7	0,0	Mezclada
T42	9,2	760	0,4	3,2	0,5	4,0	0,0	Galería
T45	9,3	910	0,2	4,1	0,6	5,0	0,0	Mezclada
T46	8,6	2390	3,2	6,8	0,8	11,7	0,0	Pozo
T50*	8,5	633	0,7	1,9	0,3	3,4	0,0	Galería
T51*	8,2	416	0,7	0,8	0,3	2,1	0,0	Mezclada
T52*	9,1	407	0,5	0,6	0,4	2,2	0,0	Pozo
T53*	7,2	829	0,8	1,4	0,4	5,8	0,2	Galería
T54*	8,3	1108	1,8	3,5	0,6	6,5	0,2	Mezclada
T55*	7,1	384	0,1	0,2	0,2	4,0	0,0	Mezclada
T56*	7,6	380	1,1	1,0	0,4	1,7	0,0	Galería
T57*	8,4	384	1,2	0,7	0,2	1,8	0,0	Galería
T58*	9,2	797	0,2	3,3	0,6	5,0	0,0	Galería
T59*	8,1	529	1,5	1,4	0,1	2,8	0,0	Galería

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

**Tabla 1 (continuación)**  
**Datos analíticos de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	Aniones (meq/L)					∑ Ani	∑ Cat
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		
T37	1,6	1,1	4,9	5,0	0,1	12,8	13,5
T39	1,2	0,8	3,3	4,0	0,0	9,4	9,9
T40	1,1	0,7	3,4	4,1	0,0	9,3	9,9
T42	1,0	0,4	3,1	3,3	0,0	7,8	8,1
T45	1,1	0,4	3,7	4,2	0,0	9,5	10,0
T46	18,6	2,5	1,9	0,8	0,1	23,8	22,5
T50*	1,6	0,5	3,3	0,4	0,1	5,9	6,3
T51*	1,2	0,7	1,4	0,0	0,3	3,7	3,8
T52*	0,8	0,7	1,1	0,5	0,6	3,7	3,6
T53*	1,6	1,9	2,1	0,0	0,2	5,8	8,6
T54*	1,2	1,0	9,1	1,0	0,0	12,3	12,6
T55*	2,7	0,2	0,5	0,0	0,6	4,0	4,5
T56*	0,3	0,3	3,5	0,0	0,1	4,3	4,1
T57*	0,3	0,3	2,9	0,4	0,2	4,1	3,9
T58*	0,8	0,6	3,2	3,7	0,1	8,4	9,0
T59*	1,1	0,7	3,1	0,3	0,3	5,4	5,8

∑ Ani Suma de aniones    ∑ Cat Suma de cationes    \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

**Tabla 2**  
**Datos analíticos de las aguas de riego. Isla de La Palma**

Agua	(μS/cm)		Cationes (meq/L)					Origen
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
LP1	8,9	218	0,3	0,3	0,1	1,6	0,0	Pozo
LP2	7,3	140	0,3	0,2	0,1	1,2	0,0	Pozo
LP5	6,8	891	0,4	0,3	2,6	1,0	2,8	-
LP6	8,1	620	1,9	1,0	0,2	3,8	0,0	Mezclada
LP8	8,3	505	1,5	0,9	0,2	3,4	0,0	Pozo
LP9	8,1	563	2,0	1,0	0,1	3,3	0,0	Pozo
LP10	8,5	942	0,6	1,9	0,8	8,0	0,0	Pozo
LP12	8,5	711	0,8	1,4	0,5	5,3	0,0	Pozo
LP15	6,8	74	0,2	0,1	0,1	0,4	0,1	Galería

- Se desconoce la procedencia

**Tabla 2 (continuación)**  
**Datos analíticos de las aguas de riego. Isla de La Palma**

Agua	Aniones (meq/L)						∑ Ani	∑ Cat
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			
LP1	1,2	0,5	0,9	0,3	0,0	2,9	2,3	
LP2	0,3	0,5	0,8	0,0	0,0	1,6	1,7	
LP5	1,0	2,6	0,5	0,0	3,5	7,5	7,1	
LP6	0,4	2,5	3,7	0,0	0,5	7,1	6,9	
LP8	0,2	2,6	3,0	0,1	0,1	6,0	6,1	
LP9	0,9	2,8	2,5	0,0	0,3	6,4	6,4	
LP10	3,3	2,5	5,2	0,5	0,5	12,0	11,3	
LP12	0,7	2,3	4,9	0,4	0,2	8,4	8,0	
LP15	0,0	0,3	0,5	0,0	0,0	0,9	0,8	

∑ Ani Suma de aniones ∑ Cat Suma de cationes

**Tabla 3**  
**Datos analíticos de las aguas de riego. Isla de La Gomera**

Agua	(μS/cm)		Cationes (meq/L)					Origen
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
LG1	7,5	501	1,3	1,5	0,1	2,3	0,1	Presa
LG2	7,9	550	1,7	1,6	0,1	2,2	0,1	Presa
LG3	8,3	1044	2,5	2,5	0,3	4,6	0,1	Presa
LG4	7,3	593	0,7	1,3	0,1	3,9	0,0	Galería
LG5	8,3	269	0,6	0,7	0,1	1,6	0,0	-
LG8	8,4	912	1,9	2,7	0,1	5,0	0,0	-
LG9	8,3	920	1,9	2,5	0,1	4,9	0,0	-
LG10j	8,4	1100	2,3	3,0	0,2	5,5	0,0	Presa
LG10k	7,5	1480	3,5	4,3	0,3	8,5	0,0	Pozo

j Agua de riego actual k Agua de riego anterior - Se desconoce la procedencia

**Tabla 3 (continuación)**  
**Datos analíticos de las aguas de riego. Isla de La Gomera**

Agua	Aniones (meq/L)						
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	∑ Ani	∑ Cat
LG1	1,0	2,0	2,0	0,0	0,2	5,1	5,2
LG2	1,7	1,5	2,1	0,0	0,3	5,6	5,7
LG3	3,0	2,2	4,5	0,3	0,5	10,5	10,0
LG4	2,3	2,3	1,5	0,0	0,0	6,1	5,9
LG5	1,0	0,4	1,4	0,1	0,1	3,0	2,9
LG8	2,9	2,2	4,2	0,4	0,4	10,1	9,7
LG9	2,7	2,2	4,3	0,2	0,4	9,9	9,4
LG10j	4,3	2,9	4,1	0,4	0,1	11,7	11,1
LG10k	4,3	3,8	7,3	0,0	0,2	15,6	16,4

j Agua de riego actual k Agua de riego anterior ∑ Ani Suma de aniones ∑ Cat Suma de cationes

**Tabla 4**  
**Datos analíticos de las aguas de riego. Isla de El Hierro**

Agua	(μS/cm)		Cationes (meq/L)					Origen
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
EH1	8,9	465	0,5	1,5	0,3	2,7	0,2	Pozo
EH2	8,4	803	1,5	1,8	0,4	4,8	0,0	Pozo
EH8	8,8	402	0,5	1,3	0,3	2,3	0,0	Pozo
EH9	9,3	462	0,4	1,4	0,3	2,8	0,2	Pozo
EH10*	7,5	2130	1,7	5,6	0,9	13,8	-	Pozo

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada - No se determinó

**Tabla 4 (continuación)**  
**Datos analíticos de las aguas de riego. Isla de El Hierro**

Agua	Aniones (meq/L)						
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	∑ Ani	∑ Cat
EH1	1,5	0,6	2,6	0,6	0,1	5,4	5,1
EH2	4,2	1,1	2,9	0,3	0,2	8,6	8,5
EH8	1,2	0,5	2,2	0,5	0,1	4,5	4,2
EH9	0,8	1,5	2,0	1,1	0,1	5,4	5,1
EH10*	14,0	-	5,9	0,0	-	19,9	22,0

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada - No se determinó

∑ Ani Suma de aniones ∑ Cat Suma de cationes



**Tabla 5**  
**Datos analíticos de las aguas de riego. Isla de Gran Canaria**

Agua	(µS/cm)		Cationes (meq/L)					Origen
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
GC1n	7,6	500	1,1	1,2	0,1	2,0	0,6	Presa
GC1ñ	7,0	4330	14,6	17,3	0,4	19,6	0,3	Pozo
GC2	7,2	2170	5,5	7,0	0,3	13,9	0,3	Mezclada
GC3	7,9	426	1,0	1,1	0,1	1,9	0,0	Presa
GC4	8,6	1399	2,2	6,7	1,0	6,5	0,0	Pozo
GC6	8,7	745	1,7	2,8	0,1	3,6	0,0	Presa
GC7	7,5	713	1,6	2,9	0,1	3,0	0,0	Pozo
GC9	8,8	1409	2,1	4,0	0,2	8,4	0,0	Pozo
GC10n	9,0	245	0,6	0,4	0,1	1,3	0,0	Presa
GC10ñ	7,1	3520	5,7	6,0	0,8	26,1	1,4	Pozo
GC11	9,9	986	1,3	1,7	0,2	6,4	0,0	Presa
GC12	8,1	328	0,8	0,8	0,1	0,1	0,0	-
GC13	8,1	857	2,7	4,2	0,3	2,5	0,0	Presa
GC14	8,8	1029	1,2	4,3	0,5	5,9	0,0	-
GC15	8,5	1073	1,8	2,8	0,3	6,0	0,0	Pozo
GC16	7,4	2590	0,7	2,3	1,1	20,9	0,0	Depuradora
GC18	7,2	4400	0,7	0,3	14,7	2,1	16,4	-
GC19	8,7	4440	5,7	15,8	1,0	28,3	0,0	Mezclada
GC20	7,7	271	0,8	0,5	0,2	1,2	0,0	Mezclada
GC21	8,6	2320	2,7	11,9	0,4	9,6	0,0	Mezclada
GC22s	8,1	1546	1,2	6,5	0,5	8,8	0,0	Mezclada
GC22t	8,5	624	0,9	2,0	0,2	3,4	0,0	Galería
GC23	8,2	281	0,6	0,7	0,2	1,4	0,0	Galería
GC24	7,8	2780	8,5	11,4	0,5	11,0	0,0	-
GC25*	8,4	568	1,5	1,6	0,1	2,5	0,0	Presa

n Agua de presa ñ Agua de pozo s Agua mezclada t Agua de galería

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada - Se desconoce la procedencia

**Tabla 5 (continuación)**  
**Datos analíticos de las aguas de riego. Isla de Gran Canaria**

Agua	Aniones (meq/L)					∑ Ani	∑ Cat
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		
GC1n	2,0	1,1	0,9	0,0	0,6	4,8	5,1
GC1ñ	27,7	16,7	1,5	0,0	3,6	49,5	52,1
GC2	11,0	11,1	1,4	0,0	2,1	25,5	27,0
GC3	1,7	1,1	0,9	0,0	0,1	4,0	4,2
GC4	7,3	5,7	1,6	0,4	0,8	15,8	16,4
GC6	3,4	0,9	2,7	0,5	0,2	7,7	8,1
GC7	2,8	0,7	3,4	0,0	0,3	7,2	7,6
GC9	10,6	1,7	1,1	0,4	0,3	14,0	14,7
GC10n	1,2	0,4	0,4	0,2	0,1	2,3	2,5
GC10ñ	27,8	10,2	0,6	0,0	1,1	39,6	39,9
GC11	3,5	1,5	2,9	1,9	0,0	9,8	9,6
GC12	1,7	0,2	1,3	0,0	0,0	3,2	3,1
GC13	1,5	0,4	7,6	1,1	0,1	10,6	10,1
GC14	2,5	1,0	5,7	2,4	0,0	11,6	11,9
GC15	5,1	2,5	2,5	0,9	0,6	11,5	10,9
GC16	10,1	1,5	14,5	0,0	0,1	26,2	24,9
GC18	1,8	0,7	1,9	0,0	33,5	37,9	34,1
GC19	25,1	21,2	3,1	2,6	0,4	52,4	50,8
GC20	1,0	0,3	1,4	0,0	0,1	2,8	2,6
GC21	16,2	2,0	5,6	2,2	0,1	26,0	24,5
GC22s	3,1	5,8	9,0	0,0	0,0	17,9	17,0
GC22t	1,6	1,9	2,6	0,7	0,2	6,9	6,5
GC23	0,9	0,2	1,9	0,0	0,1	3,0	2,8
GC24	12,1	13,8	4,1	0,0	3,3	33,3	31,4
GC25*	2,0	2,4	0,9	0,1	0,1	5,5	5,8

n Agua de presa ñ Agua de pozo s Agua mezclada t Agua de galería

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada ∑ Ani Suma de aniones ∑ Cat Suma de cationes

**Tabla 5 (continuación)**  
**Datos analíticos de las aguas de riego. Isla de Gran Canaria**

Agua	(μS/cm)		Cationes (meq/L)					Origen
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
GC26*	9,3	2140	0,7	5,3	0,4	14,8	0,0	Pozo
GC27*	8,8	922	2,1	2,9	0,3	4,5	0,0	Presa
GC28*	8,5	492	1,3	1,5	0,2	2,3	0,0	Mezclada
GC29*	8,4	555	1,3	2,0	1,6	0,3	0,0	Pozo
GC30*	8,6	811	2,0	2,8	0,3	3,7	0,0	Pozo
GC31*	7,0	401	1,1	1,0	0,1	1,9	0,0	-
GC32*	8,4	699	2,4	3,4	0,3	2,3	0,0	Presa
GC33*	8,3	492	1,4	1,3	0,3	2,2	0,0	Pozo

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada - Se desconoce la procedencia

**Tabla 5 (continuación)**  
**Datos analíticos de las aguas de riego. Isla de Gran Canaria**

Agua	Aniones (meq/L)						
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	∑ Ani	∑ Cat
GC26*	8,0	5,2	2,9	4,6	1,9	22,4	21,2
GC27*	3,8	1,4	3,6	1,2	0,1	10,0	9,8
GC28*	1,3	0,3	3,4	0,5	0,1	5,5	5,3
GC29*	1,2	0,3	3,2	0,7	0,0	5,4	5,2
GC30*	3,1	0,7	4,1	1,0	0,1	9,0	8,7
GC31*	1,9	0,4	2,0	0,0	0,7	5,0	4,1
GC32*	1,5	0,3	5,1	1,3	0,0	8,2	8,3
GC33*	0,8	0,4	3,9	0,3	0,2	5,5	5,2

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

∑ Ani Suma de aniones ∑ Cat Suma de cationes

**Tabla 6**  
**Datos analíticos de las aguas de riego. Isla de Fuerteventura**

Agua	(μS/cm)		Cationes (meq/L)					Origen
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
F1	8,0	5950	6,6	11,5	0,5	48,3	0,0	Pozo
F2	8,0	8390	4,8	10,4	0,9	72,1	0,0	Pozo
F3	7,7	8350	3,8	6,9	0,8	76,7	0,0	Pozo

**Tabla 6 (continuación)**  
**Datos analíticos de las aguas de riego. Isla Fuerteventura**

Agua	Aniones (meq/L)						
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	∑ Ani	∑ Cat
F1	37,0	26,8	6,0	0,0	0,1	69,8	66,9
F2	59,8	29,6	3,3	0,0	0,6	93,2	88,2
F3	60,4	27,9	4,6	0,0	0,8	93,7	88,1

∑ Ani Suma de aniones ∑ Cat Suma de cationes

**Tabla 7**  
**Datos analíticos de aguas de riego de la EDAR**

Agua	(μS/cm)		Cationes (meq/L)				
	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
E.B	8,0	1548	1,6	2,3	1,0	8,7	2,3
B.V	8,0	1519	1,6	2,4	0,9	8,7	2,2
B.S.I.M	8,5	1440	1,0	2,5	1,4	9,9	1,0
B.S.I.F	7,8	1535	1,1	2,6	1,0	10,0	2,0

Según datos del Dpto. Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica (1994)

EDAR Estación Depuradora de Aguas Residuales de Santa Cruz de Tenerife E.B Estación de Bombeo  
B.V Balsa Valle San Lorenzo B.S.I.M Balsa San Isidro muestreo Medio B.S.I.F Balsa San Isidro muestreo Fondo

**Tabla 7 (continuación)**  
**Datos analíticos de aguas de riego de la EDAR**

Agua	Aniones (meq/L)						∑ Ani	∑ Cat
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			
<b>E.B</b>	3,3	2,2	9,7	0,0	0,1		15,3	15,9
<b>B.V</b>	3,6	1,9	10,4	0,0	0,1		16,0	15,8
<b>B.S.I.M</b>	2,4	2,0	10,0	0,6	0,4		15,4	15,8
<b>B.S.I.F</b>	2,3	1,7	11,5	0,0	0,2		15,7	16,7

Según datos del Dpto. Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica (1994)

**EDAR** Estación Depuradora de Aguas Residuales de Santa Cruz de Tenerife **E.B** Estación de Bombeo

**B.V** Balsa Valle San Lorenzo **B.S.I.M** Balsa San Isidro muestreo Medio **B.S.I.F** Balsa San Isidro muestreo Fondo

∑ **Ani** Suma de aniones ∑ **Cat** Suma de cationes

# **ANEXO VIII**

## **DATOS CORREGIDOS** **DE LAS AGUAS DE RIEGO**

**OBTENIDOS DEL MODELO DE SUAREZ (1978)**

**Tabla 1**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	Cationes (meq/L)					
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c
T1	0,8	0,8	1,1	1,1	2,2	2,2
T3	0,6	0,5	2,8	2,4	5,4	5,4
T4	1,3	0,9	2,4	1,8	7,0	6,9
T5	1,7	1,4	4,5	3,9	12,7	12,6
T7	0,4	0,3	2,0	1,7	5,5	5,4
T9	0,5	0,4	0,9	0,8	0,3	0,3
T10	0,6	0,4	1,6	1,3	3,3	3,3
T11	0,5	0,4	1,1	1,0	3,6	3,5
T12	0,7	0,5	2,8	2,2	10,7	10,5
T16	1,3	1,0	2,8	2,3	6,9	6,8
T17	1,5	1,2	4,3	3,5	7,9	7,8
T18	1,1	0,7	10,3	7,2	15,0	14,6
T19	0,3	0,2	9,6	6,8	14,5	14,2
T20	0,1	0,1	9,5	5,4	32,2	31,1
T21	0,9	0,8	1,5	1,4	3,0	3,0
T22	2,8	2,2	5,3	4,4	11,5	11,3
T24	0,9	0,7	2,1	1,7	9,5	9,4
T25	0,6	0,5	3,7	3,0	8,0	7,9
T26	2,3	1,8	5,2	4,2	9,3	9,2
T27	1,4	1,3	1,3	1,2	3,5	3,5
T28	0,4	0,2	9,8	6,2	19,6	19,0
T32	1,0	0,6	3,8	2,8	8,7	8,6
T33	1,3	0,9	3,9	2,9	8,7	8,6
T34	0,3	0,2	4,8	3,5	7,4	7,3
T36	1,2	0,9	4,1	3,4	4,9	4,8

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 1 (continuación)**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	Aniones (meq/L)					
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-c</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-c</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-c</sup>
T1	0,5	0,4	1,1	1,1	0,0	0,0
T3	1,7	1,4	1,3	1,7	0,7	0,3
T4	2,0	1,9	2,0	2,8	1,7	1,2
T5	3,5	2,9	1,8	2,1	0,7	0,3
T7	0,7	0,6	5,3	0,3	1,0	0,5
T9	0,7	0,6	3,5	4,0	0,9	0,5
T10	0,7	0,7	3,3	3,9	1,2	0,7
T11	0,6	0,6	3,0	3,6	0,9	0,4
T12	0,8	0,7	8,9	12,0	4,0	0,8
T16	1,2	1,0	3,5	9,6	6,6	0,4
T17	2,1	1,7	7,4	9,2	2,5	0,4
T18	6,2	4,8	12,4	16,0	5,8	1,5
T19	5,8	4,6	8,7	14,9	8,1	1,4
T20	7,9	6,5	8,4	24,1	20,8	5,1
T21	0,6	0,6	1,9	2,9	1,2	0,1
T22	2,9	2,3	9,7	11,2	2,5	0,5
T24	1,7	1,5	7,6	9,2	2,2	0,5
T25	2,5	2,1	5,9	8,1	2,7	0,4
T26	3,2	2,6	11,3	12,5	2,1	0,4
T27	0,4	0,3	3,1	3,4	0,4	0,1
T28	5,3	4,3	14,6	19,5	8,3	3,1
T32	1,6	1,4	7,2	10,0	4,5	1,7
T33	1,6	1,4	8,5	10,7	3,6	1,5
T34	0,5	0,4	8,2	10,8	4,3	1,8
T36	0,5	0,4	6,2	7,6	2,4	0,8

<sup>c</sup> Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)



**Tabla 1 (continuación)**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	SARa	SARpHc	SARadj	SARcar	I (M)	pCO <sub>2</sub>	pIAP
T1	2,2	2,4	1,8	2,2	0,005	16,5	9,3
T3	4,2	4,8	3,8	4,4	0,011	0,6	7,7
T4	5,2	6,2	5,0	6,0	0,013	0,5	7,0
T5	7,2	8,2	6,9	7,7	0,022	1,2	7,5
T7	5,0	6,1	5,0	5,4	0,009	5,4	7,8
T9	0,4	1,1	0,4	0,4	0,007	2,4	7,6
T10	3,2	4,0	3,1	3,5	0,007	1,5	7,4
T11	4,0	4,7	3,7	4,3	0,006	2,2	7,7
T12	8,2	9,6	8,4	9,0	0,016	13,8	7,4
T16	4,9	6,3	5,0	5,3	0,014	17,7	7,4
T17	4,7	6,3	5,0	5,1	0,017	16,7	7,4
T18	6,3	8,3	6,5	7,3	0,031	14,0	7,1
T19	6,5	8,4	6,6	7,6	0,029	13,1	7,7
T20	14,7	16,8	14,8	18,8	0,049	10,1	7,8
T21	2,8	3,6	2,6	2,9	0,007	7,0	8,0
T22	5,7	7,4	6,5	6,3	0,024	20,0	7,0
T24	7,8	9,1	8,3	8,5	0,015	13,4	7,5
T25	5,4	6,7	5,5	5,9	0,015	11,7	7,7
T26	4,8	6,5	5,4	5,3	0,021	28,2	7,2
T27	3,1	4,0	3,2	3,2	0,008	8,0	7,8
T28	8,7	10,7	8,9	10,6	0,035	10,6	7,4
T32	5,6	7,2	5,8	6,6	0,017	4,6	7,0
T33	5,4	7,0	5,8	6,2	0,017	6,1	6,9
T34	4,7	6,3	4,7	5,4	0,016	4,9	7,5
T36	3,0	4,4	3,1	3,3	0,013	5,6	7,1

**SARa** (USSL Staff, 1954) **SARpHc** (Ayers y Westcot, 1976) **SARadj** (Suarez, 1981) **SARcar** (Suarez, 1978 y modificado por Alves, 1983) **I** Fuerza iónica (moles/L) **pCO<sub>2</sub>** Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm x 10<sup>-4</sup>)  
**pIAP** Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos

**Tabla 1 (continuación)**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	Cationes (meq/L)					
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+c</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+c</sup>	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+c</sup>
<b>T37</b>	0,2	0,1	5,4	3,8	7,0	6,9
<b>T39</b>	0,2	0,2	4,0	3,2	5,0	5,0
<b>T40</b>	0,5	0,3	4,1	3,3	4,7	4,6
<b>T42</b>	0,4	0,3	3,2	2,5	4,0	4,0
<b>T45</b>	0,2	0,1	4,1	3,1	5,0	4,9
<b>T46</b>	3,2	2,9	6,8	6,2	11,7	11,7
<b>T50*</b>	0,7	0,6	1,9	1,7	3,4	3,4
<b>T51*</b>	0,7	0,6	0,8	0,7	2,1	2,1
<b>T52*</b>	0,5	0,4	0,6	0,5	2,2	2,2
<b>T53*</b>	0,8	0,7	1,4	1,3	5,8	5,8
<b>T54*</b>	1,8	1,5	3,5	3,0	6,5	6,4
<b>T55*</b>	0,1	0,1	0,2	0,2	4,0	4,0
<b>T56*</b>	1,1	1,0	1,0	0,9	1,7	1,7
<b>T57*</b>	1,2	1,1	0,7	0,7	1,8	1,8
<b>T58*</b>	0,2	0,1	3,3	2,6	5,0	4,9
<b>T59*</b>	1,5	1,4	1,4	1,3	2,8	2,8

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada e Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 1 (continuación)**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	Aniones (meq/L)					
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-c</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-c</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-c</sup>
T37	1,1	0,9	4,9	8,0	5,0	2,2
T39	0,8	0,7	3,3	6,4	4,0	1,1
T40	0,7	0,6	3,4	6,3	4,1	1,1
T42	0,4	0,3	3,1	5,5	3,3	1,1
T45	0,4	0,3	3,7	6,5	4,2	1,7
T46	2,5	1,9	1,9	2,5	0,8	0,1
T50*	0,5	0,4	3,3	3,6	0,4	0,1
T51*	0,7	0,7	1,4	1,4	0,0	0,0
T52*	0,7	0,6	1,1	1,5	0,5	0,2
T53*	1,9	1,7	2,1	2,0	0,0	0,0
T54*	1,0	0,8	9,1	9,6	1,0	0,3
T55*	0,2	0,2	0,5	0,5	0,0	0,0
T56*	0,3	0,3	3,5	3,5	0,0	0,0
T57*	0,3	0,3	2,9	3,2	0,4	0,1
T58*	0,6	0,5	3,2	5,9	3,7	1,2
T59*	0,7	0,6	3,1	3,3	0,3	0,0

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada e Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 1 (continuación)**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	SARa	SARpHc	SARadj	SARcar	I (M)	pCO <sub>2</sub>	pIAP
T37	4,2	5,8	4,2	4,9	0,016	2,3	7,6
T39	3,4	4,7	3,4	3,8	0,012	3,0	7,8
T40	3,1	4,5	3,1	3,4	0,012	3,0	7,4
T42	3,0	4,2	2,9	3,3	0,010	2,0	7,5
T45	3,4	4,7	3,4	3,9	0,012	1,9	7,6
T46	5,2	6,3	5,2	5,5	0,028	3,4	7,5
T50*	3,0	3,9	3,0	3,1	0,007	6,7	8,0
T51*	2,5	2,8	2,1	2,5	0,005	5,4	8,7
T52*	3,0	3,1	2,4	3,2	0,005	0,7	7,9
T53*	5,6	6,0	5,2	5,8	0,009	75,5	9,5
T54*	4,0	5,5	4,5	4,2	0,015	27,9	7,4
T55*	10,1	9,2	6,1	10,2	0,004	25,5	10,9
T56*	1,7	2,4	1,8	1,7	0,005	53,2	8,7
T57*	1,9	2,6	2,0	2,0	0,005	7,7	7,9
T58*	3,7	4,9	3,7	4,2	0,011	2,2	7,7
T59*	2,4	3,3	2,5	2,4	0,007	15,5	8,1

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada **SARa** (USSL Staff, 1954) **SARpHc** (Ayers y Westcot, 1976) **SARadj** (Suarez, 1981) **SARcar** (Suarez, 1978 y modificado por Alves, 1983) **I** Fuerza iónica (moles/L) **pCO<sub>2</sub>** Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm x 10<sup>-4</sup>) **pIAP** Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos

**Tabla 2**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de La Palma**

Agua	Cationes (meq/L)					
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c
LP1	0,3	0,3	0,3	0,3	1,6	1,6
LP2	0,3	0,2	0,2	0,2	1,2	1,2
LP5	0,4	0,4	0,3	0,2	1,0	1,0
LP6	1,9	1,7	1,0	0,8	3,8	3,8
LP8	1,5	1,3	0,9	0,8	3,4	3,4
LP9	2,0	1,7	1,0	0,9	3,3	3,3
LP10	0,6	0,5	1,9	1,6	8,0	7,9
LP12	0,8	0,7	1,4	1,2	5,3	5,2
LP15	0,2	0,2	0,1	0,1	0,4	0,4

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 2 (continuación)**  
**Datos corregidos aguas de riego Isla La Palma**

Agua	Aniones (meq/L)					
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> c	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> c	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> c
LP1	0,5	0,5	0,9	1,2	0,3	0,1
LP2	0,5	0,4	0,8	0,8	0,0	0,0
LP5	2,6	2,5	0,5	0,5	0,0	0,0
LP6	2,5	2,2	3,7	3,6	0,0	0,1
LP8	2,6	2,3	3,0	3,0	0,1	0,1
LP9	2,8	2,4	2,5	2,5	0,0	0,0
LP10	2,5	2,2	5,2	5,4	0,5	0,2
LP12	2,3	2,1	4,9	5,1	0,4	0,2
LP15	0,3	0,3	0,5	0,5	0,0	0,0

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 2 (continuación)**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de La Palma**

Agua	SARa	SARpHc	SARadj	SARcar	I (M)	pCO <sub>2</sub>	pIAP
LP1	2,9	2,6	2,0	3,0	0,003	0,9	8,3
LP2	2,6	2,0	1,7	2,6	0,002	24,3	10,2
LP5	1,7	1,2	0,9	1,8	0,007	43,4	10,8
LP6	3,2	4,2	3,6	3,4	0,009	16,9	8,0
LP8	3,1	3,9	3,3	3,3	0,008	8,9	7,9
LP9	2,7	3,5	2,9	2,9	0,009	11,6	8,1
LP10	7,2	8,2	7,2	7,7	0,014	10,0	7,9
LP12	4,9	5,8	5,1	5,3	0,010	9,5	7,8
LP15	1,0	0,2	0,5	1,0	0,001	50,0	11,0

SARa (USSL Staff, 1954) SARpHc (Ayers y Westcot, 1976) SARadj (Suarez, 1981) SARcar (Suarez, 1978 y modificado por Alves, 1983) I Fuerza iónica (moles/L) pCO<sub>2</sub> Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm x 10<sup>-4</sup>) pIAP Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos

**Tabla 3**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de La Gomera**

Agua	Cationes (meq/L)					
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+c</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+c</sup>	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+c</sup>
LG1	1,3	1,1	1,5	1,3	2,3	2,2
LG2	1,7	1,6	1,6	1,5	2,2	2,2
LG3	2,5	2,2	2,5	2,2	4,6	4,6
LG4	0,7	0,6	1,3	1,1	3,9	3,9
LG5	0,6	0,6	0,7	0,7	1,6	1,6
LG8	1,9	1,7	2,7	2,3	5,0	5,0
LG9	1,9	1,7	2,5	2,2	4,9	4,8
LG10j	2,3	1,9	3,0	2,6	5,5	5,5
LG10k	3,5	3,0	4,3	3,6	8,5	8,4

j Agua de riego actual k Agua de riego anterior  
c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 3 (continuación)**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de La Gomera**

Agua	Aniones (meq/L)					
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-c</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-c</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-c</sup>
LG1	2,0	1,7	2,0	1,9	0,0	0,0
LG2	1,5	1,3	2,1	2,1	0,0	0,0
LG3	2,2	1,8	4,5	4,5	0,3	0,1
LG4	2,3	2,1	1,5	1,5	0,0	0,0
LG5	0,4	0,4	1,4	1,4	0,1	0,0
LG8	2,2	1,8	4,2	4,4	0,4	0,1
LG9	2,2	1,9	4,3	4,3	0,2	0,1
LG10j	2,9	2,4	4,1	4,2	0,4	0,1
LG10k	3,8	3,0	7,3	7,0	0,0	0,0

j Agua de riego actual k Agua de riego anterior  
 c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los  
 coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 3 (continuación)**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de La Gomera**

Agua	SARa	SARpH <sub>c</sub>	SARadj	SARcar	I (M)	pCO <sub>2</sub>	pIAP
LG1	1,9	2,6	1,8	2,0	0,007	36,4	9,0
LG2	1,7	2,4	1,7	1,8	0,008	15,4	8,4
LG3	2,9	4,1	3,3	3,1	0,013	13,3	7,6
LG4	4,0	4,4	3,6	4,2	0,008	43,4	9,6
LG5	1,9	2,1	1,7	2,0	0,004	4,4	8,5
LG8	3,3	4,5	3,6	3,5	0,012	10,2	7,6
LG9	3,3	4,3	3,6	3,5	0,012	12,7	7,7
LG10j	3,4	4,6	3,7	3,6	0,014	9,8	7,6
LG10k	4,3	5,9	5,1	4,6	0,020	126,5	8,1

j Agua de riego actual k Agua de riego anterior  
 SARa (USSL Staff, 1954) SARpH<sub>c</sub> (Ayers y Westcot, 1976) SARadj (Suarez, 1981) SARcar (Suarez, 1978  
 y modificado por Alves, 1983) I Fuerza iónica (moles/L) pCO<sub>2</sub> Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm x 10<sup>-4</sup>)  
 pIAP Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos

**Tabla 4**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de El Hierro**

Agua	Cationes (meq/L)					
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c
EH1	0,5	0,4	1,5	1,3	2,7	2,7
EH2	1,5	1,4	1,8	1,6	4,8	4,8
EH8	0,5	0,4	1,3	1,1	2,3	2,3
EH9	0,4	0,3	1,4	1,2	2,8	2,8
EH10*	1,7	1,6	5,6	5,4	13,8	13,7

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 4 (continuación)**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de El Hierro**

Agua	Aniones (meq/L)					
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> c	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> c	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> c
EH1	0,6	0,5	2,6	3,0	0,6	0,3
EH2	1,1	0,9	2,9	3,0	0,3	0,1
EH8	0,5	0,4	2,2	2,6	0,5	0,2
EH9	1,5	1,3	2,0	2,6	1,1	0,6
EH10*	-	-	5,9	5,7	0,0	0,0

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 4 (continuación)**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de El Hierro**

Agua	SARa	SARpHc	SARadj	SARcar	I (M)	pCO <sub>2</sub>	pIAP
EH1	2,7	3,4	2,6	2,8	0,006	2,3	7,8
EH2	3,8	4,6	3,9	3,9	0,010	7,1	7,8
EH8	2,5	3,0	2,3	2,6	0,005	2,5	8,0
EH9	2,9	3,6	2,7	3,2	0,007	0,8	7,6
EH10*	7,2	8,6	7,6	7,3	0,024	100,1	8,5

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

SARa (USSL Staff, 1954) SARpHc (Ayers y Westcot, 1976) SARadj (Suarez, 1981) SARcar (Suarez, 1978 y modificado por Alves, 1983) I Fuerza iónica (moles/L) pCO<sub>2</sub> Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm x 10<sup>-4</sup>) pIAP Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos



**Tabla 5**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de Gran Canaria**

Agua	Cationes (meq/L)					
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c
GC1n	1,1	1,1	1,2	1,1	2,0	2,0
GC1ñ	14,6	12,1	17,3	13,9	19,6	19,3
GC2	5,5	4,4	7,0	5,5	13,9	13,7
GC3	1,0	1,0	1,1	1,0	1,9	1,9
GC4	2,2	1,9	6,7	5,6	6,5	6,5
GC6	1,7	1,5	2,8	2,6	3,6	3,6
GC7	1,6	1,5	2,9	2,8	3,0	3,0
GC9	2,1	1,9	4,0	3,7	8,4	8,3
GC10n	0,6	0,5	0,4	0,4	1,3	1,3
GC10ñ	5,7	4,8	6,0	5,0	26,1	25,8
GC11	1,3	0,7	1,7	1,1	6,4	6,4
GC12	0,8	0,7	0,8	0,8	0,1	1,4
GC13	2,7	1,2	4,2	2	2,5	2,5
GC14	1,2	1,0	4,3	5,1	5,9	5,8
GC15	1,8	1,5	2,8	2,5	6,0	6,0
GC16	0,7	0,6	2,3	2,0	20,9	20,5
GC18	0,7	0,7	0,3	0,2	2,1	2,1
GC19	5,7	4,1	15,8	11,3	28,3	27,7
GC20	0,8	0,7	0,5	0,5	1,2	1,2
GC21	2,7	2,3	11,9	10,5	9,6	9,5
GC22s	1,2	0,9	6,5	5,2	8,8	8,7
GC22t	0,9	0,8	2,0	1,8	3,4	3,3
GC23	0,6	0,6	0,7	0,6	1,4	1,4
GC24	8,5	6,7	11,4	8,9	11,0	10,9
GC25*	1,5	1,4	1,6	1,5	2,5	2,5

n Agua de presa ñ Agua de pozo s Agua mezclada t Agua de galería

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 5 (continuación)**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de Gran Canaria**

Agua	Aniones (meq/L)					
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-c</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-c</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-c</sup>
GC1n	1,1	1,0	0,9	0,9	0,0	0,0
GC1ñ	16,7	10,6	1,5	1,3	0,0	0,0
GC2	11,1	8,4	1,4	1,3	0,0	0,0
GC3	1,1	1,0	0,9	0,9	0,0	0,0
GC4	5,7	4,4	1,6	1,8	0,4	0,1
GC6	0,9	0,7	2,7	3,0	0,5	0,2
GC7	0,7	0,6	3,4	3,3	0,0	0,0
GC9	1,7	1,4	1,1	1,3	0,4	0,1
GC10n	0,4	0,4	0,4	0,6	0,2	0,1
GC10ñ	10,2	7,8	0,6	0,6	0,0	0,0
GC11	1,5	1,4	2,9	2,7	1,9	2,9
GC12	0,2	0,2	1,3	1,2	0,0	0,0
GC13	0,4	0,3	7,6	8,3	1,1	0,1
GC14	1,0	0,8	5,7	7,3	2,4	0,6
GC15	2,5	2,1	2,5	3,2	0,9	0,1
GC16	1,5	1,3	14,5	14,0	0,0	0,1
GC18	0,7	0,7	1,9	1,9	0,0	0,0
GC19	21,2	15,2	3,1	4,9	2,6	0,4
GC20	0,3	0,2	1,4	1,4	0,0	0,0
GC21	2,0	1,4	5,6	6,9	2,2	0,4
GC22s	5,8	4,6	9,0	8,6	0,0	0,2
GC22t	1,9	1,7	2,6	3,1	0,7	0,1
GC23	0,2	0,2	1,9	1,8	0,0	0,0
GC24	13,8	9,6	4,1	3,8	0,0	0,0
GC25	2,4	2,1	0,9	1,0	0,1	0,0

n Agua de presa ñ Agua de pozo s Agua mezclada t Agua de galería

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 5 (continuación)**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de Gran Canaria**

