



**Universidad  
de La Laguna**

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
SECCIÓN DE INGENIERÍA AGRARIA

Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

---

**Estudio de los efectos de la  
aplicación de ceniza volcánica del  
Volcán Tajogaite sobre suelo y  
sobre las hojas de platanera  
(*Musa acuminata Colla, AAA*) de  
primer ciclo**

---

Aroa Pino de Paz

La Laguna, mayo 2024





**AUTORIZACIÓN DEL TRABAJO FIN DE  
GRADO POR SUS DIRECTORES  
CURSO 2023/2024**

**TUTOR – COORDINADOR:** Antonio Francisco Marrero Domínguez

**TUTOR:** Alberto Cruz Zafra

Como tutores del alumno/a Dña. Aroa Pino de Paz en el TFG titulado: Estudio de los efectos de la ceniza volcánica del Volcán Tajogaite sobre suelo y sobre las hojas de plantas de platanera (*Musa acuminata Colla, AAA*) de primer ciclo, doy/damos nuestra autorización para la presentación y defensa de dicho TFG, a la vez que confirmamos que el alumno/a ha cumplido con los objetivos generales y particulares que lleva consigo la elaboración del mismo y las normas del Reglamento de Trabajo Fin de Grado de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería.

En San Cristóbal de La Laguna, a 25 de abril de 2024

Fdo. ....

(Antonio Marrero Domínguez)

Fdo. ....

(Alberto Cruz Zafra)

**PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE TRABAJO DE FIN DE GRADO**

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: 6359881□□□□ Código de verificación: uKGa5Bz8

Firmado por: Antonio Francisco Marrero Domínguez  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/04/2024 13:29:12

Alberto Cruz Zafra  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

26/04/2024 13:35:45





## Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a dos de las personas que me han brindado su apoyo y sus conocimientos sobre el sector agrario, siendo el Dr. Antonio Francisco Marrero Domínguez quien me ha dado la oportunidad de realizar este estudio del que teníamos poca información en las islas, siendo así un tema de actualidad, y a mi codirector Alberto Cruz Zafra, quien me ha apoyado y guiado en cada paso que he realizado durante este estudio.

También quisiera agradecer a la Dra. María Mercedes Hernández González del IPNA-CSIC por facilitarnos el trabajo aportándonos las analíticas de suelos, cenizas y foliares.

Al Excmo. Cabildo Insular de La Palma-Consejería de Agricultura por facilitarnos las cenizas usadas en el proyecto y a el equipo de COPLACA, en especial, al Dr. Javier López-Cepero quien nos facilitó la adquisición de las plantas de platanera utilizadas en el ensayo, así como formar parte la visita realizada al ensayo que se realizó en la Cooperativa de AGUSA.

Al profesor Domingo Sáez Pisaca por la curva granulométrica de las cenizas, así como a todos los laborales de la Escuela y Departamento ya que, sin su trabajo y profesionalidad, el estudio no podría haber alcanzado su objetivo.

A mi familia, porque siempre han estado para ayudarme y apoyarme en todas mis decisiones. A mi padre, por enseñarme desde bien pequeña a valorar el trabajo en el campo, que, aun siendo tan sacrificado, en él siempre podremos ver lo bonita y agradecida que es la agricultura. A mi madre, la persona que más admiro, ella es la que me sostiene cuando me derrumbo, la que sonrío conmigo cuando alcanzo mis objetivos, la que está siempre de forma incondicional, en lo bueno, pero sobre todo en lo malo, eres la madre que toda hija querría tener. Gracias a los dos por darnos a mí y a mi hermano los valores que hoy en día hacen de mí la mujer que soy. Gracias también a mi abuelo Pedro, pues él fue una de las personas que me ha transmitido este amor por la agricultura y la ganadería, desde bien pequeña compartió conmigo sus conocimientos.

Por último, y no menos importantes, agradecer a mis chicos agrícolas por haberme hecho tan fácil el aprendizaje al lado de ellos. Gracias por haber formado parte de mi experiencia y por haber ahogado tanto las penas, como haber festejado las victorias juntos.





## Abreviaturas (opcional)

T1 (S:0; P:0): sin ceniza en suelo y sin ceniza en planta (tratamiento control)

T2 (S:1; P:0): suelo con ceniza, planta sin ceniza.

T3 (S:0; P:1): suelo sin ceniza, planta con ceniza.

T4 (S:1; P:1): suelo con ceniza, planta con ceniza.

ns: diferencia no significativa ( $P > 0,05$ )

\*: diferencia significativa ( $P < 0,05$ )

\*\* : diferencia muy significativa ( $P < 0,01$ )

\*\*\*: diferencia altamente significativa ( $P < 0,0001$ )

(+): aumento significativo

(-): disminución significativa





## Índice

<b>1. Introducción</b> .....	<b>13</b>
<b>2. Objetivos</b> .....	<b>17</b>
<b>3. Revisión bibliográfica</b> .....	<b>19</b>
3.1. Características del cultivo .....	19
3.1.1. Taxonomía.....	19
3.1.2. Morfología.....	20
3.1.3. Condiciones ambientales .....	21
3.1.4. Necesidades nutricionales .....	21
3.1.5. Fitopatología y manejo.....	22
3.2. El cultivo del plátano en Canarias y La Palma .....	23
3.3. Erupción de La Palma (afectación en cultivos e infraestructuras) .....	24
3.4. Problemática con la ceniza en campo.....	24
3.5. Antecedentes: estudios previos.....	26
<b>4. Material y métodos</b> .....	<b>29</b>
4.1. Aspectos generales .....	29
4.2. Materiales empleados.....	29
4.2.1. Suelo .....	29
4.2.2. Ceniza volcánica .....	29
4.2.3. Agua de riego .....	31
4.2.4. Material vegetal .....	32
4.2.5. Fertilizante.....	32
4.3. Diseño experimental .....	33
4.4. Instalación del ensayo.....	36
4.5. Toma de datos.....	40
4.6. Métodos analíticos.....	42
4.6.1. Sustrato .....	42
4.6.2. Agua.....	44
4.6.3. Foliar.....	44
4.7. Métodos estadísticos .....	44
<b>5. Resultados y discusión</b> .....	<b>47</b>
5.1. Suelos .....	47
5.2. Foliar.....	52
5.3. Crecimiento y desarrollo de las plantas .....	58
<b>6. Conclusiones</b> .....	<b>61</b>
<b>7. Conclusions</b> .....	<b>63</b>



<b>8. Referencias bibliográficas.....</b>	<b>65</b>
---	-----------



**Título:** Estudio de los efectos de la ceniza volcánica del Volcán Tajogaite sobre suelo y sobre las hojas de platanera (*Musa acuminata Colla*, AAA) de primer ciclo.

