



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
SECCIÓN DE INGENIERÍA AGRARIA

Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

**EVALUACIÓN DE LA EFICACIA
DE LA APLICACIÓN DE
AZUFRE ELEMENTAL EN EL
DESARROLLO Y PRODUCCIÓN
DE LA PLATANERA**

Samuel Carballo García

La Laguna, julio 2023



**AUTORIZACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO
POR SUS DIRECTORES
CURSO 2022/2023**

DIRECTOR – COORDINADOR: Jalel Mahouachi Mahouachi

DIRECTORA: Ángeles Padilla Cubas

como Directores del alumno D. Samuel Carballo García en el TFG titulado:
**EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE LA APLICACIÓN DE AZUFRE ELEMENTAL EN
EL DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DE LA PLATANERA.**

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.

La Laguna, a 15 de junio de 2023

Fdo: Dr. Jalel Mahouachi Mahouachi Fdo: Dra. Ángeles Padilla Cubas

(Firma de los directores)

SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE TRABAJO FIN DE GRADO

Página 1 de 1

IMPRESO P06

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

Identificador del documento: 5503813 Código de verificación: s4lSDVkh

Firmado por: Jalel Mahouachi Mahouachi
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 15/06/2023 08:15:35



Agradecimientos.

Deseo exponer mi agradecimiento al Dr. Jalel Mahouachi Mahouachi y Ángeles Padilla Cuba directores de la presente investigación, que me han enriquecido con sus conocimientos y ayudado a adquirir las pautas necesarias para afrontar el presente trabajo de fin de grado (TFG) y concluir por fin, esta etapa formativa universitaria correspondiente a la titulación de Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural.

También quiero agradecer a todo el profesorado que ha influido positivamente en mi formación tanto académica como en valores, que desde la infancia (Colegio Salesiano La Orotava) hasta etapa universitaria me han formado como profesional y como persona.

Una mención especial de agradecimiento a mi pareja, influencia positiva y apoyo incondicional en todo momento que en diferentes etapas de mi vida ha influido notablemente en los logros conseguidos.

Con especial admiración y mucho agradecimiento a mi padre, madre, hermano y abuelas que gracias a su esfuerzo, bondad y sacrificio a lo largo de los años han empleado sus recursos con tal de ayudarme educándome y formándome lo mejor posible. Al resto de familiares y amigos que han influido positivamente en el transcurso del tiempo hasta la presente fecha. Muchas gracias.



Índice

1. Introducción	1
2. Objetivos	2
3. Revisión bibliográfica	3
3.1 Aspectos generales.....	3
3.2 Taxonomía del cultivo.....	6
3.2.1 Principales cultivares.....	7
3.3 Características morfológicas del cultivo.....	9
3.3.1 Sistema radicular.....	10
3.3.2 Rizomas e hijos.....	11
3.3.3 El pseudotallo.....	12
3.3.4 Estructura foliar.....	13
3.3.5 Inflorescencia y racimo.....	14
3.4 Fisiología de la planta.....	15
3.4.1 Fisiología vegetativa.....	15
3.4.2 Fisiología de floración y fructificación.....	17
3.4.3 Etapa de maduración.....	19
3.5 Factores climáticos que influyen en el ciclo de desarrollo.....	21
3.5.1 Temperatura.....	21
3.5.1.1 Temperatura en función de la latitud.....	22
3.5.2 Humedad y necesidades hídricas.....	23
3.5.3 Radiación solar y fotosíntesis.....	24
3.5.4 Influencias de los vientos.....	28
3.6 Características y necesidades edafológicas del cultivo.....	29
3.7 Técnicas de cultivo.....	30
3.7.1 Plantación.....	30
3.7.1.1 Densidad de plantación.....	30
3.7.1.2 Plantación de material in-vitro.....	31
3.7.2 Riego.....	31
3.7.3 Abonado.....	32
3.7.4 Deshijado.....	36
3.7.5 Desflorillado.....	38
3.7.6 Entutorado.....	39
3.7.7 Desembuchado y desahogado del racimo.....	39
3.7.8 Embolsado.....	40



3.7.9 Recolección.....	40
3.7.10 Control de plagas y enfermedades.....	40
3.7.10.1 Plagas.....	40
3.7.10.2 Enfermedades.....	42
3.8 Nutrición mineral en la platanera.....	43
3.8.1 Elementos minerales.....	43
3.8.2 Macronutrientes. Efectos en el desarrollo y producción.....	43
3.8.3 Micronutrientes. Efectos en el desarrollo y producción.....	44
3.8.4 Influencia del azufre en la nutrición de la platanera.....	46
4. Material y métodos.....	48
4.1 Situación y características de las parcelas.....	48
4.2 Datos agronómicos.....	48
4.2.1 Preparación del terreno.....	48
4.2.2 Material vegetal.....	49
4.3 Diseño experimental: bloques y número de plantas.....	50
4.4 Plantación.....	51
4.5 Sistema de riego y su planificación.....	52
4.6 Fertiirrigación y dosis utilizadas.....	53
4.7 Evaluación de los parámetros analizados.....	54
4.7.1 Hojas funcionales.....	54
4.7.2 Ritmo de emisión foliar.....	54
4.7.3 Hojas totales.....	54
4.7.4 Superficie foliar.....	54
4.7.5 Grosor del pseudotallo.....	54
4.7.6 Período de crecimiento vegetativo.....	54
4.7.7 Número de manos por racimo.....	55
4.7.8 Peso del racimo.....	55
4.7.9 Período de desarrollo del racimo.....	55
4.8 Determinación del análisis de suelos.....	55
4.9 Datos climáticos.....	57
4.10 Descripción del producto utilizado y dosificación.....	60
4.11 Análisis de datos.....	60
5. Resultados y discusión	61
5.1 Desarrollo vegetativo.....	61
5.1.1 Hojas funcionales.....	61
5.1.2 Ritmo de emisión foliar.....	62



5.1.3 Hojas totales.....	63
5.1.4 Superficie foliar.....	64
5.1.5 Grosor del pseudotallo.....	65
5.1.6 Período de crecimiento vegetativo.....	66
5.2 Desarrollo del fruto.....	67
5.2.1 Número de manos por racimo.....	67
5.2.2 Peso del racimo.....	68
5.2.3 Período de desarrollo del racimo.....	69
6. Conclusiones.....	70
6. Conclusions	71
7. Referencias bibliográficas.....	72



Título: Evaluación de la eficacia de aplicación de azufre elemental en la platanera.

Tutor/a: Jalel Mahouachi Mahouachi, Ángeles Padilla Cubas.

Autor: Samuel Carballo García.

Palabras clave: fertiirrigación, Gruesa Palmera, azufre, desarrollo vegetativo, producción de la platanera, azufre elemental.

Resumen

El cultivo de la platanera, requiere altas cantidades nutricionales para obtener un crecimiento y producción óptimos; sin embargo, las concentraciones de minerales en el suelo generalmente no son suficientes para sustentar una alta productividad. Este estudio se realizó en condiciones de campo con unas condiciones climáticas subtropicales (Islas Canarias) para investigar la influencia de los fertilizantes sulfúricos en el desarrollo de la platanera. Por lo tanto, se evaluó el crecimiento vegetativo y la producción de frutos durante todo el ciclo del cultivo.

Se establecieron dos bloques y dos tratamientos por bloque de *Musa acuminata* Colla AAA 'Gruesa Palmera', siendo el primer tratamiento (Control) fertilizado con el sistema habitual de fertilización utilizado y el segundo tratamiento consistió en la adición de nutriente sulfuroso al fertilizado normal en las plantas. Se determinaron parámetros de crecimiento de la planta, tales como número de hojas funcionales, tasa de emisión foliar, número de hojas totales, área foliar, perímetro del pseudotallo, período de crecimiento vegetativo. Además, se midieron las características de desarrollo del fruto, como número de manos por racimo, peso del racimo y desarrollo del racimo. Los datos mostraron que la aplicación de azufre elemental no afectó el crecimiento vegetativo general de las plantas en comparación con aquellas que no recibieron el fertilizante estudiado. Sin embargo, el azufre elemental aumentó significativamente el tamaño y el peso del racimo, el número de manos y, en consecuencia, la producción de frutos. Este nutriente también retrasó la fecha de cosecha alrededor de una semana en comparación con el control.



Título: Evaluation of the effectiveness of the application of elemental sulfur in the banana plantation

Author: Samuel Carballo García.

Directors: Jalel Mahouachi Mahouachi, Ángeles Padilla Cubas.

Key words: fertigation, Gruesa Palmera, sulfur, vegetative growth, banana production, elemental sulfur.

Abstract

The banana crop requires high nutritional amounts to obtain an optimal growth and production; however, soil mineral concentrations generally are not enough to support high productivity. This study was conducted under field conditions in subtropical climate conditions (Canary Islands) to investigate the influence of sulfur fertilizer on banana development. Therefore, vegetative growth and fruit production were assessed during the whole crop cycle. Two blocks and two treatments per block of *Musa acuminata* Colla AAA 'Gruesa Palmera' were established, being the first treatment (Control) fertilized with the usual banana fertilization system and the second treatment consisted on the addition of sulfur nutrient to the normal fertilized plants. Plant growth parameters, such as the number of functional leaves, leaf emission rate, number of total leaves, leaf area, pseudostem perimeter, period of vegetative growth were determined. In addition, fruit development characteristics, such as number of hands per bunch, bunch weight and bunch development were measured. Data showed that the application of elemental sulfur did not affect the overall vegetative growth of the plants compared to those that did not receive the studied fertilizer. However, elemental sulfur significantly increased bunch size and weight, number of hands, and consequently fruit production. This nutrient also delayed the date of harvest around one week compared to control.



1. Introducción:

El cultivo de la platanera demanda una cantidad elevada de nutrientes para poder mantener rendimientos óptimos en las plantaciones de carácter comercial. Para satisfacer dichas necesidades nutricionales, se necesitan suelos suficientemente fértiles o cumplimentarlos con enmiendas a base de suministro de fertilizantes. Una planta puede mejorar la extracción de nutrientes del suelo haciendo uso de cultivos de micorrizas (Jaizme Vega & Azcón, 1995). Dentro de las necesidades nutricionales de la platanera se encuentran:

- Macronutrientes (Nitrógeno (N), fósforo, potasio, magnesio, calcio y azufre). De estos el N y el K son los de mayor importancia en platanera, mientras que el P generalmente se utiliza al inicio de la plantación (Robinson & Galán-Sauco, 2012).
- Micronutrientes (Cinc, manganeso, boro, hierro, cobre...). El cinc (Zn) es el microelemento más importante en la nutrición de la platanera (Turner et al., 1989).

El conocimiento de los nutrientes disponibles en el suelo, así como su ritmo de desplazamiento y absorción es de vital importancia para la nutrición del cultivo. Los nutrientes que se encuentran en el suelo se absorben por las raíces y se translocan a los diferentes órganos de la planta (rizoma, pseudotallo, hojas y racimo). En muchas ocasiones parte de estos nutrientes se pierde por lixiviación y escorrentía, por lo que se debe aplicar en función de las necesidades (Robinson & Galán-Sauco, 2012). El azufre (S) se utiliza como enmienda acidificante para suelos con pH elevados, mejorando la capacidad de las plantas de la extracción de nutrientes del suelo (Chien et al., 2011). Su función en la planta es la proporción de estructura a las proteínas mediante la integración de aminoácidos (Devlin, 1982). En este trabajo se pretende investigar la influencia del azufre como fertilizante adicional vía riego en el crecimiento y la producción de la platanera.



2. Objetivos:

En este trabajo se pretende investigar el efecto de la aplicación por fertiirrigación de un compuesto fertilizante a base de azufre en el crecimiento y desarrollo de la platanera Gruesa Palmera (*Musa acuminata* Colla AAA). Para ello, se plantean los siguientes objetivos:

- Evaluación del desarrollo vegetativo mediante la toma de datos de parámetros morfológicos, tales como grosor pseudotallo, superficie foliar y número de hojas por planta.
- Evaluación de la influencia del fertilizante aportado en la producción de la platanera mediante la determinación de los siguientes parámetros de cosecha: peso del racimo, número de manos, fecha de emergencia y de corte del racimo.



3. Revisión bibliográfica

3.1. Aspectos generales:

El plátano y la banana procede de zonas del Sudeste de Asia y el Pacífico en bosques naturales, donde hoy en día se pueden encontrar plantas silvestres diploides con semillas y no comestibles (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

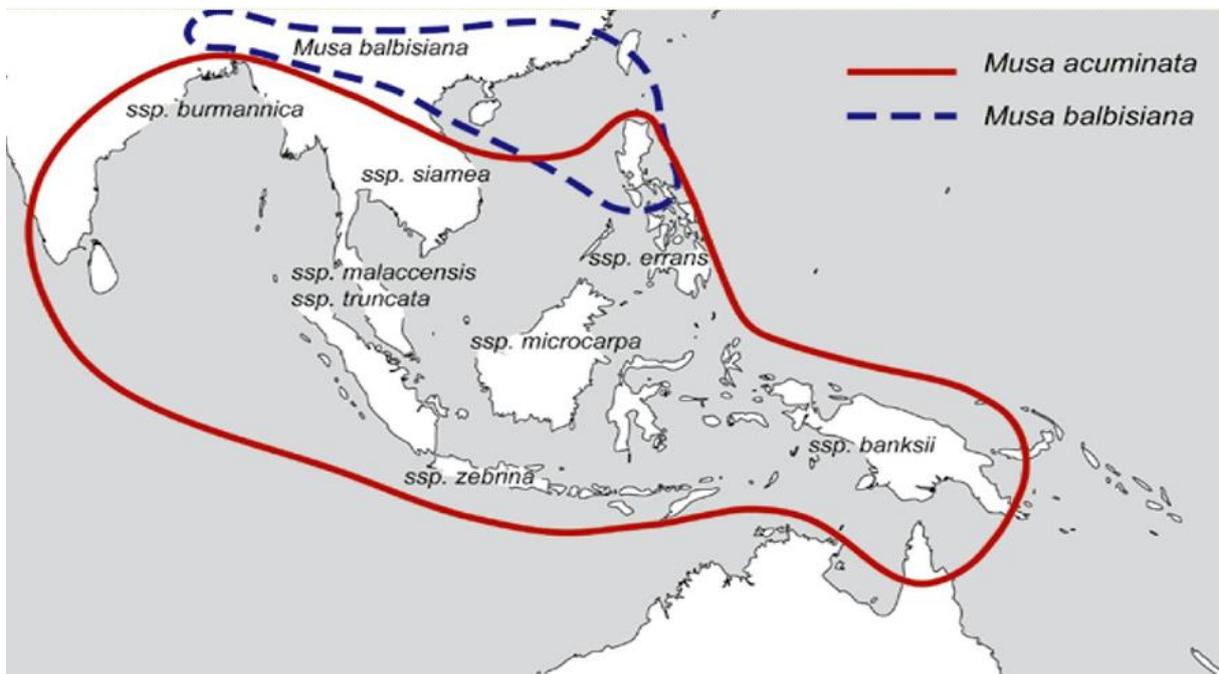


Ilustración 1. Origen de las especies silvestres del plátano actual (Fuente: De Langhe, E. et al., 2019). Inecol.mx

La mayoría de los plátanos actuales se originaron de las dos especies silvestres encontradas inicialmente *Musa acuminata* Colla (genoma A) y *Musa balbisiana* Colla (genoma B), las dos nativas de Asia (Simmonds & Shepherd, 1955).

En el pasado se realizaron cruces con *Musa acuminata* Colla obteniendo híbridos de los cuales se obtuvieron individuos con genoma triploide, es decir que eran partenocápicos. Posteriormente mediante los pobladores locales descubrieron que dicha planta poseía frutos comestibles y que podría ser propagada vegetativamente. Los individuos triploides obtenidos fueron seleccionados en base a su vigor, tamaño del fruto y adaptación al medio sustituyendo a los individuos iniciales diploides (Robinson & Galán-Sauco, 2012).



Se cree que el plátano se distribuyó desde Indonesia a Madagascar por el Océano Índico en el 500 a.C. y posteriormente a África. Los portugueses fueron los encargados de llevar dichas plantas del género *Musa* hacia las Islas Canarias (1.300-1.400) y desde el Archipiélago Canario fueron trasladadas a República Dominicana, Caribe y América Central. La exportación de plátano procedente de América Central comenzó a finales del siglo XIX y actualmente tienen una gran importancia como cultivo en zonas alejadas de sus localidades de origen (Simmonds, 1962; Purseglobe, 1972). A nivel productivo, según la FAO (2019) la India es el mayor productor de banano del mundo con una producción de 30.460.000 toneladas al año. España se clasifica en el puesto 34 con un total de 398.720 toneladas de producción por año.

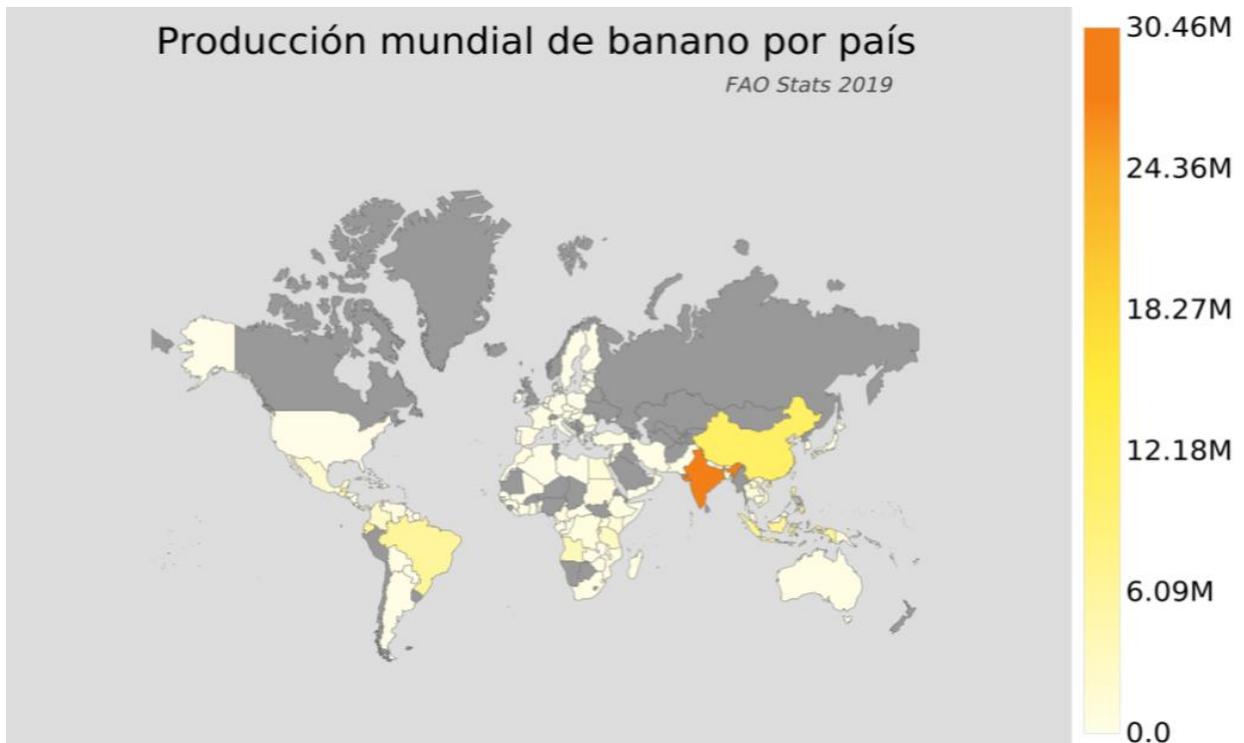


Ilustración 2. Mayores productores mundiales (Fuente: FAO 2019).

Canarias es la región europea de mayor producción de plátano y representa el 52% de la producción total. En el mercado peninsular, Canarias ha logrado situarse como líder en el mercado español con 70% del plátano total consumido, frente al 30% restante de bananas de diferentes orígenes. El cultivo se realiza en sorribas utilizando tierras procedentes de zonas altas de las islas y con superficies de aproximadamente una hectárea (ASPROCAN, 2016).

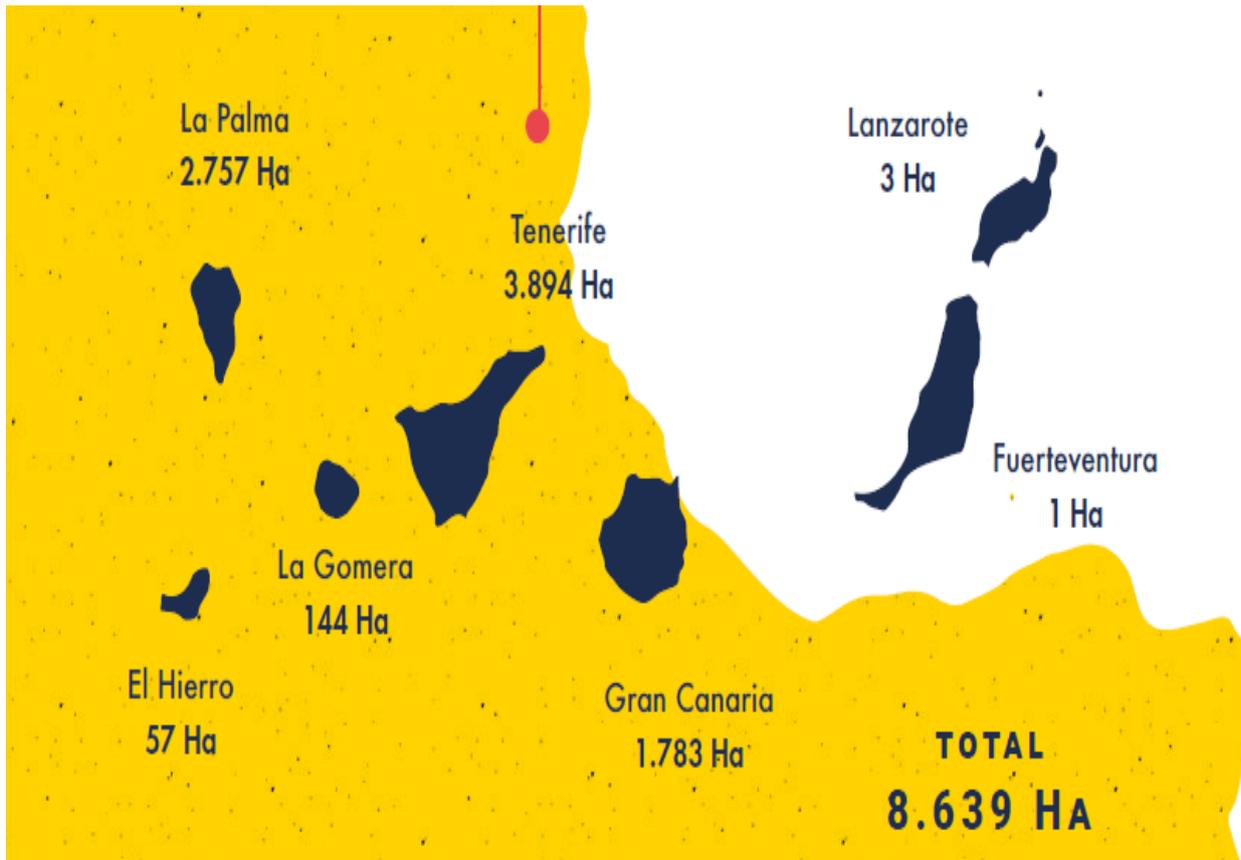


Ilustración 3. Exportación del plátano de Canarias (fuente: Asprocan, 2016).

Las causas de éxito de este cultivo en las Islas Canarias se deben a una combinación de cultivares locales seleccionados a través de mutaciones somáticas del subgrupo Cavendish (Cabrera Cabrera & Galán Saucó, 2012).

Este subgrupo ha sido considerado como el mejor productor de plátano de postre y es de mucha importancia en zonas tropicales y subtropicales, como es el caso del Archipiélago Canario y lo que respecta el grupo subgrupo Cavendish, que según la variedad elegida se le otorga la característica de cierta tolerancia a temperaturas relativamente bajas por debajo incluso de los 16°C (Robinson & Galán-Saucó, 2012).

Otro motivo de éxito del plátano en Canarias es la asociación en organizaciones productoras de plátanos de Canarias a nivel regional llamada Asprocan. Es una entidad privada que coordina la actividad del cultivo del plátano en Canarias, cuyo objetivo principal es conseguir los mejores resultados posibles respecto a la producción del plátano canario (ASPROCAN, 2023).



PRODUCCIÓN POR ISLAS EN PORCENTAJES 2011 - 2021

ISLAS	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
TENERIFE	41,8	42,3	41,7	41,7	44,4	42,5	42,7	41,5	41,9	42,4	45,3
LA PALMA	35,7	34,9	34,6	35,0	33,4	34,9	34,6	36,7	34,9	34,6	32,1
GRAN CANARIA	20,2	20,5	21,4	21,1	20,1	20,5	20,6	19,8	21,1	21,0	20,8
LA GOMERA	1,5	1,6	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,3	1,2	1,1
EL HIERRO	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7
FUERTEVENTURA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LANZAROTE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabla1. Producción de plátanos en Canarias (fuente: Asprocan, 2021.)

3.2. Taxonomía del cultivo:

Familia: Musaceae

Género: *Musa*

Especie: *Musa paradisiaca*. Es el híbrido resultante de las dos especies originales (*Musa acuminata* Colla y *Musa balbisiana colla*) (Robinson y Galán-Sauco, 2012). *Musa acuminata* Colla es una especie triploide (AAA) y sus frutos se consumen como postre, mientras que *Musa balbisiana* Colla es una especie triploide (BBB) apta para consumo cocinado (Simmonds & Shepherd, 1955).

Los inicios de la clasificación taxonómica científica de la platanera fueron por medio de Linneo en 1783 quien denominó *Musa sapientium* aquellas plantas cuyo fruto eran destinado para postres debido a su concentración de dulzor al llegar al punto de madurez, mientras que asignó *Musa paradisiaca* a los ejemplares con elevado contenido en almidón en su fruto y que eran utilizados para cocción. Se descubrió con el paso del tiempo que estos dos tipos de plantas eran híbridos triploides muy relacionados entre sí (Robinson & Galán-Sauco, 2012).



3.2.1. Principales cultivares:

Las variedades cultivadas en Canarias pertenecen al subgrupo Cavendish donde se encuentra la 'Gran Enana' que fue introducida en la década de los 90. Pertenecen a especie *Musa acuminata* Colla (Nogueroles & Líbano, 2007). Los cultivares más usados en Canarias son: 'Gruesa Palmera', 'Brier', 'Ricasa', 'Palmerita', 'Pequeña Enana Tradicional', 'Gran Enana', 'Williams' y 'Zelig' (ASPROCAN, 2012). A continuación, se detallan sus características.