Agua	SARa	SARpH <sub>c</sub>	SARadj	SARcar	I (M)	pCO <sub>2</sub>	pIAP
GC1n	1,9	2,2	1,5	2,0	0,006	14,0	9,2
GC1ñ	4,9	6,2	5,2	5,4	0,063	68,8	8,9
GC2	5,6	6,6	5,4	6,1	0,033	45,2	9,0
GC3	1,9	2,1	1,6	1,9	0,005	7,0	9,0
GC4	3,1	4,1	3,0	3,3	0,021	2,5	7,8
GC6	2,4	3,4	2,5	2,5	0,010	3,5	7,5
GC7	2,0	2,9	2,1	2,0	0,010	62,2	8,6
GC9	4,8	5,6	4,3	5,0	0,018	1,2	7,7
GC10n	1,9	1,5	1,1	1,9	0,003	0,4	8,3
GC10ñ	10,8	11,3	8,9	11,7	0,046	23,7	9,5
GC11	5,3	6,3	5,3	6,8	0,013	0,2	6,7
GC12	1,6	1,8	1,4	1,6	0,004	6,1	8,7
GC13	1,3	2,9	1,5	1,4	0,013	38,3	7,5
GC14	3,6	5,0	3,7	3,3	0,014	6,7	7,2
GC15	4,0	5,0	4,0	4,2	0,014	5,9	7,7
GC16	17,3	18,7	18,4	18,2	0,027	310,6	8,7
GC18	3,0	3,2	2,5	3,1	0,029	67,0	9,7
GC19	8,6	10,3	9,0	9,9	0,061	5,1	7,1
GC20	1,5	1,7	1,3	1,6	0,003	17,5	9,0
GC21	3,5	5,3	3,7	3,8	0,031	9,5	7,2
GC22s	4,5	6,2	4,7	4,9	0,021	38,6	7,9
GC22t	2,8	3,7	2,8	2,9	0,009	5,8	7,9
GC23	1,7	2,0	1,5	1,7	0,004	7,0	8,5
GC24	3,5	5,1	4,0	3,9	0,041	32,6	7,8
GC25*	2,0	2,4	1,6	2,1	0,008	2,3	8,3

n Agua de presa ñ Agua de pozo s Agua mezclada t Agua de galería \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada  
**SARa** (USSSL Staff, 1954) **SARpH<sub>c</sub>** (Ayers y Westcot, 1976) **SARadj** (Suarez, 1981) **SARcar** (Suarez, 1978  
y modificado por Alves, 1983) **I** Fuerza iónica (moles/L) **pCO<sub>2</sub>** Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm x 10<sup>-4</sup>)  
**pIAP** Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos

**Tabla 5 (continuación)**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de Gran Canaria**

Agua	Cationes (meq/L)					
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c
GC26*	0,7	0,5	5,3	3,8	14,8	14,6
GC27*	2,1	1,8	2,9	2,6	4,5	4,5
GC28*	1,3	1,2	1,5	1,4	2,3	2,2
GC29*	1,3	1,2	2,0	1,9	0,3	0,3
GC30*	2,0	1,7	2,8	2,5	3,7	3,7
GC31*	1,1	1,0	1,0	1,0	1,9	1,9
GC32*	2,4	2,1	3,4	3,1	2,3	2,2
GC33*	1,4	1,3	1,3	1,2	2,2	2,2

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada  
 c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los  
 coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 5 (continuación)**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de Gran Canaria**

Agua	Aniones (meq/L)					
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> c	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> c	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> c
GC26*	5,2	4,4	2,9	5,9	4,6	1,7
GC27*	1,4	1,1	3,6	4,4	1,2	0,4
GC28*	0,3	0,3	3,4	3,7	0,5	0,1
GC29*	0,3	0,2	3,2	3,8	0,7	0,1
GC30*	0,7	0,6	4,1	4,7	1,0	0,2
GC31*	0,4	0,4	2,0	2,0	0,0	0,0
GC32*	0,3	0,3	5,1	6,0	1,3	0,2
GC33*	0,4	0,3	3,9	4,0	0,3	0,1

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada  
 c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los  
 coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 5 (continuación)**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de Gran Canaria**

Agua	SARa	SARpH <sub>c</sub>	SARadj	SARcar	I (M)	pCO <sub>2</sub>	pIAP
GC26*	8,5	9,9	8,4	10,0	0,026	1,6	7,2
GC27*	2,8	4,0	3,1	3,0	0,012	4,0	7,2
GC28*	1,9	2,9	2,0	2,0	0,007	7,0	7,7
GC29*	0,2	1,2	0,2	0,2	0,007	9,0	7,8
GC30*	2,4	3,6	2,6	2,6	0,011	7,0	7,3
GC31*	1,9	2,4	1,8	1,9	0,006	118,3	9,5
GC32*	1,3	2,7	1,5	1,4	0,011	14,2	7,4
GC33*	1,9	2,8	2,1	2,0	0,007	12,1	7,8

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

SARa (USSL Staff, 1954) SARpH<sub>c</sub> (Ayers y Westcot, 1976) SARadj (Suarez, 1981) SARcar (Suarez, 1978 y modificado por Alves, 1983) I Fuerza iónica (moles/L) pCO<sub>2</sub> Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm x 10<sup>-4</sup>) pIAP Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos

**Tabla 6**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de Fuerteventura**

Agua	Cationes (meq/L)					
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> c	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> c	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> c
F1	6,6	4,8	11,5	8,1	48,3	47,1
F2	4,8	3,5	10,4	7,5	72,1	70,5
F3	3,8	2,8	6,9	4,9	76,7	74,9

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 6 (continuación)**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de Fuerteventura**

Agua	Aniones (meq/L)					
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> c	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> c	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> c
F1	26,8	20,1	6,0	5,4	0,0	0,1
F2	29,6	22,7	3,3	3,0	0,0	0,1
F3	27,9	22,2	4,6	4,2	0,0	0,0

c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 6 (continuación)**  
**Datos corregidos de las aguas de riego. Isla de Fuerteventura**

Agua	SARa	SARpHc	SARadj	SARcar	I (M)	pCO <sub>2</sub>	pIAP
F1	16,1	17,8	18,2	18,6	0,079	27,5	7,7
F2	26,2	27,5	27,6	30,0	0,102	14,6	8,1
F3	33,3	34,6	35,7	38,0	0,101	41,1	8,4

SARa (USSL Staff, 1954) SARpHc (Ayers y Westcot, 1976) SARadj (Suarez, 1981) SARcar (Suarez, 1978 y modificado por Alves, 1983) I Fuerza iónica (moles/L) pCO<sub>2</sub> Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm x 10<sup>-4</sup>) pIAP Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos

**Tabla 7**  
**Datos corregidos de las aguas de riego de la EDAR**

Agua	Cationes (meq/L)					
	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+c</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+c</sup>	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+c</sup>
E.B	1,6	1,4	2,3	2,0	8,7	8,6
B.V	1,6	1,4	2,4	2,1	8,7	8,6
B.S.I.M	1,0	0,8	2,5	2,1	9,9	9,8
B.S.I.F	1,1	1,0	2,6	2,2	10,0	9,9

EDAR Estación Depuradora de Aguas Residuales de Santa Cruz de Tenerife E.B Estación de Bombeo B.V Balsa Valle San Lorenzo B.S.I.M Balsa San Isidro muestreo Medio B.S.I.F Balsa San Isidro muestreo Fondo c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 7 (continuación)**  
**Datos corregidos de las aguas de riego de la EDAR**

Agua	Aniones (meq/L)					
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2+c</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-c</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2+c</sup>
E.B	2,2	1,9	9,7	9,4	0,0	0,1
B.V	1,9	1,6	10,4	10,1	0,0	0,1
B.S.I.M	2,0	1,7	10,0	10,1	0,6	0,4
B.S.I.F	1,7	1,5	11,5	11,2	0,0	0,1

Según datos del Dpto. Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica (1994) EDAR Estación Depuradora de Aguas Residuales de Santa Cruz de Tenerife E.B Estación de Bombeo B.V Balsa Valle San Lorenzo B.S.I.M Balsa San Isidro muestreo Medio B.S.I.F Balsa San Isidro muestreo Fondo c Concentraciones corregidas a partir de las actividades y de los coeficientes de actividad obtenidos del modelo de Suarez (1978)

**Tabla 7 (continuación)**  
**Datos corregidos de las aguas de riego de la EDAR**

<b>Agua</b>	<b>SARa</b>	<b>SARpH<sub>c</sub></b>	<b>SARadj</b>	<b>SARcar</b>	<b>I (M)</b>	<b>pCO<sub>2</sub></b>	<b>pIAP</b>
<b>E.B</b>	6,2	7,6	7,2	6,6	0,017	53,9	7,8
<b>B.V</b>	6,2	7,6	7,1	6,5	0,017	57,7	7,8
<b>B.S.I.M</b>	7,5	8,9	8,1	8,1	0,017	18,2	7,5
<b>B.S.I.F</b>	7,4	8,9	8,1	7,8	0,017	101,4	8,1

Según datos del Dpto. Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica (1994)

**EDAR** Estación Depuradora de Aguas Residuales de Santa Cruz de Tenerife **E.B** Estación de Bombeo **B.V** Balsa Valle San Lorenzo

**B.S.I.M** Balsa San Isidro muestreo Medio **B.S.I.F** Balsa San Isidro muestreo Fondo

**SARa** (USSL Staff, 1954) **SARpH<sub>c</sub>** (Ayers y Westcot, 1976) **SARadj** (Suarez, 1981) **SARcar** (Suarez, 1978  
y modificado por Alves, 1983) **I** Fuerza iónica (moles/L) **pCO<sub>2</sub>** Presión parcial de CO<sub>2</sub> (atm x 10<sup>-4</sup>)

**pIAP** Logaritmo negativo del producto de las actividades iónicas del calcio y de los carbonatos

# **ANEXO IX**

## **RESTRICCIONES EN EL USO DE LAS AGUAS DE RIEGO POR TOXICIDAD**



**Tabla 1**  
**Restricciones en el uso del agua de riego por toxicidad**  
**Isla de Tenerife**

Agua	Cultivo	Sistema riego		Na	SARa	RNa	Cl	RCI
T1	Rosas	g	s	2,2	2,2	n	2,5	n
T1	Palmita	m	s	2,2	2,2	n	2,5	n
T1	Platanera	mi	s	2,2	2,2	n	2,5	n
T1	Tomate	g	s	2,2	2,2	n	2,5	n
T1	Millo	g	s	2,2	2,2	n	2,5	n
T3	Fresas	g	s	5,4	4,2	l	4,8	l
T4	Strelitzia	g	s	7,0	5,2	l	4,9	l
T4	Papas	a	a	7,0	5,2	s	4,9	s
T4	Rosas	mi	s	7,0	5,2	l	4,9	l
T5	Strelitzia	m	s	12,7	7,2	s	11,0	s
T7	Citricos	a	a	5,5	5,0	s	0,9	n
T7	Aguacate	a	a	5,5	5,0	s	0,9	n
T9	Aguacate	m	s	0,3	0,4	n	0,6	n
T10	Platanera	m	s	3,3	3,2	l	0,3	n
T11	Clavel	m	s	3,6	4,0	l	0,6	n
T11	Gladiolos	m	s	3,6	4,0	l	0,6	n
T12	Platanera	a	a	10,7	8,2	s	0,7	n
T12	Espinacas	a	a	10,7	8,2	s	0,7	n
T12	Lechuga	a	a	10,7	8,2	s	0,7	n
T12	Zanahoria	a	a	10,7	8,2	s	0,7	n
T16	Platanera	mi	s	6,9	4,9	l	0,8	n
T17	Platanera	mi	s	7,9	4,7	l	1,5	n
T18	Ajos	m	s	15,0	6,3	l	1,9	n
T19	Azafran	m	s	14,5	6,5	l	1,7	n
T20	Tomate	g	s	32,2	14,7	l	7,4	l
T21	Platanera	m	s	3,0	2,8	n	1,3	n
T22	Platanera	g	s	11,5	5,7	l	4,9	l
T22	Tomate	g	s	11,5	5,7	l	4,9	l
T24	Platanera	g	s	9,5	7,8	l	1,0	n
T25	Platanera	g	s	8,0	5,4	l	1,5	n
T25	Tomate	g	s	8,0	5,4	l	1,5	n
T26	Rosas	mi	s	9,3	4,8	l	1,6	n
T27	Gladiolos	mi	s	3,5	3,1	l	2,5	n
T27	Tomate	g	s	3,5	3,1	l	2,5	n
T28	Tomate	m	s	19,6	8,7	l	2,5	n
T28	Tomate	g	s	19,6	8,7	l	2,5	n
T28	Millo	m	s	19,6	8,7	l	2,5	n
T28	Papas	m	s	19,6	8,7	l	2,5	n

**g** Goteo **m** Manta **mi** Microaspersión **a** Aspersión **s** Riego superficial **Na** meq/L **SARa** SAR agua de riego **RNa** Restricción en el uso del agua debido al sodio **Cl** meq/L **RCI** Restricción en el uso del agua debido a los cloruros **n** Ninguna restricción **l** Restricción de ligera a moderada **s** Restricción severa

**Tabla 1 (continuación)**  
**Restricciones en el uso del agua de riego por toxicidad**  
**Isla de Tenerife**

Agua	Cultivo	Sistema riego	Na	SARa	RNa	Cl	RCI	
T32	Platanera	g	s	8,7	5,6	1	0,7	n
T33	Platanera	mi	s	8,7	5,4	1	0,7	n
T34	Platanera	g	s	7,4	4,7	1	0,7	n
T34	Cítricos	g	s	7,4	4,7	1	0,7	n
T36	Viña	m	s	4,9	3,0	1	1,1	n
T37	Pimiento	g	s	7,0	4,2	1	1,6	n
T37	Habichuelas	g	s	7,0	4,2	1	1,6	n
T37	Tomate	g	s	7,0	4,2	1	1,6	n
T39	Cítricos	g	s	5,0	3,4	1	1,2	n
T39	Tomate	g	s	5,0	3,4	1	1,2	n
T39	Platanera	g	s	5,0	3,4	1	1,2	n
T40	Platanera	g	s	4,7	3,1	1	1,1	n
T40	Aguacate	g	s	4,7	3,1	1	1,1	n
T40	Tomate	g	s	4,7	3,1	1	1,1	n
T40	Pimiento	g	s	4,7	3,1	1	1,1	n
T40	Platanera	g	s	4,7	3,1	1	1,1	n
T40	Acelga	g	s	4,7	3,1	1	1,1	n
T40	Cítricos	g	s	4,7	3,1	1	1,1	n
T40	Platanera	mi	s	4,7	3,1	1	1,1	n
T42	Aguacate	mi	s	4,0	3,0	1	1,0	n
T42	Cítricos	mi	s	4,0	3,0	1	1,0	n
T42	Mango	mi	s	4,0	3,0	1	1,0	n
T45	Platanera	a	a	5,0	3,4	s	1,1	n
T46	Tomate	g	s	11,7	5,2	1	18,6	s
T46	Cítricos	g	s	11,7	5,2	1	18,6	s
T46	Tomate	g	s	11,7	5,2	1	18,6	s
T50*	Aguacate	mi	s	3,4	3,0	1	1,6	n
T51*	Platanera	a	a	2,1	2,5	n	1,2	n
T51*	Platanera	a	a	2,1	2,5	n	1,2	n
T52*	Platanera	g	s	2,2	3,0	1	0,8	n
T52*	Platanera	g	s	2,2	3,0	1	0,8	n
T53*	Platanera	mi	s	5,8	5,6	1	1,6	n
T54*	Tomate	g	s	6,5	4,0	1	1,2	n
T55*	Platanera	g	s	4,0	10,1	s	2,7	n
T56*	Papas	m	s	1,7	1,7	n	0,3	n
T56*	Viña	m	s	1,7	1,7	n	0,3	n
T57*	Viña	m	s	1,8	1,9	n	0,3	n
T58*	Aguacate	g	s	5,0	3,7	1	0,8	n
T58*	Cítricos	g	s	5,0	3,7	1	0,8	n
T59*	Tomate	g	s	2,8	2,4	n	1,1	n
T59*	Tomate	g	s	2,8	2,4	n	1,1	n

g Goteo m Manta mi Microaspersión a Aspersión s Riego superficial Na meq/L SARa SAR agua de riego Rna Restricción en el uso del agua debido al sodio Cl meq/L RCI Restricción en el uso del agua debido a los cloruros n Ninguna restricción l Restricción de ligera a moderada s Restricción severa \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

**Tabla 1 (continuación)**  
**Restricciones en el uso del agua de riego por toxicidad**  
**Isla de Tenerife**

Agua	Cultivo	Sistema riego	HCO <sub>3</sub>	RBi	N(NO <sub>3</sub> )	RNi	B	RB	
T1	Rosas	g	s	1,1	n	0,1	n	0,1	n
T1	Palmita	m	s	1,1	n	0,1	n	0,1	n
T1	Platanera	mi	s	1,1	n	0,1	n	0,1	n
T1	Tomate	g	s	1,1	n	0,1	n	0,1	n
T1	Millo	g	s	1,1	n	0,1	n	0,1	n
T3	Fresas	g	s	1,3	n	7,3	l	0,1	n
T4	Strelitzia	g	s	2,0	n	1,1	n	0,1	n
T4	Papas	a	a	2,0	l	1,1	n	0,1	n
T4	Rosas	mi	s	2,0	n	1,1	n	0,1	n
T5	Strelitzia	m	s	1,8	n	20,9	l	0,3	n
T7	Citricos	a	a	5,3	l	0,1	n	0,0	n
T7	Aguacate	a	a	5,3	l	0,1	n	0,0	n
T9	Aguacate	m	s	3,5	n	0,0	n	0,0	n
T10	Platanera	m	s	3,3	n	0,0	n	0,0	n
T11	Clavel	m	s	3,0	n	1,0	n	0,0	n
T11	Gladiolos	m	s	3,0	n	1,0	n	0,0	n
T12	Platanera	a	a	8,9	s	0,7	n	0,3	n
T12	Espinacas	a	a	8,9	s	0,7	n	0,3	n
T12	Lechuga	a	a	8,9	s	0,7	n	0,3	n
T12	Zanahoria	a	a	8,9	s	0,7	n	0,3	n
T16	Platanera	mi	s	3,5	n	0,7	n	0,2	n
T17	Platanera	mi	s	7,4	n	1,3	n	0,3	n
T18	Ajos	m	s	12,4	n	0,7	n	0,3	n
T19	Azafran	m	s	8,7	n	1,0	n	0,4	n
T20	Tomate	g	s	8,4	n	0,6	n	0,5	n
T21	Platanera	m	s	1,9	n	3,3	n	0,3	n
T22	Platanera	g	s	9,7	n	2,3	n	0,3	n
T22	Tomate	g	s	9,7	n	2,3	n	0,3	n
T24	Platanera	g	s	7,6	n	2,7	n	0,3	n
T25	Platanera	g	s	5,9	n	2,7	n	0,5	n
T25	Tomate	g	s	5,9	n	2,7	n	0,5	n
T26	Rosas	mi	s	11,3	n	0,6	n	0,1	n
T27	Gladiolos	mi	s	3,1	n	1,3	n	0,2	n
T27	Tomate	g	s	3,1	n	1,3	n	0,2	n
T28	Tomate	m	s	14,6	n	0,6	n	0,5	n
T28	Tomate	g	s	14,6	n	0,6	n	0,5	n
T28	Millo	m	s	14,6	n	0,6	n	0,5	n
T28	Papas	m	s	14,6	n	0,6	n	0,5	n

g Goteo m Manta mi Microaspersión a Aspersión s Riego superficial HCO<sub>3</sub> meq/L RBi Restricción en el uso del agua de riego debido a los bicarbonatos N(NO<sub>3</sub>) Nitratos expresados en mg/L de nitrógeno RNi Restricción en el uso del agua debido a los nitratos B Boro en mg/L RB Restricción en el uso del agua de riego debido al boro n Ninguna restricción l Restricción de ligera a moderada s Restricción severa

**Tabla 1 (continuación)**  
**Restricciones en el uso del agua de riego por toxicidad**  
**Isla de Tenerife**

Agua	Cultivo	Sistema riego	HCO <sub>3</sub>	RBi	N(NO <sub>3</sub> )	RNi	B	RB	
T32	Platanera	g	s	7,2	n	0,8	n	0,2	n
T33	Platanera	mi	s	8,5	n	1,7	n	0,2	n
T34	Platanera	g	s	8,2	n	0,5	n	0,1	n
T34	Cítricos	g	s	8,2	n	0,5	n	0,1	n
T36	Viña	m	s	6,2	n	2,3	n	0,1	n
T37	Pimiento	g	s	4,9	n	2,0	n	0,6	n
T37	Habichuelas	g	s	4,9	n	2,0	n	0,6	n
T37	Tomate	g	s	4,9	n	2,0	n	0,6	n
T39	Cítricos	g	s	3,3	n	0,6	n	0,3	n
T39	Tomate	g	s	3,3	n	0,6	n	0,3	n
T39	Platanera	g	s	3,3	n	0,6	n	0,3	n
T40	Platanera	g	s	3,4	n	0,6	n	0,2	n
T40	Aguacate	g	s	3,4	n	0,6	n	0,2	n
T40	Tomate	g	s	3,4	n	0,6	n	0,2	n
T40	Pimiento	g	s	3,4	n	0,6	n	0,2	n
T40	Platanera	g	s	3,4	n	0,6	n	0,2	n
T40	Acelga	g	s	3,4	n	0,6	n	0,2	n
T40	Cítricos	g	s	3,4	n	0,6	n	0,2	n
T40	Platanera	mi	s	3,4	n	0,6	n	0,2	n
T42	Aguacate	mi	s	3,1	n	0,7	n	0,1	n
T42	Cítricos	mi	s	3,1	n	0,7	n	0,1	n
T42	Mango	mi	s	3,1	n	0,7	n	0,1	n
T45	Platanera	a	a	3,7	l	0,6	n	0,0	n
T46	Tomate	g	s	1,9	n	0,7	n	0,2	n
T46	Cítricos	g	s	1,9	n	0,7	n	0,2	n
T46	Tomate	g	s	1,9	n	0,7	n	0,2	n
T50*	Aguacate	mi	s	3,3	n	1,0	n	0,0	n
T51*	Platanera	a	a	1,4	n	4,8	n	0,0	n
T51*	Platanera	a	a	1,4	n	4,8	n	0,0	n
T52*	Platanera	g	s	1,1	n	8,0	l	0,0	n
T52*	Platanera	g	s	1,1	n	8,0	l	0,0	n
T53*	Platanera	mi	s	2,1	n	2,8	n	0,1	n
T54*	Tomate	g	s	9,1	n	0,6	n	0,2	n
T55*	Platanera	g	s	0,5	n	8,1	l	0,5	n
T56*	Papas	m	s	3,5	n	1,8	n	0,1	n
T56*	Viña	m	s	3,5	n	1,8	n	0,1	n
T57*	Viña	m	s	2,9	n	3,4	n	0,0	n
T58*	Aguacate	g	s	3,2	n	0,7	n	0,1	n
T58*	Cítricos	g	s	3,2	n	0,7	n	0,1	n
T59*	Tomate	g	s	3,1	n	4,6	n	0,4	n
T59*	Tomate	g	s	3,1	n	4,6	n	0,4	n

g Goteo m Manta mi Microaspersión a Aspersión s Riego superficial HCO<sub>3</sub> meq/L RBi Restricción en el uso del agua de riego debido a los bicarbonatos N(NO<sub>3</sub>) Nitratos expresados en mg/L de nitrógeno RNi Restricción en el uso del agua debido a los nitratos B Boro en mg/L RB Restricción en el uso del agua de riego debido al boro n Ninguna restricción l Restricción de ligera a moderada s Restricción severa

**Tabla 2**  
**Restricciones en el uso del agua de riego por toxicidad**  
**Isla de La Palma**

Agua	Cultivo	Sistema riego		Na	SARa	RNa	Cl	RCI
LP1	Platanera	a	a	1,6	2,9	n	1,2	n
LP2	Platanera	a	a	1,2	2,6	n	0,3	n
LP2	Platanera	a	a	1,2	2,6	n	0,3	n
LP5	Platanera	a	a	1,0	1,7	n	1,0	n
LP6	Platanera	a	a	3,8	3,2	s	0,4	n
LP6	Cítricos	m	s	3,8	3,2	l	0,4	n
LP8	Platanera	a	a	3,4	3,1	l	0,2	n
LP9	Platanera	m	s	3,3	2,7	n	0,9	n
LP10	Mango	a	a	8,0	7,2	s	3,3	s
LP10	Mango	m	s	8,0	7,2	l	3,3	n
LP12	Platanera	a	a	5,3	4,9	s	0,7	n
LP12	Platanera	a	a	5,3	4,9	s	0,7	n
LP15	Platanera	a	a	0,4	1,0	n	0,0	n

**g** Goteo **m** Manta **a** Aspersión **s** Riego superficial **Na** meq/L **SARa** SAR agua de riego **RNa** Restricción en el uso del agua debido al sodio **Cl** meq/L **RCI** Restricción en el uso del agua debido a los cloruros **n** Ninguna restricción **l** Restricción de ligera a moderada **s** Restricción severa

**Tabla 2 (continuación)**  
**Restricciones en el uso del agua de riego por toxicidad**  
**Isla de La Palma**

Agua	Cultivo	Sistema riego		HCO <sub>3</sub>	RBi	N(NO <sub>3</sub> )	RNi	B	RB
LP1	Platanera	a	a	0,9	n	0,3	n	0,1	n
LP2	Platanera	a	a	0,8	n	0,3	n	0,1	n
LP2	Platanera	a	a	0,8	n	0,3	n	0,1	n
LP5	Platanera	a	a	0,5	n	49,0	s	0,2	n
LP6	Platanera	a	a	3,7	l	6,7	l	0,2	n
LP6	Cítricos	m	s	3,7	n	6,7	l	0,2	n
LP8	Platanera	a	a	3,0	l	1,7	n	0,1	n
LP9	Platanera	m	s	2,5	n	3,8	n	0,0	n
LP10	Mango	a	a	5,2	l	7,3	l	0,3	n
LP10	Mango	m	s	5,2	n	7,3	l	0,3	n
LP12	Platanera	a	a	4,9	l	2,2	n	0,2	n
LP12	Platanera	a	a	4,9	l	2,2	n	0,2	n
LP15	Platanera	a	a	0,5	n	0,6	n	0,0	n

**g** Goteo **m** Manta **a** Aspersión **s** Riego superficial **HCO<sub>3</sub>** meq/L **RBi** Restricción en el uso del agua de riego debido a los bicarbonatos **N(NO<sub>3</sub>)** Nitratos expresados en mg/L de nitrógeno **RNi** Restricción en el uso del agua debido a los nitratos **B** Boro en mg/L **RB** Restricción en el uso del agua de riego debido al boro **n** Ninguna restricción **l** Restricción de ligera a moderada **s** Restricción severa

**Tabla 3**  
**Restricciones en el uso del agua de riego por toxicidad**  
**Isla de La Gomera**

Agua	Cultivo	Sistema riego		Na	SARa	RNa	Cl	RCI
LG1	Platanera	m	s	2,3	1,9	n	1,0	n
LG1	Platanera	m	s	2,3	1,9	n	1,0	n
LG2	Platanera	m	s	2,2	1,7	n	1,7	n
LG3	Platanera	m	s	4,6	2,9	n	3,0	n
LG4	Platanera	m	s	3,9	4,0	l	2,3	n
LG5	Platanera	g	s	1,6	1,9	n	1,0	n
LG5	Platanera	m	s	1,6	1,9	n	1,0	n
LG5	Aguacate	mi	s	1,6	1,9	n	1,0	n
LG5	Aguacate	mi	s	1,6	1,9	n	1,0	n
LG8	Platanera	m	s	5,0	3,3	l	2,9	n
LG9	Platanera	m	s	4,9	3,3	l	2,7	n
LG10j	Platanera	m	s	5,5	3,4	l	4,3	l
LG10j	Cítricos	m	s	5,5	3,4	l	4,3	l
LG10j	P. Hortícolas	m	s	5,5	3,4	l	4,3	l
LG10j	Platanera	m	s	5,5	3,4	l	4,3	l
LG10j	Viña	m	s	5,5	3,4	l	4,3	l
LG10j	Viña	m	s	5,5	3,4	l	4,3	l
LG10k	Platanera	m	s	8,5	4,3	l	4,3	l
LG10k	Cítricos	m	s	8,5	4,3	l	4,3	l
LG10k	P. Hortícolas	m	s	8,5	4,3	l	4,3	l
LG10k	Platanera	m	s	8,5	4,3	l	4,3	l
LG10k	Viña	m	s	8,5	4,3	l	4,3	l
LG10k	Viña	m	s	8,5	4,3	l	4,3	l

**g** Goteo **m** Manta **mi** Microaspersión **a** Aspersión **s** Riego superficial **Na** meq/L **SARa** SAR agua de riego **RNa** Restricción en el uso del agua debido al sodio **Cl** meq/L **RCI** Restricción en el uso del agua debido a los cloruros **n** Ninguna restricción **l** Restricción de ligera a moderada **s** Restricción severa **j** Agua de riego actual **k** Agua de riego anterior **P. Hortícolas** Suelo preparado para sembrar hortalizas

**Tabla 3 (continuación)**  
**Restricciones en el uso del agua de riego por toxicidad**  
**Isla de La Gomera**

Agua	Cultivo	Sistema riego		HCO <sub>3</sub>	RBi	N(NO <sub>3</sub> )	RNi	B	RB
LG1	Platanera	m	s	2,0	n	2,4	n	0,0	n
LG1	Platanera	m	s	2,0	n	2,4	n	0,0	n
LG2	Platanera	m	s	2,1	n	4,5	n	0,1	n
LG3	Platanera	m	s	4,5	n	7,6	l	0,1	n
LG4	Platanera	m	s	1,5	n	0,6	n	0,0	n
LG5	Platanera	g	s	1,4	n	0,7	n	0,0	n
LG5	Platanera	m	s	1,4	n	0,7	n	0,0	n
LG5	Aguacate	mi	s	1,4	n	0,7	n	0,0	n
LG5	Aguacate	mi	s	1,4	n	0,7	n	0,0	n
LG8	Platanera	m	s	4,2	n	6,0	l	0,0	n
LG9	Platanera	m	s	4,3	n	6,2	l	0,1	n
LG10j	Platanera	m	s	4,1	n	0,7	n	0,1	n
LG10j	Cítricos	m	s	4,1	n	0,7	n	0,1	n
LG10j	P. Hortícolas	m	s	4,1	n	0,7	n	0,1	n
LG10j	Platanera	m	s	4,1	n	0,7	n	0,1	n
LG10j	Viña	m	s	4,1	n	0,7	n	0,1	n
LG10j	Viña	m	s	4,1	n	0,7	n	0,1	n
LG10k	Platanera	m	s	7,3	n	2,2	n	0,3	n
LG10k	Cítricos	m	s	7,3	n	2,2	n	0,3	n
LG10k	P. Hortícolas	m	s	7,3	n	2,2	n	0,3	n
LG10k	Platanera	m	s	7,3	n	2,2	n	0,3	n
LG10k	Viña	m	s	7,3	n	2,2	n	0,3	n
LG10k	Viña	m	s	7,3	n	2,2	n	0,3	n

g Goteo m Manta mi Microaspersión a Aspersión s Riego superficial HCO<sub>3</sub> meq/L RBi Restricción en el uso del agua de riego debido a los bicarbonatos N(NO<sub>3</sub>) Nitratos expresados en mg/L de nitrógeno RNi Restricción en el uso del agua debido a los nitratos B Boro en mg/L RB Restricción en el uso del agua de riego debido al boro n Ninguna restricción  
 l Restricción de ligera a moderada s Restricción severa j Agua de riego actual k Agua de riego anterior  
 P. Hortícolas Suelo preparado para sembrar hortalizas

**Tabla 4**  
**Restricciones en el uso del agua de riego por toxicidad**  
**Isla El Hierro**

Agua	Cultivo	Sistema riego		Na	SARa	RNa	Cl	RCI
<b>EH1</b>	Platanera	a	a	2,7	2,7	n	1,5	n
<b>EH2</b>	Piña Tropical	g	s	4,8	3,8	l	4,2	l
<b>EH2</b>	Piña Tropical	g	s	4,8	3,8	l	4,2	l
<b>EH2</b>	Mangos	g	s	4,8	3,8	l	4,2	l
<b>EH2</b>	Cítricos	a	a	4,8	3,8	s	4,2	s
<b>EH2</b>	P. Piña	g	s	4,8	3,8	l	4,2	l
<b>EH8</b>	Platanera	g	s	2,3	2,5	n	1,2	n
<b>EH9</b>	Piña Tropical	a	a	2,8	2,9	n	0,8	n
<b>EH9</b>	Platanera	a	a	2,8	2,9	n	0,8	n

g Goteo a Aspersión s Riego superficial Na meq/L SARa SAR agua de riego RNa Restricción en el uso del agua debido al sodio Cl meq/L RCI Restricción en el uso del agua debido a los cloruros n Ninguna restricción l Restricción de ligera a moderada s Restricción severa P. Piña Suelo preparado para sembrar piña tropical

**Tabla 4 (continuación)**  
**Restricciones en el uso del agua de riego por toxicidad**  
**Isla de El Hierro**

Agua	Cultivo	Sistema riego		HCO <sub>3</sub>	RBi	N(NO <sub>3</sub> )	RNi	B	RB
<b>EH1</b>	Platanera	a	a	2,6	l	0,7	n	0,0	n
<b>EH2</b>	Piña Tropical	g	s	2,9	n	2,7	n	0,1	n
<b>EH2</b>	Piña Tropical	g	s	2,9	n	2,7	n	0,1	n
<b>EH2</b>	Mangos	g	s	2,9	n	2,7	n	0,1	n
<b>EH2</b>	Cítricos	a	a	2,9	l	2,7	n	0,1	n
<b>EH2</b>	P. Piña	g	s	2,9	n	2,7	n	0,1	n
<b>EH8</b>	Platanera	g	s	2,2	n	1,1	n	0,0	n
<b>EH9</b>	Piña Tropical	a	a	2,0	l	0,8	n	0,0	n
<b>EH9</b>	Platanera	a	a	2,0	l	0,8	n	0,0	n

g Goteo a Aspersión s Riego superficial HCO<sub>3</sub> meq/L RBi Restricción en el uso del agua de riego debido a los bicarbonatos N(NO<sub>3</sub>) Nitratos expresados en mg/L de nitrógeno RNi Restricción en el uso del agua debido a los nitratos B Boro en mg/L RB Restricción en el uso del agua de riego debido al boro n Ninguna restricción l Restricción de ligera a moderada s Restricción severa P. Piña Suelo preparado para sembrar piña tropical



**Tabla 5**  
**Restricciones en el uso del agua de riego por toxicidad**  
**Isla de Gran Canaria**

Agua	Cultivo	Sistema riego		Na	SARa	RNa	Cl	RCI
GC1n'	Millo	g	s	2,0	1,9	n	2,0	n
GC1ñ	Millo	g	s	19,6	4,9	l	27,7	s
GC2	Tomate	g	s	13,9	5,6	l	11,0	s
GC2	Tomate	g	s	13,9	5,6	l	11,0	s
GC3	Papaya	g	s	1,9	1,9	n	1,7	n
GC4	Papaya	g	s	6,5	3,1	l	7,3	l
GC4	Mango	g	s	6,5	3,1	l	7,3	l
GC4	Tomate	g	s	6,5	3,1	l	7,3	l
GC4	Tomate	g	s	6,5	3,1	l	7,3	l
GC4	Cítrico	g	s	6,5	3,1	l	7,3	l
GC4	Tomate	g	s	6,5	3,1	l	7,3	l
GC4	Tomate	g	s	6,5	3,1	l	7,3	l
GC6	Platanera	g	s	3,6	2,4	n	3,4	n
GC7	Platanera	g	s	3,0	2,0	n	2,8	n
GC7	Aguacate	g	s	3,0	2,0	n	2,8	n
GC9	Berenjena	g	s	8,4	4,8	l	10,6	s
GC10n'	Berenjena	g	s	1,3	1,9	n	1,2	n
GC10n'	Berenjena	g	s	1,3	1,9	n	1,2	n
GC10ñ	Berenjena	g	s	26,1	10,8	s	27,8	s
GC10ñ	Berenjena	g	s	26,1	10,8	s	27,8	s
GC11	Cebolla	m	s	6,4	5,3	l	3,5	n
GC12	Platanera	g	s	1,4	1,6	n	1,7	n
GC13	Platanera	m	s	2,5	1,3	n	1,5	n
GC14	Platanera	mi	s	5,9	3,6	l	2,5	n
GC15	Platanera	g	s	6,0	4,0	l	5,1	l
GC16	Viña	m	s	20,9	17,3	s	10,1	s
GC16	Cítricos	m	s	20,9	17,3	s	10,1	s
GC18	Cítricos	g	s	2,1	3,0	l	1,8	n
GC19	Tomate	g	s	28,3	8,6	l	25,1	s
GC20	Platanera	m	s	1,2	1,5	n	1,0	n
GC21	Tomate	g	s	9,6	3,5	l	16,2	s
GC22s'	Cítricos	mi	s	8,8	4,5	l	3,1	n
GC23	Pimiento	g	s	1,4	1,7	n	0,9	n
GC24	Platanera	mi	s	11,0	3,5	l	12,1	s

**g** Goteo **m** Manta **mi** Microaspersión **s** Riego superficial **Na** meq/L **SARa** SAR agua de riego **RNa** Restricción en el uso del agua debido al sodio **Cl** meq/L **RCI** Restricción en el uso del agua debido a los cloruros **n** Ninguna restricción **l** Restricción de ligera a moderada **s** Restricción severa **n'** Agua de presa **ñ** Agua de pozo **s'** Agua mezclada

**Tabla 5 (continuación)**  
**Restricciones en el uso del agua de riego por toxicidad**  
**Isla de Gran Canaria**

Agua	Cultivo	Sistema riego		Na	SARa	RNa	Cl	RCI
GC26*	Tomate	g	s	14,8	8,5	l	8,0	l
GC27*	Platanera	mi	s	4,5	2,8	n	3,8	n
GC28*	Platanera	g	s	2,3	1,9	n	1,3	n
GC29*	Tomate	g	s	0,3	0,2	n	1,2	n
GC30*	Platanera	g	s	3,7	2,4	n	3,1	n
GC31*	Platanera	g	s	1,9	1,9	n	1,9	n
GC32*	Platanera	mi	s	2,3	1,3	n	1,5	n
GC32*	Platanera	mi	s	2,3	1,3	n	1,5	n
GC33*	Platanera	mi	s	2,2	1,9	n	0,8	n

g Goteo mi Microaspersión s Riego superficial Na meq/L SARa SAR agua de riego RNa Restricción en el uso del agua debido al sodio Cl meq/L RCI Restricción en el uso del agua debido a los cloruros n Ninguna restricción l Restricción de ligera a moderada s Restricción severa \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