**Autora:** Aroa Pino de Paz

**Tutores:** Antonio Francisco Marrero Domínguez, Alberto Cruz Zafra.

**Palabras clave:** sector platanero, erupción volcánica, ceniza, suelo, planta, micronutrientes, macronutrientes.

## **Resumen**

El sector platanero es el principal sector agrícola de las islas Canarias, donde la isla de La Palma destaca por ser conocida como la isla platanera por excelencia y tras la erupción volcánica del Tajogaite (La Palma, 19 de septiembre de 2021) surgió la necesidad de conocer que efectos podría tener la ceniza del volcán sobre sus explotaciones y sus cultivos. Con el término “ceniza” nos referimos a piroclastos de granulometría diversa, con partículas mayores y menores de 2 mm, pero adoptamos esta denominación ya que el término que se ha extendido en el sector agrario. En el presente TFG se ha propuesto un estudio con cuatro tratamientos diferentes combinando la presencia o ausencia de ceniza en el suelo y en la parte aérea de la platanera de primer ciclo. Los resultados obtenidos demuestran que la aplicación de ceniza al suelo no tuvo un efecto significativo en la altura de las plantas ni en el número de hojas emitidas, pero sí se notó un aumento del perímetro del pseudotallo. Por otro lado, la aplicación de ceniza en la parte aérea de las plantas provocó una disminución significativa en la altura de las plantas. En cuanto al suelo, los principales cambios debidos a la aplicación de ceniza fueron una disminución de su pH, un aumento de la conductividad eléctrica y ligeros aumentos de los contenidos de fósforo y potasio, así como una disminución del sodio cambiante; las plantas a su vez, mostraron niveles foliares más altos de nitrógeno y hierro y más bajos de sodio. La aplicación de ceniza a la parte aérea de las plantas se asoció a un menor nivel foliar de hierro y zinc.





**Title:** Study of the effect of volcanic ash from the Tajogaite Volcano applied on the soil and leaves of first-cycle banana plants (*Musa acuminata Colla*, AAA) grown in pots.

**Author:** Aroa Pino de Paz

**Directors:** Antonio Francisco Marrero Domínguez, Alberto Cruz Zafra.

**Key words:** banana sector, volcanic eruption, ash, soil, plant, micronutrients, macronutrients.

### **Abstract**

The banana sector is the main agricultural sector of the Canary Islands, where the island of La Palma stands out for being known as the banana island par excellence and after the volcanic eruption of Tajogaite (La Palma, September 19, 2021) the need arose to know what effects the ash from the volcano could have on your farms and crops. The term “ash” is actually pyroclasts of diverse granulometry, with particles larger and smaller than 2 mm, but we adopt this name since the term has spread in the agricultural sector. In this TFG, a study has been proposed with four different treatments combining the presence or absence of ash in the soil and in the aerial part of the first cycle banana tree. The results obtained demonstrated that the application of ash to the soil did not have a significant effect on the height of the plants or the number of leaves emitted, but an increase in the perimeter of the pseudostem was noted. On the other hand, the application of ash to the aerial part of the plants caused a significant decrease in plant height. As for the soil, the main changes due to the application of ash were a decrease in its pH, an increase in electrical conductivity and slight increases in phosphorus and potassium contents, as well as a decrease in exchangeable sodium; The plants, in turn, showed higher foliar levels of nitrogen and iron and lower levels of sodium. The application of ash to the aerial part of the plants was associated with a lower foliar level of iron and zinc.





## 1. Introducción

El 19 de septiembre de 2021, a las 14:10 horas (UTC) se inició la erupción del volcán Tajogaite, situado en la zona conocida como Cabeza de Vaca, municipio de El Paso, en la Isla de La Palma, Islas Canarias, tras un periodo de 8 días de alta actividad sísmica (IGME CSIC, 2023). Esta erupción se prolongó durante 85 días y 8 horas, terminando la erupción el 13 de diciembre de 2021 a las 22:21 horas (UTC) (PEVOLCA, 2021). Esta erupción produjo 10 millones de m<sup>3</sup> de ceniza que cubrió más de 3000 ha, la totalidad del suelo agrícola establecido en los municipios de El Paso, Tazacorte y Los Llanos de Aridane se vio afectado por la caída de ceniza. Todos ellos se ubican en el conocido Valle de Aridane, que se encuentra en la zona oeste de la isla.

En el sector agrario para simplificar se denominó “cenizas” a los piroclastos de granulometría diversa, con partículas mayores y menores de 2 mm, asimismo, en el presente TFG se estudia la composición granulométrica de estas partículas. Entre los agricultores surgió la duda de qué hacer con esa ceniza volcánica depositada en sus explotaciones. Las opciones surgidas fueron eliminarla, mezclarla en el suelo o simplemente dejarla por encima tal y como cayó (Alejandro Hernández, 2022). La mayor parte de los afectados por la lava y la ceniza fueron los productores plataneros.

Por otro lado, surge la necesidad de dar uso a la ceniza acumulada en zonas que no son de uso agrícola, como en carreteras y caminos, en calles o en zonas de tránsito. Entre otros usos, se han propuestos para la elaboración de bloques, hormigón o mortero para la construcción. Esta ceniza se ha ido acumulando y puede tener un potencial como elemento agregado también como parte de sustratos de uso agrario. En este sentido, se han iniciado algunos ensayos en el Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, el Instituto de Productos Naturales y Agrobiología del CSIC o en la Universidad de La Laguna (Figura 1. Ensayo ceniza en plantas de platanera de primer ciclo en la ULL. Autor: Alberto Cruz. Figura 1).



Figura 1. Ensayo ceniza en plantas de platanera de primer ciclo en la ULL. Autor: Alberto Cruz.