- 'Gruesa Palmera': presenta una buena relación en cuanto a su altura con 2,60 m (± 15 cm) y grosor del seudotallo con 97cm (± 5 cm), por lo que se considera una variedad resistente a los vientos. La emergencia del racimo floral se produce de verano a otoño, con aproximadamente un 9% de la floración tierna realizándose el desflorillado con cuchillo. Es imprescindible para que el llenado de la fruta sea correcto, que la luz penetre por igual en ambos lados del racimo, para que su distribución sea homogénea, por lo que es importante que se eliminen aquellas hojas que interfieran la incidencia de la luz solar. Se debe tener en cuenta que presenta mayor tiempo de llenado que otros cultivares con aproximadamente 20 semanas. Presenta un número aproximado de 15 manos/planta y un peso neto del racimo de 51,81 kg. En los meses más fríos es sensible a la obstrucción floral (Nogueroles, 2012; Cultesa, 2023).



Fotografía 1. Morfología 'Gruesa Palmera', 2020.



Fotografía 2. Racimo Gruesa Palmera (fuente: propia,2020).

Fotografía 3. Racimo Gruesa Palmera (fuente: propia,2020).

- 'Brier': buena relación altura grosor lo que la hace resistente a vientos. No presenta problemas de obstrucción floral en los meses más fríos como es el caso de la Gruesa Palmera, pero presenta mayor tiempo de llenado que otros cultivares, aunque tiene buena conformidad de la fruta. Muy buen desarrollo de las plantas hijas (Nogueroles, 2012; Cultesa, 2023).

- 'Ricasa': tiene pocos problemas de obstrucción floral en general, pero presentan ciertos problemas a la hora del llenado sobre todo por la excesiva longitud de sus frutos que conforman el racimo, concretamente las manillas superiores que adquieren una forma de abanico, que dificulta el embolsado, por lo que no es recomendable este cultivar para las primeras zonas de cultivo de platanera, para evitar ese desarrollo desmesurado (Nogueroles, 2012; Cultesa, 2023).

- 'Palmerita': muy buena configuración de los plátanos que forman el racimo, no presenta problemas de obstrucción floral, muy buen desarrollo de las plantas hijas y la forma de la fruta es lo que se conoce como plátano canario (Nogueroles, 2012; Cultesa, 2023).



- 'Pequeña enana tradicional (Criolla)': como aspectos negativos, es la variedad que presenta menor producción por planta cultivada. El desflorillado se tiene que realizar a cuchillo por lo que es más costoso, a parte del riesgo que se corre de que el látex manche los frutos y presenta problemas de obstrucción floral en los meses más fríos. Como aspectos positivos se ha de mencionar que es una planta que requiere un tiempo más corto de llenado de frutos con respecto al resto de cultivares y posee una buena forma de la fruta. Cabe destacar su buena relación altura grosor por lo que se le adjudica resistencia al vuelco (Nogueroles, 2012; Cultesa, 2023).

- 'Gran Enana': no existen datos comparativos con otros cultivares en las mismas condiciones agronómicas, pero debemos destacar que dicha variedad tiene altas producciones y muy buena calidad de la fruta, no presenta problemas de obstrucción floral y su porcentaje de desflorillado a cuchillo es bajo (3%). Como inconvenientes en las primeras zonas de cultivos, se generan frutos muy largos, su relación altura grosor es mala ya que son plantas muy altas generando mayores costos en las labores de mantenimiento e infraestructuras tales como invernaderos de mayor altura, mayor volumen de productos fitosanitarios y por lo tanto mayor dificultad para combatir las plagas (Nogueroles, 2012; Cultesa, 2023).

- 'Zelig': sus características son prácticamente iguales que la Gran Enana con la diferencia que en el primer año de cultivo las plantas son algo más bajas y a partir del segundo ciclo se confunden entre sí con facilidad (Nogueroles, 2012; Cultesa, 2023).

- 'Williams': esta variedad no presenta datos comparativos con otros cultivares en las mismas condiciones. Posee las mismas características que el cultivar Gran Enana, pero con la diferencia de que las plantas tienen un porte ligeramente superior (Nogueroles, 2012; Cultesa, 2023).

3.3. Características morfológicas del cultivo:

Planta herbácea, rizomatosa, monocotiledónea y perenne, formada por agrupación foliar comprimida que genera nuevos brotes que reemplaza a la planta madre (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

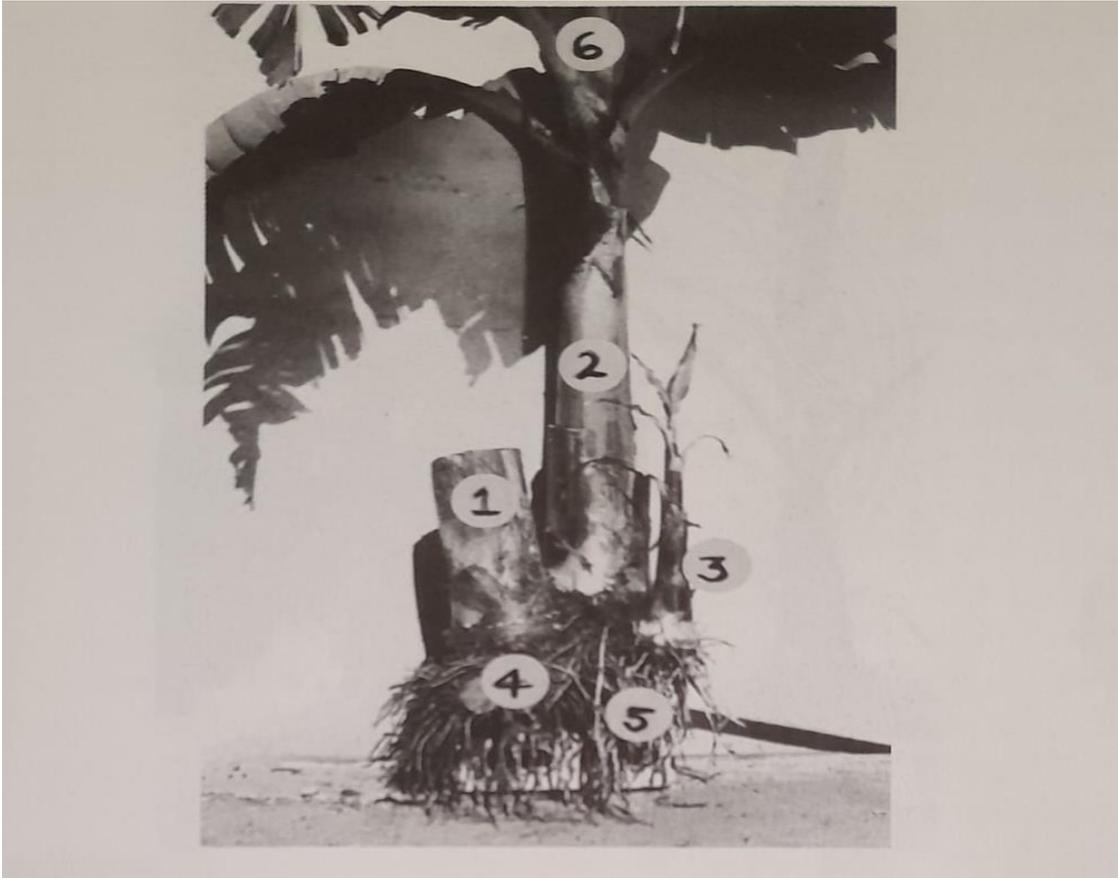


Ilustración 4. Morfología de la platanera. 1) Seudotallo de planta madre cortado posterior a la recolección, 2) Seudotallo maduro de la planta hija antes de la emergencia del racimo, 3) Hijo con morfología foliar en espada. Será el sucesor del siguiente ciclo de cultivo, 4) Rizoma maduro de la planta madre, 5) Rizoma de la planta hija con sus raíces adventicias y sus nuevos brotes, 6) Sistema foliar perteneciente a la planta hija (Fuente: Robinson & Galán-Sauco, 2012).

3.3.1. Sistema radicular:

La platanera presenta un sistema radicular fasciculado que se encuentra principalmente entre los 20-30 cm de profundidad, aunque puede llegar a superar 1 metro y expandirse lateralmente aproximadamente 2-3 metros desarrollándose sobre todo lateralmente con ausencia de raíz pivotante. El sistema radicular primario emerge de la superficie del rizoma con un color blanco, que con el tiempo se torna a tonalidades grises-marrones hasta que finalmente mueren. De cada raíz primaria se desarrolla el sistema radical secundario y terciario que progresivamente, a medida que las raíces se desarrollan se acortan y adelgazan con respecto a la raíz primaria. Tanto las raíces primarias como las secundarias emergen cerca de los ápices radicales. A una cierta distancia de los ápices radicales emergen las raíces de cabellera que son las encargadas de la absorción de agua y minerales, siendo el nivel del potencial de absorción dependiente del número de raíces primarias y del vigor de crecimiento de las mismas (Robinson & Galán-Sauco, 2012).



El tipo de suelo, el nivel de compactación y el drenaje influye significativamente en la morfología radicular, debido a que un suelo con altos niveles de compactación y mal drenaje limitan el progreso evolutivo radical disminuyendo la productividad de la planta. Por el contrario, un sistema radicular que esté instalado en un terreno ligero, con un buen drenaje a unos 0,5 metros de profundidad favorece la emisión de nuevas raíces y de mejor calidad, generando plantas más productivas observándose una estrecha relación entre el peso del racimo y el volumen radicular (Robinson & Galán-Sauco,2012).



Ilustración 5. Sistema radicular de la platanera. 1) Raíz primaria engrosada que emerge directamente del rizoma. 2) Raíces secundarias laterales. 3) Raíces terciarias que portan los pelos absorbentes radicales. (Fuente: Robinson & Galán-Sauco, 2012).

3.3.2. Rizomas e hijos:

El rizoma tuberoso es el tallo verdadero de la planta, que soporta el sistema radicular, está provisto de entrenudos cortos y se encuentra parcial o totalmente subterráneo. Desde su parte superior externa emergen las hojas en sucesión espiral (Purseglove,1972). Internamente se compone de un cilindro central que conecta con el seudotallo y del córtex constituido mayormente por parénquima amiláceo, encargado de almacenar sustancias de reserva para su posterior movilización por la planta. Además, el rizoma actúa como órgano reproductivo de la planta ya que posee yemas vegetativas, que generan nuevos hijos en número considerable (Robinson & Galán-Sauco, 2012). Morfológicamente se diferencian dos tipos de hijos:



- Hijos espada: presentan hojas estrechas de aspecto lanceolado manteniéndose como estructuras delgadas en forma de brácteas (en un estadio temprano el desarrollo de las hojas no es necesario), una base del rizoma grueso y con un seudotallo aspecto cónico.

- Hijos de agua: presentan hojas anchas más desarrolladas, con un rizoma estrecho y un seudotallo de forma recta. Proceden de rizomas más viejos siendo más numerosos que los hijos espada. Tienen una conexión más débil con la planta madre y por este motivo desarrolla hojas más grandes con anterioridad para compensar el déficit de aporte de reservas.

En la fase adulta los hijos experimentan un cambio morfológico foliar a partir de la emisión de la primera hoja adulta, adquiriendo un aspecto más ancho y menos lanceolado.

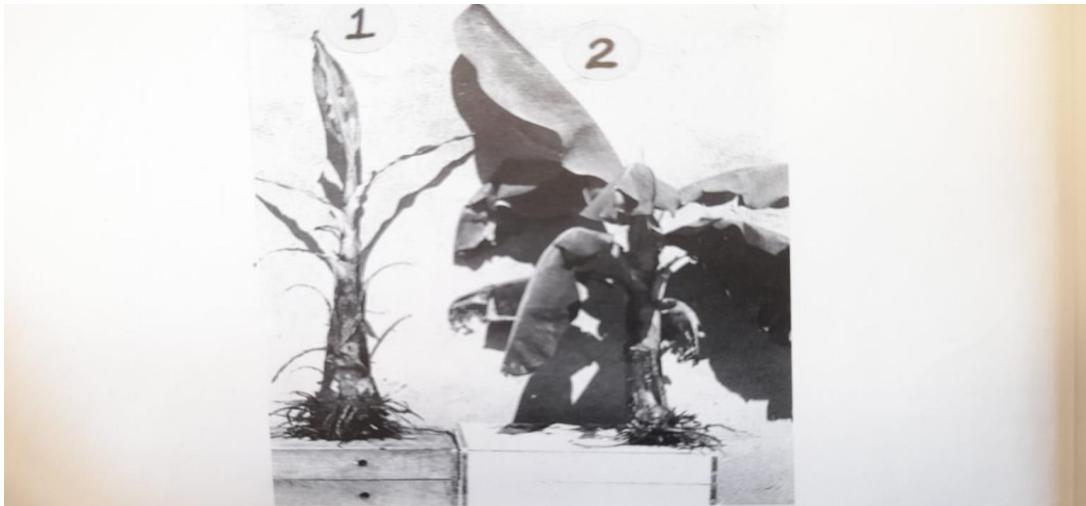


Ilustración 6. Morfología de los hijos en la platanera. 1) Características morfológicas del hijo espada 2) Características morfológicas del hijo de agua (Fuente: Robinson & Galán-Sauco, 2012).

3.3.3. El pseudotallo:

Constituye el soporte de la parte aérea del vegetal (hojas funcionales e inflorescencia) formado por un conjunto concéntrico de vainas foliares prensadas que a medida que la planta crece va engrosando debido a la aglomeración de nuevas hojas. En su mayor proporción el pseudotallo está formado por agua (95%) debido a su constitución herbácea por lo que en circunstancias de déficit hídrico se reduce su diámetro considerablemente. La altura es variable según grupo al que pertenezcan. En los cultivares *Musa* (AAA) pequeña Enana la altura es de aproximadamente de 2 metros hasta los 5 metros del cultivar *Musa* (AAA) 'Green Red'. El pseudotallo maduro es robusto y puede soportar racimos frutales de unos 50 kg de peso y en ocasiones sobre todo en el grupo Cavendish se necesita un entutorado para evitar rotura en los casos de racimos excesivamente pesados y a las incidencias de fuertes vientos (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

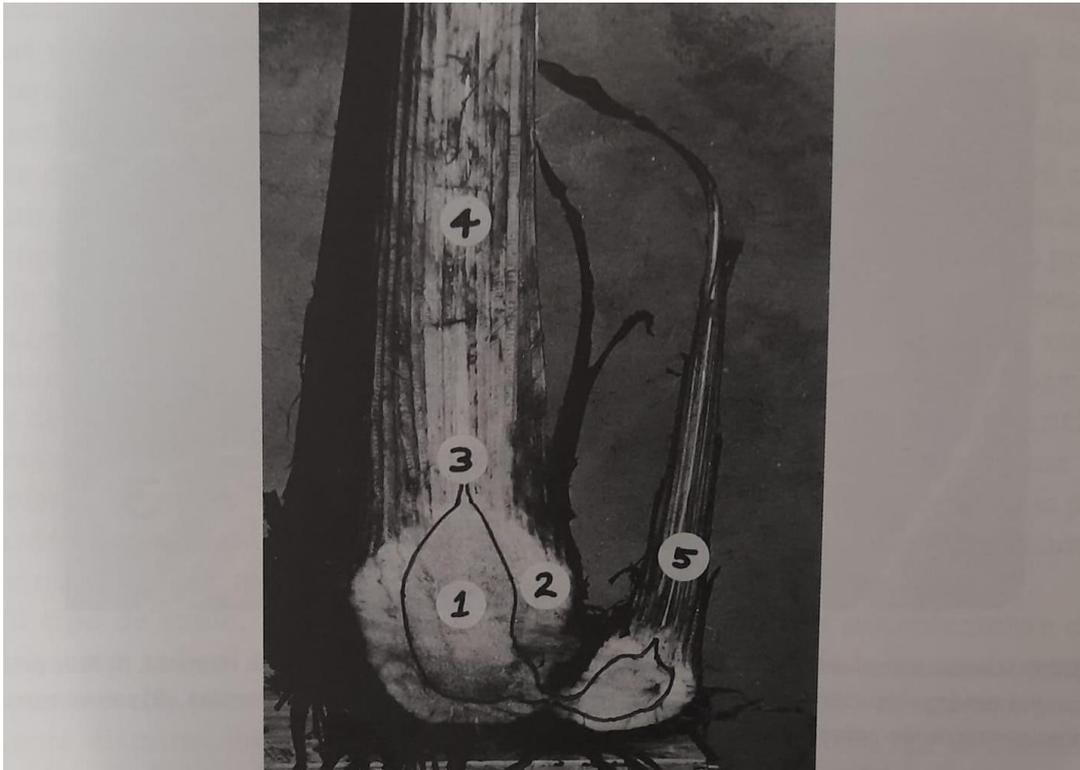


Ilustración 7: El pseudotallo de la platanera. 1) Parte central del rizoma que forma un cilindro central, 2) Parte externa del rizoma denominada córtex, 3) Meristemo apical que forman la zona terminal de crecimiento, 4) Vainas foliares comprimidas que a lo largo del crecimiento forman el seudotallo, 5) Parte del seudotallo que establece la zona de crecimiento de una planta hija (Fuente: Robinson & Galán-Sauco, 2012).

3.3.4. Estructura foliar:

Formación de hojas pecioladas, un nervio central grueso y nervios laterales paralelos con un limbo de grandes dimensiones. En principio se muestra como un cilindro foliar plegado que posteriormente se despliega observándose una alargada vaina foliar que se contrae en la base a causa de la aparición del pecíolo el cual se adhiere en el seudotallo. Con una longitud entre 30 - 90 cm. dependiendo del cultivar, el pecíolo está relleno en su interior de bolsas de aire y presenta una estructura redondeada en su cara inferior y acanalada en su cara superior, que se prolonga a lo largo de todo el limbo foliar dividiendo la hoja en dos láminas desde las que parten nerviaciones con apariencias prácticamente equidistantes entre si a lo ancho de las láminas foliares. Mientras la planta es juvenil la morfología foliar suele ser estrecha y lanceolada. A medida que la planta continúa su desarrollo las hojas se ensanchan progresivamente, siendo la que emerge nuevamente de mayor tamaño que la anterior. En los ejemplares de cultivares *Cavendish* las hojas adultas adquieren una longitud entre los 1,5m – 2,8m y una anchura de 0,7m - 1m. Frecuentemente las láminas foliares adultas se fragmentan en tiras esto es debido a la incidencia de los vientos (Robinson & Galán-Sauco, 2012).



Fotografía 4.: Desarrollo foliar (2020)

3.3.5. Inflorescencia y racimo:

La floración se dispone en forma de espiga formada por un pedúnculo corpulento que se inserta en la parte superior del pseudotallo y conecta con la formación floral dispuesta en racimos nodales que cada uno de estos tienen dos hileras florales con formación en espiral (Blumenfeld 1985, Stover y Simmonds, 1987). Las flores femeninas están situadas en los nódulos basales proximales y son aquellas que generan frutos, mientras que las masculinas están situadas en los nódulos superiores distales y están constituidas por flores que nunca generarán frutos, las cuales siempre permanecerán en el interior de las brácteas formando la bellota. Las flores hermafroditas se encuentran entre las flores femeninas y masculinas que generan frutos de pequeño tamaño, que no se desarrollan en frutos comestibles y que posteriormente caen (Blumenfeld, 1985; Stover & Simmonds, 1987).

El racimo frutal está compuesto por hileras dobles de plátanos y cada una de estas se denominan “manos” que están constituidas por frutos individuales denominados “dedos” y están dispuestos en espiral (previamente flores femeninas) a lo largo del pedúnculo. Las variedades del grupo Cavendish



pueden llegar a obtener un peso de racimo de unos 70 kg, con un promedio de 12 “manos” por racimo y cada “mano” superar los 30 plátanos en condiciones óptimas (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

El fruto es una baya con pericarpo que está compuesta por una capa interna de parénquima, (tejido vegetal con grandes espacios intercelulares llenos de aire) y un mesocarpio que forma la pulpa y endocarpio donde se sitúa la cavidad del ovario, pudiéndose observar en frutos maduros como pequeños puntos incrustados en el interior de la pulpa. La cavidad del ovario, presenta tres lóculos desde donde se desarrolla la mayor parte de la pulpa a partir de la capa exterior del lóculo (Israeli & Lahav, 1986).

3.4. Fisiología de la planta:

3.4.1. Fisiología vegetativa:

Se diferencian dos fases según la época de desarrollo, la fase dependiente y la fase independiente.

- Fase dependiente: engloba las fases iniciales de desarrollo, donde los hijos evolucionan gracias a la movilización de sustancias de reservas almacenadas en el parénquima amiláceo, situado en el rizoma de la planta adulta con la que el retoño establece conexión. El ciclo de desarrollo se inicia en el rizoma en plena formación foliar de la planta adulta, por medio de yemas vegetativas que inicia el crecimiento de un nuevo individuo. Cada una de las yemas experimentan un crecimiento inicial horizontal y a medida que los hijos se desarrollan, van adquiriendo una posición vertical emergiendo través del suelo como una nueva planta. Aquellas yemas vegetativas que procedan de zonas más profundas del rizoma, generan plantas adultas vigorosas, que tienen una fuerte conexión con la planta madre, siendo buenos hijos sucesores. Por el contrario, las yemas vegetativas situadas cercanas a la superficie, su desarrollo termina generando plantas débiles, que no podrán desarrollarse como una planta fuerte y vigorosa, siendo hijos sucesores de peores características. Cada uno de los hijos posteriormente al emerger del suelo, continúa su desarrollo dependiendo de la conexión con la planta madre, debido a que tanto el pequeño sistema radical como su sistema foliar inducido por su meristemo apical que se forman en esta fase de desarrollo, aún no son funcionales (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

- Fase independiente: Se inicia cuando emerge la primera hoja adulta, también llamada Hoja Origen con un aspecto más ancho y desarrollado que las anteriores. A partir de este momento la planta es independiente a la planta madre y puede movilizar sus propias reservas, absorbiendo nutrientes del suelo y transformando la materia inorgánica en materia orgánica aprovechable por la planta. La planta posteriormente a la emisión de la primera hoja adulta o



Hoja Origen continúa desarrollándose e incrementando el número de hojas y el volumen de estas, ya que cada hoja emitida es mayor que la anterior tanto en longitud como en grosor, dando lugar a una mayor superficie foliar y un incremento en la capacidad fotosintética de la planta. La hoja más joven adquiere una posición vertical desarrolla desde el interior del pseudotallo, como un cilindro enrollado que emerge al exterior que se conoce como cigarro foliar. Posteriormente a su emergencia el cigarro foliar comienza a desdoblarse hasta conseguir el aspecto de una lámina foliar y a medida que esta envejece, se desplaza progresivamente a una posición horizontal hasta que el peciolo se fractura por efecto de la gravedad y la lámina foliar se marchita, colgando hacia abajo alrededor del pseudotallo finalmente pereciendo (Robinson & Galán-Sauco, 2012).



Ilustración 8. Emergencia nuevos hijos en platanera (Fuentes: Méndez Hernández & Rodríguez Serrano, 2016)



Ilustración 9 y 10. Plantas hijas en la platanera (Fuente: Méndez Hernández & Rodríguez Serrano, 2016)



Fotografía 5. Planta adulta (2020)



Fotografía 6. Planta hija (2020)

3.4.2. Fisiología de floración y fructificación:

Desde el interior del pseudotallo emerge la inflorescencia y finaliza el desarrollo vegetativo de la planta. Se observa una estructura cónica vertical, formada por las brácteas de color rojizo o blanco pálido (parición), que rodean a la floración que está en el interior. A medida que transcurre el tiempo, la bellota por su propio peso gravita y se dispone de forma invertida con respecto a su estado inicial en el momento de la parición, colocándose en uno de los laterales de la planta, sujeta por el raquis que conecta con el interior del pseudotallo y que por el peso del racimo adquiere una posición arqueada. Cada uno de los nódulos florales femeninos y hermafroditas fructifican (flores femeninas generan frutos que alcanzan mayor tamaño que los procedentes de flores hermafroditas) y generan el fruto a modo de pequeños plátanos que por presión debido al aumento volumen en el desarrollo se ejerce la apertura de las brácteas que cubrían el racimo floral (Robinson & Galán-Sauco, 2012).



Fotografía 7. Emisión del racimo



Fotografía 8. Racimo con brácteas



Fotografía 9. Racimo con flor

Los frutos durante su desarrollo se orientan hacia el suelo y posteriormente tiene lugar un desarrollo curvo hacia arriba provocado por una respuesta geotrópica negativa (el organismo crece en sentido opuesto al de la gravedad) a causa de la intervención de las auxinas (hormonas responsables de fenómenos de tropismos, dominancia apical e inhibición de yemas laterales) a medida que las brácteas que rodean los frutos se secan y se desprenden (Robinson & Galán-Sauco, 2012). El fruto femenino tiene dos fases de desarrollo, una transcurre antes de la emisión de la inflorescencia y la otra fase se produce después de la emisión. La fase anterior a la emisión está dominada por el desarrollo de la piel y es la fase de desarrollo más rápida sobre todo entre las 4 – 6 primeras semanas, por lo que el fruto crece rápido antes, durante e incluso justamente después a la emisión. La fase posterior a la emisión la pulpa comienza a desarrollarse hasta que el fruto experimenta geotropismo negativo, orientándose los frutos hacia arriba (Robinson & Galán-Sauco, 2012).



Fotografía 10. Inicio geotropismo negativo, 2020.



Fotografía 11. Geotropismo negativo, 2020.

El fruto en desarrollo experimenta dos diferencias significativas en cuanto al tamaño. La longitud del fruto experimenta diferentes grados de crecimiento en función la fase por la que atraviese. Desde días antes de la emergencia hasta concluir el proceso de división celular (30 días) es cuando el fruto crece más rápidamente en longitud y el 80% del peso total del fruto corresponde a la piel. Desde que se cumple el mes de emisión hasta los 85 días la longitud del fruto continúa su aumento, pero en menor medida que la fase previa. El grosor aumenta de forma más lenta que la longitud, pero más continuo y dura desde la fase previa a la emisión hasta la recolección del fruto (Lassoudiere, 1978). El intervalo de tiempo de emergencia floral hasta la recolección es de 85-110 días en los trópicos, mientras que en los subtrópicos se requiere hasta 210 días (Ram et al.,1962).

