



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
SECCIÓN DE INGENIERÍA AGRARIA

Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

**ESTUDIO PRELIMINAR DE LA OPTIMIZACIÓN
DE CONSUMO NUTRICIONAL EN EL CULTIVO
DE LA FRESA EN TENERIFE**

Jacob Domínguez González

La Laguna, 5 de mayo 2024

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07

**AUTORIZACIÓN DE PRESENTACIÓN DE TFG
INGENIERÍA AGRÍCOLA Y DEL MEDIO RURAL**

CURSO: 2023/2024

TUTOR – COORDINADOR: Domingo José Ríos Mesa

TUTOR: Belarmino Santos Coello

Como tutores del alumno Jacob Domínguez González en el TFG titulado: “Estudio preliminar de la optimización de consumo nutricional en el cultivo de la fresa en Tenerife”, damos nuestra autorización para la presentación y defensa de dicho TFG, a la vez que confirmamos que el alumno ha cumplido con los objetivos generales y particulares que lleva consigo la elaboración del mismo y las normas del Reglamento de Trabajo Fin de Grado de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería.

En San Cristóbal de La Laguna, a 5 de mayo de 2024


Fdo: Domingo J. Ríos Mesa

(Tutor coordinador)

Fdo: Belarmino Santos Coello

(Tutor)

PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE TRABAJO DE FIN DE GRADO

Código Seguro De Verificación	dhPXAHF1/Tbl8snwrend7A==	Estado	Fecha y hora	
Firmado Por	Belarmino Santos Coello - Jefe de Comarca Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural	Firmado	03/05/2024 11:29:13	
Url De Verificación	https://sede.tenerife.es/verifirma/code/dhPXAHF1%2FTbl8snwrend7A%3D%3D			
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).	Página	1/1	

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1. Generalidades.....	3
3.1.1. Origen e historia.....	3
3.1.2. Importancia y comercialización.....	3
3.2. Taxonomía y descripción botánica.....	5
3.2.1. Taxonomía.....	5
3.2.2. Variedades botánicas.....	5
3.2.3. Descripción botánica.....	6
3.2.4. Valor nutritivo.....	9
3.3. Fisiología del cultivo.....	9
3.3.1. Fisiología del desarrollo.....	10
3.3.2. Condiciones climáticas.....	11
3.4. Fisiología de la nutrición.....	13
3.4.1. Suelo y sustrato.....	13
3.4.2. Nutrición.....	14
3.4.3. Relaciones hídricas y salinidad.....	16
3.5. Material vegetal.....	17
3.4.1. Historia de la mejora vegetal.....	17
3.4.2. Objetivos de la mejora vegetal.....	18
3.4.3. Clasificación de los cultivares más importantes.....	19
3.6. Labores de cultivo.....	19
3.6.1. Sistemas de cultivo.....	19
3.6.2. Época de plantación y procedencia.....	20
3.6.3. Labores culturales.....	21
3.6.4. Riego y drenaje.....	22
3.6.5. Fertilización.....	23
3.6.6. Propagación.....	25
3.7. Postcosecha.....	25
3.7.1. Recolección y criterios de clasificación.....	25
3.7.2. Fisiología de la maduración.....	26
3.7.3. Manipulación y almacenamiento.....	26
3.8. Plagas, enfermedades y fisiopatías más importantes.....	27
3.8.1. Accidentes y fisiopatías.....	27
3.8.2. Plagas.....	28
3.8.3. Enfermedades.....	28

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
4.1. Localización del ensayo.....	30
4.2. Sistema de cultivo.....	30
4.2.1. Sustrato.....	31
4.2.2. Agua, sistema de riego y solución nutritiva.....	32
4.2.3. Material vegetal.....	34
4.2.4. Labores realizadas.....	35
4.2.5. Recolección.....	36
4.3. Condiciones agroclimáticas.....	36
4.4. Diseño del experimento.....	39
4.5. Parámetros Analizados.....	39
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
5.1. Volúmenes aportados y drenajes recogidos.....	43
5.2. Composición química de la solución nutritiva y drenajes.....	46
5.2.1. pH y CE.....	46
5.2.2. Nitratos.....	48
5.2.3. Fosfatos.....	50
5.2.4. Potasio.....	51
5.2.5. Calcio.....	53
5.2.6. Magnesio.....	55
5.2.7. Sodio y Cloruros.....	57
5.3. Consumos totales de cada elemento.....	59
5.4. Cálculo de la eficiencia del uso del agua y rendimiento.....	60
6. CONCLUSIONES.....	62
7. CONCLUSIONS.....	64
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
9. ANEXOS.....	73
9.1. Análisis de agua.....	73
9.2. Análisis foliar.....	79

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Título: Estudio preliminar de la optimización de consumo nutricional en el cultivo de la fresa en Tenerife.

Autor: Jacob Domínguez González.

Tutores: Domingo José Ríos Mesa, Belarmino Santos Coello.

Palabras clave: hidroponía, cultivo sin suelo, Portola, Concentración de Absorción, Eficiencia del Uso del Agua (EUA).

Resumen

El cultivo de la fresa en Tenerife enfrenta desafíos como la competencia, la escasez de agua y la degradación del suelo. En respuesta a estos problemas, este estudio busca identificar las necesidades nutricionales del cultivo y la eficiencia en el uso de agua y proponer estrategias para optimizar su uso. Esta experiencia fue realizada en una parcela en Güímar, Tenerife, perteneciente a la empresa IZAÑA SAT. El sustrato empleado fue fibra de coco y el cultivo se realizó en mesas de cultivo en invernadero de malla. El cultivar empleado fue "Portola". Cada saco de sustrato contenía 12 plantas y la densidad de plantación era de 16 plantas/m². En esta explotación, el agua de drenaje es recogida y reciclada en otros cultivos con menores exigencias. Para la experiencia se colocaron tres estaciones de drenaje, que consistían en una caja debajo de un saco de cultivo conectada a una garrafa para medir el volumen de drenaje, así como un gotero conectado directamente a otra garrafa para medir los volúmenes aportados. Las tres estaciones fueron colocadas en distintas zonas representativas de la parcela. Se realizaron semanalmente medidas de los volúmenes, así como analíticas del agua aportada como de la drenada en las estaciones, que se complementaron con análisis foliares. Se calcularon las concentraciones de absorción, la relación entre el aporte y el drenaje, los consumos totales de cada elemento y la eficiencia del uso del agua. El porcentaje de drenaje obtenido fue alto, cercano al 60%. Las concentraciones iniciales en los aportes y las concentraciones de absorción de N, P y K fueron bajas, lo que fue compensado por el alto aporte y consumo de agua, lo que hizo que los consumos totales de los elementos nutritivos estuvieran más equilibrados. Las relaciones K^+/Ca^{2+} y $K^+/(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ obtenidas determinan que la concentración en los aportes de potasio es baja, mientras que la de calcio y magnesio es alta. Los análisis foliares confirman que los valores de K aportados en la experiencia son bajos. Los rendimientos y la Eficiencia en el Uso del Agua (EUA) determinados en esta experiencia son bajos. La mayor tolerancia del cultivar "Portola" a la salinidad permitiría aumentar la CE de la solución nutritiva, creando un margen para optimizar el aporte de fertilizantes, mejorando la productividad y la EUA.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Title: Optimizing Nutrient Uptake for Strawberry Production in Tenerife: A Preliminary Study.

Author: Jacob Domínguez González.

Directors: Domingo José Ríos Mesa, Belarmino Santos Coello.

Key words: hydroponics, soilless culture, Portola, Nutrient Uptake, Water Use Efficiency (WUE).

Abstract

Strawberry cultivation in Tenerife faces challenges such as competition, water scarcity, and soil degradation. In response to these issues, this study aims to identify the crop's nutritional requirements and water use efficiency, and to propose strategies for its optimization. The experiment was conducted on a plot in Güímar, Tenerife, belonging to the company IZAÑA SAT. The substrate used was coconut fiber and the cultivation was carried out in cultivation tables in a mesh greenhouse. The cultivar used was "Portola". Each bag of substrate contained 12 plants and the planting density was 16 plants/m². In this operation, the drainage water is collected and recycled in other crops with lower requirements. For the experiment, three drainage stations were installed, consisting of a box under a cultivation bag connected to a carboy to measure the drainage volume, as well as a dripper connected directly to another carboy to measure the volumes supplied. The three stations were placed in different representative areas of the plot. Weekly measurements of the volumes were carried out, as well as analyses of the water supplied and drained from the stations, which were complemented by foliar analysis. Nutrient uptake concentrations, the ratio between supply and drainage, total consumption of each element and water use efficiency were calculated. The drainage percentage obtained was high, close to 60%. The initial concentrations in the supplies and the uptake concentrations of N, P and K were low, which was compensated by the high supply and consumption of water, which led to a more balanced total consumption of the nutrients. The K^+/Ca^{2+} and $K^+/(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ ratios obtained indicate that the concentration of potassium in the supplies is low, while that of calcium and magnesium is high. Foliar analyses confirm that the values of K supplied in the experiment are low. The yields and Water Use Efficiency (WUE) determined in this experiment are low. The greater tolerance of the "Portola" cultivar to salinity would allow increasing the EC of the nutrient solution, creating a margin to optimize fertilizer application, improving productivity and WUE.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la fresa en Tenerife se enfrenta a una serie de desafíos que amenazan su viabilidad y su grado de presencia en el mercado. La creciente competencia con otras provincias y con países fuera de la Unión Europea, la limitación de recursos hídricos en la isla de Tenerife, que ya se declara en emergencia hídrica, y la degradación y la escasez del suelo en Canarias son algunos de los principales obstáculos que enfrenta el sector agrícola de la isla.

En respuesta a estos retos, la hidroponía ha surgido como una alternativa sostenible y eficiente para el cultivo de la fresa. Este sistema de producción sin suelo permite un mayor control de las condiciones ambientales y nutricionales de las plantas, lo que se traduce en un aumento del rendimiento, la calidad de la fruta y la eficiencia en el uso de recursos. Además, reduce los costes en mano de obra, ya que facilita las labores al encontrarse sobre mesas de 1 metro de alto mejorando las condiciones de trabajo de los operarios.

A pesar de los beneficios de la hidroponía, la optimización del consumo nutricional en el cultivo de fresa sigue siendo un desafío importante. La gestión inadecuada de la fertirrigación puede conducir a una serie de problemas, como el consumo excesivo de agua, la deficiencia o el exceso de nutrientes en las plantas y la contaminación del suelo y el medio ambiente. Asimismo, es igual de importante la adaptación de cultivares a las condiciones ambientales venideras como la sequía y la salinidad, siendo la fresa un cultivo que se ve gravemente afectado por los estreses abióticos.

Este estudio se presenta como una herramienta fundamental para abordar los desafíos del cultivo de fresa en Tenerife. A través de un análisis exhaustivo del consumo de agua y nutrientes, este trabajo busca identificar las necesidades nutricionales específicas del cultivo y proponer estrategias para optimizar su uso en la explotación estudiada. Se trata de un trabajo con un doble rol: experimental, ya que permite científicamente determinar los parámetros estudiados, y asesor, al adaptar los resultados obtenidos a las condiciones de la explotación. Representa un paso importante para el desarrollo sostenible del cultivo de fresa en Tenerife. Los resultados obtenidos proporcionarán información valiosa para otros agricultores, permitiéndoles optimizar el uso de recursos, mejorar la productividad y reducir el impacto ambiental de su actividad.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



2. OBJETIVOS

Este trabajo fin de grado ha sido orientado a la obtención con carácter preliminar de los consumos nutricionales e hídricos de un cultivo sin suelo en invernadero en fibra de coco en las condiciones agroclimáticas de Güímar, municipio donde se realizó la experiencia.

A través de la medición de los aportes y drenajes, así como del análisis de la composición del agua y de la planta se busca comprender los patrones de consumo y determinar las deficiencias o excesos nutricionales que puedan afectar al rendimiento del cultivo.

El objetivo general que se persigue con este trabajo es el de asentar las bases para la comprensión previa de los patrones de consumo, identificar las necesidades nutricionales específicas del cultivo y proponer estrategias para optimizar el uso de recursos. Los objetivos específicos de esta experiencia son los siguientes:

1. Determinar los coeficientes de absorción de nutrientes en el cultivo de la fresa.
2. Hallar la eficiencia del uso del agua del cultivo.
3. Calcular los consumos de nutrientes del cultivo.

Con ello, se espera sentar un conocimiento introductorio para:

1. Aumentar la productividad y la calidad del fruto.
2. Optimizar el uso de recursos hídricos y fertilizantes.
3. Promover prácticas agrarias más sostenibles.
4. Reducir el impacto ambiental del cultivo.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Generalidades

3.1.1. Origen e historia

Así parece que los seres humanos siempre hemos consumido fresas silvestres en la naturaleza. Posiblemente la facilidad con la que estos frutos eran recolectados llevó a su cultivo mucho tiempo después. Las primeras especies de fresa fueron domesticadas en los últimos 2000 años, y la fresa comercial más popular, *Fragaria x ananassa*, nació hace solo 250 años (Hancock, 2014). Posiblemente la fresa fue cultivada en los jardines romanos y griegos. La primera referencia a la fresa cultivada en Europa aparece en la literatura Francesa del siglo XIV (Darrow, 1966).

La palabra “fresa” proviene del francés “fraise”, que se usaba en el antiguo francés como “fraile”. Esta palabra es una deformación del latín “fraga”, que se usaba en plural para referirse a esta fruta. En español, el término “fresa” no se hizo común hasta el siglo XVI. Antiguamente, esta fruta se conocía con otros nombres como “amiésgado”, “mayueta”, “meruéndano” y “madroño”. En gran parte de Suramérica, especialmente en el Cono Sur, la fruta se conoce como “frutilla”. En las otras lenguas romances de la Península Ibérica, se siguen usando nombres castizos como “fraga” en catalán, “haura” y “marduixa” en valenciano, “morote” en gallego y “morango” en portugués (Corominas, DCECH).

Fragaria vesca ya se plantaba ampliamente por los jardines de Europa en el siglo XVI. Los registros de los herbarios renacentistas hacían una clara distinción entre especies de jardín y salvajes. (Sauer, 1993). De hecho, no solo se plantaba para consumo propio, sino también para mercado. Esta especie dominó el cultivo de fresa en Europa por siglos, hasta que *F. virginiana* empezó a reemplazarla en los 1600s (Lavín & Maureira, 2000).

F. Chilensis tiene una larga historia de cultivo en América del Sur, donde ya se utilizaba hace más de 1000 años por los indígenas mapuches en pequeñas plantaciones. Con la llegada de los españoles, grandes plantaciones comerciales de esta especie comenzaron a aparecer por Perú, Colombia y Ecuador y, aunque se llevaron al viejo continente, nunca se popularizaron en Europa (Lavín & Maureira, 2000).

Plántulas poco comunes empezaron a aparecer en jardines de Bretaña con combinaciones únicas de características morfológicas. Aunque al principio el origen de estas plántulas fue confuso, pronto se determinó que se trataban de híbridos entre *F. chilensis* x *F. virginiana* y se decidió llamarlo *F. x ananassa* por su olor que recordaba a la piña (*Ananas*). Temprano, empezaron a aparecer en plantaciones comerciales y jardines botánicos (Darrow, 1966).

3.1.2. Importancia y comercialización

La producción anual de fresas ha estado aumentando en las últimas décadas, habiendo cuadruplicado su producción en los últimos cuarenta años (Fig 3.1). Actualmente, el país con mayor producción es China, seguido por EE.UU, Turquía, Egipto, México y España (Fig 3.2). En 2016, los países más exportadores eran España (311.000 t), México (103.000 t) y Países Bajos (56.000 t), los cuales representan el 70% del total mundial (Anon, 2018).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07

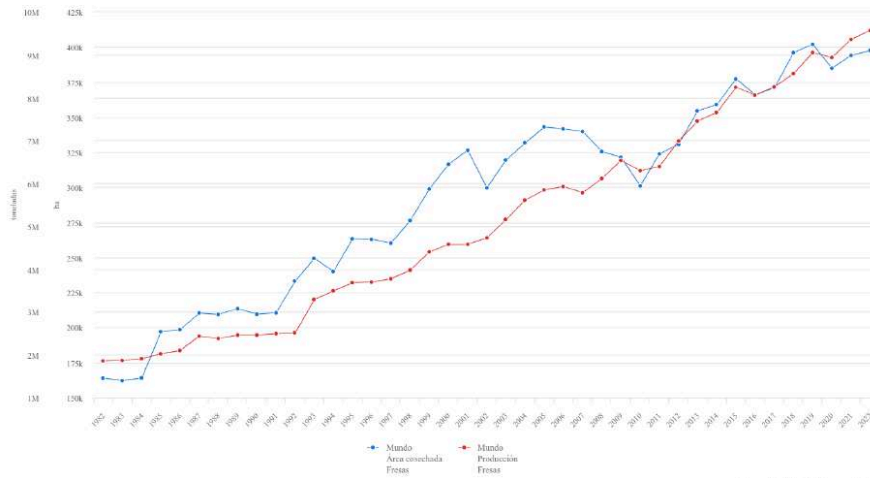


Fig 3.1. Producción (t) y área cosechada (ha) en todo el mundo desde 1982 hasta 2022 (FAOSTAT).

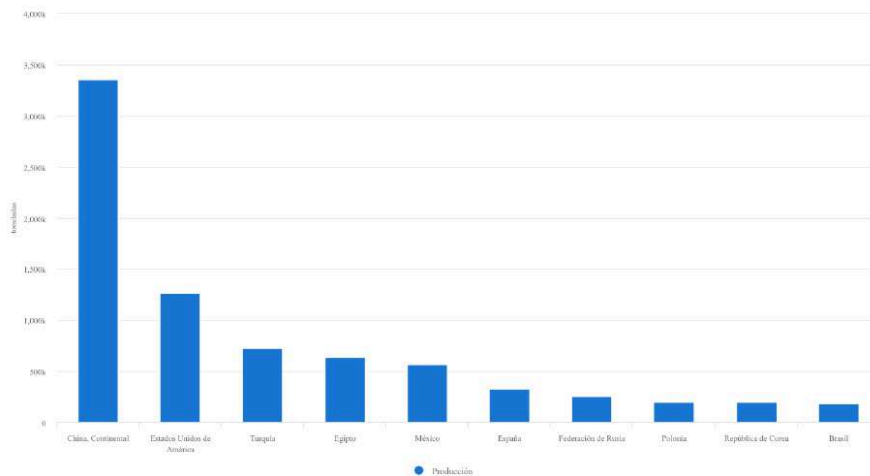


Fig 3.2. 10 principales productores de fresas a nivel mundial (FAOSTAT).

En Europa, la producción aumentó constantemente en los últimos 30 años, aproximadamente un 30%. En estos años se destaca España (+ 24%), Ucrania (+ 212%), Reino Unido (+ 170%). Solo Francia (-25%) e Italia (-24%) han decrecido su producción notablemente en este periodo de tiempo. En este continente, España es el productor más importante en invierno junto con Grecia y Turquía. La región de Huelva es la más importante del país en invierno, exportando su fruta principalmente a los países del este de Europa. Solo España cubre cerca del 70% de la demanda total de la Unión Europea

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



(Mezzetti et al., 2018). En España, en la campaña 21/22 se produjeron 315.000 toneladas de fresas y fresones. La comunidad de Andalucía produjo en 2021 el 97,3% de la fresa española, casi toda proveniente de la provincia de Huelva (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación).

En Canarias, en 2022 la producción fue de 2.471 toneladas en 54 ha. La producción se concentra principalmente en las islas de Tenerife y Gran Canaria, 50% y 41% respectivamente. Los principales municipios productores son Güímar y Valsequillo. En las islas, la producción experimentó un crecimiento de un 65% en el periodo de 2012 a 2022. Es remarcable la situación de la isla de Tenerife, ya que ahí la producción se triplicó en el periodo que comprende desde 2010 hasta 2022 (ISTAC). En MERCATENERIFE la cantidad de fresón local es de 65.017 kg lo que supone el 12% del fresón que entra en el mercado. En cuanto a precios, estos generalmente van desde los 1,80€/kg hasta los 12 €/kg, correspondiendo los máximos a noviembre y diciembre y los mínimos al periodo entre marzo y julio (MERCATENERIFE, 2020).

A pesar de este crecimiento general, en los últimos años el área de cultivo en el municipio de Valsequillo ha disminuido de 40 a 25 ha en los últimos años, principalmente por los problemas de comercialización. El coste de producción (producción integrada) de un kilogramo de fresa en este municipio grancanario ronda los 3€/kg, mientras que los costos en península están alrededor de 1,20€/kg. La competencia en el sector se ha endurecido tanto con el mercado peninsular (Huelva) como con productores extranjeros como Marruecos, que tienen normas de producción mucho menos estrictas (menor higiene y menor control frente al uso de fitosanitarios tóxicos para los humanos) por lo que pueden abaratar enormemente sus costes (Carrillo Pérez, comunicación personal, abril de 2024). Un ejemplo de esto es la importación de fresa contaminada con Hepatitis A procedente de Marruecos (Vigario, 2024).

3.2. Taxonomía y descripción botánica

3.2.1. Taxonomía

Las fresas y especies relacionadas pertenecen a la familia Rosaceae, subfamilia Rosoideae, tribu Potentilleae, subtribu Fragariinae, género *Fragaria* L. Encontramos seis niveles de ploidía. La especie nativa más distribuida (*Fragaria vesca*) tiene 14 cromosomas y es considerada diploide. La fresa más cultivada *Fragaria x ananassa* es octaploide con 56 cromosomas. Es un híbrido entre *Fragaria virginiana* y *Fragaria chiloensis* (U.S. National Plant Germplasm System, 2006).

3.2.2. Variedades botánicas

Hay 13 especies diploides y 12 poliploides, siendo Japón el país con más riqueza de especies. La gran mayoría de ellas se encuentran en el hemisferio norte, específicamente en las zonas templadas de la región holártica de América, Asia y Europa. Este germoplasma tiene un incalculable potencial de utilización en programas de mejoramiento genético de fresa (Hancock, 2020).

Respecto a la filogenia de *Fragaria*, podemos clasificar a las especies en dos clados principales (Rousseau-Gueutin et al., 2009, Njuguna et al., 2013): Uno es llamado "vesca", que representa a los diploides cercanos *F. bucharica*, *F. mandshurica* y *F. vesca*; el tetraploide *F. orientalis*; el hexaploide *F. iturupensis* y *F. cascadiensis*. El otro es llamado "China" representando a cuatro especies tetraploides *F. corymbosa*, *F. gracilis*, *F. moupinensis*, *F. tibetica*, endémica de China y de los países cercanos al Himalaya, además de una especie diploide endémica de Japón *F. nipponica*. Desafortunadamente, es difícil clasificar a *F. iinumae*, *F. hayatai*, *F. nilgerrensis* y a *F. viridis*, así como lo es para la mayoría de poliploides conocer su ascendencia.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



3.2.3. Descripción botánica

La planta de fresa es del tipo perenne, aunque a veces se describe como herbácea. Es una verdadera planta leñosa, evidenciado por la producción de xilema secundario en tallo y raíz. La planta consiste en un tallo central denominado corona, de la cual se forman las hojas, raíces, estolones e inflorescencias (Fig.3.3). En la parte superior de cada hoja hay una yema axilar que puede producir coronas laterales (como si fueran ramas), estolones o permanecer latente, según las condiciones ambientales. De las yemas axilares de las hojas se formarán coronas laterales cuando los días son cortos y las temperaturas bajas, y estolones cuando los días son largos y las temperaturas altas (Darrow, 1966).

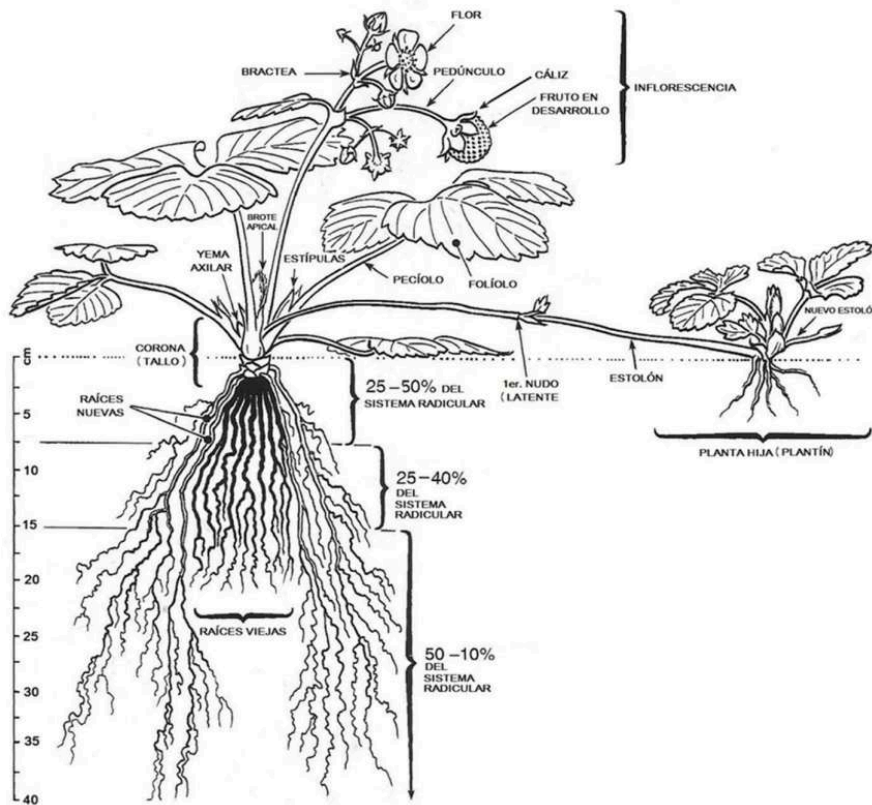


Fig. 3.3. Diagrama de la planta de la fresa. Adaptado de Strand (1994).

La descripción a continuación está adaptada de Brazanti (1989), a excepción de los párrafos donde se indique lo contrario.

- Raíces:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



El sistema radicular de la fresa es fasciculado, compuesto por un conjunto de raíces finas y fibrosas. Su desarrollo es superficial, aunque varía considerablemente según el tipo de suelo:

- Suelos arenosos: Raíces numerosas, finas y de color claro, con una mayor densidad para absorber agua y nutrientes.
- Suelos fuertes: Raíces escasas, gruesas y profundas, adaptadas a la búsqueda de recursos en terrenos compactos.

Las raíces se clasifican en primarias (originadas en la semilla) y secundarias (que nacen del tallo). Su número es variable y se originan en la corona, en la base de cada hoja nueva. Las raíces primarias crecen rápidamente y se ramifican a pocos centímetros del suelo. Se extienden unos 30 cm alrededor de la corona, ramificándose oblicuamente y alcanzando hasta 30 cm de profundidad. El 70% de las raíces se encuentra en los primeros 15 cm del suelo, llegando al 90% en suelos arcillosos, donde la absorción de agua y nutrientes es más eficiente. En suelos arenosos bien drenados, las raíces pueden superar los 50 cm de profundidad en busca de recursos.

- Tallo/Corona:

El tallo de la fresa es muy corto, a menudo reducido a un disco con la capacidad de ramificarse y formar las llamadas "coronas". A medida que la planta envejece, el número de coronas aumenta, pudiendo llegar hasta 8 ó 10. De este disco central emergen largos peciolos que sostienen las hojas.

- Hojas:

Las hojas se disponen en rosetas sobre la corona, insertas en peciolos de longitud variable. Su forma puede ser pinnada o palmeada, subdivididas en tres foliolos, aunque en algunos cultivares se encuentran hasta 4-5, característica propia de la variedad *F. chiloensis*. Presentan estípulas en la base y su espesor varía según el cultivar. El color de las hojas es verde intenso, a veces rojizo en las variedades invernales. Poseen una alta densidad de estomas (entre 300 y 400 por mm², comparado con los 240 del manzano), lo que permite una transpiración intensa. Una planta con 10 hojas puede transpirar hasta medio litro de agua en un día caluroso.

En la axila de las hojas se forman yemas que, en función del número de horas de luz y la temperatura, pueden ser vegetativas o fructíferas. Las yemas vegetativas darán origen a coronas secundarias o estolones, mientras que las yemas fructíferas se desarrollarán en inflorescencias. Existe una estrecha relación entre el desarrollo de la parte aérea y la raíz. Las plantas con un sistema radicular débil también tendrán una parte aérea poco desarrollada. El debilitamiento del sistema radicular por ataques de hongos, parásitos u otras causas, provocará un menor desarrollo de la parte aérea y una notable disminución de la productividad. El desarrollo de las hojas se reduce durante la floración y se reanuda una vez que esta termina.

- Estolón:

Es un brote largo y delgado formado por dos nudos, de aspecto rastroso o colgante según se cultive en hidroponía o suelo. Se forma a partir de las yemas axilares de las hojas situadas en la base de la corona.

Desarrollo y Características:

El primer nudo del estolón suele ser latente, aunque en ocasiones puede dar lugar a otro estolón, generalmente más pequeño que el primero. En el extremo del estolón se forma una roseta de hojas que, al entrar en contacto con el suelo, desarrolla una nueva planta con idénticas características a la planta madre, la cual puede nutrir de agua y asimilados a la planta hija durante varias semanas. Una planta vigorosa puede producir 10-15 estolones al año (Darrow, 1966).

Propagación Vegetativa:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Si se permite el desarrollo libre de los estolones, estos formarán una nueva planta madre. Los estolones constituyen el método más sencillo para la propagación de la fresa, ya que al ser por vía vegetativa, se mantienen las características de la planta madre, pues se trata de clones.

- Flor:

Aunque la mayoría tienen flores perfectas, algunas tienen géneros separados. Las flores perfectas varían de compatibles a auto incompatibles. La mayoría de las fresas comerciales son hermafroditas estrictas, habiendo eliminado el dimorfismo sexual. Las variedades cultivadas, salvo excepciones, poseen flores perfectas. Si se cultivan variedades con flores femeninas, se necesitan intercalar otras hermafroditas como polinizadoras. Las flores perfectas pueden derivar en imperfectas por aborto de estambres debido a condiciones climáticas desfavorables.

Descripción de la flor perfecta:

- Cáliz: 5 sépalos (puede variar).
- Corola: 5 pétalos (puede variar hasta más de 12), generalmente blancos y de forma variable.
- Estambres: dispuestos en múltiplos de 5 a 40, insertos en la periferia del receptáculo (en forma de copa invertida).
- Pistilos: dispuestos en espiral y en número variable en el extremo del receptáculo. Cada uno está formado por ovario, estilo y estigma, y contiene un óvulo que, fecundado, da lugar a un aquenio (llamado comúnmente pepita).

Tras la fecundación de los ovarios se desarrolla el fruto, que en realidad es una infrutescencia.

Desarrollo: las flores del eje central de la inflorescencia se abren primero y dan frutos más grandes. Las de ejes secundarios, terciarios, etc., se abren después, tienen menos pistilos y dan frutos más pequeños. Es común que las flores más tardías no den fruto y aborten.

Polinización: actinomorfas, generalmente alógama y entomófila (por insectos).

Inflorescencias:

- Estructura: tallos modificados donde una bráctea sustituye a la hoja en cada nudo, mientras que en la yema axilar de esta se desarrolla una rama secundaria o eje de la inflorescencia.
- Variabilidad: cada cultivar presenta inflorescencias con características especiales, incluso con diferencias dentro del mismo cultivar según las condiciones ambientales.

- Fruto:

El fruto comestible de la fresa, botánicamente un eterio, es un falso fruto formado por el receptáculo donde se insertan los aquenios (semillas, el fruto verdadero). Tras la fecundación, los óvulos se convierten en aquenios, lo que estimula el crecimiento del receptáculo, que se vuelve carnoso y constituye el fruto (Fig 3.4.). Partes del fruto:

- Receptáculo: la parte carnosa del fruto que contiene los aquenios.
- Aquenios: las semillas de la fresa, de pequeño tamaño y color marrón.
- Pedúnculo: el tallo que une el fruto a la planta.

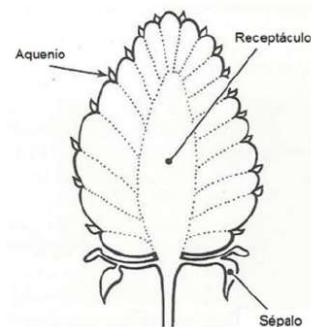


Fig. 3.4. Diagrama de un corte transversal de una fresa (Adaptado de Strand (1994).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



- Corazón: la parte central del fruto, puede estar más o menos desarrollada y ser de color blanco o rosado.

Características del fruto:

- Forma: variable según el cultivar, puede ser cónica-alargada, cónica redondeada, esferoidal, oblata o reniforme.
- Color: rojo intenso en la madurez.

3.2.4. Valor nutritivo

Las fresas maduras están compuestas aproximadamente por un 90% de agua y un 10% de sólidos solubles y contienen numerosos componentes importantes para nuestra dieta. Una consumición estándar (10 fresas) suple el 95% de las necesidades diarias de Vitamina C. Se cree que los polifenoles de la fresa juegan un rol importante en la prevención de enfermedades relacionadas con estrés oxidativo y pueden ser fotoprotectoras, antiinflamatorias y anticancerígenas. (Tabla 3.1, Giampieri et. al., 2014).