La erupción volcánica en La Palma de 2021 ha tenido un impacto significativo en la agricultura de la isla. A medida que el volcán Cumbre Vieja entraba en erupción, las cenizas y el material volcánico cubrían los campos y las plantaciones (Gobierno de Canarias, 2022). Los agricultores han reportado grandes pérdidas en cultivos de plátanos, aguacates y otras frutas.

La ceniza volcánica, que contiene altas cantidades de minerales como el hierro, el calcio y el magnesio, puede tener efectos beneficiosos en el suelo y la fertilidad. Sin embargo, también puede tener un efecto negativo en la salud de las plantas, dañando sus tejidos y reduciendo la fotosíntesis cuando ésta se deposita en su parte aérea. Según estudios realizados tras la erupción del volcán Hudson en 1991 en la agricultura de la Patagonia, Argentina y Chile, la



presencia de ceniza volcánica en el suelo puede disminuir la producción de las plantas, especialmente en aquellas de hoja verde (Wilson y otros, 2011) pudiendo afectar negativamente el crecimiento y la salud de las plantas (Wilson y otros, 2011). Además, la contaminación del agua de riego puede aumentar el riesgo de enfermedades en los seres humanos que consumen los productos agrícolas.

La erupción volcánica también ha tenido un impacto en los suelos agrícolas de La Palma. El material volcánico puede alterar la composición química del suelo, lo que puede afectar la capacidad de las plantas para absorber nutrientes y agua. Según estudios realizados después de la erupción del volcán Grimsvötn en Islandia en 2011, la presencia de material volcánico en el suelo puede aumentar la acidez (Cabré y otros, 2016).

A medida que la erupción avanzaba, los agricultores de La Palma se enfrentaban a desafíos significativos en la recuperación de sus tierras y cultivos. La ceniza y el material volcánico deben ser eliminados y los suelos deben ser evaluados y tratados adecuadamente antes de que puedan ser utilizados para la agricultura nuevamente o, por otro lado, deben incorporarlo al suelo. Además, se necesitarán recursos y apoyo financiero para ayudar a los agricultores a recuperarse de las pérdidas económicas causadas por la erupción.

El informe de la Dirección General de Agricultura del Gobierno de Canarias (Dirección General de Agricultura del Gobierno de Canarias, 2021) ha señalado que las áreas agrícolas cercanas al volcán, incluyendo Tazacorte, Los Llanos de Aridane y Fuencaliente, han sido las más afectadas.

Los productores de plátanos de la zona también han informado de una disminución significativa en la producción debido a la caída de ceniza, la falta de agua y la falta de sol (Dirección General de Agricultura del Gobierno de Canarias, 2021). Por otro lado, los cultivos de papas y hortalizas también han sido gravemente afectados debido a la ceniza y las lluvias ácidas (Gobierno de Canarias, 2021).



Figura 2. Ceniza depositada en el entramado de las hojas de la platanera. Autor/a: Aroa Pino.

Los daños causados por la erupción han tenido un gran impacto en la economía de la isla, especialmente en el sector agrícola, dado que esta impedía el desarrollo habitual de la planta por la acumulación de ceniza en el suelo, en los “peciolos” de las plantas madres e hijos (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), daños interiores de las hojas no emitidas en contacto con las cenizas, en los frutos (Figura 3) y en la obstrucción del canal por donde emerge la bellota para dar el fruto (Figura 4), observando todo ello en las visitas realizadas en la propia finca de mi padre que se encontraba en zona de exclusión como en las visitas que realizaron Dr. Antonio Francisco Marrero Domínguez y Alberto Cruz Zafra a la zona de El Remo en Diciembre de 2021 y a otras zonas en Febrero de 2022. Sin embargo, la comunidad agrícola está trabajando en



estrecha colaboración con las autoridades locales para identificar soluciones a corto y largo plazo para mitigar los efectos de la erupción en la agricultura desde el inicio de la erupción.



Figura 3. Ceniza sobre una piña ocasionando daños de rozaduras durante su llenado. Autor/a: Aroa Pino.

La platanera (*Musa acuminata Colla, AAA*) es un cultivo de gran relevancia tanto económica como social en La Palma, por lo que, a raíz de las visitas a campo realizadas, y dada la urgencia e importancia de la emergencia, se decidió poner un primer ensayo preliminar utilizando los elementos disponibles de un estudio – ya finalizado – sobre los efectos del agua desalada en el cultivo de la platanera (González Hernández, 2023) utilizando un reducido número de plantas de segundo ciclo, de tamaño muy variable y divididas en dos grupos de riego con aguas de distinta calidad. Por otro lado, las cenizas volcánicas, residuo natural de las erupciones, crearon la necesidad de ser analizadas para comprender su efecto en el desarrollo y nutrición en la platanera. Es por todo ello que el ensayo objeto de este Trabajo Fin de Grado se ha planteado como una segunda etapa de acercamiento, más rigurosa, al conocimiento de los posibles efectos de la ceniza volcánica sobre el suelo y el crecimiento de la platanera, evaluando las características de la ceniza procedente del volcán de La Palma y su interacción y efecto en el crecimiento, desarrollo y nutrición en las plataneras de primer ciclo.



Figura 4. Mala parición ocasionada por la ceniza volcánica. Autor/a: Aroa Pino.





## 2. Objetivos

El objetivo principal es estudiar, a pequeña escala y en condiciones de invernadero, la respuesta que puede tener las plantas de platanera de 1º ciclo en presencia de la ceniza procedente del volcán de La Palma (Tajogaite) estudiar los efectos de la ceniza por separado tanto de la parte aérea como del suelo y determinar la posible interacción que puede tener esta ceniza con el crecimiento, desarrollo y nutrición de las plantas de platanera (*Musa acuminata*, AAA).

Para conseguir este objetivo general se desarrollará los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar el efecto de las cenizas volcánicas aplicadas sobre el suelo en el crecimiento y desarrollo de plantas de platanera y en su nivel foliar de macro y micronutrientes.
- Estudiar el efecto de la aplicación de cenizas volcánicas a la parte aérea de las plantas en el crecimiento y desarrollo de las mismas y en su nivel foliar de macro y micronutrientes.
- Estudiar si existió alguna interacción entre la aplicación al suelo y a las plantas de las cenizas en los efectos antes encontrados.
- Extraer conclusiones que puedan ser de utilidad para la reutilización de las cenizas volcánicas como materiales de interés agronómico.