**Tabla 5 (continuación)**  
**Restricciones en el uso del agua de riego por toxicidad**  
**Isla de Gran Canaria**

Agua	Cultivo	Sistema riego	HCO <sub>3</sub>	Rbi	N(NO <sub>3</sub> )	Rni	B	RB	
GC1n'	Millo	g	s	0,9	n	9,0	l	0,8	l,t
GC1ñ	Millo	g	s	1,5	n	50,8	s	1,0	l,t
GC2	Tomate	g	s	1,4	n	29,7	l	1,1	l,t
GC2	Tomate	g	s	1,4	n	29,7	l	1,1	l,t
GC3	Papaya	g	s	0,9	n	2,0	n	0,9	l,t
GC4	Papaya	g	s	1,6	n	11,5	l	0,8	l,t
GC4	Mango	g	s	1,6	n	11,5	l	0,8	l,t
GC4	Tomate	g	s	1,6	n	11,5	l	0,8	l,t
GC4	Tomate	g	s	1,6	n	11,5	l	0,8	l,t
GC4	Cítrico	g	s	1,6	n	11,5	l	0,8	l,t
GC4	Tomate	g	s	1,6	n	11,5	l	0,8	l,t
GC4	Tomate	g	s	1,6	n	11,5	l	0,8	l,t
GC6	Platanera	g	s	2,7	n	2,2	n	0,8	l,t
GC7	Platanera	g	s	3,4	n	4,8	n	0,8	l,t
GC7	Aguacate	g	s	3,4	n	4,8	n	0,8	l,t
GC9	Berenjena	g	s	1,1	n	3,8	n	1,0	l,t
GC10n'	Berenjena	g	s	0,4	n	1,0	n	0,8	l,t
GC10n'	Berenjena	g	s	0,4	n	1,0	n	0,8	l,t
GC10ñ	Berenjena	g	s	0,6	n	15,4	l	1,2	l,t
GC10ñ	Berenjena	g	s	0,6	n	15,4	l	1,2	l,t
GC11	Cebolla	m	s	2,9	n	0,7	n	0,1	n
GC12	Platanera	g	s	1,3	n	0,6	n	0,0	n
GC13	Platanera	m	s	7,6	n	1,1	n	0,0	n
GC14	Platanera	mi	s	5,7	n	0,6	n	0,0	n
GC15	Platanera	g	s	2,5	n	8,5	l	0,0	n
GC16	Viña	m	s	14,5	n	1,0	n	2,8	l,u
GC16	Cítricos	m	s	14,5	n	1,0	n	2,8	l,u
GC18	Cítricos	g	s	1,9	n	468,5	s	0,1	n
GC19	Tomate	g	s	3,1	n	6,1	l	0,8	l,t
GC20	Platanera	m	s	1,4	n	1,3	n	0,0	n
GC21	Tomate	g	s	5,6	n	0,7	n	0,8	l,t
GC22s'	Cítricos	mi	s	9,0	n	0,6	n	0,2	n
GC23	Pimiento	g	s	1,9	n	1,3	n	0,0	n
GC24	Platanera	mi	s	4,1	n	46,1	s	0,2	n

g Goteo m Manta mi Microaspersión a Aspersión s Riego superficial HCO<sub>3</sub> meq/L Rbi Restricción en el uso del agua de riego debido a los bicarbonatos N(NO<sub>3</sub>) Nitratos expresados en mg/L de nitrógeno Rni Restricción en el uso del agua debido a los nitratos B Boro en mg/L RB Restricción en el uso del agua de riego debido al boro n Ninguna restricción l Restricción de ligera a moderada s Restricción severa t No supera el límite de tolerancia de la planta al boro u Supera el límite de tolerancia de la planta al boro n' Agua de presa ñ Agua de pozo s' Agua mezclada

**Tabla 5 (continuación)**  
**Restricciones en el uso del agua de riego por toxicidad**  
**Isla de Gran Canaria**

Agua	Cultivo	Sistema riego	HCO <sub>3</sub>	RBi	N(NO <sub>3</sub> )	RNi	B	RB	
GC26*	Tomate	g	s	2,9	n	25,9	l	0,9	l,t
GC27*	Platanera	mi	s	3,6	n	1,0	n	0,2	n
GC28*	Platanera	g	s	3,4	n	1,8	n	0,0	n
GC29*	Tomate	g	s	3,2	n	0,6	n	0,0	n
GC30*	Platanera	g	s	4,1	n	1,8	n	0,0	n
GC31*	Platanera	g	s	2,0	n	9,2	l	0,0	n
GC32*	Platanera	mi	s	5,1	n	0,3	n	0,0	n
GC32*	Platanera	mi	s	5,1	n	0,3	n	0,0	n
GC33*	Platanera	mi	s	3,9	n	2,1	n	0,0	n

g Goteo mi Microaspersión s Riego superficial HCO<sub>3</sub> meq/L RBi Restricción en el uso del agua de riego debido a los bicarbonatos N(NO<sub>3</sub>) Nitratos expresados en mg/L de nitrógeno RNi Restricción en el uso del agua debido a los nitratos B Boro en mg/L RB Restricción en el uso del agua de riego debido al boro n Ninguna restricción l Restricción de ligera a moderada s Restricción severa t No supera el límite de tolerancia de la planta al boro \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

**Tabla 6**  
**Restricciones en el uso del agua de riego por toxicidad**  
**Isla de Fuerteventura**

Agua	Cultivo	Sistema riego	Na	SARa	RNa	Cl	RCI	
F1	Tomate	g	s	48,3	16,1	s	37,0	s
F2	Tomate	g	s	72,1	26,2	s	59,8	s
F3	Alfalfa	ma	s	76,7	33,3	s	60,4	s

g Goteo m Manta s Riego superficial Na meq/L SARa SAR agua de riego RNa Restricción en el uso del agua debido al sodio Cl meq/L RCI Restricción en el uso del agua debido a los cloruros n Ninguna restricción l Restricción de ligera a moderada s Restricción severa

**Tabla 6 (continuación)**  
**Restricciones en el uso del agua de riego por toxicidad**  
**Isla de Fuerteventura**

Agua	Cultivo	Sistema riego	HCO <sub>3</sub>	RBi	N(NO <sub>3</sub> )	RNi	B	RB	
F1	Tomate	g	s	6,0	n	0,8	n	2,2	l,u
F2	Tomate	g	s	3,3	n	7,7	l	2,4	l,u
F3	Alfalfa	m	s	4,6	n	10,6	l	3,6	s,t

g Goteo m Manta s Riego superficial HCO<sub>3</sub> meq/L RBi Restricción en el uso del agua de riego debido a los bicarbonatos N(NO<sub>3</sub>) Nitratos expresados en mg/L de nitrógeno RNi Restricción en el uso del agua debido a los nitratos B Boro en mg/L RB Restricción en el uso del agua de riego debido al boro n Ninguna restricción l Restricción de ligera a moderada s Restricción severa t No supera el límite de tolerancia de la planta al boro u Supera el límite de tolerancia de la planta al boro

# **ANEXO X**

## **CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS DE RIEGO**

**Tabla 1**  
**Clasificación de Scott de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	Na	Cl	SO <sub>4</sub>	K	Clase
T1	49,7	87,7	24,0	23,3	1
T3	124,4	170,0	79,2	11,7	2
T4	161,0	173,6	97,0	10,4	2
T5	292,6	391,9	169,4	5,1	3
T7	125,6	32,0	33,1	6,6	2
T9	6,9	21,7	31,2	94,2	1
T10	76,6	12,1	34,6	11,4	2
T11	81,7	20,6	29,3	10,6	2
T12	245,0	24,9	39,0	3,0	3
T16	159,0	28,2	56,8	5,3	3
T17	182,0	53,3	99,8	5,4	3
T18	345,0	65,7	295,5	3,4	3
T19	334,0	61,9	280,2	3,4	3
T20	740,0	262,3	378,2	1,3	3
T21	69,5	44,4	31,1	15,8	2
T22	265,0	173,2	137,6	4,4	3
T24	219,0	34,3	80,7	3,8	3
T25	183,0	52,7	121,0	5,8	3
T26	215,0	56,3	154,3	5,1	3
T27	81,5	87,3	18,7	14,6	2
T28	450,0	87,9	253,5	2,1	3
T32	200,0	26,1	78,0	4,2	3
T33	200,0	26,3	77,2	4,2	3
T34	170,0	23,1	23,1	4,3	3
T36	112,0	39,2	25,2	7,5	2
T37	161,0	55,0	53,8	5,5	3
T39	115,0	43,0	37,0	7,8	2
T40	107,6	39,4	32,4	8,2	2
T42	92,0	33,9	17,9	9,0	2
T45	115,0	39,4	19,4	7,0	2
T46	270,0	658,5	118,7	3,1	3

Na, Cl y SO<sub>4</sub> en mg/L K Coeficiente K Clase 1 Buena Clase 2 Tolerable Clase 3 Mediocre Clase 4 Mala

**Tabla 1 (continuación)**  
**Clasificación de Scott de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	Na	Cl	SO <sub>4</sub>	K	Clase
T50*	78,9	57,2	24,5	13,2	2
T51*	48,1	41,5	34,1	32,9	1
T52*	50,6	29,5	32,6	24,4	1
T53*	134,1	58,2	92,6	8,8	2
T54*	149,0	43,7	45,9	5,7	3
T55*	91,5	95,9	8,6	11,6	2
T56*	38,8	11,7	14,4	22,9	1
T57*	42,5	8,9	15,8	20,2	1
T58*	114,0	29,3	27,2	7,1	2
T59*	65,1	38,3	31,2	16,8	2

Na, Cl y SO<sub>4</sub> en mg/L K Coeficiente K Clase 1 Buena Clase 2 Tolerable Clase 3 Mediocre Clase 4 Mala  
\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

**Tabla 2**  
**Clasificación de Scott de las aguas de riego. Isla de La Palma**

Agua	Na	Cl	SO <sub>4</sub>	K	Clase
LP1	36,6	40,8	23,5	46,4	1
LP2	27,6	12,1	21,6	45,8	1
LP5	22,5	33,7	124,3	60,1	1
LP6	88,1	14,6	120,5	20,9	1
LP8	79,1	8,5	124,3	28,9	1
LP9	75,9	30,2	133,9	42,9	1
LP10	183,5	117,2	120,0	7,0	2
LP12	120,8	23,8	109,4	10,0	2
LP15	8,5	1,4	15,8	542,5	1

Na, Cl y SO<sub>4</sub> en mg/L K Coeficiente K Clase 1 Buena Clase 2 Tolerable Clase 3 Mediocre Clase 4 Mala

**Tabla 3**  
**Clasificación de Scott de las aguas de riego. Isla de La Gomera**

Agua	Na	Cl	SO <sub>4</sub>	K	Clase
LG1	51,8	35,5	95,5	46,0	1
LG2	51,1	60,4	71,5	31,8	1
LG3	106,0	106,5	105,6	17,3	2
LG4	89,7	79,9	109,9	22,3	1
LG5	35,9	36,6	20,6	43,3	1
LG8	115,0	102,6	105,1	17,3	2
LG9	112,0	95,9	107,0	18,3	1
LG10j	127,4	152,3	136,8	12,7	2
LG10k	194,6	151,2	184,3	9,9	2

Na, Cl y SO<sub>4</sub> en mg/L K Coeficiente K Clase 1 Buena Clase 2 Tolerable Clase 3 Mediocre Clase 4 Mala  
j Agua de riego actual k Agua de riego anterior

**Tabla 4**  
**Clasificación de Scott de las aguas de riego. Isla de El Hierro**

Agua	Na	Cl	SO <sub>4</sub>	K	Clase
EH1	61,4	53,3	28,8	20,7	1
EH2	111,1	148,0	52,3	13,4	2
EH8	52,4	43,0	22,6	22,8	1
EH9	64,4	28,4	69,6	26,1	1

Na, Cl y SO<sub>4</sub> en mg/L K Coeficiente K Clase 1 Buena Clase 2 Tolerable Clase 3 Mediocre Clase 4 Mala

**Tabla 5**  
**Clasificación de Scott de las aguas de riego. Isla de Gran Canaria**

Agua	Na	Cl	SO <sub>4</sub>	K	Clase
GC1n	46,9	72,4	54,7	28,2	1
GC1ñ	449,9	983,4	802,6	2,1	3
GC2	319,9	388,7	532,8	5,0	3
GC3	44,6	61,8	54,7	32,3	1
GC4	150,0	259,2	274,1	7,9	2
GC6	83,0	120,7	42,7	16,7	2
GC7	69,0	98,7	32,2	20,3	1
GC9	192,5	375,6	82,6	5,4	3
GC10n	30,8	44,0	19,2	45,6	1
GC10ñ	600,1	985,1	489,6	2,1	3
GC11	147,5	124,3	73,9	8,7	2
GC12	32,2	59,6	10,1	34,2	1
GC13	57,5	53,3	16,9	19,9	1
GC14	136,0	87,0	48,0	7,6	2
GC15	138,0	179,3	117,6	11,0	2
GC16	480,0	358,6	73,4	2,0	3
GC18	47,5	62,1	34,6	31,7	1
GC19	650,0	889,3	1017,1	2,2	3
GC20	28,0	34,4	13,0	56,3	1
GC21	220,0	573,3	94,8	3,6	3
GC22s	202,5	109,7	276,0	13,6	2
GC22t	77,5	57,2	90,7	29,3	1
GC23	31,5	30,9	9,6	37,9	1
GC24	253,9	429,6	660,9	4,8	3
GC25*	57,3	69,2	114,2	27,9	1
GC26*	340,0	282,2	248,6	4,6	3
GC27*	104,0	133,1	65,0	14,7	2
GC28*	52,0	44,4	13,8	20,8	1
GC29*	6,5	43,3	12,0	47,1	1
GC30*	86,0	110,1	34,6	17,8	2
GC31*	44,0	67,1	20,8	30,3	1
GC32*	52,0	51,5	16,8	23,4	1
GC33*	50,5	28,4	18,7	19,8	1

Na, Cl y SO<sub>4</sub> en mg/L K Coeficiente K Clase 1 Buena Clase 2 Tolerable Clase 3 Mediocre Clase 4 Mala n Agua de presa ñ Agua de pozos s Agua mezclada t Agua de galería \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada



**Tabla 6**  
**Clasificación de Scott de las aguas de riego. Isla de Fuerteventura**

Agua	Na	Cl	SO <sub>4</sub>	K	Clase
<b>F1</b>	1110,9	1313,5	1284,0	1,5	3
<b>F2</b>	1659,0	2122,9	1418,9	0,9	4
<b>F3</b>	1763,0	2144,2	1341,1	0,9	4

Na, Cl y SO<sub>4</sub> en mg/L K Coeficiente K **Clase 1 Buena Clase 2 Tolerable Clase 3 Mediocre Clase 4 Mala**

**Tabla 7**  
**Clasificación de Scott de las aguas de riego de la EDAR**

Agua	Na	Cl	SO <sub>4</sub>	K	Clase
<b>E.B</b>	200,1	117,2	105,6	5,7	3
<b>B.V</b>	200,1	127,8	91,2	5,5	3
<b>B.S.I.M</b>	227,7	85,2	96,0	4,2	3
<b>B.S.I.F</b>	230,0	81,7	81,6	3,9	3

Según datos del Dpto. Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica (1994)

Na, Cl y SO<sub>4</sub> en mg/L K Coeficiente K **Clase 1 Buena Clase 2 Tolerable Clase 3 Mediocre Clase 4 Mala**

**EDAR** Estación Depuradora de Aguas Residuales de Santa Cruz de Tenerife **E.B** Estación de Bombeo

**B.V** Balsa Valle San Lorenzo **B.S.I.M** Balsa San Isidro muestreo Medio

**B.S.I.F** Balsa San Isidro muestreo Fondo

**Tabla 8**  
**Clasificación de Wilcox de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	CE( $\mu$ mhos/cm)	Na (%)	Clase
T1	492	51,4	1
T3	1055	59,8	3
T4	1142	64,2	3
T5	2120	65,6	4
T7	787	66,2	2
T9	561	5,0	1
T10	538	57,0	1
T11	515	64,3	1
T12	1434	72,2	3
T16	1002	61,0	3
T17	1268	56,0	3
T18	2320	55,7	4
T19	2210	58,3	4
T20	3650	75,9	5
T21	539	55,6	1
T22	1872	56,8	3
T24	1227	71,7	3
T25	1210	61,1	3
T26	1561	53,2	2
T27	661	55,3	1
T28	2720	63,4	4
T32	1338	59,5	3
T33	1355	58,0	3
T34	1119	55,5	2
T36	967	45,0	2
T37	1215	51,7	2
T39	937	50,7	2
T40	949	47,3	2
T42	760	49,3	2
T45	910	50,2	2
T46	2390	52,1	4

**Clase 1** Excelente a buena **Clase 2** Buena a pasable **Clase 3** Pasable a dudosa  
**Clase 4** Dudosa a inutilizable **Clase 5** Inutilizable

**Tabla 8 (continuación)**  
**Clasificación de Wilcox de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	CE(μmhos/cm)	Na (%)	Clase
T50*	633	54,8	1
T51*	416	54,4	1
T52*	407	60,4	1
T53*	829	69,2	3
T54*	1108	52,5	2
T55*	384	89,0	3
T56*	380	41,4	1
T57*	384	47,0	1
T58*	797	54,8	2
T59*	529	49,0	1

**Clase 1** Excelente a buena **Clase 2** Buena a pasable **Clase 3** Pasable a dudosa

**Clase 4** Dudosa a inutilizable **Clase 5** Inutilizable

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

**Tabla 9**  
**Clasificación de Wilcox de las aguas de riego. Isla de La Palma**

Agua	CE(μmhos/cm)	Na (%)	Clase
LP1	218	69,7	1
LP2	140	71,4	1
LP5	891	23,1	2
LP6	620	55,3	1
LP8	505	56,4	1
LP9	563	51,6	1
LP10	942	70,7	3
LP12	711	66,0	3
LP15	74	53,6	1

**Clase 1** Excelente a buena **Clase 2** Buena a pasable **Clase 3** Pasable a dudosa

**Clase 4** Dudosa a inutilizable **Clase 5** Inutilizable

**Tabla 10**  
**Clasificación Wilcox de las aguas de riego. Isla de La Gomera**

Agua	CE(μmhos/cm)	Na (%)	Clase
LG1	501	44,5	1
LG2	550	39,7	1
LG3	1044	46,7	1
LG4	593	66,1	1
LG5	269	53,6	1
LG8	912	51,4	2
LG9	920	51,9	2
LG10j	1100	50,1	2
LG10k	1480	51,5	3

**Clase 1** Excelente a buena **Clase 2** Buena a pasable **Clase 3** Pasable a dudosa

**Clase 4** Dudosa a inutilizable **Clase 5** Inutilizable **j** Agua de riego actual **k** Agua de riego anterior

**Tabla 11**  
**Clasificación de Wilcox de las aguas de riego. Isla de El Hierro**

Agua	CE( $\mu$ hos/cm)	Na (%)	Clase
EH1	465	54,2	1
EH2	803	56,7	2
EH8	402	53,8	1
EH9	462	57,1	1
EH10*	2130	62,8	4

**Clase 1** Excelente a buena **Clase 2** Buena a pasable **Clase 3** Pasable a dudosa  
**Clase 4** Dudosa a inutilizable **Clase 5** Inutilizable \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

**Tabla 12**  
**Clasificación de Wilcox de las aguas de riego. Isla de Gran Canaria**

Agua	CE( $\mu$ hos/cm)	Na (%)	Clase
GC1n	500	45,5	1
GC1ñ	4330	37,8	5
GC2	2170	52,1	4
GC3	426	46,5	1
GC4	1399	39,8	2
GC6	745	44,3	1
GC7	713	39,4	1
GC9	1409	56,8	3
GC10n	245	54,7	1
GC10ñ	3520	67,7	5
GC11	986	67,0	3
GC12	328	45,9	1
GC13	857	24,9	2
GC14	1029	49,8	2
GC15	1073	54,9	2
GC16	2590	84,0	4
GC18	4400	11,6	5
GC19	4440	55,7	5
GC20	271	46,1	1
GC21	2320	39,0	4
GC22s	1546	51,9	3
GC22t	624	51,6	1
GC23	281	48,3	1
GC24	2780	35,1	4
GC25*	568	43,3	1
GC26*	2140	69,8	4
GC27*	922	46,1	2
GC28*	492	43,0	1
GC29*	555	5,5	1
GC30*	811	42,9	2
GC31*	401	47,0	1
GC32*	699	27,3	1
GC33*	492	42,4	1

**Clase 1** Excelente a buena **Clase 2** Buena a pasable **Clase 3** Pasable a dudosa  
**Clase 4** Dudosa a inutilizable **Clase 5** Inutilizable **n** Agua de presa **ñ** Agua de pozo **s** Agua mezclada  
**t** Agua de galería \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

**Tabla 13**  
**Clasificación de Wilcox de las aguas de riego. Isla de Fuerteventura**

Agua	CE( $\mu$ mhos/cm)	Na (%)	Clase
F1	5950	72,2	5
F2	8390	81,8	5
F3	8350	87,0	5

**Clase 1** Excelente a buena **Clase 2** Buena a pasable **Clase 3** Pasable a dudosa  
**Clase 4** Dudosa a inutilizable **Clase 5** Inutilizable

**Tabla 14**  
**Clasificación de Wilcox de las aguas de riego. Isla de Tenerife Depuradora (EDAR)**

Agua	CE( $\mu$ mhos/cm)	Na (%)	Clase
E.B	1548	64,0	3
B.V	1519	64,0	3
B.S.I.M	1440	66,9	3
B.S.I.F	1535	68,0	3

**Según** datos del Dpto. Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica (1994)  
**Clase 1** Excelente a buena **Clase 2** Buena a pasable **Clase 3** Pasable a dudosa **Clase 4** Dudosa a inutilizable  
**Clase 5** Inutilizable **EDAR** Estación Depuradora de Aguas Residuales de Santa Cruz de Tenerife  
**E.B** Estación de Bombeo **B.V** Balsa Valle San Lorenzo **B.S.I.M** Balsa San Isidro muestreo Medio  
**B.S.I.F** Balsa San Isidro muestreo Fondo

**Tabla 15**  
**Clasificación Greene de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	Sales (meq/L)	Na (%)	Clase
T1	4,2	51,4	1
T3	9,0	59,8	1
T4	10,9	64,2	1
T5	19,4	65,6	1
T7	8,3	66,2	1
T9	6,0	5,0	1
T10	5,8	57,0	1
T11	5,5	64,3	1
T12	14,8	72,2	1
T16	11,3	61,0	1
T17	14,1	56,0	1
T18	26,9	55,7	1
T19	24,9	58,3	1
T20	42,4	75,9	2
T21	5,4	55,6	1
T22	20,3	56,8	1
T24	13,3	71,7	1
T25	13,0	61,1	1
T26	17,6	53,2	1
T27	6,4	55,3	1
T28	30,9	63,4	1
T32	14,6	59,5	1
T33	15,0	58,0	1
T34	13,3	55,5	1
T36	10,8	45,0	1
T37	13,5	51,7	1
T39	9,9	50,7	1
T40	9,9	47,3	1
T42	8,1	49,3	1
T45	10,0	50,2	1
T46	22,5	52,1	1

**Clase 1** Buena calidad **Clase 2** Regular **Clase 3** Mala calidad

**Tabla 15 (continuación)**  
**Clasificación Green de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	Sales (meq/L)	Na (%)	Clase
T50*	6,3	54,8	1
T51*	3,8	54,4	1
T52*	3,6	60,4	1
T53*	8,4	69,2	1
T54*	12,3	52,5	1
T55*	4,5	89,0	2
T56*	4,1	41,4	1
T57*	3,9	47,0	1
T58*	9,0	54,8	1
T59*	5,8	49,0	1

Clase 1 Buena calidad Clase 2 Regular Clase 3 Mala calidad \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

**Tabla 16**  
**Clasificación Greene de las aguas de riego. Isla de La Palma**

Agua	Sales (meq/L)	Na (%)	Clase
LP1	2,3	69,7	1
LP2	1,7	71,4	1
LP5	4,3	23,1	1
LP6	6,9	55,3	1
LP8	6,1	56,4	1
LP9	6,4	51,6	1
LP10	11,3	70,7	1
LP12	8,0	66,0	1
LP15	0,7	53,6	1

Clase 1 Buena calidad Clase 2 Regular Clase 3 Mala calidad

**Tabla 17**  
**Clasificación Greene de las aguas de riego. Isla de La Gomera**

Agua	Sales (meq/L)	Na (%)	Clase
LG1	5,1	44,5	1
LG2	5,6	39,7	1
LG3	9,9	46,7	1
LG4	5,9	66,1	1
LG5	2,9	53,6	1
LG8	9,7	51,4	1
LG9	9,4	51,9	1
LG10j	11,1	50,1	1
LG10k	16,4	51,5	1

Clase 1 Buena calidad Clase 2 Regular Clase 3 Mala calidad j Agua de riego actual k Agua de riego anterior

**Tabla 18**  
**Clasificación Greene de las aguas de riego. Isla de El Hierro**

Agua	Sales (meq/L)	Na (%)	Clase
EH1	4,9	54,2	1
EH2	8,5	56,7	1
EH8	4,2	53,8	1
EH9	4,9	57,1	1
EH10*	22,0	62,8	1

Clase 1 Buena calidad Clase 2 Regular Clase 3 Mala calidad \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

**Tabla 19**  
**Clasificación Greene de las aguas de riego. Isla de Gran Canaria**

Agua	Sales (meq/L)	Na (%)	Clase
GC1n	4,5	45,5	1
GC1ñ	51,8	37,8	1
GC2	26,7	52,1	1
GC3	4,2	46,5	1
GC4	16,4	39,8	1
GC6	8,1	44,3	1
GC7	7,6	39,4	1
GC9	14,7	56,8	1
GC10n	2,5	54,7	1
GC10ñ	38,5	67,7	2
GC11	9,6	67,0	1
GC12	3,1	45,9	1
GC13	10,1	24,9	1
GC14	11,9	49,8	1
GC15	10,9	54,9	1
GC16	24,9	84,0	2
GC18	17,7	11,6	1
GC19	50,8	55,7	1
GC20	2,6	46,1	1
GC21	24,5	39,0	1
GC22s	17,0	51,9	1
GC22t	6,5	51,6	1
GC23	2,8	48,3	1
GC24	31,4	35,1	1
GC25*	5,8	43,3	1
GC26*	21,2	69,8	1
GC27*	9,8	46,1	1
GC28*	5,3	43,0	1
GC29*	5,2	5,5	1
GC30*	8,7	42,9	1
GC31*	4,1	47,0	1
GC32*	8,3	27,3	1
GC33*	5,2	42,4	1

Clase 1 Buena calidad Clase 2 Regular Clase 3 Mala calidad n Agua de presa ñ Agua de pozo s Agua mezclada  
t Agua de galería \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada



**Tabla 20**  
**Clasificación Greene de las aguas de riego. Isla de Fuerteventura**

Agua	Sales (meq/L)	Na (%)	Clase
F1	66,9	72,2	2
F2	88,2	81,8	3
F3	88,1	87,0	3

**Clase 1** Buena calidad **Clase 2** Regular **Clase 3** Mala calidad

**Tabla 21**  
**Clasificación Greene de las aguas de riego de la EDAR**

Agua	Sales (meq/L)	Na (%)	Clase
E.B	13,6	64,0	1
B.V	13,6	64,0	1
B.S.I.M	14,8	66,9	1
B.S.I.F	14,7	68,0	1

Según datos del Dpto. Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica (1994)  
**Clase 1** Buena calidad **Clase 2** Regular **Clase 3** Mala calidad **EDAR** Estación Depuradora de Aguas Residuales de Santa Cruz de Tenerife **E.B** Estación de Bombeo **B.V** Balsa Valle San Lorenzo  
**B.S.I.M** Balsa San Isidro muestreo Medio **B.S.I.F** Balsa San Isidro muestreo Fondo

**Tabla 22**  
**Clasificación Riverside modificada de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	SARa	CE(µmhos/cm)	Clase
T1	2,2	492	2
T3	4,2	1055	3
T4	5,2	1142	3
T5	7,2	2120	8
T7	5,0	787	3
T9	0,4	561	2
T10	3,2	538	2
T11	4,0	515	2
T12	8,2	1434	8
T16	4,9	1002	3
T17	4,7	1268	3
T18	6,3	2320	9
T19	6,5	2210	8
T20	14,7	3650	19
T21	2,8	539	2
T22	5,7	1872	8
T24	7,8	1227	8
T25	5,4	1210	8
T26	4,8	1561	8
T27	3,1	661	2
T28	8,7	2720	14
T32	5,6	1338	3
T33	5,4	1355	3
T34	4,7	1119	3
T36	3,0	967	3
T37	4,2	1215	3
T39	3,4	937	3
T40	3,1	949	3
T42	3,0	760	3
T45	3,4	910	3
T46	5,2	2390	9

**Clase 1 C1S1 Clase 2 C2S1 Clase 3 C3S1 Clase 4 C4S1 Clase 5 C5S1 Clase 6 C1S2 Clase 7 C2S2 Clase 8 C3S2 Clase 9 C4S2 Clase 10 C5S2 Clase 11 C1S3 Clase 12 C2S3 Clase 13 C3S3 Clase 14 C4S3 Clase 15 C5S3 Clase 16 C1S4 Clase 17 C2S4 Clase 18 C3S4 Clase 19 C4S4 Clase 20 C5S4**

**Tabla 22 (continuación)**  
**Clasificación Riverside modificada de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	SARa	CE(µmhos/cm)	Clase
T50*	3,0	633	2
T51*	2,5	416	2
T52*	3,0	407	2
T53*	5,6	829	3
T54*	4,0	1108	3
T55*	10,1	384	7
T56*	1,7	380	2
T57*	1,9	384	2
T58*	3,7	797	3
T59*	2,4	529	2

Clase 1 C1S1 Clase 2 C2S1 Clase 3 C3S1 Clase 4 C4S1 Clase 5 C5S1 Clase 6 C1S2 Clase 7 C2S2 Clase 8 C3S2 Clase 9 C4S2 Clase 10 C5S2 Clase 11 C1S3 Clase 12 C2S3 Clase 13 C3S3 Clase 14 C4S3 Clase 15 C5S3 Clase 16 C1S4 Clase 17 C2S4 Clase 18 C3S4 Clase 19 C4S4 Clase 20 C5S4 \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

**Tabla 23**  
**Clasificación Riverside modificada de las aguas de riego. Isla de La Palma**

Agua	SARa	CE(µmhos/cm)	Clase
LP1	2,9	218	1
LP2	2,6	140	1
LP5	1,7	891	3
LP6	3,2	620	2
LP8	3,1	505	2
LP9	2,7	563	2
LP10	7,2	942	8
LP12	4,9	711	2
LP15	1,0	74	1

Clase 1 C1S1 Clase 2 C2S1 Clase 3 C3S1 Clase 4 C4S1 Clase 5 C5S1 Clase 6 C1S2 Clase 7 C2S2 Clase 8 C3S2 Clase 9 C4S2 Clase 10 C5S2 Clase 11 C1S3 Clase 12 C2S3 Clase 13 C3S3 Clase 14 C4S3 Clase 15 C5S3 Clase 16 C1S4 Clase 17 C2S4 Clase 18 C3S4 Clase 19 C4S4 Clase 20 C5S4

**Tabla 24**  
**Clasificación Riverside modificada de las aguas de riego. Isla de La Gomera**

Agua	SARa	CE(µmhos/cm)	Clase
LG1	1,9	501	2
LG2	1,7	550	2
LG3	2,9	1044	3
LG4	4,0	593	2
LG5	1,9	269	2
LG8	3,3	912	3
LG9	3,3	920	3
LG10j	3,4	1100	3
LG10k	4,3	1480	3

Clase 1 C1S1 Clase 2 C2S1 Clase 3 C3S1 Clase 4 C4S1 Clase 5 C5S1 Clase 6 C1S2 Clase 7 C2S2 Clase 8 C3S2 Clase 9 C4S2 Clase 10 C5S2 Clase 11 C1S3 Clase 12 C2S3 Clase 13 C3S3 Clase 14 C4S3 Clase 15 C5S3 Clase 16 C1S4 Clase 17 C2S4 Clase 18 C3S4 Clase 19 C4S4 Clase 20 C5S4 j Agua de riego actual  
k Agua de riego anterior

**Tabla 25**  
**Clasificación Riverside modificada de las aguas de riego. Isla de El Hierro**

Agua	SARa	CE( $\mu$ hos/cm)	Clase
EH1	2,7	465	2
EH2	3,8	803	3
EH8	2,5	402	2
EH9	2,9	462	2
EH10*	7,2	2130	8

Clase 1 C1S1 Clase 2 C2S1 Clase 3 C3S1 Clase 4 C4S1 Clase 5 C5S1 Clase 6 C1S2 Clase 7 C2S2 Clase 8 C3S2 Clase 9  
C4S2 Clase 10 C5S2 Clase 11 C1S3 Clase 12 C2S3 Clase 13 C3S3 Clase 14 C4S3 Clase 15 C5S3  
Clase 16 C1S4 Clase 17 C2S4 Clase 18 C3S4 Clase 19 C4S4 Clase 20 C5S4

**Tabla 26**  
**Clasificación Riverside modificada de las aguas de riego. Isla de Gran Canaria**

Agua	SARa	CE( $\mu$ hos/cm)	Clase
GC1n	1,9	500	2
GC1ñ	4,9	4330	10
GC2	5,6	2170	8
GC3	1,9	426	2
GC4	3,1	1399	3
GC6	2,4	745	2
GC7	2,0	713	2
GC9	4,8	1409	3
GC10n	1,9	245	1
GC10ñ	10,8	3520	13
GC11	5,3	986	3
GC12	1,6	328	2
GC13	1,3	857	3
GC14	3,6	1029	3
GC15	4,0	1073	3
GC16	17,3	2590	19
GC18	3,0	4400	10
GC19	8,6	4440	15
GC20	1,5	271	2
GC21	3,5	2320	4
GC22s	4,5	1546	3
GC22t	2,8	624	2
GC23	1,7	281	2
GC24	3,5	2780	4
GC25*	2,0	568	2
GC26*	8,5	2140	8
GC27*	2,8	922	3
GC28*	1,9	492	2
GC29*	0,2	555	2
GC30*	2,4	811	3
GC31*	1,9	401	2
GC32*	1,3	699	2
GC33*	1,9	492	2

Clase 1 C1S1 Clase 2 C2S1 Clase 3 C3S1 Clase 4 C4S1 Clase 5 C5S1 Clase 6 C1S2 Clase 7 C2S2 Clase 8 C3S2 Clase 9  
C4S2 Clase 10 C5S2 Clase 11 C1S3 Clase 12 C2S3 Clase 13 C3S3 Clase 14 C4S3 Clase 15 C5S3  
Clase 16 C1S4 Clase 17 C2S4 Clase 18 C3S4 Clase 19 C4S4 Clase 20 C5S4 n Agua de presa ñ Agua de pozo  
s Agua mezclada t Agua de galería \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

**Tabla 27**  
**Clasificación Riverside modificada de las aguas de riego. Isla Fuerteventura**

Agua	SARa	CE(µmhos/cm)	Clase
F1	16,1	5950	20
F2	26,2	8390	20
F3	33,3	8350	20

**Clase 1 C1S1 Clase 2 C2S1 Clase 3 C3S1 Clase 4 C4S1 Clase 5 C5S1 Clase 6 C1S2 Clase 7 C2S2 Clase 8 C3S2 Clase 9 C4S2 Clase 10 C5S2 Clase 11 C1S3 Clase 12 C2S3 Clase 13 C3S3 Clase 14 C4S3 Clase 15 C5S3 Clase 16 C1S4 Clase 17 C2S4 Clase 18 C3S4 Clase 19 C4S4 Clase 20 C5S4**

**Tabla 28**  
**Clasificación Riverside modificada de las aguas de riego de la EDAR**

Agua	SARa	CE(µmhos/cm)	Clase
E.B	6,2	1548	8
B.V	6,2	1519	8
B.S.I.M	7,5	1440	8
B.S.I.F	7,4	1535	8

Según datos del Dpto. Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica (1994)  
**Clase 1 C1S1 Clase 2 C2S1 Clase 3 C3S1 Clase 4 C4S1 Clase 5 C5S1 Clase 6 C1S2 Clase 7 C2S2 Clase 8 C3S2 Clase 9 C4S2 Clase 10 C5S2 Clase 11 C1S3 Clase 12 C2S3 Clase 13 C3S3 Clase 14 C4S3 Clase 15 C5S3 Clase 16 C1S4 Clase 17 C2S4 Clase 18 C3S4 Clase 19 C4S4 Clase 20 C5S4 EDAR** Estación Depuradora de Aguas Residuales de Santa Cruz de Tenerife **E.B** Estación de Bombeo **B.V** Balsa Valle San Lorenzo **B.S.I.M** Balsa San Isidro muestreo Medio **B.S.I.F** Balsa San Isidro muestreo Fondo

# **ANEXO XI**

## **TOLERANCIA DE LOS CULTIVOS** **A LA SALINIDAD** **DE LAS AGUAS DE RIEGO**

**Tabla 1**  
**Tolerancia de los cultivos a la salinidad de las aguas de riego**  
**Isla de Tenerife**

Agua	Cultivo	CEa(µmhos/cm)	CEu(µmhos/cm)
T1	Platanera	492	667
T1	Tomate	492	1700
T1	Millo	492	1100
T3	Fresa	1055	700
T4	Papa	1142	1100
T7	Citricos	787	1100
T7	Aguacate	787	900
T9	Aguacate	561	900
T10	Platanera	538	667
T12	Platanera	1434	667
T12	Espinacas	1434	1300
T12	Lechuga	1434	900
T12	Zanahoria	1434	700
T16	Platanera	1002	667
T17	Platanera	1268	667
T20	Tomate	3650	1700
T21	Platanera	539	667
T22	Platanera	1872	667
T22	Tomate	1872	1700
T24	Platanera	1227	667
T25	Platanera	1210	667
T25	Tomate	1210	1700
T27	Tomate	661	1700
T28	Tomate	2720	1700
T28	Tomate	2720	1700
T28	Millo	2720	1100
T28	Papas	2720	1100
T32	Platanera	1338	667
T33	Platanera	1355	667
T34	Platanera	1119	667
T34	Cítricos	1119	1100
T36	Viña	967	1000

CEa Conductividad eléctrica del agua de riego CEu Conductividad eléctrica umbral del agua de riego a partir de la cual empiezan a haber pérdidas en la producción (Ayers y Westcot, 1985)

**Tabla 1 (continuación)**  
**Tolerancia de los cultivos a la salinidad de las aguas de riego**  
**Isla de Tenerife**

Agua	Cultivo	CEa( $\mu\text{mhos/cm}$ )	CEu( $\mu\text{mhos/cm}$ )
T37	Pimiento	1215	1000
T37	Tomate	1215	1700
T39	Cítricos	937	1100
T39	Tomate	937	1700
T39	Platanera	937	667
T40	Platanera	949	667
T40	Aguacate	949	900
T40	Tomate	949	1700
T40	Pimiento	949	1000
T40	Platanera	949	667
T40	Cítricos	949	1100
T40	Platanera	949	667
T42	Aguacate	760	900
T42	Cítricos	760	1100
T45	Platanera	910	667
T46	Tomate	2390	1700
T46	Cítricos	2390	1100
T46	Tomate	2390	1700
T50*	Aguacate	633	900
T51*	Platanera	416	667
T51*	Platanera	416	667
T52*	Platanera	407	667
T52*	Platanera	407	667
T53*	Platanera	829	667
T54*	Tomate	1108	1700
T55*	Platanera	384	667
T56*	Papas	380	1100
T56*	Viña	380	1000
T57*	Viña	384	1000
T58*	Aguacate	797	900
T58*	Cítricos	797	1100
T59*	Tomate	529	1700
T59*	Tomate	529	1700

CEa Conductividad eléctrica del agua de riego CEu Conductividad eléctrica umbral del agua de riego a partir de la cual empiezan a haber pérdidas en la producción (Ayers y Westcot, 1985)