Tabla 3.1. Composición nutricional de la fresa (Adaptado de Giampieri et al., 2014).

Proximos y carbohidratos		Contenido mineral		Contenido de vitaminas	
Agua (g)	90,95	Calcio (mg)	16,00	Vitamina C (mg)	58,80
Energía (kcal)	32,00	Hierro (mg)	0,41	Tiamina (mg)	0,02
Proteína (g)	0,67	Magnesio (mg)	13,00	Riboflavina (mg)	0,02
Ceniza (g)	0,40	Fósforo (mg)	24,00	Niacina (mg)	0,39
Lípido total (g)	0,30	Potasio (mg)	153,00	Ácido pantoténico (mg)	0,13
Carbohidratos (g)	7,68	Sodio (mg)	1,00	Vitamina B6 (mg)	0,05
Azúcares (g):	4,89	Zinc (mg)	0,14	Folato (µg)	24,00
Sucrosa (g)	0,47	Cobre (mg)	0,048	Colina (mg)	5,7
Glucosa (g)	1,99	Manganeso (µg)	0,39	Vitamina A, RAE (µg)	1,00
Fructosa (g)	2,44	Selenio (µg)	0,40	Luteína + Zeaxantina (µg)	26,00
Fibra dietética (g)	2,00			Vitamina E, α-tocoferol (µg)	0,29
				Vitamina K, filoquinona (µg)	2,20

3.3. Fisiología del cultivo

El crecimiento vegetativo y reproductivo de la fresa está controlado por una serie compleja de señales ambientales y fisiológicas. La emergencia y desarrollo de hojas, coronas, raíces, estolones e inflorescencias están fuertemente influenciados por el genotipo, y por diversos factores ambientales, principalmente la intensidad de la luz, la calidad de la luz, el fotoperiodo, la temperatura, la concentración de CO₂ y la disponibilidad de agua. Estos factores modulan las tasas de fotosíntesis y de intercambio de gases, las relaciones hídricas, los procesos fotomorfogénicos y el metabolismo secundario. Esto resulta en una serie de respuestas en términos de crecimiento, distribución de asimilados, fenología, rendimiento agronómico y la composición química de la fruta (Hancock, 2020).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



3.3.1. Fisiología del desarrollo

- Raíces:

Las raíces de la fresa experimentan un desarrollo vegetativo diferenciado a lo largo del año, desfasado respecto al crecimiento de la parte aérea. El período de mayor actividad radicular se produce a finales del invierno, cuando la planta reconstruye el follaje primaveral movilizand las reservas acumuladas en las raíces durante el otoño. En esta fase crítica, el desarrollo radicular depende de la disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo, especialmente nitrógeno (Brazanti, 1989).

- Parte aérea:

A finales del invierno, la parte aérea de la fresa experimenta un periodo de intensa actividad vegetativa. La planta reconstruye el sistema foliar, sustituyendo las hojas invernales por otras más grandes y activas. El crecimiento foliar se acelera a medida que aumentan las horas de luz solar. La corona también experimenta un crecimiento en esta época. Este crecimiento se debe al aumento de tamaño de las hojas y a la formación de coronas secundarias. Las condiciones de luz solar, aún insuficientes para la estolonización pero demasiado largas para la formación de yemas florales, favorecen este desarrollo. La actividad fotosintética de las hojas es especialmente importante durante el verano. Un follaje bien desarrollado a finales del verano facilita la diferenciación de las yemas florales. Sin embargo, un crecimiento vegetativo excesivo durante este periodo puede ralentizar la diferenciación floral. En las plantaciones de verano, una producción alta se consigue con plantaciones realizadas en una época óptima que permita un buen desarrollo foliar antes de la diferenciación floral (Brazanti, 1989).

- Estolonización:

La producción de estolones en la fresa comienza cuando los días tienen más de 12 horas de luz. La intensidad de la producción aumenta con 15 horas de luz y una temperatura de 22-23°C, siempre que las plantas hayan cumplido con sus necesidades de frío. Las condiciones necesarias para la formación y desarrollo de estolones son similares a las requeridas para el crecimiento foliar. La producción de estolones limita el desarrollo de la parte aérea, reduciendo la formación de coronas secundarias. A finales de verano, con la disminución de la luz y la temperatura, el desarrollo de estolones se ralentiza hasta detenerse en invierno. En las variedades cultivadas, la producción de estolones es mayor después de la fructificación. Esto significa que la estolonización y la fructificación se condicionan mutuamente, dependiendo del año en que se encuentre la planta (Pérez Afonso, 1979).

- Diferenciación de yemas:

La inducción floral es el proceso por el cual las yemas vegetativas de la fresa se convierten en yemas florales. Este proceso está regulado por un conjunto de factores hormonales y ambientales. Para que se produzca la inducción floral, la planta debe haber alcanzado una madurez suficiente. Además, se necesitan días cortos y temperaturas moderadas durante un periodo de 4 a 6 semanas. Las temperaturas elevadas, por encima de 23°C, pueden inhibir la inducción floral en muchas variedades. Los días cortos parecen favorecer la formación de hormonas que detienen el crecimiento vegetativo y promueven la formación de flores (Pérez Afonso, 1979).

- Floración y polinización:

A finales de invierno, con el aumento de la temperatura y las horas de luz, se reanuda el desarrollo vegetativo de la fresa. Este desarrollo se caracteriza por el engrosamiento de las yemas florales, diferenciadas en el otoño anterior, y la emisión de las inflorescencias. Los cultivares reflorescentes, aunque florecen más en días largos, no se ven tan afectados por el fotoperiodo como otros.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Los cultivares con estambres largos se polinizan más fácilmente, incluso sin la presencia de insectos, mientras que aquellos con estambres cortos dependen más de los insectos o del viento. El clima durante la floración tiene una influencia notable en la polinización. Las condiciones óptimas se dan con temperaturas de alrededor de 20°C y una humedad relativa inferior al 60%. La lluvia afecta negativamente al lavar los estigmas e impedir la fijación del polen. Además, la lluvia y la humedad dificultan el vuelo de los insectos polinizadores y favorecen el estallido de los granos de polen. Las temperaturas bajas también obstaculizan la polinización. Temperaturas de -2°C impiden el vuelo de las abejas y pueden dañar los pistilos. Las flores que se abren con temperaturas bajas y poca luz solar suelen tener estambres abortados, lo que es común en las flores invernales, que presentan pétalos casi verdosos (Brazanti, 1989).

- Dormancia

La dormancia en las fresas es un estado natural de inactividad parcial que ocurre durante los meses fríos del año. Al final del verano, en los países con inviernos fríos, la disminución de la temperatura y del fotoperiodo provocan una disminución del crecimiento vegetativo y causan la dormancia (Darrow, 1936).

- Crecimiento de la fruta:

El crecimiento de la fruta en función del tiempo puede ajustarse a una curva sigmoidea simple o ser bifásico, dependiendo del cultivar (Miura et al., 1994). El desarrollo de la fruta se ve afectado por numerosos factores como el número de aquenios en el receptáculo, el área del tejido del receptáculo que rodea cada aquenio y la distribución de los aquenios en el receptáculo (Moore et al., 1970).

Miura et al. (1994) descubrieron que la tasa de crecimiento de la fruta es mayor a 19°C que a 15°C, pero el peso fresco y seco total era mucho menor a 19°C. Las temperaturas elevadas tienen un efecto negativo sobre el tamaño y calidad del fruto ya que las fresas tienen una alta tasa de respiración, un ratio de superficie/volumen bastante alta y una cutícula fina.

3.3.2. Condiciones climáticas

Las fresas comerciales pueden crecer en muchísimos climas, incluido el templado, praderas o pastizales, taiga, subtropical y Mediterráneo. Aún así la mayoría de la producción está centrada en el clima templado y Mediterráneo, entre los 28° y 60° de latitud. Usando una gran variedad de prácticas culturales y variedades, es posible producir fresas en cualquier parte del mundo en cualquier momento. Las mayores cantidades son producidas a finales de la primavera y a principios de verano en el hemisferio norte, principalmente en California, España y el sur de Italia (Hancock, 2020).

a. Fotoperiodo

Hay dos tipos principales de fresas comerciales, las de día neutro (DN) y las de día corto (DC). Las de día largo (DL, de producción continua o remotantes) también existen pero no son tan usuales. Las plantas de día corto son en realidad facultativas (no obligadas) y pueden iniciar sus yemas florales tanto en condiciones de día corto (menos de 14h de luz) o cuando las temperaturas son inferiores a 15°C. Las plantas de día largo suelen iniciar sus yemas florales cuando los días son superiores a 12h y las temperaturas moderadas (Larson, 1994).

El ciclo de la fresa presenta un patrón periódico. En climas con inviernos fríos, las yemas florales de días cortos se forman normalmente a final de verano y otoño en campo, y estas yemas empiezan a florecer a la primavera siguiente. La tasa posterior de desarrollo floral está fuertemente relacionado con la temperatura (Darrow & Waldo, 1934). Los cultivares de día corto desarrollados para climas templados también pueden crecer en climas suaves y subtropicales, aunque el crecimiento de yemas florales se restringe si hace demasiado calor (Strik, 1985).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Aunque la mayoría de cultivares a día de hoy se clasifican de día corto o neutro, muchos son difíciles de clasificar por las interacciones entre genotipo, temperatura y fotoperiodo (Nicoll & Galletta, 1987). Sønsteby & Heide (2007a, b, 2008a) demostraron que ciertos cultivares eran DN a bajas temperaturas, DL cuantitativo a temperaturas intermedias y DL cualitativas (obligadas) a temperaturas altas. Debido a esto, referirse a una variedad como DN no es un término muy preciso.

En las plantas DC los estolones se producen después de la floración en la base de las hojas nuevas. Se encuentran más estolones en fotoperiodos más largos así como en temperaturas más altas. La temperatura óptima para el desarrollo foliar se encuentra entre 15 y 26°C, dependiendo del cultivar (Darrow, 1966).

b. Temperatura y luz

La temperatura juega un papel crucial en el desarrollo de la fresa, afectando tanto a sus órganos florales como a su crecimiento vegetativo. Las flores de la fresa son más sensibles al frío que la parte vegetativa. Temperaturas ligeramente inferiores a 0°C pueden destruirlas por completo (Maroto, 1986). Cuando las plantas están completamente endurecidas al frío muchos cultivares resistentes pueden aguantar hasta -40° y -46°C, pero aquellas que han crecido en climas cálidos no pueden resistir mucho menos de -10°C. Las plantas no climatizadas mueren cuando la temperatura en la corona se mantiene en -3°C por más de 1h o 2h. En general todos los cultivares se dañan si la temperatura cae bruscamente antes de la dormancia o después de la misma, en periodos más cálidos (Marini y Boyce, 1979).

La generación de brotes florales se limita si las temperaturas se vuelven excesivamente cálidas. El estrés por altas temperaturas tiene un impacto negativo en el proceso reproductivo de la fresa, como se evidencia en un estudio realizado con plantas cultivadas en dos condiciones térmicas: cálida (30/25 °C; día/noche) y templada (23/18 °C; día/noche). En este estudio, se observó que el régimen cálido redujo la cantidad de inflorescencias, flores y frutos en comparación con el régimen templado (Ledesma et al., 2008). No obstante, existen variedades que se adaptan mejor a zonas cálidas. Se considera que la temperatura óptima para el crecimiento de la fresa se encuentra alrededor de 23°C (Maroto, 1986).

En general, altos niveles de luz se traducen en altos niveles de asimilación de CO₂. En relación a la calidad e intensidad de la luz en la floración, la luz roja de baja intensidad provoca que las plantas de DC florezcan en fotoperíodos cortos y a 15°C, y la producción de flores y frutos en invierno podría incrementarse elevando la intensidad de la luz a niveles entre 400 y 450 mmol m⁻², con fuentes de luz que sean ricas en el espectro rojo y eficientes en el rango de PAR (Kirschbaum, 1998).

c. Humedad del aire

Cuando las humedades son relativamente altas (alrededor del 95%), se promueve el crecimiento de las plantas. Esto se debe al incremento de la asimilación de dióxido de carbono que ocurre a través de los estomas, los cuales permanecen más abiertos con humedades relativas altas (Armstrong & Kirkby, 1979). Los tejidos con un índice de transpiración bajo reciben la mayoría del calcio durante la noche a través de la presión radicular. Este mecanismo no se lleva a cabo cuando la transpiración nocturna en la planta es alta (con humedades relativas bajas), por lo que puede inducirse una deficiencia de calcio en las frutas y las hojas jóvenes. Las humedades relativas altas durante la noche favorecen el desplazamiento de calcio hacia las hojas jóvenes y la fruta, mientras que las humedades relativas bajas durante el día provocan una acumulación de calcio en las hojas más maduras (Adams, 1986).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



3.4. Fisiología de la nutrición

3.4.1. Suelo y sustrato

Las fresas crecen satisfactoriamente en un amplio rango de tipos de suelo desde arenas hasta suelos franco-arcillosos. También son tolerantes a un amplio rango de valores de pH, pero su óptimo se encuentra entre pH 6,0-6,5. Las mayores producciones se obtienen cuando las plantas se cultivan en suelo profundo y fértil, con alto contenido de materia orgánica y un buen drenaje. En el cultivo hidropónico, las plantas pueden crecer en un rango de pH de 4 a 8, sin embargo, se obtienen los resultados óptimos con un pH entre 5,7 y 6 (Maroto & López Galarza, 1988). En suelos arenosos, la maduración tiende a ser más temprana. A pesar de esto, los fresales de mayor calidad se hallan en suelos francos con una tendencia a ser sueltos, que no están expuestos a la sequía y que están bien drenados. Existen casos de buenos fresales en suelos con tendencia a compactarse, siempre y cuando se apliquen las enmiendas adecuadas (Brazanti, 1989). Es fundamental un análisis de suelo antes de decidir los pasos posteriores a seguir.

En la hidroponía, el sustrato juega un papel esencial al reemplazar al suelo tradicional y brindar soporte a las raíces de las plantas. Para un cultivo exitoso, este material debe poseer características específicas que satisfagan las necesidades de las plantas. La capacidad de retención de agua es fundamental, permitiendo que el sustrato actúe como una esponja, reteniendo la humedad sin encharcar las raíces. Un buen drenaje es igualmente crucial para evitar el exceso de agua y permitir la circulación del aire, vital para la respiración de las raíces. La porosidad también resulta esencial, refiriéndose al espacio vacío entre las partículas del sustrato, permitiendo la circulación tanto del aire como del agua. Una porosidad adecuada favorece el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes (Adams, 2004).

En cuanto a la estructura, el sustrato debe ser estable y resistente, evitando que se compacte o se desmorone con el tiempo. Esto garantiza un soporte firme para las plantas y facilita su manejo durante el cultivo. La densidad debe ser lo suficientemente baja como para permitir que las raíces puedan enraizar con facilidad y expandirse sin restricciones. Las propiedades químicas también son de gran importancia. El pH del sustrato debe mantenerse en un rango óptimo, generalmente entre 5,5 y 6,5, para asegurar la correcta absorción de nutrientes por parte de las plantas. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) mide la capacidad del sustrato para retener nutrientes esenciales para las plantas. Un sustrato con alta CIC podrá retener más nutrientes, reduciendo la necesidad de fertilizantes frecuentes. En el ámbito biológico, es fundamental que el sustrato esté libre de patógenos que puedan afectar la salud de las plantas. Además, se busca una baja actividad microbiana, ya que un exceso de microorganismos podría provocar enfermedades en el cultivo. La salinidad del suelo o sustrato (CE) es un factor crucial que se debe controlar para asegurar un crecimiento adecuado de las plantas. Esta variable depende del contenido de sales solubles en el agua de riego. Un alto contenido de agua diluye las sales y reduce la conductividad eléctrica (CE). Sin embargo, a medida que el sustrato se seca, la CE aumenta, especialmente cuando la pérdida de humedad es considerable (Adams, 2004).

En cuanto a ejemplos de sustratos hidropónicos comunes, encontramos la turba, un material orgánico de origen vegetal con buena retención de agua y aire. El coco, también de origen vegetal, ofrece similares características y una capacidad de intercambio catiónico moderada. La perlita, un material mineral de origen volcánico, destaca por su buena retención de aire y baja capacidad de intercambio catiónico. La vermiculita ofrece buena retención de agua y aire, junto con una capacidad de intercambio catiónico moderada. La arena, material mineral de origen silíceo, presenta buena retención de aire y baja capacidad de intercambio catiónico. Finalmente, la grava, de origen rocoso, también ofrece buena retención de aire y baja capacidad de intercambio catiónico (Cruz-Crespo et al., 2012, Ibáñez, 2010).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



3.4.2. Nutrición

Las fresas cultivadas sin suelo se comportan de forma similar a las cultivadas en suelo tradicional, pero las condiciones ambientales y los errores en la nutrición las afectan más rápidamente. Controlar la disponibilidad de nutrientes en la rizosfera es más sencillo en cultivos sin suelo, lo que facilita la corrección de la disolución de fertirrigación (Sánchez, 2004). Las fresas se desarrollan bien con niveles adecuados de cada nutriente, pero su manipulación es crucial para obtener una buena producción tanto en cantidad como en calidad (Adams, 1986). Es importante evitar desequilibrios extremos que provoquen alteraciones fisiológicas. Como el resto de plantas los niveles de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) son particularmente esenciales para un correcto desarrollo y crecimiento (Sánchez, 2004).

Aunque los síntomas de las deficiencias están ampliamente descritos para la fresa en maceta para la mayoría de los nutrientes, se encuentran diferencias considerables entre cultivares en campo, además que el ambiente juega un papel crítico en la expresión de estos síntomas. Usualmente algunas deficiencias ocurren a la vez lo que puede dificultar su detección. Por lo tanto, los análisis foliares (Tabla 3.2.) son la mejor manera de detectar deficiencias.

Tabla 3.2. Niveles estándar para la interpretación de análisis foliares en planta de fresa (Segura y Cadahia, 1998)					
Nutriente	Bajo	Medio	Normal	Alto	Excesivo
Macroelementos					
N (%)	<0.60	0.60-1.19	1.20-2.00	2,01-2,50	>2.50
P (%)	<0.20	0.20-0.25	0.26-0.35	0,36-0,50	>0.50
K (%)	<2.20	2.20-3.19	3.20-4.80	4,80-5,50	>5.50
Ca (%)	<0.50	0.50-0.69	0.70-4.00	2,41-3,00	>3.00
Mg (%)	<0.15	0.15-0.24	0.25-0.45	0,46-0,70	>0.70
Microelementos					
B (ppm)	<20	20-48	49-80	81-100	>180
Cu (ppm)	<4	4-9	10-30	31-50	>50
Fe (ppm)	<100	100-199	200-350	351-500	>500
Mn (ppm)	<30	30-99	100-500	501-1000	>1000
Zn (ppm)	<10	10-19	20-40	41-100	>100

- Nitrógeno:

El nitrógeno es absorbido por las plantas en forma iónica (NH_4^+ o NO_3^-) a través de las raíces y hojas. La proporción de amonio/nitrato que es absorbido por la planta es variable. Este elemento es esencial para la síntesis de aminoácidos, proteínas, nucleótidos, ácidos nucleicos y algunas sustancias secundarias como los alcaloides (Sánchez, 2004). El exceso de N puede producir fruta blanda, retraso en la maduración, menor rendimiento y mayor presión de mildiu o ácaros. (May & Pritts, 1994).

- Fósforo:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Según Pomares (1993), el fósforo es un elemento esencial para todas las plantas, y especialmente para la fresa. Desempeña varios roles vitales en la planta:

1. Regula las reacciones bioquímicas: El fósforo está involucrado en la síntesis de compuestos nitrogenados, el metabolismo de los hidratos de carbono y el recambio energético.
2. Forma parte de las principales proteínas en la planta.
3. Acción favorable sobre la productividad: Contribuye al rendimiento de la planta.
4. Resistencia a las necrosis y bajas temperaturas: Ayuda a las plantas a enfrentar condiciones adversas, como el frío invernal.

Sin embargo, la carencia de fósforo puede tener consecuencias negativas. Cuando falta este elemento, se observan síntomas como hojas bronce-púrpura, reducción de yemas de flor, crecimiento limitado de estolones y retraso en la maduración de los frutos. Además, las plantas pueden volverse menos resistentes al frío y producir frutos más pequeños con un aroma a veces desagradable. En el suelo, el fósforo generalmente está presente en cantidad suficiente, pero puede estar en forma insoluble. Su movilización y absorción se ven favorecidas por la materia orgánica, a diferencia del potasio, que no sigue la misma tendencia.

- Potasio:

Según Brazanti (1989), la asimilación de potasio confiere una importante resistencia a los tejidos vegetales. Esto hace que las plantas sean más vigorosas, resistan mejor el ataque de insectos y parásitos, y sean menos sensibles a la sequía y las bajas temperaturas. El potasio desempeña un papel fundamental en varias características notables:

1. Color, sabor y aroma: Contribuye a estas cualidades en la planta.
2. Adelanto en la maduración: Ayuda a que los frutos maduren más temprano.
3. Productividad: Mejora la cantidad de frutos producidos.
4. Resistencia al frío y longevidad de las plantas: Favorece la supervivencia en condiciones adversas.
5. Floración: Ejerce una acción beneficiosa en este proceso.
6. Tamaño y resistencia al transporte de los frutos: Atribuye a la planta estas características.

Sin embargo, la carencia de potasio tiene efectos negativos. Cuando falta, se observan síntomas como reducción de la actividad de los estomas, disminución de la fotosíntesis en las hojas y formación de frutos pequeños. En casos extremos, se manifiesta como clorosis en los márgenes de las hojas, necrosis del pedúnculo y oscurecimiento rojizo en el limbo foliar. El mayor consumo de potasio ocurre durante el cuajado y desarrollo de los frutos.

- Calcio:

Los niveles de calcio (Ca) son especialmente determinantes en la firmeza de la fruta y las aplicaciones foliares o tratamientos por inmersión pueden influir en la firmeza así como en las cantidades de azúcares y ácidos orgánicos, color, textura y desarrollo de enfermedades en post-cosecha (García et al., 1996). Según Pomares (1993), el calcio desempeña un papel crucial en la constitución de las membranas celulares. Además, participa en actividades enzimáticas y actúa como neutralizante de ácidos orgánicos, previniendo fenómenos de toxicidad.

A pesar de que la fresa prefiere suelos ácidos, consume una cantidad significativa de calcio. Este elemento es especialmente importante en las relaciones con otros nutrientes, ya sea en términos de sinergismo o antagonismo. Sin embargo, es crucial mantener un equilibrio adecuado. Cuando las dosis de calcio son demasiado bajas, se observan efectos negativos en la producción. Además, esto puede afectar la calidad del producto, disminuyendo su capacidad de conservación y su contenido de azúcares y acidez. Temperaturas elevadas o sequía pueden aumentar la demanda de calcio por parte de la planta.

- Micronutrientes:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Según Sonneveld (1981), los micronutrientes son esenciales para la nutrición de las plantas y su respuesta ocurre dentro de un rango muy estrecho de concentraciones.

- Hierro y Manganeso:

- La abundancia de calcio y manganeso en el suelo puede bloquear la asimilación del hierro por parte de las plantas, lo que resulta en clorosis férrica.
- El exceso de hierro es tóxico para las plantas y debe aplicarse con precaución, especialmente en suelos ácidos.
- El manganeso influye en la fotosíntesis al fomentar la actividad de ciertos complejos oxidantes en las plantas y actuar como antagonista en la toxicidad del hierro.
- Las deficiencias de hierro (Fe) llevan a la reducción del vigor y hojas amarillentas (Neilson & Eaton, 1983).

- Boro:

- La deficiencia de boro se observa principalmente en suelos alcalinos con alto pH, ya que la presencia de calcio reduce su solubilidad.
- La asimilación del boro también depende de los fertilizantes aplicados en el suelo, siendo el potasio el que favorece su absorción.
- Los síntomas de deficiencia incluyen engrosamiento de pecíolos, tallos y bordes foliares rojizos.
- Se ha demostrado que la deficiencia de boro reduce la producción de polen viable, su germinación y la expansión del receptáculo. Además, puede resultar en la formación de una fruta más pequeña y fasciculada y reducir el crecimiento de las raíces (Neilson & Eaton, 1983).

- Cobre:

- El cobre es crucial para el desarrollo vegetal y su ausencia dificulta el crecimiento.
- Además, previene ciertas enfermedades patológicas y parásitas, especialmente en las raíces.
- También ayuda a contrarrestar los problemas causados por excesos de hierro y manganeso.

- Zinc:

- La asimilación del zinc varía según el pH del suelo.
- Al igual que el cobre, su absorción aumenta con la alcalinidad del suelo.
- La deficiencia se manifiesta en manchas pardas en las hojas y necrosis en los bordes.
- Las fresas con deficiencias en zinc tienen hojas y frutas más pequeñas, en adición de menores producciones (Neilson & Eaton, 1983).

La cantidad de nutrientes que absorben las plantas de fresa durante su ciclo de vida depende de diversos factores, como la intensidad de la luz, la temperatura, la humedad, la aireación del suelo y el estado sanitario de las plantas, especialmente en la zona radicular (Adams, 1986). Además, el ciclo de cultivo también juega un papel importante en la demanda de nutrientes.

3.4.3. Relaciones hídricas y salinidad

La producción de fresa requiere grandes cantidades de agua y su cultivo bajo túneles plásticos depende enteramente del agua proporcionada por el riego durante el ciclo de producción. En estos sistemas, el manejo del agua no es sencillo, ya que los suelos son muy pobres y con baja capacidad de retención de agua (suelos arenosos), y los productores tienden a utilizar un riego excesivo e inadecuado. Esto es especialmente difícil en Huelva (la zona de cultivo de fresa más importante de Europa), donde el agua es escasa y su uso para riego está limitado. El consumo de agua difiere sustancialmente entre las variedades y estas diferencias se asociaron con las diferencias en la partición de la biomasa en el producto de la cosecha (es decir, índice de cosecha; IC) y en la eficiencia

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



de transpiración de la biomasa (TEv) estrechamente relacionada con la eficiencia instantánea del uso del agua (A/T) (Martínez-Ferri et al., 2016).

Se ha demostrado que numerosos aspectos en el crecimiento de la planta son sensibles a la sequía, como el desarrollo foliar, producción de estolones, desarrollo de las raíces y peso y número de las frutas. El grado en el cual varias partes de la fresa se ven afectadas por estrés hídrico depende en gran medida de en qué etapa general del desarrollo se encuentre la planta. También factores como el ajuste osmótico, la elasticidad de la pared celular, el grosor de las hojas, la eficiencia del uso del agua o el coeficiente radicular tienen un impacto en la sensibilidad a la sequía de la fresa (Save et al., 1993). La escasez de agua por encima del 30% de los requerimientos de la planta produce pérdidas significativas de rendimiento en la mayoría de las variedades de fresa. Por lo tanto, no se recomienda el uso de estrategias de riego deficitario por debajo de este umbral en la producción de fresa (Martínez-Ferri et al., 2016).

Mejorar la adaptación y elegir el cultivar más tolerante es el primer paso para mitigar los efectos adversos del agua limitada, especialmente en plantas susceptibles como la fresa. Las condiciones áridas y semiáridas prevalecen en la mayor parte del mundo, incluyendo España, y la sequía, como un obstáculo ambiental abiótico importante, ha restringido la producción agrícola. Por lo tanto, existe una alta demanda de cultivares que resistan la sequía. La fresa, el cultivo de frutos pequeños más importante, se ve gravemente afectada por este estrés abiótico (Zahedi et al., 2023).

Las fresas son particularmente sensibles a la salinidad. Un aumento en la CE del agua de riego afecta negativamente el crecimiento de las plantas, con una reducción del rendimiento de la producción que puede variar entre 50% y 100% al aumentar la CE de 1,7 a 2,7 dS/m. Para obtener una producción libre de la influencia de la salinidad, la CE del agua de riego debe ser de 0,7 dS/m, junto con una CE de 1,0 dS/m. A medida que la CE aumenta, el rendimiento se reduce. Por ejemplo, con una CE de 0,9 dS/m y una CE de 1,3 dS/m, se observa una disminución del rendimiento del 10%. Esta reducción continúa progresivamente hasta alcanzar un 50% con una CE de 1,7 dS/m y una CE de 2,7 dS/m. Finalmente, la pérdida total del rendimiento (100%) se produce con una CE de 2,7 dS/m y una CE de 4,0 dS/m (Pomares, 1993).

3.5. Material vegetal

3.4.1. Historia de la mejora vegetal

La domesticación de *Fragaria x ananassa* no está basada en híbridos naturales entre *F. chiloensis* y *F. virginiana*, sino que surgió entre híbridos accidentales en jardines europeos a mediados del S. XVIII. Desde un punto de vista hortofrutícola, las características de ambas especies son complementarias, por lo que no es sorprendente la popularidad que alcanzó un híbrido entre estas dos especies a nivel mundial. Después de docenas de rondas de selección, muchos de los rasgos morfológicos de *Fragaria x ananassa* están en un punto medio entre estas dos especies (Darrow, 1966).

La fresa fue uno de los primeros cultivos en ser sistemáticamente mejorados a principios del siglo XIX. Desde entonces, un flujo constante de cultivares ha ido apareciendo en Europa, Norteamérica y recientemente en el resto del mundo. El género *Fragaria* es especialmente interesante para los botánicos y mejoradores genéticos debido a la variabilidad de ploidías y estrategias reproductivas a lo largo de la geografía. El hecho de que se reproduzca por estolones facilita los experimentos. La mejora vegetal surgió en Norteamérica hibridando los cultivares de *F. x ananassa* que llegaban de Europa con variedades nativas de *F. chiloensis* y *F. virginiana*. A principios del S. XIX, la mejora vegetal empezó también en Europa (Darrow, 1966).

Es un cultivo relativamente sensible a la endogamia, por lo que la mayoría de programas de mejora varietal se han centrado en la selección de pedigrí en las cuales unos padres “élite” son seleccionados en cada generación para un cruce (Shaw, 1995). El retrocruzamiento también se ha

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738

Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



usado algunas veces para incorporar rasgos específicos, como resistencias. En especies silvestres con ploidía más baja encontramos características que pueden ser de valor para las especies cultivables (Hancock et al., 2008b).

Se han realizado numerosos estudios sobre la genética de los rasgos comerciales más importantes de la fresa. Aunque algunos de estos rasgos han probado ser cuantitativos y bastante heredables, los resultados varían ampliamente entre los distintos estudios debido al medio y a las diferencias entre poblaciones (Galletta & Maas, 1990).

Existen numerosos programas de mejora vegetal a lo largo del mundo, tanto públicos como privados. En España el programa público más importante es el del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA). También existen otros programas privados de relevancia como Fresas Nuevos Materiales, Planasa, Rociera y Viveros California. A nivel mundial, la Universidad de California (UC Davis) y de Florida llevan los dos programas de mejora públicos con mayor relevancia. Los cultivares de estos programas han dominado sus propios estados de origen y se han desarrollado alrededor de las áreas subtropicales y del Mediterráneo, aunque en España los cultivares locales cobran bastante relevancia. En climas más templados, los programas públicos de Canadá llevan dominando el mercado los últimos 30 años (Hancock, 2020).

3.4.2. Objetivos de la mejora vegetal

- Resistencia a plagas y enfermedades: Para el caso de la fresa, se han encontrado genotipos resistentes o tolerantes para la mayoría de las plagas más importantes. También ocurre lo mismo para la mayoría de organismos patógenos (Nellist, 2018). Sin embargo, la mejora genética en este aspecto se complica frecuentemente debido a la correlación negativa entre rasgos de resistencia y rasgos hortícolas importantes. Además, se dificulta aún más por la presencia de ecotipos y biotipos en los patógenos (Hancock et al., 1990).

- Productividad y rendimiento: La productividad está condicionada por un conjunto de características como número y tamaño de frutas, densidad, vigor o dureza a las enfermedades. El factor que más se suele asociar con la productividad es el número de coronas por área en una fila, aunque otros factores también son influyentes. Algunas de estas características son compensatorias entre ellas, por lo que aumentarlas individualmente no tiene que incrementar necesariamente la productividad (Hancock et al., 1983).

- Rango de adaptabilidad: Las fresas son cultivadas en una amplia variedad de ambientes, y, por lo tanto, existen cultivares con distintas adaptaciones. Las que son cultivadas en zonas más septentrionales suelen ser más duras para los inviernos fríos y para las heladas de primavera (Hancock et al., 2008b, Ourecky & Reich, 1976). También hay ejemplos de variaciones genotípicas en respuesta a estreses abióticos como el calor (Darrow, 1966), salinidad (Kesici et al., 2013) y sequía (Garriga et al., 2015).

- Floración y hábito de fructificación: La respuesta a la floración de las fresas octoploides se ha clasificado tradicionalmente como día corto (DC), día neutro (DN) y día largo (DL). Sin embargo, la respuesta fotoperiódica es compleja debido al efecto de la temperatura. Esto ha dificultado la mejora genética en este aspecto, además de que los distintos genes para las respuestas de DN y DL provienen de un número distinto de fuentes por lo que la herencia de estos factores ha sido el asunto a tratar en numerosos estudios (Hancock, 2020).