3.4.3 Etapa de maduración:

El plátano es un fruto climatérico, que una vez separado de la planta madre, tiene la capacidad de seguir madurando adquiriendo características organolépticas para su consumo. En la maduración el etileno ejerce un papel decisivo, siendo una hormona vegetal que junto con otras (auxinas, giberelinas y ácido abscísico) controlan el proceso de maduración. Sus efectos sobre el fruto es originar cambios fisiológicos acelerando los procesos de maduración y ocasionando un aumento en la intensidad respiratoria, cambios de color, disminución de la firmeza como pérdida de las paredes celulares. La tasa respiratoria es medida por oxígeno absorbido o CO_2 desprendido por unidad de peso. En el plátano se estima entre los 10-20 $\text{mg CO}_2/\text{kg}$ (Kader,1992).



Wills (1998) señala que el plátano pasa por las siguientes etapas de maduración:

- Madurez fisiológica: determina el desarrollo del fruto y constituye la primera fase de maduración, que inicia antes de terminar el crecimiento celular del fruto, hasta que alcanza su máximo tamaño y acumulación de reservas.
- Madurez organoléptica: las frutas adquieren las características sensoriales que la definen como comestibles a base de un proceso que trata un tejido maduro pero incomedible en otro visual, olfativo y gustativamente atractivo. Dicho proceso comienza durante los últimos días de la maduración fisiológica.
- Senescencia: comienza cuando finaliza la madurez organoléptica. Es un proceso degenerativo que impide la reparación de tejidos y que conduce al envejecimiento y la muerte. En este período la producción de etileno como la tasa respiratoria disminuyen progresivamente produciéndose simultáneamente la degradación del fruto hasta la llegada del final de su ciclo de vida.

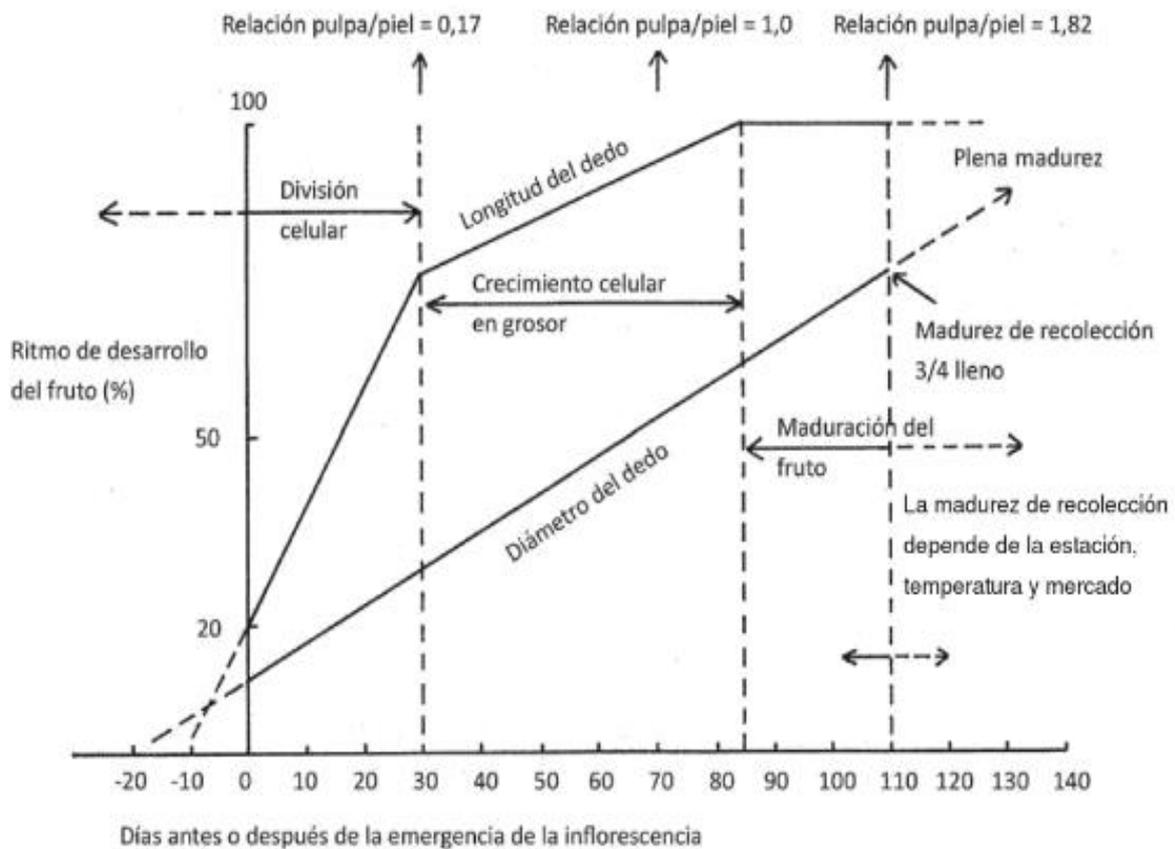


Figura 1. Maduración del fruto (fuente: Ram et al., 1962 & Lassoudiere, 1978)



3.5 Factores climáticos que influyen en el ciclo de desarrollo:

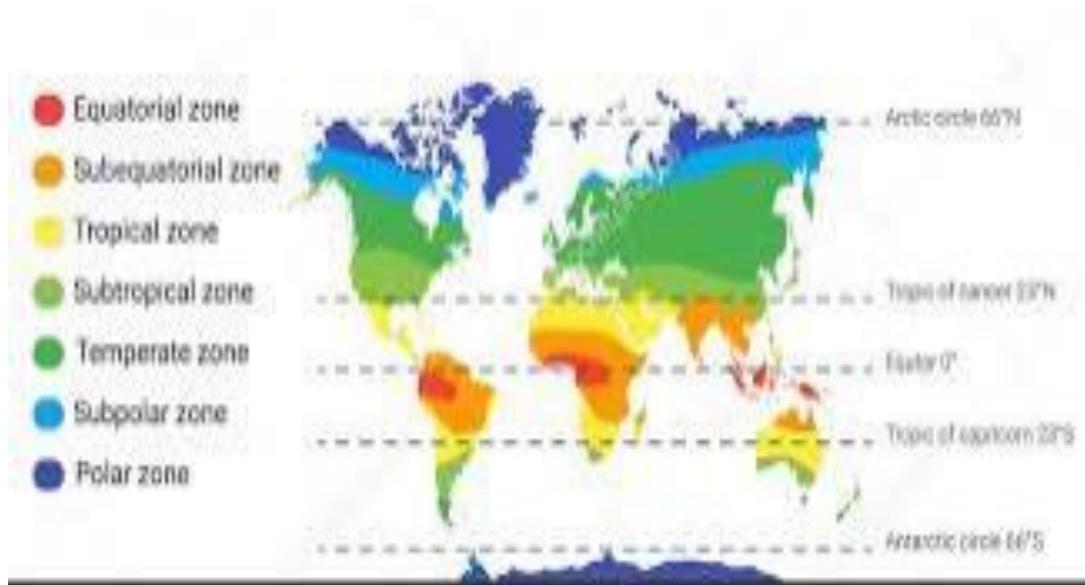


Ilustración 11. Mapa zonas bioclimáticas.

El tiempo que tarda en desarrollarse la planta hasta la formación del fruto está fuertemente relacionado con el clima donde se sitúe la plantación. En los trópicos se estima que desde la emisión floral hasta el momento óptimo de recolección transcurren entre 85-110 días, mientras que en lugares subtropicales siendo más fríos 210 días hasta alcanzar la madurez de recolección (Ram et al., 1962).

El cultivo de platanera geográficamente se encuentra distribuido en las zonas tropicales y subtropicales abarcando una latitud de unos 30° tanto hacia el Hemisferio norte como el Hemisferio Sur (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

3.5.1. Temperatura:

En condiciones de temperaturas hasta los 33 °C y con el suelo bien provisto de agua la platanera no sufre estrés por calor ni debilitamiento. Cuando la temperatura alcanza los 38 °C la demanda de evaporación y pérdidas por transpiración son superiores a la capacidad que tiene la planta de extraer el agua del suelo en capacidad de campo, entonces se inician procesos de marchitamiento, disminuyendo consigo la capacidad fotosintética de la planta. A temperaturas ambientales de 40 °C y temperaturas de la hoja llega a los 47 °C se produce la muerte de las hojas (Taylor & Sexton, 1972). Si la temperatura media mínima mensual es de 9 °C o si la suma de la media máxima más la mínima dividida entre 2 baja a los 14°C se produce paralización del crecimiento por bajas temperaturas, descendiendo el nivel de emisión foliar entre 0 y 0,5 hojas /mes en comparación con la emisión en



lugares tropicales de unas 5 hojas/mes en verano. La temperatura óptima para el inicio de la floración en el cultivo de la platanera se sitúa en torno a los 22 °C, mientras que a temperaturas medias de 10 °C o menores, la iniciación floral se ve perjudicada por bajas temperaturas. La absorción de agua y nutrientes se reduce drásticamente ocasionando una planta de aspecto debilitado (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

La superficie foliar a causa de las bajas temperaturas se torna de color amarillo, en distinta magnitud dependiendo de las temperaturas mínimas registradas. Como consecuencia se destruye progresivamente la clorofila, reduciendo su capacidad fotosintética. El amarillamiento foliar puede derivar en necrosis y aunque la hoja en cuestión no esté muerta, se ve reducida su eficiencia fisiológica (Robinson, 2006).

3.5.1.1. Temperatura en función de la latitud:

En el planeta Tierra, la platanera geográficamente se sitúan en el ecuador a 20º Hemisferio Norte y Hemisferio Sur para zonas tropicales. En zonas subtropicales el margen con respecto al ecuador se sitúa en una franja entre los 20-30º a cada Hemisferio. De manera general el cultivo tiene un margen de adaptabilidad con respecto al ecuador de 30 ° tanto hacia el Hemisferio Norte como el Hemisferio Sur. En zonas tropicales las condiciones climáticas son más estables a causa que la temperatura presenta bajas fluctuaciones entre el día y la noche y entre estaciones. Además, las precipitaciones son más abundantes. Sin embargo, en las zonas subtropicales las fluctuaciones de temperatura entre el día-noche y estaciones son relativamente altas, con un índice pluviométrico bajo y deficientemente distribuido. (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

Se distribuyen en 4 zonas principales. Dos de ellas se incluyen zonas tropicales, mientras que las dos restantes pertenecen a zonas subtropicales (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

- Trópicos húmedos: Se establecen unas temperaturas medias que generan unas condiciones óptimas de producción durante todo el año. Es muy escasa la incidencia de temperaturas extremas y las variaciones entre temperaturas diurnas y estacionales son mínimas (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

- Trópicos calientes y semiáridos: Como en las condiciones de los trópicos húmedos hacen presencia unas temperaturas medias que propician que las condiciones de producción sean óptimas durante todo el año. Por el contrario, las variaciones de diurnas como estacionales son más amplias por lo que los valores máximos y mínimos se alejan de los valores óptimos (Robinson & Galán-Sauco, 2012).



- Subtrópicos cálidos y áridos: A pesar de situarse a 29º latitud norte y debido a su peculiar condición climática, en estas condiciones se sitúan las islas Canarias entre otros lugares. Temperaturas medias que son óptimas para la producción ocupan ocho meses en el calendario, estableciéndose durante las estaciones de verano, otoño y parte de la primavera. En el invierno y comienzo de la primavera los valores descienden de las condiciones óptimas, produciendo una parada pronunciada en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

- Subtrópicos frescos: La temperatura media mensuales son inferiores al valor mínimo óptimo de 22 ºC durante ocho meses al año. Únicamente los 4 meses restantes es donde la temperatura asciende sobre el mínimo óptimo de 22 ºC. Las temperaturas por debajo del rango adecuado para el cultivo generan que el ritmo de emisión foliar sea bajo, los ciclos de producción se alargan en el tiempo y ocasionan efectos negativos en los cultivos como puede ser la obstrucción de la floración, amarilleo de superficie foliar, etc. Por el contrario, la situación de que la planta sufra por estrés por altas temperaturas muy rara vez sucede (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

3.5.2 Humedad y necesidades hídricas: Planta de constitución herbácea sensible a la escasez de agua, necesitando elevados aportes hídricos y estos a su vez dependerán de la etapa de desarrollo por la que atraviesen, debido a que cuanto más juvenil sea el ejemplar menor necesidad hídrica demandará y viceversa. La cantidad hídrica necesaria para que la planta se desarrolle en condiciones óptimas dependerá del índice de superficie foliar, temperatura, humedad, radiación solar, la cubierta de nubes y el viento. Por lo tanto, podemos afirmar que su necesidad hídrica dependerá de la zona donde habite dentro de los márgenes establecidos entre zonas tropicales y subtropicales (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

- En los trópicos y sus zonas de origen (Sudeste asiático), dichas necesidades se cubren únicamente con la pluviometría anual de la zona recibiendo entre 2500 – 4500 mm. bien distribuida a lo largo del año. Se debe tener en cuenta que dentro de la franja clima tropical existen zonas con un índice menor de pluviometría que reciben unos 1.500mm de precipitación concentrados en ocho meses /año por lo que no es suficiente para su desarrollo y por lo tanto en estas zonas se aplica un riego suplementario en los 4 meses restantes (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

- En zonas subtropicales sus necesidades hídricas se abastecen en mayor parte por riego suplementario.

En zonas subtropicales húmedas: la distribución de las precipitaciones es variable con un aporte aproximado entre 950 –1700 mm /año en donde hacen presencia los largos periodos secos por lo que se hace indispensable el aporte de riego suplementario (Robinson & Galán-Sauco, 2012).



En zonas subtropicales secas: son lugares con alta temperaturas, baja humedad y hacen presencia los días despejados a la vez que las precipitaciones son mucho menos abundantes que las zonas subtropicales húmedas y zonas tropicales, por lo que se requiere de riego suplementario prácticamente todo el año aproximadamente 1.500 mm (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

El cultivo del plátano en las Islas Canarias se distribuye en las islas occidentales (El Hierro, La Gomera, La Palma, Tenerife) aunque también incluye una isla de situación geográfica oriental (Gran Canaria). Basándonos en los datos de precipitaciones medias anuales para regiones subtropicales (1.500mm) más el riego suplementario preestablecido dependiendo de la isla en la que se encuentre el cultivo, se establecen las necesidades totales anuales del cultivo como una media necesaria para las Islas Canarias de aporte total de unos 2.000 mm /año (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

La demanda de agua por parte de la planta es menor cuando es joven que en estados adulta y menor aún después de la emergencia del racimo (Meyer y Schoch,1976). Sobre todo, de cara a plantaciones de un solo ciclo, es de vital importancia de cara al correcto manejo del agua en Canarias (Galán-Sauco & Cabrera-Cabrera, 2006).

3.5.3. Radiación solar y fotosíntesis: Se necesita radiación solar para realizar la fotosíntesis, indispensable para cualquier organismo vegetal. La fotosíntesis es un proceso de oxido-reducción en el que el carbono del CO₂ se reduce a carbono orgánico. Por lo tanto, la fotosíntesis en las plantas consiste básicamente en la producción de una sustancia orgánica a partir de moléculas inorgánicas (Pérez-García & Martínez-Laborde, 1994)

La radiación solar resultante que se proyecta sobre la superficie terrestre contiene diferentes ondas electromagnéticas, pero las plantas en este caso el cultivo de la platanera, aprovechan únicamente la franja de onda situada entre la ultravioleta y la infrarroja es la radiación fotosintética activa (PAR). En el rango de ondas la radiación fotosintética activa (PAR) ocupa la franja situada entre los 380-400 nanómetros (nm) hasta los 700 nm. en los que se proyecta una gama de colores en diferentes intensidades (violeta, azul, verde, amarillo, naranja y rojo) a medida que la franja de onda se desplaza desde los 380-400 nm hasta los 700nm (Azcón-Bieto & Talón, 2013).

La absorción en el espectro fotosintético de radiación activa (PAR), se produce por medio de las clorofilas. La clorofila "A" es la encargada de convertir la energía lumínica en energía química, siendo esta la de mayor importancia, mientras que la clorofila "B", tiene como función aumentar la capacidad de absorción de la clorofila "A". Las clorofilas tienen rangos de absorción máximos en el espectro aproximadamente entre los 380-460 nm (color violeta-azul) y los 630-670 nm (color naranja-rojo).



Por lo tanto, se puede afirmar, que los colores de la gama cromática fotosintética activa (PAR) que más eficientes son para la realización de la fotosíntesis son el color azul y el rojo, seguidos del violeta y el naranja. En cuanto a la parte amarilla del espectro, supone un aporte mucho menor que los colores previamente citados y no es excesivamente indispensable su aporte. El verde es el color de la gama cromática espectral que menos las plantas utilizan para la realización de la fotosíntesis ya que su absorción es prácticamente nula, en donde la planta actúa como un cuerpo refractario de dicho color, (Azcón-Bieto & Talón, 2013).

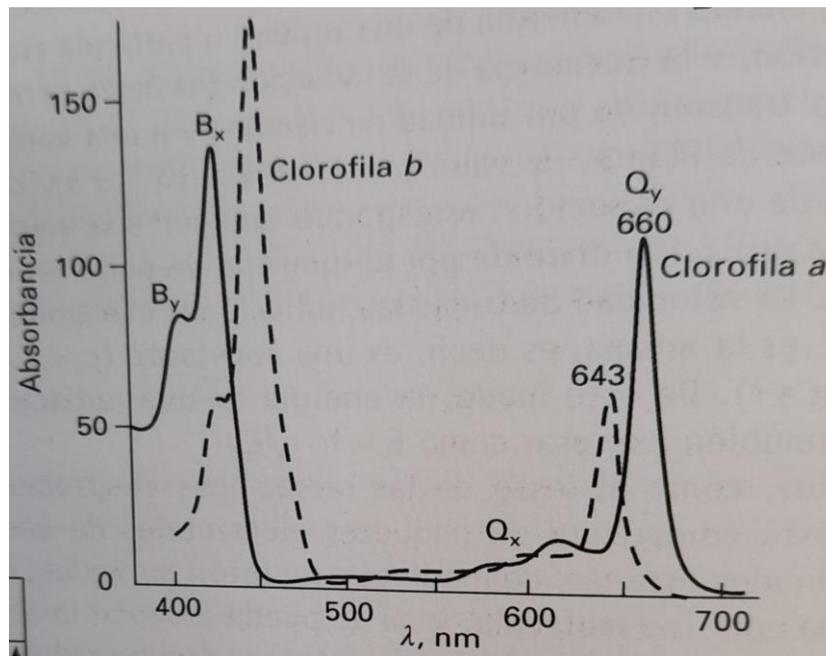


Figura 2. Espectro fotosintético. (Fuente: Azcón-Bieto & Talón)

- Eficiencia fotosintética en función a la densidad y estado de la masa foliar: en los estudios realizados por Robinson (1992), se descubrió que la planta posee un mecanismo de compensación de asimilación fotosintética en aquellos casos donde la planta presente un deterioro (necrosado, desflechado, etc.) o pérdida foliar, siempre y cuando las hojas del número 2 al número 5 (contadas desde el ápice hacia la base) permanezcan en la planta en buen estado. Las hojas de la 2-5 en fase de crecimiento vegetativo son las más eficiente en la realización de la fotosíntesis y estas son renovadas constantemente durante su crecimiento, por lo que aumenta su capacidad fotosintética (Kallarackal et al.,1990; Eckstein & Robinson, 1995).

En los experimentos realizados por el señor (Robinson, 1992) se midió un aumento de la fotosíntesis de la tercera hoja de plantas con hojas cortadas conservando la hoja número 1 y 4, realizando comparación con plantas en las que no se habían cortado ninguna hoja con 12 hojas por



ejemplar. Este tipo de compensación no trajo ninguna mejora en el rendimiento ni en la duración del ciclo para las plantas en donde se habían eliminado hojas en comparación con aquellas en las que permanecían intactas con sus 12 hojas totales. Las hojas del número 6-12 a pesar de tener captación de radiación fotosintética, su eficiencia es más reducida ya que se consideran en un estado de envejecimiento progresivo. Debemos tener en cuenta que cuanto más vieja es una hoja menor eficiencia fotosintética tendrá y si a esto le añadimos que la luz solar incide con menor penetración en aquellas que se encuentran en una posición más baja (hojas más viejas), a causa de la masa foliar que le sobrepasa, la eficiencia fotosintética aún se reduce en mayor proporción (Robinson, 1992).

La pérdida de una hoja sombreada experimenta una mayor reducción de radiación activa PAR que en condiciones de cielo cubierto por la nubosidad. Se realizó un estudio en donde se midió una reducción de radiación activa PAR desde 359,13 w/m² hasta los 17,39 w/m² entre la tercera hoja bien iluminada y la cuarta hoja sombreada lo que corresponde a una reducción de la fotosíntesis de 20,9 a 6,8 umol/CO₂/ m²/s. lo que se traduce en una reducción del 67 % (Robinson et al.,1989)

- Eficiencia fotosintética según el nivel de radiación proyectada: se realizan ensayos de radiación fotosintética activa (PAR) con una curva de respuesta que varía en base a la situación de los días nublados frente aquellos más soleados, así como la sombra proyectada por la masa foliar sobre las hojas más bajas. Por lo tanto, el objetivo es cuantificar las pérdidas de asimilación fotosintética que se producen en los días de menor radiación solar a causa de la nubosidad o por competencia entre plantas dentro del cultivo, realizando comparaciones con aquellos días soleados. Se obtuvieron valores de 429,13 w/m². para el promedio intensidad diurna en día despejado de verano y de 103,70 w/m², para un día de verano completamente nublado (Robinson & Galán Sauco, 2012).

La respuesta de las plantas ante la disminución de radiación solar se detectó en base a los valores de la tasa fotosintética de las hojas que se vieron reducidos de 17,2 a 11,4 umol CO₂/m²/s. La pérdida del potencial de asimilación fue del 34 % que ocurre en cielos cubiertos en los trópicos húmedos donde hay un promedio de 3-5 horas de sol. Sin embargo, en climas subtropicales y mediterráneos son climas más secos con menor nubosidad por lo que parten con la ventaja de días largos con mayor número de horas de sol por día y por lo tanto mayor tasa fotosintética (Eckstein & Robinson). En condiciones de cultivos en el interior de invernaderos se evaluó la diferencia de la cantidad de radiación activa PAR existente comparándola con cultivos al aire libre. Lógicamente los valores al aire libre de radiación activa PAR, siempre fue superior en cultivo al aire libre con un máximo de 1.500 umol/m²/s con respecto a cualquier tipo de cubierta de invernadero. La cubierta de invernadero que más elevada radiación activa PAR fue el polietileno con máximos en torno a los 1.100 umol/m²/s. La reducción de



la radiación activa PAR por parte de la cubierta de polietileno queda compensada con el aumento de temperatura dentro del invernadero y una mayor densidad foliar para interceptar la radiación incidente (Galán-Sauco, 1998).

-Eficiencia fotosintética según la procedencia de plantas hijas: la descendencia del cultivo proviene de los hijos que son el futuro de la plantación y estos pueden ser desarrollados a partir de la planta madre desde su propio rizoma, como por medio de técnicas de laboratorio desarrollando un nuevo ejemplar a partir de cultivo de tejidos. Las diferencias fueron estudiadas recolectando datos de gran importancia, como que las hojas nuevas emitidas por planta *in vitro* y durante los 3 primeros meses de desarrollo tenían como promedio una tasa fotosintética mayor que las hojas procedentes de hijos de rizoma en un 18%. En un período de 5 meses de desarrollo se observó una duplicación en la cantidad de hojas emitidas, como en el desarrollo radical a favor de las plantas procedentes de cultivo in-vitro. (Robinson y Eckstein). El plátano se cultiva en condiciones muy variadas de radiación solar desde regiones de gran nubosidad de unos 184 $\mu\text{mol}/\text{sm}^2$, hasta otras de alta irradiancia promedio de 1500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (Cayon, 2004).

- Daños por radiación: la insuficiente radiación fotosintética activa PAR, es un problema para el cultivo en latitudes tropicales, donde a pesar de que los días cuenta con un mayor número de horas por su proximidad con el ecuador, su número de horas de sol es menor debido a la presencia de condiciones climáticas con abundantes precipitaciones y cielos frecuentemente con nubosidad. Por este motivo los riesgos de daños por radiación son muy escasos en esta latitud. Sin embargo, en las regiones subtropicales a pesar de que los días en cierta época del año tienen una duración menor, su número de horas de radiación solar es más elevado a causa de unas condiciones climáticas más secas, donde la presencia de precipitaciones y por tanto la nubosidad es menos frecuente dando lugar a cielos despejados. Por este motivo los riesgos por radiación son elevados en dicha latitud (Robinson & Galán Sauco, 2012).

Las quemaduras por exceso de radiación solar ocasionan una serie de daños característicos sobre los ejemplares cultivados, debido a que en la superficie foliar sufre una decoloración en condiciones de exceso de radiación en invierno (quemadura invernal), pero si esta condición se agudiza aún más generan zonas necróticas sobre las hojas. En los racimos frutales las manos superiores y su eje sufren quemaduras. La piel del fruto sufre una decoloración amarilla, pasando al blanco y si la radiación se agudiza aún más se generan quemaduras necróticas por su superficie (Robinson & Galán Sauco, 2012).



Se debe tener precaución en el momento de la utilización de bolsas plásticas para embolsar el racimo, debido a que un aumento de temperatura produce quemaduras en el fruto como consecuencia de un aumento de temperatura en su interior. Su colocación suele efectuarse a partir de las pariciones del mes de septiembre (Nogueroles, 2012). En zonas con problemas de quemaduras por exceso de radiación solar se recomiendan marcos de plantaciones más reducidos (Robinson & Galán Sauco, 2012).

3.5.4. Influencia de los vientos: La incidencia de los vientos causan daños en las plantaciones y según su duración e intensidad repercutirán en mayor o menor medida sobre los ejemplares del cultivo. Los vientos con velocidades entre 2,5 – 5 m/s reducen la calidad del fruto, ya que aumenta el depósito de polvo sobre estos y ocasionan abrasión de las hojas (Robinson & Galán Sauco, 2012). Los vientos en subtrópicos estacionales son regulares y tienen una velocidad entre los 5-10 m/s y producen rasgados de las hojas produciendo un descenso de la productividad. Los vientos secos y calientes inducen al estrés hídrico y la marchitez ya que favorecen la evaporación y la pérdida de agua de los tejidos vegetales (Robinson & Galán Sauco, 2012). Cuando los vientos en torno a los 15 m/s (54 km/h) causan con frecuencia caída de plantas en el cultivo y cuando estos se sitúan en velocidades de 20 m/s derriban entre el 50-100% de la plantación cultivada (Robinson & Galán Sauco, 2012).