\* Muestra no seleccionada que ha sido analizada



**Tabla 2**  
**Tolerancia de los cultivos a la salinidad de las aguas de riego**  
**Isla de La Palma**

Agua	Cultivo	CEa( $\mu$ hos/cm)	CEu( $\mu$ hos/cm)
LP1	Platanera	218	667
LP2	Platanera	140	667
LP2	Platanera	140	667
LP5	Platanera	891	667
LP6	Platanera	620	667
LP6	Cítricos	620	1100
LP8	Platanera	505	667
LP9	Platanera	563	667
LP12	Platanera	711	667
LP12	Platanera	711	667
LP15	Platanera	74	667

CEa Conductividad eléctrica del agua de riego CEu Conductividad eléctrica umbral del agua de riego a partir de la cual empiezan a haber pérdidas en la producción (Ayers y Westcot, 1985)

**Tabla 3**  
**Tolerancia de los cultivos a la salinidad de las aguas de riego**  
**Isla de La Gomera**

Agua	Cultivo	CEa( $\mu$ hos/cm)	CEu( $\mu$ hos/cm)
LG1	Platanera	501	667
LG1	Platanera	501	667
LG2	Platanera	550	667
LG3	Platanera	1044	667
LG4	Platanera	593	667
LG5	Platanera	269	667
LG5	Platanera	269	667
LG5	Aguacate	269	900
LG5	Aguacate	269	900
LG8	Platanera	912	667
LG9	Platanera	920	667
LG10j	Platanera	1100	667
LG10j	Cítricos	1100	1100
LG10j	Platanera	1100	667
LG10j	Viña	1100	1000
LG10j	Viña	1100	1000
LG10k	Platanera	1480	667
LG10k	Cítricos	1480	1100
LG10k	Platanera	1480	667
LG10k	Viña	1480	1000
LG10k	Viña	1480	1000

CEa Conductividad eléctrica del agua de riego CEu Conductividad eléctrica umbral del agua de riego a partir de la cual empiezan a haber pérdidas en la producción (Ayers y Westcot, 1985) j Agua de riego actual  
k Agua de riego anterior

**Tabla 4**  
**Tolerancia de los cultivos a la salinidad de las aguas de riego**  
**Isla de El Hierro**

Agua	Cultivo	CEa( $\mu$ mhos/cm)	CEu( $\mu$ mhos/cm)
<b>EH1</b>	Platanera	465	667
<b>EH2</b>	Cítricos	803	1100
<b>EH8</b>	Platanera	402	667
<b>EH9</b>	Platanera	462	667

**CEa** Conductividad eléctrica del agua de riego **CEu** Conductividad eléctrica umbral del agua de riego a partir de la cual empiezan a haber pérdidas en la producción (Ayers y Westcot, 1985)

**Tabla 5**  
**Tolerancia de los cultivos a la salinidad de las aguas de riego**  
**Isla de Gran Canaria**

Agua	Cultivo	CEa( $\mu\text{mhos/cm}$ )	CEu( $\mu\text{mhos/cm}$ )
GC1n	Millo	500	1100
GC1ñ	Millo	4330	1100
GC2	Tomate	2170	1700
GC2	Tomate	2170	1700
GC4	Tomate	1399	1700
GC4	Tomate	1399	1700
GC4	Cítrico	1399	1100
GC4	Tomate	1399	1700
GC4	Tomate	1399	1700
GC6	Platanera	745	667
GC7	Platanera	713	667
GC7	Aguacate	713	900
GC11	Cebolla	986	800
GC12	Platanera	328	667
GC13	Platanera	857	667
GC14	Platanera	1029	667
GC15	Platanera	1073	667
GC16	Viña	2590	1000
GC16	Cítricos	2590	1100
GC18	Cítricos	4400	1100
GC19	Tomate	4440	1700
GC20	Platanera	271	667
GC21	Tomate	2320	1700
GC22s	Cítricos	1546	1100
GC23	Pimiento	281	1000
GC24	Platanera	2780	667
GC26*	Tomate	2140	1700
GC27*	Platanera	922	667
GC28*	Platanera	492	667
GC29*	Tomate	555	1700
GC30*	Platanera	811	667
GC31*	Platanera	401	667
GC32*	Platanera	699	667
GC32*	Platanera	699	667
GC33*	Platanera	492	667

CEa Conductividad eléctrica del agua de riego CEu Conductividad eléctrica umbral del agua de riego a partir de la cual empiezan a haber pérdidas en la producción (Ayers y Westcot, 1985) n Agua de presa ñ Agua de pozo s Agua mezclada \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

**Tabla 6**  
**Tolerancia de los cultivos a la salinidad de las aguas de riego**  
**Isla de Fuerteventura**

Agua	Cultivo	CEa( $\mu\text{mhos/cm}$ )	CEu( $\mu\text{mhos/cm}$ )
F1	Tomate	5950	1700
F2	Tomate	8390	1700
F2	Tomate	8390	1700
F3	Alfalfa	8350	1300

**CEa** Conductividad eléctrica del agua de riego **CEu** Conductividad eléctrica umbral del agua de riego a partir de la cual empiezan a haber pérdidas en la producción (Ayers y Westcot, 1985)

## **ANEXO XII**

# **RESTRICCIONES DE USO DE LAS AGUAS DE RIEGO SEGÚN RIESGO DE DEGRADACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y DISMINUCIÓN DE LA INFILTRACIÓN**

**DIRECTRICES FAO**

**(Ver Tabla I.3.94, Parte I, Apto. III.2.2.7.e.ii)**

**Tabla 1**  
**Clasificación FAO de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	SARa	CE( $\mu$ hos/cm)	RI	pH	RpH
T1	2,2	492	l	7,6	n
T3	4,2	1055	l	9,2	s
T4	5,2	1142	l	9,5	s
T5	7,2	2120	n	9,0	s
T7	5,0	787	l	8,8	s
T9	0,4	561	l	9,0	s
T10	3,2	538	l	9,2	s
T11	4,0	515	l	9,0	s
T12	8,2	1434	l	8,7	s
T16	4,9	1002	l	8,5	s
T17	4,7	1268	n	8,5	s
T18	6,3	2320	n	8,8	s
T19	6,5	2210	n	8,8	s
T20	14,7	3650	n	9,1	s
T21	2,8	539	l	8,4	n
T22	5,7	1872	n	8,5	s
T24	7,8	1227	l	8,6	s
T25	5,4	1210	n	8,6	s
T26	4,8	1561	n	8,4	n
T27	3,1	661	l	8,4	n
T28	8,7	2720	n	9,0	s
T32	5,6	1338	n	9,1	s
T33	5,4	1355	n	9,0	s
T34	4,7	1119	l	9,1	s
T36	3,0	967	n	8,9	s
T37	4,2	1215	n	9,3	s
T39	3,4	937	l	9,1	s
T40	3,1	949	l	9,1	s
T42	3,0	760	n	9,2	s
T45	3,4	910	l	9,3	s
T46	5,2	2390	n	8,6	s

**RI** Restricción en el uso del agua debido a problemas de infiltración **RpH** Restricción en el uso del agua debido al pH **n** Ninguna restricción **l** Restricción de ligera a moderada **s** Restricción severa

**Tabla 1 (continuación)**  
**Clasificación FAO de las aguas de riego. Isla de Tenerife**

Agua	SARa	CE( $\mu$ hos/cm)	RI	pH	RpH
T50*	3,0	633	l	8,5	s
T51*	2,5	416	l	8,2	n
T52*	3,0	407	l	9,1	s
T53*	5,6	829	l	7,2	n
T54*	4,0	1108	l	8,3	n
T55*	10,1	384	s	7,1	n
T56*	1,7	380	l	7,6	n
T57*	1,9	384	l	8,4	n
T58*	3,7	797	l	9,2	s
T59*	2,4	529	l	8,1	n

**RI** Restricción en el uso del agua debido a problemas de infiltración **RpH** Restricción en el uso del agua debido al pH **n** Ninguna restricción **l** Restricción de ligera a moderada **s** Restricción severa \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

**Tabla 2**  
**Clasificación FAO de las aguas de riego. Isla de La Palma**

Agua	SARa	CE( $\mu$ hos/cm)	RI	pH	RpH
LP1	2,9	218	l	8,9	s
LP2	2,6	140	s	7,3	n
LP5	1,7	891	n	6,8	n
LP6	3,2	620	l	8,1	n
LP8	3,1	505	l	8,3	n
LP9	2,7	563	l	8,1	n
LP10	7,2	942	l	8,5	s
LP12	4,9	711	l	8,5	s
LP15	1,0	74	s	6,8	n

**RI** Restricción en el uso del agua debido a problemas de infiltración **RpH** Restricción en el uso del agua debido al pH  
**n** Ninguna restricción **l** Restricción de ligera a moderada **s** Restricción severa \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

**Tabla 3**  
**Clasificación FAO de las aguas de riego. Isla de La Gomera**

Agua	SARa	CE( $\mu$ hos/cm)	RI	pH	RpH
LG1	1,9	501	l	7,5	n
LG2	1,7	550	l	7,9	n
LG3	2,9	1044	n	8,3	n
LG4	4,0	593	l	7,3	n
LG5	1,9	269	l	8,3	n
LG8	3,3	912	l	8,4	n
LG9	3,3	920	l	8,3	n
LG10j	3,4	1100	l	8,4	n
LG10k	4,3	1480	n	7,5	n

**RI** Restricción en el uso del agua debido a problemas de infiltración **RpH** Restricción en el uso del agua debido al pH  
**n** Ninguna restricción **l** Restricción de ligera a moderada **s** Restricción severa **j** Agua de riego actual  
**k** Agua de riego anterior

**Tabla 4**  
**Clasificación FAO de las aguas de riego. Isla de El Hierro**

Agua	SARa	CE( $\mu$ hos/cm)	RI	pH	RpH
EH1	2,7	465	l	8,9	s
EH2	3,8	803	l	8,4	n
EH8	2,5	402	l	8,8	s
EH9	2,9	462	l	9,3	s
EH10*	7,2	2130	n	7,5	n

**RI** Restricción en el uso del agua debido a problemas de infiltración **RpH** Restricción en el uso del agua debido al pH  
**n** Ninguna restricción **l** Restricción de ligera a moderada **s** Restricción severa \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

**Tabla 5**  
**Clasificación FAO de las aguas de riego. Isla de Gran Canaria**

Agua	SARa	CE( $\mu$ hos/cm)	RI	pH	RpH
GC1n	1,9	500	l	7,6	n
GC1ñ	4,9	4330	n	7,0	n
GC2	5,6	2170	n	7,2	n
GC3	1,9	426	l	7,9	n
GC4	3,1	1399	n	8,6	s
GC6	2,4	745	n	8,7	s
GC7	2,0	713	n	7,5	n
GC9	4,8	1409	n	8,8	s
GC10n	1,9	245	l	9,0	s
GC10ñ	10,8	3520	n	7,1	n
GC11	5,3	986	l	9,9	s
GC12	1,6	328	l	8,1	n
GC13	1,3	857	n	8,1	n
GC14	3,6	1029	l	8,8	s
GC15	4,0	1073	l	8,5	s
GC16	17,3	2590	l	7,4	n
GC18	3,0	4400	n	7,2	n
GC19	8,6	4440	n	8,7	s
GC20	1,5	271	l	7,7	n
GC21	3,5	2320	n	8,6	s
GC22s	4,5	1546	n	8,1	n
GC22t	2,8	624	l	8,5	s
GC23	1,7	281	l	8,2	n
GC24	3,5	2780	n	7,8	n
GC25*	2,0	568	l	8,4	n
GC26*	8,5	2140	n	9,3	s
GC27*	2,8	922	n	8,8	s
GC28*	1,9	492	l	8,5	s
GC29*	0,2	555	l	8,4	n
GC30*	2,4	811	n	8,6	s
GC31*	1,9	401	l	7,0	n
GC32*	1,3	699	l	8,4	n
GC33*	1,9	492	l	8,3	n

**RI** Restricción en el uso del agua debido a problemas de infiltración **RpH** Restricción en el uso del agua debido al pH **n** Ninguna restricción **l** Restricción de ligera a moderada **s** Restricción severa **n** Agua de presa **ñ** Agua de pozo **s** Agua mezclada **t** Agua de galería \* Muestra no seleccionada que ha sido analizada

**Tabla 6**  
**Clasificación FAO de las aguas de riego. Isla de Fuerteventura**

Agua	SARa	CE( $\mu$ hos/cm)	RI	pH	RpH
F1	16,1	5950	n	8,0	n
F2	26,2	8390	n	8,0	n
F3	33,3	8350	n	7,7	n

**RI** Restricción en el uso del agua debido a problemas de infiltración **RpH** Restricción en el uso del agua debido al pH **n** Ninguna restricción **l** Restricción de ligera a moderada **s** Restricción severa



**Tabla 7**  
**Clasificación FAO de aguas de riego de la EDAR**

Agua	SARa	CE( $\mu$ hos/cm)	RI	pH	RpH
<b>E.B</b>	6,2	1548	1	8,0	n
<b>B.V</b>	6,2	1519	1	8	n
<b>B.S.I.M</b>	7,5	1440	1	8,5	s
<b>B.S.I.F</b>	7,4	1535	1	7,8	n

Según datos del Dpto. Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica (1994)

**RI** Restricción en el uso del agua debido a problemas de infiltración **RpH** Restricción en el uso del agua debido al pH  
**n** Ninguna restricción **I** Restricción de ligera a moderada **s** Restricción severa **EDAR** Estación Depuradora de Aguas Residuales de Santa Cruz de Tenerife **E.B** Estación de Bombeo **B.V** Balsa Valle San Lorenzo  
**B.S.I.M** Balsa San Isidro muestreo Medio **B.S.I.F** Balsa San Isidro muestreo Fondo

## **ANEXO XIII**

### **DATOS ANALÍTICOS DE LOS ANÁLISIS FOLIARES (POR ISLAS)**

**Tabla 1**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares (%)**  
**Isla de Tenerife**

<b>Cultivo</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>Mg</b>
T1 Rosas	3,33	0,39	1,56	0,69	0,13	0,32
T2 Palmita	1,72	0,25	0,53	0,51	0,15	0,24
T3 Fresas	2,82	0,50	1,39	0,80	0,10	0,39
T4 Strelitzias	2,26	0,29	2,07	0,26	0,16	0,27
T5 Strelitzias	2,72	0,43	2,71	0,23	0,15	0,18
T6 Papas	4,93	0,53	3,71	1,88	0,17	1,24
T7 Cítricos	2,53	0,32	1,19	3,04	0,13	0,26
T8 Aguacate	3,13	0,44	0,98	0,62	0,12	0,28
T9 Aguacate	3,38	0,62	0,84	0,29	0,11	0,25
T10 Platanera	3,79	0,37	3,20	1,13	0,19	0,37
T11 Claveles	2,78	0,45	2,58	0,99	0,19	0,40
T12 Platanera	4,31	0,49	2,84	0,68	0,27	0,69
T13 Espinacas	3,24	1,01	5,38	0,22	0,37	0,69
T14 Lechugas	3,36	0,37	6,33	0,51	0,36	0,58
T15 Zanahorias	7,46	0,45	2,32	1,01	0,36	0,65
T16 Platanera	2,83	0,28	3,22	0,60	0,20	0,47
T17 Platanera	2,90	0,47	5,03	0,39	0,17	0,53
T18 Ajos	3,84	0,73	2,85	0,63	0,65	1,02
T19 Azafrán	3,17	0,42	2,72	0,94	0,36	0,80
T21 Platanera	3,65	0,48	3,20	1,02	0,24	0,65
T22 Platanera	3,75	0,30	3,36	0,77	0,30	0,66
T23 Tomates	5,10	0,87	5,67	1,68	0,80	0,17
T24 Platanera	3,67	0,69	4,79	0,88	0,23	0,40
T25 Platanera	3,00	0,33	3,29	0,96	0,27	0,61
T26 Rosas	3,54	0,40	2,00	0,51	0,42	0,27
T27 Gladiolos	3,28	0,49	2,41	0,77	0,27	0,18
T28 Tomates	0,18	0,12	2,26	0,68	0,62	1,20
T29 Tomates	6,88	0,50	2,78	0,58	0,50	0,86
T30 Millo	3,60	0,52	2,40	0,14	0,24	0,24
T31 Papas	5,11	0,35	3,66	0,73	0,15	0,89
T32 Platanera	3,60	0,49	3,12	0,61	0,24	0,58
T33 Platanera	2,98	0,49	4,13	0,32	0,26	0,38
T34 Platanera	2,56	0,52	3,51	0,38	0,27	0,49
T35 Cítricos	2,43	0,34	1,05	2,73	0,28	0,58
T36 Viña	3,05	0,45	1,25	1,24	0,90	0,45
T37 Pimientos	5,33	0,44	4,95	1,87	0,56	0,91
T38 Habichuelas	4,30	0,64	2,77	2,06	0,26	0,64
T39 Cítricos	3,29	0,46	1,44	2,15	0,13	0,74
T40 Platanera	2,44	0,40	2,89	1,06	0,28	0,45
T41 Aguacate	2,38	0,32	0,93	0,49	0,33	0,82
T42 Aguacate	1,99	0,33	1,08	0,64	0,18	0,50
T43 Cítricos	2,86	0,52	1,60	1,76	0,31	0,30
T44 Mango	1,56	0,41	0,59	1,57	0,35	0,13
T45 Platanera	2,69	0,56	3,30	0,32	0,23	0,73
T46 Tomates	6,54	0,59	4,11	1,70	1,03	0,68
T47 Cítricos	3,62	0,47	1,23	2,68	0,24	0,41

**Tabla 1 (continuación)**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares (%)**  
**Isla de Tenerife**

	<b>Cultivo</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>Mg</b>
<b>T50p</b>	Aguacate	3,35	0,43	4,98	0,49	0,25	0,32
<b>T51p</b>	Platanera	3,57	0,32	3,39	0,75	0,19	0,48
<b>T52p</b>	Platanera	3,41	0,33	2,96	0,35	0,22	0,40
<b>T53p</b>	Platanera	3,57	0,34	0,84	0,51	0,23	0,40
<b>T54p</b>	Tomates	5,04	0,66	5,26	1,06	0,73	0,67
<b>T55p</b>	Platanera	3,79	0,39	3,58	0,85	0,26	0,50
<b>T56p</b>	Papas	5,43	0,56	3,16	1,07	0,24	0,49
<b>T57p</b>	Viña	4,25	0,47	0,98	2,22	0,32	0,21
<b>T58p</b>	Aguacate	2,22	0,46	1,66	0,61	0,19	0,36
<b>T59p</b>	Tomates	4,28	0,82	4,31	0,93	0,81	1,02
<b>T60p</b>	Platanera	3,50	0,38	3,20	0,41	0,36	0,35
<b>T61p</b>	Platanera	3,03	0,40	3,21	0,64	0,32	0,43
<b>T62p</b>	Viña	3,47	0,58	2,28	1,16	0,25	0,41
<b>T63p</b>	Cítricos	2,34	0,39	1,52	3,01	0,22	0,47
<b>T64p</b>	Tomates	3,64	0,55	3,15	2,23	0,90	1,19
<b>T66p</b>	Platanera	3,45	0,34	1,07	1,13	0,28	0,48
<b>T67p</b>	Tomates	6,38	0,83	3,89	1,33	0,82	0,57
<b>T68p</b>	Millo	4,32	0,57	4,09	0,88	0,40	0,39
<b>T69p</b>	Rosas	4,03	0,45	5,49	0,81	0,24	0,31
<b>T70p</b>	Gladiolos	3,56	0,39	0,88	0,88	0,19	0,27
<b>T71p</b>	Tomates	4,91	0,77	5,22	1,88	0,58	0,74
<b>T72p</b>	Tomates	4,62	0,78	3,93	1,60	1,69	0,35
<b>T73p</b>	Tomates	5,04	0,80	4,16	1,34	0,86	0,79
<b>T74p</b>	Tomates	4,42	0,85	4,69	1,49	0,80	1,34
<b>T75p</b>	Platanera	2,92	0,49	4,67	0,44	0,32	1,02
<b>T76p</b>	Tomates	4,74	0,49	3,26	1,13	1,26	0,71
<b>T77p</b>	Pimiento	5,52	0,67	3,12	0,80	0,71	0,63
<b>T78p</b>	Platanera	2,95	0,40	2,84	0,87	0,31	0,48
<b>T79p</b>	Acelgas	4,89	0,55	4,03	0,30	0,31	0,50
<b>T80p</b>	Cítricos	2,77	0,29	2,36	2,46	0,37	0,44
<b>T81p</b>	Platanera	3,35	0,51	1,60	0,27	0,20	0,46

p Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada

**Tabla 1 (continuación)**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares**  
**Isla de Tenerife**

	<b>Cultivo</b>	<b>Na</b>	<b>Cl</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
<b>T1</b>	Rosas	0,09	0,10	60	107	5	21	50
<b>T2</b>	Palmita	0,35	0,64	140	652	0	35	38
<b>T3</b>	Fresas	0,23	0,58	902	84	0	24	128
<b>T4</b>	Strelitzias	0,72	0,54	66	41	0	17	81
<b>T5</b>	Strelitzias	0,50	0,53	42	77	0	8	67
<b>T6</b>	Papas	0,52	3,08	94	257	5	19	48
<b>T7</b>	Cítricos	0,15	0,22	131	14	0	12	70
<b>T8</b>	Aguacate	0,06	0,11	50	18	0	13	52
<b>T9</b>	Aguacate	0,03	0,07	44	12	0	19	64
<b>T10</b>	Platanera	0,09	0,78	80	78	0	17	37
<b>T11</b>	Claveles	0,54	0,77	67	221	0	43	49
<b>T12</b>	Platanera	0,14	0,62	175	275	0	23	67
<b>T13</b>	Espinacas	0,93	1,10	90	68	5	127	44
<b>T14</b>	Lechugas	3,41	4,74	122	46	5	20	96
<b>T15</b>	Zanahorias	1,23	1,08	461	62	6	21	85
<b>T16</b>	Platanera	0,13	0,64	70	85	0	14	44
<b>T17</b>	Platanera	0,08	0,63	74	110	0	12	50
<b>T18</b>	Ajos	0,12	0,94	127	15	0	16	58
<b>T19</b>	Azafrán	0,21	1,35	218	17	0	9	48
<b>T21</b>	Platanera	0,13	1,89	238	3350	0	12	66
<b>T22</b>	Platanera	0,16	0,91	135	131	6	14	55
<b>T23</b>	Tomates	0,31	1,59	154	87	9	30	55
<b>T24</b>	Platanera	0,11	0,82	181	237	9	19	36
<b>T25</b>	Platanera	0,19	0,64	112	166	0	12	44
<b>T26</b>	Rosas	0,08	0,10	68	63	4	17	40
<b>T27</b>	Gladiolos	0,18	0,60	60	65	10	34	49
<b>T28</b>	Tomates	0,58	0,49	114	26	9	21	43
<b>T29</b>	Tomates	0,86		111	15	9	22	38
<b>T30</b>	Millo	0,24	1,19	185	37	5	19	42
<b>T31</b>	Papas	0,10	0,56	169	41	0	13	39
<b>T32</b>	Platanera	0,11	0,61	122	173	3	9	88
<b>T33</b>	Platanera	0,17	0,85	88	113	0	10	34
<b>T34</b>	Platanera	0,11	0,59	95	126	0	13	51
<b>T35</b>	Cítricos	0,22	0,15	67	26	0	8	73
<b>T36</b>	Viña	0,20	0,24	215	69	0	17	78
<b>T37</b>	Pimientos	0,13	0,23	89	296	0	40	60
<b>T38</b>	Habichuelas	0,12	0,32	92	9	0	42	64
<b>T39</b>	Cítricos	0,20	0,10	144	26	0	11	70
<b>T40</b>	Platanera	0,09	0,27	138	536	12	21	63
<b>T41</b>	Aguacate	0,14	0,12	145	61	65	17	54
<b>T42</b>	Aguacate	0,11	0,11	62	40	0	13	48
<b>T43</b>	Cítricos	0,11	0,06	60	37	3	35	78
<b>T44</b>	Mango	0,11	0,03	105	142	0	13	63
<b>T45</b>	Platanera	0,14	0,40	179	54	0	10	34
<b>T46</b>	Tomates	0,28	1,25	237	56	0	26	52
<b>T47</b>	Cítricos	0,17	0,20	158	37	3	76	108

Na y Cl en %, el resto de nutrientes en ppm. No se analizó el elemento por falta de muestra. Cu = 0 significa que la concentración de este elemento en esos análisis foliares se encuentra por debajo de la sensibilidad.

**Tabla 1 (continuación)**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares**  
**Isla de Tenerife**

Cultivo	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B	
<b>T50p</b>	Aguacate	0,06	0,11	44	110	8	27	34
<b>T51p</b>	Platanera	0,13	1,16	78	82	3	11	46
<b>T52p</b>	Platanera	0,10	0,56	129	287	4	16	14
<b>T53p</b>	Platanera	0,16	0,69	129	600	3	16	43
<b>T54p</b>	Tomates	0,07	1,31	128	45	11	4	40
<b>T55p</b>	Platanera	0,09	0,62	183	615	2	6	43
<b>T56p</b>	Papas	0,08	0,56	95	76	2	20	73
<b>T57p</b>	Viña	0,00	0,13	105	182	3	10	69
<b>T58p</b>	Aguacate	0,10	0,09	54	23	6	27	24
<b>T59p</b>	Tomates	0,04	0,91	131	44	8	4	40
<b>T60p</b>	Platanera	0,11	0,64	149	134	3	15	23
<b>T61p</b>	Platanera	0,11	0,44	122	378	2	10	23
<b>T62p</b>	Viña	0,09	0,15	97	218	4	128	117
<b>T63p</b>	Cítricos	0,10	0,06	67	44	4	59	54
<b>T64p</b>	Tomates	0,33	1,55	92	55	5	22	22
<b>T66p</b>	Platanera	1,51	1,35	103	367	6	8	25
<b>T67p</b>	Tomates	0,19	1,73	110	41	13	28	49
<b>T68p</b>	Millo	0,63	1,30	101	207	5	50	40
<b>T69p</b>	Rosas	0,13	0,17	94	81	4	12	61
<b>T70p</b>	Gladiolos	0,10	0,21	46	92	2	21	72
<b>T71p</b>	Tomates	0,24	0,24	108	67	8	32	42
<b>T72p</b>	Tomates	0,08	1,12	151	34	15	39	55
<b>T73p</b>	Tomates	0,05	0,85	143	144	7	5	46
<b>T74p</b>	Tomates	0,16	0,60	119	107	11	42	39
<b>T75p</b>	Platanera	0,12	0,54	129	125	7	19	21
<b>T76p</b>	Tomates	0,96	1,59	124	46	20	13	78
<b>T77p</b>	Pimientos	0,09	0,59	110	36	33	30	64
<b>T78p</b>	Platanera	0,05	0,60	191	168	5	12	60
<b>T79p</b>	Acelgas	1,51	1,79	203	249	7	34	56
<b>T80p</b>	Cítricos	0,20	0,26	158	33	20	11	55
<b>T81p</b>	Platanera	0,10	0,54	98	88	6	13	102

Na y Cl se expresan en %, el resto de nutrientes en ppm.

p Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada.

**Tabla 2**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares (%)**  
**Isla de La Palma**

	<b>Cultivo</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>Mg</b>
<b>LP1</b>	Platanera	3,70	0,68	1,51	0,12	0,20	0,14
<b>LP2</b>	Platanera	3,50	0,60	1,31	0,12	0,30	0,14
<b>LP3</b>	Platanera	3,20	0,50	0,76	0,24	0,30	0,13
<b>LP4</b>	Platanera	2,90	0,56	1,43	0,86	0,27	0,49
<b>LP5</b>	Platanera	2,90	0,40	2,20	2,10	0,10	0,36
<b>LP6</b>	Platanera	3,60	0,70	2,27	0,70	0,20	0,31
<b>LP7</b>	Cítricos	3,30	0,45	0,57	1,00	0,16	0,12
<b>LP8</b>	Platanera	2,70	0,52	1,87	0,55	0,17	0,29
<b>LP9</b>	Platanera	3,00	0,60	1,64	0,18	0,10	0,19
<b>LP10</b>	Mango	2,70	0,37	0,31	0,46	0,12	0,12
<b>LP11</b>	Mango	2,40	0,33	0,14	0,55	0,10	0,13
<b>LP12</b>	Platanera	3,20	0,40	0,76	0,29	0,20	0,18
<b>LP13</b>	Platanera	3,00	0,57	1,41	0,31	0,15	0,32
<b>LP14</b>	Platanera	4,10	0,56	1,38	0,24	0,18	0,13
<b>LP15</b>	Platanera	3,10	0,52	0,96	0,86	0,25	1,24

**Tabla 2 (continuación)**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares**  
**Isla de La Palma**

	<b>Cultivo</b>	<b>Na</b>	<b>Cl</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
<b>LP1</b>	Platanera	0,04		269	143	8	17	13
<b>LP2</b>	Platanera	0,14		185	134	6	15	15
<b>LP3</b>	Platanera	0,05		356	700	52	17	24
<b>LP4</b>	Platanera	0,24		180	68	7	21	18
<b>LP5</b>	Platanera	0,08		262	55	7	43	35
<b>LP6</b>	Platanera	0,08		180	74	12	14	25
<b>LP7</b>	Cítricos	0,06	0,13	166	16	9	15	74
<b>LP8</b>	Platanera	0,07	0,70	141	94	0	23	21
<b>LP9</b>	Platanera	0,04		344	323	14	41	26
<b>LP10</b>	Mango	0,05	0,13	93	88	5	13	53
<b>LP11</b>	Mango	0,03	0,12	78	50	0	21	37
<b>LP12</b>	Platanera	0,04		409	108	0	15	20
<b>LP13</b>	Platanera	0,06		214	79	0	18	7
<b>LP14</b>	Platanera	0,02		271	206	51	17	13
<b>LP15</b>	Platanera	0,06		277	1550	8	14	26

**Na y Cl** se expresan en %, el resto de nutrientes en ppm. No se analizó el elemento por falta de muestra.  
**Cu = 0** significa que la concentración de este elemento en esos análisis foliares se encuentra por debajo de la sensibilidad.

**Tabla 3**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares (%)**  
**Isla de La Gomera**

Cultivo	N	P	K	Ca	S	Mg
<b>LG1l</b> Platanera	2,40	0,40	4,76	0,85	0,18	0,47
<b>LG1v</b> Platanera	3,50	0,50	2,72	0,74	0,12	0,30
<b>LG2</b> Platanera	2,60	0,40	2,97	1,20	0,08	0,40
<b>LG3</b> Platanera	2,70	0,40	1,82	2,08	0,18	0,76
<b>LG4</b> Platanera	3,10	0,60	3,01	0,41	0,18	0,32
<b>LG5</b> Platanera	3,20	0,40	3,93	1,00	0,12	0,29
<b>LG6</b> Platanera	2,60	0,40	2,15	1,87	0,09	0,46
<b>LG7v</b> Aguacate	2,60	0,50	0,68	1,70	0,20	0,42
<b>LG7l</b> Aguacate	3,70	0,20	2,99	0,88	0,20	0,28
<b>LG8</b> Platanera	2,70	0,40	3,69	0,36	0,11	0,28
<b>LG9</b> Platanera	2,10	0,30	1,79	1,05	0,15	0,32
<b>LG10</b> Platanera	2,50	0,70	2,02	1,35	0,31	0,46
<b>LG11</b> Cítricos	2,40	0,48	1,22	3,94	0,28	0,37
<b>LG13</b> Platanera	2,50	0,40	2,22	0,53	0,22	0,37
<b>LG14o</b> Viña	2,40	0,56	1,02	0,73	0,13	0,44
<b>LG14p</b> Viña	2,20	0,80	0,62	2,00	0,09	0,47

l Hojas con aspecto normal o Hojas jóvenes p Hojas viejas v Hojas que presentan clorosis

**Tabla 3 (continuación)**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares**  
**Isla de La Gomera**

Cultivo	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
<b>LG1v</b> Platanera	0,07	0,68	390	390	0	17	49
<b>LG1l</b> Platanera	0,06		117	12	0	16	40
<b>LG2</b> Platanera	0,07	1,27	435	145	0	12	46
<b>LG3</b> Platanera	1,06	3,02	488	732	0	15	65
<b>LG4</b> Platanera	0,16	0,69	366	1512	0	15	57
<b>LG5</b> Platanera	0,06	0,71	336	1178	0	12	63
<b>LG6</b> Platanera	0,08	0,74	262	7	0	14	36
<b>LG7v</b> Aguacate	0,02	0,14	115	6	0	21	42
<b>LG7l</b> Aguacate	0,07	0,21	151	112	0	37	40
<b>LG8</b> Platanera	0,19	0,83	306	208	0	15	45
<b>LG9</b> Platanera	0,07	1,00	252	231	0	13	32
<b>LG10</b> Platanera	0,07	1,03	135	7	0	17	36
<b>LG11</b> Cítricos	0,17	0,41	100	145	0	13	69
<b>LG13</b> Platanera	0,41		162	148	0	14	54
<b>LG14o</b> Viña	0,83	1,74	813	141	0	13	93
<b>LG14p</b> Viña	0,74	1,20	381	151	0	12	108

Na y Cl se expresan en %, el resto de nutrientes en ppm. No se analizó el elemento por falta de muestra. Cu = 0 significa que la concentración de este elemento en esos análisis foliares se encuentra por debajo de la sensibilidad l Hojas con aspecto normal o Hojas jóvenes p Hojas viejas v Hojas que presentan clorosis



**Tabla 4**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares (%)**  
**Isla de El Hierro**

	<b>Cultivo</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>Mg</b>
<b>EH1</b>	Platanera	2,29	0,34	2,95	0,21	0,14	0,30
<b>EH2</b>	Piña Tropical	1,05	0,35	2,36	0,29	0,07	0,23
<b>EH3</b>	Piña Tropical	0,95	0,32	4,71	0,21	0,14	0,20
<b>EH4</b>	Mango	1,67	0,35	0,44	1,28	0,06	0,19
<b>EH5</b>	Cítricos	2,22	0,35	1,40	1,87	0,17	0,28
<b>EH7</b>	Piña Tropical	0,97	0,38	2,89	0,27	0,13	0,21
<b>EH8</b>	Platanera	2,63	0,39	2,33	0,85	0,17	0,28
<b>EH9</b>	Piña Tropical	0,88	0,16	2,34	0,21	0,05	0,22
<b>EH10</b>	Platanera	2,60	0,35	2,24	0,40	0,14	0,33

**Tabla 4 (continuación)**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares**  
**Isla de El Hierro**

	<b>Cultivo</b>	<b>Na</b>	<b>Cl</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
<b>EH1</b>	Platanera	0,20	1,03	136	71	0	18	35
<b>EH2</b>	Piña Tropical	0,20	1,20	54	37	0	11	46
<b>EH3</b>	Piña Tropical	0,14	1,02	67	31	0	9	38
<b>EH4</b>	Mango	0,35	0,56	102	48	0	13	48
<b>EH5</b>	Cítricos	0,49	0,62	93	21	0	13	59
<b>EH7</b>	Piña Tropical	0,29		51	16	0	8	38
<b>EH8</b>	Platanera	0,08	0,62	181	137	0	22	49
<b>EH9</b>	Piña Tropical	0,16	0,75	134	19	0	9	36
<b>EH10</b>	Platanera	0,16	0,92	146	94	0	14	79

**Na** y **Cl** se expresan en %, el resto de nutrientes en ppm. No se analizó el elemento por falta de muestra. **Cu** = 0 significa que la concentración de este elemento en esos análisis foliares se encuentra por debajo de la sensibilidad.

**Tabla 5**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares (%)**  
**Isla de Gran Canaria**

	<b>Cultivo</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>Mg</b>
<b>GC2e</b>	Tomates	3,90	0,30	1,17	4,43	0,82	1,47
<b>GC2i</b>	Tomates	3,10	0,30	4,38	0,18	0,09	0,19
<b>GC3</b>	Papaya	1,50	0,30	3,99	2,10	0,48	0,58
<b>GC4r</b>	Papaya	2,10	0,70	3,42	1,71	0,69	1,06
<b>GC4u</b>	Mango	2,50	0,30	0,70	1,38	0,11	0,26
<b>GC5e</b>	Tomates	4,30	0,30	2,33	3,55	0,35	1,38
<b>GC5i</b>	Tomates	3,40	0,60	3,97	0,09	0,17	0,13
<b>GC6</b>	Platanera	3,80	0,50	3,91	0,54	0,27	0,40
<b>GC7</b>	Platanera	3,40	0,40	3,62	0,58	0,14	0,41
<b>GC8</b>	Aguacate	3,50	0,70	0,92	1,14	0,17	0,82
<b>GC9</b>	Berenjenas	4,50	1,30	2,95	2,23	0,20	1,11
<b>GC10</b>	Berenjenas	4,60	1,10	2,70	3,11	0,15	0,91
<b>GC11</b>	Cebollas	3,13	0,46	1,48	3,47	0,32	0,99
<b>GC12</b>	Platanera	3,60	0,47	3,21	1,90	0,28	0,77
<b>GC14</b>	Platanera	2,63	0,39	2,70	1,10	0,31	0,89
<b>GC15</b>	Platanera	3,64	0,46	2,01	1,83	0,23	1,08
<b>GC16</b>	Viña	3,12	0,42	1,37	1,32	0,23	0,20
<b>GC17</b>	Cítricos	3,06	0,45	1,15	3,95	0,29	0,27
<b>GC18</b>	Cítricos	2,98	0,44	1,36	3,13	0,27	0,37
<b>GC20</b>	Platanera	3,43	0,59	4,34	0,33	0,34	0,36
<b>GC22</b>	Cítricos	3,06	0,42	1,17	4,52	0,31	0,46
<b>GC25</b>	Cítricos	1,95	0,30	0,75	7,00	0,33	0,30
<b>GC23</b>	Pimientos	6,74	0,64	5,15	1,59	0,49	0,45
<b>GC24</b>	Platanera	2,74	0,42	3,50	0,69	0,33	0,73
<b>GC27p</b>	Platanera	3,88	0,48	3,36	2,20	0,25	1,02
<b>GC28p</b>	Platanera	3,51	0,48	3,32	1,00	0,22	0,57
<b>GC29p</b>	Tomates	4,24	0,77	4,20	1,34	0,75	0,60
<b>GC30p</b>	Platanera	2,65	0,41	2,95	1,21	0,25	0,59
<b>GC31p</b>	Platanera	3,21	0,57	4,68	0,65	0,41	0,48
<b>GC32p</b>	Platanera	2,63	0,43	3,88	0,39	0,30	0,47
<b>GC33p</b>	Platanera	3,29	0,45	4,07	1,95	0,32	0,68
<b>GC34p</b>	Cítricos	3,70	0,40	1,39	3,26	0,36	0,53
<b>GC35ep</b>	Tomates	4,60	0,60	3,64	2,98	1,07	1,34
<b>GC35ip</b>	Tomates	4,00	1,00	5,05	0,11	0,19	0,22
<b>GC36p</b>	Berenjenas	4,50	1,40	2,29	3,57	0,20	1,09
<b>GC37p</b>	Platanera	2,53	0,43	4,24	0,45	0,30	0,49
<b>GC38ep</b>	Tomates	3,90	0,50	3,28	3,08	0,81	1,50
<b>GC38ip</b>	Tomates	3,10	0,40	4,38	0,09	0,17	0,17
<b>GC39p</b>	Cítricos	2,60	0,70	0,80	3,43	0,15	0,42

**p** Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada. **e** Muestra de hoja **i** Muestra de fruto **r** y **u** Muestras de hojas de papaya y mango respectivamente que se desarrollan en el mismo suelo (muestra GC4).