- Calidad de la fruta: Los principales factores que influyen en la aceptación de la fruta por parte del consumidor son el tamaño, el sabor, la calidad nutricional, el color, la firmeza de la carne y la dureza de la piel (Hancock et al., 2008b).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



- **Adaptación a la cosecha con maquinaria:** Los parámetros más buscados son: maduración a la misma vez para una sola cosecha, pedúnculos más largos, cáliz fácilmente extraíble o cuellos largos para un corte con la máquina. Por ahora no existen genotipos que hagan que la cosecha en máquina sea económicamente rentable (Sistrunk & Moore, 1980).

- **Amarilleos de Junio:** También conocido como variegación foliar, es un desorden genético no infeccioso que se desarrolla en ciertas variedades. Los síntomas son moteados o rayas amarillas o blancas en las hojas, y normalmente lleva asociada una reducción de la producción. Por ahora ningún agente causal se ha asociado a este fenómeno (Ministerio de Agricultura de Ontario, 2009).

3.4.3. Clasificación de los cultivares más importantes

Hace 20 años, podíamos encontrar una variedad claramente dominante por todos los países con inviernos suaves: "Camarosa". Aunque hoy en día se sigue cultivando, ya no posee esa importancia. Otras variedades de UC Davis como "Selva", "Chandler", "Oso Grande" y "Pajaro" también eran muy importantes en esas zonas. En general, a día de hoy las variedades de UC Davis se han colado en el panorama mundial con cultivares de día corto, programas de mejora privados en California han introducido variedades como "Sweet Ann" o "Splendor" que han encontrado nichos en España y México, "Candongá", una variedad de Planasa, juega un rol importante en España. Los principales cultivares en nuestro país son "Sabrosa-Candongá", "Camarosa" y "Splendor" (Hancock, 2020).

Es crucial seleccionar la variedad de fresa ideal para cada temporada. Los productores, especialmente los grandes, buscan las mejores opciones, lo que cambia qué se siembra cada año. En Huelva, la zona más importante de España, la variedad "Fortuna", de la Universidad de Florida, sigue siendo la variedad mayoritariamente cultivada por octava campaña consecutiva, pero, a pesar de esto, se nota un descenso respecto a otras campañas. La variedad de fresa de Fresas Nuevos Materiales S.A. "Rociera" se mantiene como segunda variedad muy cerca de la primera. Otras variedades que también encontramos son "Inspire", "Calinda" o "Palmerita", en ese orden. Se destaca la gran variedad vegetal en esta zona de cultivo. Las dos empresas nombradas anteriormente se posicionan como las que más presencia tienen en este mercado. Cada vez hay más empresas desarrollando fresas adaptadas a la región, con mayor cantidad de opciones registradas o en proceso. Esto permite a los productores elegir la fresa ideal para su negocio y calendario de producción (Medina Mínguez et al., 2023).

En Canarias, en el municipio de Güímar, algunas de las variedades más utilizadas son "Albion", "San Andreas", "Portolas" o "Whitney" (MERCATENERIFE, 2020). En Valsequillo principalmente se produce fresón. La variedad más importante a día de hoy es "Sabrina", aunque "Leticia" está teniendo un crecimiento importante. La elección varietal de Canarias frente a la de la península difiere por temas de dureza frente al transporte, preferencias en los consumidores en el olor y sabor, así como condiciones climáticas y agronómicas (Carrillo Pérez, comunicación personal, abril de 2024).

3.6. Labores de cultivo

3.6.1. Sistemas de cultivo

Existen varios sistemas de cultivo de fresas alrededor del mundo, como por ejemplo:

- En el suelo en filas sobre caballones, sobre una cubierta plástica con riego por goteo, usado más en climas cálidos. En el mundo predominan los lomos de dos hileras. Los lomos de tierra suelen tener de 15 a 25 cm de altura y la anchura entre filas suficiente para que quepan dos filas de plantas con una manguera, aproximadamente de 100 a 130 cm, o 4 filas de plantas con dos mangueras, de 150 a 170 cm. Las plantas normalmente son separadas unos 20 o 30 cm (Strand, 2008).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



- En el suelo en hileras enredadas con riego por aspersión, sobre una cubierta de paja, común sobre todo en lugares con clima más frío, como el norte de América o Europa central (Hancock, 2020).

- Cultivo sin suelo: Generalmente en mesas, aunque también a la altura del suelo. El manejo del cultivo sin suelo en fresa se centra en la rizosfera, donde se encuentran las condiciones diferenciadoras. El objetivo es mantener condiciones favorables para las raíces, evitando cambios perjudiciales para la planta. Para un crecimiento óptimo, se añaden nutrientes mediante fertilizantes durante el ciclo de cultivo. El riego es crucial: debe satisfacer la demanda de las plantas y evitar acumulación de sales en el sustrato. El control diario de la cantidad de agua aplicada es esencial, utilizando goteros y drenaje. La comparación entre la disolución nutritiva del riego y la del sustrato permite evaluar la eficacia del programa de fertirrigación. Además, el análisis de tejidos vegetales y la observación del aspecto de la planta son herramientas valiosas (Salas & Urrestarazu, 2004). En Valsequillo, alrededor del 90% de la fresa plantada es fibra de coco en hidroponía, y en general la cantidad de fruta en suelo seguirá mermando por las dificultades en su manejo (Carrillo Pérez, comunicación personal, abril de 2024). También existen métodos como el cultivo en vertical en torres o estanterías o en muros vegetales.

-Plasticultura: En España, el sistema cultural más común es el de plantaciones anuales en túneles altos de plástico en producción temprana para su posterior venta en fresco. Este es un sistema intensivo donde se cultiva en caballones elevados, con suelo fumigado, riego por goteo y alta densidad. Aunque la mayoría del cultivo de fresas a nivel mundial es a campo abierto, la plasticultura ha ido ganando terreno recientemente con los túneles y los invernaderos. Túneles altos y bajos y los invernaderos se están convirtiendo en métodos cada vez más populares para la producción fuera de temporada, sobre todo en áreas más frías. Además, es una práctica que también ayuda con el control de plagas (Hancock, 2020).

- Ecológico: Las principales diferencias entre el sistema convencional y el ecológico son que en este sistema se opta por una rotación de cultivos y policultivos, además de que por normativa deben ceñirse a un catálogo de fitosanitarios más reducido. Destacar también que una de las finalidades del cultivo ecológico de fresas es la reducción del impacto ambiental y de la huella hídrica y de carbono del mismo (Pomares et al., 2000).

3.6.2. Época de plantación y procedencia

- Fechas de plantación: Las fresas se plantan en diferente época del año dependiendo de la variedad, el clima, el lugar y el tipo de sistema de cultivo que se vaya a emplear. La fecha de trasplante de las fresas es un factor crucial que puede afectar tanto la tasa de fallos como el desarrollo posterior de las plantas. Se recomienda realizar ensayos con las diferentes variedades a cultivar en una zona específica, considerando las diferentes fechas de plantación.

Según Pérez Alfonso (1979) se distinguen dos épocas principales de plantación:

a) Plantación de verano:

- Se realiza entre junio y septiembre, siendo las fechas más idóneas entre agosto y septiembre.
- En las Islas Canarias, se experimentó con esta época en la década de 1980 para aumentar la producción y adelantar la cosecha. Los resultados fueron negativos, posiblemente debido a:

1. Ausencia del adelanto esperado en la cosecha debido al estolonamiento de las plantas, que retrasa la floración.

2. Dificultad para plantar las plantas frigo inmediatamente después de su extracción del frigorífico debido al tiempo de transporte, lo que aumenta la tasa de fallos en el trasplante.

En la actualidad, el problema del adelanto de la producción en las Islas Canarias se ha solucionado utilizando plantas con cepellón. Este material vegetal reduce el estrés de las plantas durante el

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738

Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



trasplante y las primeras semanas tras la siembra, permitiendo una recuperación más rápida. Con esta técnica, la plantación de invierno puede realizarse a principios de septiembre.

b) Plantación de invierno:

- Se realiza entre mediados de octubre y principios de diciembre, utilizando plantas directamente de los viveros.
- Esta época es la más recomendable en las Islas Canarias.

- Procedencia del material vegetal: Brazanti (1989) señala que en los países donde se cultivan fresas de manera tradicional, se distinguen generalmente dos áreas: una zona alta dedicada a la producción de plantas, usualmente ubicada por encima de los 800 m, y una zona baja con condiciones climáticas más propicias para la producción de fruta. La razón por la que la zona de producción de plantas se sitúa a una altitud determinada se debe a dos condiciones esenciales: se busca evitar que las plantas sean atacadas por pulgones, que son portadores de numerosos virus, y además, estas son plantas que requieren vernalización para lograr una buena producción. Un ejemplo claro de esto se da en España, donde los principales viveros se encuentran en zonas frías como Segovia, mientras que las principales áreas de producción de fresa están en zonas cálidas como Huelva.

El principal desafío del cultivo de fresas en Canarias es que las plantas no pueden acumular suficientes horas de frío y deben ser adquiridas de la península. Esto conlleva un inconveniente ya que aumenta los costes y no se pueden encontrar variedades que estén adaptadas a las condiciones climáticas de las islas. Un problema común en el transporte es que las plantas sufren daños por largos periodos de espera en muelles (Carrillo Pérez, comunicación personal, abril de 2024). Una vez recogidas las plantas, podemos plantarlas directamente, usualmente con cepellón (plantaciones de invierno), o, por otra parte, almacenarlas en frigorífico y luego plantarlas a raíz desnuda (plantaciones de verano) (Pérez Afonso, 1979).

3.6.3. Labores culturales

- Fumigación previa a plantar: Hasta hace unos años, la principal manera para tratar con los patógenos del suelo era mediante el uso de químicos fitosanitarios. Debido a las recientes prohibiciones por parte de la Unión Europea, se comenzaron a usar otro tipo de métodos, como la solarización, biosolarización o la biofumigación.

- Acolchado (mulch): Los métodos más utilizados son la paja o material vegetal (especialmente en climas fríos) y el plástico. Son útiles a la hora de combatir el frío para reducir las variaciones de temperatura en el suelo. Se utiliza polietileno transparente, negro y, en algunas ocasiones, blanco. Últimamente se están empezando a utilizar plásticos biodegradables. El plástico negro puede ser especialmente útil para cultivos en invierno y para el control de malas hierbas (Hancock, 2020).

- Control de malas hierbas: Una gran variedad de plantas adventicias causan problemas en los cultivos de fresa en el mundo, y existe por lo tanto una gran diferencia en cuanto a poblaciones. Varios métodos no químicos pueden ayudar a controlar las malas hierbas, como el acolchado o la rotación con determinados cultivos, para así también mantener un alto porcentaje de materia orgánica (Hancock, 2020).

- Desbotonado: Solo es necesario con planta frigo. Antes de que la planta adquiera cierto tamaño se debe realizar la eliminación de una floración para que se pueda conseguir un buen desarrollo vegetativo posterior (Brazanti, 1989).

- Eliminación de estolones: En las plantaciones de verano, los estolones que se desarrollan durante todo el verano hasta octubre o noviembre pueden resultar en una disminución de la producción de frutas en la siguiente primavera. Esto se debe a que, al igual que con las flores, la planta redirige sus reservas para la formación de estolones. Esto es contrario al objetivo de lograr un buen crecimiento

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



vegetativo de la planta original, formando un mayor número de coronas y, en consecuencia, logrando una alta producción en el año siguiente (Brazanti, 1989).

- Deshojado: La defoliación en el caso de la fresa implica la eliminación de las hojas viejas y amarillentas, y los pedúnculos de los frutos ya recolectados. Esto resulta en una mayor limpieza de la planta, reduciendo el riesgo de ataques de plagas y enfermedades. La fresa es una planta de baja estatura que emite hojas casi una encima de la otra, lo que hace que las hojas secas queden debajo y se conviertan en un nido de larvas de muchos insectos y babosas. Es una práctica costosa, pero a veces es necesaria si se busca obtener frutos de alta calidad (Brazanti, 1989).

- Podas: La poda se realiza solo en plantaciones plurianuales. Consiste en eliminar todas las hojas viejas y muchas de las nuevas, dejando las dos o tres más jóvenes. Los principales objetivos de esta labor son lograr una mayor precocidad en plantaciones de dos años y aumentar la producción, aunque el inconveniente es que se obtienen frutos más pequeños. Esta práctica era de gran interés en Canarias en la década de los 80, y se realizaba con el objetivo de buscar una mayor precocidad. Actualmente, ha caído en desuso, ya que el adelanto en el cultivo se ha logrado utilizando plantas con cepellón en la plantación de invierno (Pérez Afonso, 1979).

- Polinización: En los invernaderos, la polinización puede ser un desafío. Por lo tanto, en los últimos años, se ha generalizado el uso de colmenas de abejorros (*Bombus canariensis* P. en Canarias y *Bombus terrestris* L. en la Península Ibérica). Estas colmenas se introducen en el invernadero cuando las primeras flores comienzan a aparecer, con una colmena por cada 3000-4000m³. La vida útil de estas colmenas es de aproximadamente 8 semanas, y deben ser reemplazadas cada 5-6 semanas para prevenir problemas potenciales con la fructificación (Pérez Afonso, 1979).

3.6.4. Riego y drenaje

Puede ser suministrada por goteo, por aspersión o ambas, siendo la primera la más óptima y la más usada comercialmente. Un sistema muy usado es el de filas dobles de cinta de goteo con el emisor cerca de cada planta. La cantidad de agua varía enormemente dependiendo de la zona y del sistema de cultivo. Normalmente los agricultores planifican su riego basándose en su experiencia, condiciones climáticas e indicadores de estrés de las plantas. Para la planificación técnica se utilizan herramientas como los tensiómetros, así como coeficientes de cultivo que reflejen la demanda evaporativa o el déficit de presión de vapor (Morillo et al., 2015). Según la FAO (1990), los valores promedio de Kc, según su estado de desarrollo serían: Kc (ini) = 0,4; Kc (med) = 0,85 y Kc (fin) = 0,75.

En cultivos hidropónicos, el suministro adecuado de agua es crucial para obtener buenas producciones y frutos de calidad. Sin embargo, la falta de humedad en el sustrato puede limitar el crecimiento de las plantas y su rendimiento. Esto se debe, en parte, a la disminución de la disponibilidad de ciertos nutrientes. Por ejemplo, el fósforo se absorbe menos cuando el sustrato está seco. Además, niveles elevados de nutrientes pueden restringir el desarrollo de la planta si la humedad del sustrato es baja debido a la alta salinidad. En resumen, mantener un equilibrio adecuado de humedad y nutrientes es esencial para el éxito en la hidroponía (Adams, 1986).

La conductividad eléctrica (CE) es uno de los factores más determinantes a la hora de diseñar una disolución nutritiva. La conductividad eléctrica (CE) es una medida importante en el diseño de soluciones nutritivas para cultivos, ya que indica la cantidad total de iones disueltos en agua. Se expresa en dS/m, mS/cm o μ S/cm, y también se puede relacionar con la presión osmótica (PO) mediante una fórmula específica. La CE proporciona una indicación rápida y sencilla de la concentración total de la solución nutritiva, pero es importante tener en cuenta que refleja tanto los iones añadidos como los presentes en el agua de riego. Al establecer una CE para una solución nutritiva, se deben considerar diversos factores:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



- Efecto sobre la absorción de agua: Una menor CE facilita la captación de agua por parte de la planta, mientras que una CE alta crea una "resistencia" que requiere más energía para la absorción.
- Ajuste tras el riego: La CE de la solución aumenta tras el riego debido a la aportación de nutrientes.
- Control del crecimiento vegetativo: En ciertas fases del cultivo, se puede utilizar una CE diferente a la óptima para el crecimiento vegetativo con el fin de controlarlo.
- Mejora de la calidad de la fruta: En algunos cultivos, trabajar con CE relativamente altas puede mejorar la calidad de la fruta.

La CE consigna es la CE deseada para la solución nutritiva, considerando la salinidad del agua de riego y los aportes de fertilizante. Esta CE debe conciliarse con los objetivos de crecimiento, absorción de agua y calidad de la cosecha. El control de la CE es crucial en el seguimiento de la solución nutritiva, especialmente en cultivos sin suelo. Se recomienda tomar medidas diarias de CE en estos sistemas, mientras que en suelo es suficiente con medirla al cambiar la solución nutritiva. (Ríos & Santos, 2024)

La gestión del drenaje es un aspecto crucial que tiene un gran impacto en el medio ambiente. La liberación de nutrientes se rige por su concentración y un volumen específico. En la hidroponía, uno de los principales metas actuales es minimizar el nitrógeno, fósforo y potasio, ya que estos iones tienen el mayor impacto negativo en el medio ambiente. Es necesario eliminar las sales a través del lixiviado si la concentración de cualquiera de los iones supera el nivel óptimo para una producción eficiente. Por lo tanto, es esencial una gestión del drenaje que busque lograr el menor volumen posible con la concentración más baja (Sonneveld, 2004). El drenaje se define como el exceso de solución nutritiva que se escapa por los orificios de las bolsas en cada riego, y se expresa en porcentaje en relación al volumen aplicado en los fertirriegos en un periodo de tiempo específico (Salas & Urrestarazu, 2004). El drenaje en el cultivo de fresas depende de la conductividad eléctrica (CE), del agua de riego y del estado vegetativo de la planta. Se debería trabajar con un valor límite para la CE del drenaje (diferencia entre la CE del drenaje y la CE del agua en los goteros), que idealmente no debería superar 1,2 puntos (Kláring & Cierpinski, 1998). El comportamiento del drenaje nos proporcionará una indicación clara de la gestión del riego y del progreso del cultivo. También, dependiendo de la calidad del drenaje, puede ser utilizado para el riego de otros cultivos posteriormente (EFEAGRO, 2023).

3.6.5. Fertilización

Algunos nutrientes son más limitantes que otros. La fertilización de N y K es casi siempre necesaria y a veces la incorporación de P también lo es, pero normalmente no después de plantar. Es común observar deficiencias en Ca pero se suele deber a problemas en movilizar el elemento en la planta, por climas muy húmedos o por la textura del suelo y no por la falta del nutriente en el suelo. El Boro suele estar bajo muchas veces debido a la alta lixiviación, además que es fácil suministrar una dosis excesiva en su aplicación. Fe, magnesio (Mg) y manganeso (Mn) suelen ser deficientes en suelos donde el pH es muy alto o son suelos altos en limo (Berger, 1962). Controlar el pH en la zona de las raíces es vital para optimizar la nutrición en cultivos hidropónicos. En estos sistemas, el pH tiende a aumentar de manera constante, por lo que ajustarlo diariamente resulta esencial para mantener un entorno propicio para el crecimiento de las plantas (Adams, 2004).

Las prácticas de fertilización varían ampliamente según las regiones geográficas y el sistema de cultivo. En general, se suelen recomendar análisis de agua, suelo y foliares para la aplicación más precisa de nutrientes. Una abonada normal de nitrógeno puede variar de 110 kg a 450 kg/ha (Hanson, 2015). En climas cálidos, como California, un equilibrio típico podría ser 22:7:20 o 18:8:13 dependiendo del cultivar, la localización y meteorología.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Para un rendimiento de 38-55 t/ha, la absorción de nutrientes es de 113-154 kg/ha de N, 42-46 kg/ha de P₂O₅, 133-213 kg/ha de K₂O y 46-55 kg/ha de MgO (Roselló, 1990). Según el estudio realizado por Avitia-García et al. (2014) Ca y el K fueron los elementos más extraídos por la planta. por lo que la fertilización debe hacerse antes de los 184 días después del trasplante para evitar limitaciones nutrimentales en el cultivo. El orden de extracción de macronutrientes fue: Ca>K>Mg>N>P. La extracción nutrimental total, considerando una densidad de población de 8325 plantas ha⁻¹, fue en kg ha⁻¹: 174 de N, 57.2 de P, 237.6 de K, 250.9 de Ca y 185.7 de Mg. La siguiente tabla (Tabla 3.3.) muestra un ejemplo de relaciones de equilibrio NPK para fresón teniendo en cuenta la evolución de la absorción de nutrientes a lo largo de distintas etapas del cultivo:

Tabla 3.3. Relaciones de equilibrio entre los fertilizantes nitrogenados, fosforados y potásicos en el fresón (adaptado de Pomares, 1993).

Estado vegetativo	Relación N : P ₂ O ₅ : K ₂ O (verano con planta frigo)	Relación N : P ₂ O ₅ : K ₂ O (otoño con planta fresca)
Crecimiento	1,0: 0,3: 0,3	1,0: 0,5: 0,5
Floración	1,0: 1,6: 1,0	1,0: 2,0: 1,3
Producción	1,0: 0,6: 1,6	1,0: 0,5: 1,5

En la agricultura sin suelo, la adición de fertilizantes se basa en la concentración de nutrientes que el agua aporta al sistema. En lugar de hablar de cantidades absolutas, se prefiere referirse a las concentraciones de nutrientes, ya que estas son relativamente más constantes y fáciles de manejar. Para mantener niveles consistentes de nutrientes, es útil conocer los índices de absorción específicos para cada nutriente (Sonneveld, 2004). En la tabla a continuación (Tabla 3.4.) se muestra un ejemplo:

Tabla 3.4. Solución nutritiva propuesta para Canarias en fresa en ciclo de invierno (Santos et al., 2020)

Periodo	CE	NO	NH	HPO	K	Ca	Mg	HCO
	dS/m	mmol/l						
Trasplante - 3 meses	1,5	8,0	0,5	0,9	4,5	2,7	1,0	0,5
3 meses - fin cultivo	1,3	7,0	0,5	0,7	4,0	2,2	0,6	0,5

La absorción de nutrientes por parte de las plantas se evalúa en relación con la absorción de agua. Este cociente se llama “concentración de absorción del elemento” (Sonneveld, 2000), aunque carece de base fisiológica, ya que la absorción de agua y nutrientes es un proceso independiente (Sonneveld & Voogt, 1990, Sonneveld & De Kreij, 1999). A pesar de esto, es un concepto valioso para el manejo de soluciones nutritivas. En sistemas cerrados, como los cultivos sin suelo, es fundamental conocer los coeficientes de absorción específicos del cultivo. Sin embargo, estos coeficientes son variables y dependen de diversos factores (Magán, 2005). Para lograr una absorción óptima de nutrientes, se busca que la concentración de los drenajes sea aproximadamente la mitad de la concentración de absorción, y que la eficiencia de nutrientes no supere el 0,85. Aunque las concentraciones de absorción varían menos que las concentraciones absolutas de nutrientes, ambas están influenciadas por la radiación. Por lo tanto, la concentración de absorción es fundamental para el fertirriego en sistemas con sustratos (Sonneveld, 2004).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



3.6.6. Propagación

La propagación de la fresa es un aspecto crucial en su cultivo, según Brazanti (1989), debido a las diversas variables que se pueden encontrar, como diferentes tipos de material inicial y distintas temporadas de plantación, entre otros. Las decisiones tomadas en esta etapa determinarán el éxito o el fracaso del cultivo. Para facilitar la comprensión, se ha dividido en tres partes: métodos de producción, adquisición de la planta y viveros de fresa. De acuerdo con Pérez Afonso (1979), la multiplicación de la planta de fresa puede llevarse a cabo de las siguientes maneras:

A. Por semillas o reproducción sexual. Este método se utiliza exclusivamente en la multiplicación de variedades de fruto pequeño que sean líneas puras, o en el caso de genetistas y viveristas que realizan cruzamientos para buscar mejores características agronómicas.

B. Por división de coronas. Este método es raramente utilizado por los viveristas y solo se realiza en variedades que no producen estolones. Consiste en separar las diferentes coronas de la planta, asegurándose de que cada una tenga sus raíces. A continuación, se suelen eliminar hojas secas, flores y raíces viejas. El mayor inconveniente de este método es que se utiliza la propia planta madre.

C. Por estolones. Este es el método más comúnmente utilizado, ya que se aprovecha la capacidad de la mayoría de las variedades de fresa de producir estolones. Estos se obtienen de plantas madres, las cuales se adquieren en el laboratorio a partir de meristemos y se seleccionan según sus características. Este método es el más sencillo, ya que se realiza de manera natural por la propia planta y permite aprovechar todas las características de las variedades.

Aunque la fresa se propaga fácilmente por estolones, el cultivo de los meristemos y los tratamientos de calor son usados normalmente para sanear las plantas antes de la propagación masiva (Biswas et al., 2007). Varios países han desarrollado programas para la producción de plantas sin virus.

3.7. Postcosecha

3.7.1. Recolección y criterios de clasificación

Por lo general los productores recogen su propia producción para luego venderla, pero, en algunas zonas, como en EE.UU, es popular el método 'u-pick', dónde es el propio consumidor o un comercial intermediario el que cosecha la fruta. El número de recolectores adecuado para cosechar varía dependiendo de la densidad de fruta y del sistema de plantación. Por ejemplo, en plantaciones en hilera en el suelo, harían falta 5 recolectores por hectárea (Hancock, 2020).

La mayoría de fruta fresca es recogida cuando tres cuartas partes de la fruta ya están coloreadas para una mejor conservación. La mayoría del empacamiento para su distribución es hecha por los recogedores en el momento de la cosecha. La fruta para industria normalmente se deja en el campo más tiempo, y después recogida en masa para su posterior procesamiento. Posiblemente el envase para fresa más popular en Europa es el de plástico transparente de unos 250g. Después de cosechar, la fruta se almacena, se suele enfriar con aire forzado y luego se conserva en frío a unos 2°C hasta su posterior distribución (Hancock, 2020).

A finales de los 80s y principios de los 90s del siglo pasado, en el oeste de Europa y en EE.UU. surgieron unos sistemas mecánicos de recolección de la fruta. El funcionamiento de estas máquinas consistía en arrancar la fruta o cortarla directamente a nivel de suelo, luego las hojas eran separadas por aire a presión. Finalmente, se probó que no era un sistema económicamente rentable (Dale et al. 1994). En la última década se han desarrollado robots autónomos con un futuro más prometedor que los mencionados anteriormente, sobre todo usados en invernaderos. Estos robots pueden detectar frutas en su mejor estado de maduración para así recolectarlas. Algunos de estos sistemas se encuentran en un punto no muy lejano de comercializarse (De Preter et al., 2018).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



3.7.2. Fisiología de la maduración

Las fresas son no climatéricas ya que su producción de etileno es muy baja. Como resultado, la aplicación de etileno no tiene casi efecto en el ablandamiento y el desarrollo del sabor de las frutas sin madurar (Abeles & Takeda, 1990). En la siguiente imagen (Fig. 3.5.) observamos la evolución del peso fresco, la firmeza y el color de la fruta.

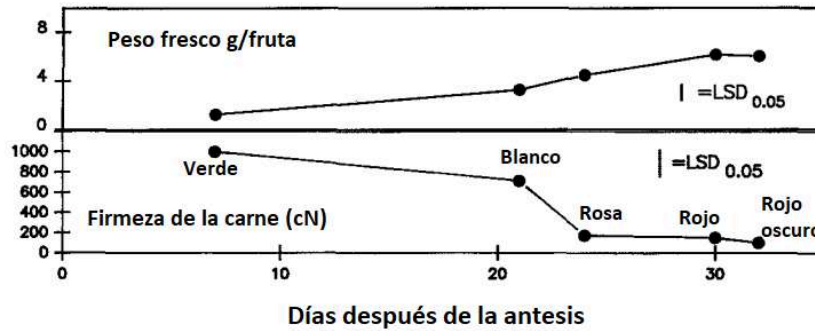


Fig. 3.5. Evolución del peso fresco, la firmeza y el color de la fruta (Adaptado de Abeles & Takeda, 1990).

3.7.3 Manipulación y almacenamiento

Las fresas son un producto mundialmente cultivado, por lo que se ha investigado ampliamente sobre la producción y mantenimiento de fruta de alta calidad, sobre todo se ha hecho un esfuerzo considerable para incrementar todo lo posible la calidad en post-cosecha. Después de recolectar las fresas, se puede perder casi el 40% de la fruta, en su mayoría debido a la descomposición. Por eso, es muy importante cómo se manejan las fresas una vez que se han recolectado. Además, a menudo se transportan fresas frescas a lugares lejanos, ya sea por camión o barco, como es el caso de Canarias. Por lo tanto, cuánto tiempo pueden durar las fresas sin estropearse es un aspecto muy importante a tener en cuenta (Ceponis et al., 1987).

En términos de los estándares generales de calidad, la fruta debe cumplir con ciertos criterios: estar bien desarrollada, ser sólida y tener una buena forma; estar limpia, fresca y en buen estado de salud; no tener olores y/o sabores anormales; tener el color típico de su variedad; estar en un estado de madurez adecuado en función del color, el contenido de azúcares y la consistencia (firmeza); estar libre de manchas, lesiones o cortes; no estar aplastada; no tener podredumbre; tener un cáliz y un pedúnculo verdes y no desecados (a excepción de la fresa congelada que debe estar sin cáliz y pedúnculo); tener un aspecto brillante; ser jugosa, aromática y tener un sabor característico (Kirschbaum, 2022).

La fruta debe ser recolectada cuando esté al menos 25% madura o rosa para un desarrollo aceptable del color y la producción de compuestos orgánicos volátiles en almacenamiento. En general, se recomienda que la fruta se recoja al menos tres cuartos madura, ya que la fruta almacenada en esta etapa desarrolla un color adecuado y es más firme después del almacenamiento que las cosechadas completamente maduras. Las fresas no deben ser recolectadas demasiado maduras, ya que el color, tanto externa como internamente, se oscurece durante el almacenamiento y se vuelve más intenso (Miszczak et al., 1995).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Una vez recolectada, la eliminación del calor del campo lo más pronto posible es crítica para preservar la calidad de la fruta. La fruta enfriada rápidamente puede mantener una calidad aceptable en el almacenamiento durante 5-10 días si se mantiene por debajo de 5°C a alta humedad relativa (>90%) para minimizar la pérdida de peso de la fruta. Por cada 3 horas de retraso en el enfriamiento a 5°C, se ha encontrado que la descomposición se duplica (Nunes et al., 1995).

Las fresas se enfrían más comúnmente de manera pasiva colocándolas en una habitación refrigerada o con aire forzado (enfriamiento por presión). El aire forzado es generalmente el método de elección, ya que enfría la fruta mucho más rápidamente. Dado que las altas concentraciones de CO₂ (15-20%) reducen el crecimiento de hongos y ayudan a mantener la calidad, las fresas se guardan frecuentemente en almacenamiento con atmósfera controlada para aumentar su vida útil.

Las fresas se utilizan en numerosos productos, incluyendo conservas, yogur de frutas, concentrados, zumos, jarabes y vinos. Las fresas se procesan en mermeladas y jaleas calentando la fruta y luego añadiendo pectina y azúcar. La mayoría de las fresas para el procesamiento se recogen a mano en el campo sin sus cálices (receptáculos) y se colocan en grandes contenedores. Lo más común es que las frutas se congelen individualmente de forma rápida y que luego se distribuyan (Castaño et al., 2017).

3.8. Plagas, enfermedades y fisiopatías más importantes

3.8.1. Accidentes y fisiopatías

Las fresas pueden verse afectadas por diversos trastornos fisiológicos conocidos como fisiopatías. Estos daños, principalmente funcionales y morfológicos, son provocados por factores abióticos como las condiciones climáticas, especialmente durante las fases críticas del desarrollo de la planta (IFAPA, 2021).

- Frutos deformados: Se caracterizan por una forma irregular del receptáculo carnoso, resultado de una polinización deficiente.
- Puntas blandas: Ocurren cuando la maduración de la zona apical del fruto avanza a un ritmo diferente al de los hombros, estos últimos permanecen verdes.
- Cracking o partidura/rajado del fruto: Se produce una rotura de la epidermis, principalmente en frutos de mayor consistencia, debido a la diferencia térmica diaria y al descenso de horas luz.

Las fisiopatías representan un problema significativo para la producción de fresa, ya que pueden generar:

- Pérdida de calidad: Los frutos afectados no cumplen con los estándares comerciales, destinándolos al descarte.
- Disminución del rendimiento: La incidencia de fisiopatías puede reducir considerablemente la cantidad de frutos comercializables.
- Mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades: Las roturas en la piel del fruto facilitan la entrada de patógenos.

Factores que favorecen las fisiopatías:

- Las condiciones climáticas, especialmente durante los meses de enero y febrero, juegan un papel crucial en la aparición de fisiopatías.
- Diferencia térmica diaria: Grandes contrastes entre temperaturas máximas y mínimas, principalmente en zonas alejadas de la costa.
- Disminución de horas luz: Reducción de la fotosíntesis y alteración del desarrollo del fruto.
- Alta humedad relativa: Afecta la polinización, provocando la deformación del receptáculo carnoso.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



3.8.2. Plagas

El control de plagas (Tabla 3.5) en los cultivos de fresa se basa en el manejo integrado de plagas (MIP), donde el monitoreo es la piedra angular. Este monitoreo permite anticipar y evaluar posibles brotes de plagas importantes, conocer la situación de los artrópodos benéficos y las plagas secundarias, tomar decisiones informadas sobre las acciones de control y su programación, evaluar la efectividad de las prácticas de manejo y generar un registro histórico de plagas/enemigos naturales.