### 3. Revisión bibliográfica

Canarias es un archipiélago de origen volcánico formado por un conjunto de formaciones lávicas y productos piroclásticos (cenizas) que con el transcurso del tiempo han formado suelos muy productivos que junto a las características climatológicas de las islas (microclimas) han generado un entorno óptimo para el cultivo de frutos tropicales y subtropicales.

En el sector agrícola canario destaca principalmente la platanera (*Musa acuminata Colla*, AAA), no solo por su gran importancia económica, sino también por su repercusión en el ámbito social ya que este cultivo genera gran parte del empleo en Canarias. La Palma es la isla platanera por excelencia, donde la agricultura y el cultivo del plátano suponen un pilar fundamental para la economía de muchas familias palmeras (Mercados, 2021). Sin embargo, la reciente erupción volcánica ha tenido una gran repercusión en el sector platanero, afectando principalmente a las extensiones del cultivo y, en consecuencia, a las miles de familias que viven de la platanera.

Por todo ello, en este apartado se expone información fundamental para la comprensión de este trabajo, describiendo las características del cultivo del plátano, la relación existente con Canarias y, como principal motivo de este proyecto, la posible afección que puede tener la ceniza del volcán Tajogaite de La Palma sobre el cultivo del plátano.

#### 3.1. Características del cultivo

##### 3.1.1. Taxonomía

La platanera (*Musa acuminata Colla*, AAA) tiene sus orígenes en el sudeste asiático, en la región de Indonesia, pero a las Islas Canarias llegó durante el siglo XV por los portugueses procedentes de Guinea Ecuatorial. La platanera es una planta herbácea tropical perteneciente a la familia de las musáceas (Musaceae) (Banco de Datos de Biodiversidad de Canarias, s.f.) (Figura 5); en la actualidad los cultivares más comercializados son los pertenecientes al subgrupo 'Cavendish', cultivares del grupo triploide (AAA) de *Musa acuminata*. En este subgrupo existen diferentes variedades como: gruesa palmera, brier, ricasa, palmerita tomasa, criolla, entre otros.

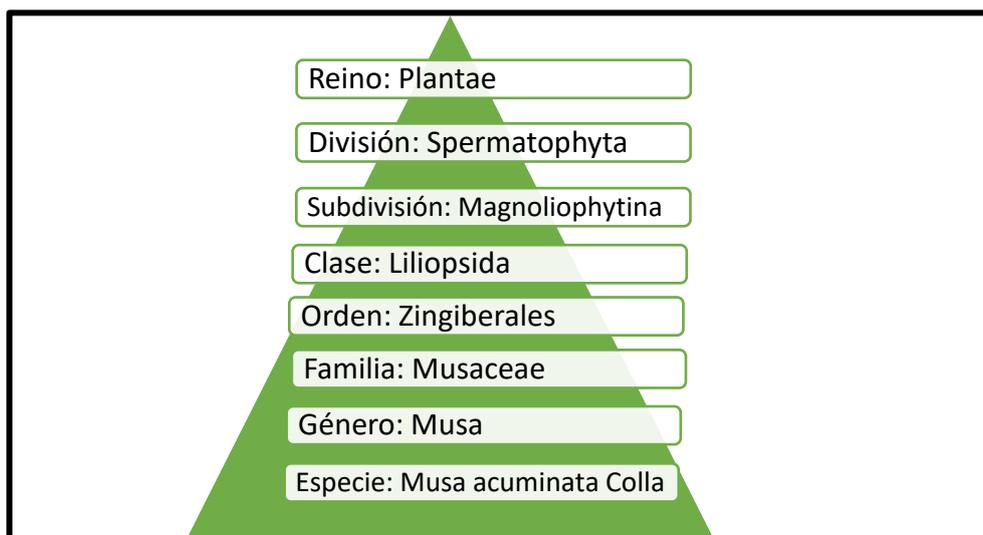


Figura 5. Clasificación taxonómica de *Musa acuminata Colla* (Banco de Datos de Biodiversidad de Canarias, s.f.)



### 3.1.2. Morfología

La platanera es un cultivo herbáceo con un biotipo arbóreo con rizoma corto y tallo aparente, ya que este tallo resulta de la unión de las vainas foliares terminando en una corona de hojas (López Sáez & Pérez Soto, 2011). Este cultivar pertenece al género *Musa*, procedente del sudeste asiático y es una planta perenne y monocotiledónea que puede alcanzar hasta los 7 metros de altura (Jardín Botánico de Santiago Prof. Eugenio de Js. Marcano, s.f.).

El rizoma o botánicamente hablando el “cormo”, es el verdadero tallo de la platanera, y este es un órgano subterráneo del cuál surge por la parte inferior el sistema radicular, donde las primeras raíces que aparecen son blanquecinas y tiernas, y según van madurando, se transforman en raíces duras y amarillentas. Sin embargo, el poder de penetración que tienen las raíces es débil, por lo que la textura y la estructura del suelo influirán en su desarrollo. De igual modo, del rizoma -por la parte superior- brota las yemas vegetativas, las cuales darán lugar al conjunto de hojas o vainas que formarán el pseudotallo (Abreu Olivo y otros, 2007).

Las hojas se forman en el punto central del meristemo terminal del rizoma y según van creciendo, se irán envolviendo las unas a las otras tomando una disposición helicoidal, de la cual, la hoja más joven emergerá del interior del pseudotallo que formará la unión de las hojas más maduras. Se caracterizan por ser hojas grandes, alargadas, un poco onduladas y de un intenso color verde. Por otro lado, la inflorescencia de la platanera parte del rizoma y emerge del centro del pseudotallo en posición vertical asomando entre la corona de hojas. Esta inflorescencia tiene forma de racimo y posee unas brácteas que cubren tanto las flores como los futuros frutos (Rodríguez Lupiáñez, 1967).