**Tabla 5 (continuación)**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares**  
**Isla de Gran Canaria**

	<b>Cultivo</b>	<b>Na</b>	<b>Cl</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
<b>GC2e</b>	Tomates	2,31	1,61	150	423	134	52	75
<b>GC2i</b>	Tomates	0,55	0,73	53	15	0	25	39
<b>GC3</b>	Papaya	0,64	1,79	36	34	4	19	41
<b>GC4r</b>	Papaya	3,39	2,86	30	57	0	16	53
<b>GC4u</b>	Mango	0,11	0,31	49	64	0	7	83
<b>GC5e</b>	Tomates	1,48	3,31	143	333	0	40	77
<b>GC5i</b>	Tomates	0,22	1,03	25	9	0	10	29
<b>GC6</b>	Platanera	0,09	1,02	80	196	7	11	82
<b>GC7</b>	Platanera	0,04	0,67	69	250	7	9	67
<b>GC8</b>	Aguacate	0,06	0,23	148	74	0	20	39
<b>GC9</b>	Berenjenas	0,13	2,19	121	495	4	20	64
<b>GC10</b>	Berenjenas	0,17	3,42	206	335	4	36	105
<b>GC11</b>	Cebollas	1,33	1,66	150	24	0	13	87
<b>GC12</b>	Platanera	0,10	1,30	184	225	0	12	81
<b>GC14</b>	Platanera	0,25	1,33	115	258	0	13	97
<b>GC15</b>	Platanera	5,22	1,78	255	1	0	22	86
<b>GC16</b>	Viña	0,43	0,45	444	42	0	25	175
<b>GC17</b>	Cítricos	0,43	0,98	205	26	4	17	417
<b>GC18</b>	Cítricos	0,22	0,39	102	30	0	34	144
<b>GC20</b>	Platanera	0,09	1,10	96	77	5	21	47
<b>GC22</b>	Cítricos	0,16	0,43	129	23	7	27	137
<b>GC25</b>	Cítricos	0,04	0,13	101	26	21	2	50
<b>GC23</b>	Pimientos	0,08	0,34	151	83	0	39	59
<b>GC24</b>	Platanera	0,12	1,10	126	115	0	15	62
<b>GC27p</b>	Platanera	0,06	1,68	179	532	11	2	64
<b>GC28p</b>	Platanera	0,05	1,26	155	302	7	2	62
<b>GC29p</b>	Tomates	0,05	0,89	146	74	14	4	37
<b>GC30p</b>	Platanera	0,03	1,05	178	163	4	1	20
<b>GC31p</b>	Platanera	0,05	1,24	176	318	7	2	23
<b>GC32p</b>	Platanera	0,04	0,80	181	211	7	2	44
<b>GC33p</b>	Platanera	0,04	0,93	332	224	6	2	67
<b>GC34p</b>	Cítricos	0,27	1,00	114	30	5	30	73
<b>GC35ep</b>	Tomates	0,95	3,08	114	97	8	33	42
<b>GC35ip</b>	Tomates	0,05	1,25	44	14	7	4	26
<b>GC36p</b>	Berenjenas	0,39	3,19	320	739	9	47	68
<b>GC37p</b>	Platanera	0,03	0,86	132	91	5	2	32
<b>GC38ep</b>	Tomates	1,00		104	186	7	36	39
<b>GC38ip</b>	Tomates	0,07		45	10	4	4	24
<b>GC39p</b>	Cítricos	0,34		97	25	3	12	83

**Na** y **Cl** se expresan en %, el resto de nutrientes en ppm. No se analizó el elemento por falta de muestra. **Cu** = 0 significa que la concentración de este elemento en esos análisis foliares se encuentra por debajo de la sensibilidad. **p** Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada. **e** Muestra de hoja **i** Muestra de fruto **r** y **u** Muestras de hojas de papaya y mango respectivamente que se desarrollan en el mismo suelo (muestra GC4).

**Tabla 6**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares (%)**  
**Isla de Fuerteventura**

	Cultivo	N	P	K	Ca	S	Mg
<b>F1</b>	Tomates	3,94	0,54	2,20	2,32	1,15	0,75
<b>F2I</b>	Tomates	4,22	0,52	2,61	1,68	0,93	0,53
<b>F2v</b>	Tomates	2,68	0,56	0,95	5,73	1,66	1,19
<b>F3</b>	Alfalfa	5,60	0,70	3,76	1,12	0,24	0,28

I Hojas con aspecto normal v Hojas que presentan clorosis

**Tabla 6 (continuación)**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares**  
**Isla de Fuerteventura**

	Cultivo	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
<b>F1</b>	Tomates	1,10	2,60	303	60	0	43	56
<b>F2I</b>	Tomates	0,92	2,08	391	40	0	21	60
<b>F2v</b>	Tomates	1,84	3,25	309	189	0	41	77
<b>F3</b>	Alfalfa	0,65	1,43	112	32	0	32	66

Na y Cl se expresan en %, el resto de nutrientes en ppm. Cu = 0 significa que la concentración de este elemento en esos análisis foliares se encuentra por debajo de la sensibilidad. I Hojas con aspecto normal v Hojas que presentan clorosis

## **ANEXO XIV**

# **VALORES DE REFERENCIA PARA LOS** **NUTRIENTES** **SEGÚN LOS CULTIVOS**

**CONCENTRACIONES NORMALES  
DE NUTRIENTES  
(Jones, 1972; Meiri y Shalhevet, 1973; Fuentes, 1989)**

**Tabla 1**  
**Concentraciones normales de los Macronutrientes (%)**  
**Análisis foliar**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
A	1-3	0,05-1	0,3-3	0,5-3,5	0,1-0,5	0,03-0,8

A Adecuado Fuente: Fuentes (1989).

**Tabla 2**  
**Concnetraciones normales de los Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Análisis foliar**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D			<50	<20	<4	<20	<15
A	0,05	0,5-1,8	50-250	20-500	5-20	25-150	20-100
T				>500	>20	>400	>200

D Deficiente A Adecuado T Tóxico

Fuente: Na y Cl (Valores que pueden ser tóxicos en plantas sensibles, Meiri y Shalhevet, 1973).

Fe, Mn, Cu, Zn y B (Jones, 1972).

# **FRUTALES**



**Tabla 3**  
**Valores de Referencia de los Macronutrientes (%)**  
**Aguacate (Persea americana)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
D	<1,6	<0,05	<0,35	<0,5	<0,05	<0,15
M		0,05-0,08	0,35-0,70	0,5-1,0	0,05-0,2	0,15-0,24
A	1,6-2,0	0,08-0,25	0,71-2,0	1,0-3,0	0,2-0,3	0,25-0,80
AL	>2,0	0,26-0,3	2,1-3,0	3,0-4,0	0,4-1,0	0,81-1,0
T		>0,3	>3,0	>4,0	>1,0	>1,0

D Deficiente M Marginal A Adecuado AL Alto T Tóxico

Fuente: Robinson (1986). Los valores de N son de la variedad Fuerte.

**Tabla 4**  
**Valores de Referencia de los Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Aguacate (Persea americana)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D			<40	<15	<3	<12	
M			40-50	15-30	3-5	12-30	10-50
A	0,01-0,02	0,01-0,02	50-200	30-500	5-15	30-50	50-100
AL				501-1000	16-25	51-300	
T	>0,25	>0,25		>1000	>25	>300	>100

D Deficiente M Marginal A Adecuado AL Alto T Tóxico

Fuente: Robinson (1986).

**Tabla 5**  
**Valores de Referencia de los Macronutrientes (%)**  
**Cítricos (Citrus spp.)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
D	<2,2	<0,10	<0,4	<1,6	<0,14	<0,16
M	2,2-2,4	0,09-0,11	0,4-0,7	1,6-2,9	0,14-0,20	0,16-0,25
A	2,4-2,6	0,12-0,16	0,7-1,2	3,0-6,0	0,21-0,4	0,26-0,6
AL	2,7-3,0	0,17-0,25	1,3-2,3		0,41-0,5	0,7-1,2
T	>3,0	>0,25	>2,3	>7,0	>0,5	>1,20

D Deficiente M Marginal A Adecuado AL Alto T Tóxico

Fuente: Robinson (1986). La máxima calidad del fruto se ha obtenido con concentraciones altas de P.

**Tabla 6**  
**Valores de Referencia de los Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Cítricos (Citrus spp.)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D			<36	<16	<3,6	<16	<21
M			36-60	16-24	3,6-5,0	16-24	21-30
A	<0,16	<0,3	60-120	25-100	5,1-10,0	25-100	31-100
AL	0,17-0,25	0,4-0,7	121-200	101-300	10-15	100-300	101-260
T	>0,25	>0,70	>200	>300	>15	>300	>260

D Deficiente M Marginal A Adecuado AL Alto T Tóxico

Fuente: Robinson (1986). Altos valores de Na sugieren problemas de sodicidad del suelo. Altos valores de Cl ocurren cuando el cultivo es regado con aguas salinas, cuando el suelo es salino o el drenaje no es el adecuado.

**Tabla 7**  
**Valores de Referencia de los Macronutrientes (%)**  
**Fresas (Fragaria sp.)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
C	2,8	0,1	1,0	0,3	0,1	0,2

C Valor crítico

Fuente: Ulrich et al. (1980).

**Tabla 8**  
**Valores de Referencia de los Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Fresas (Fragaria sp.)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D							<25
M							25-30
C			50	30	3	20	
A	<0,3	0,1-0,5					30-50
T	>0,30	>0,5					

D Deficiente M Marginal C Valor crítico A Adecuado T Tóxico

Fuente: Na, Cl y B Consolidated Fertilizers Ltd (1983), estos valores de referencia corresponden a hojas con peciolo. Fe, Mn, Cu y Zn Ulrich et al. (1980)

**Tabla 9**  
**Valores de Referencia de los Macronutrientes (%)**  
**Mango (Mangifera indica)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
D	<0,25					
M	0,25-0,3					
A	1,0-1,5	0,08-0,18	0,3-1,2	2,0-3,5* 3,0-5,0#	0,1-0,5	0,2-0,4

D Deficiente M Marginal A Adecuado

Fuente: Robinson (1986) \* Suelos ácidos # Suelos alcalinos  
 Los valores de Referencia de S son de Fuentes (1989) (Tabla 1, Anexo XIV)

**Tabla 10**  
**Valores de Referencia de los Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Mango (Mangifera indica)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D	<15						
A	<0,2		70-200	60-500	10-20	20-150	50-100
T	>0,4	>0,5					>300

D Deficiente A Adecuado T Tóxico

Fuente: Robinson (1986)

**Tabla 11**  
**Valores de Referencia de los Macronutrientes (%)**  
**Papaya (Carica papaya)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
A	1,3-2,5	0,2-0,4	3,0-6,0	1,0-2,5	0,3-0,8	0,5-1,5

A Adecuado

Fuente: Robinson (1986)

**Tabla 12**  
**Valores de Referencia de los Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Papaya (Carica papaya)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
A	<0,20	<4,0	20-80	25-150	4-10	10-30	20-50

A Adecuado

Fuente: Robinson (1986)

**Tabla 13**  
**Valores de Referencia de los Macronutrientes (%)**  
**Piña tropical (Ananas comosus)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
D	<1,4	<0,13	<2,8	<0,04	<0,07	<0,13
M		0,13-0,14	2,9-4,2	0,05-0,21		0,14-0,40
A	1,5-2,5	0,14-0,35	4,3-6,4	0,22-0,40	0,07-?	0,41-0,57
AL		>0,35	>6,4	>0,40		>0,57

D Deficiente M Marginal A Adecuado AL Alto

Fuente: Robinson (1986). Los valores de referencia de N corresponden al tercio medio de la porción verde en lugar de la blanca.

**Tabla 14**  
**Valores de Referencia de los Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Piña Tropical (Ananas comosus)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D							<15
A	0,004-0,015	0,2-0,8	80-150	15-400	10-50	15-70	20-100
T							>200

D Deficiente A Adecuado T Tóxico

Fuente: Robinson (1986). Los valores de referencia del Cl corresponden al tercio medio de la porción verde en lugar de la blanca  
 Los valores de Referencia de B son de Jones (1972) (Tabla 2 , Anexo XIV)

**Tabla 15**  
**Valores de Referencia de los Macronutrientes (%)**  
**Platanera (Musa spp.)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
D	<2,6	<0,13	<2,5	<0,5	<0,1	<0,20
M	2,6-2,8	0,13-0,19	2,5-3,0	0,5-0,7	0,1-0,2	0,2-0,3
A	2,8-4,0	0,2-0,25	3,1-4,0	0,8-1,2	0,23-0,27	0,3-0,46
AL		>0,25	>4,0	>1,25	>0,27	>0,46

D Deficiente M Marginal A Adecuado AL Alto

Fuente: Robinson (1986)

**Tabla 16**  
**Valores de Referencia de los Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Platanera (Musa spp.)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D				<10		<14	<10
C						14-20	
M					3-7		10-20
A	0,01-0,10	0,8-0,9	70-200	1000-2200	7-20	21-35	20-80
AL				4000-6000		>35	80-300
T							>300

D Deficiente C Valor crítico M Marginal A Adecuado AL Alto T Tóxico  
 Fuente: Robinson (1986)

**Tabla 17**  
**Valores de Referencia de los Macronutrientes (%)**  
**Viña (Vitis vinifera)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
D			<0,8			
C		0,2-0,3				
A	1,5		>1,5	0,5-3,5	0,1-0,5	0,03-0,8

D Deficiente C Valor crítico A Adecuado  
 Fuente: Referencia de N López y López (1985), P y K Robinson (1986)  
 el resto (Ca, S y Mg) (Fuentes, 1989, Tabla 1 , Anexo XIV)

**Tabla 18**  
**Valores de Referencia de los Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Viña (Vitis vinifera)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D			<50	<20	<4	<20	
A	<0,05	0,5-1,8	50-250	20-500	5-20	25-150	
T				>500	>20	>400	>300

D Deficiente A Adecuado T Tóxico  
 Fuente: Referencia de B Robinson (1986) el resto de Meiri y Shalhevet (1973)  
 y Jones (1972) (Tabla 2, del Anexo XIV)

# **HORTÍCOLAS**

**Tabla 19**  
**Valores de Referencia de los Macronutrientes (%)**  
**Alfalfa (Medicago sativa)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
D	<4,0	<0,20	<1,8	<0,25	<0,20	<0,20
M	4,0-4,4	0,20-0,25	1,8-2,4	0,25-0,50	0,20-0,25	0,20-0,30
A	4,5-5,0	0,26-0,70	2,5-3,8	0,51-3,0	0,26-0,50	0,31-1,0
AL	>5,0		>3,8	>3,0	>0,50	>1,0
T		0,70				

D Deficiente M Marginal A Adecuado AL Alto T Tóxico

Fuente: Smith (1986).

**Tabla 20**  
**Valores de Referencia de los Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Alfalfa (Medicago sativa)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D			<40	<20	<6	<11	<20
M			40-44	20-24	6-10	11-20	20-30
C					10	20	30
A	0,05	0,5-1,8	45-60	25-35			
AL			>60	>35			
T					>50	>100	>100

D Deficiente M Marginal C Valor crítico A Adecuado AL Alto T Tóxico

Fuente: Smith (1986). Los valores de referencia de Na y Cl son de Meiri y Shalhevet (1973) (Tabla 2, Anexo XIV)

**Tabla 21**  
**Valores de Referencia de Macronutrientes (%)**  
**Cebollas (Allium cepa)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
A	2,5-3,5	0,25-0,40	2,5-5,0	1,50-3,50	0,1-0,5	0,30-0,50

A Adecuado

Fuente: Piggott (1986).

**Tabla 22**  
**Valores de Referencia de Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Cebollas (*Allium cepa*)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D			<50				
M				<40			
A	0,29	4-5	50-250	55-65	6,20	20-55	30-45

D Deficiente M Marginal A Adecuado

**Fuente:** Piggott (1986), los valores de referencia de Na corresponden a toda la parte aérea de la planta  
Los valores de referencia de Fe son de Jones (1972) (Tabla 2, Anexo XIV).

**Tabla 23**  
**Valores de Referencia de Macronutrientes (%)**  
**Espinacas (*Spinacia oleracea*)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
A	4,2-5,2	0,48-0,58	3,80-5,30	0,60-1,20	0,1-0,5	1,6-1,8

A Adecuado

**Fuente:** Piggott (1986). Los valores de referencia de S son de Fuentes (1989)(Tabla 1, Anexo XIV)

**Tabla 24**  
**Valores de Referencia de Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Espinacas (*Spinacia oleracea*)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
A	0,05	0,5-1,8	220-245	50-85	45-65	50-75	42-63

A Adecuado

**Fuente:** Reuter y Robinson (1986). Los valores de referencia de Na y Cl son de Meiri y Shalhevet (1973) (Tabla 2, Anexo XIV)

**Tabla 25**  
**Valores de Referencia de Macronutrientes (%)**  
**Habichuelas (*Phaseolus vulgaris*)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
D	<5,0	<0,25	<1,2	<1,2		<0,25
M	5,0-5,2	0,25-0,4	1,2-1,5	1,2-1,5		0,25-0,40
A	5,2-5,4	0,4-0,6	1,5-3,5	1,5-2,5	0,1-0,5	0,40-0,80

D Deficiente M Marginal A Adecuado

**Fuente:** Piggott (1986). Los valores de referencia de S son de Fuentes (1989) (Tabla 1, Anexo XIV)



**Tabla 26**  
**Valores de Referencia de Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Habichuelas (Phaseolus vulgaris)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D				<25	<3	<30	<6
M				25-50	3-5		6-10
A	0,04-0,33	0,06-2,0	100-300	50-400	5-15	35-100	10-50
T	>0,33	>2,0					

D Deficiente M Marginal A Adecuado T Tóxico

Fuente: Piggott (1986)

**Tabla 27**  
**Valores de Referencia de Macronutrientes (%)**  
**Lechugas (Lactuca sativa)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
C	3,3	0,80	4,0	0,5		0,3
A	3,5-4,0	0,85-0,95	5,5-6,0	0,55-0,75	0,1-0,5	0,32-0,60

C Valor crítico A Adecuado

Fuente: Piggott (1986). Los valores de referencia de S son de Fuentes (1989) (Tabla 1, Anexo XIV).

**Tabla 28**  
**Valores de Referencia de Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Lechugas (Lactuca sativa)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D			<50		<4	<20	<15
A	<0,5-1,00	2,90-2,95	50-250	63-130	5-20	25-150	20-100
T				333-1150	>20	>400	>200

D Deficiente A Adecuado T Tóxico

Fuente: Piggott (1986), los valores de referencia de Na corresponden a la hoja más externa que envuelve a la lechuga en los primeros estadios. Los valores de referencia de Fe, Cu, Zn y B son de Jones (1972) (Tabla 2, Anexo XIV)

**Tabla 29**  
**Valores de Referencia de Macronutrientes (%)**  
**Millo (Zea mays)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
D	<2,10	<0,17	(<2)			
M			2,60			
C	(3,0)	(0,25)		(0,55)		(0,25)
A	3,38	0,52	3,64 (4)	0,5-3,5 (0,70)	0,1-0,5 (0,1-0,5)	0,03-0,8

D Deficiente M Marginal C Valor crítico A Adecuado

**Fuente:** Piggott (1986). Los valores que se encuentran entre paréntesis corresponden a valores de referencia para muestras de hojas de millo después de la fructificación, el resto de los valores de referencia (sin paréntesis) pertenecen a hojas de millo tierno (45 días después de la siembra). Los valores de referencia de Ca, S y Mg (sin paréntesis) así como de S (con paréntesis) son de Fuentes (1989) (Tabla 1, Anexo XIV). Los valores de N, P, Mg y el valor crítico de Ca (con paréntesis) son de López y López (1985).

**Tabla 30**  
**Valores de Referencia de Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Millo (Zea mays)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D			<50	<20	<4	<20	
M		(0,20-0,32)					
C			(39)	(15)	(10)	(15)	
A	0,05	(0,34-0,53)	50-250	20-500	5-20	25-150	8,38 (40-70)
T				>500	>20	>400	>98

D Deficiente M Marginal C Valor crítico A Adecuado T Tóxico

**Fuente:** Piggott (1986). Los valores que se encuentran entre paréntesis corresponden a valores de referencia para muestras de hojas de millo después de la fructificación, el resto de los valores de referencia (sin paréntesis) pertenecen a hojas de millo tierno (45 días después de la siembra). Los valores de referencia de B (sin paréntesis) corresponden a toda la parte aérea de la planta a una altura de 25 cm. Los valores de referencia de Na, Fe, Mn, Cu y Zn (sin paréntesis) son de Jones (1972) y Meiri y Shalhevet (1973) (Tabla 2 , Anexo XIV)

**Tabla 31**  
**Valores de Referencia de Macronutrientes (%)**  
**Papas (Solanum tuberosum)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
D					<0,20	
C	5,0	0,30	4,0	0,8		0,30
M					0,20-0,30	0,25
A	5,5-6,5	0,35-0,55	4,5-6,5	1,0-2,0	0,30-0,50	0,30-0,50

D Deficiente C Valor crítico M Marginal A Adecuado

**Fuente:** Piggott (1986)

**Tabla 32**  
**Valores de Referencia de Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Papas (Solanum tuberosum)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D	<0,05	<0,50					
A	0,05-0,50	0,50-4,0	70-150	50-300	6-20	20-60	30-60
T		>4,0		>800			

D Deficiente A Adecuado T Tóxico  
 Fuente: Piggott (1986).

**Tabla 33**  
**Valores de Referencia de Macronutrientes (%)**  
**Pimientos (Capsicum annum)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
D	<0,4	<0,2	<3			
A	0,6-0,8	0,3-0,4	4-5	0,5-3,5	0,1-0,5	0,03-0,8

D Deficiente A Adecuado

Fuente: López y López (1985). Los valores de referencia de Ca, S y Mg son de Fuentes (1989) (Tabla 1, Anexo XIV).

**Tabla 34**  
**Valores de Referencia de Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Pimientos (Capsicum annum)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D			<50	<20	<4	<20	<15
A	0,05	0,5-1,8	50-250	20-500	5-20	25-150	20-100
T				>500	>20	>400	>200

D Deficiente A Adecuado T Tóxico

Fuente: Jones (1972) y Meiri y Shalhevet (1973) (Tabla 2, Anexo XIV)

**Tabla 35**  
**Valores de Referencia de Macronutrientes (%)**  
**Tomates (Lycopersicon esculentum)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
C	3,0	0,30	2,5			0,30
A	4,0-6,0	0,4-0,8	3,0-5,0	1,4-4,0	1,25	0,4-0,9

C Valor crítico A Adecuado

Fuente: Piggott (1986)

**Tabla 36**  
**Valores de Referencia de Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Tomates (*Lycopersicon esculentum*)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D					<5	<16,6	<10
C				20			
A		4,6-4,8	100-300	50-100	8-15	24,6	30-75
AL	0,4						
T					>15		

D Deficiente C Valor crítico A Adecuado AL Alto T Tóxico

Fuente: Piggott (1986). Los valores de referencia de Na corresponden a hojas con peciolo en el estado de crecimiento en el que el primer y segundo nodos eran visibles.

**Tabla 37**  
**Valores de Referencia de Macronutrientes (%)**  
**Tomates (*Lycopersicon esculentum*) (Fruto)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
C	3,0	0,60	4,0	0,10		0,20
A	3,4-3,8	0,7-0,75	4,2-5,2	0,12-0,30	0,21-0,23	0,25

C Valor crítico A Adecuado

Fuente: Piggott (1986)

**Tabla 38**  
**Valores de Referencia de Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Tomates (*Lycopersicon esculentum*) (Fruto)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
A	[	1,3-1,4	[	[	[	[	[

A Adecuado

Fuente Piggott (1986) [ No se encontraron referencias

**Tabla 39**  
**Valores de Referencia de Macronutrientes (%)**  
**Zanahorias (*Daucus carota*)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
C	3,5-3,7	0,35-0,44	3,5-3,7			
A				0,5-3,5	0,20-0,40	0,40-0,60

C Valor crítico A Adecuado

Fuente: Piggott (1986). Los valores de referencia de Ca son de Fuentes (1989) (Tabla 1, Anexo XIV)

**Tabla 40**  
**Valores de Referencia de Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Zanahorias (*Daucus carota*)**

<b>Término</b>	<b>Na</b>	<b>Cl</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
<b>D</b>			<50		<4	<20	
<b>A</b>	0,05	2,00-3,00	50-250	40-100	5-20	25-150	20-40
<b>T</b>					>20	>400	

**D** Deficiente **A** Adecuado **T** Tóxico

**Fuente:** Piggott (1986). Los valores de referencia de Na, Fe, Cu y Zn son de Jones (1972) y Meiri y Shalhevet (1973) (Tabla, 2, Anexo XIV)

# **ORNAMENTALES**

**Tabla 41**  
**Valores de Referencia de Macronutrientes (%)**  
**Claveles (*Dianthus caryophyllus*)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
D	<3,0	<0,05	<2,0	<0,60		<0,15
A	3,2-5,2	0,20-0,30	2,5-6,0	1,0-2,0	0,1-0,5	0,25-0,50

D Deficiente A Adecuado

Fuente: Price (1986). Los valores de Referencia de S son de Fuentes (1989) (Tabla 1, Anexo XIV)

**Tabla 42**  
**Valores de Referencia de Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Claveles (*Dianthus caryophyllus*)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D			<30	<30	<5	<15	<25
A		0,5-1,8	50-150	100-300	10-30	25-75	30-100
T	>0,60			>800			>700

D Deficiente A Adecuado T Tóxico

Fuente: Price (1986). Los valores de Referencia de Cl son de Meiri y Shalhevet (1973) (Tabla 2, Anexo XIV)

**Tabla 43**  
**Valores de Referencia de Macronutrientes (%)**  
**Gladiolos (*Gladiolus hortulanus*)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
M				0,50-0,80		0,10-0,20
A	2,5-3	0,30-0,45	3,0-4,0	0,80-1,50	0,1-0,5	0,20-0,40

M Marginal A Adecuado

Fuente: Price (1986). Los valores de Referencia de S son de Fuentes (1989) (Tabla 1, Anexo XIV)

**Tabla 44**  
**Valores de Referencia de Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Gladiolos (*Gladiolus hortulanus*)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
M				50-200			
A		<0,70	100-200	200-500	5-10	20-100	25-60
AL	>0,50						
T		>2,50					>300

M Marginal A Adecuado AL Alto T Tóxico

Fuente: Price (1986)

**Tabla 45**  
**Valores de Referencia de Macronutrientes (%)**  
**Rosas (Rosa adorata)**

Término	N	P	K	Ca	S	Mg
D	<3,0	<0,2	<1,8	<1,0	<0,20	<0,25
A	3,0-5,0	0,2-0,3	1,8-3,0	1,0-1,5	0,20-0,50	0,25-0,35
T	>5,1					

D Deficiente A Adecuado T Tóxico

Fuente: Price (1986)

**Tabla 46**  
**Valores de Referencia de Micronutrientes (Na y Cl en %, el resto en ppm)**  
**Rosas (Rosa adorata)**

Término	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
D			<50	<30	<5	<15	<30
A		0,24	50-150	30-250	5-15	15-50	30-60
T	>0,60			>800			>400

D Deficiente A Adecuado T Tóxico

Fuente: Price (1986)



## **ANEXO XV**

# **INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS ANALÍTICOS DE LOS ANÁLISIS FOLIARES (POR ISLAS)**

**Tabla 1**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Isla de Tenerife**

	<b>Cultivo</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>Mg</b>
<b>T1</b>	Rosas	A	AL	D	D	D	A
<b>T2</b>	Palmita	A	A	A	A	A	A
<b>T3</b>	Fresas	A	M	A	A	C	A
<b>T4</b>	Strelitzias	A	A	A	M	A	A
<b>T5</b>	Strelitzias	A	A	A	M	A	A
<b>T6</b>	Papas	M	A	M	A	D	AL
<b>T7</b>	Cítricos	A	T	A	A	D	A
<b>T8</b>	Aguacate	AL	T	A	M	M	A
<b>T9</b>	Aguacate	AL	T	A	D	M	A
<b>T10</b>	Platanera	A	AL	A	A	M	A
<b>T11</b>	Claveles	D	AL	A	A	A	A
<b>T12</b>	Platanera	AL	AL	M	M	A	AL
<b>T13</b>	Espinacas	M	AL	A	M	A	M
<b>T14</b>	Lechugas	A	M	AL	C	A	A
<b>T15</b>	Zanahorias	A	A	M	A	A	AL
<b>T16</b>	Platanera	A	AL	A	M	M	AL
<b>T17</b>	Platanera	A	AL	AL	D	M	AL
<b>T18</b>	Ajos	AL	A	A	A	AL	AL
<b>T19</b>	Azafrán	AL	A	A	A	A	A
<b>T21</b>	Platanera	A	AL	A	A	A	AL
<b>T22</b>	Platanera	A	AL	A	A	AL	AL
<b>T23</b>	Tomates	A	AL	AL	A	M	M
<b>T24</b>	Platanera	A	AL	AL	A	A	A
<b>T25</b>	Platanera	A	AL	A	A	A	AL
<b>T26</b>	Rosas	A	AL	A	D	A	A
<b>T27</b>	Gladiolos	AL	AL	M	M	A	M
<b>T28</b>	Tomates	M	M	M	M	M	AL
<b>T29</b>	Tomates	AL	A	M	M	M	A
<b>T30</b>	Millo	AL	A	D	M	A	A
<b>T31</b>	Papas	M	A	M	M	D	AL
<b>T32</b>	Platanera	A	AL	A	M	A	AL
<b>T33</b>	Platanera	A	AL	AL	D	A	A
<b>T34</b>	Platanera	M	AL	A	D	A	AL
<b>T35</b>	Cítricos	A	T	A	M	A	A
<b>T36</b>	Viña	AL	A	M	A	AL	A
<b>T37</b>	Pimientos	AL	A	A	A	AL	AL
<b>T38</b>	Habichuelas	D	A	A	A	AL	A
<b>T39</b>	Cítricos	T	T	AL	M	D	AL
<b>T40</b>	Platanera	D	AL	M	A	AL	A
<b>T41</b>	Aguacate	AL	T	A	D	A	AL
<b>T42</b>	Aguacate	A	T	A	M	M	A
<b>T43</b>	Cítricos	AL	T	AL	M	A	A
<b>T44</b>	Mango	AL	AL	A	M	A	M

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo

**Tabla 1 (continuación)**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Isla de Tenerife**

	<b>Cultivo</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>Mg</b>
<b>T45</b>	Platanera	M	AL	A	D	A	AL
<b>T46</b>	Tomates	AL	A	A	A	M	A
<b>T47</b>	Cítricos	T	T	A	M	A	A
<b>T50</b> ρ	Aguacate	AL	T	T	D	A	A
<b>T51</b> ρ	Platanera	A	AL	A	A	M	AL
<b>T52</b> ρ	Platanera	A	AL	M	D	M	A
<b>T53</b> ρ	Platanera	A	AL	D	M	A	A
<b>T54</b> ρ	Tomates	A	A	AL	M	M	A
<b>T55</b> ρ	Platanera	A	AL	A	A	A	AL
<b>T56</b> ρ	Papas	M	AL	M	A	M	A
<b>T57</b> ρ	Viña	AL	A	D	A	A	A
<b>T58</b> ρ	Aguacate	AL	T	A	M	M	A
<b>T59</b> ρ	Tomates	A	A	A	M	M	AL
<b>T60</b> ρ	Platanera	A	AL	A	D	AL	A
<b>T61</b> ρ	Platanera	A	AL	A	M	AL	A
<b>T62</b> ρ	Viña	AL	A	A	A	A	A
<b>T63</b> ρ	Cítricos	M	T	AL	A	A	A
<b>T64</b> ρ	Tomates	M	A	A	A	M	AL
<b>T66</b> ρ	Platanera	A	AL	D	A	AL	AL
<b>T67</b> ρ	Tomates	AL	A	A	M	M	A
<b>T68</b> ρ	Millo	A	A	A	AL	A	A
<b>T69</b> ρ	Rosas	A	AL	AL	D	A	A
<b>T70</b> ρ	Gladiolos	AL	A	M	A	A	A
<b>T71</b> ρ	Tomates	A	A	AL	A	M	A
<b>T72</b> ρ	Tomates	A	A	A	A	AL	M
<b>T73</b> ρ	Tomates	A	A	A	M	M	A
<b>T74</b> ρ	Tomates	A	AL	A	A	M	AL
<b>T75</b> ρ	Platanera	A	AL	AL	D	AL	AL
<b>T76</b> ρ	Tomates	A	A	A	M	A	A
<b>T77</b> ρ	Pimientos	AL	AL	M	A	AL	A
<b>T78</b> ρ	Platanera	A	AL	M	A	AL	AL
<b>T79</b> ρ	Acelgas	AL	A	AL	M	A	A
<b>T80</b> ρ	Cítricos	AL	T	T	M	A	A
<b>T81</b> ρ	Platanera	A	AL	D	D	M	A

A Adecuado **AL** Alto **C** Valor crítico **D** Deficiente **M** Marginal **T** Tóxico o excesivo  
 ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada

**Tabla 1 (continuación)**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Isla de Tenerife**

	<b>Cultivo</b>	<b>Na</b>	<b>Cl</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
<b>T1</b>	Rosas	AL	M	A	A	A	A	A
<b>T2</b>	Palmita	AL	A	A	T	D	A	A
<b>T3</b>	Fresas	A	T	A	A	M	A	AL
<b>T4</b>	Strelitzias	AL	A	A	A	D	D	A
<b>T5</b>	Strelitzias	AL	A	D	A	D	D	A
<b>T6</b>	Papas	AL	A	A	A	M	M	A
<b>T7</b>	Cítricos	A	A	AL	D	D	D	A
<b>T8</b>	Aguacate	AL	AL	A	M	D	M	A
<b>T9</b>	Aguacate	AL	AL	M	D	D	M	A
<b>T10</b>	Platanera	A	A	A	M	D	C	A
<b>T11</b>	Claveles	AL	A	A	A	D	A	A
<b>T12</b>	Platanera	AL	M	A	M	D	A	A
<b>T13</b>	Espinacas	AL	A	M	A	M	AL	A
<b>T14</b>	Lechugas	AL	AL	A	M	A	M	A
<b>T15</b>	Zanahorias	AL	M	AL	A	A	M	AL
<b>T16</b>	Platanera	AL	M	A	M	D	C	A
<b>T17</b>	Platanera	A	M	A	M	D	D	A
<b>T18</b>	Ajos	AL	A	A	D	D	D	A
<b>T19</b>	Azafrán	AL	A	A	D	D	D	A
<b>T21</b>	Platanera	AL	AL	AL	AL	D	D	A
<b>T22</b>	Platanera	AL	A	A	M	M	C	A
<b>T23</b>	Tomates	A	M	A	A	A	AL	A
<b>T24</b>	Platanera	AL	A	A	M	A	C	A
<b>T25</b>	Platanera	AL	M	A	M	D	D	A
<b>T26</b>	Rosas	AL	M	A	A	D	A	A
<b>T27</b>	Gladiolos	A	A	M	M	A	A	A
<b>T28</b>	Tomates	AL	M	A	M	A	M	A
<b>T29</b>	Tomates	AL		A	M	A	M	A
<b>T30</b>	Millo	AL	AL	A	A	A	D	AL
<b>T31</b>	Papas	A	A	AL	M	M	M	A
<b>T32</b>	Platanera	AL	M	A	M	M	D	AL
<b>T33</b>	Platanera	AL	A	A	M	D	D	A
<b>T34</b>	Platanera	AL	M	A	M	D	D	A
<b>T35</b>	Cítricos	AL	A	A	A	D	D	A
<b>T36</b>	Viña	AL	M	A	A	D	D	AL
<b>T37</b>	Pimientos	AL	M	A	A	D	A	A
<b>T38</b>	Habichuelas	A	A	M	D	D	A	AL
<b>T39</b>	Cítricos	AL	A	AL	A	D	D	A
<b>T40</b>	Platanera	A	M	A	M	A	A	A
<b>T41</b>	Aguacate	AL	AL	A	A	T	M	A
<b>T42</b>	Aguacate	AL	AL	A	A	D	M	M
<b>T43</b>	Cítricos	A	A	A	A	D	A	A
<b>T44</b>	Mango	A	AL	A	A	D	D	A

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo No se analizó el elemento por falta de muestra

**Tabla 1 (continuación)**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Isla de Tenerife**

	<b>Cultivo</b>	<b>Na</b>	<b>Cl</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
<b>T45</b>	Platanera	AL	M	A	M	D	D	A
<b>T46</b>	Tomates	A	M	A	A	D	AL	A
<b>T47</b>	Cítricos	AL	A	AL	A	D	A	AL
<b>T50</b> ρ	Aguacate	AL	AL	M	A	A	M	M
<b>T51</b> ρ	Platanera	AL	AL	A	M	M	D	A
<b>T52</b> ρ	Platanera	A	M	A	M	M	C	M
<b>T53</b> ρ	Platanera	AL	M	A	M	M	C	A
<b>T54</b> ρ	Tomates	A	M	A	M	A	D	A
<b>T55</b> ρ	Platanera	A	M	A	M	D	D	A
<b>T56</b> ρ	Papas	A	A	A	A	D	A	AL
<b>T57</b> ρ	Viña	A	M	A	A	D	D	AL
<b>T58</b> ρ	Aguacate	AL	AL	A	M	A	M	M
<b>T59</b> ρ	Tomates	A	M	A	M	A	D	A
<b>T60</b> ρ	Platanera	AL	M	A	M	M	C	A
<b>T61</b> ρ	Platanera	AL	M	A	M	D	D	A
<b>T62</b> ρ	Viña	AL	M	A	A	D	A	AL
<b>T63</b> ρ	Cítricos	A	A	A	A	M	A	A
<b>T64</b> ρ	Tomates	A	M	M	A	M	M	M
<b>T66</b> ρ	Platanera	AL	AL	A	M	M	D	A
<b>T67</b> ρ	Tomates	A	M	A	A	A	AL	A
<b>T68</b> ρ	Millo	AL	AL	A	A	M	A	A
<b>T69</b> ρ	Rosas	AL	M	A	A	D	D	AL
<b>T70</b> ρ	Gladiolos	A	A	M	M	M	A	AL
<b>T71</b> ρ	Tomates	A	M	A	A	A	AL	A
<b>T72</b> ρ	Tomates	A	M	A	M	A	AL	A
<b>T73</b> ρ	Tomates	A	M	A	AL	M	D	A
<b>T74</b> ρ	Tomates	A	M	A	AL	A	AL	A
<b>T75</b> ρ	Platanera	AL	M	A	M	A	C	A
<b>T76</b> ρ	Tomates	AL	M	A	M	T	D	AL
<b>T77</b> ρ	Pimientos	AL	A	A	A	T	A	A
<b>T78</b> ρ	Platanera	A	M	A	M	M	D	A
<b>T79</b> ρ	Acelgas	AL	A	A	A	A	A	A
<b>T80</b> ρ	Cítricos	AL	A	AL	A	T	D	A
<b>T81</b> ρ	Platanera	A	M	A	M	M	D	AL