Tabla 3.5. Principales plagas del cultivo de la fresa (Pomares, 1993, Brazanti, 1989, Maroto, 1986).		
PLAGA	ESPECIES	DESCRIPCIÓN
Araña Roja	<i>Tetranychus urticae</i>	Plaga polífaga que puede causar pérdidas de hasta el 80%. El ataque comienza en el envés de los folíolos donde estos ácaros viven agrupados y forman una telaraña.
Ácaro del ciclamen	<i>Phytonemus pallidus</i>	Plaga ocasional. Hojas infestadas se atrofian severamente con engrosamiento o acortamiento de los pecíolos, se arrugan y eventualmente pueden morir.
Plugones	<i>Chaetosiphon fragaefolii</i>	Probablemente de las plagas más dañinas del cultivo de la fresa. Provoca daño en todo tipo de cultivos. Es un importante vector de virus.
	<i>Aphis gossypii</i>	
	<i>Myzus persicae</i>	
	<i>Macrosiphum persicae</i>	
Trips	<i>Frankliniella schultzei</i>	El síntoma más común es el bronceado de la fruta. Generalmente se alimentan de flores, aunque también pueden alimentarse de hojas y frutas (Steiner & Goodwin, 2016)
	<i>F. gemina</i>	
	<i>F. occidentalis</i>	
Mosca de la fruta	<i>Drosophila melanogaster</i>	Moscas pican la fruta y esta pierde su valor comercial
Orugas	<i>Spodoptera exigua</i>	Las larvas más grandes se alimentan directamente del interior de las frutas.
Babosas	<i>Arion hortensis</i>	Se alimentan de la fruta madura y producen agujeros. También se alimentan de las hojas.
	<i>Deroceras reticulatum</i>	

3.8.3. Enfermedades

El cultivo de fresa está sujeto al ataque de enfermedades (Tabla 3.6), principalmente causadas por hongos, que pueden afectar tanto las raíces como la parte aérea. Si bien los síntomas ayudan a reconocer enfermedades, se recomienda remitir las muestras a laboratorios especializados en caso de existir dudas acerca del agente causal.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Tabla 3.6. Principales enfermedades del cultivo de la fresa (Pomares, 1993; Brazanti, 1989; Maroto, 1986).

ENFERMEDAD	ESPECIES	DESCRIPCIÓN
Antracnosis	<i>Colletotrichum sp.</i>	Marchitez y colapso de la planta
Phytophthora	<i>Phytophthora sp.</i>	Putrefacción correosa. Frutas infectadas con manchas de color café. Descomposición de la fruta.
Botritis	<i>Botrytis cinerea</i>	Manchas en frutas y podredumbres.
Otros hongos	<i>Fusarium sp.</i>	Podredumbres en raíz y corona que producen marchitamiento parcial o progresivo de la planta.
	<i>Rhizoctonia sp.</i>	
	<i>Verticillium sp.</i>	
	<i>Pythium sp.</i>	
	<i>Macrophomina phaseolina</i>	
Mancha angular de la hoja	<i>Xanthomonas fragariae</i>	Manchas diminutas llenas de agua en el envés de las hojas. Posteriormente, muerte de las hojas.
Otras enfermedades	<i>G. comari, M. fragariae, D. earliana, Dendrophoma, P. aphanis</i>	Mancha zonal de la hoja, Viruela, Quemadura, Tizón de la hoja, Oidio.
Virus	SMYEV, SMoV, SCV, SP1	El conjunto de síntomas posibles por virus y fitoplasmas incluye plantas achaparradas, enanismo, hojas deformes, abarquilladas, coloración rosada, clorosis, mosaico y frutos deformes con las semillas convertidas en hojas (Luciani et al., 2016)
Nemátodos	<i>Aphelenchoides fragariae, Meloidogyne hapla</i>	Parásito de la parte aérea de la planta que ocasiona estrés y reducciones de rendimiento.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización del ensayo

El ensayo fue realizado en una parcela de cultivo de fresas en la isla de Tenerife (Fig 4.1.), en la zona de Chinguaro en el municipio Güímar. Se trata la parcela nº 207 en el polígono 16 llamada Juan Martín, en el Camino de Las Cañadas, propiedad de la empresa "IZAÑA SAT". Para acceder a la misma, se debe tomar la salida nº 20 de la TF-1 (Fig 4.2.), acceder a la TF-281 en dirección Arafo y tomar la primera salida en dirección camino de Chinguaro. Tras seguir en esta dirección, sin desviarse, se encuentra el Camino de Las Cañadas, donde se ubica la parcela.



Fig. 4.1. Situación de la parcela en la isla de Tenerife (IDECanarias).

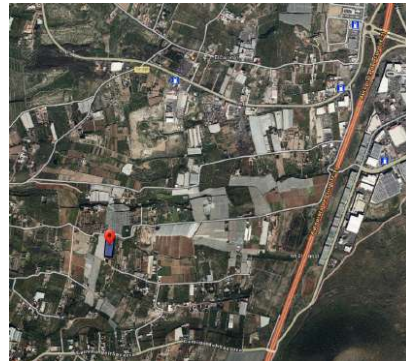


Fig 4.2. Situación de la parcela en el municipio respecto a la TF-1 (IDECanarias).

La referencia catastral de la parcela es 38020A016002070000WD y sus coordenadas geográficas son 28°19'15,33" N y 16°23'23,21" O y se encuentra a una altura de 160 msnm. El cultivo estaba en un invernadero de 5052m² de tipo parral de techo plano con cubierta y laterales de malla de 5 m de altura.

4.2. Sistema de cultivo

Como se comentó anteriormente, el cultivo (Fig 4.3.) se encuentra protegido por un invernadero de malla y las plantas se encuentran en sacos de sustrato sobre una mesa a 1,2m de altura para facilitar las labores de cultivo, mejorando las condiciones de los operarios.

Las mesas (Fig 4.4.), que se organizaron en filas dobles, tienen una estructura formada por barras de acero corrugado (parte metálica de las viguetas usadas en construcción para forjados en techos) y apoyos al suelo con tubería metálica. donde reposan los sacos de cultivo. Las filas están orientadas en dirección este-oeste.



Fig 4.3. Fotografía del cultivo dónde se realizó el ensayo.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



4.2.1. Sustrato



Fig 4.4. Fotografía donde se aprecian las mesas de cultivo y sobre ellas el sustrato.



Fig 4.5. Fotografía donde se aprecia el sistema de filas dobles y los goteros insertados en el sustrato.

El sustrato utilizado para esta experiencia fue sacos de fibra de coco de la marca comercial Pelemix (Fig 4.5.). La fibra de coco, un producto derivado de la cáscara del fruto del coco, es un material ampliamente utilizado como sustrato debido a su alta capacidad para retener agua, su contenido de agua fácilmente accesible, su estabilidad como sustrato orgánico y su costo relativamente bajo en comparación con otros sustratos. No obstante, la salinidad y la variabilidad son dos desafíos significativos asociados con este sustrato, los cuales se atribuyen a su proceso de producción y a su origen.

En el proceso de producción industrial, se aprovechan los residuos del tejido del mesocarpio o cáscara del fruto del coco para obtener fibras largas, cortas y polvo. Las fibras largas se utilizan en la fabricación de diversos productos como cuerdas y colchones. Las fracciones restantes, que pueden ser tamizadas o no para separar fibras de longitud media, resultan en polvo y fibras cortas. Este material es el que se utiliza como sustrato y se conoce como polvo de coco. Los países que lideran la producción de polvo de coco incluyen Sri Lanka, India, Filipinas, Indonesia, México, Costa Rica y Guyana (Castellanos et al., 2008). Los valores químicos del sustrato comercial antes de usar se muestran en la Tabla 4.1. Los datos estarían dentro de los normales (Wang et al., 2016).

En concreto se usó la fibra en sacos de 20 litros que Pelemix comercializa específicamente para la fresa. Antes de ser usados por primera vez, los sacos son sometidos a un tratamiento de “buferrizado” o lavado con nitrato cálcico para regular los parámetros de pH y salinidad, es por eso que en la web comercial (Tabla 4.1.) aparecen distintos valores químicos dependiendo del tratamiento al que son sometidos. En el caso de esta explotación, dicho tratamiento tuvo una duración de 48-72h hasta que se consideró que el sustrato estaba en condiciones óptimas para que se realizara el trasplante. Cabe destacar que no era el primer uso que se le daba a los sacos de cultivo, en este caso los sacos habían sido usados dos o tres veces cultivos anteriores de fresa.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Tabla 4.1. Valores químicos de la fibra de coco de la marca comercial Pelemix (Adaptado de la web de Pelemix).

Concentración en el método 1:1,5 vv	Tratado	Parcialmente tratado	Lavado	Lavado Naturalmente
CE (mS/cm)	<0,5	0,5-10	<10	<2,0
NH (mmol/l)	<8,0	<9,5	<11,0	<15,0
K (mmol/l)	<1,7	<2,5	<3,5	<4,5
Na (mmol/l)	<1,7	<2,5	<3,5	<4,5
Ca (mmol/l)	<3,0	<6,0	<6,0	<6,0
Mg (mmol/l)	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
NO (mmol/l)	<6,0	<7,5	<9,0	<11,0
Cl (mmol/l)	<1,7	<2,5	<3,5	<4,5
SO (mmol/l)	<3,0	<6,0	<6,0	<6,0
P (mmol/l)	<1,5	<1,5	<2,0	<3,0
Concentración en el método 1:1,5 vv	Máximo		Clase de pH	pH
Fe (µmol/l)	<40		Tratado	5,0-6,0
Zn (µmol/l)	<10		Lavado	6,0-7,0
Cu (µmol/l)	<5			
Mn (µmol/l)	<10			
B (µmol/l)	<40			

4.2.2. Agua, sistema de riego y solución nutritiva

Tabla 4.2. Análisis químico del agua de riego al comienzo del ensayo.											
Fecha de realización del análisis: 10/08/2023											
pH	CE	HCO	CO	Cl	SO	Ca	Mg	Na	K	NO	PO
	µS/m	meq/l									
8,2	724	3,66	<0,10	2,4	1,16	0,88	1,62	5,32	0,31	0,75	<0,09
Dureza: 125 mg CaCO ₃ /l (Agua blanda)				Alcalinidad: 3,66 meq/l (moderada)				S.A.R.: 4,77		B: 142 µg/l	

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Se realizó un análisis químico previo al ensayo al agua de riego (Tabla 4.2). Se trata de un agua mezcla de galería y de pozo. Se observa un alto contenido en bicarbonatos, magnesio y sodio, además de un bajo contenido en calcio. Debe tenerse en cuenta que los valores analíticos del agua de riego variaron ligeramente durante la duración del ensayo debido a problemas de suministro, variando la proporción entre galería y pozo.

El sistema de fertirrigación tenía la inyección por consigna de pH y CE, usando bombas de arrastre magnético y electroválvulas de 3 vías comandadas. El sistema permitía una inyección diferente de cada tanque. El sistema se controlaba mediante un ordenador CDN INTA que también permitía manejar las dosis y frecuencia de riego (Fig. 4.7).



Fig. 4.6. Tanques de solución nutritiva.



Fig. 4.7. Ordenador de riego.

El cabezal de riego contaba con cuatro tanques de solución nutritiva (Fig. 4.6.) que aportaban los nutrientes necesarios para el cultivo. Las proporciones de los fertilizantes utilizados son las siguientes:

- Tanque 1 (1000 l): 75 kg de nitrato cálcico; 2,5 kg de preparado de micronutrientes compuesto por 0,3% de cobre, 7% de hierro, 3,5% de manganeso, 0,3% de molibdeno y 0,7% de zinc y quelato de hierro EDDHA (5% o-o EDDHA).
- Tanque 2 (1000 l): 50 kg de sulfato potásico y 12,5 kg de sulfato de magnesio.
- Tanque 3 (1000 l): 30 kg de ácido fosfórico 72% en ácido.
- Tanque 4: En este tanque se encuentra una disolución de ácido nítrico 56% con agua con la que el automatismo controla la consigna de pH.

El automatismo de riego se configuró para regular el pH en 5,8, la conductividad eléctrica entre 800 $\mu\text{S}/\text{m}$ y 1200 $\mu\text{S}/\text{m}$ según las condiciones del cultivo e inyectando en proporciones iguales de los tanques de fertirrigación.

La parcela experimental estaba en una unidad operacional de riego compuesta por una electroválvula comandada por el automatismo anterior. Los laterales eran de polietileno negro de diámetro 16 mm. Se utilizaron emisores autocompensantes antidrenantes Netafim PCJ, de caudal nominal 2 l/h y rango de presiones de trabajo entre 0,5 y 4 bar, con un microtubo de 6 mm y una pica. Cada saco contaba con 4 emisores.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Según las condiciones climáticas y el estado del cultivo, se aportaban de 2 hasta 5 o 6 riegos diarios. La cantidad de agua a aportar se calculaba según la relación drenaje/aporte, intentando que esta se mantuviera en torno a un 30%. Para ello, la explotación tenía estaciones de toma de datos de solución y de drenaje en los extremos de las filas. Esto era así, para evitar interrumpir la recogida de drenajes si se colocaban en una zona intermedia de las filas



Fig. 4.8. Sistema de drenaje.

Esta finca tiene un sistema de recuperación de los drenajes (Fig. 4.8.) que consta de una conducción realizada aprovechando la sujeción de los sacos que mediante unas tuberías recoge el agua y lo canaliza hacia un estanque. Posteriormente, la solución de drenaje es analizada y utilizada para el riego de diferentes cultivos. Dependiendo del análisis puede ser suplementada con más fertilizantes o se mezclará con agua si la conductividad eléctrica es alta. El resultado de la operación de corrección anterior se utilizó para el cultivo de puerros, batatas, papas, lechuga, o calabaza en suelo.

4.2.3. Material vegetal

El ensayo se llevó a cabo con el cultivar “Portola”, originario de Segovia. Este material fue desarrollado por la Universidad de California (UC Davis): es de día neutro, de color claro y buen sabor, y muestra una tolerancia considerable a las enfermedades más comunes (Hancock, 2020).

Portola es un cultivar de fresa robusta y versátil. Es ideal para la siembra en invierno, primavera y verano. La planta es vigorosa y produce frutos de tamaño mediano, de color claro y brillante, con un sabor excelente y consistente. Destaca por su resistencia a enfermedades, la calidad de su fruto, su vigor y su excepcional productividad en vivero (UC Davis, 2007).

Los pedúnculos (tallos frutales) son largos, lo que facilita la cosecha. La inducción floral ocurre en condiciones de temperaturas intermedias (20-25°C) y con baja respuesta al fotoperiodo (horas de luz diarias). Para determinar el momento de plantación, los factores más relevantes son la temperatura y la humedad ambiental. Bajo estas condiciones, la variedad presenta una curva de producción muy estable a lo largo de toda la temporada (similar al cultivar Albion), siempre que las temperaturas del suelo no bajen de los 12°C (Llahuén, 2021).

“Portola” tiene una tolerancia intermedia al Oidio (similar a Albión), pero es más sensible al tizón de hojas (*Phomopsis spp.*). Por ello, es importante cultivarla bajo las condiciones climáticas recomendadas (Llahuén, 2021).

En un ensayo realizado por el vivero chileno Llahuén (2021), se comparó la productividad de Portola con otros cultivares (Albion, San Andreas, Monterrey y Carrillo), obteniendo resultados muy positivos. Los frutos son de gran calibre, de color rojo claro tanto externamente como en la pulpa. Llahuén (2021) describe los frutos como muy brillantes, con una concentración media de azúcares. Es crucial mantener un balance adecuado de Potasio para conservar la condición de los frutos.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738

Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



4.2.4. Labores realizadas

Quince días antes de la plantación se comenzó con la hidratación de los sacos de cultivo y con el buferizado con nitrato cálcico como se explicó anteriormente. A los sacos se les hicieron las perforaciones necesarias para los huecos de las plantas y para el drenaje. A medida que los sacos se iban humedeciendo junto al tratamiento se fueron tomando medidas de pH y CE hasta que se llegó a un valor óptimo. Las plantas, procedentes de un vivero comercial de Segovia se plantaron en mayo de 2023. Se plantaron 12 plantas por saco, con una densidad de 16 plantas/m². Se realizaron reposiciones de las plantas que no tuvieron éxito después del trasplante.



Fig. 4.9. Colmena para polinizadores en el invernadero del ensayo.



Fig. 4.10. *Lobularia maritima* (planta banker) bajo una mesa de cultivo.

Las únicas labores realizadas, sin contar con el riego, fueron la retirada de los estolones y, antes de la primera fructificación, se hizo un corte de flor dos veces para que el desarrollo vegetativo de la planta fuera el correcto.

- Para la polinización de las flores se realizó suelta de abejas. (Fig. 4.9).
- Para el control de plagas se realizaron sueltas mensuales de enemigos naturales:
 - *Orius laevigatus* y *Amblyseius swirskii* para control de trips. La especie presente más importante era *Scirtothrips spp.*
 - *Neoseiulus californicus*, *Neoseiulus cucumeris* y *Phytoseiulus persimilis* para la araña roja
 - Sífidos (*Sphaerophoria rueppellii*) y *Aphidoletes aphidimyza* para pulgones.
- En la parcela se encontraban repartidas macetas con *Lobularia maritima* como plantas “bunker” que ayudaran a completar los ciclos de vida de estos enemigos naturales (Fig.4.10).
- También se aplicó *Bacillus thuringiensis* para el control de noctuidos.

En la [Tabla 4.3](#) se muestran todos los tratamientos fitosanitarios que se realizaron en la parcela:

Tabla 4.3. Fitosanitarios aplicados durante la experiencia.		
Fecha de Aplicación	Producto	Dosis Aplicada
06/07/2023	Capsanem	0,33 g/l
18/07/2023	AFFIRM	150,00 g/hl

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



19/07/2023	Thripor L	0,50 individuos/m ²
20/07/2023	Capsanem	0,33 g/l
22/07/2023	NEALTA	1,00 l/ha
26/07/2023	Swirskii	100,00 individuos/m ²
03/08/2023	HELIOSUFRE S	1,00 l/ha
03/08/2023	BACTUR 2X	1,00 kg/ha
24/08/2023	CIDELY TOP	1,00 cc/l
24/08/2023	SIVANTO PRIME	0,60 l/ha
25/08/2023	Capsanem	0,33 g/l
20/10/2023	Swirskii	25,00 individuos/m ²

2.4.5. Recolección

La recolección se realizó de manera manual en cestas plásticas (Fig. 4.11.). La recolección comenzó en agosto de 2023 y se extendió hasta finales de febrero de 2024. Los datos de producción se muestran en la siguiente tabla (Tabla 4.4).

	Producción	
	kg	kg/m ² *
Agosto	868	0,21
Septiembre	4050,75	0,99
Octubre	4910	1,2
Noviembre	1923	0,47
Diciembre	1273,75	0,31
Enero	432	0,11
Febrero	94,5	0,02
	13552	3,33

* El área cosechada es de 4075 m².



Fig. 4.11. Cajas apiladas con envases plásticos con fresas listas para su distribución.

4.3. Condiciones agroclimáticas

Dado que los factores ambientales tienen efectos directos sobre el crecimiento, rendimiento, calidad y absorción de nutrientes, es preciso su conocimiento para el control de la nutrición en el cultivo. Para este ensayo, se colocó dentro del invernadero un termohigrógrafo digital con registrador de datos Hobo MX2301A (Onset). Se tomaron datos horarios de temperatura y humedad relativa, y a partir de esos datos se elaboraron medias diarias para la realización de las siguientes gráficas (Fig. 4.12. y Fig. 4.13.). Además en la siguiente tabla (Tabla 4.5.) se muestran las medias mensuales de temperatura y humedad relativa, así como los rangos de máximos y mínimos en cada mes.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Tabla 4.5. Temperatura y H.R. media y rango por mes.				
	Temperatura (°C)		Humedad Relativa (%)	
	Media	Rango	Media	Rango
Agosto	26,25	37,21-18,39	64,26	92,83-31,65
Septiembre	23,64	32,77-16,90	69,32	89,32-37,79
Octubre	24,15	36,96-15,81	63	92,89-18,86
Noviembre	20,41	32,86-13,33	69,46	93,00-31,71
Diciembre	17,75	27,28-10,73	69,5	94,06-29,01
Enero	17,96	28,79-11,26	70,04	94,25-25,02

Fig. 4.12. Evolución de las medias diarias de la temperatura máxima, mínima y media durante el ensayo.

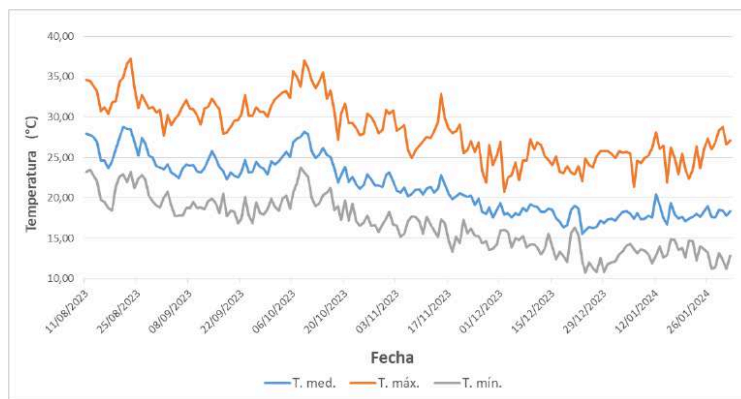
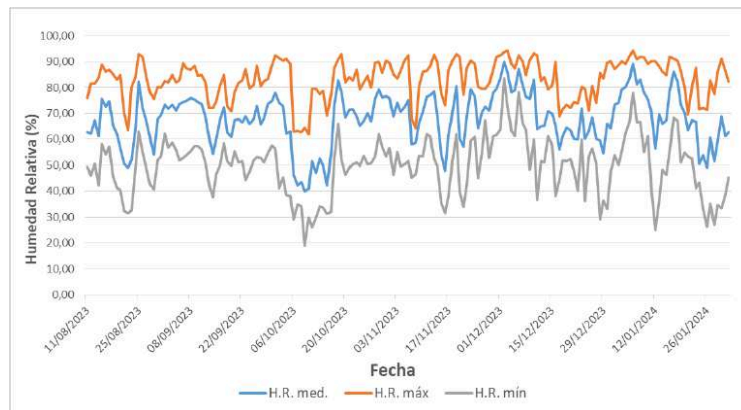


Fig. 4.13. Evolución de las medias diarias de la temperatura máxima, mínima y media durante el ensayo.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07

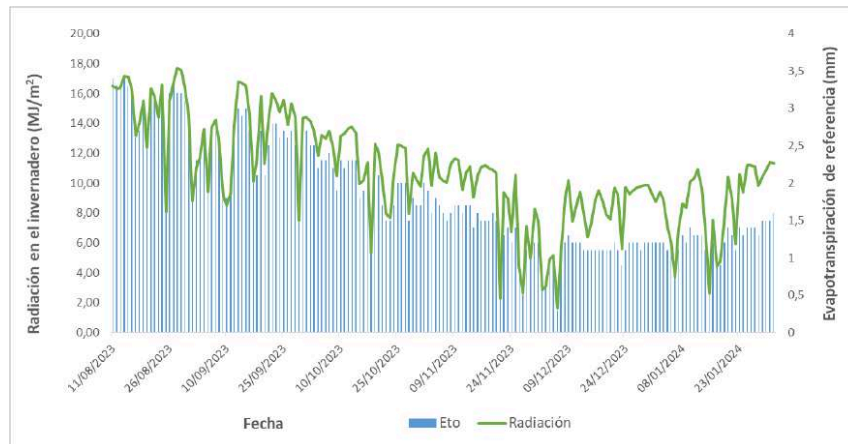


Fig. 4.14. Estación agroclimática del ICIA en la finca “La Planta”



También se tomaron datos de radiación total en la estación agrometeorológica del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias de la Finca “La Planta” en Güímar, (Fig 4.14.), perteneciente a la red SIAR del Ministerio de Agricultura, situada a 156 msnm y a una distancia de 650 metros de la parcela en línea recta. Usando estos datos, suponiendo un coeficiente de transmisividad de la malla del 67,5% (Santos et al., 2006) y suponiendo una velocidad del viento prácticamente nula se estimó la evapotranspiración del cultivo de referencia, ET_0 , según el método Penman-Monteith FAO, (Allen et al., 2006). En la siguiente gráfica (Fig 4.15.) se muestran estos datos:

Fig. 4.15. Evolución de la radiación y de la evapotranspiración de referencia (ET_0) dentro del invernadero.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



4.4. Diseño del experimento

El ensayo consistió en la colocación de tres estaciones, en las cuales se colocó una caja conectada a una garrafa debajo de un saco para medir el volumen de drenaje, así como un gotero directamente conectado a la garrafa para medir los volúmenes aportados. Como se mencionó anteriormente, cada saco de cultivo tiene 12 plantas. Las tres estaciones fueron colocadas en distintas zonas de la parcela para poder hallar un punto medio entre ellas que represente mejor el conjunto del cultivo en el invernadero (Fig. 4.16.).

- Estación 1: Colocada en el extremo suroeste del invernadero, colindaba con la pared sur del invernadero y con el camino principal.
- Estación 2: Situada en la zona central del invernadero, correspondiente al punto medio entre las otras dos estaciones.
- Estación 3: Situada al noreste del invernadero, estaba situada en el extremo cerca de la pared este del invernadero (con mayor incidencia del sol).

Cada emisor constaba de:

- Un emisor del mismo tipo que los usados para el riego de la parcela conectado mediante un microtubo a una garrafa de 25 litros. Con esto podemos calcular los volúmenes y tomar muestras de la solución nutritiva aportada. La garrafa estaba cubierta de una bolsa plástica negra para evitar el posible crecimiento de algas entre las tomas.
- Una bolsa de sustrato con una bandeja metálica debajo que recogía los drenajes y mediante una tubería de 16 mm se conectaba a una garrafa de 25 litros. Con esto podemos calcular los volúmenes y tomar muestras de la solución nutritiva de drenaje. La garrafa estaba cubierta de una bolsa plástica negra para evitar el posible crecimiento de algas entre las tomas.

4.5. Parámetros Analizados



Fig. 4.16. Estación del ensayo con una garrafa para recoger los aportes y otra para recoger el drenaje.



Fig. 4.17. Método de medición de las cantidades de solución y drenaje,

- Volúmenes de solución aportada en el riego y drenaje:

De forma semanal, durante el desarrollo del cultivo (desde el 18 de agosto de 2023 (semana 1) hasta el 1 de febrero de 2024 (semana 25), lo que hace un total de 167 días) se tomaron medidas semanales de los volúmenes de la solución nutritiva y de los drenajes. Se procuró que la toma de datos se hiciera aproximadamente a la misma hora de la mañana.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Para evitar problemas de derrame en la toma de datos de los drenajes, de forma diaria, el personal de la finca comprobaba el volumen de la garrafa correspondiente y en el caso que estuviera próxima a su capacidad máxima se conectaba a una segunda garrafa. En cada estación se colocaron garrafas de 25 l que iban conectadas a un gotero para medir la solución nutritiva y a una caja que recogía los drenajes. Las garrafas se comprobaban diariamente y, si alguna de ellas estaba cerca de alcanzar su límite, era sustituida por otra para que así las mediciones fueran correctas.

Se usó una báscula electrónica de 30 kg (± 5 g) para la obtención de los datos, previa resta del peso neto de los envases. Este método tiene una ventaja práctica respecto a estar midiendo los volúmenes con envases aforados en campo, ya que es más preciso y requiere de mucho menos tiempo al tratarse de una sola medida por garrafa de 25 litros (Fig. 4.17).

Con los datos de volúmenes se pudo determinar el porcentaje de drenaje:

$$\text{Porcentaje de drenaje (\%)} = 100 \cdot \frac{\text{Volumen drenado (l)}}{\text{Volumen aportado (l)}}$$

- **Análisis de la solución nutritiva aportada en el riego y drenaje:**

Una vez medidos los volúmenes de la solución nutritiva y de los drenajes, se tomaban muestras de las soluciones, previamente homogeneizadas en la misma garrafa, en envases de 1 l, previamente enjuagados en la misma solución. Las botellas se llenaron sin cámara de aire para evitar posibles variaciones de pH de la muestra. Cada botella era identificada con fecha y la estación donde era tomada y se enviaba al laboratorio para su posterior análisis. El laboratorio donde se analizaron las muestras fue EUROFINS ANÁLISIS AGRO, S.A. Los métodos analíticos usados fueron los descritos en la siguiente tabla (Tabla 4.6.):

Tabla 4.6. Parámetros medidos en las soluciones nutritivas y de drenaje.		
Parámetro	Metodología	Acreditación y Norma del procedimiento de ensayo
pH	Potenciometría	SM. 4500-H+B
CE (25°C)	Conductimetría	UNE-EN 27888:1994
Nitrato	Cromatografía iónica	UNE-EN ISO 10304-1
Sulfato	Cromatografía iónica	UNE-EN ISO 10304-1
Cloruro	Cromatografía iónica	UNE-EN ISO 10304-1
Calcio	Espectrometría ICP-ES	UNE-EN ISO 11885
Magnesio	Espectrometría ICP-ES	UNE-EN ISO 11885
Potasio	Espectrometría ICP-ES	UNE-EN ISO 11885
Sodio	Espectrometría ICP-ES	UNE-EN ISO 11885
Fósforo	Espectrometría ICP-ES	UNE-EN ISO 11885
Amonio	Espectrofotometría UV/-VIS	ISO 7150-1
Bicarbonato	Titulometría	No acreditado
Carbonato	Titulometría	No acreditado

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



A partir de los datos de las analíticas se realizaron los pasos de unidades correspondientes para tener los valores en mmol/l. Con esos datos se realizaron gráficos de evolución semanal donde se muestra la evolución de la concentración de dichos elementos tanto en la solución nutritiva como en el drenaje.

- Relación entre el aporte y el drenaje:

Como resultado de la absorción de nutrientes por las plantas, en el drenaje la concentración de los mismos varía respecto a la concentración inicial existente en el aporte. Dicha variación depende de factores tales como la concentración de la disolución aportada, la fracción de drenaje y la facilidad de absorción por parte del cultivo de dicho nutriente en los diferentes estados de desarrollo del mismo. Para calcular la relación de un determinado nutriente, empleamos la siguiente relación (Voogt & Sonnenveld, 1997):

$$\text{Porcentaje de concentración (\%)} = 100 \cdot \frac{\text{Concentración en drenaje } \left(\frac{\text{mmol}}{\text{l}}\right)}{\text{Concentración en aporte } \left(\frac{\text{mmol}}{\text{l}}\right)}$$

- Concentraciones de absorción:

En los sistemas de cultivo sin suelo el concepto de la concentración de absorción es una herramienta útil como método para estimar los nutrientes a incorporar en el agua de riego y mantener la concentración requerida para una óptima producción. Dichas concentraciones de absorción no son constantes durante el cultivo, sino que varían en función de la etapa de desarrollo y de las condiciones ambientales fundamentalmente. Para el cálculo de la misma se empleó la siguiente fórmula (Voogt & Sonnenveld, 1997):

$$C_{\text{absorción}} = \frac{(C_{\text{aporte}} \cdot V_{\text{aporte}}) - (C_{\text{drenaje}} \cdot V_{\text{drenaje}})}{V_{\text{aporte}} - V_{\text{drenaje}}}$$

Donde C = concentración (mmol/l) y V = volumen (l)

- Análisis foliar:

Se llevó a cabo un muestreo foliar con una frecuencia mensual, tomando para el análisis la cuarta hoja totalmente desarrollada de 20 plantas (Castell et al., 1993). Se tomaron 3 muestras, una en cada fila donde estaban situadas las estaciones de toma de datos. Las muestras se introdujeron en bolsas contenedoras de papel para su traslado al laboratorio en la misma mañana del muestreo.

Se determinaron macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio), micronutrientes (hierro, manganeso, cinc, cobre y boro) y sodio. Las muestras se. Se utilizó Espectrometría ICP-ES para la determinación de Na, K, Mg, Ca, P, Mn, Fe, Cu, Zn y B. El nitrógeno se determinó mediante el método Kjeldahl. Los datos de las analíticas foliares se utilizan para tener un control de la nutrición de la planta con las concentraciones realmente absorbidas.

- Consumos totales de cada elemento:

Se calculó el consumo de cada elemento en g/m² sabiendo que cantidad se había consumido en cada estación cada semana:

$$\text{Consumo de un nutriente (mmol)} = (C_{\text{aporte}} \cdot V_{\text{aporte}}) - (C_{\text{drenaje}} \cdot V_{\text{drenaje}})$$

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Donde C = concentración (mmol/l) y V = volumen (l)

Con este dato y sabiendo las masas molares de los elementos analizados podemos conocer la cantidad en gramos consumida de cada elemento. Una vez conocido esto, podemos determinar la cantidad de nutriente consumido por superficie (12 plantas por saco y 16 plantas/m²). Esto es útil para poder ser comparados con resultados de otras experiencias y para tener una idea de las extracciones del cultivo.

- Eficiencia del uso del agua:

A partir de los datos de aporte y drenaje se calculó la cantidad de agua efectivamente absorbida por la planta. Teniendo en cuenta que había 12 plantas por saco y que la densidad en la parcela era 16 plantas/m², se calculó el consumo semanal de agua en litros/planta y en litros/m² en las tres estaciones.

Para estudiar el empleo del agua desde el punto de vista productivo y económico, la eficiencia en uso de agua se puede expresar bien como litros de agua consumidos por kilogramo de fruta, o como gramos de fruta obtenido por litro de agua consumido (Sinclair et al., 1984, Waraich et al., 2011). Por otro lado, dicha eficiencia se puede referir tanto a la producción comercial fresca (EUA_f) o como producción comercial seca (EUA_s).