Una vez emitido el racimo la planta deja de emitir hojas, concluyendo así el ciclo de crecimiento de la planta, centrándose en la maduración del fruto, y una vez este alcanza la madurez, el tallo mure, siendo reemplazado por los “hijos” o “chupones” que se encuentran en el ñame o rizoma de la planta madre (Abreu Olivo y otros, 2007).

Por último, la reproducción de la platanera sólo es viable a través de la propagación vegetativa donde del “ñame” brotan los “hijos” formando las nuevas plántulas, las cuales una vez alcanzado cierto tamaño podrán realizar su ciclo de crecimiento y producción independientemente de la planta madre (Abreu Olivo y otros, 2007)(Figura 6).

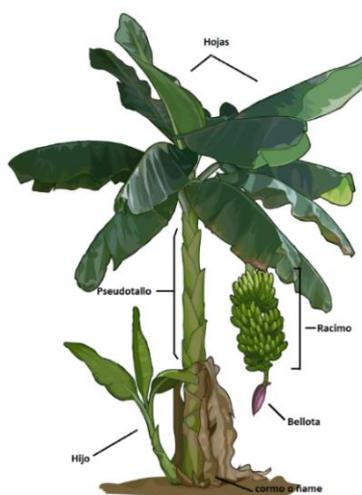


Figura 6. Partes de la platanera. Fuente: Gobierno de Canarias. Coautor: citación de partes por Aroa Pino.



### 3.1.3. Condiciones ambientales

Las plataneras son un cultivo tropical – subtropical que necesitan unas condiciones específicas para su desarrollo óptimo. La platanera (*Musa acuminata Colla, AAA*) requiere de un clima cálido, con una alta humedad ambiental y temperaturas que oscilen entre los 26 – 27°C.

-Temperatura: es el factor más limitante para el desarrollo óptimo de la platanera, ya que a temperaturas inferiores a los 13 – 16°C interrumpe su crecimiento vegetativo, mientras que a temperaturas superiores a los 38°C la planta sufre estrés y comienza a marchitarse; es por ello por lo que su temperatura óptima oscila entre los 26 – 27°C (Lahav, 1983).

-Humedad y precipitación: en el suelo la humedad debe ser constante y alta (entorno al 50%) para obtener buenas producciones; los requerimientos de agua en la platanera son altos debido a su naturaleza herbácea, ya que el 80 – 85% de su peso está constituido por agua. Sin embargo, un suelo poco drenado y con una excesiva humedad puede provocar el ataque de diferentes organismos patógenos (Álvarez y otros, 1981). Por otro lado, las precipitaciones anuales para la platanera oscilan entre los 1200 – 2500 mm, serían unos 100 – 200 mm por mes.

-Luz: para este cultivo las condiciones de iluminación pueden variar de forma moderada sin que afecte directamente a su crecimiento, una reducción de luz no interrumpe el nacimiento de hojas nuevas ni el desarrollo de estas, pero sí puede alargar el ciclo vegetativo (Nogueroles Andreu, 2012).

-Viento: es un factor para tener en cuenta a la hora de implantar una explotación, puesto que unas velocidades superiores a los 30 – 40 km/h pueden ocasionar graves daños en las hojas y en su sistema radicular superficial (Pérez Almeida, 2003). No obstante, en plantas del género *Musa* los vientos moderados pueden tener un efecto positivo en la eficiencia de la fotosíntesis ya que al desgarrar las hojas facilita la absorción de agua y en días de alta radiación disminuye la intensidad del calor (Taylor & Sexton, 1972).

### 3.1.4. Necesidades nutricionales

La platanera (*Musa acuminata Colla, AAA*) necesita para su correcto desarrollo suelos porosos, aireados y con un buen drenaje, con una granulometría franco – arcillosa (Nogueroles y otros, 2014). Respecto al pH del suelo para el cultivo de esta herbácea tiene su mayor desarrollo en suelos ligeramente ácidos o neutros, con pH que oscilan entre los 6,5 y 7,5 (García y otros, 1977).

La concentración de sales, como en muchos cultivos, debe ser menor de 2,0 dS/m (Nogueroles Andreu, 2012), no obstante, la platanera ha mostrado una gran tolerancia respecto a este factor (Fernández Caldas & Fernández-Trujillo Martínez, 1962).

La materia orgánica se recomienda que sea superior al 2% debido a que esta permite controlar y/o prevenir patógenos como son los nemátodos (López Cepero & Puerta, 2014).

Los macronutrientes más importantes para los requerimientos nutricionales de la platanera son el nitrógeno, el potasio y en menor medida el fósforo. El nitrógeno es un componente esencial para el crecimiento y desarrollo del cultivo platanero, no obstante, es un elemento muy lavable siendo los valores en suelo bajos, por lo que se recurren a diferentes fertilizantes, pero el empleo de estos fertilizantes puede incrementar los valores de otros elementos como son el K, Na, Ca y Mg solubles (Fernández Falcón & Fox, 1985). El nitrógeno debe encontrarse entre los valores de 2,40 – 2,8% en las hojas.

El potasio, a diferencia del nitrógeno, tiene un alto contenido natural en los suelos canarios debido a la naturaleza volcánica de las islas. Su proporción en el suelo es de 200 – 350 ppm, mientras que en las hojas se encuentra entre los valores de 2,9 – 4% (Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, 2003).



El fósforo es el macronutriente que menos exigencias presenta la platanera, se suelen emplear suelos con contenidos de 200 – 600 ppm (Álvarez y otros, Chemical Fertility of Banana Soils of Tenerife Island (Canary Islands), 1999), pero este elemento en las hojas se encuentra entre los 0,11 – 0,22% de contenido de fósforo.

El sodio es un elemento para tener en cuenta ya que concentraciones superiores a los 2 – 3 cmol/kg puede ser un inconveniente para el desarrollo del cultivo, y, además, la mala calidad de las aguas de riego puede incrementar considerablemente el contenido de sodio en el suelo.

Los niveles foliares recomendados para platanera (Pérez Rodríguez, 2010) son:

Elementos	Nivel adecuado (%)	Elementos	Nivel adecuado (ppm)
N	2,4-2,8	Na	<1000
P	0,18-0,22	Fe	>150
K	2,9-4,0	Zn	20-25
Ca	1,0-1,7	Mn	>80
Mg	0,3-0,5	Cu	7-10
K/Na		>5,7	
K/N		1,2-1,4	
K/(Ca+Mg)		1,8-2,2	

Figura 7. Niveles foliares recomendados para platanera. (Pérez Rodríguez, 2010).