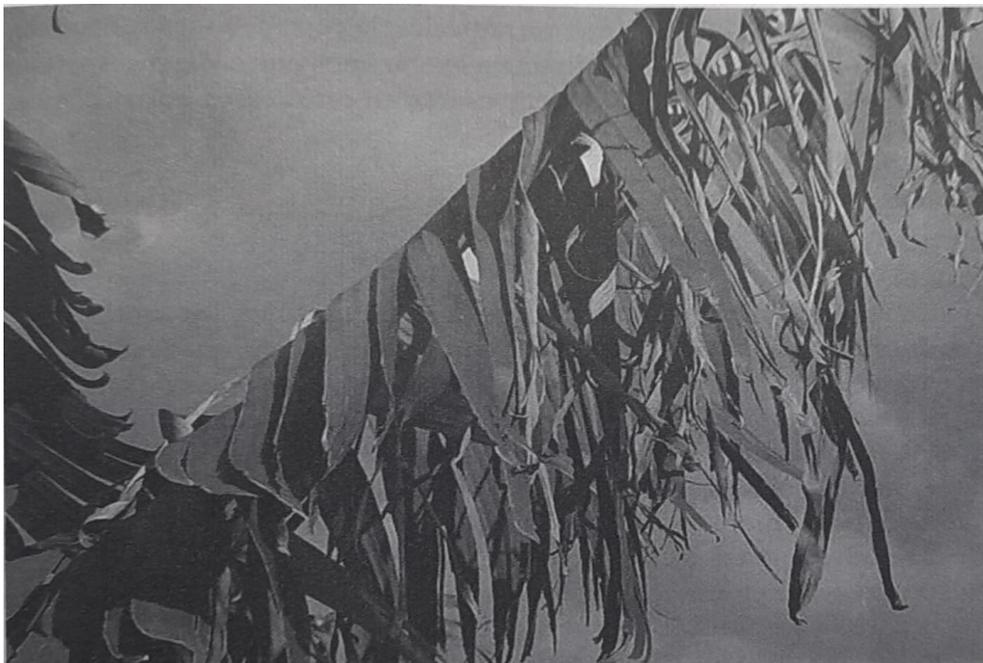


Ilustración 12. Incidencia de los vientos (Robinson & Galán-Sauco, 2012).



3.6. Características y necesidades edafológicas del cultivo:

Los mejores suelos son los francos o moderadamente franco-arcillosos con un contenido de arcillas superiores al 20%, ricos en materia orgánica no inferior al 3% y con buena relación C/N, que mejore la estructura del suelo y que aporte importante dosis de nutrientes disponible para las plantas. Deben tener un buen drenaje, que sean profundos y fértiles. Sin embargo, aunque es importante que el suelo retenga la humedad lo suficiente como para que permanezca disponible para la planta, no es conveniente que el desplazamiento del fluido sea muy lento ya que puede provocar graves problemas para el sistema radicular (asfixia radicular por encharcamiento, etc.) así como una gran sensibilidad al Mal de Panamá. Se ha descubierto que los rendimientos bajan en aquellos suelos con un mal drenaje del suelo y en suelos poco profundos con una capa pedregosa compacta entre los 30-60 cm de profundidad, esto es debido a que el sistema radicular de la platanera en realidad no es superficial, sino que la profundidad y disposición de las raíces están directamente relacionadas con las condiciones del suelo y el comportamiento del desplazamiento del agua en el mismo. Es una planta que se adapta a un rango de pH en suelos entre 5,5 y 8,0 aunque su intervalo óptimo se encuentra entre 6,0 y 7,5 ya que fuera de este rango se presentan problemas de fenómenos de bloqueo en la disponibilidad de nutrientes necesarios. Es de vital importancia identificar de donde proviene la salinidad en suelos y en función de su origen mediante análisis (Nogueroles & Líbano, 2007).

La platanera, aunque tiene una cierta resistencia a la salinidad (Lahav, 1989) se afirma que con concentraciones hasta los 500 mg/l de sales solubles en suelos, el desarrollo del cultivo es satisfactorio mientras que entre los 500-1000mg/l la fruta se ve afectada y en cantidades de sales disueltas superiores a 1000mg/l la planta detiene su crecimiento y muere.

Generalmente son suelos transportados que provienen de zonas relativamente lejanas normalmente de la vertiente norte en zonas de medianías, suponiendo un elevado coste en las sorribas (Nogueroles & Líbano, 2007). Son suelos generalmente pesados con textura franco -arcillosa con un pH entre 7,5 y 8,5 con elevada conductividad eléctrica (ASPROCAN, 2012)

Presentan suelos con cantidades óptimas de fósforo, por lo que no es requerimiento de aporte en suelos de Canarias (Nogueroles y Líbano, 2007). Los valores de calcio y el magnesio son elevados con una relación de 1,5 a 4. En cuanto a la capacidad de intercambio catiónico (CIC) su valor es elevado (Soto 1991).

Uno de los problemas de los suelos para el plátano en las islas es la excesiva salinidad que presentan gran parte de estos debido a la calidad de agua de riego que hace que aumente el contenido de sodio



(Na), disminuyendo la absorción de potasio (K) afectando al rendimiento del cultivo (Robinson & Galán, 2012).

3.7. Técnicas de cultivo

3.7.1. Plantación:

En las zonas subtropicales donde los inviernos son más fríos la plantación se realiza en primavera o en verano. Aquellas plantaciones realizadas en verano se obtienen rendimientos altos y buena calidad de fruta (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

3.7.1.1. Densidad de plantación: La densidad apropiada depende de donde esté situado el emplazamiento de cultivo y determinará el marco de plantación inicial. Una vez quede establecida la plantación con su densidad escogida no puede reajustarse posteriormente por lo que es importante tener claro la densidad óptima. Una densidad elevada produce ciclos de cultivos de mayor duración con racimos y frutos de menor tamaño (Robinson, 1988; Nel, 1989). La densidad de plantación está determinada por una serie de factores:

- El clima de la zona: Se considera el factor más importante a considerar a la hora de establecer la densidad de plantación. En zonas calurosas y secas que exista un elevado estrés calórico se establecen densidades elevadas con marcos de plantaciones más estrechos (2500-3000 plantas/ha), mientras que en zonas subtropicales con inviernos más fríos de manera general se establecen menores densidades para conseguir una mejor penetración de la luz acortando los ciclos de cultivo (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

- Vigor de la plantación: El área foliar de las plantas junto con la transmisión de la radiación PAR pueden establecer una densidad óptima (Stover, 1984). En plantaciones de gran vigor, puede establecerse densidades mayores, mientras que plantaciones con vigor medio-bajo no se deben utilizar densidades altas para que la planta pueda aumentar su área foliar con mayor espacio y evitar un reducido vigor que genere racimos pobres y de bajo valor comercial (Robinson & Nel, 1989b).

- Longevidad de la plantación: Según el número de ciclos que la planta atraviese en el cultivo se establecerán sus respectivas densidades de plantación. Se ha demostrado que, en plantaciones de un solo ciclo, pueden disponerse en densidades dobles a diferencia que en plantaciones de ciclos más largos. Esto se debe a que en densidades altas las plantas adultas sombrean a las plantas del sucesivo ciclo productivo ocasionando plantas hijas problemas de desarrollo. Las plantaciones de 2 ó 3 ciclos requieren densidades intermedias y nunca densidades altas (Robinson et al., 1994).



3.7.1.2. Plantación de material in-vitro:

Plantas procedentes de material genético mejorado en laboratorio por medio de plantas madres (Robinson & Galán-Sauco, 2012). En el momento de la plantación debe retirarse la bolsa plástica que portan cada planta, con cuidado para no dañar el sistema radicular de la planta y disponer del cepellón completo para su posterior trasplante a campo. Se debe tener especial cuidado en el método usado de plantación con especial atención a la profundidad de plantación evitando que las raíces queden expuestas y sufran daños, ocasionando un retraso importante en el desarrollo de la planta. Para evitar esta problemática se debe realizar un hoyo de plantación de 30 cm de profundidad y realizar una buena labor de aporcado alrededor del pseudotallo, reiterando dicho aporcado pasados 2 meses posterior la plantación, evitando siempre la exposición del rizoma de la planta, que en muchas ocasiones sobresale del nivel del suelo por la presión que ejerce la planta durante el crecimiento de las plantas hijas (Robinson & Galán-Sauco, 2010).

3.7.2. Riego:

El cultivo de la platanera es sensible a la escasez de agua manifestando un acortamiento de los entrenudos, ocasionando un alargamiento en el ciclo de cultivo y una reducción en el crecimiento, con racimos deficientemente llenos y pequeños e incluso agrietamiento de la piel del fruto (Broadley et al., 2004 & Nelson et al., 2006).

Las plantas de cultivo también pueden sufrir por exceso de agua en períodos prolongados produciendo muerte por asfixia radicular por falta de oxígeno (Daniells & Evans, 2005). En los trópicos húmedos las necesidades hídricas del cultivo se cubren en su totalidad con el agua de lluvia, mientras que fuera de los trópicos las necesidades hídricas se cubren la mayor parte con el aporte de riego (Daniells, 1984).

Las precipitaciones en las Islas Canarias se distribuyen prácticamente su totalidad en los meses de invierno, cuando las plantas no tienen crecimiento, siendo en los meses más calurosos de vital importancia el aporte de riego (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

Es de vital importancia el correcto manejo del agua de riego y tener en cuenta que una planta joven como una planta después de la emergencia del racimo requieren menos necesidades hídricas que una planta adulta (Meyer & Schoch, 1976). De los diferentes sistemas de riego, según estudios realizados en Israel el método de riego por goteo es el mejor sistema de riego en platanera sobre todo en riegos de alta frecuencia (Lahav & Kalmar, 1981).



Para una correcta planificación del riego debemos tener en cuenta una serie de características que son las responsables de la respuesta de la platanera al déficit hídrico; Son plantas con elevada transpiración debido a su gran tamaño y superficie foliar, su sistema radicular es poco profundo en comparación con otros frutales y las plantas tienen una reducida capacidad de extracción de aguas en suelos que estén en procesos de desecación (Van Vosselen et al., 2005).

Según estudios se cree que la planta en situaciones de estrés hídrico emite señales que activan el cierre de las estomas para evitar la pérdida de agua (Tuner et al., 2007). Para evitar problemas de estrés por déficit de riego los estudios en campo han confirmado que las plantas se comportan mejor a una aplicación de riego frecuente y en pocas cantidades humedeciendo el suelo hasta una profundidad donde se encuentren el 80-90% de las raíces (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

En cuanto a la calidad del agua de riego una conductividad eléctrica que supere los 3,0 dS/m en el suelo retrasa el crecimiento disminuyendo el rendimiento de las plantas. Una absorción de sodio mayor a 13 son perjudiciales para la platanera al igual que valores de cloro (Cl) superiores a 600 ppm (Israeli et al., 1986).

3.7.3. Abonado:

Para el cultivo de la platanera un suelo en condiciones debe cumplir una serie de factores; permitir el crecimiento de las plantas, almacenar y reciclar nutrientes, almacenar y suministrar agua, eliminar plagas como enfermedades y filtrar las toxinas (Pattison et al., 2008).

El abonado consiste en el aporte de enmiendas al suelo para aportar nutrientes a los cultivos, pero previamente debemos saber la composición del suelo mediante análisis para evitar los desequilibrios en la composición nutritiva del suelo, debido a que muchos suelos acumulan excesos de sales.

Elemento	Cantidad extraída en 50 ton de fruta fresca	Cantidad que permanece en las plantas	TOTAL	% extraído con la fruta
N	189	199	388	49
P	29	23	52	56
K	778	660	1438	54
Ca	101	126	227	45
Mg	49	76	125	39
S	23	50	73	32
Cl	75	450	525	14
Na	1.6	9	10.6	15
Mn	0.5	12	12.5	4
Fe	0.9	5	5.9	15
Zn	0.5	4.2	4.7	12
B	0.7	0.57	1.27	55
Cu	0.2	0.17	0.37	54
Al	0.2	2.0	2.2	9
Mo		0.0013		

Tabla 2. Comportamiento del abonado del suelo a la planta.



- Colocación: el aporte del abonado es una práctica muy variable que depende del clima, variedad, el rendimiento de la planta, así como la fertilidad del suelo (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

Dependiendo la consistencia del fertilizante se establecerá una manera en cuanto a la aplicación se refiere. En fertilizantes solubles como el potasio (K) o el nitrógeno (N) debido a que son solubles se pueden suministrar posteriormente a la plantación en superficie, aunque el modo de mayor eficacia es aportarlo con el riego en fertiirrigación para que queden disponibles directamente al sistema radicular de la planta.

El fósforo disponible como fosfato, el azufre y calcio en compuesto de yeso agrícola o sulfato de calcio dihidratado, son también fertilizantes solubles o parcialmente solubles que se utilizan como abonado de fondo en los hoyos de plantación o previamente a labores de arado para incorporarlos debajo de la superficie del suelo (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

- Momento de enmiendas de fertilizantes: es de vital importancia una nutrición adecuada en los primeros estadios vegetativos del cultivo, ya que un retraso de la correcta aplicación de enmiendas fertilizantes durante 6 meses se confirmó que ocasiona descenso de hasta un 42% en el rendimiento productivo (Obiefuna, 1984).

Cuando el racimo está en fase de desarrollo consume mucha cantidad de nutrientes acumulados en la fase vegetativa temprana, que están acumulados como reserva en la planta, como es el caso del potasio (K). Por lo tanto, está comprobado la necesidad de aumentar el abonado en fases vegetativas tempranas en el cultivo de la platanera, en las condiciones climáticas óptimas de crecimiento y desarrollo (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

- Frecuencia de aplicación: las plantas absorben los compuestos nutritivos en pequeñas dosis lentamente, pero continuado, así que el aporte debe realizarse en pequeñas dosis. En suelos ligeros y escasa fertilidad, al igual que en lugares de altas precipitaciones (zonas tropicales) el aporte debe establecerse con frecuencia mientras que en aquellos suelos que son pesados la frecuencia de aplicación debe reducirse (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

Otro factor que influye en la frecuencia de aplicación, es el tipo de mineral que se pretende aportar dependiendo de la forma en la que se asimile en la planta. El nitrógeno (N) no se acumula en la planta por lo que se aporta con frecuencia y un método eficaz es aportarlo por fertiirrigación. En caso del potasio (K), es un nutriente que se acumula en la planta por lo que su frecuencia de aporte es de menor



frecuencia, mientras que el fósforo (P) se suele aplicar una vez en la labor de plantación (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

La formulación química utilizada en los abonos dependerá del pH del suelo. El nitrato potásico es un abono muy adecuado para el cultivo de la platanera ya que al mismo tiempo aportaría nitrógeno y potasio. El nitrógeno y potasio son los dos nutrientes más importantes en el cultivo de la platanera y para el aporte de estos dos elementos se debe tener en cuenta el rendimiento como las condiciones ambientales, así como los nutrientes que se encuentran en el suelo como los que aportan los restos vegetales (Espinosa & Mite, 2008).

A continuación, se muestran los diferentes tipos de compuestos a la hora de aplicar nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).

Tabla 9.3. Fórmula química, composición y solubilidad de los fertilizantes apropiados para su aplicación a través del sistema de riego.

Nutriente	Fertilizante	Fórmula Química	Composición (%)				Solubilidad a 20 °C (kg/100 l)
			N	P	K	S	
N	Urea	CO (NH ₂) ₂	46	-	-	-	90
	Sulfato amónico	(NH ₄) ₂ SO ₄	21	-	-	24	70
	Nitrosulfato amónico (NSA)	-	27	-	-	13	70
	Urea - Nitrato amónico (UAN)	Urea-N 16,5% (NH ₃)-N 7,75% (NO ₃)-N 7,75%	32	-	-	-	Líquido
	Nitrato cálcico	Ca(NO ₃) ₂	14	-	-	-	102
K	Cloruro potásico	KCl	-	-	50	-	35
	Sulfato potásico	K ₂ SO ₄	-	-	40	12	12
	Nitrato potásico	KNO ₃	13	-	38	16,4	13
P	Ácido fosfórico	H ₃ PO ₄	-	26,8	-	-	Líquido
	Fosfato monoamónico (PMA)	NH ₄ H ₂ PO ₄	11	22	-	-	23
	Fosfato diamónico (PDA)	(NH ₄) ₂ HPO ₄	18	20	-	-	39

Tabla 3. Forma química, composición y solubilidad de los fertilizantes para aporte a través del sistema de riego. Fuente:(Robinson & Galán –Sauco, 2012)

En el azufre (S) la mayor parte de la absorción ocurre entre la selección de la planta hija y la floración. Posteriormente en la etapa de desarrollo del fruto las necesidades de azufre provienen de reservas de las hojas y el pseudotallo. El azufre se aporta en modo del sulfato de magnesio se suele utilizar en suelos ácidos con un nivel alto de calcio (Ca), mientras que el sulfato cálcico puede ser utilizados el pH normal-alto (Robinson & Galán, 2012).



Los microelementos pueden aplicarse por vía foliar en el envés de las hojas jóvenes en primavera, añadiendo un mojante, sobre todo el zinc que es el microelemento más importante para el cultivo de la platanera (Robinson & Galán, 2012).

Existe un mínimo de valores de abonado por debajo de los cuales las plantas expresan la necesidad de los mismos. Por lo que estos datos expresan una guía útil en el abonado de la platanera.

Elemento	Concentraciones críticas (Lahav y Turner, 1983)	Intervalos normales (ARC-ITSC, Sudáfrica)	Normas estándar (Stover y Simmonds, 1987)
N (%)	2,6	2,5-3,0	2,40
P (%)	0,2	0,1-0,2	0,15
K (%)	3,0	3,0-4,0	3,0-3,5
Ca (%)	0,5	0,80-1,25	0,45
Mg (%)	0,3	0,25-1,0	0,20-0,22
Zn (ppm)	18	25-50	15-18
Cu (ppm)	9	5-20	5
Mn (ppm)	25	100-500	60-70
Fe (ppm)	80	50-200	60-70
B (ppm)	11	15-60	N/D

Tabla 4. Concentraciones críticas de minerales en la tercera hoja en diversas zonas de cultivo Cavendish AAA, comparado con los intervalos de valores de trabajo llevado a cabo en Sudáfrica, Honduras y Costa Rica.

Fuente:(Lahav y Turner, 1983 y Stover & Simmonds, 1987)

- Materia orgánica: Corresponde al mayor aporte de fertilidad en los suelos creando estructura, aumentando la capacidad de intercambio catiónico (CIC), colaborando a la retención de nutrientes en el suelo y aportando vida al suelo.

En los meses de febrero-marzo el aporte de estiércol induce mejora en el desarrollo radicular y en el ahijado. A parte de mejorar la estructura del suelo añade aportes de nitrógeno al suelo que quedarán a disposición de la planta por lo que este nitrógeno añadido se debe tener en cuenta a la hora de calcular los aportes nutricionales.

La diversidad edáfica que aporta la materia orgánica, es un factor importante porque regula los problemas fitosanitarios del suelo que tienen relación con los patógenos.



Se debe tener en cuenta que el uso excesivo e incontrolado de fertilizantes genera degradación de suelos en sus aspectos físicos, químicos y biológicos, ocasionando descensos en la productividad (Acuña et al., 2006; Serrano et al., 2006; Stella Riveros et al., 2006).

Los presentes efectos producen los siguientes desequilibrios.

- Un exceso de fertilizantes nitrogenados amoniacales aumenta la acidez del suelo hasta el punto de descender el pH del suelo a niveles menores a 5,0 ocasionando toxicidades de aluminio que reduce la asimilación por parte de la planta del calcio (Ca) y el magnesio (Mg) (Delvaux et al., 2005).

- Un exceso de enmiendas al suelo de fósforo (P), que se aporten en el suelo afectan a las micorrizas disminuyendo su actividad (Hayman, 1987).

El factor edáfico de mayor influencia tiene con respecto al desarrollo de hongos micorriza, es la infección del fósforo en la planta y en el suelo, siendo los valores más altos de colonización radicular de las micorrizas, en aquellos suelos con baja o moderada fertilidad dependiendo de la especie de hongos (Jazper et al., 1979).

- Un contenido elevado de potasio (K) en el suelo debido a un exceso en las aplicaciones, genera la lixiviación del calcio (Ca) y magnesio (Mg) (Vimpani et al., 1991).

3.7.4. Deshijado:

Es una técnica de selección del hijo más adecuado como sucesor del siguiente ciclo de cultivo eliminando los hijos restantes, con el objetivo de obtener el mayor rendimiento posible del hijo seleccionado. Es una de las labores más importantes en el cultivo de la platanera en Canarias, así como en climas subtropicales donde se dan temperaturas más bajas que limitan el desarrollo de las plantas. (Méndez-Hernández & Rodríguez-Serrano, 2016).

Los objetivos principales del deshijado son; obtener producciones altas de gran peso de racimo y de buena calidad, mantener distancias entre líneas de plantación, evitar daños en el racimo por parte de hijos que se desarrollan debajo estableciendo contacto con los racimos de frutos pudiendo ocasionar daños por rozaduras, buena distribución de plantas manteniendo el marco de plantación, mejor aprovechamiento de la luz, agua y nutrientes (Méndez-Hernández & Rodríguez-Serrano, 2016).

El deshijado correcto se basa en una serie de criterios de obligado cumplimiento:



- Estado fenológico: La planta hija debe estar lo suficientemente desarrollada que se considere una planta independiente que no dependa de las reservas de la planta madre, con un tamaño de aproximadamente 1 metro de altura. No se deben dejar hijos de pequeño tamaño poco desarrollados cuando se coseche el racimo y se elimine la planta madre.

- Mes de nacimiento: Los hijos nacidos en los meses de abril-mayo, en condiciones normales se obtienen racimos de poco peso y calidad. Aquellos hijos emergidos a principios del otoño y desarrollados durante primavera son ideales en cultivos en Canarias (Méndez Hernández & Rodríguez Serrano, 2016).

- Vigor de la planta hija: Su aspecto delata las características de la planta hija, por lo que su forma y tamaño es un importante criterio para obtener plantas de calidad productiva. Por su apariencia morfológica se destaca los hijos espada que son hijos con hojas lanceoladas y de aspecto vigoroso e hijos de agua que son hijos de aspecto achaparrado poco vigorosos (Méndez Hernández & Rodríguez Serrano, 2016).

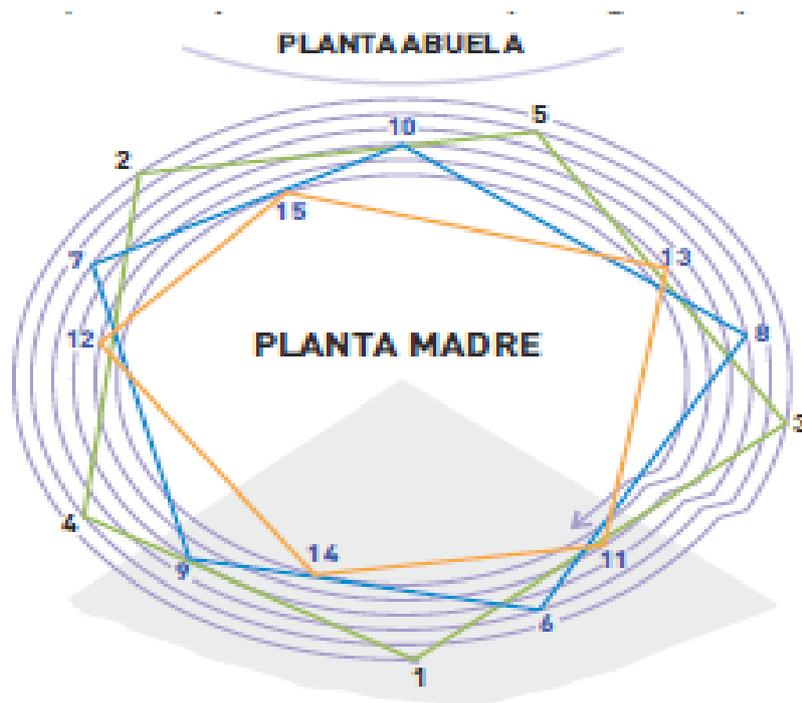


Ilustración 13. Técnica del deshijado. (Méndez Hernández & Rodríguez Serrano, 2016).

Las plantas de cultivo in-vitro son las utilizadas en plataneras de nueva instalación. Estas plantas desarrollan un elevado número de plantas hijas lo que complica la realización de la técnica del deshijado. Para ello se aplica la técnica de deshijado sectorial para escoger la planta hija correcta siendo las más vigorosa dirigiendo la planta para mantener la densidad y marco de plantación (Méndez Hernández & Rodríguez Serrano, 2016).

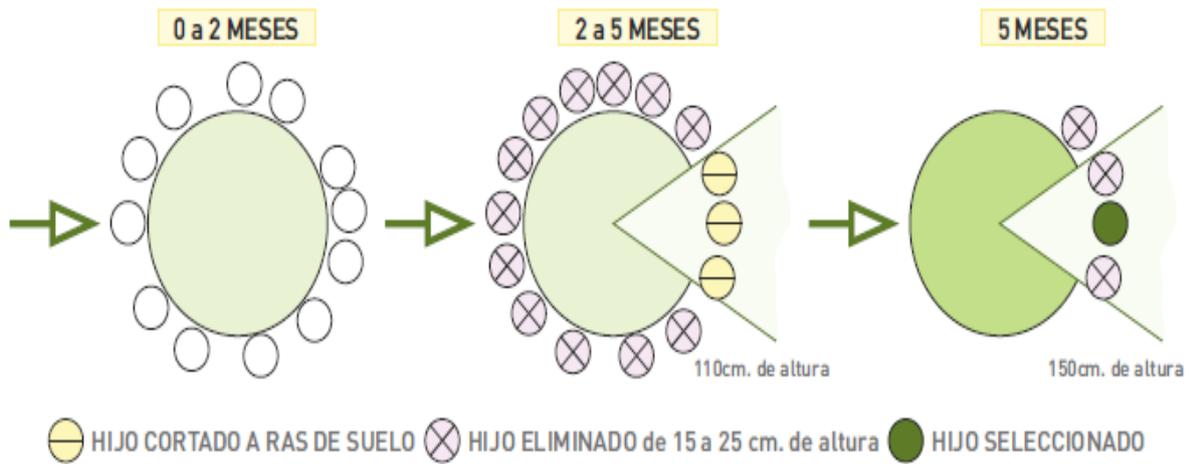


Ilustración 14. Técnica del deshijado. (Méndez Hernández & Rodríguez Serrano, 2016).



Ilustración 15. Resultado de la labor de deshijado (Fuente: Méndez Hernández & Rodríguez Serrano, 2016).

3.7.5. Desflorillado:

Técnica que demanda mano de obra. Consiste en desprender del fruto los restos terminales pertenecientes a la floración, para evitar futuros problemas con pudriciones e infecciones producidas por el hongo *Verticillium*. La operación de desflorillado se puede realizar de dos formas según la variedad (Asprocan & Rodríguez Serrano, 2016).