Para la obtención de la EUA referida a la producción comercial fresca en el presente estudio, se partió del consumo de agua durante el periodo de cultivo y la producción total de la parcela, dato suministrado por la empresa. El valor de EUA_f tal se calculó en litros de agua/ kg de fruta obtenido y en gramos fruto obtenido/litro de agua.

- Coefficiente de cultivo (K_c):

La evapotranspiración del cultivo ET_c se calcula como el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia, ET_o y el coeficiente del cultivo K_c: $ET_c (mm) = ET_o (mm) * K_c$. Por lo tanto, para hallar K_c, debemos dividir ET_c entre ET_o. La variable ET_o, que depende de las condiciones climáticas, está calculado en el apartado anterior y para ET_c se asume que es igual a los consumos de agua del cultivo. (Allen et al., 2006).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07

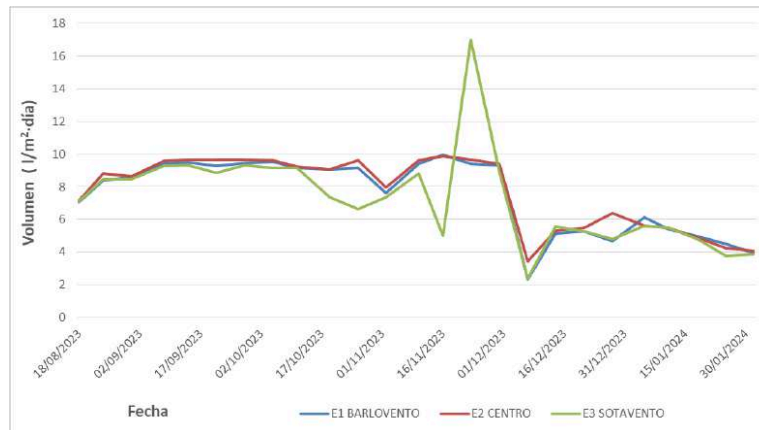


5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Volúmenes aportados y drenajes recogidos

En las siguientes gráficas se muestran la media diaria de volumen de solución nutritiva aportada por superficie (m^2) (Fig. 5.1.) y la media diaria de volumen de drenaje recogido por superficie (m^2) (Fig. 5.2.) de cada estación. Finalmente, en la tabla a continuación (Tabla 5.1.) se muestran las medias totales del ensayo de la solución aportada y de los volúmenes recogidos en cada estación.

Fig. 5.1. Aportes semanales de solución nutritiva en las tres estaciones del estado.



En cuanto a los volúmenes aportados de solución nutritiva se puede observar que fueron bastante similares entre las tres estaciones. En la estación 3 se observa un menor aporte en las semanas 10, 11 y 14 y un mayor aporte en la semana 15. Esto pudo ser debido a fallos en el emisor del que se tomaban los datos. El aporte se mantuvo en el entorno de los 9 – 10 l/m^2 -día desde la semana 4 hasta la 16 donde se bajó a 4 – 6 l/m^2 -día.

Respecto a los drenajes recogidos (Fig. 5.2.), si se observó una mayor disparidad en las gráficas debido a la diferencia de las tasas de evapotranspiración de las plantas. La estación 2, correspondiente a la zona central de la parcela tiene un porcentaje de drenaje un 20% mayor que la 1 y la 3 situada en zonas de mayor demanda. En el diseño del ensayo esto pudo suceder por diversos motivos: la zona del invernadero donde se encuentran puede provocar diferencias en la radiación, viento y/o temperatura, además de una pequeña diferencia entre el estado vegetativo. Se encuentra hasta un 20% más de drenaje en la estación 2, la central, que en la estación 3. Cabe destacar que la estación 2 era la que más protegida estaba del viento y la estación 3 estaba completamente pegada a la pared del invernadero que más sol recibía, lo que aumenta la evapotranspiración. Estas diferencias son la razón principal por la que el diseño del ensayo se realizó de esa manera, para así tener un muestreo más representativo del cultivo.

Como se observa en la Tabla 5.1., la media diaria de volúmenes aportados entre las tres estaciones no tuvo una diferencia mayor de 6%. La aportación de solución nutritiva disminuyó considerablemente a partir de la semana 17 del ensayo (14 de diciembre) en las tres estaciones por igual. Puede deberse al estado vegetativo en el que se encontraba la planta y a que la temperatura y las horas de luz en ese punto del ensayo ya habían disminuido considerablemente respecto al inicio.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Fig. 5.2. Media diaria de los volúmenes de los drenajes recogidos semanalmente en las tres estaciones del ensayo.



	Dato	Media (l/m ² -día)	Total (l/m ²)
ESTACIÓN 1	Solución	5,59	973,46
	Drenaje	3,49	607,04
	% Drenaje	62,36	
ESTACIÓN 2	Solución	5,76	1001,66
	Drenaje	3,76	654,41
	% Drenaje	65,33	
ESTACIÓN 3	Solución	5,45	949,13
	Drenaje	3,11	541,42
	% Drenaje	57,04	
DATOS MEDIOS	Solución	5,6	974,75
	Drenaje	3,45	600,96
	% Drenaje	61,6	
	Consumo	2,15	373,79

El volumen medio total de solución nutritiva aportada son 974,75 l/m² y el volumen medio total de drenaje recogido son 600,96 l/m². El consumo medio fue de 373,79 l/m² en 167 días lo que equivale a un consumo promedio al día de 2,14 l/m²-día. Santos et al. (2020) en ciclo de otoño-invierno (recolección 29 diciembre – 5 junio, 199 días) obtuvo 230 l/m², equivalentes a un consumo promedio de 1,2 l/m²-día.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Gavilán et al (2015) en cultivo bajo plástico en Huelva usando lisímetros de drenaje, con un gasto de 550 l/m² tuvieron un drenaje de 90 l/m² en un ciclo de otoño de 242 días (1,9 l/m²-día). Bar Yosef (2008) señala un aporte entre 389 y 445 l/m² en sistemas sin suelo semi-cerrados.

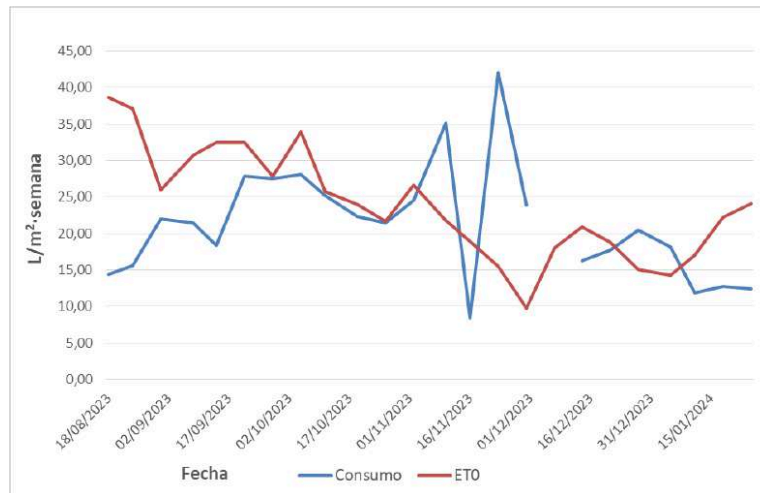
Los valores de drenaje (57 – 62%) son altos comparados con los obtenidos por Santos et al. (2020) con un valor medio del 42%. Aunque el drenaje se recoge y se reutiliza en otros cultivos, esa alta cantidad puede provocar problemas de falta de oxigenación y proliferación de patógenos por un posible exceso de humedad.

Por otra parte, la colocación de las estaciones de medida de drenaje de la finca en los extremos de las filas, ubicaciones con más demanda evaporativa como se desprende de los datos de la estación 3, puede hacer que se aporte una dosis algo más alta que la necesaria para el cultivo en general.

En la figura siguiente (Fig. 5.3) se compara el consumo neto de agua y la ET₀ calculada. Se observa que siguen una dinámica parecida, salvo en las semanas 15 a 17 donde se siguió bajando el aporte de agua aunque hubo una subida notable de ET₀.

Fig. 5.3. Evolución semanal del consumo y de la ET₀.

No se presentan los datos de la semana 17 al ser los valores de los aportes menores que los de los drenajes.



La relación entre el consumo y ET₀, o coeficiente de cultivo (Fig 5.4.), estuvo en el entorno de 0,95 desde la semana 2 hasta la 22, salvo las semanas 13 a 17. Gavilán et al. (2015) dieron un valor de 0,8 -1,0 para el periodo de plena fructificación en cultivo de otoño bajo plástico en Huelva mientras que Trout & Gartung (2003) señalaron un valor de 1,25 por encima del cual no parecía subir la producción en California en cultivo en suelo al aire libre. Allen et al. (1994) dan un valor máximo de Kc de 0,85.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

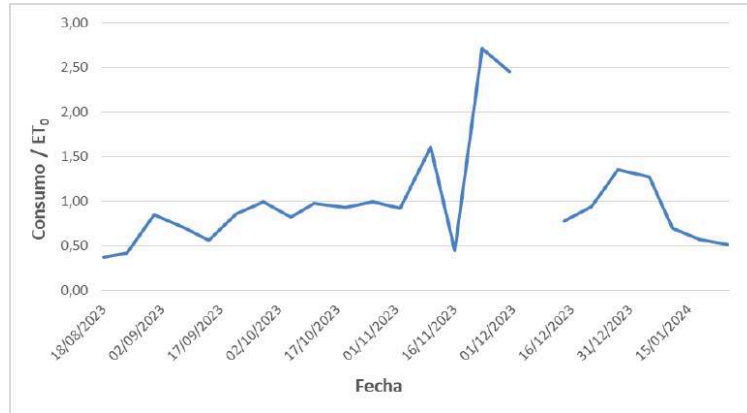
Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Fig. 5.4. Evolución del Kc (Consumo/ET₀)

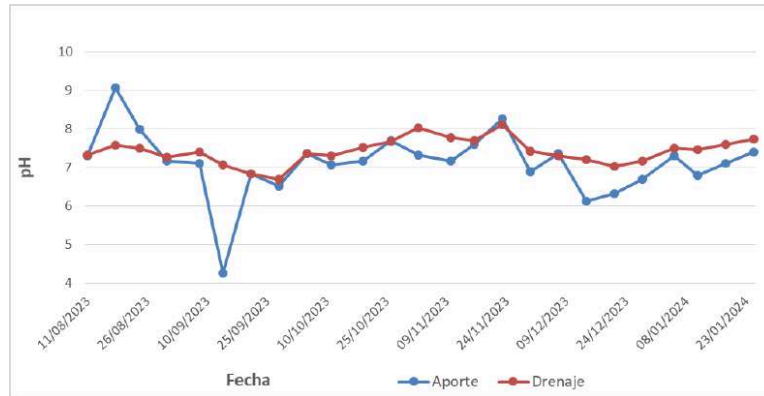


5.2. Composición química de la solución nutritiva y drenajes

5.2.1. pH y CE

En la [Tabla 5.2](#) podemos observar los rangos de pH y el pH medio durante la experiencia, y en la gráfica a continuación ([Fig. 5.5](#);) se muestra la evolución del pH durante la duración del ensayo tanto en el drenaje como en la solución nutritiva.

Fig. 5.5. Evolución semanal del pH (media de las 3 estaciones) en la solución nutritiva y en el drenaje.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



pH	Rango*	Media		CE	Rango*	Media
Aporte	4,27-9,07	7,12		Aporte	0,89-2,06	1,17
Drenaje	6,70-8,10	7,42		Drenaje	1-1,61	1,30

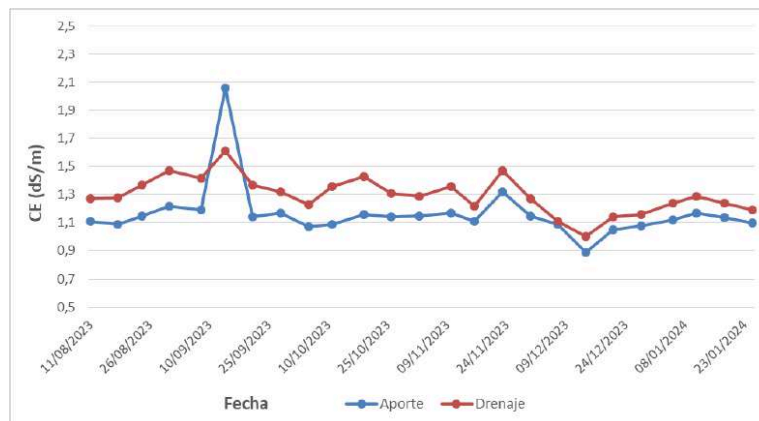
*Rango: valores extremos medidos en alguna de las 3 estaciones

A la hora de interpretar los datos de pH hay que tener en cuenta que el contenido en bicarbonatos del agua de riego puede hacer de solución tampón volviendo a subir el valor de ese parámetro tras un tiempo. Esto puede estar ayudado al ser el dato de una solución que se está recogiendo durante una semana y que está abierta al aire por lo que es de esperar cambios en el pH.

El valor medio de pH en la solución fue 7,12 durante todo el ensayo. En la semana 5 se observa una bajada del pH que junto con una subida brusca de la CE hace pensar que hubo un problema en la inyección. Maroto & López (1988) mencionan que se obtienen los resultados óptimos en fresa con un pH entre 5,7 y 6,0. Ríos & Santos (2012) recomiendan que el pH de la solución nutritiva se encuentre entre 5,5 y 6,5 para la correcta absorción de nutrientes.

En lo referente al valor en el drenaje, los valores fueron bastante similares a los determinados en la solución de aporte, 0,3 unidades por encima como valor medio durante todo el periodo. Aunque se considera que los valores en los pH de drenaje deben estar entre 0,5 y 1,0 unidades por encima de los aportes (Ríos & Santos, 2012), esta diferencia tan baja se puede deber a los altos porcentajes de drenaje en la experiencia.

Fig. 5.6. Evolución semanal del valor de la CE en la solución nutritiva y en el drenaje.



En lo referente a la CE (Fig.5.6) los valores estuvieron en el entorno de 1,1 dS/m salvo en la semana 15 (1,3dS/m) y la 18 (0,9 dS/m). El dato de la semana 5 (2,1 dS/m) junto con el pH (por debajo de 5,0) indican claramente un problema puntual del automatismo en alguno de los días de la semana. Los valores de CE encontrados en la experiencia no deberían causar demasiados problemas de estrés salino a la fresa y está dentro de lo recomendado por diversos autores (Wilson, 1997, Van der Lugt, 2020, Santos et al., 2020). Bar Yosef (2008) señala que, en sistemas sin suelos semicerrados con riego con muy alta frecuencia, la fresa puede soportar hasta 2,5 dS/m.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Las soluciones nutritivas recomendadas para una buena calidad de la fruta están entre 1,4 y 1,8 dS/m (Paranpje et al., 2003). Gallace et al. (2017) encontraron que el cultivar Portola, el usado en esta experiencia, se comporta mejor con una CE entre 1,2 y 1,6 dS/m. Estos autores señalaron que existen claras diferencias varietales en fresa en la tolerancia a la salinidad.

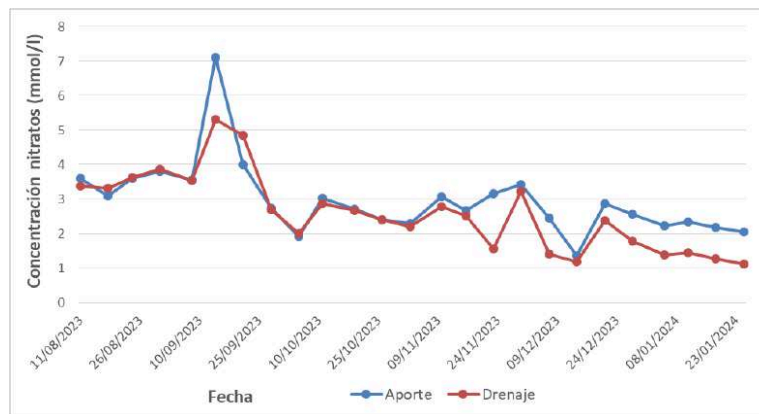
El valor de la CE del agua (0,724 dS/m) y la del aporte (1,2 dS/m) hace que los aportes de fertilizantes no sean altos, pudiéndose considerar para una subida de CE de $1,2 - 0,724 = 0,476$ dS/m un aporte total de 0,405 g/l o 405 mg/l de abonos, usando un factor 0,85 para pasar de CE a concentración total de sales (Santos & Ríos, 2016). Esto se verá reflejado en los valores absolutos de las concentraciones de aporte de todos los macronutrientes.

La CE del drenaje se mantuvo 0,15 unidades por encima del valor del aporte (eliminando el dato de la semana 5). Este valor tan bajo se corresponde con los altos valores de drenaje que observaron durante el ensayo.

5.2.2. Nitratos

- Concentraciones de aporte y drenaje:

Fig 5.7. Evolución semanal del valor medio de la concentración de nitratos en la solución nutritiva y en los drenajes.



La concentración aportada de nitratos se mantuvo por encima de 3 mmol/l hasta la semana 7. Durante las semanas 4, 5 y 6, la concentración subió por encima de los 4 mmol/l con un valor máximo en la semana 4 de 5,3 mmol/l. Este valor en particular debe tomarse con precaución debido a la bajada de pH observada. A partir de la semana 7, los valores de nitrato comenzaron a bajar hasta alcanzar 2 mmol/l en la semana 13 y seguir entre 1 y 2 mmol/l hasta el final del ensayo (Fig. 5.7)

Santos et al. (2020) señalan unos valores de 8,0 mmol/l los primeros 3 meses y 7,0 mmol/l a partir de esa fecha. Wilson (1997) invierte estos valores: 7,0 mmol/l al principio y 8,6 mmol/L en fructificación. Van der Lugt et al. (2020) suben hasta 12 mmol/l. Por otra parte, Cantliffe et al. (2007) señalaron que niveles entre 2,9 y 5,7 mmol/l de N son suficientes para obtener buenas producciones y que por encima de esos valores ya pueden haber bajadas en los contenidos de sólidos totales disueltos.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Las diferencias entre estas concentraciones y las del aporte en la parcela están influenciadas por la decisión de mantener una CE de consigna baja. La baja CE de consigna va a hacer que las concentraciones en los aportes en general fueran bastante más bajas que en los valores recomendados.

Tabla 5.3. Relaciones mensuales entre el aporte y el drenaje de nitratos.

Mes (Nitratos)	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Media
Aporte (mmol/l)	3,52	4,35	2,52	2,92	2,30	2,20	
Drenaje (mmol/l)	3,55	4,09	2,48	2,46	1,69	1,30	
Drenaje/Aporte (%)	100,64	94,01	98,58	84,02	73,22	59,35	86,41

La acumulación media en el drenaje frente a los valores en aporte fue del 86,4% (Tabla 5.3) mayor que la encontrada por Santos et al. (2020) que fue del 59% y a la reportada por Peralbo et al. (2005). De forma general se intenta mantener aproximadamente del 100 % de acumulación en los drenajes (Vega & Raya, 1997, Bauxauli & Aguilar, 2002).

Fig. 5.8. Evolución semanal de la concentración de absorción de nitratos.



- Concentración de absorción:

La concentración de absorción media encontrada en la experiencia fue 3,5 mmol/l, oscilando normalmente entre 1,8 y 5,0 mmol/l (Fig. 5.8). Estos valores fueron bastante menores que el encontrado por Santos et al. (2020), 7,1 mmol/l o el de Lieten & Missoten (1993), 14,98 mmol/l. Estos valores tan bajos no se corresponden como se verá a continuación con valores bajos de consumo, lo que es debido a la mayor cantidad de consumo de solución nutritiva por parte de la planta. Tampoco se observó en ninguna de las determinaciones que los valores de nitrógeno foliar con valores entre el 2,8 y el 3,4%, estuvieran por debajo de los valores de referencia marcados por Pomares (1993) y Trello & Gómez (2014).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



5.2.3. Fosfatos

- Concentraciones de aporte y drenaje:

Se observa que hasta la semana 15 los valores de aporte estuvieron en el entorno de 0,3 – 0,4 mmol/l (de nuevo sin contar los datos de la semana 5. A partir de la semana 15 suben los aportes hasta 1,0 mmol/l. (Fig 5.9). Tanto para los aportes como para los drenajes, debe tenerse en cuenta que los valores relativamente altos de pH y la periodicidad semanal de recogida pueden haber influido en las concentraciones determinadas. Santos et al. (2020) recomienda un aporte de 0,9 mmol/l los primeros 3 meses y 0,7 mmol/l a partir de esa fecha. Wilson (1997) y Van der Lugt et al. (2020) suben hasta 1,0 mmol/l.

Fig 5.9. Evolución semanal del valor medio de la concentración de fosfatos en la solución nutritiva y en los drenajes.

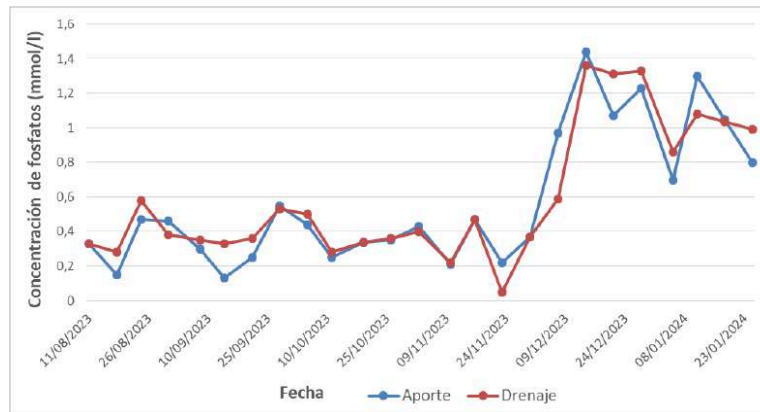


Tabla 5.4. Relaciones mensuales entre el aporte y el drenaje de fosfatos.

Mes (Fosfatos)	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Media
Aporte (mmol/l)	0,35	0,31	0,35	0,34	1,18	0,93	
Drenaje (mmol/l)	0,39	0,39	0,37	0,30	1,15	0,98	
Drenaje/Aporte (%)	111,18	128,40	106,37	89,09	97,71	104,65	111,60

Los valores de los drenajes se mantienen muy cercanos a los de los aportes durante todo el periodo considerado. La acumulación en el drenaje fue del 111% (Tabla 5.4). Santos et al. (2020) obtuvieron un 41%, mientras que Peralbo et al. (2005) encontraron valores medios algo mayores, superiores al 60%. En general se trabaja con acumulaciones entre el 75 y el 100% de la concentración (Vega & Raya, 1997, Bauxauli & Aguilar, 2002).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



- Concentración de absorción:

La concentración media de absorción de fosfatos fue de 0,54 mmol/l con valores entre 0,1 y 1,1 mmol/l (Fig. 5.10). Santos et al. (2020) obtuvieron una concentración superior, 0,78 mmol/l, del mismo modo que Lieten & Missoten (1996), con 1,4 mmol/l. De nuevo, esta baja concentración de absorción se compensó con el mayor consumo de solución nutritiva, teniendo consumos equivalentes a otros de la bibliografía y valores foliares entre el 0,23 y 0,39%, por encima del crítico y en la zona baja de los valores óptimos (Pomares, 1993, Trello & Gómez, 2014).

Fig. 5.10. Evolución semanal de la concentración de absorción de fosfatos.



5.2.4. Potasio

- Concentraciones de aporte y drenaje:

En el caso del potasio, los valores de aporte hasta la semana 6 estuvieron en el entorno de 1,0 mmol/l, subiendo en la semana 8, 9 y 10 hasta 1,5 mmol/l (Fig. 5.11). Luego vuelven a bajar hasta quedar ligeramente por debajo de 1 mmol/l hasta la semana 17 en que se comenzó a aportar más potasio, de 1,5 a 2,0 mmol/l.

Estos valores podrían considerarse bajos en valores absolutos, recomendándose desde 4,0 – 4,5 mmol/l (Santos et al., 2020) hasta 5,5 mmol/l (Wilson, 1997, Van der Lugt, 2020). Lieten (2006) encontró que concentraciones bajas de K (2 mmol/l) junto con valores altos de Ca (4,5 mmol/l), las plantas mostraban algunos síntomas de carencia de potasio (necrosis del cáliz y sintomatología en hojas). Asimismo, las frutas tenían un color más brillante pero una peor dureza y valores más bajos de azúcares.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

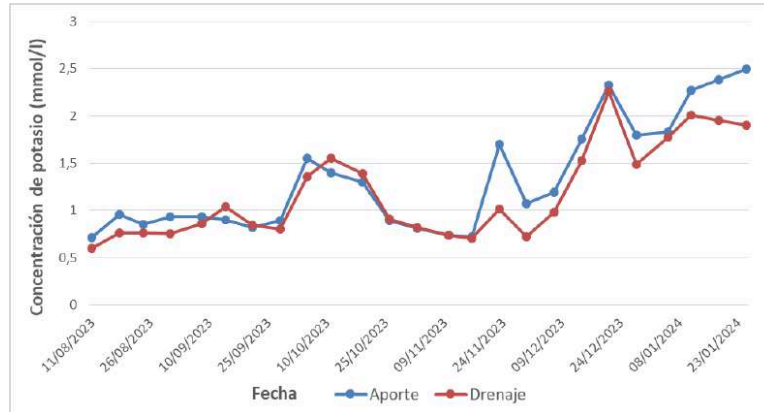
Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Fig. 5.11. Evolución semanal del valor medio de la concentración de potasio en la solución nutritiva y en los drenajes.



La concentración en los drenajes se mantuvo muy parecida a la del aporte hasta la semana 14 en que se mantuvo en un valor del 18% por debajo del aporte. Como en el caso del nitrógeno, esto puede indicar una mayor demanda de potasio por parte del cultivo. La media de acumulación en el drenaje en el ensayo fue del 90,8% de la concentración del aporte (Tabla 5.5). Peralbo et al. (2005) y Santos et al. (2020) obtuvieron una acumulación en el drenaje del 58% de la concentración del aporte. De forma general se recomienda en sistemas de ciclo abierto que la concentración en el drenaje esté en el entorno del 75 al 100% (Vega & Raya, 1997, Bauxauli & Aguilar, 2002).

Mes (Potasio)	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Media
Aporte (mmol/l)	0,86	0,88	1,28	1,01	1,77	2,20	
Drenaje (mmol/l)	0,72	0,88	1,30	0,80	1,56	1,90	
Drenaje/Aporte (%)	83,25	99,98	101,41	79,09	88,31	86,16	90,84

- Concentración de absorción:

La concentración de absorción en la experiencia fue relativamente baja: 1,58 mmol/l, oscilando entre 0,7 y 2,3 mmol/l (Fig. 5.12). Santos et al. (2020) obtuvo un valor medio de 4,3 mmol/l mientras que Lieten & Missoten (1993) encontró un valor medio de 5,0 mmol/l. En este caso, como se comentó anteriormente si se consideraría un valor bajo con riesgo de problemas de deficiencias, ya que los valores foliares (0,99 – 1,60%) estuvieron siempre por debajo de los valores óptimos (1,5 – 2,5%) (Trello & Gómez, 2014) y en varios meses, muy cerca del crítico (1%) (Pomares, 1993).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Fig. 5.12. Evolución semanal de la concentración de absorción de potasio.



5.2.5. Calcio

- Concentraciones de aporte y drenaje:

La concentración de calcio aportada se mantuvo en el entorno de 4,0 mmol/l durante todo el periodo salvo en la semana 5 en que subió hasta superar los 7 mmol/L (Fig. 5.13). Esto indicaría que los valores anómalos de esa semana (bajo pH, alta CE, alto contenido en nitratos) podría implicar un problema en el tanque del calcio del cabezal.

Las concentraciones de calcio recomendadas estarían en 2,7 mmol/l en los 3 primeros meses y 2,2 mmol/l desde ese momento hasta el final del cultivo (Santos et al., 2020) hasta 3,0 - 3,75 mmol/l (Van der Lugt et al., 2020, Wilson, 1979).

Al comparar los aportes de calcio y de potasio, Adak (2019) encontró que el valor para una mayor producción y menores problemas de carencias de calcio fue 0,78. Según este autor, cuanto más alta sea esa relación, mayor riesgo de carencia de calcio. Arshad et al. (2015) encontraron una bajada en la cantidad de vitamina C, antocianinas, capacidad antioxidante, sólidos totales disueltos (TSS) y relación TSS/acidez titulable, cuando la relación K/Ca bajaba de 1,4. Lieten & Missoten (1993) obtuvieron valores de la relación K/Ca entre 0,89 y 1,35. En la experiencia nunca se alcanzaron esos valores, con medias de 0,38 en el aporte y de 0,30 en el drenaje, con valores máximos de 0,76 y 0,50, respectivamente (Tabla 5.6).

	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Media
Aporte	0,23	0,24	0,46	0,25	0,5	0,66	0,38
Drenaje	0,16	0,17	0,38	0,25	0,39	0,49	0,5

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Fig. 5.13. Evolución semanal del valor medio de la concentración de calcio en la solución nutritiva y en los drenajes.

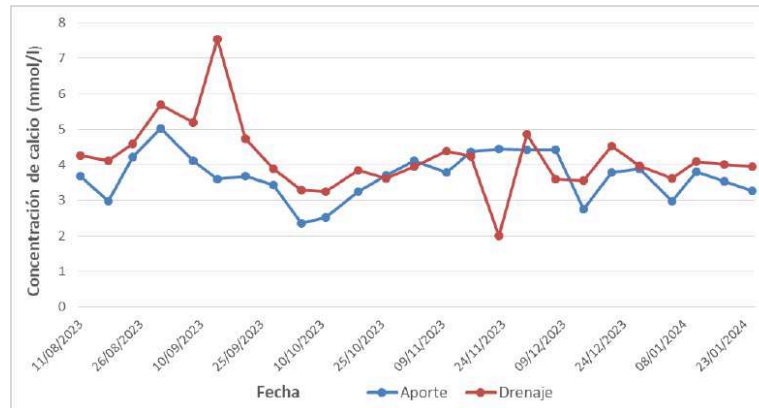


Tabla 5.7. Relaciones mensuales entre el aporte y el drenaje de calcio.

Mes (Calcio)	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Media
Aporte (mmol/l)	3,97	3,71	2,95	4,23	3,71	3,36	
Drenaje (mmol/l)	4,67	5,34	3,50	3,89	3,91	3,88	
Drenaje/Aporte (%)	117,51	143,91	118,45	92,04	105,34	115,63	114,97

Con respecto a los drenajes, la concentración se mantuvo por encima hasta la semana 10, un 23% por encima. Desde la semana 10, las concentraciones de drenaje y de solución se igualan prácticamente, indicando de nuevo una mayor demanda de nutrientes por parte del cultivo. El porcentaje medio de acumulación en los drenajes fue del 115% (Tabla 5.7). Peralbo et al. (2005) y Santos et al. (2020) obtuvieron valores menores, del 59 – 60%.

La concentración de nutrientes divalentes se concentra más en los drenajes que en los monovalentes (Bar Yosef, 2008, Sonnenveld & Voogt, 2009), siendo normales valores entre el 125 y el 200% (Vega & Raya, 1997, Bauxauli & Aguilar, 2002). Los altos porcentajes de drenaje pueden haber causado estos valores relativamente bajos con respecto a los aportes.

- Concentración de absorción:

En la experiencia se obtuvo un valor de 2,9 mmol/l de Ca, oscilando de forma normal entre 1,1 y 4,7 mmol/l (Fig. 5.14). Mientras Santos et al. (2020) tuvieron un valor medio de concentración de absorción de 2,75 mmol/l, el obtenido por Lieten & Missoten (1993) era mayor: 5,75 mmol/l. Estos valores fueron similares a los encontrados por Santos et al. (2020). Los valores foliares (0,44 – 0,77%) estuvieron por encima del valor crítico (0,3%) (Pomares, 1993), aunque por debajo del óptimo (1,0 – 2,0%) (Trello & Gómez, 2014). Esto puede ser debido al muestreo (última hoja recién formada) y a la distribución del calcio en la planta (Sonnenveld & Voogt, 2009).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Fig. 5.14. Evolución semanal de la concentración de absorción de calcio.



5.2.6. Magnesio

- Concentraciones de aporte y drenaje:

La concentración de aporte fue relativamente constante en el entorno de 4,0 – 4,5 mmol/l hasta la semana 16 en que baja a 3 mmol/l. (Fig. 5.15). En este caso, debe tenerse en cuenta que el agua de riego ya proporciona una cantidad significativa (0,8 mmol/l) y que un cambio en la calidad del agua de riego influirá en el aporte total de magnesio.

Andriolo et al. (2010) encontraron mejores comportamientos con soluciones nutritivas con relaciones $K^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$ entre 0,52 y 0,78 desde el punto de vista productivo sin demasiadas diferencias en cuestiones de calidad. Lieten & Missoten (1993) obtuvieron relaciones $K^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$ entre 0,76 y 1,44. La relación $K^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$ durante la experiencia estuvo en 0,18 en el aporte y en 0,14 en el drenaje con valores máximos que no alcanzaron en ningún momento valores superiores a 0,40 (Tabla 5.8).

Los drenajes de magnesio estuvieron en valores ligeramente superiores a los aportes durante todo el periodo, salvo en momentos puntuales (semana 7 y 15). La acumulación media durante el periodo fue del 112%, bastante constante durante todo el periodo (Tabla 5.9). Este valor fue algo menor al obtenido por Santos et al. (2020), un 129%.