### 3.1.5. Fitopatología y manejo

En la platanera existen diferentes tipos de plagas y de enfermedades, siendo las siguientes:

-Araña roja (*Tetranychus urticae* Koch): este ácaro se alimenta de la savia de la planta y suele encontrarse en el envés de las hojas cerca de la zona del nervio central. Generalmente no afecta a la producción, pero cuando existe un exceso de nitrógeno acompañado de altas temperaturas y una humedad ambiente baja los podemos encontrar en los racimos observando en los vagos de los plátanos unas zonas de color blanquecinas plateadas (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2016).

-Cochinilla de la platanera (*Dysmicoccus grassii* Leonardi): en la isla de La Palma este insecto es conocido como “pulgón blanco”. Este provoca daños indirectos a las cosechas debido a la melaza que producen favoreciendo el desarrollo de la negrilla en el tallo del racimo y entre los dedos (Hernández C. M., 2005).

-Lagarta (*Chrysodeixis chalcites* Esper; *Spodoptera litoralis* Biosduval): se trata de un pequeño insecto que daña las plantas por alimentarse de la savia de estas. Este individuo cuando llega al racimo provoca una serie de heridas que dañan el fruto e imposibilita su comercialización (Hernández C. M., 2005).

-Picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar): se trata de un escarabajo cuyo daño se ve localizado en la zona del cormo. Estos realizan galerías en su interior cuando son larvas debilitando el sistema radicular y desestabilizando la planta (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2016).

-Mosca blanca (*Aleurodicus dispersus* Russel): es conocida por las espirales blancas que forman en los envés de las hojas, estas espirales son las puestas de sus huevas. Las poblaciones de la mosca blanca aumentan en el verano por altas humedades y temperaturas. Estos insectos producen melaza y borras algodonosas que facilitan la aparición de la negrilla dificultando la realización de la fotosíntesis (Hernández C. M., 2005).

-Pulgón negro y marrón (*Aphis gossypii* Glover; *Pentalonia nigronervosa* Coquerel): estos suelen aparecer sobre todo en primavera y otoño ya que presentan temperaturas altas y humedades bajas. Estos insectos se localizan en la cogollada de la planta, en el envés de las hojas y en plantas jóvenes. El pulgón raramente ataca el racimo, se alimentan de la savia de la planta, pero el



problema que presentan es que al segregar melaza fomenta la aparición de la negrilla (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2016).

-Trips del racimo (*Hercinotrips femoralis* Reuter) y trips de las flores (*Thrips florum* Schmutz): estos son pequeños insectos que producen los daños directamente en el racimo ya que al raspar la epidermis del fruto dejan un plateado con pequeños puntos negros que imposibilitan la comercialización del producto (Hernández C. M., 2005).

-El Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f.sp cubense): este es el hongo más virulento que afecta a la platanera ya que este penetra dentro de la raíz provocando la obstrucción de los vasos conductores de la savia impidiendo que los nutrientes y el agua circule dentro de la planta (López Cepero & Puerta, 2014).

-Punta de Cigarro (*Musicillium (Verticillium) theobromae (Turconi) Zare & W. Gams*): se trata de otro hongo, pero este ataca a los dedos de los racimos; los primeros síntomas aparecen en frutos inmaduros que al realizar el corte de la flor de forma errónea permite entrar al hongo creando una necrosis que avanza de la punta de los dedos hacia el interior del racimo.

En Canarias, la platanera ocupa una superficie de 8.891,2 ha de las cuales son manejadas al aire libre un total de 5.541,2 ha y bajo invernaderos un total de 3350 ha (ISTAC, 2022). El empleo de invernadero favorece un aumento de temperatura durante el invierno, protección contra fenómenos atmosféricos adversos (vientos, granizos,...), la reducción del consumo hídrico, mayor tamaño en los racimos de fruta, hasta un 62% más de peso, y entre otras, el poder limitar el acceso a plagas y enfermedades, se crea un ambiente libre de agentes externos.

### 3.2. El cultivo del plátano en Canarias y La Palma

Las primeras plataneras llegaron a Canarias en el siglo XV, procedentes del sudeste asiático traídas por los expedicionarios portugueses, pero no es hasta el siglo XVI cuando este cultivo se aclimata y se asienta en las islas, siendo un producto muy apreciado entre sus habitantes y comenzando los ingleses a mostrar interés en el plátano, fomentando que a finales del siglo XIX los ingleses impulsaran la comercialización entre Inglaterra y Canarias (Platania, s.f.).

La explotación del plátano durante su expansión por las islas y la mejora en las labores culturales provocó que este cultivo se convirtiera en uno de los principales pilares de la economía canaria, siendo las primeras exportaciones de Canarias a Inglaterra y más tarde a la Península Ibérica (Pérez Almeida, 2003).

Durante el siglo XX y hasta la actualidad el cultivo del plátano en las Islas Canarias ha aumentado hasta alcanzar las 9.148,2 hectáreas actuales. Existen registros de la producción del plátano desde el año 1939 donde se observa en dicho año una producción de 107.327 toneladas (Gobierno de Canarias, s.f.) cantidad que ha ido aumentando progresivamente con el transcurso de los años, alcanzando una cifra de 148.658 toneladas. Dada la importancia que estaba adquiriendo el plátano en Canarias la Consejería de Agricultura del Gobierno de Canarias comenzó en el año 2011 a tramitar la inscripción del plátano cultivado en las Islas Canarias como Indicación Geográfica Protegida (IGP) concediendo el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, el 7 de mayo del 2011 (Gobierno de Canarias, s.f.).