- Desflorillado a cuchillo: en residuos florales terminales tiernos al realizar el corte y desprenderlos se produce el derrame de savia a modo de látex que produce manchas sobre los frutos.
- Desflorillado manual: Con las mismas manos se desprenden los residuos terminales esta vez secos y no tiernos como en el caso de desflorillado a cuchillo.



Ilustración 16. El desflorillado (Asprocan & Rodríguez Serrano, 2016).

3.7.6. Entutorado:

Debido a la acción del viento y al peso del racimo que soporta la planta, el entutorado es un medio de sostén que impide que la planta se desplome sujetándola. Se puede realizar la sujeción por medio de horcones metálicos o de madera, o bien amarrando las plantas entre si desde el cuello con cuerda de rafia negra (ASPROCAN y Nougeroles, 2012). Las caídas de las plantas también pueden ser causadas por un anclaje débil de la planta con el rizoma situado en un nivel superior del suelo por lo que la planta pierde estabilidad, así como pseudotallos delgados y flexibles, daños causados por pudriciones del rizoma debido a infecciones causadas por picudo (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

3.7.7. Desembuchado y desahogado del racimo:

El racimo en ocasiones permanece dentro del seudotallo con dificultad para emerger completamente, por lo que se procede a la realización de un corte 'Cesárea' con el objetivo de facilitar la emergencia del racimo por una abertura de mayor dimensión. Esta operación se conoce como desembuchado y en períodos donde las temperaturas son bajas se produce dificultad en la emergencia del racimo.

Una vez el racimo frutal emerge puede darse el caso que determinadas hojas interfieran en el espacio del racimo ocasionando rozaduras y deformaciones en el fruto por lo que se procede a la retirada de las hojas más próximas. Esta operación se conoce como desahogado del racimo (Asprocan & Rodríguez Serrano, 2016). Es aconsejable la presencia de una hoja que se sitúe en la parte superior del racimo para protegerla de la incidencia solar evitando quemaduras. Las plantas deben tener mínimo de 8-10



hojas para no reducir la actividad fotosintética y como consecuencia retrasar el llenado de la fruta (Asprocan & Rodríguez-Serrano, 2016).

3.7.8. Embolsado:

Se trata de introducir el racimo en una bolsa plástica a modo de cobertor, con el objetivo de influir en el tamaño de los frutos y como consecuencia en el peso final del racimo, disminuir los roces de la fruta aumentando la calidad del producto, menor tendencia a la maduración de la fruta y evitar un incremento del tiempo que permanece los racimos en las plantas (Asprocan & Rodríguez Serrano, 2016). El embolsado en las zonas subtropicales, donde los inviernos son más fríos se producen una mejora ya que se describe un aumento del tamaño de los frutos y un acortamiento de tiempo entre la floración y recolección (Galán Sauco, 1992). El embolsado acelera el proceso de desarrollo de los racimos y el llenado de los frutos es de mayor rapidez en invierno, un dato positivo ya que el tiempo del ciclo productivo se acorta (Daniells et al., 1987).

3.7.9. Recolección:

Labor que se realiza cuando el plátano tiene un llenado del 90% para mercados próximos y locales, mientras que para comercio de media distancia se efectúa la recolección cuando el fruto tiene un 75% de llenado. Se necesitan dos personas para realizar la labor de corte en el que un operario es el portador del racimo y el otro es el que efectúa el corte. El cortador comienza cortando las hojas que rodean el racimo y posteriormente el portador se coloca en posición para la carga del racimo, seguidamente el cortador efectúa el corte en el raquis y el racimo descansa sobre el hombro del portador. Mientras el portador desplaza el racimo hacia el lugar donde se coloca la fruta el cortador realiza el corte del pseudotallo a unos 30 cm del suelo (Robinson & Galán-Sauco, 2012). El plátano es un fruto que se cosecha en verde en el período de madurez fisiológica y que no tenga lugar la maduración organoléptica durante el transporte (Soto, 1991).

3.7.10. Control plagas y enfermedades:

3.7.10.1. Plagas:

- Cochinilla algodonosa (*Dysmicoccus grassii*); succiona savia de la planta y segrega melaza lo que atrae a las hormigas que favorece la aparición de la negrilla. Como opciones de control biológico *Cryptolaemus montrouzieri* depredador de cochinilla o aplicación de solución a base de jabón potásico (Nogue-roles & Libano, 2007).



- Araña roja (*Tetranychus urticae*); ácaro de color amarillo-rojizo que se localiza en el envés de la hoja y ataca el racimo frutal observándose los síntomas a modo de pequeñas manchas de color marrón que al principio son plateadas. Como opciones de control existen diferentes tipos de ácaro como el *Phytoseiulus persimilis* y *Neoseiulus californicus*, aunque también podemos utilizar productos con características ecológicas como el jabón potásico o el azufre (Nogueroles & Libano, 2007).

- Moscas blancas (*Aleurodicus dispersus* – *Lecanoides floccissimus*); Succionan la savia de la planta. Las hembras suelen realizar las puestas en el envés de las hojas en forma de espiral que generan formaciones algodonosas que incitan a la aparición de negrilla. Como opciones de control lo principal es evitar que la plaga se establezca y realice puestas. Existe la opción de una avispa parasitoide que parasita a la mosca blanca al igual que un producto ecológico a base de esporas de hongos llamado *Beauveria bassiana* (Nogueroles & Libano, 2007).

- Trips (*Hercinothrips femoralis* y *Thrips florum*); Insecto chupador de savia que se localiza mayormente en los frutos y en la bellota expresando una sintomatología de ataque por parte del insecto en forma de puntos plateados que posteriormente pasan a color rojizo. No se conocen enemigos naturales, pero se pueden emplear los productos como jabón potásico, *Beauveria bassiana*, azadiractin (Nogueroles & Libano, 2007).

- Lagartas (*Chrysodeixis chalcites*); Mariposas nocturnas y tienen muchas generaciones anuales. No es una plaga que ocasione elevados daños ya que suelen ser esporádicos sobre todo en plantaciones al aire libre. Prefiere hojas jóvenes sin desplegar perforándolas. Aplicación de *Bacillus thuringiensis* es efectivo y más aún combinándolo con aceite de Neem (Nogueroles & Libano, 2007).

- Pulgón negro (*Aphis ssp.* y *Pentalonia nigronervosa*); Transmiten de virosis son insectos que se localizan en el cogollo, en el pecíolo y en el envés de las hojas. Secretan melaza por lo que generan problemas de aparición de fumagina. Como método de control se pueden utilizar un depredador generalista como la crisopa. Aunque también existen avispillas parasitoides (*Aphidius colemani*...). En referencia a productos; jabón potásico, *Beauveria bassiana*, azadiractin, extracto de ajo (Nogueroles & Libano, 2007).

- Lapillas (*Aspidiotus nerii*); Se localizan en los pecíolos de las hojas, como en la parte más alta delseudotallo. Control dificultoso debido al escudo en las hembras adultas genera una protección frente a los insecticidas. La clave está en actuar en las primeras fases de la plaga. El aceite de verano y el azadiractin son las opciones para combatir la plaga (Nogueroles & Libano, 2007).



-Taladro (*Oponogona sacchari*): Pequeña mariposa nocturna cuya larva es la que produce galerías en las partes más viejas de la planta. Las recomendaciones para su control son la limpieza de hojas la parte superior del racimo, cortar la bellota y romper las cabezas de plantas viejas evitando refugio de la plaga (Nogueroles & Libano, 2007).

- Picudo de la platanera (*Cosmopolites sordius*): Principal plaga que afecta al cultivo del plátano. Tiene hábitos nocturnos ya que durante el día se refugia en el suelo entre los restos de plataneras y cabezas viejas. Su estadio larvario es el que produce prácticamente todo el daño creando galerías por el interior de la planta desde su base. Sus síntomas se observan al cortar el rolo ya que su apariencia externa la afectación pasa desapercibida (Nogueroles & Libano, 2007). El método más eficaz estudiado hasta ahora es la colocación de trampas con feromonas atrayentes.

- Nemátodos: Se encuentran en casi todos los cultivos de platanera y son microscópicos de forma alargada y producen agallas en el sistema radicular de la planta. Los resultados más eficaces para su control es aumentar en contenido de materia orgánica superior al 3%, estimulando el crecimiento radicular y aportando microflora que crea condiciones de dificultad para el desarrollo del nemátodo (Nogueroles & Libano, 2007).

3.7.10.2. Enfermedades:

Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum*), Puna de cigarro (*Verticillium theobromae*), Moteado o manchas aceitosas (*Deightoniella torulosa*), Clorosis infecciosa de la platanera (cmv), Virus del rayado de la platanera (BSV).

En cuanto a las enfermedades suelen ser más complicadas de controlar y combatirlas, de hecho, en la mayoría de los casos como método de control, se establecen diferentes tipos de prácticas de desinfección, limpieza de restos, uso de material vegetal libre de enfermedad, eliminación de plantas afectadas, etc. Por lo tanto, se relacionan con la correcta práctica de las labores culturales (Nogueroles & Libano, 2007).



3.8. Nutrición mineral en platanera

3.8.1. Elementos minerales

El cultivo de la platanera necesita grandes cantidades de nutrientes, para poderse obtener rendimientos elevados en las plantaciones. Para ello se debe plantar en suelos muy fértiles o se cumplimenta con fertilizantes e incluso se mejora las capacidades de las plantas para extraer del suelo los nutrientes necesarios a raíz del uso de micorrizas (Jaizme Vega & Azcón,1995).

El equilibrio entre nutrientes es de vital importancia para que estos puedan estar disponibles para la planta, ya que muchos problemas que se manifiestan en los cultivos son causados por desequilibrios entre estos (Robinson & Galán, 2012).

3.8.2. Macronutrientes. Efectos en el desarrollo y producción.

- Nitrógeno (N): La platanera no tiene la capacidad de almacenar el nitrógeno por lo que ante una falta de este elemento nutricional las plantas desarrollarán síntomas de deficiencias. Las hojas se tornan de un verde pálido y cloróticas sobre todo las hojas más viejas, se reduce los entrenudos en el seudotallo. Por el contrario, una sobredosis de nitrógeno producirá plantas de gran envergadura con hojas de color verde oscuro pero el racimo sufre una reducción en su peso por un incorrecto llenado de la fruta. Se debe tener en cuenta la dosificación del nitrógeno en función al suministro de agua y la temperatura ya que si estos factores no son limitantes el nitrógeno disponible estimulará el crecimiento de la planta, pero si hay temperaturas bajas menores a 14 °C el nitrógeno aplicado se desperdiciará por falta de estimulación del crecimiento de la planta (Robinson & Galán, 2012).

- Fósforo (P): La demanda de fosforo por parte de la planta no es grande como puede ser la del nitrógeno y el potasio y pocas veces manifiesta síntomas, pero en caso de manifestarlo se observa plantas con poco desarrollo radicular y porte achaparrado con tendencia a fractura de los pecíolos. Las hojas más viejas muestran un aspecto clorótico y de forma de sierra (Robinson & Galán, 2012). La planta demanda la mayor parte del fósforo en el primer ciclo de cultivo entre los 3 y 9 meses posteriores a la plantación reduciéndose en hasta un 80% en la fase reproductiva. En condiciones de simbiosis con hongos micorrizas la extracción del suelo de dicho macronutriente se ve aumentada (Fox,1989). Cabe destacar que cuando el magnesio aparece en dosis reducida la absorción del fósforo se reduce (Lahav & Turner,1983).

- Potasio (K): Se considera el elemento de mayor demanda por la planta y por lo tanto el de mayor importancia, debido a que las plantas contienen mayor cantidad de potasio que cualquier otro



elemento mineral (Robinson & Galán, 2012). Un estudio realizado determinó que la mayor parte del potasio extraído del suelo proviene de los frutos mientras que la otra parte se mantiene en el resto de la planta que posteriormente se recicla al pasar de nuevo al suelo (Lahav & Turner, 1983). Existe un límite en el que la planta no extrae del suelo más potasio y eso está vinculado con la fase que atraviesa la planta ya que durante la primera fase de desarrollo vegetativo la absorción es mayor que en la fase de desarrollo del fruto, ya que los racimos extraen el potasio de los demás órganos de la planta que actúan como de reserva para suministrar el potasio necesario al racimo para su correcto desarrollo. La deficiencia de potasio en las plantas de cultivo se manifiesta en las hojas más viejas con una clorosis amarillenta, reducción del tamaño de la hoja, retraso en la emergencia del racimo y reducción del número y tamaño de los frutos (Robinson & Galán, 2012).

- Calcio (Ca): Sus síntomas de deficiencia se manifiestan en las hojas más jóvenes debido a que es un elemento de escasa movilidad en la planta. Las hojas experimentan de clorosis internervial cerca de los bordes de las hojas. El calcio es importante en el fortalecimiento de las paredes celulares y en su defecto puede manifestar problemas como rasgados de la piel de los frutos. A diferencia de otros elementos minerales el calcio no depende únicamente de la disposición en el suelo sino también de la concentración de potasio y magnesio que tenga el suelo (Robinson & Galán, 2012).

- Magnesio (Mg): Elemento móvil que se desplaza de las hojas viejas a las más jóvenes a diferencia del nitrógeno y el potasio. Su deficiencia es debido a la insuficiente presencia de dicho elemento en el suelo normalmente por falta de aplicación de enmiendas o bien por presencia de cantidades elevadas de calcio o potasio. Las hojas se amarillean disminuyendo la capacidad fotosintética produciendo efectos negativos en cuanto al rendimiento de la planta se refiere (Robinson & Galán, 2012). Ante altas concentraciones de manganeso (mayor disponibilidad en suelos ácidos) como de potasio, puede ocasionar un bloqueo en la extracción del magnesio por parte de la planta. Se debe tener un suelo con un balance correcto entre el magnesio y el potasio si queremos evitar baja disponibilidad del magnesio en la planta ocasionando crecimientos reducidos en ciertas partes de la planta que a diferencia del potasio no se refiere al racimo (Turner & Backus, 1980).

3.8.3. Micronutrientes. Efectos en el desarrollo y producción.

- Cinc (Zn): Microelemento más importante para el cultivo de la platanera y que en suelos con pH altos su rendimiento se ve muy reducido por su escasa disponibilidad para la planta. Su escasez se manifiesta sobre todo en plantas jóvenes con rápido crecimiento como es el caso de los cultivos *in vitro* que tienen ausencia de la planta madre o rizoma que en causas naturales actuaría de reserva. La



sintomatología se refleja como tonalidades color púrpura en el envés de las hojas terminando en manchas necróticas de color marrón (Turner et al., 1989).

- Hierro (Fe): Su deficiencia se produce en aquellos suelos que tienen un pH alto o capa freática elevada donde abunda el manganeso. Como consecuencia en las hojas más jóvenes se produce clorosis amarilla en la totalidad de la superficie foliar, disminuyendo la capacidad fotosintética de las hojas (Robinson & Galán, 2012).

- Boro (B): En suelos ácidos con bajo pH en clima tropical y subtropical, se han confirmado deficiencias en Boro. La planta lo manifiesta a modo de rizado en el ápice de las hojas y abultamiento de los nervios al igual que rayado blanquecino en el envés de las hojas (Robinson & Galán, 2012).

- Cobre (Cu): Las necesidades de dicho micronutriente son escasas en cuanto a la platanera se refiere. Su característica principal en cuanto a sintomatología en la planta es que los nervios principales de las hojas experimentan un doblado hacia atrás (Robinson & Galán, 2012).

- Manganeso (Mn): Excesos de manganeso produce que dicho elemento mineral sea fitotóxico y produce una reducción en el consumo de calcio y de cinc. En casos de deficiencia de manganeso las hojas experimentan una clorosis desde el borde de las hojas hacia adentro por las nerviaciones dejando de color verde las zonas que se encuentran entre los nervios (Robinson & Galán, 2012).

- Aluminio (Al): En concentraciones elevadas produce toxicidad en suelos con $\text{pH} < 5,2$. En la planta su sintomatología no es clara, pero se sabe que reduce el crecimiento de la raíz. El daño principal es que produce una disminución en el Mg, K y Ca, siendo esto más perjudicial que el propio exceso de aluminio en el suelo (Lassoudiere, 2007).

- Sodio (Na): Problemática de suelos en las Islas Canarias, que unido a períodos largos de ausencia de precipitaciones y la mala calidad de las aguas de riego, el contenido de Na aumenta ocasionando problemas de suelos salinos, problemas de absorción de potasio. El sodio total de cationes intercambiables del suelo no debe superar el 2%. Además, una conductividad eléctrica superior a 2,5 dS/m es perjudicial para el desarrollo radicular (Rodríguez & Lobo, 2008).

- Cloro (Cl): El principal problema con excesos de cloro es debido a la utilización de aguas salinas como el excesivo uso de fertilizantes. La sintomatología en las plantas acusa clorosis en las hojas y secado de sus bordes además de anomalías en el crecimiento del racimo (Robinson & Galán, 2012).



3.8.4. Influencia del azufre en la nutrición de la platanera.

El azufre en el suelo se encuentra en forma inorgánica por medio de anión sulfato (SO_4^{2-}) que se genera a partir de la mineralización de la materia orgánica. Por lo tanto, cuanto menos materia orgánica tenga un suelo y este esté constituido por partículas de mayor tamaño menor será la presencia de SO_4^{2-} . Los suelos con capacidad de fijar el azufre son aquellos que su pH es menor, por lo tanto, al disminuir el pH del suelo aumenta la capacidad de fijación. En suelos de características volcánicas como son los suelos andisoles, tienen la peculiaridad de ser buenos retenedores del azufre (Bormemisza, 1990). En zonas de elevada pluviometría se produce una rápida eliminación del azufre a consecuencia del lavado por percolación que sufre este macronutriente a consecuencia de la excesiva precipitación (Instituto de la Potasa & el Fósforo Mendieta Tovar, 1988).

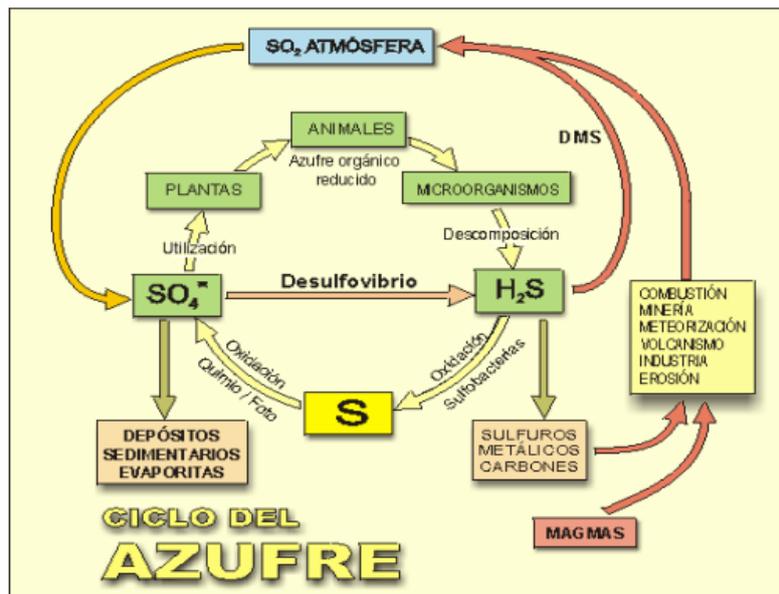


Ilustración 17. Ciclo del azufre (Fuente: Universidad técnica Estatal de Quevedo, Mendieta Tovar 2012).

En la planta el azufre tiene una gran importancia proporcionando estructuras a las proteínas. También posee la capacidad de integrar una serie de aminoácidos y vitaminas sulfurados. La planta en el proceso de extracción y absorción del azufre lo realiza por medio del anión sulfato (SO_4^{2-}) (Devlin, 1982). El azufre se distribuye por la planta desde las hojas viejas hacia las más jóvenes. La mayor parte de la absorción ocurre entre la selección de la planta hija y la floración. Posteriormente en la etapa de desarrollo del fruto las necesidades de azufre provienen de reservas de las hojas y el pseudotallo (Robinson & Galán, 2012). La deficiencia del azufre se manifiesta en las hojas más jóvenes adquiriendo un color amarillento blanquecino y si esta deficiencia permanece en el tiempo hasta dar lugar a una condición más severa, pues las hojas desarrollarán zonas necrosadas en los márgenes de las hojas incluyendo un



engrosamiento de los nervios (Charpentier & Martín-Prével, 1965; Marchal, Martín-Prével & Melin, 1972). El azufre a medida que se va aplicando al suelo, la conversión de S en SO_4^{2-} y debido a la acción de los microorganismos, se produce un descenso en el pH del suelo. Se estima que las dosis de aporte están entre 1-2 t/ha. En su aporte actúa como una enmienda acidificante que en suelos de elevado pH para mejorar la disponibilidad de nutrientes de las plantas y mejorar el rendimiento de las mismas. El azufre elemental posee una característica importante ya que es un acidificante de liberación lenta (AS-PROCAN & Nougeroles, 2012).

La eficacia de la fertilización con azufre, aumenta cuando esta se realiza en conjunto con el aporte de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) y en conjunto con el resto de nutrientes, debido a que acidifica produciendo una liberación progresiva del nitrógeno por medio de una lenta nitrificación mejorando la disponibilidad y eficacia del nitrógeno, el fósforo y el potasio se moviliza mejorando su asimilación, favorece la disponibilidad del calcio y del magnesio así como de los micronutrientes, Se debe tener en cuenta que el azufre debe ser soluble para su correcta asimilación por las plantas (García-Serrano, 2016).

El sulfato de calcio di-hidratado o yeso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) está compuesto un 17,5% de azufre y 22% de calcio. Se recomienda no sobrepasar dosis de 300 g/m^2 , ya que habría excedentes que podrían salinizar el suelo. El yeso agrícola se utiliza en aquellos suelos que su $\text{pH} > 7$, ya que tiene tendencia a acidificar el suelo. El calcio tiene una misión importante en el suelo debido a que establece puentes entre las arcillas con la materia orgánica lo que produce que genere un desplazamiento del ión sodio. Por lo tanto, el calcio se debe aplicar como principal objetivo como mejorar las propiedades del suelo, antes de función nutricional en la planta. Se debe tener en cuenta que el calcio aplicado como enmienda para favorecer la estructura del suelo no se debe considerar como sustituto del aporte como abono para funciones nutricionales en la planta por lo que se debe calcular por separado. La aplicación de este elemento se realiza con sulfato cálcico cuando es necesario bajar el pH del suelo ($\text{pH} > 7$) y con carbonato cálcico cuando queremos elevar el pH del suelo ($\text{pH} < 7$).



4. Materiales y métodos:

4.1. Situación y características de las parcelas:

En el archipiélago canario en el noroeste de la isla de Tenerife (España), se sitúa el municipio de Los Silos, que se caracteriza por su gran dedicación al cultivo del plátano al igual que el resto de municipios que pertenecen a esta vertiente de la isla. Basándonos en las zonas consideradas como idóneas para el cultivo de la platanera, la zona de cultivo donde se realiza el ensayo pertenece a la zona 1 (altitud menor a 100 metros sobre el nivel del mar). En el ensayo se utilizaron dos parcelas (bloques) con 420 plantas de procedencia *in vitro* a una distancia de 420 metros del mar y a una altitud de 36 metros.



Ilustración 18. Situación geográfica del ensayo, 2023.

4.2. Datos agronómicos:

4.2.1. Preparación del terreno

Previamente a la elección de cuáles serían las parcelas para efectuar dicha investigación, se retiró un cultivo de platanera existente, para así comenzar el ensayo desde fases iniciales por medio de plantas nuevas de muy pequeño porte. Se procedió a la retirada de los ramales de riego que también sería de utilidad para suministrar riego y fertilizantes a cada una de las plantas tanto del ensayo como las de la totalidad de la parcela. A continuación se retiraron los restos no orgánicos como piedras, plásticos y



demás componentes que pudieran contaminar o entorpecer las futuras labores de cultivo consiguiendo así un terreno limpio y uniforme. Después, se le aplicó al terreno un laboreo del suelo por medio de un tractor con apero realizando pases cruzados sobre el terreno. Con esta labor conseguimos una buena aireación de la capa superficial del terreno (30-35cm) además de enterrar los restos vegetales que se encuentran en la superficie del terreno procedentes de anteriores cultivos aportando consigo una importante fuente de nitrógeno a raíz de su descomposición. Finalmente, se realizó la técnica de solarización y para ello previamente para conseguir una temperatura lo más elevada posible en el terreno y mediante un riego continuado por aspersión llevamos el terreno a capacidad de campo. Una vez el terreno llega a capacidad de campo se procede a la colocación de una lona de plástico de polietileno de baja densidad (0,050mm) de unos 300 metros de largo por 4 de ancho. Mediante una división de las parcelas en subparcelas y en cada una de estas a lo largo se realizaron una serie de surcos de unos 20 cm de profundidad. Con esta división de la parcela en subparcelas nos aseguramos de imprevistos de rotura en la lona plástica de polietileno, así como una mejor maniobrabilidad a la hora de la colocación de la misma. Una vez extendido el plástico para realizar la solarización lo fijamos por los extremos doblándolo y volviéndolo a expandir hacia el sentido contrario quedando como resultado una doble capa de plástico sobre la superficie del terreno y seguidamente con el plástico bien tenso para evitar que se formen pliegues lo calzamos en el borde de cada una de las subparcelas aprovechando el surco de las subparcelas anteriores. Transcurridas 6 semanas se retiraron las láminas de plástico utilizadas para realizar la solarización. Es importante que la radiación solar sea lo más elevada posible para aumentar al máximo el efecto de la temperatura sobre el terreno y que de este modo se obtengan buenos resultados.

4.2.2. Material vegetal

El material vegetal es de procedencia de variedades seleccionadas por medio de cultivo *in vitro*. Las plantaciones procedentes de cultivo *in vitro* son plantas que portan unas características genéticas idénticas seleccionadas por presentar muy buenas características en cuanto a resistencia a enfermedades, así como una alta productividad. Cabe destacar que este tipo de plantas una vez establecidas en campo tienen una gran resistencia y un bajo porcentaje de bajas.

En nuestro caso se utilizaron ejemplares de un cultivar de *Musa acuminata* Colla (AAA), conocida como 'Gruesa Palmera', procedentes de Cultesa (Cultivos y Tecnología Agraria en Tenerife S.A.). En el momento de la plantación las plántulas tenían una altura de aproximadamente 25 cm y 4 ó 5 hojas



verdaderas. Este cultivar se considera la mejor opción para los clones del subgrupo 'Cavendish' en nuestras condiciones de cultivo. Su bajo porte permite una alta densidad de plantación con un máximo aprovechamiento de luz y espacio.