Las acumulaciones normales mayores en los drenajes, hasta casi doblar o triplicar los valores de los aportes (Vega & Raya, 1997, Bauxauli & Aguilar, 2002, Sonnenveld & Voogt, 2009) suelen estar ligadas a porcentajes de drenajes en el entorno del 20 – 30%.

	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Media
Aporte	0,11	0,11	0,18	0,12	0,27	0,33	0,38
Drenaje	0,08	0,09	0,16	0,1	0,21	0,25	0,15

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Fig. 5.15. Evolución semanal del valor medio de la concentración de magnesio en la solución nutritiva y en los drenajes.

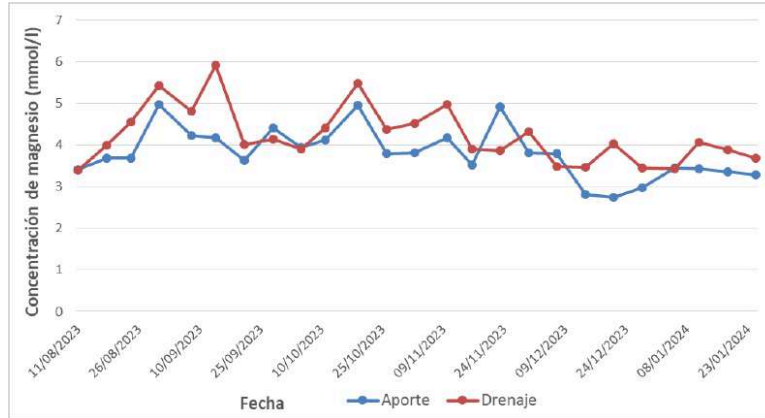
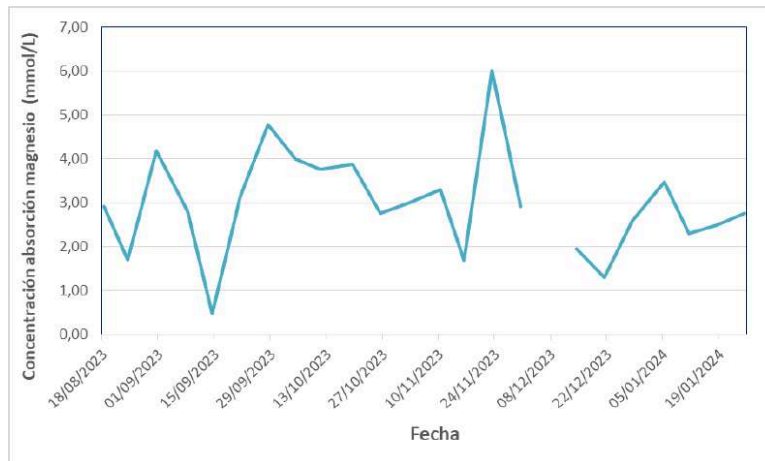


Tabla 5.9. Relaciones mensuales entre el aporte y el drenaje de magnesio.

Mes (Magnesio)	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Media
Aporte (mmol/l)	3,94	4,11	4,20	4,05	3,08	3,39	
Drenaje (mmol/l)	4,34	4,73	4,55	4,32	3,61	3,73	
Drenaje/Aporte (%)	110,33	114,96	108,17	106,51	117,27	110,16	112,36

Fig. 5.16. Evolución semanal de la concentración de absorción de magnesio.



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



- Concentración de absorción:

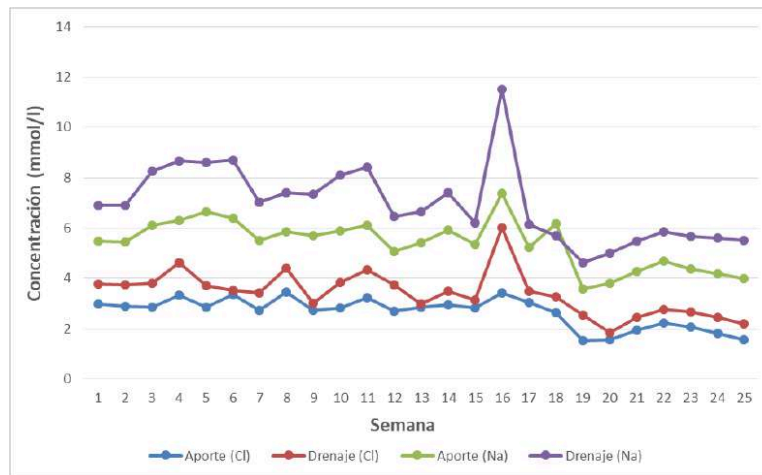
La concentración media de absorción de magnesio en la experiencia fue 2,99 mmol/l, oscilando normalmente entre 1,8 y 4,5 mmol/l (Fig 5.16). Este valor es más alto que lo consultado en la bibliografía: Santos et al. (2020) obtuvieron 0,4 mmol/l y Lieten & Missoten (1993), 1,7 mmol/l. Los valores foliares de magnesio que se midieron durante la experiencia (0,30 – 0,41%) estuvieron durante todo el periodo por encima de los valores críticos (Pomares, 1993) y en la zona baja de los valores óptimos (Trello & Gómez, 2014).

5.2.7. Sodio y Cloruros

- Concentraciones de aporte y drenaje:

Tanto los aportes de sodio como de cloruros corresponden a los contenidos del agua de riego (Fig. 5.17). En ese sentido, el agua parece haber tenido unos contenidos relativamente estables hasta la semana 14 (5-6 mmol/l Na y 3 mmol/l Cl). En la semana 14 hubo una subida en los valores de estos iones que podría corresponderse a un cambio puntual en el agua de riego, ya que no hubo grandes diferencias en los aportes y drenajes con respecto a la semana anterior.

Fig. 5.17. Evolución semanal del valor medio de la concentración de sodio y cloruros en la solución nutritiva y en los drenajes.



La fresa parece ser más sensible a cloruros que al sodio, con problemas crecientes a partir de 4 - 5 meq/l (Suarez & Grieve, 2013), existiendo diferencias varietales importantes, siendo el nivel de tolerancia de 'Ventana' 8,1 meq/l. Con los niveles de cloruros en la solución no debería haber problemas por ese ion.

Con respecto a los drenajes siempre estuvieron en valores mayores que los aportes. En la semana 15 con la subida en el aporte se alcanzó un 50% de subida de la concentración. En ambos casos, la acumulación en el drenaje fue del 129% (Tabla 5.10). De forma normal, estos iones se suelen concentrar entre un 200 y un 300% (Sonnenveld & Voogt, 1996, Vega & Raya, 1997, Bauxauli & Aguilar, 2002).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

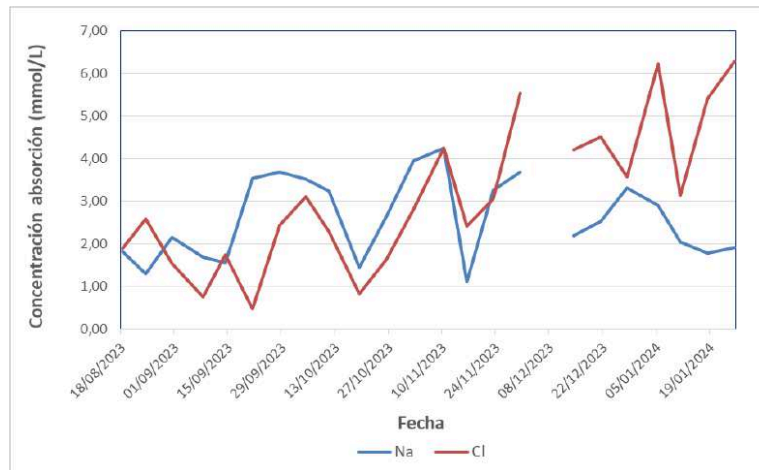
Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Tabla 5.10. Relaciones mensuales entre el aporte y el drenaje de sodio y cloruros.							
Mes (Sodio)	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Media
Aporte (mmol/l)	5,83	6,10	5,69	5,86	4,46	4,34	
Drenaje (mmol/l)	7,68	7,93	7,57	7,58	5,20	5,69	
Drenaje/Aporte (%)	131,76	130,04	133,04	129,53	116,56	131,00	128,71
Mes (Cloruros)	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Media
Aporte (mmol/l)	3,02	3,10	2,87	3,02	1,92	1,95	
Drenaje (mmol/l)	3,99	3,77	3,73	3,82	2,53	2,54	
Drenaje/Aporte (%)	132,06	121,29	129,95	126,29	131,74	130,52	129,28

Fig. 5.18. Evolución semanal de la concentración de absorción de sodio y cloruros



- Concentración de absorción.

Las concentraciones de sodio y cloruros siguen aproximadamente un mismo patrón hasta finales de noviembre donde ya no están tan asociadas. Esto podría indicar un cambio en el agua de origen (Fig. 5.18). La concentración de absorción de sodio media fue 2,83 mmol/l con intervalos normales entre 1,4 y 4,2 mmol/l. En el caso del cloruro, la concentración de absorción fue 4,36 mmol/l y sin soler bajar de 1,4 mmol/l. La subida durante el periodo es debida a un empeoramiento de la calidad del agua de riego. Los valores de sodio foliar (408 – 671 pmm) estuvieron por encima de lo recomendado (menos de 300 ppm) (Trello & Gómez, 2014). No se analizó el cloro foliar.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



5.3. Consumos totales de cada elemento

Un factor a tener en cuenta a la hora de comparar consumos de nutrientes, es que hay diferencias notables entre cultivares. Agüero & Kirschbaum (2013) encontraron diferencias en las dosis óptimas de “Camarosa” y “Candongá” de un 20% (19,3 g/m² frente a 15,0 g/m²). Por otra parte, el ciclo de cultivo (duración y condiciones de cultivo) también tiene una gran influencia en los valores del consumo de nutrientes (Caruso et al., 1997).

El consumo de nitrógeno en la experiencia fue 24,17 g/m², dentro de lo referenciado por Domenech (1987) y algo superior a lo encontrado por Santos et al. (2020) (Tabla 5.11, Fig. 5.19). Los valores de Lieten & Missoten (1993) y de Roselló (1990) fueron considerablemente menores. Agüero y Kirschman obtuvieron consumos entre 15,0 y 19,3 g/m², mientras que Bar Yosef (2008) da valores entre 19 y 24 g/m² en un sistema semicerrado.

En cuanto al fósforo, con 7,68 g/m², el consumo fue ligeramente superior al encontrado por Santos et al. (2020), similar a los valores de Domenech (1987) y bastante superior a los de Lieten & Missoten (1993) y Roselló (1990).

Tabla 5.11. Consumos totales de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio (g/m²) encontrados en el ensayo comparados con datos de la bibliografía.

Referencia	N	P	K	Ca	Mg
Domenech (1987)	22,5 - 27,5	2,5 - 4,6	23,2 - 26,5	--	4,8 - 7,3
Roselló (1990)	11,3-15,4	1,8 - 2,0	11,0 - 17,6	--	2,7 - 3,3
Lieten & Missoten (1993)	12,5	1,7	15,8	5,6	1,4
Santos et al. (2020)	22,2	4,8	25,5	22,1	2,2
Ensayo	24,17	7,68	26,48	56,35	35,54

El consumo total de potasio fue 26,48 g/m², similar al encontrado por Santos et al. (2020), dentro de los intervalos de Domenech (1987) y bastante superior a los valores dados por Roselló (1990) y Lieten & Missoten (1993). La razón de que el consumo de potasio está dentro de lo normal y la concentración de absorción fuera baja se puede encontrar en el alto volumen de solución nutritiva efectivamente consumida por el cultivo.

El consumo de calcio (56,35 g/m²), fue muy superior al encontrado por Santos et al. (2020) y a los valores del resto de referencias (Domenech, 1987, Roselló, 1990, Lieten & Missoten, 1993, Bar Yosef, 2008) que no superaron 10 g/m². Los valores de consumo de calcio en tomate en picón también resultaron bastante más altos que los referenciados en bibliografía (Pérez et al., 2008). El alto consumo de calcio puede estar relacionado con el alto consumo de agua (Sonnenveld & Voogt, 2009).

El consumo de magnesio, con 35,54 g/m² también fue muy superior a los datos encontrados en bibliografía, que no superaron los 8 g/m². Caruso et al. (1997) y Tagliavini et al. (2003) encontraron que al subir los aportes de magnesio y de calcio en la solución nutritiva, aumentaba la absorción, pudiendo llegar a unos niveles de “consumo de lujo”.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

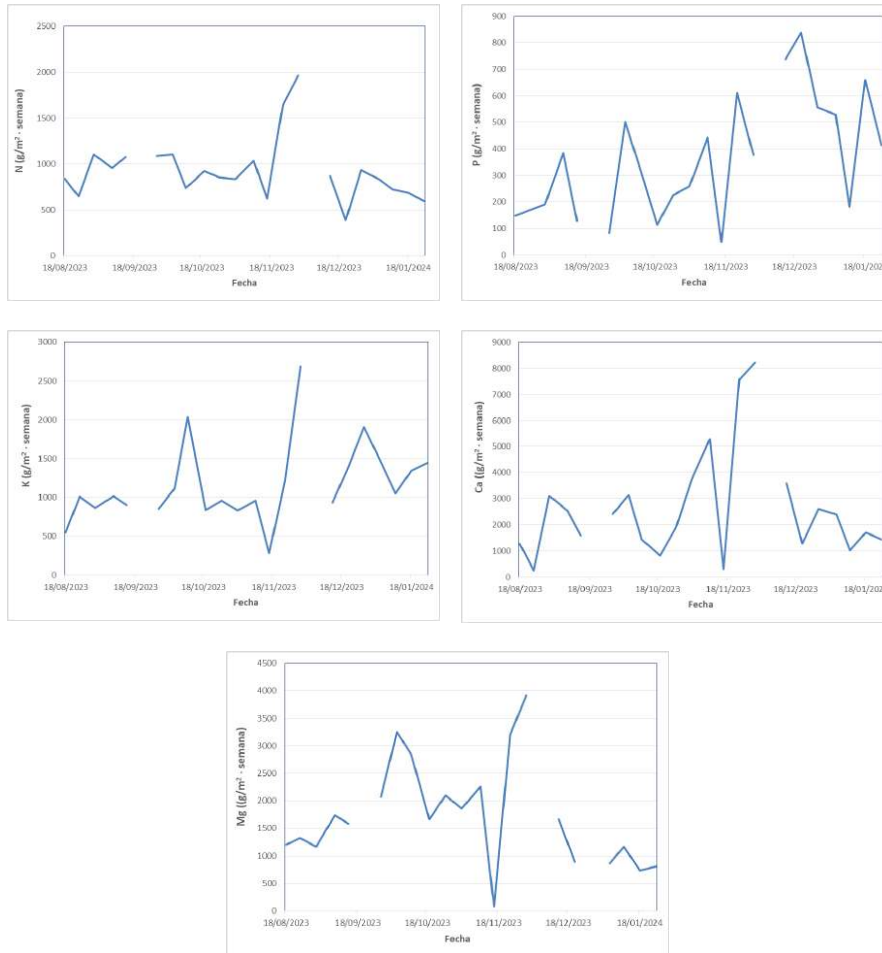
Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Fig. 5.19. Evolución semanal del consumo de macronutrientes: N, P, K, Ca y Mg (de izquierda a derecha y de arriba abajo).

Para una mejor lectura, cada gráfica tiene una escala diferente. No se muestran los datos de la semana 5 (en la que se detectó el problema con alta CE y bajo pH por fallo en el cabezal) ni de la semana 17 (aporte 0).



5.4. Cálculo de la eficiencia del uso del agua y rendimiento

Teniendo en cuenta la producción durante el periodo de toma de datos (agosto – febrero), 3,33 kg/m² y el consumo de agua, 379,79 l/m², la eficiencia de uso del agua sobre producción comercial fresca, EUA_f fue de 8,91 g/l o 112,25 l/kg (Tabla 5.12.). Los resultados de Santos et al. (2020) fueron bastante mejores, 23,3 g/l o 42,9 l/kg, una eficiencia 2,7 veces mayor. Agüero & Kirschbaum (1997) señalan una EUA_f de 24,3 g/l y Medrano et al. (2013) lograron 28,7 g/l en ciclo cerrado.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



En la [Tabla 5.13](#) observamos como el rendimiento de la experiencia realizada es mucho menor si lo comparamos con los rendimientos de la bibliografía.

Tabla 5.12. Datos medios para todo el ensayo de EUA_f

Aportes (l/m ²)	974,75
Drenajes (l/m ²)	600,96
Consumos (l/m ²)	373,79
Producción (kg/m ²)	3,33
EUAf (l/kg)	112,25
EUAf (g/l)	8,91
Eficiencia %	38,35

Tabla 5.13. Rendimiento del ensayo comparado con bibliografía

	Rendimiento (t/ha)
Domenech (1987)	50-80
Roselló (1990)	38-55
Lieten y Misoten (1993)	60
Santos et al (2020)	56
Ensayo	33,26

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



6. CONCLUSIONES

1. Los volúmenes recogidos procedentes del drenaje presentaron ligeras variaciones entre las tres estaciones, estando provocado principalmente por las diferencias en las condiciones agroclimáticas entre las estaciones (incidencia del sol, viento, etc.) dentro del invernadero de malla. Esto permite afirmar la necesidad de utilizar al menos tres ubicaciones para determinar con rigor los consumos nutricionales e hídricos en este tipo de cultivo e invernadero.
2. Los valores calculados de K_c son ligeramente superiores a los de la bibliografía. Sería conveniente repetir esta parte del trabajo instalando una estación meteorológica dentro del invernadero.
3. En las estaciones de control de cultivo sin suelo ubicadas en los extremos de las filas de cultivo, el consumo de agua fue mayor siendo recomendable reubicarlas en las zonas centrales.
4. El alto porcentaje de drenaje debe tenerse en cuenta en la elección de la granulometría de la fibra de coco, con el fin de evitar problemas de encharcamiento.
5. El cultivar usado permitiría subir la CE de consigna en los aportes hasta 1,5 dS/m. Esto podría optimizar el manejo de la solución.
6. La baja diferencia entre el CE del drenaje y la del aporte se corresponde con los altos valores de volúmenes de drenaje que se observaron durante la experiencia. El compromiso entre el reciclado del drenaje en otros cultivos y la optimización de los consumos de la fresa requiere de un estudio aparte.
7. Las concentraciones de los aportes de N, P y K fueron bastante bajas comparándolas con los datos obtenidos por otros autores.. Esto se ve aún más influenciado por la decisión de mantener una CE de consigna baja. La CE de consigna hizo que los valores de los aportes en general fueran más bajos que los recomendados.
8. Las concentraciones de absorción de N, P y K fueron generalmente bajas. Sin embargo, los análisis foliares no indicaron niveles deficientes de nitrógeno ni fósforo. En cambio, los niveles de potasio en las hojas estuvieron siempre por debajo del óptimo, y en algunos meses, muy cerca del nivel crítico.
9. En general, la proporción de las concentraciones en los drenajes respecto a las concentraciones de los aportes obtuvieron valores óptimos, y esperados. Los resultados muestran que se produjo un aumento de la demanda de N y K al final del cultivo.
10. Las concentraciones en el aporte y las concentraciones de absorción de Ca^{2+} y Mg^{2+} fueron en general altas, lo que no se vio reflejado en el análisis foliar en el Ca^{2+} , probablemente debido al movimiento de este elemento en la planta.
11. Las relaciones K^+/Ca^{2+} y $K^+/(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ hacen pensar que la concentración aportada de potasio es baja y las de calcio y magnesio alta. Se recomienda cambiar las concentraciones para lograr una relación K^+/Ca^{2+} por encima de 1 y de $K^+/(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ de 0,8, para lograr aumentar la calidad de la fruta recolectada.
12. A pesar de que las concentraciones de los nutrientes en el aporte fueron bajas en general, los altos aportes y consumos de agua hicieron que finalmente los consumos totales de los nutrientes se encontraran en valores normales.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



13. Los aportes de Na y Cl se corresponden con los contenidos del agua de riego. Una variación de los mismos durante la experiencia pudo deberse a un cambio en la procedencia del agua. El contenido del sodio foliar estuvo por encima de los valores recomendados.

14. Los datos medios del ensayo de la Eficiencia del Uso del Agua, y del rendimiento (t/ha), son muy inferiores respecto a los determinados en la bibliografía. En otras experiencias con menor consumo de agua se han conseguido mayores producciones.

15. Se podría mejorar la eficiencia del consumo de agua. El mayor margen para el aumento de la CE consigna debido a la variedad cultivada, permitiría un aumento de la Eficiencia del Uso del Agua, del rendimiento y del manejo del sustrato para evitar encharcamientos.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



7. CONCLUSIONS

1. Slight variations in drainage volumes were observed between the three stations, mainly caused by differences in agroclimatic conditions between the stations (incidence of sun, wind, etc.) within the mesh greenhouse. This highlights the need to use at least three locations to accurately determine nutrient and water consumption in this type of crop and greenhouse.
2. The calculated K_c values are slightly higher than those reported in the literature. It would be advisable to repeat this part of the work by installing a weather station inside the greenhouse.
3. In the soilless crop control stations located at the ends of the crop rows, water consumption was higher, and it is recommended to relocate them to the central areas.
4. The high drainage percentage must be taken into account when choosing the granulometry of the coconut fiber, in order to avoid waterlogging problems.
5. The cultivar used would allow raising the setpoint EC in the inputs up to 1.5 dS/m. This could optimize the management of the solution.
6. The low difference between the drainage EC and the input EC is consistent with the high drainage volumes observed during the experiment. The compromise between recycling drainage in other crops and optimizing strawberry consumption requires a separate study.
7. The concentrations of N, P, and K inputs were quite low compared to the data obtained by other authors. This is further influenced by the decision to maintain a low setpoint EC. The setpoint EC caused the input values in general to be lower than recommended.
8. The uptake concentrations of N, P, and K were generally low. However, foliar analyses did not indicate deficient levels of nitrogen or phosphorus. In contrast, potassium levels in the leaves were always below the optimum, and in some months, very close to the critical level.
9. In general, the ratio of concentrations in the drainages to the concentrations of the inputs obtained optimal and expected values. The results show that there was an increase in the demand for N and K at the end of the crop.
10. The concentrations in the input and the concentrations of absorption of Ca^{2+} and Mg^{2+} were generally high, which was not reflected in the foliar analysis in Ca^{2+} , probably due to the movement of this element in the plant.
11. The K^+/Ca^{2+} and $K^+/(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ ratios suggest that the potassium input concentration is low and the calcium and magnesium concentrations are high. It is recommended to change the concentrations to achieve a K^+/Ca^{2+} ratio above 1 and a $K^+/(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ ratio of 0.8, to increase the quality of the harvested fruit.
12. Although the nutrient concentrations in the input were generally low, the high water inputs and consumptions resulted in total nutrient consumptions being within normal values.
13. The Na and Cl inputs correspond to the contents of the irrigation water. A variation of these during the experiment could be due to a change in the origin of the water. The foliar sodium content was above the recommended values.
14. The average data for the Water Use Efficiency trial and the yield (t/ha) are much lower than those reported in the literature. In other experiments with lower water consumption, higher yields have been achieved.
15. Water use efficiency could be improved. The greater margin for increasing the setpoint EC due to the cultivated variety would allow for an increase in Water Use Efficiency, yield, and substrate management to avoid waterlogging.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, M., Fornes, F., Carrión, C., Noguera, V., Noguera, P., Maquieira, A., & Puchades, R. (2005). Physical Properties of Various Coconut Coir Dusts Compared to Peat. *HortScience HortSci*, 40(7), 2138-2144.
- Abeles, F.B. & Takeda, F. (1990). Cellulase activity and ethylene in ripening strawberry and apple fruits. *Scientia Horticulturae* 42, 269–275.
- Adams, P. (2004). Aspectos de la nutrición mineral en cultivo sin suelo en relación al suelo. En M. Urrestarazu (coord.), *Tratado de cultivo sin suelo*. (pp. 81-111). Ed. Mundi-prensa.
- Adams, P. (1986). Mineral nutrition. En J. G. Atherton & J. Rudich. *The tomato Crop. A scientific basis for improvement*. (pp. 281-334). Springer.
- Adak, N. (2019). Effect of different K/Ca ratios on yield, quality and physiological disorder in soilless strawberry cultivation. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 18(2), 229-236.
- Agüero, J.J. & Kirschbaum, D.S. (2013). Approaches to nutrition efficiency of different strawberry genotypes. *Int. J. Fruit Sci*, 13, 139-148.
- Allen R.G., Pereira L.S., Raes. D. & Smith. M. (2006) *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Estudio FAO Riego y Drenaje 56. FAO.
- Andriolo, J.L., Erpen, L., Cardoso, F.L., Cocco, C., Casagrande, G.S. & Janisch, D.I. (2011). Nitrogen levels in the cultivation of strawberries in soilless culture. *Horticultura Brasileira*, 29, 516-519.
- Andriolo, J.L., Janisch, D.I., Schmitt, O.J., Dal Picio, M., Cardoso, F.L. & Erpen, L. (2010). Potassium and calcium doses on plant growth, fruit yield and quality of strawberries in soilless cultivation. *Ciencia Rural*, 40(2), 267-272.
- Arshad, M., Deljou, M.J.N., Hagshenas, M. & Gholizadesh, K. (2014). Anti-oxidative capacity and quality of strawberry fruit (*Fragaria ananassa* Duch, "Selva") under the balance of minerals nutrition. *Biological Forum*, 7(2), 91-97.
- Armstrong, M.J. & Kirkby, E.A. (1979). The influence of humidity on the mineral composition of tomato plants with special reference to calcium distribution. *Plant Soil*, 52, 427–435.
- Avitia, E., Pineda, J., Castillo, A.M., Trejo, L.I., Corona, T., & Cervantes, E. (2014). Extracción nutrimental en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(3), 519-524.
- Bagale K.V. (2018). The effect of electrical conductivity on growth and development of strawberries grown in deep tank hydroponic systems, a physiological study. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 7(15), 1939–1944.
- Bar Yosef, B. (2008). Fertigation management and crops response to solution recycling in semi-closed greenhouses.. En: Raviv, M. & Leith, J.H. *Soiless culture: theory and practice*. (pp. 341-424). Elsevier.
- Bauxauli, C. & Aguilar, J.M.(2002). *Cultivo de hortalizas en cultivo sin suelo. Aspectos prácticos y experiencias*. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación. Generalitat Valenciana.
- Berger, K.C. (1962). Micronutrient Shortages. Micronutrient Deficiencies in The United States. *Agricultural and Food Chemistry*, 10 (3), 178-181.
- Biswas, M.K., Hossain, M. & Islam, R. (2007). Virus free plantlets production of strawberry through meristem culture. *World Journal of Agricultural Sciences* 3, 757–765.
- Brazanti, E.C. (1989). *La fresa*. Mundi-Prensa.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



- Cantliffe, D.J., Castellanos, J.Z. & Paranjpe A.V. (2007). Yield and quality of greenhouse-grown strawberries as affected by nitrogen level in coco coir and pine bark media. *Proc. Fla. State Hort. Sci. Soc.*, 120, 157-161.
- Caruso, G., Villari, G., Melchionna, G. & Conti, C. (2011). Effects of cultural cycles and nutrient solutions on plant growth, yield and quality of alpine strawberry (*Fragaria vesca* L.) grown in hydroponics. *Scientia Horticulturae*, 129, 479-485.
- Castaño, J., Londoño, F. & Amaya, D. (2017) Design of a strawberry freeze system with IQF freezing. *International Journal of Applied Engineering Research* 12, 15674 –15681.
- Castell, V. (1993). *El fresón: aspectos técnicos y perspectivas*. Caja Rural de Valencia.
- Castellanos, J.Z., Arredondo, J., Chavez, L., Tapia, P., Sanchez-Garcia, P. & Romero, R. (2008). Caracterización física, química y biológica de sustratos de polvo de coco. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31 (4), 375-381.
- Ceponis, M.J., Cappellini, R.A. & Lightner, G.W. (1987) Disorders in sweet cherry and strawberry shipments to the New York market, 1972–1984. *Plant Disease* 71, 472–475.
- Coromines J., (1996). *Diccionario crítico etimológico castellano e hispánico*.
<https://etimologias.dechile.net/?fresa>
- Conci, V.C., Luciani, L.C., Merino, M.C., Celli, M.G., Perotto, M C., Torrico, A.K., Pozzi, E., Strumia, G., Dughetti, A.C., Asinari, F., Conci, L. R., Fernandez, F.D., Salazar, S.M., Meneguzzi, N.G. & Kirschbaum, D.S. (2017). Advances in characterization and epidemiology of strawberry viruses in Argentina. *Acta Horticulturae*, 1156, 801-809.
- Cruz E., Can Chulim A., Sandoval Villa M., Bugarín Montoya R., Robles Bermúdez A. & Juárez López P. (2012) Substrates in Horticulture. *Revista Biociencias*, 2 (2), 17-26.
- Dale, A., Hanson, E.J., Yarborough, D.E., McNichol, R.J., Stang, E.J., Brennan, R., Morris, J.R., Hergert, & Gary B. (1994) Mechanical harvesting of berry crops. *Annual Review of Horticulture* 14, 255-382.
- Darrow, G.M. & Waldo (1934). Responses of strawberry varieties and species to the duration of the daily light period. *USDA Technical Bulletin*, 453.
- Darrow, G.M. (1966). *The Strawberry. History, Breeding and Physiology*. Holt, Rinehart and Winston.
- De Preter, A., Anthonis, J. & De Baerdemaeker, J. (2018). Development of a robot for harvesting strawberries. *IFAC-PapersOnLine* 51, 14-19.
- Domenech, M. (1987, 9-12 junio). Extracción dinámica de macroelementos en fresón Douglas. En López, E., (Coordinador general) *I Simposio nacional de fertilización en riego localizado* [Simposio]. Grupo de Fertilización de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, Real Sociedad Española de Química. Almería.
- EFEAGRO (5 de junio de 2023). Canarias produce fresas en hidroponía con agua que reutiliza para otras producciones. *MERCADOS*.
<https://revistamercados.com/el-cultivo-de-fresa-en-las-islas-canarias-reutiliza-el-agua-para-otras-producciones/>
- Martínez-Ferri, E., Soria, C., Ariza, M.T., Medina, J.J., Miranda, L., Domíguez, P. & Muriel J.L. (2016). Water relations, growth and physiological response of seven strawberry cultivars (*Fragaria xananassa* Duch.) to different water availability. *Agricultural Water Management*, 164, (1) 73-82.
- FAO/STAT Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura
<https://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Giampieri, F., Alvarez-Suarez, J.M. & Battino, M. (2014). Strawberry and Human Health: Effects beyond Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62 (18) 3867-3876.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Freshfruitportal.com (2018, 4 de junio). Global strawberry market continues to expand, report finds. <https://www.freshfruitportal.com/news/2018/06/04/global-strawberry-market-continues-to-expand-report-finds/>

Gallace, N., Boonen, M., Lieten, P. & Bylemans, D. (2017). Electrical conductivity of the nutrient solution: implications for flowering and yield in day-neutral cultivars. *Acta Horticulturae*, 1156, 223-228.

Galletta, G. J. y Maas, J. L. (1990). Strawberry genetics. *HortScience* 28, 841-844.

García, J.M. Herrera, S., & Morilla, A. (1996). Effects of Postharvest Dips in Calcium Chloride on Strawberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44, 30-33.

Garriga, M., Muñoz, C.A., Caligari, P.D. & Retamales, J.B. (2015). Effect of salt stress on genotypes of commercial (*Fragaria x ananassa*) and Chilean strawberry (*F. chiloensis*). *Scientia Horticulturae* 195, 37-47.

Gavilán, P., Lozano, D. & Ruiz, N. (2015). El riego de la fresa en el entorno de Doñana. Evapotranspiración, coeficientes de cultivo y eficiencia del riego. *Agrícola Vergel*, 286, 285-289.

May, G. M., Pritts, M. P., & Kelly, M. J. (1994). Seasonal patterns of growth and tissue nutrient content in strawberries. *Journal of Plant Nutrition*, 17(7), 1149-1162.

Gohardoust, M.R., Bar-Tal, A., Effati, M. & Tuller, M. (2020). Characterization of Physicochemical and Hydraulic Properties of Organic and Mineral Soilless Culture Substrates and Mixtures. *Agronomy*, 10, 1403. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091403>

Hancock, J.F., Siefker, J.H. & Schulte, N.L. (1983). Cultivar variation in yield components of strawberries. *HortScience*, 18, 312-313.

Hancock J.F., Maas, J.L., Shanks, C.H., Breen, P.J. & Luby J.J. (1990). Strawberries (*Fragaria spp*). En Moore, J.N. & Ballington, J. (Eds.) *Genetic Resources in temperate Fruit and Nut Crops*. (pp. 491-545). International Society of Horticultural Sciences.

Hancock, J.F. Sjulín, T.M. & Lobos, G.A. (2008b). Strawberries. En Hancock, J.F. (coord.). *Temperate Fruit Crop Breeding*. (pp. 393-437). Springer.

Hancock, J. F. (2014). *Plant Evolution and the Origin of Plant Species*. CABI.

Hancock, J.F. (2020). *Strawberries*. CABI.