A Adecuado **AL** Alto **C** Valor crítico **D** Deficiente **M** Marginal **T** Tóxico o excesivo  
 ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada

**Tabla 2**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Isla de La Palma**

	Cultivo	N	P	K	Ca	S	Mg
LP1	Platanera	A	AL	D	D	M	D
LP2	Platanera	A	AL	D	D	AL	D
LP3	Platanera	A	AL	D	D	AL	D
LP4	Platanera	A	AL	D	A	A	AL
LP5	Platanera	A	AL	D	AL	M	A
LP6	Platanera	A	AL	D	M	M	A
LP7	Cítricos	T	T	M	D	M	D
LP8	Platanera	A	AL	D	D	AL	D
LP9	Platanera	A	AL	D	D	M	D
LP10	Mango	AL	AL	A	M	A	M
LP11	Mango	AL	AL	D	M	A	M
LP12	Platanera	A	AL	D	D	M	D
LP13	Platanera	A	AL	D	D	M	A
LP14	Platanera	AL	AL	D	D	M	D
LP15	Platanera	A	AL	D	A	A	AL

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo

**Tabla 2 (continuación)**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Isla de La Palma**

	Cultivo	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
LP1	Platanera	A		AL	M	A	C	M
LP2	Platanera	AL		A	M	M	C	M
LP3	Platanera	A		AL	M	A	C	A
LP4	Platanera	AL		A	M	A	A	M
LP5	Platanera	A		AL	M	A	AL	A
LP6	Platanera	A		A	M	A	C	A
LP7	Cítricos	A	A	AL	M	A	D	A
LP8	Platanera	A	M	A	M	D	A	A
LP9	Platanera	A		AL	M	A	AL	A
LP10	Mango	A	AL	A	A	M	D	A
LP11	Mango	A	AL	A	M	D	A	M
LP12	Platanera	A		AL	M	D	C	A
LP13	Platanera	A		AL	M	D	C	D
LP14	Platanera	A		AL	M	AL	C	M
LP15	Platanera	A		AL	A	A	C	A

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo No se analizó el elemento por falta de muestra

**Tabla 3**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Isla de La Gomera**

Cultivo	N	P	K	Ca	S	Mg
<b>LG1v</b> Platanera	A	AL	M	M	M	A
<b>LG1l</b> Platanera	D	AL	AL	A	M	AL
<b>LG2</b> Platanera	M	AL	M	A	D	A
<b>LG3</b> Platanera	M	AL	D	AL	M	AL
<b>LG4</b> Platanera	A	AL	M	D	M	A
<b>LG5</b> Platanera	A	AL	A	A	M	A
<b>LG6</b> Platanera	M	AL	D	AL	M	A
<b>LG7v</b> Aguacate	AL	T	M	A	A	A
<b>LG7l</b> Aguacate	AL	A	AL	M	A	A
<b>LG8</b> Platanera	M	AL	A	D	M	M
<b>LG9</b> Platanera	D	AL	D	A	M	A
<b>LG10</b> Platanera	D	AL	D	AL	AL	A
<b>LG11</b> Cítricos	A	T	A	A	A	A
<b>LG13</b> Platanera	D	AL	D	M	M	A
<b>LG14o</b> Viña	Al	A	M	A	A	A
<b>LG14p</b> Viña	AL	A	D	A	M	A

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo  
l Hojas con aspecto normal o Hojas jóvenes p Hojas viejas v Hojas que presentan clorosis

**Tabla 3 (continuación)**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Isla de La Gomera**

Cultivo	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
<b>LG1v</b> Platanera	A	M	AL	M	D	C	A
<b>LG1l</b> Platanera	A		A	M	D	C	A
<b>LG2</b> Platanera	A	AL	AL	M	D	D	A
<b>LG3</b> Platanera	AL	AL	AL	M	D	C	A
<b>LG4</b> Platanera	AL	M	AL	A	D	C	A
<b>LG5</b> Platanera	A	M	AL	A	D	D	A
<b>LG6</b> Platanera	A	M	AL	D	D	C	A
<b>LG7v</b> Aguacate	A	AL	A	D	D	M	M
<b>LG7l</b> Aguacate	AL	AL	A	A	D	A	M
<b>LG8</b> Platanera	AL	A	AL	M	D	C	A
<b>LG9</b> Platanera	A	AL	AL	M	D	D	A
<b>LG10</b> Platanera	A	AL	A	D	D	C	A
<b>LG11</b> Cítricos	AL	AL	A	AL	D	D	A
<b>LG13</b> Platanera	AL		A	M	D	C	A
<b>LG14o</b> Viña	AL	A	AL	A	D	D	AL
<b>LG14p</b> Viña	AL	A	AL	A	D	D	AL

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo No se analizó el elemento por falta de muestra l Hojas con aspecto normal o Hojas jóvenes p Hojas viejas v Hojas que presentan clorosis

**Tabla 4**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Isla de El Hierro**

	<b>Cultivo</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>Mg</b>
<b>EH1</b>	Platanera	D	AL	M	D	M	A
<b>EH2</b>	Piña Tropical	D	A	D	A	A	M
<b>EH3</b>	Piña Tropical	D	A	A	M	A	M
<b>EH4</b>	Mango	AL	AL	A	M	M	A
<b>EH5</b>	Cítricos	M	T	AL	M	M	A
<b>EH7</b>	Piña Tropical	D	AL	M	A	A	M
<b>EH8</b>	Platanera	M	AL	D	A	M	M
<b>EH9</b>	Piña Tropical	D	A	D	M	D	M
<b>EH10</b>	Platanera	M	AL	D	D	M	A

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo

**Tabla 4 (continuación)**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Isla de El Hierro**

	<b>Cultivo</b>	<b>Na</b>	<b>Cl</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
<b>EH1</b>	Platanera	AL	AL	A	M	D	C	A
<b>EH2</b>	Piña Tropical	AL	AL	M	M	D	M	A
<b>EH3</b>	Piña Tropical	AL	AL	M	M	D	M	A
<b>EH4</b>	Mango	AL	T	A	M	D	D	M
<b>EH5</b>	Cítricos	T	AL	A	M	D	D	A
<b>EH7</b>	Piña Tropical	AL		M	M	D	M	A
<b>EH8</b>	Platanera	A	M	A	M	D	A	A
<b>EH9</b>	Piña Tropical	AL	A	A	A	D	M	A
<b>EH10</b>	Platanera	AL	AL	A	M	D	C	A

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo No se analizó el elemento por falta de muestra



**Tabla 5**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Isla de Gran Canaria**

	<b>Cultivo</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>Mg</b>
<b>GC2e</b>	Tomates	M	C	M	AL	M	AL
<b>GC2i</b>	Tomates	M	M	A	A	M	M
<b>GC3</b>	Papaya	A	A	A	A	A	A
<b>GC4r</b>	Papaya	A	AL	A	A	A	A
<b>GC4u</b>	Mango	AL	AL	A	M	A	A
<b>GC5e</b>	Tomates	A	C	M	A	M	AL
<b>GC5i</b>	Tomates	A	C	C	M	M	M
<b>GC6</b>	Platanera	A	AL	A	M	A	A
<b>GC7</b>	Platanera	A	AL	A	M	M	A
<b>GC8</b>	Aguacate	AL	T	A	A	M	AL
<b>GC9</b>	Berenjenas	AL	AL	A	A	A	AL
<b>GC10</b>	Berenjenas	AL	AL	A	A	A	AL
<b>GC11</b>	Cebollas	A	AL	M	A	A	AL
<b>GC12</b>	Platanera	A	AL	A	AL	AL	AL
<b>GC14</b>	Platanera	M	AL	M	A	AL	AL
<b>GC15</b>	Platanera	A	AL	D	AL	A	AL
<b>GC16</b>	Viña	AL	A	M	A	A	A
<b>GC17</b>	Cítricos	T	T	A	A	A	A
<b>GC18</b>	Cítricos	AL	T	AL	A	A	A
<b>GC20</b>	Platanera	A	AL	AL	D	AL	A
<b>GC22</b>	Cítricos	T	T	A	A	A	A
<b>GC25</b>	Cítricos	D	T	A	AL	A	A
<b>GC23</b>	Pimientos	AL	AL	A	A	A	A
<b>GC24</b>	Platanera	M	AL	A	M	AL	AL
<b>GC27 ρ</b>	Platanera	A	AL	A	AL	A	AL
<b>GC28 ρ</b>	Platanera	A	AL	A	A	M	AL
<b>GC29 ρ</b>	Tomates	A	A	A	M	M	A
<b>GC30 ρ</b>	Platanera	M	AL	M	A	A	AL
<b>GC31 ρ</b>	Platanera	A	AL	AL	M	AL	AL
<b>GC32 ρ</b>	Platanera	M	AL	A	D	AL	AL
<b>GC33 ρ</b>	Platanera	A	AL	AL	AL	AL	AL
<b>GC34 ρ</b>	Cítricos	T	T	AL	A	A	A
<b>GC35e ρ</b>	Tomates	A	A	A	A	M	AL
<b>GC35i ρ</b>	Tomates	AL	AL	A	M	M	M
<b>GC36 ρ</b>	Berenjenas	AL	AL	A	AL	A	AL
<b>GC37 ρ</b>	Platanera	D	AL	AL	D	AL	AL
<b>GC38e ρ</b>	Tomates	M	A	A	A	M	AL
<b>GC38i ρ</b>	Tomates	M	M	A	M	M	M
<b>GC39 ρ</b>	Cítricos	A	T	A	A	M	A

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada. e Muestra de hoja i Muestra de fruto r y u Muestras de hojas de papaya y mango respectivamente, que se desarrollan en el mismo suelo (muestra GC4)

**Tabla 5 (continuación)**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Isla de Gran Canaria**

	<b>Cultivo</b>	<b>Na</b>	<b>Cl</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
<b>GC2e</b>	Tomates	AL	M	A	AL	T	AL	A
<b>GC2i</b>	Tomates	[	M	[	[	[	[	[
<b>GC3</b>	Papaya	AL	A	A	A	A	A	A
<b>GC4r</b>	Papaya	AL	A	A	A	D	A	AL
<b>GC4u</b>	Mango	A	AL	M	A	D	D	A
<b>GC5e</b>	Tomates	AL	M	A	AL	D	AL	AL
<b>GC5i</b>	Tomates	[	M	[	[	[	[	[
<b>GC6</b>	Platanera	A	AL	A	M	A	D	AL
<b>GC7</b>	Platanera	A	M	A	M	A	D	A
<b>GC8</b>	Aguacate	AL	AL	A	A	D	M	M
<b>GC9</b>	Berenjena	AL	AL	A	A	M	M	A
<b>GC10</b>	Berenjena	AL	AL	A	A	M	A	AL
<b>GC11</b>	Cebollas	AL	M	A	M	D	M	AL
<b>GC12</b>	Platanera	A	AL	A	M	D	D	AL
<b>GC14</b>	Platanera	AL	AL	A	M	D	D	AL
<b>GC15</b>	Platanera	AL	AL	AL	D	D	A	AL
<b>GC16</b>	Viña	AL	A	AL	A	D	A	AL
<b>GC17</b>	Cítricos	T	T	T	A	M	M	T
<b>GC18</b>	Cítricos	AL	A	A	A	D	A	AL
<b>GC20</b>	Platanera	A	AL	A	M	M	A	A
<b>GC22</b>	Cítricos	A	AL	AL	M	A	A	AL
<b>GC25</b>	Cítricos	A	A	A	A	T	D	A
<b>GC23</b>	Pimientos	AL	M	A	A	D	A	A
<b>GC24</b>	Platanera	AL	AL	A	M	D	C	A
<b>GC27 ρ</b>	Platanera	A	AL	A	M	A	D	A
<b>GC28 ρ</b>	Platanera	A	AL	A	M	A	D	A
<b>GC29 ρ</b>	Tomates	A	M	A	A	A	D	A
<b>GC30 ρ</b>	Platanera	A	AL	A	M	M	D	A
<b>GC31 ρ</b>	Platanera	A	AL	A	M	A	D	A
<b>GC32 ρ</b>	Platanera	A	A	A	M	A	D	A
<b>GC33 ρ</b>	Platanera	A	AL	AL	M	M	D	A
<b>GC34 ρ</b>	Cítricos	T	T	A	A	M	A	A
<b>GC35e ρ</b>	Tomates	AL	M	A	A	A	AL	A
<b>GC35i ρ</b>	Tomates	[	A	[	[	[	[	[
<b>GC36 ρ</b>	Berenjenas	AL	AL	AL	T	A	A	A
<b>GC37 ρ</b>	Platanera	A	A	A	M	M	D	A
<b>GC38e ρ</b>	Tomates	AL		A	AL	M	AL	A
<b>GC38i ρ</b>	Tomates	[		[	[	[	[	[
<b>GC39 ρ</b>	Cítricos	T		A	A	D	D	A

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo [ No se encontraron valores de referencia  
 No se analizó el elemento por falta de muestra ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo  
 no seleccionada e Muestra de hoja i Muestra de fruto r y u Muestra de hojas de papaya y mango  
 respectivamente, que se desarrollan en el mismo suelo (muestra GC4).

**Tabla 6**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Isla de Fuerteventura**

	<b>Cultivo</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>Mg</b>
<b>F1</b>	Tomates	M	A	M	A	M	A
<b>F21</b>	Tomates	A	A	M	A	M	A
<b>F2v</b>	Tomates	M	A	M	AL	AL	AL
<b>F3</b>	Alfalfa	AL	A	A	A	M	M

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo I Hojas con aspecto normal  
v Hojas que presentan clorosis

**Tabla 6 (continuación)**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Isla de Fuerteventura**

	<b>Cultivo</b>	<b>Na</b>	<b>Cl</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
<b>F1</b>	Tomates	AL	M	AL	A	D	AL	A
<b>F21</b>	Tomates	AL	M	AL	M	D	M	A
<b>F2v</b>	Tomates	AL	M	AL	AL	D	AL	AL
<b>F3</b>	Alfalfa	AL	A	AL	A	D	A	AL

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo I Hojas con aspecto normal  
v Hojas que presentan clorosis

# **ANEXO XVI**

## **DATOS ANALÍTICOS E INTERPRETACIÓN DE LOS ANÁLISIS FOLIARES (POR CULTIVOS)**

**Tabla 1**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares (%)**  
**Frutales (Aguacate)**

	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>Mg</b>
<b>T8</b>	3,13	0,44	0,98	0,62	0,12	0,28
<b>T9</b>	3,38	0,62	0,84	0,29	0,11	0,25
<b>T41</b>	2,38	0,32	0,93	0,49	0,33	0,82
<b>T42</b>	1,99	0,33	1,08	0,64	0,18	0,50
<b>T50 ρ</b>	3,35	0,43	4,98	0,49	0,25	0,32
<b>T58 ρ</b>	2,22	0,46	1,66	0,61	0,19	0,36
<b>LG7v</b>	2,60	0,50	0,68	1,70	0,20	0,42
<b>LG7I</b>	3,70	0,20	2,99	0,88	0,20	0,28
<b>GC8</b>	3,50	0,70	0,92	1,14	0,17	0,82

ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada. I Hojas con aspecto normal  
v Hojas que presentan clorosis

**Tabla 1 (continuación)**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares**  
**Frutales (Aguacate)**

	<b>Na</b>	<b>Cl</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
<b>T8</b>	0,06	0,11	50	18	0	13	52
<b>T9</b>	0,03	0,07	44	12	0	19	64
<b>T41</b>	0,14	0,12	145	61	65	17	54
<b>T42</b>	0,11	0,11	62	40	0	13	48
<b>T50 ρ</b>	0,06	0,11	44	110	8	27	34
<b>T58 ρ</b>	0,10	0,09	54	23	6	27	24
<b>LG7v</b>	0,02	0,14	115	6	0	21	42
<b>LG7I</b>	0,07	0,21	151	112	0	37	40
<b>GC8</b>	0,06	0,23	148	74	0	20	39

Na y Cl en %, el resto de nutrientes en ppm. Cu = 0 significa que la concentración de este elemento en esos análisis foliares se encuentra por debajo de la sensibilidad ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada  
I Hojas con aspecto normal v Hojas que presentan clorosis

**Tabla 2**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Frutales (Aguacate)**

	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>Mg</b>
<b>T8</b>	AL	T	A	M	M	A
<b>T9</b>	AL	T	A	D	M	A
<b>T41</b>	AL	T	A	D	A	AL
<b>T42</b>	A	T	A	M	M	A
<b>T50 ρ</b>	AL	T	T	D	A	A
<b>T58 ρ</b>	AL	T	A	M	M	A
<b>LG7v</b>	AL	T	M	A	A	A
<b>LG7I</b>	AL	A	AL	M	A	A
<b>GC8</b>	AL	T	A	A	M	AL

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada. I Hojas con aspecto normal v Hojas que presentan clorosis

**Tabla 2 (continuación)**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Frutales (Aguacate)**

	<b>Na</b>	<b>Cl</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
<b>T8</b>	AL	AL	A	M	D	M	A
<b>T9</b>	AL	AL	M	D	D	M	A
<b>T41</b>	AL	AL	A	A	T	M	A
<b>T42</b>	AL	AL	A	A	D	M	M
<b>T50 ρ</b>	AL	AL	M	A	A	M	M
<b>T58 ρ</b>	AL	AL	A	M	A	M	M
<b>LG7v</b>	A	AL	A	D	D	M	M
<b>LG7I</b>	AL	AL	A	A	D	A	M
<b>GC8</b>	AL	AL	A	A	D	M	M

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada. Na y Cl en %, el resto de nutrientes en ppm. I Hojas con aspecto normal v Hojas que presentan clorosis

**Tabla 3**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares(%)**  
**Frutales (Cítricos)**

	N	P	K	Ca	S	Mg
<b>T7</b>	2,53	0,32	1,19	3,04	0,13	0,26
<b>T35</b>	2,43	0,34	1,05	2,73	0,28	0,58
<b>T39</b>	3,29	0,46	1,44	2,15	0,13	0,74
<b>T43</b>	2,86	0,52	1,60	1,76	0,31	0,30
<b>T47</b>	3,62	0,47	1,23	2,68	0,24	0,41
<b>T63</b> ρ	2,34	0,39	1,52	3,01	0,22	0,47
<b>T80</b> ρ	2,77	0,29	2,36	2,46	0,37	0,44
<b>LP7</b>	3,30	0,45	0,57	1,00	0,16	0,12
<b>LG11</b>	2,40	0,48	1,22	3,94	0,28	0,37
<b>EH5</b>	2,22	0,35	1,40	1,87	0,17	0,28
<b>GC17</b>	3,06	0,45	1,15	3,95	0,29	0,27
<b>GC18</b>	2,98	0,44	1,36	3,13	0,27	0,37
<b>GC22</b>	3,06	0,42	1,17	4,52	0,31	0,46
<b>GC25</b>	1,95	0,30	0,75	7,00	0,33	0,30
<b>GC34*</b>	3,70	0,40	1,39	3,26	0,36	0,53
<b>GC39*</b>	2,60	0,70	0,80	3,43	0,15	0,42

ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada.

**Tabla 3 (continuación)**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares**  
**Frutales (Cítricos)**

	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
<b>T7</b>	0,15	0,22	131	14	0	12	70
<b>T35</b>	0,22	0,15	67	26	0	8	73
<b>T39</b>	0,20	0,10	144	26	0	11	70
<b>T43</b>	0,11	0,06	60	37	3	35	78
<b>T47</b>	0,17	0,20	158	37	3	76	108
<b>T63*</b>	0,10	0,06	67	44	4	59	54
<b>T80*</b>	0,20	0,26	158	33	20	11	55
<b>LP7</b>	0,06	0,13	166	16	9	15	74
<b>LG11</b>	0,17	0,41	100	145	0	13	69
<b>EH5</b>	0,49	0,62	93	21	0	13	59
<b>GC17</b>	0,43	0,98	205	26	4	17	417
<b>GC18</b>	0,22	0,39	102	30	0	34	144
<b>GC22</b>	0,16	0,43	129	23	7	27	137
<b>GC25</b>	0,04	0,13	101	26	21	2	50
<b>GC34</b> ρ	0,27	1,00	114	30	5	30	73
<b>GC39</b> ρ	0,34		97	25	3	12	83

**Na y Cl** en %, el resto de nutrientes en ppm No se analizó el elemento por falta de muestra **Cu = 0** significa que la concentración de este elemento en esos análisis foliares se encuentra por debajo de la sensibilidad ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada.

**Tabla 4**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Frutales (Cítricos)**

	N	P	K	Ca	S	Mg
T7	A	T	A	A	D	A
T35	A	T	A	M	A	A
T39	T	T	AL	M	D	AL
T43	AL	T	AL	M	A	A
T47	T	T	A	M	A	A
T63 ρ	M	T	AL	A	A	A
T80 ρ	AL	T	T	M	A	A
LP7	T	T	M	D	M	D
LG11	A	T	A	A	A	A
EH5	M	T	AL	M	M	A
GC17	T	T	A	A	A	A
GC18	AL	T	AL	A	A	A
GC22	T	T	A	A	A	A
GC25	D	T	A	AL	A	A
GC34 ρ	T	T	AL	A	A	A
GC39 ρ	A	T	A	A	M	A

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo \* Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada.

**Tabla 4 (continuación)**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Frutales (Cítricos)**

	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
T7	A	A	AL	D	D	D	A
T35	AL	A	A	A	D	D	A
T39	AL	A	AL	A	D	D	A
T43	A	A	A	A	D	A	A
T47	AL	A	AL	A	D	A	AL
T63 ρ	A	A	A	A	M	A	A
T80 ρ	AL	A	AL	A	T	D	A
LP7	A	A	AL	M	A	D	A
LG11	AL	AL	A	AL	D	D	A
EH5	T	AL	A	M	D	D	A
GC17	T	T	T	A	M	M	T
GC18	AL	A	A	A	D	A	AL
GC22	A	AL	AL	M	A	A	AL
GC25	A	A	A	A	T	D	A
GC34 ρ	T	T	A	A	M	A	A
GC39 ρ	T		A	A	D	D	A

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo No se analizó el elemento por falta de muestra. ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada.



**Tabla 5**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares (%)**  
**Frutales (Fresas, Mango, Papaya y Piña Tropical)**

	Cultivo	N	P	K	Ca	S	Mg
<b>T3</b>	Fresas	2,82	0,50	1,39	0,80	0,10	0,39
<b>T44</b>	Mango	1,56	0,41	0,59	1,57	0,35	0,13
<b>LP10</b>	Mango	2,70	0,37	0,31	0,46	0,12	0,12
<b>LP11</b>	Mango	2,40	0,33	0,14	0,55	0,10	0,13
<b>EH4</b>	Mango	1,67	0,35	0,44	1,28	0,06	0,19
<b>GC4u</b>	Mango	2,50	0,30	0,70	1,38	0,11	0,26
<b>GC3</b>	Papaya	1,50	0,30	3,99	2,10	0,48	0,58
<b>GC4r</b>	Papaya	2,10	0,70	3,42	1,71	0,69	1,06
<b>EH2</b>	Piña Tropical	1,05	0,35	2,36	0,29	0,07	0,23
<b>EH3</b>	Piña Tropical	0,95	0,32	4,71	0,21	0,14	0,20
<b>EH7</b>	Piña Tropical	0,97	0,38	2,89	0,27	0,13	0,21
<b>EH9</b>	Piña Tropical	0,88	0,16	2,34	0,21	0,05	0,22

**GC4r** y **GC4u** son un cultivo de mango y de papaya respectivamente, que se desarrollan en el mismo suelo (muestra GC4)

**Tabla 5 (continuación)**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares (%)**  
**Frutales (Fresas, Mango, Papaya y Piña Tropical)**

	Cultivo	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
<b>T3</b>	Fresas	0,23	0,58	902	84	0	24	128
<b>T44</b>	Mango	0,11	0,03	105	142	0	13	63
<b>LP10</b>	Mango	0,05	0,13	93	88	5	13	53
<b>LP11</b>	Mango	0,03	0,12	78	50	0	21	37
<b>EH4</b>	Mango	0,35	0,56	102	48	0	13	48
<b>GC4u</b>	Mango	0,11	0,31	49	64	0	7	83
<b>GC3</b>	Papaya	0,64	1,79	36	34	4	19	41
<b>GC4r</b>	Papaya	3,39	2,86	30	57	0	16	53
<b>EH2</b>	Piña Tropical	0,20	1,20	54	37	0	11	46
<b>EH3</b>	Piña Tropical	0,14	1,02	67	31	0	9	38
<b>EH7</b>	Piña Tropical	0,29		51	16	0	8	38
<b>EH9</b>	Piña Tropical	0,16	0,75	134	19	0	9	36

**Na** y **Cl** en %, el resto de nutrientes en ppm No se analizó el elemento por falta de muestra **Cu = 0** significa que la concentración de este elemento en esos análisis foliares se encuentra por debajo de la sensibilidad **GC4r** y **GC4u** son un cultivo de mango y de papaya respectivamente, que se desarrollan en el mismo suelo (muestra GC4)

**Tabla 6**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Frutales (Fresas, Mango, Papaya y Piña Tropical)**

	Cultivo	N	P	K	Ca	S	Mg
<b>T3</b>	Fresas	A	A	M	M	A	M
<b>T44</b>	Mango	AL	AL	A	M	A	M
<b>LP10</b>	Mango	AL	AL	A	M	A	M
<b>LP11</b>	Mango	AL	AL	D	M	A	M
<b>EH4</b>	Mango	AL	AL	A	M	M	A
<b>GC4u</b>	Mango	AL	AL	A	M	A	A
<b>GC3</b>	Papaya	A	A	A	A	A	A
<b>GC4r</b>	Papaya	A	AL	A	A	A	A
<b>EH2</b>	Piña Tropical	D	A	D	A	A	M
<b>EH3</b>	Piña Tropical	D	A	A	M	A	M
<b>EH7</b>	Piña Tropical	D	AL	M	A	A	M
<b>EH9</b>	Piña Tropical	D	A	D	M	D	M

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo GC4r y GC4u son un cultivo de mango y de papaya respectivamente, que se desarrollan en el mismo suelo (muestra GC4)

**Tabla 6 (continuación)**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Frutales (Fresas, Mango, Papaya y Piña Tropical)**

	Cultivo	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
<b>T3</b>	Fresas	A	T	AL	A	D	M	AL
<b>T44</b>	Mango	A	AL	A	A	D	D	A
<b>LP10</b>	Mango	A	AL	A	A	M	D	A
<b>LP11</b>	Mango	A	AL	A	M	D	A	M
<b>EH4</b>	Mango	AL	T	A	M	D	D	M
<b>GC4u</b>	Mango	A	AL	M	A	D	D	A
<b>GC3</b>	Papaya	AL	A	A	A	A	A	A
<b>GC4r</b>	Papaya	AL	A	A	A	D	A	AL
<b>EH2</b>	Piña Tropical	AL	AL	M	M	D	M	A
<b>EH3</b>	Piña Tropical	AL	AL	M	M	D	M	A
<b>EH7</b>	Piña Tropical	AL		M	M	D	M	A
<b>EH9</b>	Piña Tropical	AL	A	A	A	D	M	A

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo No se analizó el elemento por falta de muestra GC4r y GC4u son un cultivo de mango y de papaya respectivamente, que se desarrollan en el mismo suelo (muestra GC4)

**Tabla 7**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares (%)**  
**Frutales (Platanera)**

	N	P	K	Ca	S	Mg
T10	3,79	0,37	3,20	1,13	0,19	0,37
T12	4,31	0,49	2,84	0,68	0,27	0,69
T16	2,83	0,28	3,22	0,60	0,20	0,47
T17	2,90	0,47	5,03	0,39	0,17	0,53
T21	3,65	0,48	3,20	1,02	0,24	0,65
T22	3,75	0,30	3,36	0,77	0,30	0,66
T24	3,67	0,69	4,79	0,88	0,23	0,40
T25	3,00	0,33	3,29	0,96	0,27	0,61
T32	3,60	0,49	3,12	0,61	0,24	0,58
T33	2,98	0,49	4,13	0,32	0,26	0,38
T34	2,56	0,52	3,51	0,38	0,27	0,49
T40	2,44	0,40	2,89	1,06	0,28	0,45
T45	2,69	0,56	3,30	0,32	0,23	0,73
T51 ρ	3,57	0,32	3,39	0,75	0,19	0,48
T52 ρ	3,41	0,33	2,96	0,35	0,22	0,40
T53 ρ	3,57	0,34	0,84	0,51	0,23	0,40
T55 ρ	3,79	0,39	3,58	0,85	0,26	0,50
T60 ρ	3,50	0,38	3,20	0,41	0,36	0,35
T61 ρ	3,03	0,40	3,21	0,64	0,32	0,43
T66 ρ	3,45	0,34	1,07	1,13	0,28	0,48
T75 ρ	2,92	0,49	4,67	0,44	0,32	1,02
T78 ρ	2,95	0,40	2,84	0,87	0,31	0,48
T81 ρ	3,35	0,51	1,60	0,27	0,20	0,46
LP1	3,70	0,68	1,51	0,12	0,20	0,14
LP2	3,50	0,60	1,31	0,12	0,30	0,14
LP3	3,20	0,50	0,76	0,24	0,30	0,13
LP4	2,90	0,56	1,43	0,86	0,27	0,49
LP5	2,90	0,40	2,20	2,10	0,10	0,36
LP6	3,60	0,70	2,27	0,70	0,20	0,31
LP8	2,70	0,52	1,87	0,55	0,17	0,29
LP9	3,00	0,60	1,64	0,18	0,10	0,19
LP12	3,20	0,40	0,76	0,29	0,20	0,18
LP13	3,00	0,57	1,41	0,31	0,15	0,32
LP14	4,10	0,56	1,38	0,24	0,18	0,13
LP15	3,10	0,52	0,96	0,86	0,25	1,24
LG1v	3,50	0,50	2,72	0,74	0,12	0,30
LG1l	2,40	0,40	4,76	0,85	0,18	0,47
LG2	2,60	0,40	2,97	1,20	0,08	0,40
LG3	2,70	0,40	1,82	2,08	0,18	0,76
LG4	3,10	0,60	3,01	0,41	0,18	0,32

ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada. l Hojas con aspecto normal v Hojas que presentan clorosis

**Tabla 7 (continuación)**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares (%)**  
**Frutales (Platanera)**

	N	P	K	Ca	S	Mg
<b>LG5</b>	3,20	0,40	3,93	1,00	0,12	0,29
<b>LG6</b>	2,60	0,40	2,15	1,87	0,09	0,46
<b>LG8</b>	2,70	0,40	3,69	0,36	0,11	0,28
<b>LG9</b>	2,10	0,30	1,79	1,05	0,15	0,32
<b>LG10</b>	2,50	0,70	2,02	1,35	0,31	0,46
<b>LG13</b>	2,50	0,40	2,22	0,53	0,22	0,37
<b>EH1</b>	2,29	0,34	2,95	0,21	0,14	0,30
<b>EH8</b>	2,63	0,39	2,33	0,85	0,17	0,28
<b>EH10</b>	2,60	0,35	2,24	0,40	0,14	0,33
<b>GC6</b>	3,80	0,50	3,91	0,54	0,27	0,40
<b>GC7</b>	3,40	0,40	3,62	0,58	0,14	0,41
<b>GC12</b>	3,60	0,47	3,21	1,90	0,28	0,77
<b>GC14</b>	2,63	0,39	2,70	1,10	0,31	0,89
<b>GC15</b>	3,64	0,46	2,01	1,83	0,23	1,08
<b>GC20</b>	3,43	0,59	4,34	0,33	0,34	0,36
<b>GC24</b>	2,74	0,42	3,50	0,69	0,33	0,73
<b>GC27</b> ρ	3,88	0,48	3,36	2,20	0,25	1,02
<b>GC28</b> ρ	3,51	0,48	3,32	1,00	0,22	0,57
<b>GC30</b> ρ	2,65	0,41	2,95	1,21	0,25	0,59
<b>GC31</b> ρ	3,21	0,57	4,68	0,65	0,41	0,48
<b>GC32</b> ρ	2,63	0,43	3,88	0,39	0,30	0,47
<b>GC33</b> ρ	3,29	0,45	4,07	1,95	0,32	0,68
<b>GC37</b> ρ	2,53	0,43	4,24	0,45	0,30	0,49

ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada.

**Tabla 7 (continuación)**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares**  
**Frutales (Platanera)**

	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
T10	0,09	0,78	80	78	0	17	37
T12	0,14	0,62	175	275	0	23	67
T16	0,13	0,64	70	85	0	14	44
T17	0,08	0,63	74	110	0	12	50
T21	0,13	1,89	238	3350	0	12	66
T22	0,16	0,91	135	131	6	14	55
T24	0,11	0,82	181	237	9	19	36
T25	0,19	0,64	112	166	0	12	44
T32	0,11	0,61	122	173	3	9	88
T33	0,17	0,85	88	113	0	10	34
T34	0,11	0,59	95	126	0	13	51
T40	0,09	0,27	138	536	12	21	63
T45	0,14	0,40	179	54	0	10	34
T51 ρ	0,13	1,16	78	82	3	11	46
T52 ρ	0,10	0,56	129	287	4	16	14
T53 ρ	0,16	0,69	129	600	3	16	43
T55 ρ	0,09	0,62	183	615	2	6	43
T60 ρ	0,11	0,64	149	134	3	15	23
T61 ρ	0,11	0,44	122	378	2	10	23
T66 ρ	1,51	1,35	103	367	6	8	25
T75 ρ	0,12	0,54	129	125	7	19	21
T78 ρ	0,05	0,60	191	168	5	12	60
T81 ρ	0,10	0,54	98	88	6	13	102
LP1	0,04		269	143	8	17	13
LP2	0,14		185	134	6	15	15
LP3	0,05		356	700	52	17	24
LP4	0,24		180	68	7	21	18
LP5	0,08		262	55	7	43	35
LP6	0,08		180	74	12	14	25
LP8	0,07	0,70	141	94	0	23	21
LP9	0,04		344	323	14	41	26
LP12	0,04		409	108	0	15	20
LP13	0,06		214	79	0	18	7
LP14	0,02		271	206	51	17	13
LP15	0,06		277	1550	8	14	26
LG1v	0,07	0,68	390	390	0	17	49
LG1l	0,06		117	12	0	16	40
LG2	0,07	1,27	435	145	0	12	46
LG3	1,06	3,02	488	732	0	15	65
LG4	0,16	0,69	366	1512	0	15	57

Na y Cl en %, el resto de nutrientes en ppm. No se analizó el elemento por falta de muestra **Cu = 0** significa que la concentración de este elemento en esos análisis foliares se encuentra por debajo de la sensibilidad ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada. l Hojas con aspecto normal v Hojas que presentan clorosis

**Tabla 7 (continuación)**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares**  
**Frutales (Platanera)**

	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
LG5	0,06	0,71	336	1178	0	12	63
LG6	0,08	0,74	262	7	0	14	36
LG8	0,19	0,83	306	208	0	15	45
LG9	0,07	1,00	252	231	0	13	32
LG10	0,07	1,03	135	7	0	17	36
LG13	0,41		162	148	0	14	54
EH1	0,20	1,03	136	71	0	18	35
EH8	0,08	0,62	181	137	0	22	49
EH10	0,16	0,92	146	94	0	14	79
GC6	0,09	1,02	80	196	7	11	82
GC7	0,04	0,67	69	250	7	9	67
GC12	0,10	1,30	184	225	0	12	81
GC14	0,25	1,33	115	258	0	13	97
GC15	5,22	1,78	255	1	0	22	86
GC20	0,09	1,10	96	77	5	21	47
GC24	0,12	1,10	126	115	0	15	62
GC27 ρ	0,06	1,68	179	532	11	2	64
GC28 ρ	0,05	1,26	155	302	7	2	62
GC30 ρ	0,03	1,05	178	163	4	1	20
GC31 ρ	0,05	1,24	176	318	7	2	23
GC32 ρ	0,04	0,80	181	211	7	2	44
GC33 ρ	0,04	0,93	332	224	6	2	67
GC37 ρ	0,03	0,86	132	91	5	2	32

Na y Cl en %, el resto de nutrientes en ppm. No se analizó el elemento por falta de muestra **Cu = 0** significa que la concentración de este elemento en esos análisis foliares se encuentra por debajo de la sensibilidad ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada.

**Tabla 8**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Frutales (Platanera)**

	N	P	K	Ca	S	Mg
T10	A	AL	A	A	M	A
T12	AL	AL	M	M	A	AL
T16	A	AL	A	M	M	AL
T17	A	AL	AL	D	M	AL
T21	A	AL	A	A	A	AL
T22	A	AL	A	A	AL	AL
T24	A	AL	AL	A	A	A
T25	A	AL	A	A	A	AL
T32	A	AL	A	M	A	AL
T33	A	AL	AL	D	A	A
T34	M	AL	A	D	A	AL
T40	D	AL	M	A	AL	A
T45	M	AL	A	D	A	AL
T51 ρ	A	AL	A	A	M	AL
T52 ρ	A	AL	M	D	M	A
T53 ρ	A	AL	D	M	A	A
T55 ρ	A	AL	A	A	A	AL
T60 ρ	A	AL	A	D	AL	A
T61 ρ	A	AL	A	M	AL	A
T66 ρ	A	AL	D	A	AL	AL
T75 ρ	A	AL	AL	D	AL	AL
T78 ρ	A	AL	M	A	AL	AL
T81 ρ	A	AL	D	D	M	A
LP1	A	AL	D	D	M	D
LP2	A	AL	D	D	AL	D
LP3	A	AL	D	D	AL	D
LP4	A	AL	D	A	A	AL
LP5	A	AL	D	AL	M	A
LP6	A	AL	D	M	M	A
LP8	A	AL	D	D	AL	D
LP9	A	AL	D	D	M	D
LP12	A	AL	D	D	M	D
LP13	A	AL	D	D	M	A
LP14	AL	AL	D	D	M	D
LP15	A	AL	D	A	A	AL
LG1v	A	AL	M	M	M	A
LG11	D	AL	AL	A	M	AL
LG2	M	AL	M	A	D	A
LG3	M	AL	D	AL	M	AL
LG4	A	AL	M	D	M	A

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada. I Hojas con aspecto normal v Hojas que presentan clorosis

**Tabla 8 (continuación)**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Frutales (Platanera)**

	N	P	K	Ca	S	Mg
LG5	A	AL	A	A	M	A
LG6	M	AL	D	AL	M	A
LG8	M	AL	A	D	M	M
LG9	D	AL	D	A	M	A
LG10	D	AL	D	AL	AL	A
LG13	D	AL	D	M	M	A
EH1	D	AL	M	D	M	A
EH8	M	AL	D	A	M	M
EH10	M	AL	D	D	M	A
GC6	A	AL	A	M	A	A
GC7	A	AL	A	M	M	A
GC12	A	AL	A	AL	AL	AL
GC14	M	AL	M	A	AL	AL
GC15	A	AL	D	AL	A	AL
GC20	A	AL	AL	D	AL	A
GC24	M	AL	A	M	AL	AL
GC27 ρ	A	AL	A	AL	A	AL
GC28 ρ	A	AL	A	A	M	AL
GC30 ρ	M	AL	M	A	A	AL
GC31 ρ	A	AL	AL	M	AL	AL
GC32 ρ	M	AL	A	D	AL	AL
GC33 ρ	A	AL	AL	AL	AL	AL
GC37 ρ	D	AL	AL	D	AL	AL

A Adecuado AL Alto D Deficiente M Marginal ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada.