4.3. Diseño experimental: bloques y número de plantas.

Para proceder a la realización del estudio de la influencia del azufre elemental sobre el cultivo de plantanera, se lleva a cabo una división en dos bloques de cultivo bien diferenciados que presenten las mismas características climáticas y edafológicas de modo que no existan condiciones anómalas que puedan influir en los resultados. Cada bloque se divide a su vez en tres sectores separados entre sí por dos líneas de cultivos. En el perímetro de los bloques de cultivo se sitúan un mínimo de una línea de plantación utilizada como planta borde para simular unas condiciones dentro de las zonas del ensayo los más homogéneas posibles.

- Bloque control: líneas de cultivo con marco de plantación de 3 m entre líneas de plantación y 1 m entre plantas ($3\text{m}^2/\text{planta}$). En el ensayo fueron incluidas 10 líneas con 40 plantas cada una de estas, acumulando un total de 400 plantas.

- Bloque tratado con azufre elemental: líneas de cultivo con un marco de plantación de 3 m entre líneas de plantación y 1 m entre plantas ($3\text{m}^2/\text{planta}$). En el ensayo fueron incluidas 10 líneas con 42 plantas cada una de estas, acumulando un total aproximado de 420 plantas. En el bloque control como en el tratado con azufre elemental se procedió a la búsqueda de las plantas que tuvieran unas características homogéneas entre sí, evitando aquellos ejemplares que mostraran signos de desarrollo que se salieran del promedio. Se seleccionaron un total de 108 plantas (54 plantas / bloque) y se señalaron por medio de un marcador spray.

- Ejemplares señalizados con color azul: corresponden a 27 plantas por bloque de tratamiento. Se evaluaron los parámetros tanto de desarrollo vegetativo (número de hojas funcionales, ritmo de emisión foliar, número de hojas totales, superficie foliar y grosor del pseudotallo y período de desarrollo vegetativo) así como aquellos datos que corresponden al período de desarrollo del fruto (número de manos, peso del racimo y período de desarrollo del racimo).

- Ejemplares señalizados con color rojo: incluyen las 54 plantas marcadas por cada bloque del ensayo. Se evaluaron los parámetros correspondientes al período emisión racimo hasta el momento de recolección (Número de manos, peso del racimo y período de desarrollo del fruto).



El objetivo es realizar comparativas entre bloques y evaluar cómo responden según los tratamientos aplicados, ya que en el bloque control se siguen las directrices de abonado que normalmente se han utilizado en toda la finca de cultivo, mientras que al otro bloque se le añade la aplicación del compuesto fertilizante de azufre elemental.

4.4. Plantación:

La plantación se realizó el 24 de julio del 2019. Se abrieron hoyos de plantación suficientemente profundos para albergar el sistema radicular de cada una de las plantas y una vez introducidas se procedió a su aporte de tierra que previamente fue extraída. Una vez terminada la plantación se extiende los ramales de riego y se le aporta un acolchado a base de acículas de pino (pinocha) a toda la superficie de la parcela.

El marco de plantación establecido es de 3 metros entre líneas de plantación y 1 metro entre plantas lo que corresponde a una plantación en doble densidad, utilizado en lugares muy luminosos donde la iluminación penetra bien en el cultivo y con elevadas horas de luz solar. La variedad utilizada fue clones del grupo ‘Cavendish’ que su bajo porte permite la utilización de este método de plantación para aprovechar al máximo la superficie del terreno. Como aspecto negativo debemos destacar que es dificultosa el mantenimiento de las líneas de plantación, debido al desplazamiento que se produce a medida que las plantas hijas se desarrollan.



Fotografía 12. Plantación de ejemplares clonados, 2020.



4.5. Sistema de riego y su planificación.

- Sistema de riego: sistema de riego por goteo formados por líneas dobles de 20mm, con goteros autocompensantes con un caudal de 2,0 litros/ hora cada 30 cm de longitud, en cuyo interior se encuentra la línea de cultivo.



Fotografía 13. Sistema de riego por goteros de líneas dobles (fuente propia, 2020).

- Planificación del riego: su planificación se basa en las recomendaciones que exponen semanalmente el Servicio Técnico de desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife en Agrocabildo.org. Dependiendo la ubicación y el tipo de cultivo se emiten unas necesidades hídricas en concreto. La parcela se riega cada 6 días y se establecen unas necesidades hídricas.

Recomendación de riego para la comarca.	Aire libre	Invernadero
Litros / m ² y día	2,87	2,3
Litros/planta y semana	121	97

Tabla 5. Necesidades hídricas platanera. (fuente Agrocabildo, 2023).



4.6. Fertiirrigación y dosis utilizadas.

En los dos bloques del ensayo se aplicó el abonado por el sistema de riego mediante una serie de programas, uno específico para otoño-invierno y otro para primavera-verano.

- Abonado por fertiirrigación del bloque control.

Elementos nutritivos	Gramos/planta y año
N	186
P₂O₅	55
K₂O	261
CaO	35

- Abonado por fertiirrigación del bloque azufre elemental.

Elementos nutritivos	Gramos /planta y año
N	196
P₂O₅	55
K₂O	261
CaO	35

Azufre elemental Microsul 40S	Litros/planta cada 15 días
SO₃ (S 40%; SO₃ 100%)	0,003
Fe (2%)	
B (0,20%)	



4.7. Evaluación de los parámetros analizados.

4.7.1. Hojas funcionales.

El número de hojas funcionales se determinó mediante la contabilización de las hojas que dispone la planta, tanto en plantas Control fertilizadas mediante el abonado habitual de la parcela, así como en plantas que además han recibido un fertilizante adicional de azufre elemental (Microsul 40S), descartando aquellas que estén amarillentas por senescencia y/o necrosadas por vejez. Los datos se tomaron periódicamente después de la plantación, hasta aproximadamente un mes previo al momento de la recolección del racimo.

4.7.2. Ritmo de emisión foliar.

El ritmo de emisión foliar se determinó mediante el número de hojas emitidas aproximadamente cada mes, en plantas fertilizadas con azufre elemental y plantas control.

4.7.3. Hojas totales.

Las hojas totales son el resultado de la acumulación de emisiones foliares que fueron contabilizadas en los dos bloques de ensayo. Los datos se tomaron periódicamente después de la plantación, hasta el momento de la emergencia del racimo.

4.7.4. Superficie foliar.

La superficie foliar se determinó mediante la medición de la longitud y anchura de la tercera hoja más joven, a medida que la planta emitía hojas tanto en plantas fertilizadas con azufre elemental como en plantas control. Se calcula mediante la expresión (Largo x ancho x 0,8). Estos datos se tomaron periódicamente después de la plantación, hasta el momento de la emergencia del racimo.

4.7.5. Grosor del pseudotallo.

El grosor del pseudotallo se comenzó cuando el pseudotallo de la planta alcanzó un metro de altura mediante medidas de su circunferencia a un metro sobre el nivel del suelo, tanto en plantas fertilizadas con azufre elemental como en plantas control. Estos datos se tomaron periódicamente desde que las plantas alcanzaron un metro de altura, hasta el momento de la emergencia del racimo.

4.7.6. Período de crecimiento vegetativo.

El período de crecimiento vegetativo es el último parámetro evaluado y se determinó mediante la contabilización del número de días que abarca el desarrollo vegetativo, tanto en plantas fertilizadas con azufre elemental como en plantas control. Estos datos se tomaron periódicamente después de la plantación hasta el momento de la emergencia del racimo.



4.7.7. Número de manos por racimo.

La cantidad de manos se determinó mediante la contabilización de las manillas que forman el racimo, tanto en plantas fertilizadas con azufre elemental como en plantas control. Estos datos se tomaron en un momento puntual, posterior a la emergencia y desprendimiento de las brácteas del racimo.

4.7.8. Peso del racimo.

El peso del racimo nos indica el rendimiento del cultivo y se evaluó a partir de la recolección de los racimos y con una báscula de pesada se determinó el peso, tanto en plantas fertilizadas con azufre elemental como en plantas control. Estos datos se tomaron de forma puntual una vez se realizó las labores de recolección de la fruta.

4.7.9. Período de desarrollo del racimo.

El desarrollo del racimo se determinó mediante la contabilización de los días que abarcó dicho período, tanto en plantas fertilizadas con azufre elemental como en plantas control. Estos datos se tomaron periódicamente desde el momento de la emergencia del racimo hasta la época de recolección de la fruta.

4.8. Determinación de análisis de suelos.

Para obtener los resultados de un análisis de suelo, previamente se realizó correctamente la recolección de muestras basándonos en las indicaciones del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA), por el método de Mascarel. El procedimiento comienza con la limpieza de la zona retirando restos vegetales y con una asada se recolectaron muestras a aproximadamente 10 cm de los goteros y a 20 cm de profundidad, evitando de este modo la acumulación de sales que se suelen situar en las zonas más próximas al bulbo húmedo pudiendo falsear los resultados del análisis. Posteriormente se repitió la operación hasta recolectar un total de 10 muestras desplazándose en zigzag aleatoriamente por la superficie de la parcela. Las muestras se introducen en bolsas plásticas y se identifican antes de llevarlas al Laboratorio de Diagnósticos Agrícolas I+D de Canarias Explosivos, S.A.

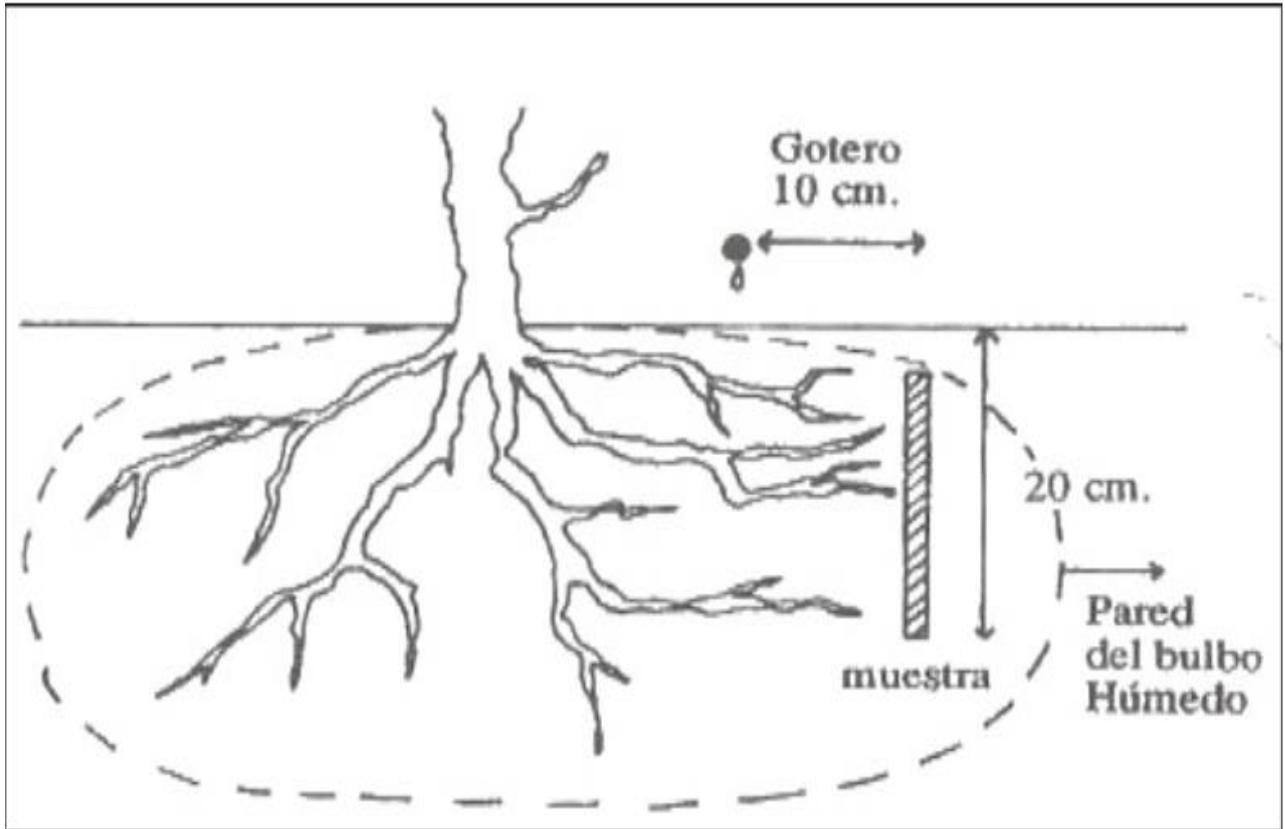


Ilustración 19. Método de toma de muestras de suelos (Mascarell Inta et al., 1993).

- Resultados análisis de suelos.

LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO AGRÍCOLA
 Tfn. 922 59 69 03 ext. 2
 correo electrónico: laboratorio@canariasesplosivos.es
CANARIAS EXPLOSIVOS, S.A. código artículo 8844

Número de registro: 27419 Identificación: Go 22
 Solicitante: CB Maria Luisa y Cristina López de Ayala
 SAT Guancha Agrícola

ANÁLISIS BÁSICO DE TIERRA

Determinación	Unidades	Resultado
Materia orgánica	%	2,86
Fósforo Olsen	mg / kg	240
Calcio cambiabile	meq / 100 g	23,8
Magnesio cambiabile	meq / 100 g	12,6
Sodio cambiabile	meq / 100 g	3,8
Potasio cambiabile	meq / 100 g	9,0
pH de la pasta saturada (pasta saturada a 49 %)	-	8,0
Conductividad eléctrica 25°C	dS / m	4,47

Fotografía 14. Análisis suelo bloque control, 2020.

CANARIAS EXPLOSIVOS, S.A. código artículo 8844
 Número de registro: 27418 Identificación: I 10
 Solicitante: Ramón Ascanio
 SAT Guancha Agrícola

ANÁLISIS BÁSICO DE TIERRA

Determinación	Unidades	Resultado
Materia orgánica	%	3,61
Fósforo Olsen	mg / kg	304
Calcio cambiabile	meq / 100 g	28,1
Magnesio cambiabile	meq / 100 g	14,1
Sodio cambiabile	meq / 100 g	4,2
Potasio cambiabile	meq / 100 g	10,1
pH de la pasta saturada (pasta saturada a 61 %)	-	7,9
Conductividad eléctrica 25°C	dS / m	5,59

Fotografía 15. Análisis de suelo bloque azufre 40S, 2020.



4.9. Datos climáticos:

Los datos climáticos recopilados en el servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife, coinciden con período de tiempo donde se desarrolló el ensayo mediante la toma de datos en campo.

Estación: LOSSILOS				Desde el 01/09/2019 hasta el 31/08/2020							
Fecha	T	TM	Tm	P	HR	HRM	HRm	Vo	VMax	Rad	
sep-2019	22,6	29,4	16,4	4,1	76,0	97,2	51,9	2,0	4,4	5.356,8	
oct-2019	21,3	28,8	14,1	36,0	78,0	98,3	47,5	1,6	6,1	4.234,0	
nov-2019	20,1	26,1	14,1	21,0	76,7	98,3	51,0	2,3	6,2	3.540,0	
dic-2019	17,7	27,0	9,6	30,7	74,4	97,1	33,1	1,5	5,6	3.344,6	
ene-2020	16,5	26,6	8,5	3,0	71,3	98,3	33,8	1,5	4,9	3.858,2	
feb-2020	18,4	29,9	9,2	0,3	72,0	98,3	30,4	1,6	5,8	4.527,2	
mar-2020	17,9	25,5	11,8	39,0	75,0	99,1	43,1	2,0	5,7	5.190,9	
abr-2020	19,4	27,9	12,3	15,5	72,4	97,1	39,0	1,6	4,6	6.888,3	
may-2020	20,5	27,8	14,2	2,7	74,8	98,3	48,0	1,8	4,7	7.054,6	
jun-2020	22,1	32,7	14,8	4,9	74,1	97,1	41,2	2,1	5,3	6.356,4	
jul-2020	22,7	27,6	19,2	0,3	77,2	99,1	57,0	3,0	5,2	5.915,5	
ago-2020	23,2	28,2	17,3	0,2	79,2	97,1	56,1	2,7	5,2	5.741,5	
* Media	20,2 *	28,1 *	13,5 *	157,7 **	75,1 *	97,9 *	44,3 *	2,0 *	5,3 *	5.167,3 *	
** Total											

Leyenda:

- T: Temperatura media (°C)
- TM: Temperatura máxima absoluta (°C)
- Tm: Temperatura mínima absoluta (°C)
- P: Precipitación (mm)
- HR: Humedad relativa media (%)
- HRM: Humedad relativa máxima absoluta (%)
- HRm: Humedad relativa mínima absoluta (%)
- Vo: Velocidad media del viento (m/s)
- VMax: Velocidad y Dirección máxima media por cada 10 minutos (m/s ° sexagesimales)
- Rad: Radiación Total (Wh/m² - día)
- ND: Dato no disponible
- ETo PM: Evapotranspiración calculada por el método FAO-56

Tabla 6. Datos climatológicos estación meteorológica Los Silos (fuente: Agrocabildo, 2020).

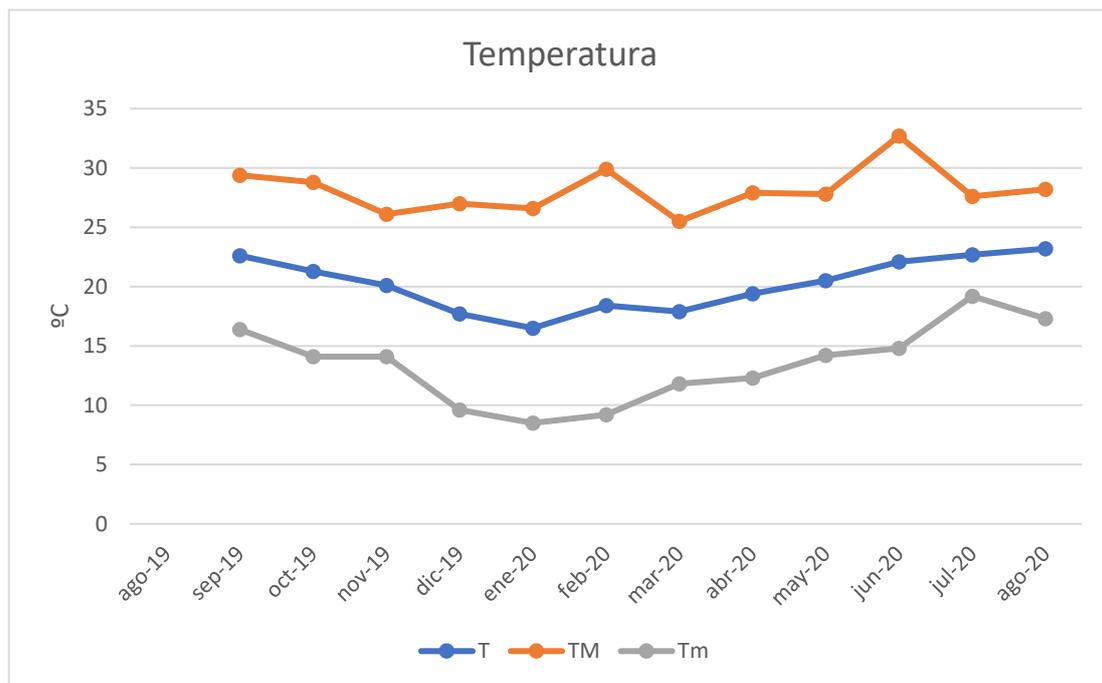


Figura 3. Temperatura (fuente: Agrocabildo, 2020)

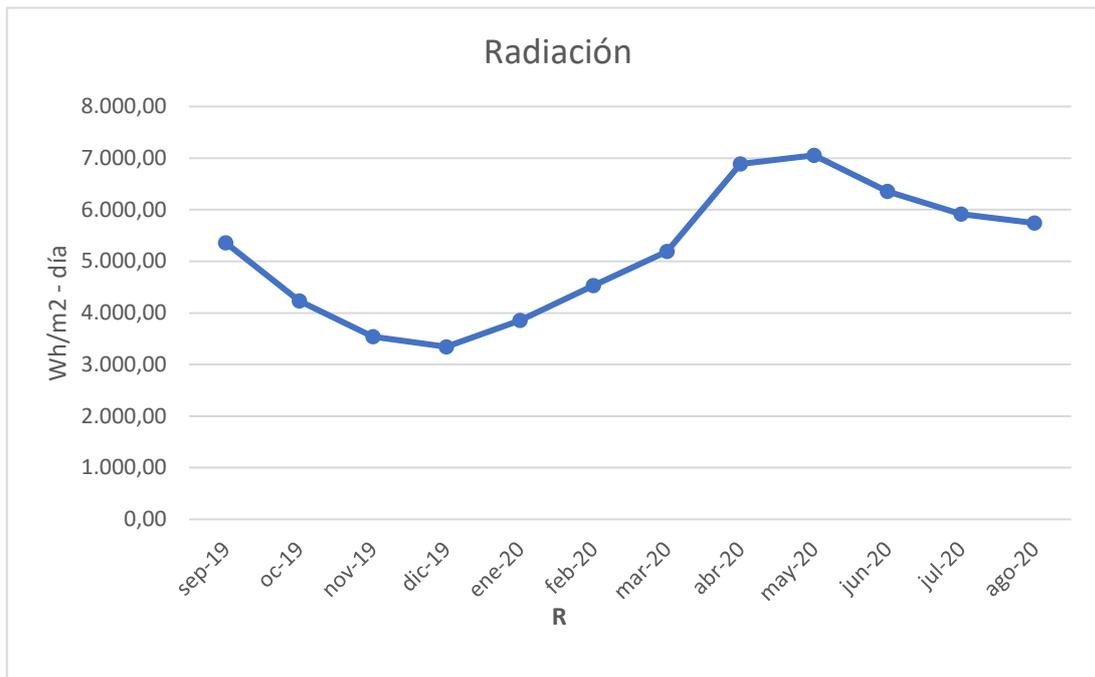


Figura 4. Radiación solar (fuente: Agrocabildo, 2020).

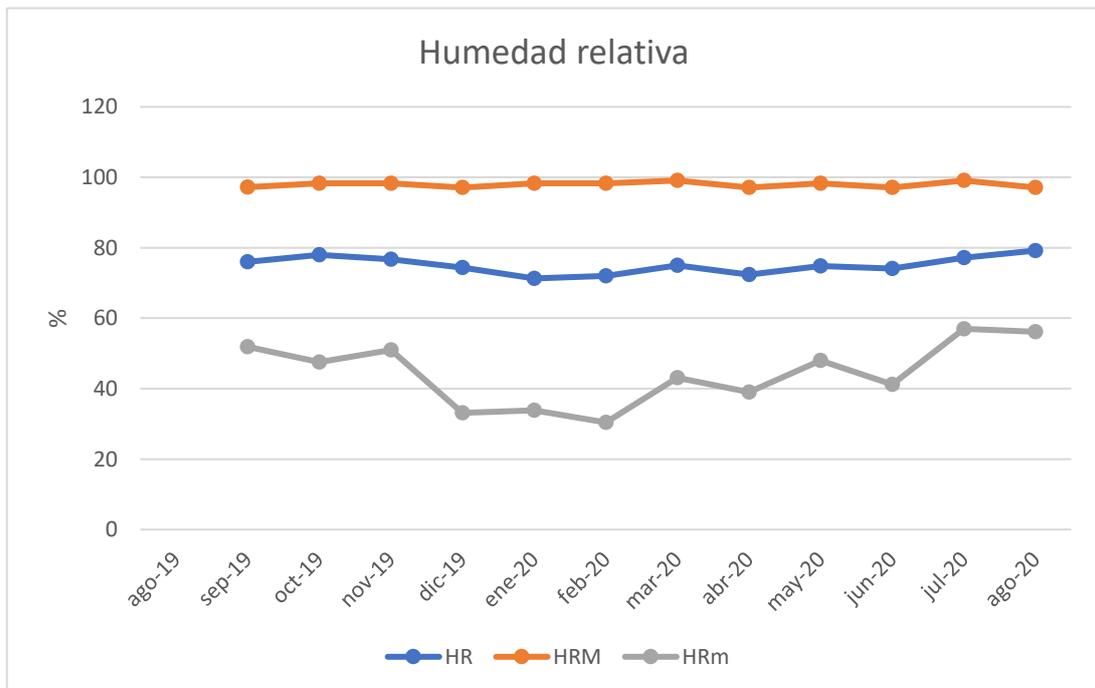


Figura 5. Humedad relativa (fuente Agrocabildo, 2020).



Figura 6. Precipitaciones (fuente Agrocabildo, 2020).

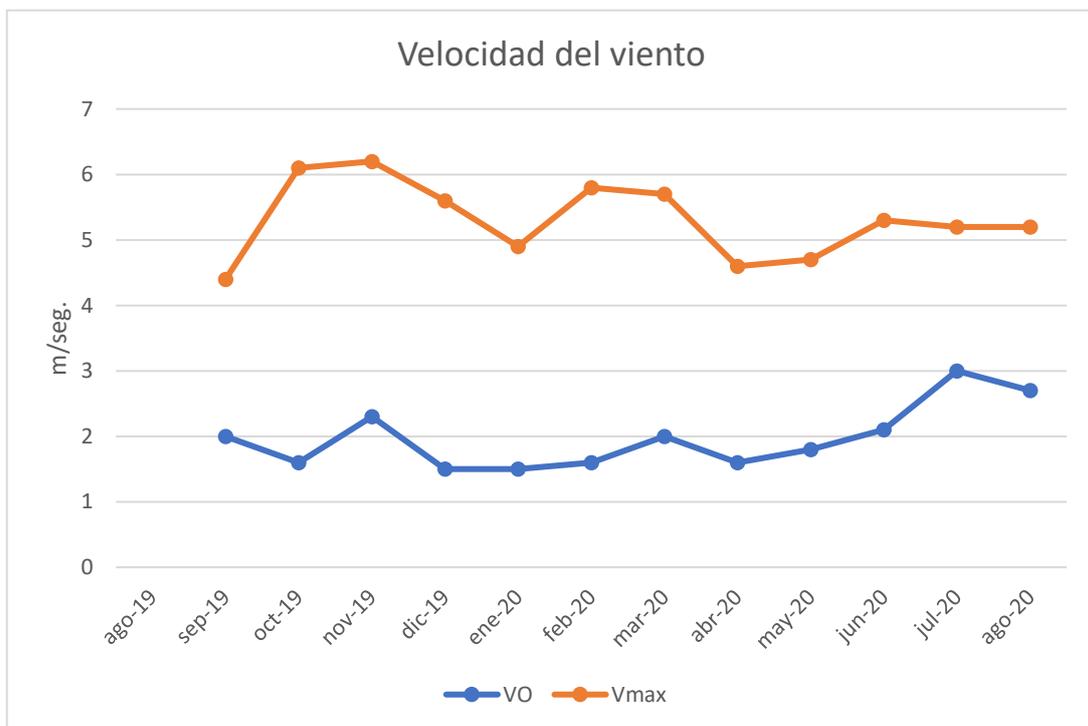


Figura 7. Velocidad del viento (fuente Agrocabildo, 2020).