Hanson, E. (2015). Correction of nutrient problems in established berry plantings. En Pritts, M., Heidenreich, C., McDermott, L. & Miller, J. (coords) *Berry Soil and Nutrient Management - A Guide for Educators and Growers*. (pp. 91 - 106). Northeast SARE.

Ibáñez, J.J., (2010). *Agricultura Sin Suelo: Suelos y Sustratos*. Madrid Blogs. <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2010/10/26/136863>

IFAPA (2021). *Balance Fitosanitario Campaña 2020-21*. Red de alerta e Información Fitosanitaria de Andalucía.

<https://www.juntadeandalucia.es/export/cdn-micrositios/documents/71753/34321952/Informe+Especial+Interés+Fresa/de13acd4-5891-463f-97ef-7ec2d842d834?version=1.0>

ISTAC | Estadística Anual de Superficies y Producciones de Cultivos / Series anuales. Municipios, islas y provincias de Canarias. 1999-2022 | [Banco de datos \(gobiernodecanarias.org\)](https://www.banco-de-datos.gobiernodecanarias.org)

Kesici, M., Gulen, H., Ergin, S., Turhan, E., Ahmet, I.P.E.K. & Koksall, N. (2013). Heat-stress tolerance of some strawberry (*Fragaria x ananassa*) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 41, 244-249.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



- Kirschbaum, D. S. (2022). Manejo, recolección y calidad de la fresa. En Namesny, A., Conesa, C., Olmos, L. M. & Papasseit, P. (Eds.). *Cultivo, poscosecha, procesado y comercio de berries*. (pp. 161-203). SPE3.
<https://www.bibliotecahorticultura.com/publicaciones/frutas/berries/cultivo-poscosecha-procesado-y-comercio-de-berries/>
- Kirschbaum, D. S.; Cantliffe, D. J.; Darnell, R. L.; Bish, Ez. B. & Chandler, C. K. (1998). Propagation site latitude influences initial carbohydrate concentration and partitioning, growth, and fruiting of 'Sweet Charlie' strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) transplants grown. *Florida. Proc. Florida State Hort. Society*, 111, 93-96.
- Kláríng, H.P. & Cierpinski W. (1998). Control of nutrient solution concentration depending on greenhouse climate in sweet pepper crop. *Acta Horticulturae*, 458, 141-146.
- Larson K.D. (1994) Strawberry En: Schaffer, B. & Andersen, P. (Eds.). *Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops. Volume I: Temperate Crops*. (pp. 271-298). CRC Press.
- Lavín A., & Maureira M. (2000). La frutilla chilena de fruto blanco (*Fragaria chiloensis*). *Boletín INIA*, 39.
- Ledesma, N.A., Nakata, M. & Ugiyama, N. (2008). Effect of high temperature stress on the reproductive growth of strawberry cvs. 'Nyoho' and 'Toyonaka'. *Sci. Hortic.*, 116(2), 186- 193.
- Lieten, F. & C. Misotten (1993). Nutrient uptake of strawberry plants (cv. Elsanta) grown on substrate. *Acta Horticulturae*, 348, 299-306.
- Lieten, P. (2006). Effect of K:Ca:Mg ratio on performance of 'Elsanta' strawberries grown on peat. *Acta Horticulturae*, 708, 397-400.
- Llahuén vivero agrícola. Ficha técnica Variedad Portola.
https://www.llahuen.com/files/ugd/2b09de_bb9ed1c9ec2b414e81b3a7a4915771a4.pdf
- Magán, J.J. (2005). Efecto de la salinidad sobre el cultivo del tomate en cultivo en sustrato en las condiciones del sureste peninsular: resultados experimentales. En M. Fernández, P. Lorenzo & M. Cuadrado (Eds.). *Mejora de la eficiencia en el uso del agua en cultivo protegido. Curso Superior de Especialización*. (pp. 169-188). Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- Maroto, J. V. (1986). *Horticultura básica especial*. Ed. Mundi-Prensa.
- Maroto, J. V. & S. López Galarza (1988). *Producción de fresas y fresones*. Ed. Agroguías Mundi-prensa.
- Marini, R. P., & Boyce, B. R. (1979). Influence of Low Temperatures During Dormancy on Growth and Development of 'Catskill' Strawberry Plants 1. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 104(2), 159-162.
- Medina Mínguez, J.J., Miranda Enamorado, L., Gómez Mora, J.A. & Soria Navarro, M.C., (2023). *Estimación de la Distribución Varietal en el Cultivo de Fresa en Huelva. Campaña 2022/2023*. Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica.
<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/c28b057d-828c-4bc9-b3c7-b17154a3b020>
- Medrano, E., Sanchez, M.C., Alonso, F. & Lorenzo, P. (2013, 25 abril). El cultivo de fresón en cultivo recirculante en Almería. En *VI Seminario Técnico Agronómico: Cultivo de fresón en invernadero* [Seminario]. Fundación Cajamar, COEXPHAL. Almería.
- MERCATENERIFE (2020). Informe sobre fresones y fresas.
<https://mercatenerife.com/wp-content/uploads/2021/08/2021-Freson.pdf>

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Mezzetti, B., Giampieri, E., Yun-tao, Z. & Chuan-fei, Z. (2018). Status of Strawberry Breeding Programs and Cultivation Systems in Europe and the Rest of the World. *Journal of Berry Research*, 8 (3), 205-221.

Ministerio de Agricultura de Ontario (2009). *Gestión básica de manejo de plagas*. <https://www.omafra.gov.on.ca/IPM/english/strawberries/diseases-and-disorders/june-yellows.html#:~:text=June%20yellows%20is%20a%20non,that%20develops%20in%20certain%20varieties.&text=Yellow%20or%20white%20streaking%20and,so%20when%20weather%20warms%20up>.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. *Análisis de la Campaña de Frutos Rojos 21/22*. https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/analiscampanafrutosrojos2021-202227abrilde2022_tcm30-619132.pdf

Miura, H., Yoshida, M. & Yamasaki, A. (1994). Effect of temperature on the size of strawberry fruit. *Journal of the Japanese Society of Horticultural Science* 62, 769–774.

Miszczak, A., Forney, C.F. & Prange, R.K. (1995). Development of aroma volatiles and color during postharvest ripening of 'Kent' strawberries. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120, 650–655.

Moore, J.N., Brown, G.R. & Brown, E.D. (1970). Comparison of factors influencing fruit size in large-fruited and small-fruited clones of strawberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 95, 827–831.

Morillo, J.G., Martín, M., Camacho, E. & Díaz J.R., Montesinos P. (2015). Toward precision irrigation for intensive strawberry cultivation. *Agricultural Water Management* 151, 43-51.

Neilson, D.V. & Eaton, G.W. (1983). Effects of boron nutrition upon strawberry yield components. *HortScience* 18, 932-934.

Nellist C. F. (2018). Disease resistance in polyploid strawberry. En T. Hytönen, J. Graham, & R. Harrison. *The Genomes of Rosaceous Berries and Their Wild Relatives*. (pp. 79-94). Springer.

Nicoli, M. F., & Galletta, G. J. (1987). Variation in Growth and Flowering Habits of Junebearing and Everbearing Strawberries. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112(5), 872-880 .

Njuguna, W., Liston, A., Cronn, R., Ashman, T.L. & Bassil, N. (2013). Insights into phylogeny, sex function and age of *Fragaria* based on whole chloroplast genome sequencing. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 66, 17-29.

Nunes, M.C.N., Brecht, J.K., Morais, M.B. & Sargent, S.A. (1995). Physiological and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. *Postharvest Biology and Technology* 6, 17–28.

Ourecky, D.K. & Reich, J.E. (1976). Frost tolerance in strawberry cultivars. *HortScience* 11, 413-414.

PELEMIX - Professionals in Coir Substates <https://pelemix.com>

Paranjpe A. & Cantliffe, D.J. (2003). Winter strawberry production in greenhouses using soilless substrates: an alternative to methyl bromide soil fumigation. *Proceedings of the Florida State for Horticultural Science*, 116(1), 98-105.

Peralbo, A., Flores, F. & Lopez, J. (2005). Recirculating nutrient solution in strawberry. *Acta Horticulturae*, 697, 101-116.

Pérez Afonso, J. L. (1979). *Cultivo de fresas*. Publicaciones de Extensión Agraria, Madrid.

Pérez, J., B. Santos, D. Ríos, J.L. Cruz & L. Trujillo. (2008). Absorción de macronutrientes en tomate de exportación cultivado en picón (ceniza volcánica) en Tenerife (Islas Canarias). *Actas de Horticultura* 50, 241-246.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



- Pomares, F. (1993). *Fertilización del fresón*. En: Pomares, F. *El fresón: aspectos técnicos y perspectivas* (pp. 39-56). Ed. Caja Rural Valencia:
- Pomares, F., Verdú, M.J., Campos, T. (2000). Cultivo ecológico del fresón. *Agrícola Vergel*. 218,76-89.
- Regagba, Z., Choi, J.M., Latigui, A., Mederbal, K. & Latigui, A. (2014). Effect of various Mg concentration in nutrient solution on growth and nutrient uptake response of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) "Selhyang" grown in soilless culture. *Journal of Biological Sciences*, 14(4), 226-236.
- Ríos Mesa, D. & Santos Coello, B. (2012) *Manejo práctico del riego en cultivo sin suelo*. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural.
https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/otra_462_cultivo%20sin%20suelo.pdf
- Rousseau-Gueutin, M., Gaston, A., Aïnouche, M.L., Aïnouche A., Olbricht, K., Staudt, G., Richard, B. & Denoyes-Rothan, B. (2009). Tracking the evolutionary history of polyploidy in *Fragaria L.* (strawberry): new insights from phylogenetic analyses of low-copy nuclear genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 51, 515-530.
- Rodríguez F. (2010). *El cultivo de la fresa : coeficientes de absorción en cultivo sin suelo en fibra de coco* (Trabajo fin de grado, Universidad de La Laguna).
- Roselló, I. (1990). Fertilización del fresón. En Pomares F. *El fresón. Aspectos técnicos y perspectivas*. (pp. 39-56) Ed. Caja Rural Valencia: Subdirección General de lo Social y Medios.
- Salas, M.C. & Urrestarazu M. (2004). Método de riego y fertirrigación en cultivo sin suelo. En Urrestarazu, M. *Tratado de cultivo sin suelo*. (pp. 161-237). Ed. Mundi prensa.
- Sánchez, A. (2004). Análisis y diagnóstico nutricional en los cultivos sin suelo. En Urrestarazu, M. *Tratado de cultivo sin suelo*. (pp. 49-79). Ed. Mundi prensa.
- Santos, B., Ríos, D. & Nazco, R. (2006). Climatic conditions in tomato screenhouses in Tenerife (Canary Islands). *Acta Horticulturae*, 719, 215-221.
- Santos, B., Ríos D., Rodríguez F. & Cruz J.L. (2020). Absorción de macronutrientes en fresa cultivada en fibra de coco en Tenerife (Islas Canarias). *Actas Portuguesas de Horticultura*, 30, 166-174.
- Santos, B., Ríos, D. (2024). *Manual de Fertirrigación sostenible. Cálculo de soluciones nutritivas en suelo y sin suelo*. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Soberanía Alimentaria, Gobierno de Canarias y Servicio Técnico de Agricultura del Cabildo de Tenerife. 2ª edición. En prensa.
- Sauer, J.D. (1993) *Historical Geography of Crop Plants*. CRC Press.
- Savé, R., Peñuelas, J., Marfà, O., & Serrano, L. (1993). Changes in Leaf Osmotic and Elastic Properties and Canopy Structure of Strawberries under Mild Water Stress. *HortScience HortSci*, 28(9), 925-927.
- Segura, M.L. & Cadahía C. (1998). Fertirrigación de cultivos hortícolas. En: C. Cadahía, *Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales*. (pp. 345-415). Mundi Prensa.
- Shaw, D. V. (1995) Comparison of ancestral and current-generation inbreeding in an experimental strawberry breeding population. *Theoretical and Applied Genetics*, 90, 237-241.
- Sinclair T.R., Tanner C.B. & Bennett J.M. (1984). Water-Use Efficiency in Crop Production, *BioScience*, 34 (1), 36-40.
- Sistrunk, W.A. & Moore J.N. (1980). Evaluating strawberry selections for mechanization and high quality. En: Martin, L.W. & Morris J.R. *Strawberry Mechanization*. (pp. 130-170). Agricultural Experiment Station. Oregon State University.
- Sonneveld, C. (1981). *Items for application of macro-elements in soilless cultures*. *Acta Horticulturae*, 126, 187-195.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Sonneveld, C. & Voogt, W. (1990). Response of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) to an unequal distribution of nutrients in the root environment. *Plant Soil* 124, 251–256.

Sonneveld, C. & de Kreij, C. (1999). Response of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to an unequal distribution of salts in the root environment. *Plant and Soil* 209, 47–56.

Sonneveld, C. (2000). *Effects of salinity on substrate grown vegetables and ornamentals in greenhouse horticulture*. (PhD thesis, University of Wageningen).

Sonneveld, C. (2004). La nutrición mineral y salinidad en los cultivos sin suelo: su manejo. En M. Urrestarazu, *Tratado de cultivo sin suelo*. (pp. 305-367) Ed. Mundi prensa.

Sonneveld, C. & Voogt, W. (2009). *Plant nutrition of greenhouse crops*. Springer.

Sønsteby A. & Heide O.M. (2007a). Quantitative long-day flowering response in the perpetual-flowering F1 strawberry cultivar ‘Elan’. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 82, 266-274.

Sønsteby A. & Heide O.M. (2007b) Long-day control of flowering in everbearing strawberries. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 82, 875-884.

Sønsteby A. & Heide O.M. (2008a) Flowering physiology of populations of *Fragaria virginiana*. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 83, 641-647.

Strand, L.L. (1994) *Integrated Pest Management for Strawberries*. University of California Statewide Integrated Pest Management Project Publication 3351.

Strand, L.L. (2008) *Integrated Pest Management for Strawberries*. UCANR Publication 3351.

Strik, B. (1985). Flower bud initiation in strawberry cultivars. *Fruit Varieties Journal* 39, 5-9.

Trello, L.I. & Gómez, F.C. (2014). Nutrient management in strawberry: effects on yield, quality and plant health. En: Malone N. (Eds.). *Strawberries: cultivation, antioxidant properties and health benefits* (pp. 239-267). Nova Science Publishers.

Trout, T.J. & Gartung, J. (2003, 31 Diciembre). Irrigation water requirements of strawberries. En Snyder R.L. (Convocante) *IV International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops* [Simposio]. ISHS. Davis, California.

U.S. National Plant Germplasm System. (2006). Genus: *Fragaria* L. [Fragaria GRIN-Global \(ars-grin.gov\)](http://ars-grin.gov)
 UC Davis, University of California.
<https://itc.ucdavis.edu/strawberry-licensing-program/#toggle-id-2-closed>

Van der Lugt. G.T., Holwerda, K., Hora, M., Bugter, I., Hardeman, J. & de Vries, P. (2020). *Nutrient solutions for greenhouse crops*. Eurofins Agro, Geerten Van der Lugt, Nouryon, SQM.
<http://geertenvanderlugt.nl/wp-content/uploads/2016/09/171221nutrient-solutions-for-greenhouse-crops.pdf>

Vega, M. & Raya, J.L. (1997). El cultivo en lana de roca. En Urrestarazu, M. (Coord.). *Manual de cultivo sin suelo*. (pp. 304-323). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería.

Vigario Mérida, D. (2024, 6 de marzo). Alerta sanitaria por la presencia de hepatitis A en fresas procedentes de Marruecos. *El Mundo*.
<https://www.elmundo.es/economia/2024/03/05/65e74790fc6c8375238b45a6.html>

Voogt, W. & Sonneveld, C. (1997). Nutrient management in closed growing systems for greenhouse production. . En E. Goto, K. Kurata & M. Hayashi (Eds.). *Plant production in closed ecosystems*. (pp.83-102). Kluwer Academic Publishers.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Wang D., Gabriel M.Z., Legard D. & Sjulín T. (2016). Characteristics of growing media mixes and application for open-field production of strawberry (*Fragaria ananassa*). *Scientia Horticulturae*, 198, 294-303.

Waraich, E.A., Rashid, A., Ashraf, M.Y., Saifullah & Ahmad, M. (2011). Improving agricultural water use efficiency by nutrient management in crop plants. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science*. 61. 291-304.

Wilson, D. (1997). *Strawberries under protection*. Grower Guide 6. Nexus Books.

Zahedi, S.M., Hosseini, M.S., Fahadi Hoveizeh, N., Kadkhodaei, S. & Vaculík, M. (2023) Physiological and Biochemical Responses of Commercial Strawberry Cultivars under Optimal and Drought Stress Conditions. *Plants*, 12 (3), 496.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



9. ANEXOS

9.1. Análisis de agua.

En el siguiente anexo se mostrarán las analíticas de agua con las que se realizaron los resultados del trabajo. A continuación se mostraran en las siguientes imágenes todas las analíticas realizadas por la empresa tanto de la solución nutritiva como de los drenajes (Fig 9.1, Fig 9.2, Fig 9.3, Fig 9.4, Fig 9.5, Fig. 9.6). Como se explicó anteriormente los análisis de agua fueron realizados por EUROFINs ANÁLISIS AGRO, S.A. Su utilidad reside en conocer con precisión la composición química del agua que se estaba aportando y la que estaba siendo drenada.

Fig 9.1. Analíticas de agua del 11/08 hasta el 31/08 de 2023.

		pH	CE	NO3	NH4	H2PO4	K	Ca	Mg	Na	SO4	Cl	HCO3	Suma cationes	Suma aniones	Fiabilidad
11/08/2023	Solución E1	7.3	1.14	4.07	<0.014	0.36	0.79	3.86	3.38	5.43	4	2.94	7.21	9.24	10.58	-7.07
	Drenaje E1	7.2	1.33	3.69	<0.014	0.26	0.37	3.34	3.16	7.16	5.18	4.28	1.3	11.08	12.01	-2.62
	Solución E2	7.3	1.09	3.47	<0.014	0.3	0.07	3.32	3.08	5.45	3.68	2.33	3.32	10.05	10.05	-3.39
	Drenaje E2	7.3	1.26	3.22	<0.014	0.36	0.06	3.04	3.6	6.82	4.3	3.03	2.36	11.94	11.94	-3.0
	Solución E3	7.3	1.11	3.29	<0.014	0.32	0.07	3.04	3.16	5.37	3.68	3.1	3.97	10.4	10.31	-3.02
	Drenaje E3	7.3	1.22	3.22	<0.014	0.33	0.07	3.42	3.42	5.34	5.14	2.53	2.52	11	11.53	-4.6
	Solución Media	7.3	1.11	3.61	<0.014	0.33	0.71	3.07	3.44	5.46	5.17	2.59	2.59	9.73	10.38	-6.02
	Drenaje Media	7.3	1.27	3.36	<0.014	0.34	0.07	3.16	3.42	5.91	5.91	3.78	2.07	11.39	11.82	-4.38
	D. estándar	0.13	0.06	0.27	0.008	0.007	0.008	0.01	0.21	0.73	0.73	0.23	0.23	0.68		
18/08/2023	Solución E1	6.9	1.13	3.24	<0.014	0.18	1	3.3	3.76	5.45	4.26	2.9	1.34	9.98	10.66	0.26
	Drenaje E1	7.2	1.35	3.45	<0.014	0.34	0.54	3.8	3.76	7.76	5.34	3.65	1.34	12.3	11.65	5.35
	Solución E2	6.9	1.06	3.29	<0.014	0.18	0.04	3.02	3.7	5.74	4.27	2.88	1.71	9.74	11.74	-11.96
	Drenaje E2	7.1	1.27	3.22	<0.014	0.3	0.01	4.38	4.1	6.74	5.11	3.88	2.1	11.74	11.96	-3.82
	Solución E3	6.4	1.06	3.2	<0.014	0.09	0.03	2.58	3.58	5.43	4.27	2.9	1.62	9.43	10.62	-2.06
	Drenaje E3	7.1	1.22	3.2	<0.014	0.31	0.02	4.38	3.86	6.22	4.6	3.47	1.72	11.12	11.11	0.06
	Solución Media	6.97	1.09	3.08	<0.014	0.15	0.82	3.07	3.68	5.44	4.27	2.59	1.56	9.72	9.61	-1
	D. estándar	0.09	0.07	0.19	0.008	0.007	0.008	0.04	0.09	0.44	0.19	0.24	0.24	0.24		
	Drenaje Media	7.57	1.28	3.32	<0.014	0.38	0.76	4.12	3.99	5.91	5.01	3.73	1.69	11.71	11.54	1.57
	D. estándar	0.23	0.07	0.12	0.004	0.01	0.018	0.12	0.12	0.72	0.38	0.23	0.23			
24/08/2023	Solución E1	7.8	1.14	3.66	<0.014	0.52	0.75	4.38	3.7	6.04	3.88	2.86	1.62	10.83	10.66	1.66
	Drenaje E1	7.3	1.42	3.75	<0.014	0.48	0.52	4.05	4.34	9.07	6.52	4.22	1.82	13.54	13.54	1.65
	Solución E2	7.8	1.17	3.58	<0.014	0.55	0.88	4.62	3.72	6.02	4.26	2.85	1.76	11.07	10.67	1.88
	Drenaje E2	7.7	1.39	3.63	<0.014	0.61	0.84	4.92	4.78	8.1	5.5	3.77	2.36	13.79	13.12	5.06
	Solución E3	8.4	1.13	3.58	<0.014	0.36	0.91	3.64	4.56	6.29	4.24	2.86	1.52	10.84	10.44	3.89
	Drenaje E3	7.5	1.13	3.48	<0.014	0.65	0.95	4.82	4.56	7.54	4.85	3.41	3.23	13.18	13.2	-0.09
	Solución Media	8	1.15	3.61	<0.014	0.47	0.85	4.21	3.69	6.12	4.13	2.86	1.66	10.82	10.65	2.46
	D. estándar	0.17	0.09	0.19	0.007	0.01	0.22	0.49	0.87	0.49	0.87	0.49	0.52	0.87		
	Drenaje Media	7.5	1.37	3.62	<0.014	0.58	0.76	4.6	4.56	8.24	5.63	3.8	2.47	13.58	13.29	2.19
	D. estándar	0.2	0.06	0.14	0.008	0.008	0.24	0.47	0.22	0.77	0.84	0.41	0.71			
31/08/2023	Solución E1	7.3	1.21	3.79	0.03	0.42	0.85	4.82	4.02	6.31	3.62	3.35	1.34	12.06	10.86	11.09
	Drenaje E1	7.3	1.53	3.68	<0.014	0.32	0.55	5.32	5.42	9.75	5.82	5.08	1.7	15.67	13.89	12.8
	Solución E2	7.1	1.23	3.8	<0.014	0.48	0.98	5.14	5.02	6.3	4.16	3.32	1.38	12.36	11.06	11.69
	Drenaje E2	7.3	1.49	3.93	<0.014	0.42	0.81	6.06	5.64	8.49	5.36	4.6	1.8	15.15	13.43	12.81
	Solución E3	7.1	1.23	3.82	0.04	0.48	0.97	5.12	4.96	6.25	4.14	3.32	1.44	12.29	11.13	10.39
	Drenaje E3	7.2	1.39	3.79	<0.014	0.39	0.89	5.7	5.22	7.8	5	4.2	1.67	14.15	12.55	12.8
	Solución Media	7.17	1.38	3.78	0.04	0.46	0.89	5.03	4.97	6.29	4.07	3.33	1.39	12.21	11.02	10.85
	D. estándar	0.1	0.1	0.01	0.005	0.005	0.06	0.45	0.45	0.86	0.57	0.5	0.5	0.86		
	Drenaje Media	7.17	1.47	3.87	<0.014	0.38	0.75	5.69	5.43	8.68	5.39	4.63	1.72	14.99	13.29	12.8
	D. estándar	0.06	0.07	0.07	0.005	0.005	0.18	0.37	0.21	0.94	0.41	0.44	0.07			

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Fig. 9.2. Análíticas de agua del 08/09 hasta el 28/09 de 2023.

		pH	CE	NO3	NH4	H2PO4	K	Ca	Mg	Na	SO4	Cl	HCO3	Suma cationes	suma aniones	Fiabilidad
08/09/2023	Solución E1	7.5	1.21	3.39	0.02	0.27	0.85	4.16	4.36	6.99	3.82	2.91	2.65	12.12	11.13	8.85
	Drenaje Solución E1	7.4	1.37	4.08	<0.014	0.32	0.65	4.72	4.78	8.59	5.24	4.15	1.83	13.59	13.01	7.54
	Solución E2	7	1.18	3.42	<0.014	0.31	0.97	4.12	4.2	6.49	3.96	2.85	2.23	11.62	10.74	8.13
	Drenaje Solución E2	7.4	1.45	3.51	<0.014	0.35	0.99	5.3	4.74	6.74	5.68	4	2.64	14.75	13.35	10.56
	Solución E3	6.8	1.19	3.85	0.02	0.31	0.96	4.08	4.16	6.45	4	2.86	1.21	11.53	10.23	12.69
	Drenaje Solución E3	7.4	1.43	2.99	<0.014	0.39	0.93	5.96	4.92	6.5	3.98	2.98	2.01	14.67	13.6	7.85
	Media Solución	7.1	1.19	3.55	0.02	0.3	0.93	4.12	4.24	6.64	3.93	2.87	2.01	11.75	10.7	9.78
	D. estándar Solución	0.26	0.14	0.24	0.06	0.06	0.06	0.38	0.38	1.05	0.09	0.07	1.65			
	Media Drenaje	7.4	1.42	3.53	<0.26	0.35	0.86	5.19	4.81	8.61	4.97	3.71	3.24	14.47	13.32	8.65
	D. estándar D. estándar	0	0.04	0.55	0.03	0.18	0.43	0.09	0.12	0.88	0.64	1.79				
14/09/2023	Solución E1	8	1.34	4.25	0.01	0.1	0.78	4.34	5.72	7.47	4.04	4.2	1.34	13.3	11.91	11.64
	Drenaje Solución E1	7.4	1.34	3.51	<0.018	0.18	0.98	4.32	4.56	8.22	5.12	3.4	1.65	13.64	11.3	20.65
	Solución E2	2.4	2.41	9.57	0.02	0.14	0.34	3.24	3.4	5.86	3.56	2.85	0.06	10.12	14.4	-42.38
	Drenaje Solución E2	7	1.73	6.26	0.02	0.36	1.19	8.46	6.94	9.19	4.96	4	2.92	17.88	16.02	11.64
	Solución E3	2.4	2.44	7.53	0.02	0.14	0.98	3.22	3.38	5.83	0.91	2.99	0.06	10.11	11.17	-10.43
	Drenaje Solución E3	6.8	1.75	6.16	<0.018	0.45	0.95	9.82	6.7	8.66	3.78	3.14	3.13	17.87	14.77	20.96
	Media Solución	4.27	2.06	7.12	0.02	0.13	0.2	3.6	4.17	6.39	2.84	3.35	0.49	11.17	12.49	-11.85
	D. estándar Solución	2.95	0.54	2.7	0.19	0.09	3.52	1.69	1.41	0.24	0.71	1.54				
	Media Drenaje	7.07	1.61	5.31	0.02	0.33	1.04	7.53	5.93	8.69	4.62	3.51	2.57	16.46	14.03	17.33
	D. estándar D. estándar	0.31	0.23	1.56	0.14	0.13	2.86	1.19	0.49	0.73	0.44	0.8				
21/09/2023	Solución E1	7	1.15	4.02	<0.01	0.28	0.82	4.02	3.62	5.46	3.86	2.73	1.06	10.1	10.01	0.92
	Drenaje Solución E1	7.3	1.39	4.25	<0.01	0.24	0.74	4.34	4.08	7.68	5.3	3.73	1.5	12.63	12.37	2.1
	Solución E2	6.6	1.13	4.03	0.04	0.23	0.83	3.52	3.64	5.56	3.82	2.72	0.79	9.97	9.68	2.99
	Drenaje Solución E2	6.7	1.4	5.3	<0.01	0.42	0.98	5.22	4.34	6.92	4.8	3.39	0.87	12.68	12.38	2.44
	Solución E3	6.9	1.14	3.95	0.05	0.24	0.82	3.5	3.62	5.53	3.82	2.72	0.86	9.91	9.68	2.36
	Drenaje Solución E3	6.5	1.33	4.97	0.02	0.42	0.8	4.64	3.6	6.47	4.38	3.44	0.43	11.39	11.15	2.17
	Media Solución	6.83	1.14	4	0.05	0.25	0.82	3.68	3.63	5.52	3.83	2.72	0.9	9.99	9.79	2.08
	D. estándar Solución	0.26	0.11	0.55	0.1	0.01	0.56	0.02	0.56	0.31	0.24	0.31				
	Media Drenaje	6.83	1.37	4.84	0.03	0.36	0.84	4.73	4.01	7.02	4.83	3.42	0.93	12.23	11.97	2.24
	D. estándar D. estándar	0.42	0.04	0.54	0.11	0.13	0.45	0.38	0.61	0.46	0.3	0.54				
28/09/2023	Solución E1	6.7	1.18	2.81	<0.01	0.48	0.91	3.64	4.42	5.85	4.36	3.59	2.08	10.79	11.14	-3.33
	Drenaje Solución E1	7	1.43	2.36	<0.01	0.39	0.73	4.44	4.5	8.28	5.98	4.92	2.74	13.48	13.35	0.96
	Solución E2	6.5	1.16	2.84	<0.01	0.58	0.88	3.34	4.42	5.86	4.26	3.58	1.74	10.62	10.87	-2.4
	Drenaje Solución E2	6.7	1.28	2.74	<0.01	0.58	0.83	3.68	3.78	7.14	5.08	4.32	1.6	11.7	11.78	-0.66
	Solución E3	6.4	1.16	2.58	<0.02	0.58	0.88	3.32	4.4	5.86	4.36	3.25	1.75	10.6	10.34	2.47
	Drenaje Solución E3	6.4	1.26	2.98	<0.03	0.61	0.83	3.56	4.18	6.81	4.74	4	1.48	11.5	11.44	0.53
	Media Solución	6.53	1.17	2.74	<0.01	0.55	0.89	3.43	4.41	5.86	4.33	3.47	1.86	10.67	10.79	-1.12
	D. estándar Solución	0.15	0.05	0.09	0.07	0.04	0.15	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.8			
	Media Drenaje	6.7	1.32	2.69	<0.01	0.53	0.8	3.89	4.15	7.41	5.23	4.41	1.94	12.23	12.19	0.3
	D. estándar D. estándar	0.3	0.09	0.51	0.12	0.08	0.48	0.77	0.59	0.47	0.7	0.57				

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Fig. 9.3. Análíticas de agua del 05/10 hasta el 26/10 de 2023