El plátano es cultivado principalmente en cinco de las ocho Islas Canarias, siendo la de mayor producción la isla de Tenerife con una superficie de 4.060,9 ha, seguida por la isla de La Palma con 3.032,2 ha cultivadas. Después en menor superficie están Gran Canaria (1.827 ha), La Gomera (168,9 ha) y El Hierro (59,2 ha) (ISTAC, 2023). Respecto a la isla de La Palma el dato sobre la superficie cultivada ha sufrido una disminución, debido a que tras la erupción volcánica que tuvo lugar en la isla el pasado 19 de septiembre de 2021 afectó a 365 hectáreas, de las cuáles el 60% era de platanera, el 15% de viñas y el 16% de aguacates, por lo que 219 hectáreas quedaron



sepultadas por la lava del volcán Tajogaite, quedando actualmente con 2.813,2 ha cultivadas de plátano (Hernández I. A., 2023).

Las principales variedades cultivadas en las Islas Canarias corresponden al grupo Cavendish, formada por un conjunto de variedades triploides (AAA) perteneciente al género y especie *Musa acuminata*, entre las que podemos encontrar variedades como: Criolla, Gruesa Palmera, Pequeña Enana, Brier, etcétera (CULTESA, 2023).

### 3.3. Erupción de La Palma (afectación en cultivos e infraestructuras)

La erupción del volcán Tajogaite que tuvo lugar en La Palma supuso un gran impacto tanto a nivel orográfico, como emocional y económico en la isla de La Palma. El transcurso de la lava del volcán por las laderas de la vertiente oeste de la cumbre provocó numerosas pérdidas tanto en viviendas, como en infraestructuras públicas (red eléctrica, red hídrica, vías...), como en zonas dedicadas a la agricultura alcanzando una superficie total de 1.222 hectáreas. Esto supuso una paralización en el sector primario, afectando principalmente el sector agrario -uno de los principales motores de la economía de la isla- así como empresas locales y autónomos (Gobierno de España, Gobierno de Canarias, Cabildo de La Palma, Ayuntamientos de Los Llanos de Aridane, El Paso y Tazacorte, 2022).

Los ríos de lava no sólo afectaron al terreno que iba devorando a su paso, sino que también de forma indirecta afectó a la vertiente sur de la isla, dejando incomunicado los barrios de El Remo y Puerto Naos (Figura 8), pertenecientes al municipio de Los Llanos de Aridane, y al barrio de La Bombilla, perteneciente al municipio de Tazacorte.



Figura 8. Barrio de Puerto Naos evacuado. Fuente: Publicación de eldiario.es. Autor: Alejandro Ramos

De igual modo, de las 2.813,2 ha en producción, casi 300 hectáreas de ellas se quedaron sin red hídrica y otras 1.500 hectáreas tuvieron mermas en su producción debido a la ceniza. Esto se traduce en grandes pérdidas económicas para el sector, ya que durante el año 2021 la isla comercializó 131.963 toneladas de fruta lo que significa unos ingresos superiores a los 115.000 millones de euros, mientras que este pasado año 2022 la isla de La Palma solo comercializó 77.104 toneladas, lo que suponen unas pérdidas económicas de más de 50.000 millones de euros para el sector.

### 3.4. Problemática con la ceniza en campo



La ceniza ha supuesto otra problemática en el sector del plátano, debido a que la lluvia constante de estas pequeñas partículas durante la fase eruptiva del volcán provocó la caída de invernaderos (Figura 9), consecuencia que tuvo lugar debido al peso ejercido por la acumulación de ceniza sobre los techos. (Figura 10).



Figura 9. Efecto del volcán de La Palma en los invernaderos. Fuente: Consejería de Agricultura del Gobierno de Canarias.

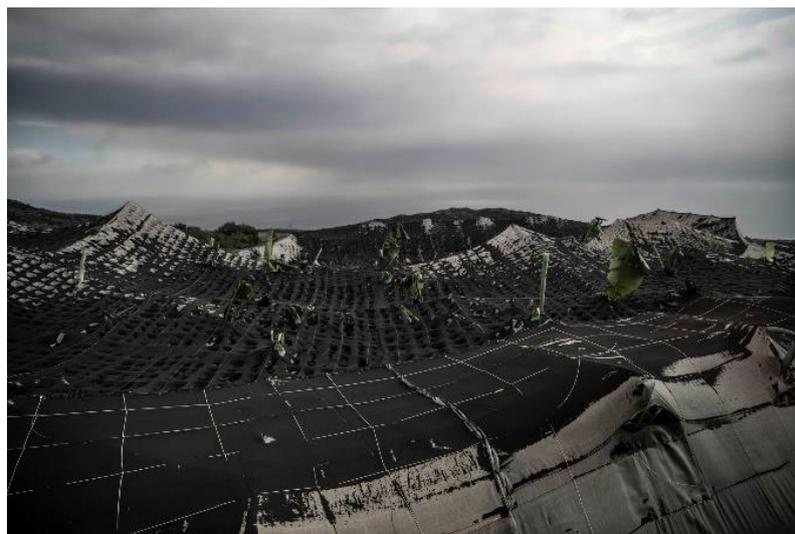


Figura 10. Invernadero cubierto de ceniza en La Palma. Fuente: Periódico El País. Autor: Álvaro García.

Esta lluvia de ceniza no solo afectó a las infraestructuras, sino también ocasionó diversos inconvenientes en el desarrollo de la platanera, dado que la acumulación de ceniza en la cogollada de estas impedía que la bellota emergiera del interior del pseudotallo, provocando un engrosamiento en él (Figura 11).



Figura 11. Bellota obstruida a consecuencia de la ceniza (zona de exclusión). Autora: Aroa Pino.

Además, la piña de plátanos que se encontraba colgada en la planta al irse llenando el fruto, para alcanzar el grano de llenado adecuado de corte, sufría rozaduras en la piel dejándolo con arañazos de color oscuro que dificultaba su comercialización, pero no su calidad como fruto (ASPROCAN, 2023) (Figura 12).