4.10. Descripción del producto utilizado y dosificación.

El producto de marca comercial Microsul 40S es un abono líquido bioestimulante e inorgánico, con un alto contenido de azufre elemental cumplimentado con los microelementos de hierro y boro. Se le atribuyen las siguientes propiedades: reduce el nivel de pH en suelos alcalinos con presencia de carbonato cálcico, bajando los niveles de calcio convirtiéndose en yeso que es más soluble, abono de liberación lenta de sulfatos, incremento de tolerancia a la sequía, aumento de la absorción de nitrógeno, aumento de la capacidad fotosintética, incremento de las proteínas, preventivo curativo de suelos carenciales de azufre hierro, boro y aumento del microbiota del suelo.

Durante la duración del ensayo se aplicó cada 15 días por medio de fertiirrigación en una dosificación de 3 litros cada 1000 plantas de cultivo.

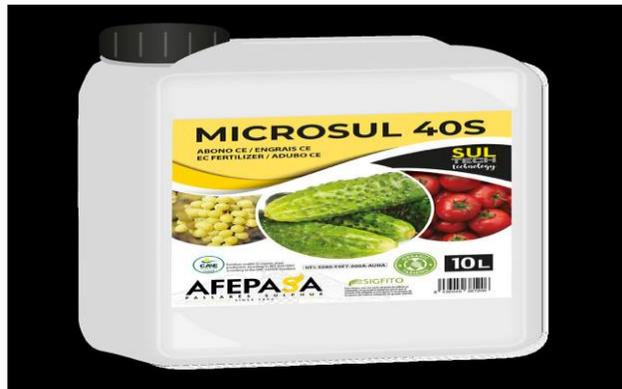


Ilustración 20. Azufre elemental Microsul 40S (fuente afepasa.com, 2019)

4.11. Análisis de datos.

En función al número de repeticiones de cada bloque de tratamiento y los parámetros a analizar se obtuvieron los datos que se representaron junto al error estándar. Se han utilizado medidas recolectadas en el mismo período de tiempo, tanto en el bloque control como en el bloque que se aplicó azufre elemental y se han representado en gráficas aplicando análisis de varianza mediante separación de medias por medio del test de Duncan ($P < 0,05$).



5. Resultados y discusión:

5.1. Desarrollo vegetativo:

En el presente ensayo, se realiza un seguimiento de la evolución del desarrollo vegetativo de las plantas, a partir de los 72 días después de la plantación en campo hasta el momento de la emergencia del racimo, evaluándose los siguientes parámetros: grosor del pseudotallo, ritmo de emisión foliar, número de hojas totales, número de hojas totales y superficie foliar.

5.1.1. Hojas funcionales:

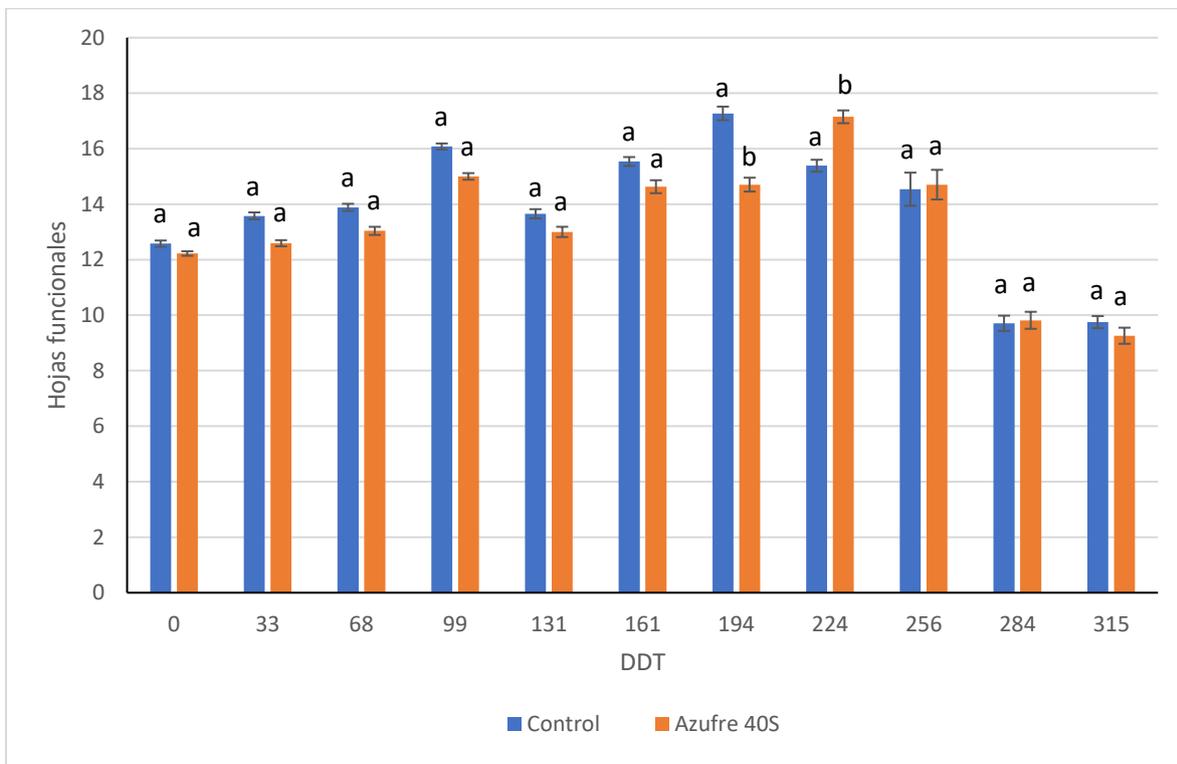


Figura 8: Número de hojas funcionales en plantas control (■) y plantas fertilizadas con azufre Microsul 40S (■) durante 315 días. Los valores corresponden a las medias \pm el error estándar de las medidas obtenidas de 27 plantas por tratamiento. En cada fecha los datos representados por letras similares no presentan diferencias significativas a una $P < 0,05$.

El número de hojas funcionales se incrementó progresivamente hasta los 99 días posteriores al tratamiento y a continuación disminuyó considerablemente en el día 131 como consecuencia de período de menores temperaturas y posteriormente retorna el incremento del número de hojas funcionales en los días 161 y 194. Cabe destacar que los descensos repentinos del número de hojas funcionales también están influenciados por el envejecimiento de las hojas más longevas. Finalizando el período



de muestreo en la gráfica en los días 284 y 315 se aprecia el mayor de los descensos debido a la parada vegetativa y el inicio de la emergencia del racimo. Durante el período del estudio no se observaron diferencias significativas entre las plantas que recibieron un aporte de azufre y las plantas control, excepto en los días 194 y 224, que no parece que se debe al aporte de azufre. Los valores más elevados de este parámetro fueron de una media de 17 hojas tanto en plantas control como en plantas abonadas con azufre 40S. este número de hojas es excesivo en platanera ya que podría competir con el desarrollo del racimo y además produce mayor sombreado tanto a este como a las plantas vecinas. La platanera en los subtrópicos puede generar rendimientos óptimos con aproximadamente ocho hojas funcionales (Galán-Sauco, 1992).

5.1.2. Ritmo de emisión foliar:

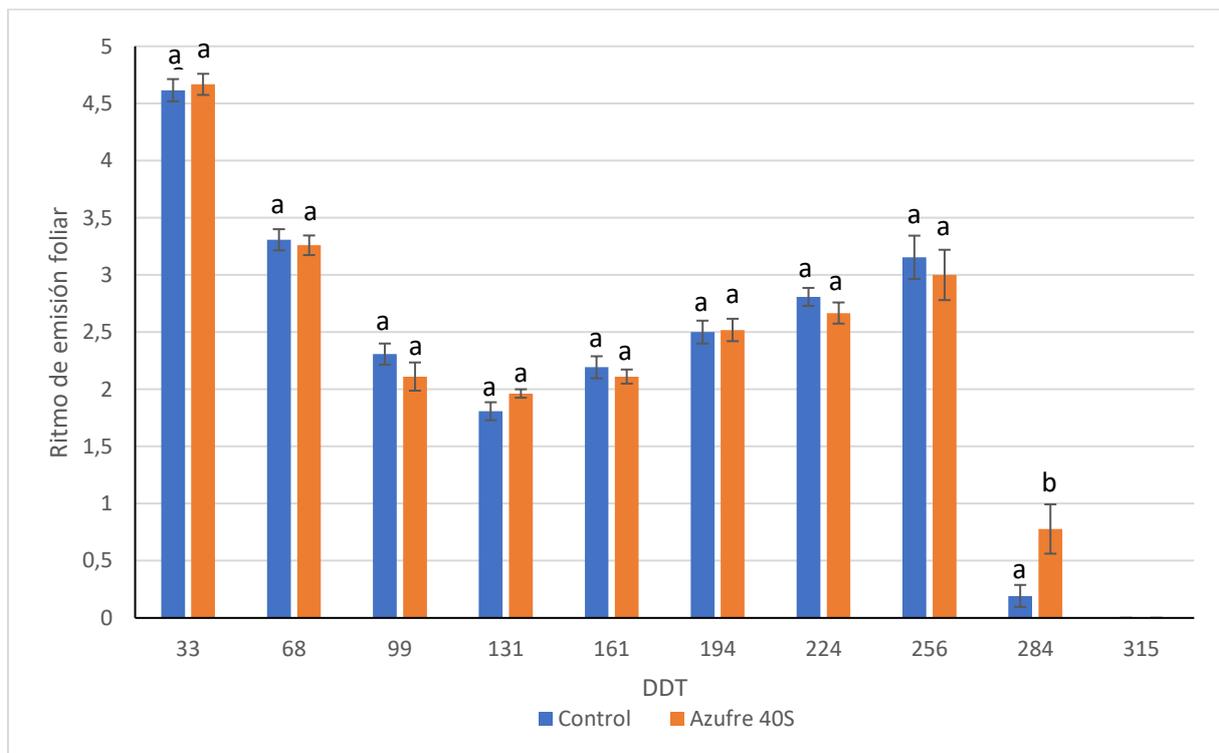


Figura 9: Ritmo de emisión foliar en plantas control (■) y plantas fertilizadas con azufre 40S (■) durante 216 días después de la aplicación después del primer tratamiento. Los valores corresponden a las medias \pm el error estándar de las medidas obtenidas de 27 plantas por tratamiento. En cada fecha los datos representados por letras similares no presentan diferencias significativas a una $P < 0,05$.

El ritmo de emisión foliar disminuyó progresivamente desde el día 33 hasta el día 131 días posteriores al tratamiento y a continuación se produjo un ligero y progresivo aumento en la emisión foliar como consecuencia del incremento de la temperatura en los meses más cálidos hasta llegar al día 256 después del tratamiento. Posteriormente se produce un descenso bastante acusado debido al inicio de la



emergencia del racimo síntoma que indica finalización del crecimiento vegetativo de las plantas. Durante el período del estudio no se observaron mayoritariamente diferencias significativas entre las plantas que recibieron un aporte de azufre y las plantas control, salvo en la última fecha de emisión donde se observa mayor emisión foliar en las plantas tratadas con azufre que en las plantas sin tratar. Los valores más elevados de este parámetro fueron similares entre tratamientos (4,6 y 4,7 en las plantas control y abonadas con azufre, respectivamente). La apertura de una hoja tras su emergencia se produce entre 6 y 8 días después y progresivamente va adquiriendo una posición mas horizontal hasta que el peciolo parte por su propio peso, la hoja se marchita y muere aproximadamente con la emergencia de un mínimo de 12 hojas (Robinson & Galán-Sauco, 2012).

5.1.3. Hojas totales:

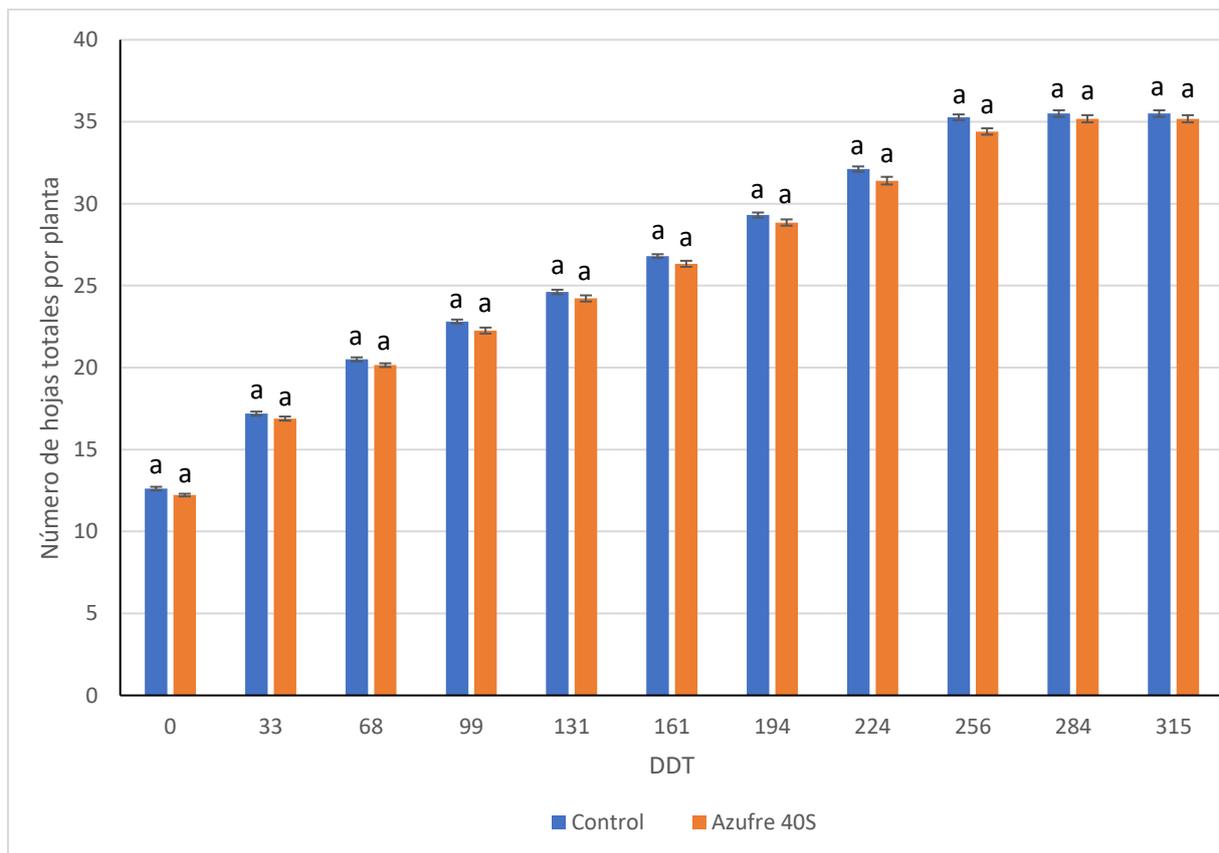


Figura 10: Hojas totales en plantas control (■) y plantas fertilizadas con azufre elemental Microsul 40S (■) durante 315 días después de la aplicación después del primer tratamiento. Los valores corresponden a las medias \pm el error estándar de las medidas obtenidas de 27 plantas por tratamiento. En cada fecha los datos representados por letras similares no presentan diferencias significativas a una $P < 0,05$.



El número de hojas totales varió desde 12,6 hasta 35,5 contando a partir del inicio (0 DDT) hasta el final del experimento (315 DDT). Este número de hojas se incrementó progresivamente hasta los 284 días posteriores al tratamiento y a continuación se mantuvo estable como consecuencia de la parada vegetativa y el comienzo de la emergencia del racimo. Durante el período del estudio no se observaron diferencias significativas entre las plantas que recibieron un aporte de azufre y las plantas control. Los valores más elevados de este parámetro fueron de 35,5 hojas para el tratamiento control y 35,2 hojas en las plantas de tratamiento con azufre elemental, y, por lo tanto, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. La cantidad de hojas totales que emiten las plantas del grupo Cavendish es variable y oscila entre las 25-50 hojas (Robinson & Galán-Sauco, 2012). Según Lassoudiere (2007) en el subgrupo Cavendish la emergencia floral ocurre después de la emisión de unas 24 hojas.

5.1.4. Superficie foliar:

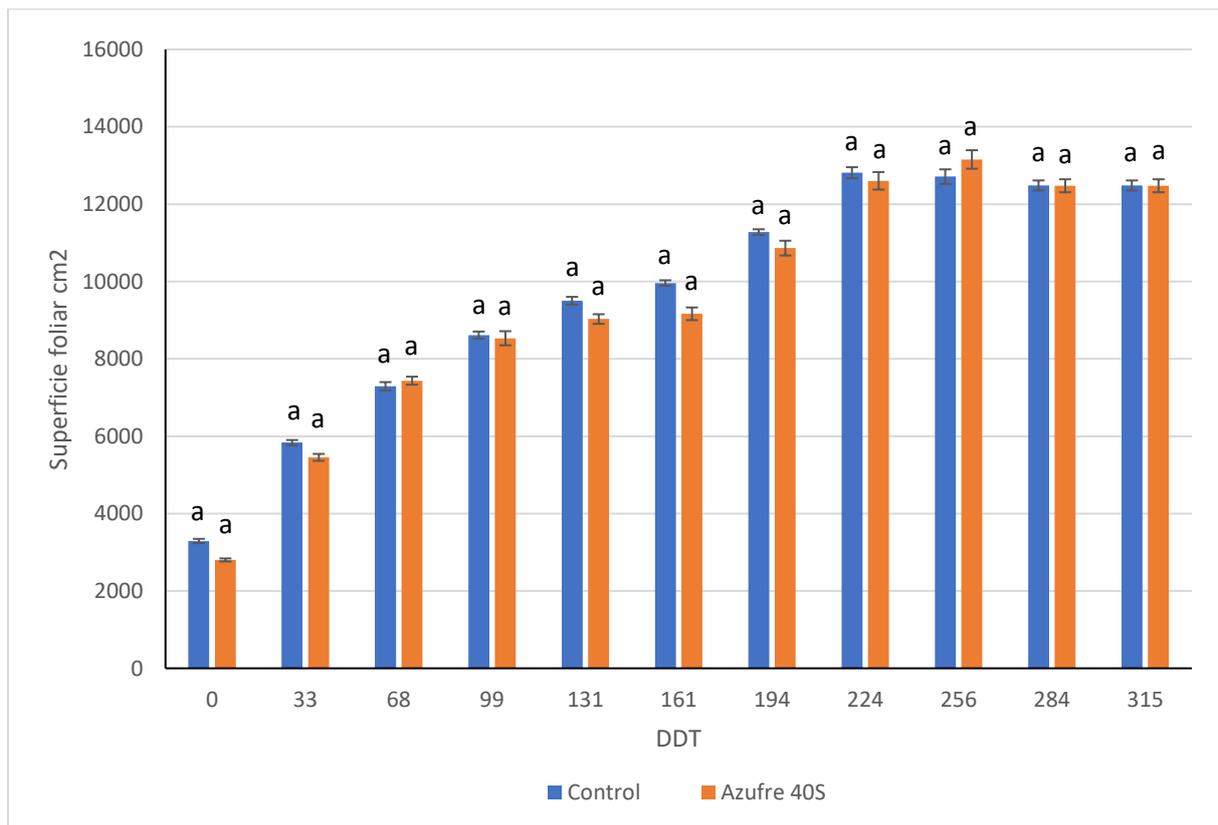


Figura 11: Superficie foliar en plantas control (■) y plantas fertilizadas con azufre Microsul 40S (■) durante 315 días después de la aplicación después del primer tratamiento. Los valores corresponden a las medias \pm el error estándar de las medidas obtenidas de 27 plantas por tratamiento. En cada fecha los datos representados por letras similares no presentan diferencias significativas a una $P < 0,05$.



La superficie foliar se incrementó progresivamente hasta los 224 días posteriores al tratamiento y a continuación se mantuvo estable o disminuyó ligeramente como consecuencia en la proximidad del período de la parada vegetativa y el inicio de la emergencia del racimo. Durante el período del estudio no se observaron diferencias significativas entre las plantas que recibieron un aporte de azufre y las plantas control. Los valores más elevados de este parámetro fueron de 12.812 cm² en el tratamiento control y 13.153,93 cm² en el tratamiento con azufre elemental. No se observaron diferencias significativas entre tratamientos. En las plantas del subgrupo Cavendish en el momento de la emergencia floral si la planta es muy vigorosa puede alcanzar los 25m² de superficie foliar, siendo una superficie por hoja entre 1,5-2,8 metros de longitud y una anchura entre 0,70-1 metro (Robinson & Galán-Sauco,2012).

5.1.5. Grosor del pseudotallo:

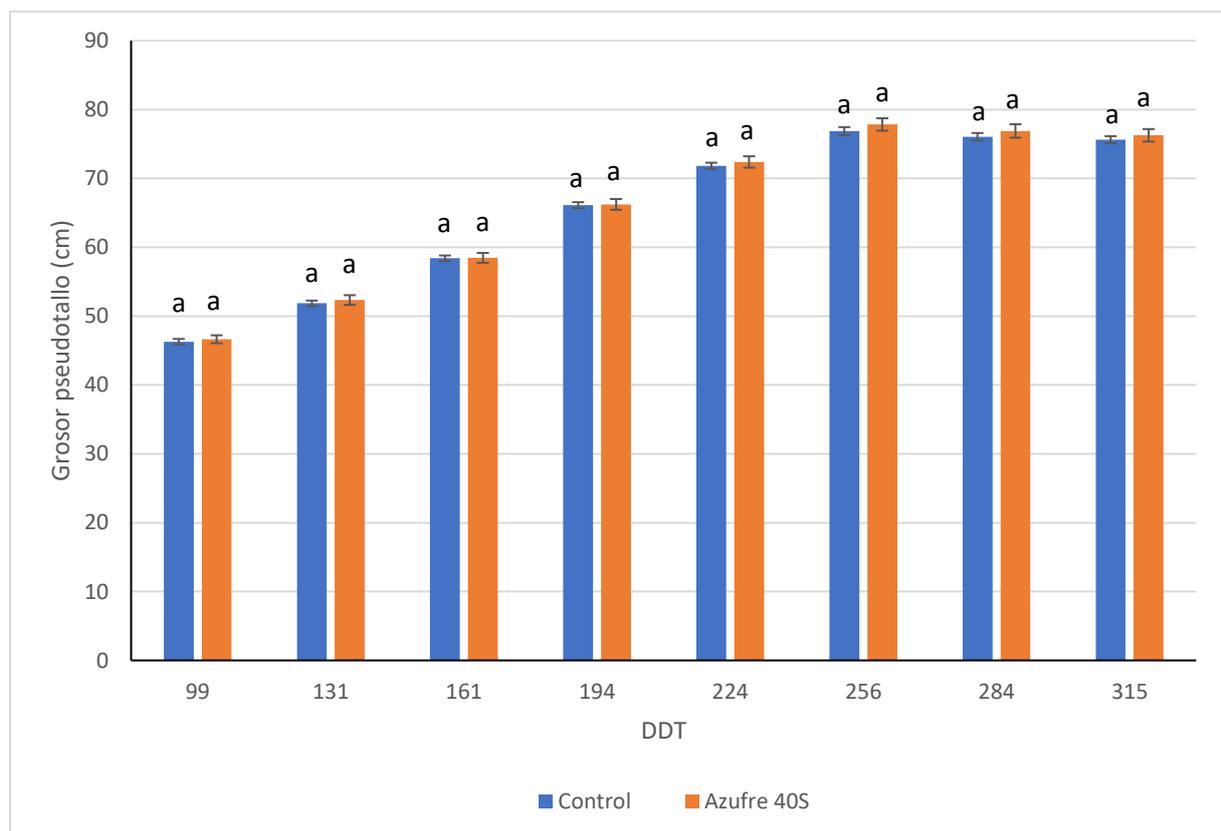


Figura 12: Grosor del pseudotallo en plantas control (■) y plantas fertilizadas con azufre elemental 40S(■) durante 315 días después de la aplicación del primer tratamiento. Los valores corresponden a las medias ± el error estándar de de las medidas obtenidas de 27 plantas por tratamiento. En cada fecha los datos representados por letras similares no presentan diferencias significativas a una P < 0,05.



El perímetro del pseudotallo se incrementó progresivamente hasta los 157 días posteriores al tratamiento. A continuación, se mantuvo estable o disminuyó ligeramente como consecuencia de la parada vegetativa y el inicio de la emergencia del racimo. Durante el período del estudio no se observaron diferencias significativas entre las plantas que recibieron un aporte de azufre y las plantas control. Los valores más elevados de este parámetro fueron alrededor de 77-78 cm en las plantas de ambos tratamientos. se observaron diferencias significativas entre la parcela control y la que se le aplicó el tratamiento. La ligera disminución de la circunferencia del pseudotallo se debe posiblemente al envejecimiento de las hojas adultas, el descenso del área foliar fotosintéticamente activa y también del incremento continuo del tamaño del racimo. La reducción del grosor del pseudotallo de la platanera fue demostrado bajo condiciones de estrés hídrico tanto en plantas jóvenes (Mahouachi, 2009) así como en plantas adultas productivas (Mahouachi, 2007).