05/10/2023		pH	CE	NO3	NH4	H2PO4	K	Ca	Mg	Na	SO4	Cl	HCO3	Suma cationes	suma aniones	Fiabilidad
E1	Solución	7.6	1.06	1.73	<0.02	0.42	1.19	2.52	3.94	5.71	4.02	2.72	1.96	10.43	8.84	17.99
	Drenaje	7.7	1.36	1.58	<0.02	0.42	1.19	3.68	3.66	7.61	5.9	3.77	2.59	12.67	10.81	17.21
	Media	7.7	1.08	1.91	<0.02	0.45	1.38	2.28	3.94	5.7	3.62	2.71	1.88	10.39	8.86	17.24
E2	Solución	7.2	1.1	2.15	<0.02	0.55	1.41	2.52	4.12	5.89	4.8	2.83	1.4	10.61	10.94	13.45
	Drenaje	7.3	1.08	2.1	<0.02	0.45	1.58	2.26	3.94	5.71	4.28	2.72	1.38	10.39	8.79	18.17
	Media	7.3	1.08	2.1	<0.02	0.45	1.58	2.26	3.94	5.71	4.28	2.72	1.38	10.39	8.79	18.17
E3	Solución	6.9	1.19	2.28	<0.02	0.52	1.48	2.98	3.98	6.83	5.34	2.86	1.54	11.79	9.87	19.49
	Drenaje	7.37	1.07	1.91	<0.01	0.44	1.55	2.35	3.94	5.71	4.04	2.72	1.74	10.4	8.83	17.8
	Media	7.37	1.07	1.91	<0.01	0.44	1.55	2.35	3.94	5.71	4.04	2.72	1.74	10.4	8.83	17.8
Media	Solución	0.35	0.07	0.28	0.05	0.06	0.36	0.02	0.02	0.05	0.83	0.08	0.22	12.29	10.54	16.62
	Drenaje	7.37	1.23	2	<0.01	0.5	1.36	3.29	3.9	7.33	5.52	3.02	2.26	12.29	10.54	16.62
	Media	0.42	0.04	0.37	0.07	0.15	0.27	0.07	0.07	0.48	0.33	0.22	0.62	12.29	10.54	16.62
11/10/2023	Solución	7	1.09	3.02	<0.01	0.25	1.4	2.52	4.12	5.87	4.76	2.82	1.44	10.39	9.31	9.88
	Drenaje	7.2	1.49	2.97	<0.01	0.25	1.4	3.65	4.92	9.17	7.28	4.29	2.58	14.86	13.73	8.24
	Media	7.2	1.1	3.05	<0.01	0.25	1.4	2.52	4.12	5.89	4.8	2.83	1.4	10.61	9.97	6.4
E1	Solución	7.6	1.34	2.73	<0.01	0.3	1.71	3.12	4.16	7.97	6.66	3.76	2	13.32	12.12	9.87
	Drenaje	7	1.09	3.02	<0.01	0.25	1.4	2.52	4.12	5.87	4.76	2.82	1.44	10.39	9.91	6.88
	Media	7.07	1.09	3.03	<0.01	0.25	1.4	2.52	4.12	5.88	4.77	2.82	1.44	10.6	9.93	6.72
Media	Solución	0.1	0.08	0.07	0.03	0.08	0.24	0.03	0.03	0.73	0.81	0.35	0.21	13.47	12.46	8.11
	Drenaje	7.3	1.36	2.87	<0.01	0.28	1.55	3.24	4.42	8.1	6.71	3.83	2.13	13.47	12.46	8.11
	Media	0.26	0.13	0.13	0.03	0.16	0.37	0.43	1.02	0.55	0.43	0.41	0.41	13.47	12.46	8.11
19/10/2023	Solución	7.2	1.15	2.52	<0.01	0.32	1.25	3.24	4.96	6.1	4.1	3.04	1.72	11.45	9.65	18.7
	Drenaje	7.6	1.52	2.76	<0.01	0.31	1.27	4.04	6.02	9.31	6.4	4.65	2.57	15.61	13.49	15.74
	Media	7.1	1.16	2.69	<0.01	0.36	1.32	3.24	4.94	6.12	4.4	3.15	1.6	11.53	10	15.36
E2	Solución	7.7	1.43	2.5	<0.01	0.36	1.52	3.88	5.28	8.46	6.14	4.4	2.25	14.56	12.58	15.78
	Drenaje	7.2	1.16	2.84	0.02	0.36	1.33	3.26	4.98	6.13	4.86	3.51	1.63	11.58	10.87	6.58
	Media	7.3	1.33	2.71	<0.01	0.36	1.38	3.62	5.18	7.49	5.62	3.93	1.88	13.27	11.79	12.6
Media	Solución	7.17	1.16	2.72	0.02	0.34	1.3	3.25	4.96	6.12	4.45	3.23	1.65	11.52	10.17	13.29
	Drenaje	0.1	0.1	0.1	0.02	0.07	0.22	0.13	0.8	0.81	0.49	0.19	0.19	14.48	12.62	14.78
	Media	7.53	1.43	2.66	<0.01	0.34	1.39	3.85	5.49	8.42	6.05	4.33	2.77	14.48	12.62	14.78
26/10/2023	Solución	7.6	1.13	2.38	<0.01	0.28	0.81	3.64	3.82	5.06	4.14	2.76	2.38	9.6	9.87	-2.82
	Drenaje	7.9	1.35	2.41	<0.01	0.29	0.8	3.52	4.74	6.86	5.18	4.04	2.91	11.79	12.24	-3.88
	Media	7.6	1.14	2.54	<0.01	0.36	0.99	3.58	3.78	5.02	4.42	2.98	2.3	9.64	10.39	-7.7
E3	Solución	7.6	1.29	2.2	<0.02	0.39	0.99	3.56	4.18	6.28	4.96	3.64	2.71	11.14	11.42	-2.49
	Drenaje	7.9	1.14	2.3	<0.01	0.42	0.95	3.78	3.48	5.14	3.48	2.86	2.84	9.87	9.66	2.2
	Media	7.5	1.3	2.56	<0.02	0.39	0.96	3.76	4.7	6.2	4.96	3.52	2.38	11.14	11.33	-1.72
Media	Solución	7.7	1.14	2.41	0.02	0.35	0.89	3.69	3.79	5.07	4.01	2.7	2.51	9.71	9.97	-2.75
	Drenaje	0.08	0.1	0.1	0.05	0.07	0.28	0.23	0.42	0.42	0.38	0.05	0.05	11.35	11.66	-2.72
	Media	7.57	1.31	2.39	<0.01	0.36	0.91	3.61	4.37	6.45	5.03	3.73	2.67	11.35	11.66	-2.72
D. estándar	Solución	0.21	0.03	0.18	0.05	0.01	0.13	0.13	0.32	0.46	0.13	0.27	0.27	11.35	11.66	-2.72
	Drenaje	0.21	0.03	0.18	0.05	0.01	0.13	0.13	0.32	0.46	0.13	0.27	0.27	11.35	11.66	-2.72
	Media	0.21	0.03	0.18	0.05	0.01	0.13	0.13	0.32	0.46	0.13	0.27	0.27	11.35	11.66	-2.72

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Fig. 9.4. Análíticas de agua del 02/11 hasta el 23/11 de 2023

02/11/2023		pH	CE	NO3	NH4	H2PO4	K	Ca	Mg	Na	SO4	Cl	HCO3	Suma cationes	suma aniones	Fiabilidad
E1	Solución	7.5	1.12	2.09	<0.02	0.45	0.74	3.92	3.8	5.37	3.76	2.80	3.81	9.97	9.81	1.63
E1	Drenaje	8.3	1.32	1.89	<0.01	0.39	0.67	3.62	4.88	7.1	3.68	3.13	3.17	12.12	10.42	16.32
E2	Solución	7.3	1.16	2.11	<0.01	0.42	0.84	4.2	3.64	5.43	3.88	2.82	2.05	10.29	9.34	10.21
E2	Drenaje	8.1	1.29	2.12	<0.01	0.39	0.87	3.9	4.48	6.57	3.32	3.01	2.59	11.63	10.08	15.43
E3	Solución	7.2	1.16	2.71	<0.01	0.42	0.84	4.22	3.82	5.42	4	2.89	2.05	10.28	10.07	2.09
E3	Drenaje	7.7	1.27	2.58	<0.02	0.42	0.91	4.14	4.24	6.32	3.68	2.79	2.46	11.42	10.09	13.13
Media	Solución	7.33	1.15	2.3	0.02	0.43	0.81	4.11	3.82	5.41	3.88	2.87	2.2	10.18	9.74	4.53
	D. estándar	0.2	0.08	0.28	0.02	0.08	0.15	0.24	0.43	0.1	0.05	0.05	0.45			
Media	Drenaje	8.03	1.29	2.2	<0.01	0.4	0.82	3.95	4.53	6.66	3.56	2.88	2.84	11.72	10.19	14.98
	D. estándar	0.31	0.03	0.35	0.02	0.13	0.17	0.32	0.32	0.4	0.21	0.17	0.36			
10/11/2023		pH	CE	NO3	NH4	H2PO4	K	Ca	Mg	Na	SO4	Cl	HCO3	Suma cationes	suma aniones	Fiabilidad
E1	Solución	7.1	1.18	3.41	<0.01	0.23	0.74	3.98	4.18	5.93	3.86	2.93	1.84	10.75	10.34	3.96
E1	Drenaje	7.9	1.44	2.91	<0.01	0.23	0.6	4.6	5.4	8.06	4.34	3.76	3.01	13.66	12.08	13.1
E2	Solución	7.2	1.16	2.49	<0.01	0.2	0.75	3.68	4.18	5.9	3.88	2.99	1.86	10.58	9.48	11.59
E2	Drenaje	8	1.35	2.56	<0.01	0.23	0.78	4.42	4.94	7.41	4.1	3.42	3.06	12.87	11.32	13.66
E3	Solución	7.2	1.16	3.32	<0.01	0.2	0.74	3.68	4.18	5.9	3.86	2.97	1.87	10.57	10.29	2.74
E3	Drenaje	7.4	1.29	2.88	<0.02	0.22	0.83	4.14	4.56	6.73	4.08	3.25	2.53	11.91	10.92	9.1
Media	Solución	7.17	1.17	3.07	0.02	0.21	0.74	3.78	4.18	5.91	3.87	2.96	1.86	10.63	10.03	5.94
	D. estándar	0.15	0.07	0.46	0.01	0.05	0.23	0.22	0.47	0.12	0.12	0.17	0.39			
Media	Drenaje	7.77	1.36	2.78	<0.01	0.22	0.74	4.39	4.97	7.4	4.17	3.48	2.87	12.81	11.44	12.01
	D. estándar	0.32	0.08	0.19	0.01	0.12	0.13	0.23	0.42	0.67	0.14	0.26	0.29			
16/11/2023		pH	CE	NO3	NH4	H2PO4	K	Ca	Mg	Na	SO4	Cl	HCO3	Suma cationes	suma aniones	Fiabilidad
E1	Solución	7.6	1.07	2.06	<0.02	0.39	0.67	4.22	3.38	5.13	3.58	2.74	2.79	9.6	9.77	-1.8
E1	Drenaje	7.8	1.24	2.23	<0.02	0.36	0.57	3.82	4.04	6.71	4.5	3.29	3.18	11.21	11.31	-0.81
E2	Solución	7.5	1.13	3.97	<0.02	0.35	0.78	4.88	3.44	5.15	3.92	2.86	2.07	10.09	11.41	-13.05
E2	Drenaje	7.7	1.22	2.24	<0.02	0.52	0.73	4.12	4.02	6.26	4.64	3.05	3.06	11.06	11.19	-1.19
E3	Solución	7.7	1.13	1.95	<0.02	0.48	0.71	3.98	3.74	5.73	3.88	2.88	3.06	10.3	10.31	-0.19
E3	Drenaje	7.6	1.19	3.09	<0.02	0.55	0.81	4.74	3.64	6.65	4.42	3.09	2.79	10.65	11.73	-10.18
Media	Solución	7.6	1.11	2.66	0.02	0.47	0.72	4.36	3.52	5.34	3.79	2.83	2.64	9.99	10.5	-5.08
	D. estándar	0.06	0.06	0.96	0.09	0.09	0.08	0.35	0.14	0.39	0.42	0.18	0.42			
Media	Drenaje	7.7	1.22	2.52	<0.01	0.47	0.7	4.33	3.9	6.21	4.52	3.14	3.01	10.97	11.41	-3.97
	D. estándar	0.1	0.03	0.49	0.01	0.12	0.13	0.47	0.23	0.33	0.11	0.13	0.2			
23/11/2023		pH	CE	NO3	NH4	H2PO4	K	Ca	Mg	Na	SO4	Cl	HCO3	Suma cationes	suma aniones	Fiabilidad
E1	Solución	8.4	1.35	3.31	<0.02	0.25	1.85	4.72	5	7.43	5.8	3.41	2.4	14.14	12.27	15.28
E1	Drenaje	8.1	1.43	1.84	<0.02	0.05	0.88	2.3	4.28	11	5.36	5.53	3.89	15.17	13.99	8.42
E2	Solución	8.2	1.31	3.11	0.03	0.21	1.6	4.34	4.79	7.39	5.36	3.44	2.7	13.61	12.14	12.14
E2	Drenaje	8.3	1.44	0.63	<0.02	0.02	1	2	3.86	11.5	5.56	6.17	4.39	15.43	13.99	10.25
E3	Solución	8.2	1.31	3.07	0.03	0.21	1.64	4.28	4.9	7.33	5.44	3.4	2.64	13.56	12.04	12.63
E3	Drenaje	7.9	1.53	2.3	<0.02	0.07	1.15	1.74	3.44	13	5.68	6.3	2.92	15.74	14.33	9.86
Media	Solución	8.27	1.32	3.16	0.02	0.22	1.7	4.45	4.93	7.58	5.53	3.42	2.58	13.77	12.15	13.86
	D. estándar	0.25	0.12	0.59	0.09	0.09	1.12	1.92	0.87	2.65	1.66	0.26	0.23			
Media	Drenaje	8.1	1.47	1.56	<0.01	0.05	1.01	2.01	3.86	11.5	5.53	6	3.73	15.45	14.11	9.51
	D. estándar	0.2	0.06	0.82	0.03	0.13	0.18	0.38	0.42	0.5	0.16	0.41	0.75			

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Fig. 9.5. Análíticas de agua del 30/11 hasta el 21/12 de 2023

	pH	CE	NO3	NH4	H2PO4	K	Ca	Mg	Na	SO4	Cl	HCO3	Suma cationes	Suma aniones	Fiabilidad
30/11/2023															
E1	Solución	7.1	1.13	3.02	<0.02	0.36	4.3	3.78	5.23	3.72	3.04	2.01	10.85	10.29	5.51
E1	Drenaje	7.7	1.3	3.13	<0.02	0.3	4.64	6.95	4.62	3.74	2.59	1.55	10.28	10.09	-2.31
E2	Solución	6.8	1.16	3.58	<0.02	0.39	4.56	3.82	5.25	3.82	3.06	1.55	10.28	10.09	-2.21
E2	Drenaje	7.3	1.27	3.26	<0.02	0.42	4.96	4.28	6.22	4.3	3.46	2.44	11.55	11.73	-1.52
E3	Solución	6.8	1.16	3.65	<0.02	0.36	4.42	3.84	5.24	3.8	3.05	1.56	10.19	10.52	-3.18
E3	Drenaje	7.3	1.23	3.28	<0.02	0.39	4.7	4.06	5.89	4.22	3.31	2.19	11.06	11.28	-1.95
Media	Solución	6.9	1.15	3.42	0.02	0.37	4.43	3.81	5.24	3.78	3.05	1.71	10.43	10.43	0.05
	D. estándar	0.25	0.05	0.28	0.02	0.45	0.2	0.15	0.38	0.26	0.15	0.33			
Media	Drenaje	7.43	1.27	3.22	<0.01	0.37	4.87	4.33	6.15	4.38	3.5	2.41	11.47	11.69	-1.89
	D. estándar	0.23	0.04	0.08	0.06	0.07	0.14	0.29	0.24	0.21	0.22	0.2			
07/12/2023															
E1	Solución	7.8	1.12	2.74	<0.02	0.84	5.26	3.88	4.8	4.38	2.71	1.95	10.4	10.43	-0.28
E1	Drenaje	7.5	1.08	1.86	<0.02	0.45	0.93	3.48	3.42	4.88	3.04	2.72	10.08	9.81	-2.74
E2	Solución	7.1	0.98	2.33	<0.02	0.97	1.2	3.76	3.54	4.17	2.4	1.54	9.02	9.51	-5.42
E2	Drenaje	7.4	1.04	1.34	<0.02	0.65	0.02	3.46	3.34	5.11	2.94	2.09	9.44	9.57	-1.39
E3	Solución	7.3	1.16	2.27	<0.02	1.1	1.35	4.26	3.96	5.52	2.81	1.85	14.98	10.79	38.86
E3	Drenaje	7.3	1.22	1.54	<0.02	0.68	1.1	3.66	3.68	6.23	3.83	2.09	11.1	11.27	-1.51
Media	Solución	7.37	1.09	2.45	0.02	0.97	4.43	3.79	6.16	4.81	2.64	1.78	11.47	10.24	11.96
	D. estándar	0.4	0.12	0.61	0.15	0.09	0.84	0.17	1.05	1.04	0.75	0.29			
Media	Drenaje	7.3	1.11	1.41	<0.01	0.59	3.59	3.48	5.69	5.28	3.27	2.3	10.21	10.22	-0.1
	D. estándar	0.2	0.1	0.11	0.12	0.1	0.23	0.18	0.56	0.9	0.49	0.36			
14/12/2023															
E1	Solución	6.6	0.95	2.14	0.02	1.55	1.7	4.02	2.74	5.38	1.52	0.8	8.58	8.7	-1.4
E1	Drenaje	7.4	1.1	1.16	<0.02	1.36	1.47	4.2	3.98	6.72	2.15	2.16	10.69	10.19	4.95
E2	Solución	5.8	0.88	0.19	0.02	1.36	1.74	1.95	2.72	3.44	5.42	1.5	0.28	7.52	24.56
E2	Drenaje	7.2	0.98	1.13	<0.02	1.36	1.54	3.58	3.32	6.2	1.86	1.77	9.49	9.22	2.87
E3	Solución	6	0.87	1.74	<0.02	1.42	1.85	2.24	2.95	3.78	5.54	1.56	0.36	8.23	7.85
E3*	Drenaje	7	0.94	1.22	<0.02	1.36	1.62	2.8	3.1	4.2	5.96	3.58	1.29	8.82	10.43
Media	Solución	6.13	0.89	1.36	0.02	1.44	1.76	2.74	2.81	5.45	1.53	0.48	8.11	7.53	7.71
	D. estándar	0.61	0.05	0.97	0.11	0.05	1.03	0.21	0.42	0.32	1.2	0.51			
Media	Drenaje	7.2	1	1.17	<0.01	1.36	1.55	3.47	4.59	6.29	2.53	1.74	9.67	9.94	-2.86
	D. estándar	0.2	0.09	0.05	0	0.1	0.65	0.46	0.5	0.39	0.52	0.44			
21/12/2023															
E1	Solución	6.5	1.11	3.07	<0.02	1.03	2.32	4.68	2.7	3.67	1.58	0.94	9.68	9.98	-3.13
E1	Drenaje	7.5	1.27	2.35	<0.02	1.52	2.51	5.64	5.12	6.02	8.84	2.07	13.91	12.37	12.47
E2	Solución	6.1	1.02	2.75	0.08	1.07	2.31	3.28	2.7	3.82	6.34	1.55	0.82	9.12	9.36
E2	Drenaje	7	1.1	2.26	<0.02	1.26	1.99	4.32	3.86	4.69	7.32	1.84	0.51	10.77	13.02
E3	Solución	6	1.02	2.76	0.08	1.1	2.35	3.42	2.82	3.98	3.17	1.56	9.45	8.36	13
E3	Drenaje	6.6	1.06	2.54	<0.02	1.16	2.27	3.63	3.14	4.27	6.96	1.67	1.38	9.92	10.23
Media	Solución	6.33	1.05	2.86	0.02	1.07	2.33	3.79	2.76	5.02	1.56	1.04	9.42	9.33	1.98
	D. estándar	0.4	0.05	0.27	0.07	0.03	0.73	0.25	0.31	0.52	0.07	0.29			
Media	Drenaje	7.03	1.14	2.38	<0.01	1.31	2.26	4.04	4.99	7.71	1.86	1.3	11.53	10.71	7.69
	D. estándar	0.45	0.11	0.14	0.18	0.26	1.03	1	0.91	1	0.2	0.75			

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Fig 9.6. Análíticas de agua del 28/12/2023 hasta el 25/01/2024.

		pH	CE	NO3	NH4	H2PO4	K	Ca	Mg	Na	SO4	Cl	HCO3	Suma cationes	suma aniones	Fiabilidad
28/12/2023	Solución E1	7	1.13	3.05<0.02	0.84	1.48	5.48	4.28	2.86	5.1	1.94	1.2	9.94	10.18	-2.41	
	Drenaje E1	7.5	1.3	2.74<0.02	0.87	1.28	4.92	3.98	6.15	3.34	2.74	2.47	11.98	10.49	13.73	
	Solución E2	6.6	1.05	2.02	0.88	1.42	1.94	3.04	4.28	6.34	1.95	1.95	9.33	10.45	-12.37	
	Drenaje E2	7	1.11	1.24<0.02	1.55	1.61	3.48	3.24	5.25	2.23	2.33	2.58	10.73	11.21	-5.58	
	Solución E3	6.5	1.04	1.98	0.07	1.42	1.94	3.04	3.02	4.27	6.34	1.94	1.94	9.27	10.48	-13.08
	Drenaje E3	7	1.08	1.36<0.02	1.58	1.57	3.48	3.12	5.05	6.78	2.25	2.45	9.92	11	-10.91	
	Media	6.7	1.08	2.55	0.02	1.23	1.8	3.89	4.28	2.97	5.91	1.94	1.7	9.5	10.37	-9.12
	D. estándar	0.23	0.04	1.18	0.39	0.24	1.27	0.13	0.44	0.85	0.18	0.62				
	Media	7.17	1.16	1.78	<0.01	1.33	1.49	3.96	3.45	5.48	5.7	2.44	2.5	10.68	10.9	-2.1
	D. estándar	0.29	0.12	0.83	0.4	0.18	0.83	0.46	0.59	2.05	0.36	0.08				
05/01/2024	Solución E1	7.4	1.13	3.01	0.02	0.55	1.56	3.98	3.28	4.74	5.29	2.21	1.53	9.93	10.06	-1.3
	Drenaje E1	7.5	1.3	2.15<0.02	0.58	1.53	4.52	3.66	6.25	7.3	2.88	2.82	11.87	12.09	-1.86	
	Solución E2	7.4	1.11	1.82	0.05	0.74	2	2.38	3.58	4.71	6.7	2.22	1.75	9.7	9.88	-1.88
	Drenaje E2	7.3	1.21	1.04	0.02	1	1.98	3.1	3.52	8.43	2.66	2.11	10.68	11.02	-3.32	
	Solución E3	7.1	1.11	1.85	0.08	0.83	1.93	2.58	3.5	3.4	6.7	2.22	1.24	5.56	5.94	-3.95
	Drenaje E3	7.7	1.21	0.91<0.02	1	1.81	3.7	3.46	5.78	8.64	2.72	2.21	10.92	11.16	-2.16	
	Media	7.3	1.12	2.22	0.02	0.7	1.83	2.98	4.69	6.31	2.22	1.67	9.73	9.96	-2.36	
	D. estándar	0.17	0.05	1.06	0.23	0.22	0.8	0.15	0.61	1.58	0.29	0.35				
	Media	7.5	1.24	1.37	<0.01	0.86	1.77	3.61	3.44	5.86	8.12	2.76	2.38	11.16	11.42	-2.39
	D. estándar	0.2	0.05	0.88	0.24	0.23	0.79	0.23	0.36	0.72	0.12	0.38				
11/01/2024	Solución E1	7	1.17	3.08<0.02	0.65	1.1	1.94	4.68	3.32	4.36	6.82	2.05	1.04	10.3	10.7	-3.86
	Drenaje E1	7.5	1.29	2.38<0.02	0.77	1.65	4.86	4.06	5.6	7.96	2.6	2.45	11.71	12.15	-3.8	
	Solución E2	6.7	1.17	1.99	0.05	1.42	2.44	3.4	3.48	4.33	8.28	2.04	1.11	10.21	10.7	-4.81
	Drenaje E2	7.3	1.28	1.1<0.02	1.23	2.27	3.68	4.04	5.54	9.66	2.58	2.34	11.67	12.09	-3.57	
	Solución E3	6.7	1.17	1.92	0.08	1.26	2.42	3.26	3.68	4.36	8.28	2.08	1.08	10.33	10.72	-4.77
	Drenaje E3	7.4	1.2	0.98<0.02	1.23	2.11	3.74	4.12	5.89	7.13	2.85	2.38	11.53	12.33	-3.36	
	Media	6.8	1.17	2.33	0.02	1.3	2.27	3.81	3.45	4.36	7.79	2.06	1.12	10.25	10.71	-4.48
	D. estándar	0.46	0.08	1.11	0.16	0.25	0.66	0.42	0.68	1.59	0.46	0.75				
	Media	7.47	1.29	1.44	<0.01	1.08	2.01	4.09	4.07	5.68	9.21	2.68	2.39	11.77	12.19	-3.58
	D. estándar	0.15	0.01	0.8	0.26	0.32	0.66	0.04	0.19	1.09	0.15	0.06				
25/01/2024	Solución E1	7.8	1.05	2.3<0.02	0.65	2	3.72	3.08	4.02	6.72	1.6	1.53	9.42	9.44	-0.17	
	Drenaje E1	7.9	1.11	1.54<0.02	0.68	1.31	4.14	3.32	5.34	7.52	2.13	2.15	10.4	10.76	1.38	
	Solución E2	7.3	1.1	1.85	0.04	0.84	2.65	2.98	3.36	3.97	8.56	1.56	1.26	9.79	9.79	0
	Drenaje E2	7.5	1.18	0.88<0.02	1.13	2.12	3.68	3.78	5.34	9.7	2.04	2.84	11.19	11.79	-5.34	
	Solución E3	7.1	1.14	1.98	0.02	0.5	2.86	3.12	3.43	3.94	9.1	1.55	1.12	10.07	10.08	-0.14
	Drenaje E3	7.6	1.24	0.9<0.02	1.16	2.28	4	3.96	5.06	10.43	2.4	2.76	12.12	12.63	-2.59	
	Media	7.4	1.1	2.04	0.02	0.8	2.5	3.27	3.29	3.98	8.13	1.57	1.3	9.76	9.77	-0.1
	D. estándar	0.29	0.12	0.71	0.26	0.33	0.45	1.08	1.85	0.47	0.8					
	Media	7.73	1.19	1.11	<0.01	0.99	1.9	3.94	3.69	5.52	9.21	2.69	2.6	11.24	11.49	-2.28
	D. estándar	0.21	0.09	0.38	0.27	0.52	0.24	0.33	0.29	1.51	0.4					

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07

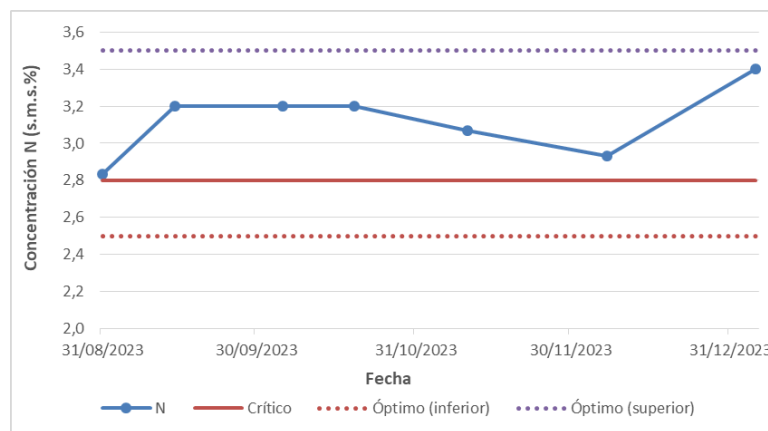


9.2. Análisis foliar.

A continuación se presentan los resultados de los análisis foliares. Se realizaron un total de 7 analíticas a lo largo de toda la experiencia. Su utilidad reside en poder saber cuál es el nivel nutricional de la fresa (si tiene alguna carencia o deficiencia) comparando los resultados de la experiencia con valores o rangos de la bibliografía. Primero se mostrará una tabla resumen (Tabla 9.1) y a continuación se mostrarán visualmente la evolución de los elementos (Fig 9.7, Fig. 9.8, Fig. 9.9, Fig. 9.10, Fig. 9.11, Fig. 9.12).

Tabla 9.1. Valores medios y rango de los nutrientes determinados en las analíticas foliares y su interpretación:					
Nutriente		Valores obtenidos		Crítico Pomares (1993)	Óptimo Trello y Gómez (2014)
		Media	Rango		
N	%	3,12	2,83-3,40	2,8	2,5 – 3,5
P		0,31	0,23-0,39	0,1	0,3 – 0,5
K		1,2	0,99-1,60	1	1,5 - 2,5
Ca		0,63	0,44-0,77	0,3	1.0 – 2,0
Mg		0,38	0,3-0,43	0,2	0,4 - 0,6
Na	ppm	521	408-671	-	<300

Fig. 9.7. Evolución del Nitrógeno comparado con valores críticos (Pomares 1993) y óptimos (Trello y Gómez, 2014).



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Fig. 9.8. Evolución del Fósforo comparado con valores críticos (Pomares 1993) y óptimos (Trello y Gómez, 2014).

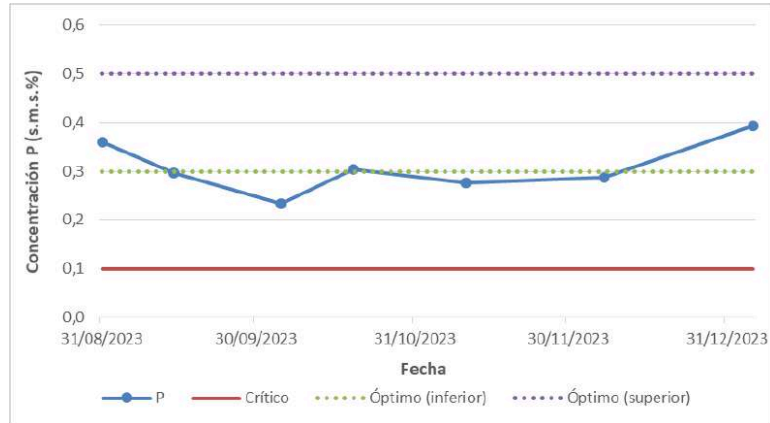
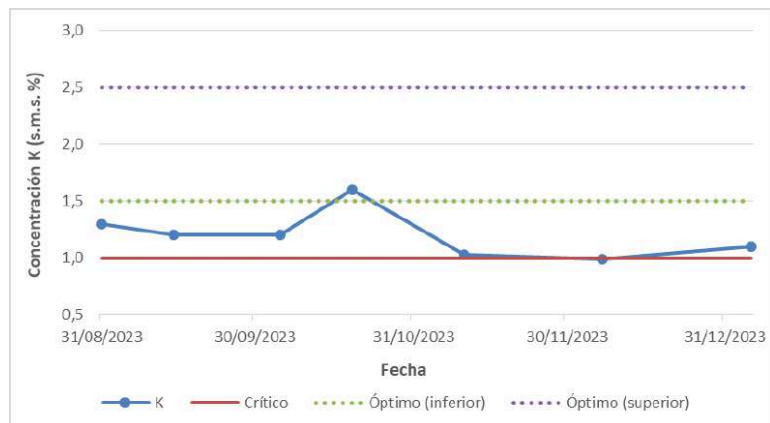


Fig. 9.9. Evolución del Potasio comparado con valores críticos (Pomares 1993) y óptimos (Trello y Gómez, 2014).



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Fig. 9.10. Evolución del Calcio comparado con valores críticos (Pomares 1993) y óptimos (Trello y Gómez, 2014).

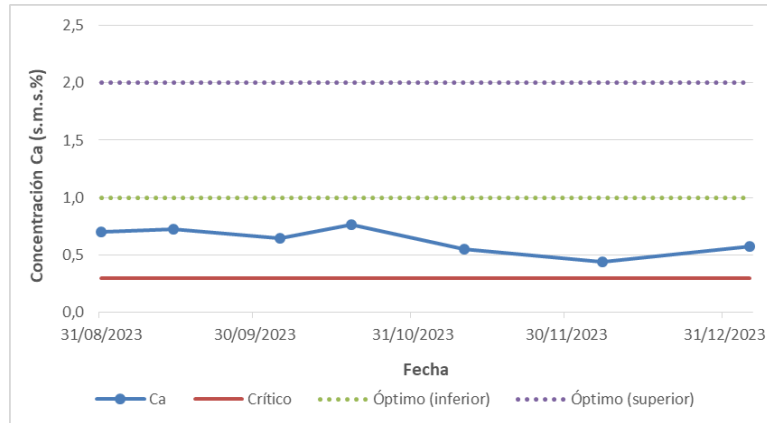
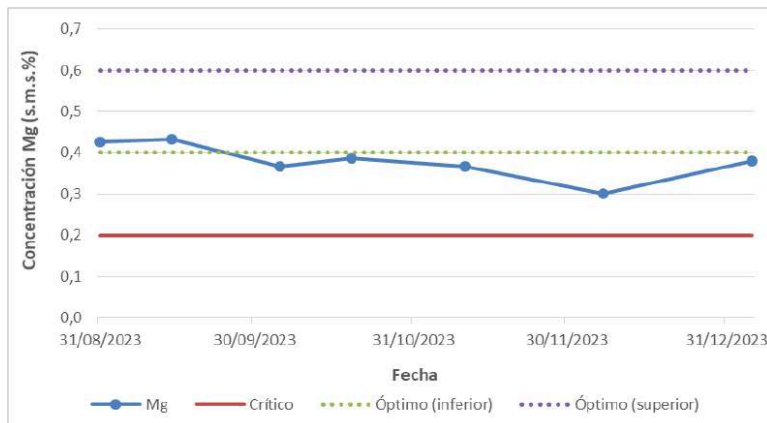


Fig. 9.11. Evolución del Magnesio comparado con valores críticos (Pomares 1993) y óptimos (Trello y Gómez, 2014).



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

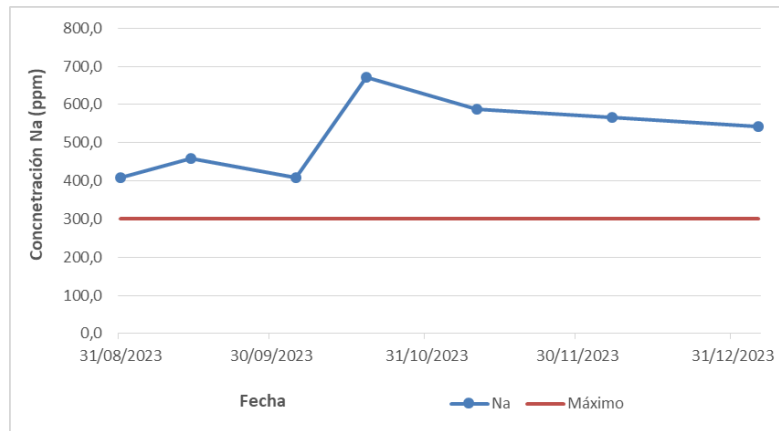
Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07



Fig. 9.12. Evolución del Sodio comparado con valores óptimos (Trello y Gómez, 2014).



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 6384738 Código de verificación: 15aiChLE

Firmado por: JACOB DOMINGUEZ GONZALEZ
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha 05/05/2024 15:45:54

Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

05/05/2024 15:48:07