**Tabla 8 (continuación)**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Frutales (Platanera)**

	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
T10	A	A	A	M	D	C	A
T12	AL	M	A	M	D	A	A
T16	AL	M	A	M	D	C	A
T17	A	M	A	M	D	D	A
T21	AL	AL	AL	AL	D	D	A
T22	AL	A	A	M	M	C	A
T24	AL	A	A	M	A	C	A
T25	AL	M	A	M	D	D	A
T32	AL	M	A	M	M	D	AL
T33	AL	A	A	M	D	D	A
T34	AL	M	A	M	D	D	A
T40	A	M	A	M	A	A	A
T45	AL	M	A	M	D	D	A
T51 $\rho$	AL	AL	A	M	M	D	A
T52 $\rho$	A	M	A	M	M	C	M
T53 $\rho$	AL	M	A	M	M	C	A
T55 $\rho$	A	M	A	M	D	D	A
T60 $\rho$	AL	M	A	M	M	C	A
T61 $\rho$	AL	M	A	M	D	D	A
T66 $\rho$	AL	AL	A	M	M	D	A
T75 $\rho$	AL	M	A	M	A	C	A
T78 $\rho$	A	M	A	M	M	D	A
T81 $\rho$	A	M	A	M	M	D	AL
LP1	A		AL	M	A	C	M
LP2	AL		A	M	M	C	M
LP3	A		AL	M	A	C	A
LP4	AL		A	M	A	A	M
LP5	A		AL	M	A	AL	A
LP6	A		A	M	A	C	A
LP8	A	M	A	M	D	A	A
LP9	A		AL	M	A	AL	A
LP12	A		AL	M	D	C	A
LP13	A		AL	M	D	C	D
LP14	A		AL	M	AL	C	M
LP15	A		AL	A	A	C	A
LG1v	A	M	AL	M	D	C	A
LG11	A		A	M	D	C	A
LG2	A	AL	AL	M	D	D	A
LG3	AL	AL	AL	M	D	C	A
LG4	AL	M	AL	A	D	C	A

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo No se analizó el elemento por falta de muestra  $\rho$  Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada. I Hojas con aspecto normal v Hojas que presentan clorosis

**Tabla 8 (continuación)**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Frutales (Platanera)**

	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
LG5	A	M	AL	A	D	D	A
LG6	A	M	AL	D	D	C	A
LG8	AL	A	AL	M	D	C	A
LG9	A	AL	AL	M	D	D	A
LG10	A	AL	A	D	D	C	A
LG13	AL		A	M	D	C	A
EH1	AL	AL	A	M	D	C	A
EH8	A	M	A	M	D	A	A
EH10	AL	AL	A	M	D	C	A
GC6	A	AL	A	M	A	D	AL
GC7	A	M	A	M	A	D	A
GC12	A	AL	A	M	D	D	AL
GC14	AL	AL	A	M	D	D	AL
GC15	AL	AL	AL	D	D	A	AL
GC20	A	AL	A	M	M	A	A
GC24	AL	AL	A	M	D	C	A
GC27 ρ	A	AL	A	M	A	D	A
GC28 ρ	A	AL	A	M	A	D	A
GC30 ρ	A	AL	A	M	M	D	A
GC31 ρ	A	AL	A	M	A	D	A
GC32 ρ	A	A	A	M	A	D	A
GC33 ρ	A	AL	AL	M	M	D	A
GC37 ρ	A	A	A	M	M	D	A

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo No se analizó el elemento por falta de muestra \* Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada.

**Tabla 9**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares (%)**  
**Frutales (Viña)**

	N	P	K	Ca	S	Mg
T36	3,05	0,45	1,25	1,24	0,90	0,45
T57 ρ	4,25	0,47	0,98	2,22	0,32	0,21
T62 ρ	3,47	0,58	2,28	1,16	0,25	0,41
LG14o	2,40	0,56	1,02	0,73	0,13	0,44
LG14p	2,20	0,80	0,62	2,00	0,09	0,47
GC16	3,12	0,42	1,37	1,32	0,23	0,20

ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada. o Hojas jóvenes p Hojas viejas

**Tabla 9 (continuación)**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares**  
**Frutales (Viña)**

	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
<b>T36</b>	0,20	0,24	215	69	0	17	78
<b>T57 ρ</b>	0,00	0,13	105	182	3	10	69
<b>T62 ρ</b>	0,09	0,15	97	218	4	128	117
<b>LG14o</b>	0,83	1,74	813	141	0	13	93
<b>LG14p</b>	0,74	1,20	381	151	0	12	108
<b>GC16</b>	0,43	0,45	444	42	0	25	175

Na y Cl en %, el resto de nutrientes en ppm Cu = 0 significa que la concentración de este elemento en esos análisis foliares se encuentra por debajo de la sensibilidad ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada.

o Hojas jóvenes p Hojas viejas

**Tabla 10**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Frutales (Viña)**

	N	P	K	Ca	S	Mg
<b>T36</b>	AL	A	M	A	AL	A
<b>T57ρ</b>	AL	A	D	A	A	A
<b>T62ρ</b>	AL	A	A	A	A	A
<b>LG14o</b>	AL	A	M	A	A	A
<b>LG14p</b>	AL	A	D	A	M	A
<b>GC16</b>	AL	A	M	A	A	A

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada. o Hojas jóvenes p Hojas viejas

**Tabla 10 (continuación)**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Frutales (Viña)**

	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
<b>T36</b>	AL	M	A	A	D	D	AL
<b>T57 ρ</b>	A	M	A	A	D	D	AL
<b>T62 ρ</b>	AL	M	A	A	D	A	AL
<b>LG14o</b>	AL	A	AL	A	D	D	AL
<b>LG14p</b>	AL	A	AL	A	D	D	AL
<b>GC16</b>	AL	A	AL	A	D	A	AL

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada. o Hojas jóvenes p Hojas viejas

**Tabla 11**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares (%)**  
**Hortícolas (Acelgas, Ajos, Alfalfa, Azafrán, Berenjenas, Cebollas, Espinacas,**  
**Habichuelas, Lechugas, Millo, Papas, Pimientos y Zanahorias)**

	Cultivo	N	P	K	Ca	S	Mg
<b>T79</b> ρ	Acelgas	4,89	0,55	4,03	0,30	0,31	0,50
<b>T18</b>	Ajos	3,84	0,73	2,85	0,63	0,65	1,02
<b>F3</b>	Alfalfa	5,60	0,70	3,76	1,12	0,24	0,28
<b>T19</b>	Azafrán	3,17	0,42	2,72	0,94	0,36	0,80
<b>GC9</b>	Berenjenas	4,50	1,30	2,95	2,23	0,20	1,11
<b>GC10</b>	Berenjenas	4,60	1,10	2,70	3,11	0,15	0,91
<b>GC36</b> ρ	Berenjenas	4,50	1,40	2,29	3,57	0,20	1,09
<b>GC11</b>	Cebollas	3,13	0,46	1,48	3,47	0,32	0,99
<b>T13</b>	Espinacas	3,24	1,01	5,38	0,22	0,37	0,69
<b>T38</b>	Habichuelas	4,30	0,64	2,77	2,06	0,26	0,64
<b>T14</b>	Lechugas	3,36	0,37	6,33	0,51	0,36	0,58
<b>T30</b>	Millo	3,60	0,52	2,40	0,14	0,24	0,24
<b>T68</b> ρ	Millo	4,32	0,57	4,09	0,88	0,40	0,39
<b>T6</b>	Papas	4,93	0,53	3,71	1,88	0,17	1,24
<b>T31</b>	Papas	5,11	0,35	3,66	0,73	0,15	0,89
<b>T56e</b> ρ	Papas	5,43	0,56	3,16	1,07	0,24	0,49
<b>T56f</b> ρ	Papas	2,64	0,42	2,83	0,03	0,22	0,12
<b>T37</b>	Pimientos	5,33	0,44	4,95	1,87	0,56	0,91
<b>T77</b> ρ	Pimientos	5,52	0,67	3,12	0,80	0,71	0,63
<b>GC23</b>	Pimientos	6,74	0,64	5,15	1,59	0,49	0,45
<b>T15</b>	Zanahorias	7,46	0,45	2,32	1,01	0,36	0,65

ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada e Análisis de las hojas f Análisis del tubérculo

**Tabla 11 (continuación)**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares**  
**Hortícolas (Acelgas, Ajos, Alfalfa, Azafrán, Berenjenas, Cebollas, Espinacas,**  
**Habichuelas, Lechugas, Millo, Papas, Pimientos y Zanahorias)**

	Cultivo	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
<b>T79</b> ρ	Acelgas	1,51	1,79	203	249	7	34	56
<b>T18</b>	Ajos	0,12	0,94	127	15	0	16	58
<b>F3</b>	Alfalfa	0,65	1,43	112	32	0	32	66
<b>T19</b>	Azafrán	0,21	1,35	218	17	0	9	48
<b>GC9</b>	Berenjenas	0,13	2,19	121	495	4	20	64
<b>GC10</b>	Berenjenas	0,17	3,42	206	335	4	36	105
<b>GC36</b> ρ	Berenjenas	0,39	3,19	320	739	9	47	68
<b>GC11</b>	Cebollas	1,33	1,66	150	24	0	13	87
<b>T13</b>	Espinacas	0,93	1,10	90	68	5	127	44
<b>T38</b>	Habichuelas	0,12	0,32	92	9	0	42	64
<b>T14</b>	Lechugas	3,41	4,74	122	46	5	20	96
<b>T30</b>	Millo	0,24	1,19	185	37	5	19	42
<b>T68</b> ρ	Millo	0,63	1,30	101	207	5	50	40
<b>T6</b>	Papas	0,52	3,08	94	257	5	19	48
<b>T31</b>	Papas	0,10	0,56	169	41	0	13	39
<b>T56e</b> ρ	Papas	0,08	0,56	95	76	2	20	73
<b>T56f</b> ρ	Papas	0,03	0,17	31	6	1	12	18
<b>T37</b>	Pimientos	0,13	0,23	89	296	0	40	60
<b>T77</b> ρ	Pimientos	0,09	0,59	110	36	33	30	64
<b>GC23</b>	Pimientos	0,08	0,34	151	83	0	39	59
<b>T15</b>	Zanahorias	1,23	1,08	461	62	6	21	85

Na y Cl en %, el resto de nutrientes en ppm Cu = 0 significa que la concentración de este elemento en esos análisis foliares se encuentra por debajo de la sensibilidad ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada e Análisis de las hojas f Análisis del tubérculo

**Tabla 12**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Hortícolas (Acelgas, Ajos, Alfalfa, Azafrán, Berenjenas, Cebollas, Espinacas,**  
**Habichuelas, Lechugas, Millo, Papas, Pimientos y Zanahorias)**

	Cultivo	N	P	K	Ca	S	Mg
<b>T79</b> ρ	Acelgas	AL	A	AL	M	A	A
<b>T18</b>	Ajos	AL	A	A	A	AL	AL
<b>F3</b>	Alfalfa	AL	A	A	A	M	M
<b>T19</b>	Azafrán	AL	A	A	A	A	A
<b>GC9</b>	Berenjenas	AL	AL	A	A	A	AL
<b>GC10</b>	Berenjenas	AL	AL	A	A	A	AL
<b>GC36</b> ρ	Berenjenas	AL	AL	A	AL	A	AL
<b>GC11</b>	Cebollas	A	AL	M	A	A	AL
<b>T13</b>	Espinacas	M	AL	A	M	A	M
<b>T38</b>	Habichuelas	D	A	A	A	AL	A
<b>T14</b>	Lechugas	A	M	AL	C	A	A
<b>T30</b>	Millo	AL	A	D	M	A	A
<b>T68</b> ρ	Millo	A	A	A	AL	A	A
<b>T6</b>	Papas	M	A	M	A	D	AL
<b>T31</b>	Papas	M	A	M	M	D	AL
<b>T56e</b> ρ	Papas	M	AL	M	A	M	A
<b>T56f</b> ρ	Papas	[	[	[	[	[	[
<b>T37</b>	Pimientos	AL	A	A	A	AL	AL
<b>T77</b> ρ	Pimientos	AL	AL	M	A	AL	A
<b>GC23</b>	Pimientos	AL	AL	A	A	A	A
<b>T15</b>	Zanahorias	A	A	M	A	A	AL

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada e Análisis de las hojas f Análisis del tubérculo [ No se encontraron valores de referencia

**Tabla 12 (continuación)**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Hortícolas (Acelgas, Ajos, Alfalfa, Azafrán, Berenjenas, Cebollas, Espinacas,**  
**Habichuelas, Lechugas, Millo, Papas, Pimientos y Zanahorias)**

	Cultivo	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
<b>T79</b> ρ	Acelgas	AL	A	A	A	A	A	A
<b>T18</b>	Ajos	AL	A	A	D	D	D	A
<b>F3</b>	Alfalfa	AL	A	AL	A	D	A	AL
<b>T19</b>	Azafrán	AL	A	A	D	D	D	A
<b>GC9</b>	Berenjenas	AL	AL	A	A	M	M	A
<b>GC10</b>	Berenjenas	AL	AL	A	A	M	A	AL
<b>GC36</b> ρ	Berenjenas	AL	AL	AL	T	A	A	A
<b>GC11</b>	Cebollas	AL	M	A	M	D	M	AL
<b>T13</b>	Espinacas	AL	A	M	A	M	AL	A
<b>T38</b>	Habichuelas	A	A	M	D	D	A	AL
<b>T14</b>	Lechugas	AL	AL	A	M	A	M	A
<b>T30</b>	Millo	AL	AL	A	A	A	D	AL
<b>T68</b> ρ	Millo	AL	AL	A	A	M	A	A
<b>T6</b>	Papas	AL	A	A	A	M	M	A
<b>T31</b>	Papas	A	A	AL	M	M	M	A
<b>T56e</b> ρ	Papas	A	A	A	A	D	A	AL
<b>T56f</b> ρ	Papas	[	[	[	[	[	[	[
<b>T37</b>	Pimientos	AL	M	A	A	D	A	A
<b>T77</b> ρ	Pimientos	AL	A	A	A	T	A	A
<b>GC23</b>	Pimientos	AL	M	A	A	D	A	A
<b>T15</b>	Zanahorias	AL	M	AL	A	A	M	AL

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada e Análisis de las hojas f Análisis del tubérculo [ No se encontraron valores de referencia

**Tabla 13**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares (%)**  
**Hortícolas (Tomates)**

	N	P	K	Ca	S	Mg
<b>T23</b>	5,10	0,87	5,67	1,68	0,80	0,17
<b>T28</b>	0,18	0,12	2,26	0,68	0,62	1,20
<b>T29</b>	6,88	0,50	2,78	0,58	0,50	0,86
<b>T46</b>	6,54	0,59	4,11	1,70	1,03	0,68
<b>T54</b> ρ	5,04	0,66	5,26	1,06	0,73	0,67
<b>T59</b> ρ	4,28	0,82	4,31	0,93	0,81	1,02
<b>T64</b> ρ	3,64	0,55	3,15	2,23	0,90	1,19
<b>T67</b> ρ	6,38	0,83	3,89	1,33	0,82	0,57
<b>T71</b> ρ	4,91	0,77	5,22	1,88	0,58	0,74
<b>T72</b> ρ	4,62	0,78	3,93	1,60	1,69	0,35
<b>T73</b> ρ	5,04	0,80	4,16	1,34	0,86	0,79
<b>T74</b> ρ	4,42	0,85	4,69	1,49	0,80	1,34
<b>T76</b> ρ	4,74	0,49	3,26	1,13	1,26	0,71
<b>GC2</b>	3,90	0,30	1,17	4,43	0,82	1,47
<b>GC5</b>	4,30	0,30	2,33	3,55	0,35	1,38
<b>GC29</b> ρ	4,24	0,77	4,20	1,34	0,75	0,60
<b>GC35</b> ρ	4,60	0,60	3,64	2,98	1,07	1,34
<b>GC38</b> ρ	3,90	0,50	3,28	3,08	0,81	1,50
<b>F1</b>	3,94	0,54	2,20	2,32	1,15	0,75
<b>F2I</b>	4,22	0,52	2,61	1,68	0,93	0,53
<b>F2v</b>	2,68	0,56	0,95	5,73	1,66	1,19

ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada I Hojas con aspecto normal v Hojas que presentan clorosis



**Tabla 13 (continuación)**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares**  
**Hortícolas (Tomates)**

	<b>Na</b>	<b>Cl</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
<b>T23</b>	0,31	1,59	154	87	9	30	55
<b>T28</b>	0,58	0,49	114	26	9	21	43
<b>T29</b>	0,86		111	15	9	22	38
<b>T46</b>	0,28	1,25	237	56	0	26	52
<b>T54</b> ρ	0,07	1,31	128	45	11	4	40
<b>T59</b> ρ	0,04	0,91	131	44	8	4	40
<b>T64</b> ρ	0,33	1,55	92	55	5	22	22
<b>T67</b> ρ	0,19	1,73	110	41	13	28	49
<b>T71</b> ρ	0,24	0,24	108	67	8	32	42
<b>T72</b> ρ	0,08	1,12	151	34	15	39	55
<b>T73</b> ρ	0,05	0,85	143	144	7	5	46
<b>T74</b> ρ	0,16	0,60	119	107	11	42	39
<b>T76</b> ρ	0,96	1,59	124	46	20	13	78
<b>GC2</b>	2,31	1,61	150	423	134	52	75
<b>GC5</b>	1,48	3,31	143	333	0	40	77
<b>GC29</b> ρ	0,05	0,89	146	74	14	4	37
<b>GC35</b> ρ	0,95	3,08	114	97	8	33	42
<b>GC38</b> ρ	1,00		104	186	7	36	39
<b>F1</b>	1,10	2,60	303	60	0	43	56
<b>F21</b>	0,92	2,08	391	40	0	21	60
<b>F2v</b>	1,84	3,25	309	189	0	41	77

**Na y Cl** en %, el resto de nutrientes en ppm No se analizó el elemento por falta de muestra **Cu = 0** significa que la concentración de este elemento en esos análisis foliares se encuentra por debajo de la sensibilidad ρ Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada **l** Hojas con aspecto normal **v** Hojas que presentan clorosis

**Tabla 14**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Hortícolas (Tomates)**

	N	P	K	Ca	S	Mg
T23	A	AL	AL	A	M	M
T28	M	M	M	M	M	AL
T29	AL	A	M	M	M	A
T46	AL	A	A	A	M	A
T54 $\rho$	A	A	AL	M	M	A
T59 $\rho$	A	A	A	M	M	AL
T64 $\rho$	M	A	A	A	M	AL
T67 $\rho$	AL	A	A	M	M	A
T71 $\rho$	A	A	AL	A	M	A
T72 $\rho$	A	A	A	A	AL	M
T73 $\rho$	A	A	A	M	M	A
T74 $\rho$	A	AL	A	A	M	AL
T76 $\rho$	A	A	A	M	A	A
GC2	M	C	M	AL	M	AL
GC5	A	C	M	A	M	AL
GC29 $\rho$	A	A	A	M	M	A
GC35 $\rho$	A	A	A	A	M	AL
GC38 $\rho$	M	A	A	A	M	AL
F1	M	A	M	A	M	A
F2I	A	A	M	A	M	A
F2v	M	A	M	AL	AL	AL

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo  $\rho$  Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada I Hojas con aspecto normal v Hojas que presentan clorosis

**Tabla 14 (continuación)**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Hortícolas (Tomates)**

	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
T23	A	M	A	A	A	AL	A
T28	AL	M	A	M	A	M	A
T29	AL		A	M	A	M	A
T46	A	M	A	A	D	AL	A
T54 $\rho$	A	M	A	M	A	D	A
T59 $\rho$	A	M	A	M	A	D	A
T64 $\rho$	A	M	M	A	M	M	M
T67 $\rho$	A	M	A	A	A	AL	A
T71 $\rho$	A	M	A	A	A	AL	A
T72 $\rho$	A	M	A	M	A	AL	A
T73 $\rho$	A	M	A	AL	M	D	A
T74 $\rho$	A	M	A	AL	A	AL	A
T76 $\rho$	AL	M	A	M	T	D	AL
GC2	AL	M	A	AL	T	AL	A
GC5	AL	M	A	AL	D	AL	AL
GC29 $\rho$	A	M	A	A	A	D	A
GC35 $\rho$	AL	M	A	A	A	AL	A
GC38 $\rho$	AL		A	AL	M	AL	A
F1	AL	M	AL	A	D	AL	A
F21	AL	M	AL	M	D	M	A
F2v	AL	M	AL	AL	D	AL	AL

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo No se analizó el elemento por falta de muestra  $\rho$  Muestra de hojas que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada I Hojas con aspecto normal v Hojas que presentan clorosis

**Tabla 15**  
**Datos Analíticos del análisis de los frutos (%)**  
**Hortícolas (Tomates)**

	N	P	K	Ca	S	Mg
GC2	3,10	0,30	4,38	0,18	0,09	0,19
GC5	3,40	0,60	3,97	0,09	0,17	0,13
GC35 $\rho$	4,00	1,00	5,05	0,11	0,19	0,22
GC38 $\rho$	3,10	0,40	4,38	0,09	0,17	0,17

$\rho$  Muestra de frutos que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada

**Tabla 15 (continuación)**  
**Datos Analíticos del análisis de los frutos**  
**Hortícolas (Tomates)**

	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
GC2	0,55	0,73	53	15	0	25	39
GC5	0,22	1,03	25	9	0	10	29
GC35 ρ	0,05	1,25	44	14	7	4	26
GC38 ρ	0,07		45	10	4	4	24

Na y Cl en %, el resto de nutrientes en ppm No se analizó el elemento por falta de muestra Cu = 0 significa que la concentración de este elemento en esos análisis foliares se encuentra por debajo de la sensibilidad ρ Muestra de frutos que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada

**Tabla 16**  
**Interpretación de los análisis de los frutos**  
**Hortícolas (Tomates)**

	N	P	K	Ca	S	Mg
GC2	M	M	A	A	M	M
GC5	A	C	C	M	M	M
GC35 ρ	AL	AL	A	M	M	M
GC38 ρ	M	M	A	M	M	M

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo ρ Muestra de frutos que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada

**Tabla 16 (continuación)**  
**Interpretación de los análisis de los frutos**  
**Hortícolas (Tomates)**

	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
GC2	[	M	[	[	[	[	[
GC5	[	M	[	[	[	[	[
GC35 ρ	[	A	[	[	[	[	[
GC38 ρ	[		[	[	[	[	[

A Adecuado M Marginal No se analizó el elemento por falta de muestra ρ Muestra de frutos que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada [ No se encontraron valores de referencia

**Tabla 17**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares (%)**  
**Ornamentales (Claveles, Gladiolos, Palmita, Rosas y Strelitzias)**

	<b>Cultivo</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>Mg</b>
<b>T11</b>	Claveles	2,78	0,45	2,58	0,99	0,19	0,40
<b>T27</b>	Gladiolos	3,28	0,49	2,41	0,77	0,27	0,18
<b>T70</b> ρ	Gladiolos	3,56	0,39	0,88	0,88	0,19	0,27
<b>T2</b>	Palmita	1,72	0,25	0,53	0,51	0,15	0,24
<b>T1</b>	Rosas	3,33	0,39	1,56	0,69	0,13	0,32
<b>T26</b>	Rosas	3,54	0,40	2,00	0,51	0,42	0,27
<b>T69</b> ρ	Rosas	4,03	0,45	5,49	0,81	0,24	0,31
<b>T4</b>	Strelitzias	2,26	0,29	2,07	0,26	0,16	0,27
<b>T5</b>	Strelitzias	2,72	0,43	2,71	0,23	0,15	0,18

ρ Muestra de hoja que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada

**Tabla 17 (continuación)**  
**Datos Analíticos de los análisis foliares**  
**Ornamentales (Claveles, Gladiolos, Palmita, Rosas y Strelitzias)**

	<b>Cultivo</b>	<b>Na</b>	<b>Cl</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
<b>T11</b>	Claveles	0,54	0,77	67	221	0	43	49
<b>T27</b>	Gladiolos	0,18	0,60	60	65	10	34	49
<b>T70</b> ρ	Gladiolos	0,10	0,21	46	92	2	21	72
<b>T2</b>	Palmita	0,35	0,64	140	652	0	35	38
<b>T1</b>	Rosas	0,09	0,10	60	107	5	21	50
<b>T26</b>	Rosas	0,08	0,10	68	63	4	17	40
<b>T69</b> ρ	Rosas	0,13	0,17	94	81	4	12	61
<b>T4</b>	Strelitzias	0,72	0,54	66	41	0	17	81
<b>T5</b>	Strelitzias	0,50	0,53	42	77	0	8	67

**Na y Cl** en %, el resto de nutrientes en ppm **Cu = 0** significa que la concentración de este elemento en esos análisis foliares se encuentra por debajo de la sensibilidad ρ Muestra de hoja que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada

**Tabla 18**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Ornamentales (Claveles, Gladiolos, Palmita, Rosas y Strelitzias)**

	Cultivo	N	P	K	Ca	S	Mg
<b>T11</b>	Claveles	D	AL	A	A	A	A
<b>T27</b>	Gladiolos	AL	AL	M	M	A	M
<b>T70</b> ρ	Gladiolos	AL	A	M	A	A	A
<b>T2</b>	Palmita	A	A	A	A	A	A
<b>T1</b>	Rosas	A	AL	D	D	D	A
<b>T26</b>	Rosas	A	AL	A	D	A	A
<b>T69</b> ρ	Rosas	A	AL	AL	D	A	A
<b>T4</b>	Strelitzias	A	A	A	M	A	A
<b>T5</b>	Strelitzias	A	A	A	M	A	A

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo ρ Muestra de hoja que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada

**Tabla 18 (continuación)**  
**Interpretación de los análisis foliares**  
**Ornamentales (Claveles, Gladiolos, Palmita, Rosas y Strelitzias)**

	Cultivo	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
<b>T11</b>	Claveles	AL	A	A	A	D	A	A
<b>T27</b>	Gladiolos	A	A	M	M	A	A	A
<b>T70</b> ρ	Gladiolos	A	A	M	M	M	A	AL
<b>T2</b>	Palmita	AL	A	A	T	D	A	A
<b>T1</b>	Rosas	AL	M	A	A	A	A	A
<b>T26</b>	Rosas	AL	M	A	A	D	A	A
<b>T69</b> ρ	Rosas	AL	M	A	A	D	D	AL
<b>T4</b>	Strelitzias	AL	A	A	A	D	D	A
<b>T5</b>	Strelitzias	AL	A	D	A	D	D	A

A Adecuado AL Alto C Valor crítico D Deficiente M Marginal T Tóxico o excesivo ρ Muestra de hoja que se corresponde con una muestra de suelo no seleccionada

# **ANEXO XVII**

## **FICHAS DE CAMPO**

**MUESTRAS SELECCIONADAS EN LA PARTE II**

**DATOS DE LA FINCA****Clave:** TF**Fecha:** 9-9-93**Coordenadas U.T.M.:** FS006291**Finca:** Fermín Pérez Armas**Situación:** Tiquital**Término Municipal:** Tuineje**Isla:** Fuerteventura**Altitud (m):** 100**Superficie:** 10000 m<sup>2</sup>**Cultivo:** Tomates (Variedad Daniella, muy vigorosa, sensible a las sales, exigente en agua, muy productiva, long life o larga vida, resistente a la manipulación y al transporte, procede de Israel)**Procedencia del agua de riego:** Pozo Tuineje**Sistema de riego:** Goteo**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 5.2**Frecuencia de riego (días):** 1**Marco del sistema de riego (m x m):** 0.4 x 2**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1404**Procedencia de la tierra:** Suelo natural**DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO****pH:** 8**C.E.(μS/cm):** 6560**Temperatura °C:** 21.3**SUELO****Color:** 7.5YR4/6**Textura:** Limo-arenosa**Extructura:** Masiva que se resuelve en particular**Profundidad (cm):** >50**FERTILIZACIÓN****Abonado de fondo****Fertilizantes:** Superfosfato de cal y estiércol de cabra**Dosis:** 600-700 kg/ha/año y 20000 kg/ha/cada 2 ó 3 años**Abonado de cobertera****Primeros 20 días****Fertilizantes:** Nitrato amónico (33.5-0-0) y abono compuesto 20-5-5**Dosis:** 0.5 g/planta/día en días alternos**20 días a 1.5 meses****Fertilizantes:** Nitrato amónico (33.5-0-0) y fosfato monoamónico (12-61-0)**Dosis:** 0.5 g/planta/día de cada uno



**1.5 meses a 4 meses**

**Fertilizantes:** Nitrato amónico (33.5-0-0), fosfato monoamónico (12-61-0), nitrato cálcico (15-0-0) y ácido nítrico (56-0-0)

**Dosis:** 0.5-1 g/planta/día de nitrato amónico y fosfato, 1 g/planta/semana de nitrato cálcico y 2-3 L/ha/semana de ácido

**4 meses al final del cultivo**

**Fertilizantes:** Nitrato amónico (33.5-0-0) y fosfato monoamónico (12-61-0)

**Dosis:** 0.75-1 g/planta/día de cada uno

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Invernadero:** Si

**Tipo de cubierta:** Malla del 50 %

**Matas plantadas (plantas/ha):** 13000

**Profundidad de las raíces (cm):** 4-7 (muy finas y abundantes)

**Marco de plantación (m x m):** 0.4 x 2

**Producción media (kg/planta):** 7-9

## HISTORIA DEL CULTIVO

Desinfección con Metansodio (Bapan, Foret) dos meses antes de la plantación (Julio), se aplicó con un riego de 5.2 L/m<sup>2</sup>.

Riego fuerte de 13 L/m<sup>2</sup> (Septiembre) y después se sembraron las plántulas. Estuvieron una semana sin regarse y a continuación comienza a aplicarse riego normal de 5.2 L/m<sup>2</sup> todos los días.

Se realizó el muestreo a principios del cultivo (Septiembre).

El cultivo finaliza en Mayo dándose un último riego, se deja secar y se arranca.

**OBSERVACIONES:** Problemas de obturación en los goteros. Cuando llueve, las sales corren hacia el cuello de la planta. Hay que trabajar el suelo para que no se acumulen las sales, se realiza un arado en los primeros 50 cm del mismo. Enfermedades criptogámicas (Pitium). Deficiencias de hierro, calcio y magnesio son las más corrientes. Después de realizar el muestreo se añadió picón con un espesor de 8 cm en la línea de plantación. Lleva cultivándose con tomates unos diez años. El marco del sistema de riego se corresponde con el marco de plantación.

**DATOS DE LA FINCA****Clave:** TT**Fecha:** 17-1-94**Coordenadas U.T.M.:** CS374003**Finca:** Ángela Delgado Delgado**Situación:** Las Galletas**Término Municipal:** Arona**Isla:** Tenerife**Altitud (m):** 30**Superficie:** 4400 m<sup>2</sup>**Cultivo:** Tomates (Variedad Daniella, muy vigorosa, sensible a las sales, exigente en agua, muy productiva, long life o larga vida, resistente a la manipulación y al transporte, procede de Israel)**Procedencia del agua de riego:** Canal Intermedio**Sistema de riego:** Goteo**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 10**Frecuencia de riego (días):** 2**Marco del sistema de riego (m x m):** 0.5 x 1**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1157**Procedencia de la tierra:** Sorriba**DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO****pH:** 9**C.E.(µS/cm):** 1077**Temperatura °C:** 24.0**SUELO****Color:** 7.5YR4/4**Textura:** Areno-limosa**Exstructura:** Masiva que se resuelve en grumosa media**Profundidad (cm):** >50**FERTILIZACIÓN****Abonado de cobertera****Fertilizantes:** Nitrato potásico (13-0-46), fosfato monoamónico (12-61-0), ácido nítrico (59 % N) y ácido fosfórico (73 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)**Dosis:** 27.3kg/ha/semana de nitrato, 6.8 kg/ha/semana de fosfato, 11.4 L/ha/mes de ácido nítrico y 34.1 L/ha/mes de ácido fosfórico**INFORMACIÓN ADICIONAL****Invernadero:** Si**Tipo de cubierta:** Plástico**Matas plantadas (plantas/ha):** 20000**Profundidad de las raíces (cm):** 25**Marco de plantación (m x m):** 0.5 x 1**Producción media (kg/planta):** 7-9

## HISTORIA DEL CULTIVO

Riego fuerte de 20 L/m<sup>2</sup> (Agosto) y después se sembraron las plántulas. Estuvieron una semana sin regarse y a continuación comienza a aplicarse riego normal de 10 L/m<sup>2</sup> los lunes, miércoles y viernes.

Se realizó el muestreo en Enero (cinco meses de cultivo).

El cultivo finaliza en Mayo dándose un último riego, se deja secar y se arranca.

**OBSERVACIONES:** Se realiza un arado superficial cada dos años. Lleva cultivándose con tomates los últimos tres años, y anteriormente con pimientos. El marco del sistema de riego se corresponde con el marco de plantación.

**DATOS DE LA FINCA****Clave:** P**Fecha:** 28-1-94**Coordenadas U.T.M.:** CS374003**Finca:** Ángela Delgado Delgado**Situación:** Las Galletas**Término Municipal:** Arona**Isla:** Tenerife**Altitud (m):** 30**Superficie:** 5000 m<sup>2</sup>**Cultivo:** Platanera Pequeña Enana**Procedencia del agua de riego:** Canal Intermedio**Sistema de riego:** Goteo**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 5**Frecuencia de riego (días):** 1**Marco del sistema de riego (m x m):** 0.5 x 1.5**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 1286**Procedencia de la tierra:** Sorriba**DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO****pH:** 9**C.E.(μS/cm):** 1077**Temperatura °C:** 24.0**SUELO****Color:** 7.5YR4/4**Textura:** Areno-limosa**Exstructura:** Masiva que se resuelve en grumosa media**Profundidad (cm):** >50**FERTILIZACIÓN****Abonado de fondo**

**Fertilizantes:** Yeso agrícola, fosfato monoamónico, sulfato de hierro, mezcla de fayal y brezo picado y estiércol de pinocha.

**Dosis:** 4000 kg/ha de yeso, 1000 kg/ha de fosfato, 600 kg/ha de sulfato de hierro, 240 m<sup>3</sup>/ha de la mezcla y 200 m<sup>3</sup>/ha de estiércol, son aplicados al suelo cada 6 años.

**Abonado de cobertera**

**Fertilizantes:** Yeso agrícola, ácido nítrico (59 % N) y ácido fosfórico (73 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

**Dosis:** 4000 kg/ha/cada 2 años, 11.4 L/ha/mes de ácido nítrico y 34.1 L/ha/mes de ácido fosfórico

**Verano**

**Fertilizantes:** Sulfato amónico (21 % N) y nitrato potásico (13-0-46)

**Dosis:** 6 kg/ha/semana de sulfato y 3 kg/ha/semana de nitrato

**Invierno**

**Fertilizantes:** Sulfato amónico (21 % N) y nitrato potásico (13-0-46)

**Dosis:** 7 kg/ha/semana de cada uno

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

**Invernadero:** Si

**Tipo de cubierta:** Plástico

**Matas plantadas (plantas/ha):** 1600

**Profundidad de las raíces (cm):** 25

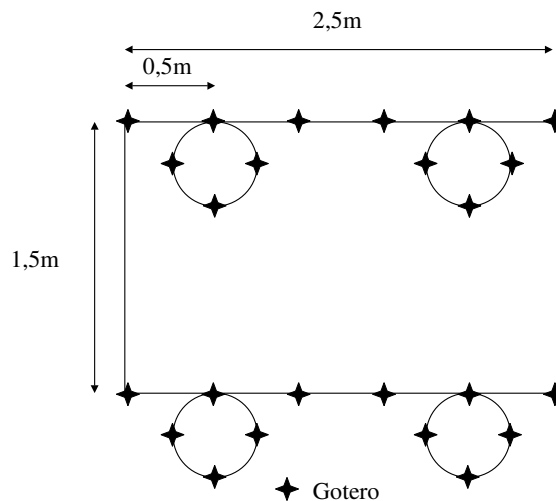
**Marco de plantación (m x m):** 1.5 x 1.5

**Producción media (kg/planta):** 40

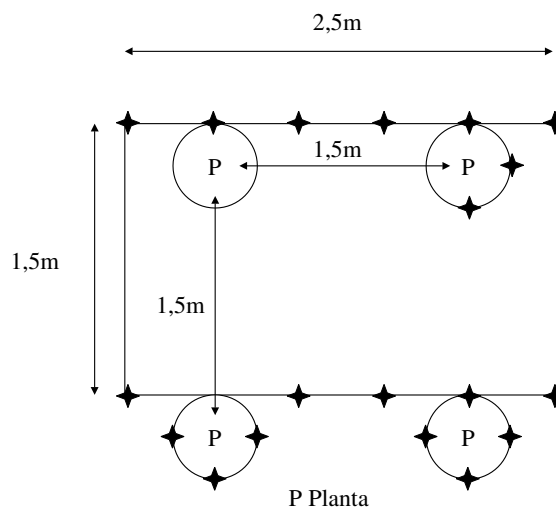
**ANÁLISIS FOLIAR** SiX No

**OBSERVACIONES:** Se realiza un arado superficial del suelo (50-60 cm) cada seis años y se incorpora al mismo el abonado de fondo. Se aplican tratamientos de Dursva y Norvan contra araña roja y cochinilla (cuatro veces al año) así como nematicidas (dos veces al año), aunque según el propietario la platanera Pequeña Enana es más resistente a estas enfermedades que la Gran Enana. Lleva doce años cultivándose con la misma platanera. El marco del sistema de riego no se corresponde con el marco de plantación por lo que se presenta a continuación un esquema de los mismos.

**Figura 1**  
**Marco del sistema de riego (0,5m x 1,5m)**



**Figura 2**  
**Marco de plantación (1,5m x 1,5m)**



## DATOS DE LA FINCA

**Clave:** PJ

**Fecha:** 24-1-94

**Coordenadas U.T.M.:** CS374003

**Finca:** Ángela Delgado Delgado

**Situación:** Las Galletas

**Término Municipal:** Arona

**Isla:** Tenerife

**Altitud (m):** 30

**Superficie:** 5000 m<sup>2</sup>

**Cultivo:** Platanera Gran Enana procedente de cultivo in vitro (Cultesa, 1984 y 1986)

**Procedencia del agua de riego:** Canal Intermedio

**Sistema de riego:** Goteo

**Dosis de riego (L/m<sup>2</sup>):** 10

**Frecuencia de riego (días):** 1

**Marco del sistema de riego (m x m):** 0.4 x 0.8

**Consumo de agua (L/m<sup>2</sup>/año):** 2571

**Procedencia de la tierra:** Sorriba con la superficie cubierta por un mulching de pómez de granulometría variable

## DATOS DE CAMPO AGUA DE RIEGO

**pH:** 9

**C.E.(μS/cm):** 1077

**Temperatura °C:** 24.0

## SUELO

**Color:** 7.5YR4/4

**Textura:** Arcillo-arenosa

**Exstructura:** Grumosa media

**Profundidad (cm):** >50

## FERTILIZACIÓN

### Abonado de fondo

**Fertilizantes:** Yeso agrícola, fosfato monoamónico, sulfato de hierro, mezcla de fayal y brezo picado y estiércol de pinocha.