5.1.6. Período de crecimiento vegetativo:

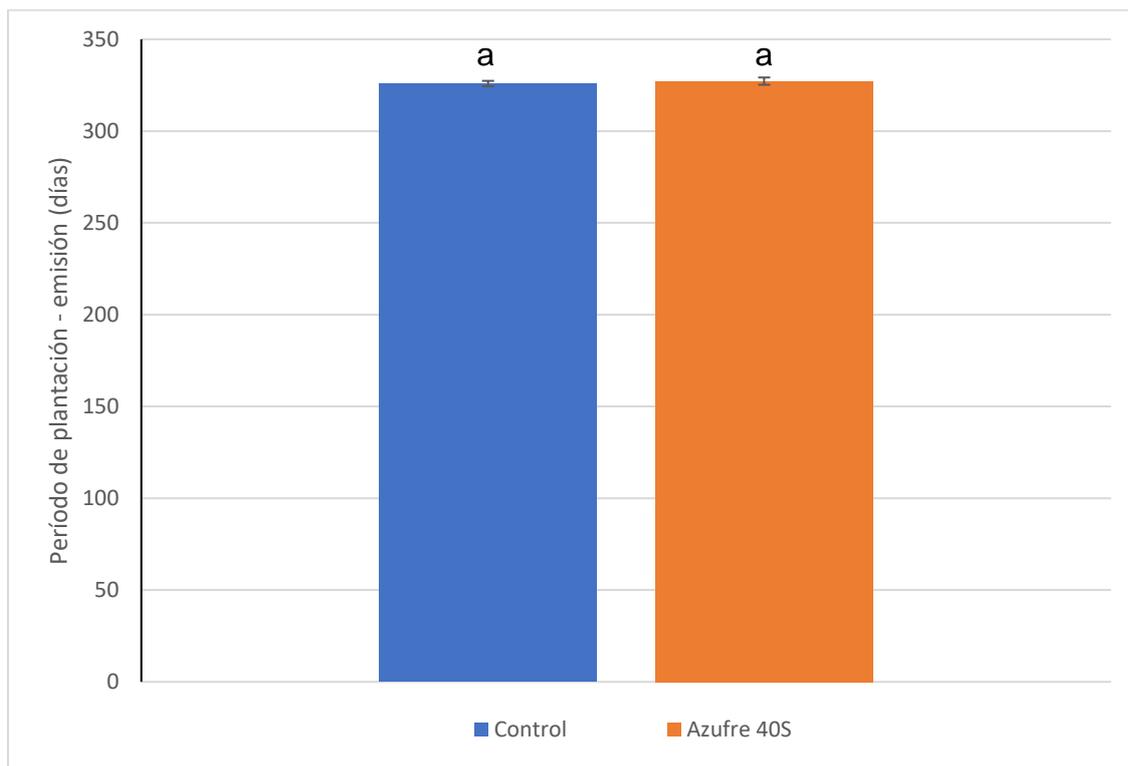


Figura 13: Período de plantación-emisión en plantas control (■) y plantas fertilizadas con azufre Microsul 40S (■). Los valores corresponden a las medias \pm el error estándar de las medidas obtenidas de 54 plantas por tratamiento. En cada fecha los datos representados por letras similares no presentan diferencias significativas a una $P < 0,05$.



En el período de crecimiento vegetativo la figura 13 refleja una diferencia no significativa entre las plantas que recibieron un aporte de azufre y las plantas control. Los valores más elevados se contemplan en el tratamiento con azufre elemental con 327 días con respecto al tratamiento control y con 326 días en las plantas de tratamiento con azufre elemental.

5.2. Desarrollo del fruto

Se procede a la recogida de datos basados en el intervalo de tiempo entre el período de la emisión del racimo, hasta el momento del corte valorando el peso de la cosecha por unidad de racimo y planta.

Para realizar la valoración del fruto, se utilizan los siguientes parámetros: número de manos por racimo, peso del racimo y fecha emisión - corte.

5.2.1. Número de manos por racimo:

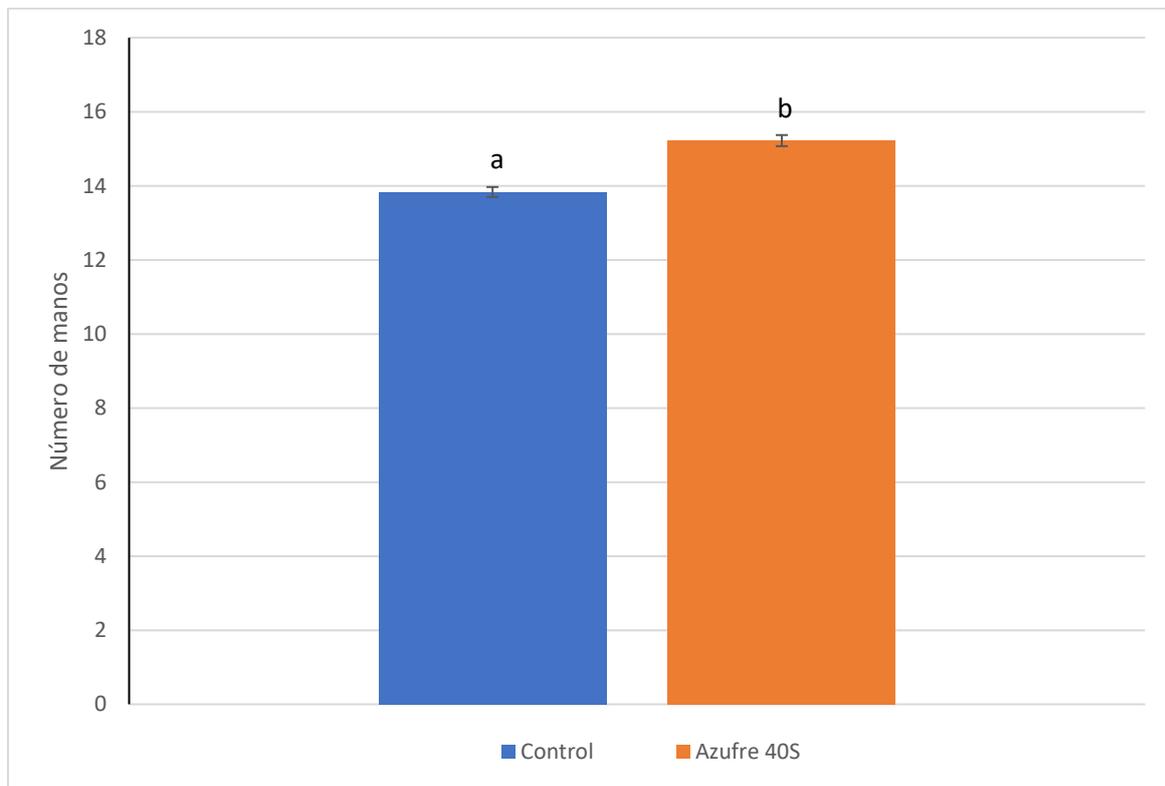


Figura 14: Número de manos en plantas control (■) y plantas fertilizadas con azufre 40S (■). Los valores corresponden a las medias \pm el error estándar de las medidas obtenidas de 36 plantas por tratamiento. En cada fecha los datos representados por letras diferentes si presentan diferencias significativas a una $P < 0,05$.

El número de manos por racimo en la figura 7 expone una mayor cantidad de manillas en el tratamiento con azufre elemental (15,2) con respecto al tratamiento control (13,8). Durante el período del estudio se observó diferencias significativas entre las plantas que recibieron un aporte de azufre y las



plantas control. Las plantas de ciclo sucesivos del subgrupo Cavendish en clima subtropical, pueden superar las 16 manos por racimo (Robinson y Galán-Sauco, 2012). En la variedad 'Gruesa Palmera' se estima un promedio de 15 manos por planta (ASPROCAN, 2023).

5.2.2. Peso del racimo:

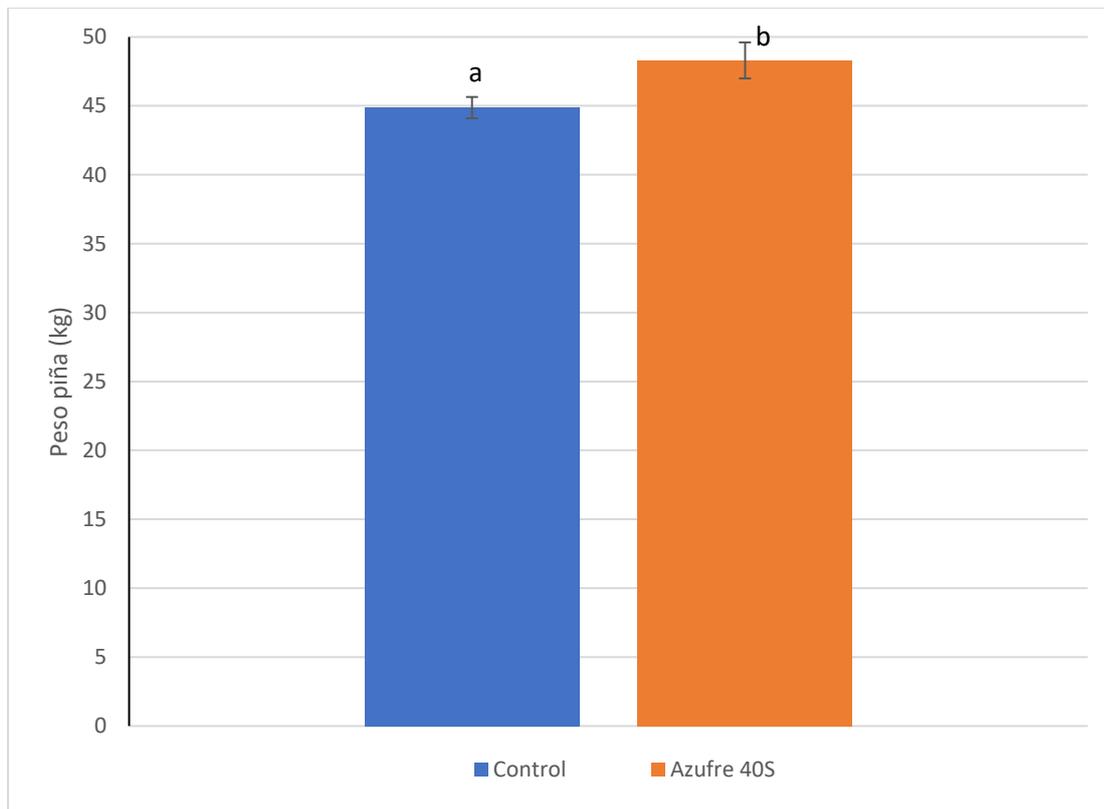


Figura 15: Peso del racimo en plantas control (■) y plantas fertilizadas con azufre elemental 40S (■). Los valores corresponden a las medias \pm el error estándar de las medidas obtenidas de 27 plantas por tratamiento. En cada fecha los datos representados por letras diferentes, si presentan diferencias significativas a una $P < 0,05$.

El peso del racimo hace referencia al parámetro de mayor importancia de cara a la relación productividad-beneficio. En la figura 8 representa un mayor peso en kilogramos en las plantas pertenecientes al tratamiento con azufre elemental (48,33 kg) con respecto al tratamiento control (44,87 kg). Durante el período del estudio se observó diferencias significativas entre las plantas que recibieron el aporte de azufre elemental y las plantas control. Según Robinson y Galán-Sauco, 2012 el peso del racimo maduro del subgrupo Cavendish oscila entre los 15 y 70 kg de peso. El peso neto del racimo del cultivar 'Gruesa Palmera' es de 51,81 kg (ASPROCAN, 2012).



5.2.3. Período de desarrollo del racimo:

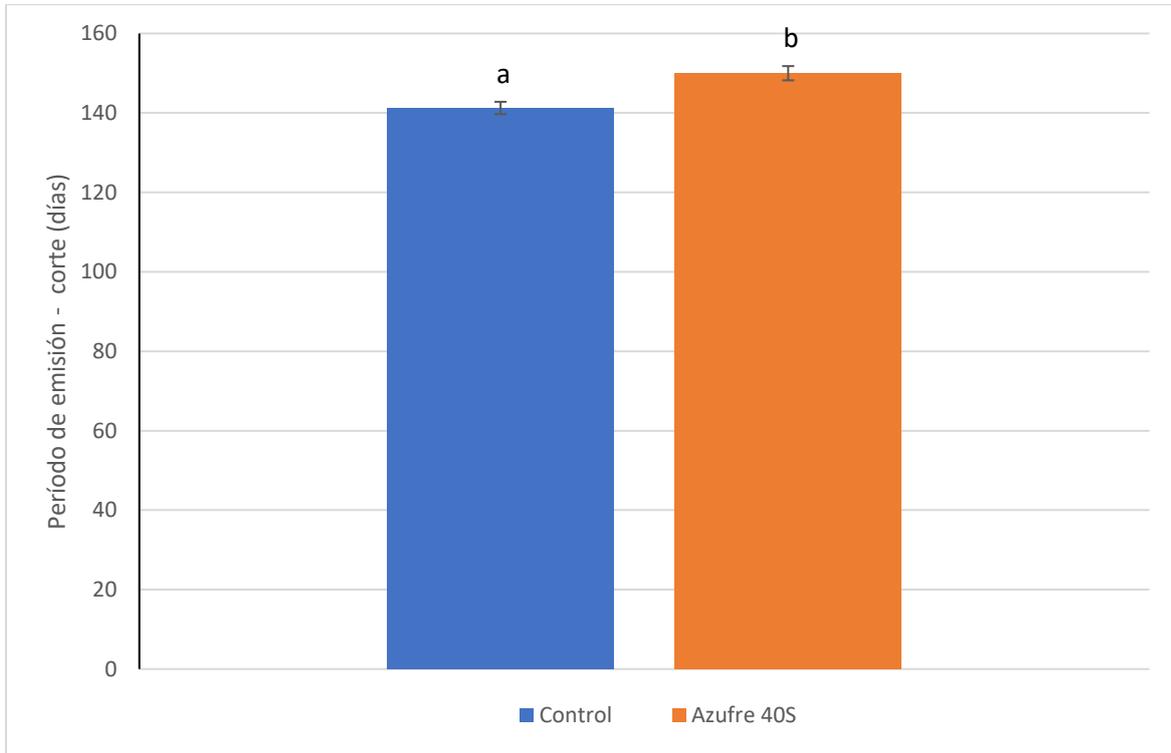


Figura 16: Desarrollo del racimo en plantas control (■) y plantas fertilizadas con azufre elemental Microsul 40S (■). Los valores corresponden a las medias \pm el error estándar de las medidas obtenidas de 45 plantas por tratamiento. En cada fecha los datos representados por letras diferentes, si presentan diferencias significativas a una $P < 0,05$.

El desarrollo del fruto en el período de emisión del racimo hasta el momento del corte en los dos tratamientos representado en la Figura 9, refleja un mayor número de días en el tratamiento con azufre elemental (150 días) con respecto al tratamiento control (141 días). Se expone de que existen diferencias significativas entre las plantas control de las que recibieron un aporte de azufre elemental, siendo estas últimas las plantas que necesitaron mayor número de días en completar su desarrollo del racimo.



6. Conclusiones:

1. En el crecimiento vegetativo de las plantas analizadas, los parámetros (ritmo de emisión foliar, número de hojas totales, número de hojas funcionales, superficie foliar y perímetro del pseudotallo) reflejan unos resultados en la que se pone en evidencia que no existen diferencias significativas como para considerar que el tratamiento con azufre elemental tenga influencia sobre el desarrollo y tamaño final de los órganos vegetativos de la planta con respecto al tratamiento control.
2. El tiempo que transcurre desde la plantación hasta el momento de emergencia del racimo (período de crecimiento vegetativo), según los resultados obtenidos, no existe diferencias significativas en cuanto a la duración de dicho período entre el tratamiento de aplicación de azufre elemental, con respecto al tratamiento control.
3. En el desarrollo del fruto los parámetros evaluados (número de manos, peso por racimo), los datos obtenidos muestran que existen diferencias significativas como para considerar que el tratamiento de azufre elemental ocasiona cierto grado de incremento de la productividad con respecto al tratamiento control.
4. Entre la emisión del racimo y la fecha de recolección (período de desarrollo del racimo), se observaron diferencias significativas entre el bloque que se le aportó azufre elemental y el bloque control, con respecto al momento de la cosecha del racimo. La superficie en la que se le aplicó el azufre elemental Microsul 40S necesitó un período de tiempo mas largo para llegar al momento de la recolección.
5. En conjunto, el aporte de azufre elemental en el cultivo de la platanera en las condiciones experimentales propias del lugar donde se realizó el estudio, demostró que aumenta la producción medida en kilogramos por unidad de superficie, con respecto al cultivo donde no se realiza la aplicación del compuesto fertilizante.



Conclusions.

1. Regarding the vegetative growth of the analyzed plants, parameters such as leaf emission rate, total leaf count, functional leaf count, leaf area, and pseudostem perimeter reflect results that indicate no significant difference to consider that the treatment with elemental sulfur has an influence on the development and final size of the plant's vegetative organs compared to the control treatment.
2. The duration from planting to the emergence of the bunch (vegetative growth period) shows no significant difference in the duration of this period between the treatment with the application of elemental sulfur and the control treatment.
3. In terms of fruit development, parameters such as the number of hands and cluster weight show significant differences that suggest the treatment with elemental sulfur leads to increased productivity compared to the control treatment.
4. Between the bunch emergence and the harvest date (bunch development period), a significant difference was demonstrated between the block treated with elemental sulfur and the control block regarding the harvest time. The area where Microsul 40S elemental sulfur was applied required a longer period of time to reach the harvesting stage.
5. Overall, the addition of elemental sulfur in banana cultivation under the experimental conditions of the study location demonstrated an increase in production, measured in kilograms per unit area, compared to the cultivation without the application of the fertilizer compound.



7. Referencias bibliográficas.

- Acuña, O., Peña, W., Serrano, E., Pocasangre, L.E., Rosales, F.E., Delgado, E., Trejos, J., & Segura, A., (2006). Plátanos y bananas. La degradación del suelo y auge de la nutrición orgánica, 192 pp. Citado por Robinson J.C., y Galán-Sauco, V., (2012).
- Afepasa (en línea) disponible en: www.afepasa.com
- Agrocabildo (en línea) disponible en: <http://www.agrocabildo.org/>
- ASPROCAN (2012). Calidad y sostenibilidad en el cultivo de platanera en Canarias. Ed. Nogueroles C., 223 pp.
- ASPROCAN & Nogueroles, C., (2012). Calidad y sostenibilidad en el cultivo de platanera en Canarias. Fertilidad de la platanera 90 pp.
- ASPROCAN & Nogueroles, C., (2012). Calidad y sostenibilidad en el cultivo de platanera en Canarias. Manejo del cultivo, 175 pp.
- ASPROCAN, (2016). Catálogo exportación del plátano de Canarias. 23 pp
- ASPROCAN (en línea) disponible en: <https://platanodecanarias.es/asprocan/que-es-asprocan/>
- Azcón-Bieto, J. & Talon, M. (2013). Fundamentos de fisiología vegetal. 2a ed. Departamento de biología vegetal Universidad de Barcelona.
- Blumenfeld, A., (1985), Stover, R.H. & Simmonds, N.W. (1987). Plátanos y bananas. Inflorescencia y racimo, 63pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, v., (2012).
- Bormemisza, E., (1990). Universidad técnica estatal de Quevedo. El azufre en el suelo, 22 pp.
- Broadley, R., Rigden, P., Chay-Prove, P. & Daniells, J., (2004). Plátanos y bananas. Necesidades hídricas de riego, 195 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Cultesa (en línea) disponible en: <http://www.cultesa.com/>
- Charpentier, J.M., & Martín-Prével, P., (1965); Marchal, J., Martín-Prével. P., & Melin, P.H. (1972). Universidad técnica estatal de Quevedo. Síntomas de deficiencia de azufre, 22pp.
- Daniells, J. W., (1984). Plátanos y bananas. Necesidades hídricas de riego, 196 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Daniells, J.W., (1987). Plátanos y bananas. Embolsado de racimos, 229 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Daniels, J.W., & Evans, D., (2005). Necesidades hídricas de riego, 195 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Delvaux, B., Rufykir, G. & Dufey, J. (2005). Plátanos y bananas. La degradación del suelo y el auge de la nutrición orgánica, 192 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Devlin, R., (1982). Universidad técnica estatal de Quevedo. El azufre en la planta, 22 pp.



- Domínguez, E., & Nogueroles, C., (2012). Calidad y sostenibilidad del cultivo de la platanera en Canarias. Fertirrigación y abonado de la platanera, 117 pp. Citado por ASPROCAN & Nogueroles C.
- Eckstein, K., & Robinson, J.C., (1995). Plátanos y bananas. Controles internos de la fotosíntesis, 110 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V.
- Eckstein, K., & Robinson, J.C., (1995). Plátanos y bananas. Radiación fotosintética activa PAR, 116 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Espinosa, J., & Mite, F., (2008). Plátanos y bananas. Tipos de abono, 190 pp. Citado por Robinson J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- FAO (en línea) disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Fertiberia (en línea) disponible en: <https://www.fertiberia.com/es/blog/2016/junio/el-azufre-es-mas-eficaz-cuando-se-aplica-en-los-abonos-complejos-npk/>
- Galán-Sauco, V., & Cabrera-Cabrera, J., (2006). Plátanos y bananas. Necesidades hídricas de riego, 196 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Hayman, D.S., (1987). Plátanos y bananas. La degradación del suelo y el auge de la nutrición orgánica, 192 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Israeli, Y., & Lahav, E., (1986). Plátanos y bananas. Rizoma e hijos, 59 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- israelí, Y., & Lahav, E., (1986). Plátanos y bananas. Inflorescencia y racimo, 67pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Jaizme-Vega M.C. (2021). Las micorrizas, una estrategia agroecológica para optimizar la calidad de los cultivos. Ed. Phytoma, ICIA 112 pp.
- Jaizme Vega M.C., & Azcón, R., (1995). Plátanos y bananas. Necesidades nutricionales., 175pp. Citado por Robinson J.C., & Galán-Sauco, V.
- Jazper, D.A., (1979). Las micorrizas, una estrategia agroecológica para optimizar la calidad de los cultivos. Ed. Phytoma, ICIA, 35 pp.
- Kallarackal J., Milburn, J.A. & Baker, D.A., (1990). Plátanos y bananas. Controles internos de la fotosíntesis, 110 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V.
- Lahav, E., & Kalmar, D., (1981). Plátanos y bananas. Necesidades hídricas de riego, 199 pp. Citado por Robinson, J.C., y Galán-Sauco, V., (2012).
- Lahav, E., & Turner, D.W., (1983). Plátanos y bananas. Macroelementos, 177 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Lassoudiere, A. (1978). Plátanos y bananas. Desarrollo del fruto, 68 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., 2012.



- Lassoudiere, A. (2007). Plátanos y bananas. Toxicidades, 182 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Mahouachi, J. (2007). Growth and mineral nutrient content of developing fruits in banana plants (*Musa acuminata* AAA, 'Grand Nain') subjected to water stress and recovery. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 82, 839–844.
- Mahouachi, J. (2009). Changes in nutrient levels and leaf gas exchange parameters in banana plantlets under gradual soil moisture depletion. *Scientia Horticulturae* 120, 460–466.
- Méndez Hernández, C., & Rodríguez Serrano, M., (2016). El deshijado de la platanera. *Agrocabildo* 22 pp.
- Méndez Hernández, C., & Rodríguez Serrano, M., (2016). El deshijado en platanera. *Agrocabildo*, 12 pp.
- Mendieta Tovar, S.E., (2012). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. E.d. Evaluación de cinco dosis de fertilización a base de azufre en el crecimiento y desarrollo del cultivo del banano.
- Mendieta Tovar, S.E., (2012). Instituto de la Potasa y el Fósforo, (1988).
- Morales, J. & Gago, R. (2017). Efecto en suelos salinos y alcalinos de fertilizantes en base azufre elemental. *Phytohemeroteca* 289, 1-3.
- Meyer, J.P., & Schoch, P.G., (1976). Plátanos y bananas. Necesidades hídricas de riego, 196 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Nogueroles, C., & Libano, J., (2007). El cultivo ecológico de la platanera en Canarias. Plagas y enfermedades, 71-98. Citado por Nogueroles, C., 2007.
- Nogueroles, C., & Libano, J., (2007). El Cultivo ecológico de la platanera en canarias. Gabinete de proyectos agroecológicos Ed. 171 pp.
- Nelson, S.C., Ploetz, R.C. & Kepler, A.K., 2006. Necesidades hídricas de riego, 195 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Obiefuna, J.C., (1984). Plátanos y bananas. Estrategia de abonado, 189 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Pattison A.B., Lindsay, S., Cobon, J.A., Rosales, F.E., Pocasangre, L.E., Araya, M.A., & Sikora, R.A., (2008). Plátanos y bananas. La degradación del suelo y el auge de la nutrición orgánica, 192 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Pérez García, F., & Martínez Laborde J.B., (1994). Introducción a la fisiología vegetal. Ed Mundi Prensa, 218 pp.
- Purseglove, J.W., (1972). Plátanos y bananas. Rizomas e hijos, 58pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).



- Ram, H. Y., Ram, M., & Steward, F.C., (1962). Growth and development of the bananas plants.3 B. The structure and development of the fruits. *Annals of Botany* NS 26,665-673.
- Robinson J.C., & Eckstein, K., (1995). Plátanos y bananas. Tipo de material de plantación, 113 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Robinson J.C., Galán-Sauco, V., (2012) Plátanos y Bananas. Ed. Mundi-Prensa, 321pp.
- Robinson, J.C., (1988) & Nel, D.J., (1989). Plátanos y bananas. Densidad y marco de plantación, 152 – 155 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Robinson, J.C. Nel, D.J. & Bower, J.P., (1989). Plátanos y bananas. Radiación fotosintética activa PAR, 116 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Robinson, J.C., Anderson , T & Eckstein, K., (1992). Plátanos y bananas. Compensación fotosintética, 114 pp. Citado por Robinson J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Rodríguez Serrano, J. Calidad y sostenibilidad en el cultivo de la platanera en Canarias. Manejo del cultivo, 173-176 pp. Citado por ASPROCAN & Nougeroles C., (2012).
- Rodríguez, Y.G., & Lobo, L.D., (2008).Plátanos y bananas. Salinidad del suelo, 132 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Simmonds, N.W., & Shepherd, K., (1955). Plátanos y bananas. Fundamentos de la clasificación moderna, 24pp.Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Soto, M. (1991). Bananos, cultivo y comercialización, Tenerife 627 pp.
- Stover, R.H. (1984). Plátanos y bananas. Vigor de la plantación, 155pp.Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Taylor, S.E., & Sexton, O.J., (1972).Plátanos y bananas. Necesidades climáticas 72 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Turner, D.W., Korawis, C. & Robson, A.D. , (1989). Plátanos y bananas. Microelementos,180pp. Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Tuner, D.W., Fortescue, J.A., & Thomas, D.S., (2007). Plátanos y bananas. Planificación del riego, 202 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco V., (2012).
- Turner, D.W., & Barkus, B., (1980). Plátanos y bananas. Macroelementos, 180 pp. Citado por Robinson, J.C., & Galán-Sauco, V., (2012).
- Van Vosselen, A., Verplancke, H. & Van Ranst, E. (2005). Plátanos y bananas. Planificación de riego, 201-202 pp. Citado por Robinson y Galán, (2012).
- Vimpani, I., Johns,G., & Atkinson, I. (1991). Plátanos y bananas. La degradación del suelo y el auge de la materia orgánica, 192 pp. Citado por Robinson & Galán, (2012).
- Visor Google earth Pro (en línea) disponible en: www.googleearth.com
- W. Nabors M. (2006). Introducción a la botánica. Ed. Romo M M., 744 pp.