**Dosis:** 4000 kg/ha de yeso, 1000 kg/ha de fosfato, 600 kg/ha de sulfato de hierro, 240 m<sup>3</sup>/ha de la mezcla y 200 m<sup>3</sup>/ha de estiércol, son aplicados al suelo cada 6 años.

### Abonado de cobertura

**Fertilizantes:** Yeso agrícola, ácido nítrico (59 % N) y ácido fosfórico (73 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

**Dosis:** 4000 kg/ha/cada 2 años, 11.4 L/ha/mes de ácido nítrico y 34.1 L/ha/mes de ácido fosfórico

### Verano

**Fertilizantes:** Sulfato amónico (21 % N) y nitrato potásico (13-0-46)

**Dosis:** 6 kg/ha/semana de sulfato y 3 kg/ha/semana de nitrato

**Invierno**

**Fertilizantes:** Sulfato amónico (21 % N) y nitrato potásico (13-0-46)

**Dosis:** 7 kg/ha/semana de cada uno

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

**Invernadero:** Si

**Tipo de cubierta:** Plástico

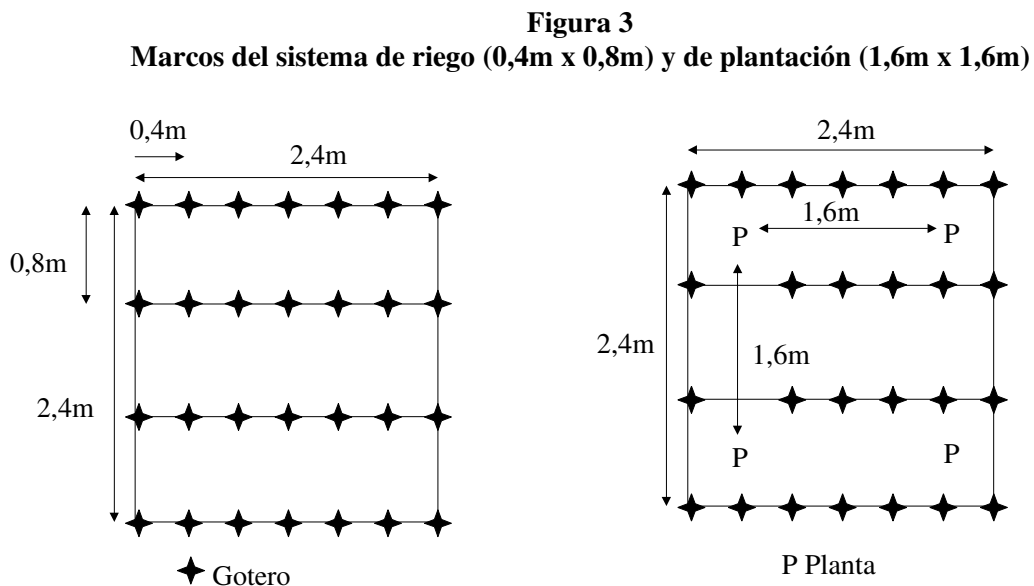
**Matas plantadas (plantas/ha):** 1600

**Profundidad de las raíces (cm):** 30

**Marco de plantación (m x m):** 1.6 x 1.6

**Producción media (kg/planta):** 41-42

**OBSERVACIONES:** Superficie cubierta por un mulching de pómez de granulometría variable. Se realiza un arado superficial del suelo (50-60 cm) cada seis años y se incorpora al mismo el abonado de fondo. Se aplican tratamientos de Dursva y Norvan contra araña roja y cochinilla (cuatro veces al año) así como nematicidas (dos veces al año). Lleva seis años cultivándose. El marco del sistema de riego no se corresponde con el marco de plantación por lo que se presenta a continuación un esquema de los mismos.



# **ANEXO XVIII**

## **RESULTADOS DEL TEST DE DISPERSIÓN**

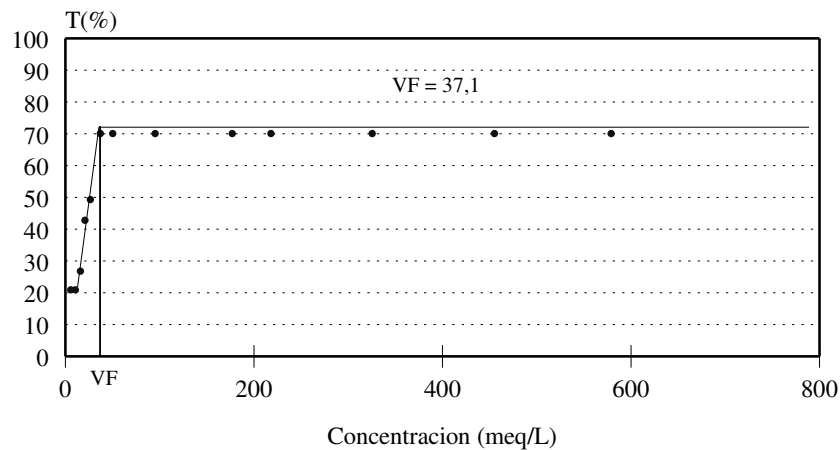


**Tabla 1**  
**Test de dispersión fracción < 2mm**  
**Muestra TFG**

C (meq/L)	Tm (%)	N	CV (%)	DE	AD(g/L)	AD(%)	AD(g/kg)
5,7	20,25	2	1,8	0,4	0,37	55,2	103,1
10,6	21,50	2	0,0	0,0	0,36	53,7	100,3
16,0	26,75	2	1,3	0,4	0,29	43,3	80,8
20,8	42,75	2	4,1	1,8	0,14	20,9	39,0
26,5	49,25	2	2,2	1,1	0,10	14,9	27,8
50,2	69,25	2	0,5	0,4	0,04	6,0	11,2
95,3	71,25	2	3,5	2,5	0,03	4,5	8,4
177,1	71,00	2	5,0	3,5	0,03	4,5	8,4
218,1	67,50	2	0,0	0,0	0,04	6,0	11,2
325,5	69,50	2	5,1	3,5	0,04	6,0	11,2
455,3	72,25	2	6,4	4,6	0,03	4,5	8,4
579,1	69,50	2	1,0	0,7	0,04	6,0	11,2

C Concentración de la solución aplicada Tm Transmitancia media N Número de réplicas  
CV Coeficiente de variación DE Desviación estándar AD (g/L) Arcilla dispersa en la solución sobrenadante AD (%) Porcentaje de arcilla dispersa del total de arcilla AD (g/kg) Arcilla dispersa por kg de suelo

**Figura 1**  
**Test de dispersión fracción < 2mm**  
**Muestra TFG**



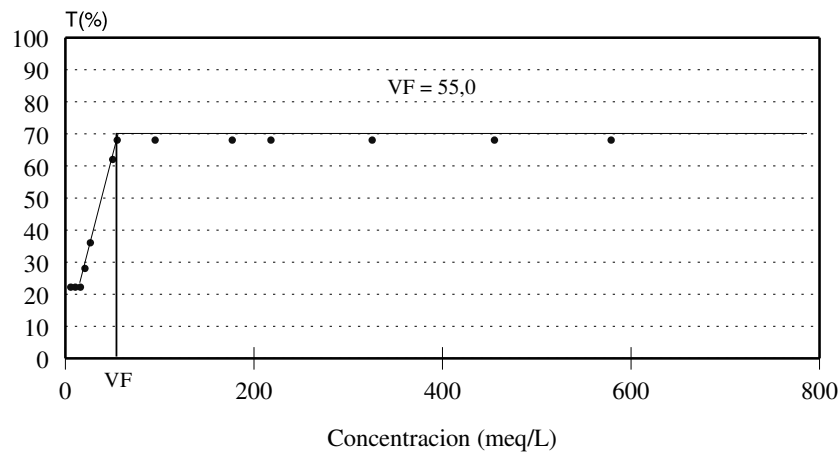
$$T (\%) = 1,878 \times C (\text{meq/L}) + 0,361 \quad (r = 0,974 \quad p = 0,026)$$

**Tabla 2**  
**Test de dispersión fracción < 2mm**  
**Muestra TFI**

C (meq/L)	Tm (%)	N	CV (%)	DE	AD(g/L)	AD(%)	AD(g/kg)
5,7	22,50	2	9,4	2,1	0,34	50,7	83,7
10,6	22,75	2	14,0	3,2	0,34	50,7	83,7
16,0	21,25	2	1,7	0,4	0,36	53,7	88,6
20,8	28,00	2	2,5	0,7	0,27	40,3	66,5
26,5	36,00	2	2,0	0,7	0,19	28,4	46,9
50,2	62,00	2	1,1	0,7	0,05	7,5	12,4
95,3	66,00	2	2,1	1,4	0,04	6,0	9,9
177,1	66,50	2	5,3	3,5	0,04	6,0	9,9
218,1	67,50	2	5,2	3,5	0,04	6,0	9,9
325,5	69,00	2	4,1	2,8	0,04	6,0	9,9
455,3	69,00	2	6,2	4,2	0,04	6,0	9,9
579,1	70,25	2	6,5	4,6	0,03	4,5	7,4

C Concentración de la solución aplicada Tm Transmitancia media N Número de réplicas  
CV Coeficiente de variación DE Desviación estándar AD (g/L) Arcilla dispersa en la solución sobrenadante AD (%) Porcentaje de arcilla dispersa del total de arcilla AD (g/kg) Arcilla dispersa por kg de suelo

**Figura 2**  
**Test de dispersión fracción < 2mm**  
**Muestra TFI**



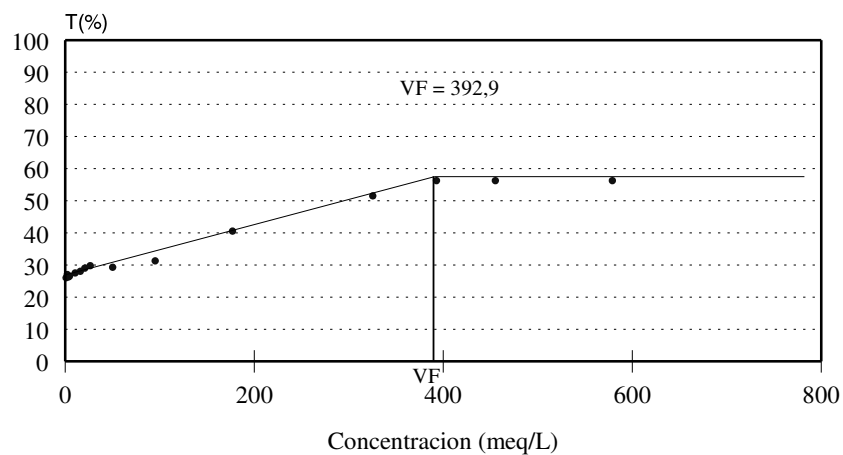
$$T (\%) = 1,174 \times C (\text{meq/L}) + 3,497 \quad (r = 0,998 \quad p = 0,002)$$

**Tabla 3**  
**Test de dispersión fracción < 2mm**  
**Muestra TTG**

C (meq/L)	Tm (%)	N	CV (%)	DE	AD(g/L)	AD(%)	AD(g/kg)
1,0	26,00	2	5,4	1,4	0,30	44,8	196,0
2,3	27,00	2	7,9	2,1	0,29	43,3	189,4
3,4	26,25	2	9,4	2,5	0,29	43,3	189,4
4,6	26,50	2	13,3	3,5	0,29	43,3	189,4
10,6	27,50	2	2,6	0,7	0,29	43,3	189,4
16,0	28,00	2	2,5	0,7	0,29	43,3	189,4
20,8	29,00	2	4,9	1,4	0,29	43,3	189,4
26,5	29,75	2	1,2	0,4	0,29	43,3	189,4
50,2	29,25	2	3,6	1,1	0,29	43,3	189,4
95,3	31,25	2	1,1	0,4	0,28	41,8	182,8
177,1	40,50	2	1,8	0,7	0,26	38,8	169,7
325,5	51,50	2	4,1	2,1	0,24	35,8	156,6
455,3	55,50	2	0,0	0,0	0,24	35,8	156,6
579,1	57,00	2	5,0	2,8	0,24	35,8	156,6

C Concentración de la solución aplicada Tm Transmitancia media N Número de réplicas  
CV Coeficiente de variación DE Desviación estándar AD (g/L) Arcilla dispersa en la solución sobrenadante AD (%) Porcentaje de arcilla dispersa del total de arcilla AD (g/kg) Arcilla dispersa por kg de suelo

**Figura 3**  
**Test de dispersión fracción < 2mm**  
**Muestra TTG**



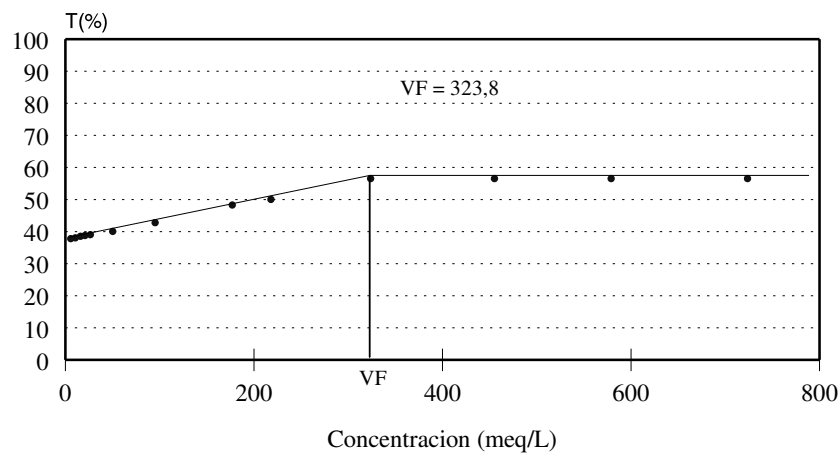
$$T (\%) = 0,076 \times C (\text{meq/L}) + 26,386 \quad (r = 0,991 \quad p << 0,0001)$$

**Tabla 4**  
**Test de dispersión fracción < 2mm**  
**Muestra TTI**

C (meq/L)	Tm (%)	N	CV (%)	DE	AD(g/L)	AD(%)	AD(g/kg)
5,7	37,75	2	0,9	0,4	0,27	40,3	197,8
10,6	38,00	2	1,9	0,7	0,27	40,3	197,8
16,0	38,50	2	0,0	0,0	0,27	40,3	197,8
20,8	38,75	2	0,9	0,4	0,26	38,8	190,4
26,5	39,00	2	0,0	0,0	0,26	38,8	190,4
50,2	40,00	2	0,0	0,0	0,26	38,8	190,4
95,3	42,75	2	0,8	0,4	0,26	38,8	190,4
177,1	48,25	2	0,7	0,4	0,25	37,3	183,1
218,1	50,00	2	5,7	2,8	0,25	37,3	183,1
455,3	56,25	2	4,4	2,5	0,24	35,8	175,7
579,1	57,25	2	1,9	1,1	0,24	35,8	175,7
723,8	56,00	2	1,3	0,7	0,24	35,8	175,7

C Concentración de la solución aplicada Tm Transmitancia media N Número de réplicas  
 CV Coeficiente de variación DE Desviación estándar AD (g/L) Arcilla dispersa en la solución sobrenadante AD (%) Porcentaje de arcilla dispersa del total de arcilla AD (g/kg) Arcilla dispersa por kg de suelo

**Figura 4**  
**Test de dispersión fracción < 2mm**  
**Muestra TTI**



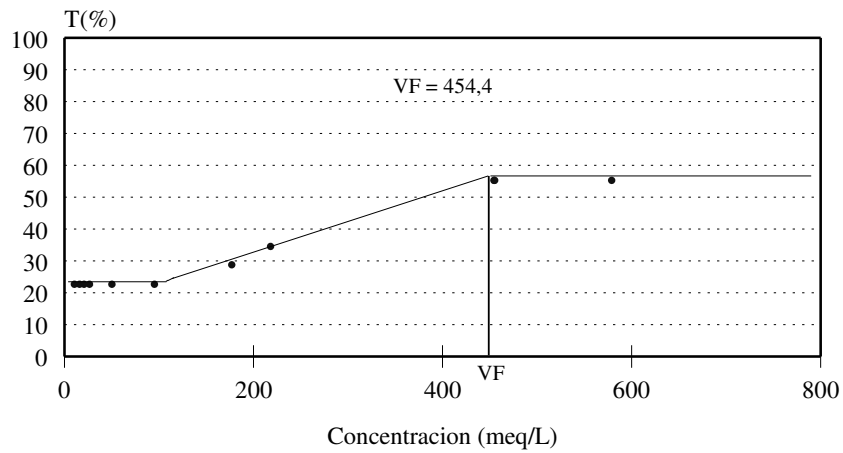
$$T (\%) = 0,059 \times C (\text{meq/L}) + 37,395 \quad (r = 0,999 \quad p << 0,0001)$$

**Tabla 5**  
**Test de dispersión fracción < 2mm**  
**Muestra P**

C (meq/L)	Tm (%)	N	CV (%)	DE	AD(g/L)	AD(%)	AD(g/kg)
10,6	22,50	2	3,1	0,7	0,29	43,3	143,7
16,0	21,50	2	3,3	0,7	0,30	44,8	148,7
20,8	22,25	2	4,8	1,1	0,29	43,3	143,7
26,5	22,50	2	3,1	0,7	0,29	43,3	143,7
50,2	23,25	2	1,5	0,4	0,29	43,3	143,7
95,3	23,75	2	1,5	0,4	0,29	43,3	143,7
177,1	28,75	2	1,2	0,4	0,26	38,8	128,8
218,1	34,50	2	0,0	0,0	0,24	35,8	118,8
455,3	55,00	2	0,0	0,0	0,11	29,9	99,2
579,1	55,50	2	2,6	1,4	0,11	29,9	99,2

C Concentración de la solución aplicada Tm Transmitancia media N Número de réplicas  
CV Coeficiente de variación DE Desviación estándar AD (g/L) Arcilla dispersa en la solución sobrenadante AD (%) Porcentaje de arcilla dispersa del total de arcilla AD (g/kg) Arcilla dispersa por kg de suelo

**Figura 5**  
**Test de dispersión fracción < 2mm**  
**Muestra P**



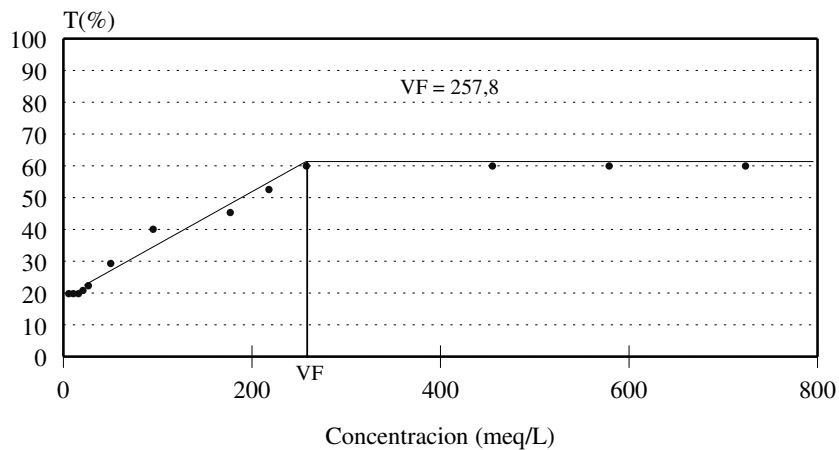
$$T (\%) = 0,092 \times C (\text{meq/L}) + 13,440 \quad (r = 0,997 \quad p = 0,05)$$

**Tabla 6**  
**Test de dispersión fracción < 2mm**  
**Muestra PJ**

C (meq/L)	Tm (%)	N	CV (%)	DE	AD(g/L)	AD(%)	AD(g/kg)
5,7	20,00	2	3,5	0,7	0,36	53,7	132,9
10,6	19,75	2	1,8	0,4	0,37	55,2	136,6
16,0	19,50	2	3,6	0,7	0,37	55,2	136,6
20,8	20,75	2	1,7	0,4	0,35	52,2	129,1
26,5	22,25	2	1,6	0,4	0,32	47,7	118,0
50,2	29,25	2	1,2	0,4	0,21	31,3	77,4
95,3	40,00	2	0,0	0,0	0,05	7,5	18,6
177,1	45,25	2	0,8	0,4	0,05	7,5	18,6
218,1	52,50	2	1,4	0,7	0,01	1,5	3,7
455,3	57,75	2	0,6	0,4	0,00	0,0	0,0
579,1	60,00	2	1,2	0,7	0,00	0,0	0,0
723,8	62,00	2	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0

C Concentración de la solución aplicada Tm Transmitancia media N Número de réplicas  
CV Coeficiente de variación DE Desviación estándar AD (g/L) Arcilla dispersa en la solución sobrenadante AD (%) Porcentaje de arcilla dispersa del total de arcilla AD (g/kg) Arcilla dispersa por kg de suelo

**Figura 6**  
**Test de dispersión fracción < 2mm**  
**Muestra PJ**



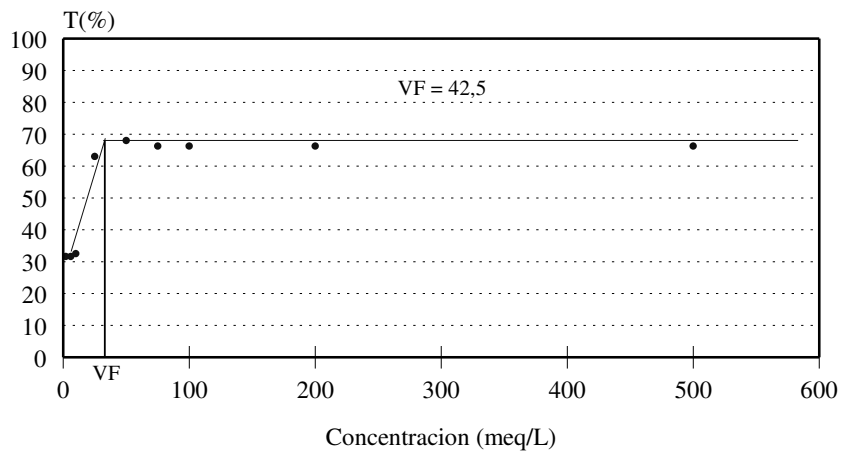
$$T (\%) = 0,158 \times C (\text{meq/L}) + 19,185 \quad (r = 0,975 \quad p = 0,0002)$$

**Tabla 7**  
**Test de dispersión fracción < 2mm SAR 13**  
**Muestra TFG**

C (meq/L)	Tm (%)	N	CV (%)	DE	AD(g/L)	AD(%)	AD(g/kg)
2,0	31,75	2	1,1	0,4	0,23	34,3	64,0
6,0	31,50	2	2,2	0,7	0,23	34,3	64,0
10,0	32,50	2	2,2	0,7	0,22	32,8	61,2
25,0	63,00	2	1,1	0,7	0,05	7,5	14,0
50,0	68,00	2	0,0	0,0	0,04	6,0	11,2
75,0	67,75	2	2,6	1,8	0,04	6,0	11,2
100,0	64,50	2	1,1	0,7	0,05	7,5	14,0
200,0	66,00	2	0,0	0,0	0,04	6,0	11,2
500,0	65,00	2	0,0	0,0	0,04	6,0	11,2

C Concentración de la solución aplicada Tm Transmitancia media N Número de réplicas  
 CV Coeficiente de variación DE Desviación estándar AD (g/L) Arcilla dispersa en la solución sobrenadante AD (%) Porcentaje de arcilla dispersa del total de arcilla AD (g/kg) Arcilla dispersa por kg de suelo

**Figura 7**  
**Test de dispersión fracción < 2mm SAR 13**  
**Muestra TFG**



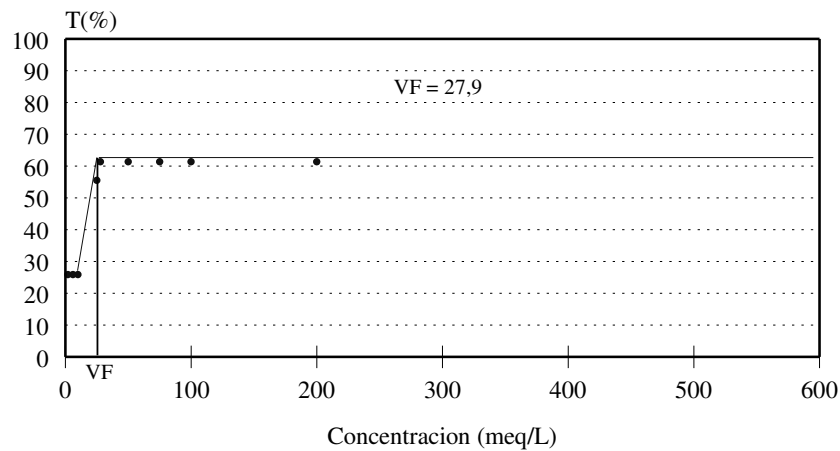
$$T (\%) = 0,884 \times C (\text{meq/L}) + 28,637 \quad (r = 0,980 \quad p = 0,003)$$

**Tabla 8**  
**Test de dispersión fracción < 2mm SAR 13**  
**Muestra TFI**

C (meq/L)	Tm (%)	N	CV (%)	DE	AD(g/L)	AD(%)	AD(g/kg)
2,0	25,75	2	4,0	1,0	0,30	44,8	73,9
6,0	26,00	2	0,0	0,0	0,29	43,3	71,4
10,0	25,75	2	4,0	1,0	0,30	44,8	73,9
25,0	55,50	2	1,3	0,7	0,08	11,9	19,6
50,0	62,00	2	4,6	2,8	0,05	7,5	12,4
75,0	62,00	2	4,5	2,8	0,05	7,5	12,4
100,0	59,50	2	3,5	2,1	0,06	9,0	14,9
200,0	61,75	2	6,3	3,9	0,05	7,5	12,4

C Concentración de la solución aplicada Tm Transmitancia media N Número de réplicas  
 CV Coeficiente de variación DE Desviación estándar AD (g/L) Arcilla dispersa en la solución sobrenadante AD (%) Porcentaje de arcilla dispersa del total de arcilla AD (g/kg) Arcilla dispersa por kg de suelo

**Figura 8**  
**Test de dispersión fracción < 2mm SAR 13**  
**Muestra TFI**



$$T (\%) = 1,982 \times C (\text{meq/L}) + 5,958 \quad (r = 0,985 \quad p = 0,001)$$

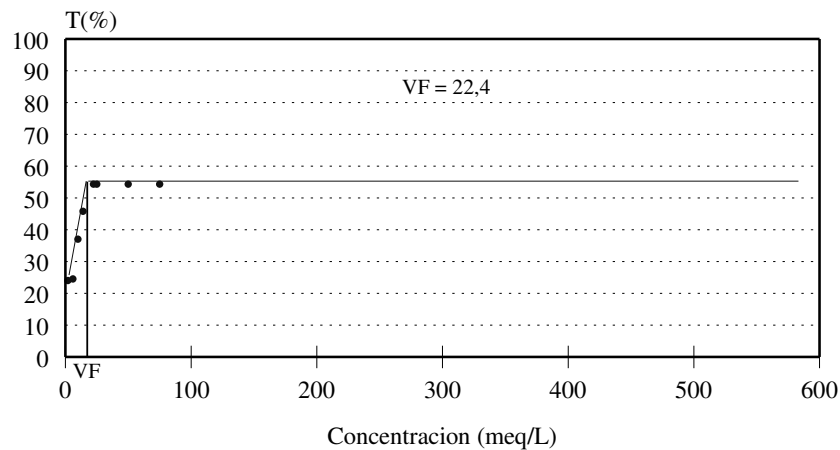


**Tabla 9**  
**Test de dispersión fracción < 2mm SAR 3**  
**Muestra TTG**

C (meq/L)	Tm (%)	N	CV (%)	DE	AD(g/L)	AD(%)	AD(g/kg)
2,0	25,00	2	0,0	0,0	0,30	44,8	196,0
6,0	24,50	2	0,0	0,0	0,30	44,8	196,0
10,0	37,00	2	0,0	0,0	0,27	40,3	176,3
14,0	45,75	2	3,9	1,8	0,25	37,3	163,2
25,0	56,00	2	0,0	0,0	0,24	35,8	156,6
50,0	54,00	2	0,0	0,0	0,24	35,8	156,6
75,0	53,50	2	1,3	0,7	0,24	35,8	156,6

C Concentración de la solución aplicada Tm Transmitancia media N Número de réplicas  
 CV Coeficiente de variación DE Desviación estándar AD (g/L) Arcilla dispersa en la solución sobrenadante AD (%) Porcentaje de arcilla dispersa del total de arcilla AD (g/kg) Arcilla dispersa por kg de suelo

**Figura 9**  
**Test de dispersión fracción < 2mm SAR 3**  
**Muestra TTG**



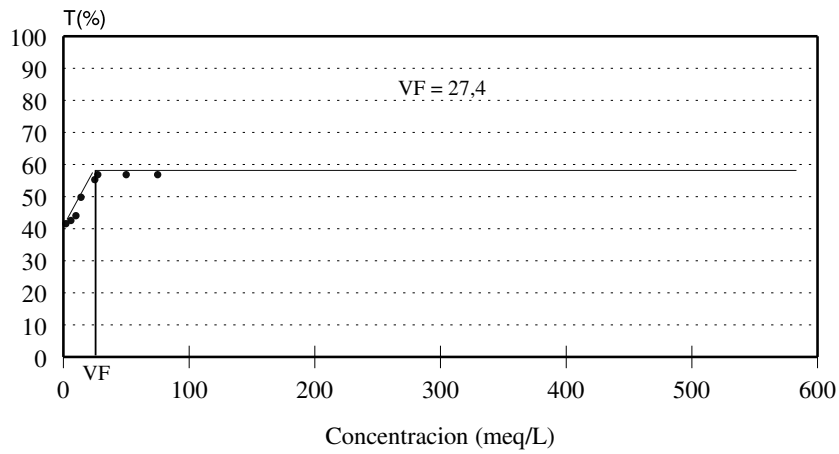
$$T (\%) = 1,558 \times C (\text{meq/L}) + 19,387 \quad (r = 0,954 \quad p = 0,046)$$

**Tabla 10**  
**Test de dispersión fracción < 2mm SAR 3**  
**Muestra TTI**

C (meq/L)	Tm (%)	N	CV (%)	DE	AD(g/L)	AD(%)	AD(g/kg)
2,0	41,50	2	0,0	0,0	0,26	38,8	190,5
6,0	42,50	2	1,7	0,7	0,26	38,8	190,5
10,0	44,00	2	3,2	1,4	0,25	37,3	183,1
14,0	49,75	2	3,6	1,8	0,25	37,3	183,1
25,0	55,25	2	4,5	2,5	0,24	35,8	175,7
50,0	58,00	2	0,0	0,0	0,24	35,8	175,7
75,0	57,25	2	0,6	0,4	0,24	35,8	175,7

C Concentración de la solución aplicada Tm Transmitancia media N Número de réplicas  
 CV Coeficiente de variación DE Desviación estándar AD (g/L) Arcilla dispersa en la solución sobrenadante AD (%) Porcentaje de arcilla dispersa del total de arcilla AD (g/kg) Arcilla dispersa por kg de suelo

**Figura 10**  
**Test de dispersión fracción < 2mm SAR 3**  
**Muestra TTI**



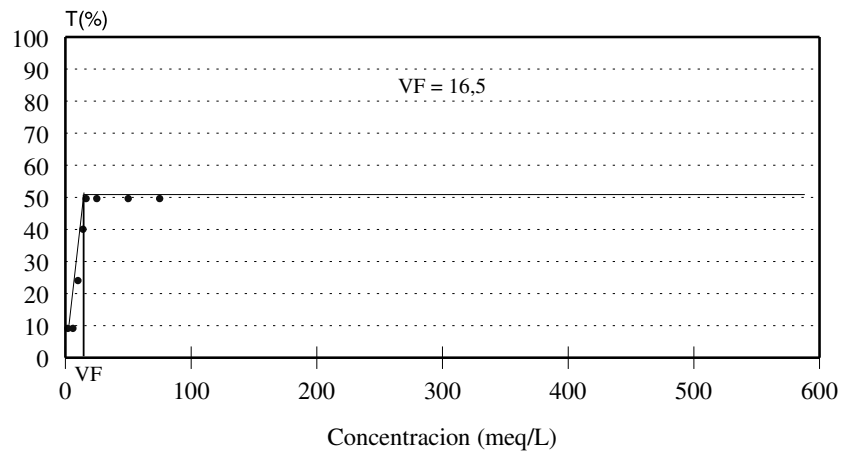
$$T (\%) = 0,641 \times C (\text{meq/L}) + 39,290 \quad (r = 0,976 \quad p = 0,004)$$

**Tabla 11**  
**Test de dispersión fracción < 2mm SAR 3**  
**Muestra P**

C (meq/L)	Tm (%)	N	CV (%)	DE	AD(g/L)	AD(%)	AD(g/kg)
2,0	9,00	2	0,0	0,0	0,38	56,7	188,2
6,0	9,25	2	3,8	0,4	0,37	55,2	183,2
10,0	24,00	2	11,8	2,8	0,28	41,8	138,7
14,0	40,00	2	7,1	2,8	0,18	26,9	89,3
25,0	48,50	2	2,9	1,4	0,14	20,9	69,4
50,0	50,75	2	3,5	1,8	0,13	19,4	64,4
75,0	49,50	2	0,0	0,0	0,13	19,4	64,4

C Concentración de la solución aplicada Tm Transmitancia media N Número de réplicas  
 CV Coeficiente de variación DE Desviación estándar AD (g/L) Arcilla dispersa en la solución sobrenadante AD (%) Porcentaje de arcilla dispersa del total de arcilla AD (g/kg) Arcilla dispersa por kg de suelo

**Figura 11**  
**Test de dispersión fracción < 2mm SAR 3**  
**muestra P**



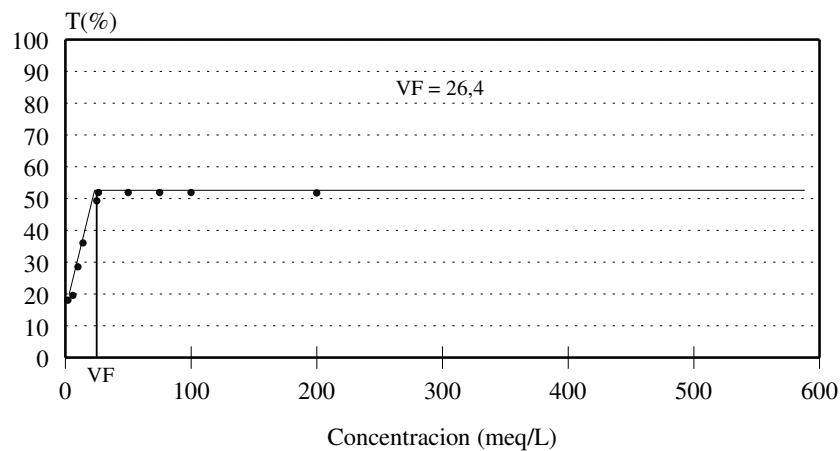
$$T (\%) = 3,844 \times C (\text{meq/L}) - 14,021 \quad (r = 0,9997 \quad p = 0,015)$$

**Tabla 12**  
**Test de dispersión fracción < 2mm SAR 3**  
**Muestra PJ**

C (meq/L)	Tm (%)	N	CV (%)	DE	AD(g/L)	AD(%)	AD(g/kg)
2,0	18,00	2	0,0	0,0	0,40	59,7	147,7
6,0	19,50	2	0,0	0,0	0,37	55,2	136,6
10,0	28,50	2	5,0	1,4	0,22	32,8	81,1
14,0	36,00	2	3,9	1,4	0,13	19,4	48,0
25,0	49,25	2	7,9	3,9	0,03	4,5	11,1
50,0	55,25	2	0,6	0,4	0,01	1,5	3,7
75,0	52,25	2	2,0	1,1	0,01	1,5	3,7
100,0	50,00	2	0,0	0,0	0,02	3,0	7,4
200,0	50,00	2	0,0	0,0	0,02	3,0	7,4

C Concentración de la solución aplicada Tm Transmitancia media N Número de réplicas  
CV Coeficiente de variación DE Desviación estándar AD (g/L) Arcilla dispersa en la solución sobrenadante AD (%) Porcentaje de arcilla dispersa del total de arcilla AD (g/kg) Arcilla dispersa por kg de suelo

**Figura 12**  
**Test de dispersión fracción < 2mm SAR 3**  
**Muestra PJ**



$$T (\%) = 1,443 \times C (\text{meq/L}) + 13,802 \quad (r = 0,989 \quad p = 0,001)$$

## FE DE ERRATAS

En la página 75, donde dice:  $PSIc(\%)=100(-0,0126+0,01475SAR)/1+(-0,0126+0,01475SAR)$ , debe decir:  $PSIc(\%)=100(-0,0126+0,01475SAR)/[1+(-0,0126+0,01475SAR)]$ .

En las páginas 76, 96 y 172, donde dice: **U.S.S.L. Staff (1954)**...., debe decir: **USSL Staff (1954)**....

En las páginas 78 y 79, donde dice: **Suarez (1981)**, debe decir: **Suárez (1981)**.

En la página 139, donde dice: **1974), por lo que concentraciones**...., debe decir: **que concentraciones**....

En la página 181, donde dice: **Porta et al. (1994)**, debe decir: **Porta et al. (1999)**.

En la página 273, donde dice: **inferior a 100  $\mu$ S/cm**, debe decir: **inferior a 100  $\mu$ S/cm**.

En las páginas 284 y 303, donde dice: **Aragües et al.**, debe decir: **Aragüés et al.**

En la página 329, donde dice: **las aguas de Fuerteventura presenta**...., debe decir: **las aguas de Fuerteventura presentan**....

En la página 361, donde dice: **Sposito, 1989; McBried, 1994)**, debe decir: **Sposito, 1989; McBride, 1994)**.

En la página 366, donde dice: **Guckert et al., 1975a**, debe decir: **Guckert et al., 1975**.

En la página 381, donde dice: **materia mineral adheherida**...., debe decir: **materia mineral adherida**....

En la página 393, en el pie de la Tabla II.3.71, donde dice: **AD(g/Kg) Cantidad de arcilla dispersa por Kg de suelo**, debe decir: **AD(g/kg) Cantidad de arcilla dispersa por kg de suelo**.

En la página 409, donde dice: **utilizar el SAR extracto verdadero**...., debe decir: **utilizar el SAR extracto verdadero**....