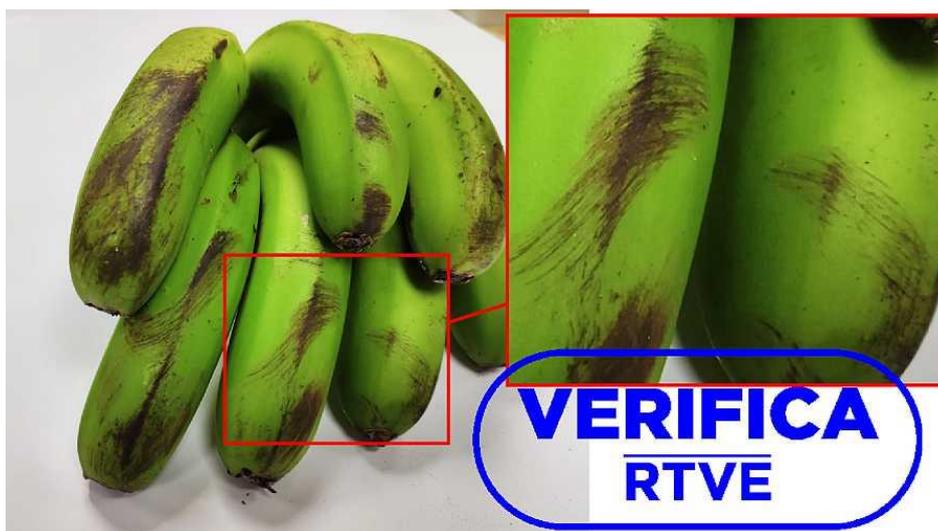


Figura 12. Efectos de la ceniza en los plátanos de La Palma. Fuentes: ASPROCAN y RTVE.es

### 3.5. Antecedentes: estudios previos

El volcán Masaya de Nicaragua supuso un cambio en la agricultura del país, ya que las persistentes emisiones de gases procedentes del volcán tienen efectos negativos sobre la vida de las plantas dificultando su desarrollo. De igual modo, la ciudadanía local de Nicaragua tuvo varias iniciativas para combatir el efecto negativo de estas emisiones volcánicas para la agricultura, durante la década de los 70 (1970) los agricultores que vivían cerca del volcán comenzaron a cultivar pitahayas ya que había observado que se adaptaban bastante bien a las condiciones del lugar. De igual modo, durante la década de los 90 (1990) realizaron experimentos con la *Yucca gigantea* (espadillo), generando filtros verdes o vegetales para proteger las plantas de café de las emisiones del volcán. No obstante, varios agricultores locales



señalaron que cultivos como la pitahaya y la piña crecían mejor en las zonas afectadas por el volcán debido a que el empleo de fertilizantes era menor o nulo (Francis y otros, 2018).

La excesiva cantidad de ceniza del monte St. Helens, sobre los cultivos del este de Washington ocasionó pérdidas de casi los 100 millones de dólares, pero algunos cultivos como el trigo, la patata y los manzanos se vieron beneficiados a raíz de la lluvia de ceniza puesto que se dieron las condiciones favorables para el desarrollo de estos cultivos. No obstante, la ceniza tuvo más inconvenientes que beneficios, los costes de producción se incrementaron, siendo necesarias las reparaciones de maquinaria, mayores labranzas en suelos, pues la ceniza dificultaba la infiltración del agua, además la ceniza también perjudicó en gran medida la realización de la fotosíntesis de las plantas, además de perjudicar en gran medida a las abejas y saltamontes. Finalmente, el estado nutricional de los suelos no varió mucho ya que las concentraciones de los elementos que aporta la ceniza eran muy bajas (Cook, 1981).

En el caso de la erupción del volcán de Tajogaite de 2021, se han realizado otros dos estudios (planteados al mismo tiempo que el presente) sobre los posibles efectos de la ceniza sobre la platanera. Curbelo-Cruz (2023) estudió los efectos de la aplicación de ceniza sobre plántulas de plataneras (cuatro por tratamiento) previamente tratadas con el biofertilizante SEFEL, no detectando cambios en los parámetros de crecimiento de las mismas. Por su parte, González-Hernández (2023) estudió los efectos de la interacción de la aplicación de ceniza volcánica al suelo con dos tipos de agua de riego (agua del canal del Norte de Tenerife y dicha agua desalada con un aparato doméstico de ósmosis inversa) sobre el crecimiento y la composición mineral de plantas adultas de platanera de 2º ciclo (6 plantas por tratamiento) cultivadas en contenedores de suelo de 300 l. de capacidad. Sus resultados indicaron que la aplicación de ceniza al suelo, en plantas regadas con agua sin desalar, se tradujo en un mayor número de hojas presentes en las plantas, mayores niveles de nitrógeno y hierro foliar y menores niveles de sodio.





## 4. Material y métodos

### 4.1. Aspectos generales

La experimentación se llevó a cabo en un invernadero de cristal perteneciente a la Sección de Ingeniería Agraria de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de la Universidad de La Laguna. Previamente al establecimiento del ensayo hubo que acondicionar el invernadero, que llevaba sin ser utilizado varios años, procediendo a la sustitución de su sistema de riego y la reparación de desperfectos. La toma de datos morfológicos de las plantas se inició en marzo de 2022 y se prolongó durante 5 meses, hasta julio de 2022.

Las analíticas de suelos, cenizas y muestras foliares se realizaron en las instalaciones del Instituto de Productos Naturales y Agrobiología (IPNA-CSIC), bajo la dirección de la Dra. Mercedes Hernández González.

### 4.2. Materiales empleados

#### 4.2.1. Suelo

Se ha utilizado el suelo proporcionado por la Sección de Ingeniería Agrícola y del Medio Rural de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería (EPSI) de la Universidad de La Laguna (ULL) obtenido de la finca "Tahonilla Alta". Tras el estudio cualitativo del suelo se define como franco – arcilloso, siendo un suelo bastante aireado y de fácil drenaje; lo que facilitará la retención del agua necesaria para el desarrollo de la planta. Las principales características del suelo de partida se exponen en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultado del análisis del sustrato inicial realizado por el IPNA-CSIC

Elemento	Valor
pH	8,1
% M.O	2,0
P2O5 (ppm)	186
Ca (meq/100gr)	7,1
Mg (meq/100gr)	7,3
K (meq/100gr)	2,5
Na (meq/100gr)	1,6
C.E. (mS/cm)	1,5
% Saturado	34

#### 4.2.2. Ceniza volcánica

Las cenizas del volcán de Tajogaite, erupción de 2021, denominadas así estas partículas para simplificar, ya que realmente hacemos alusión a los piroclastos de granulometría diversa, con partículas mayores y menores de 2 mm, fue usada como tratamiento en el suelo y en la parte aérea de la planta. La localización exacta, así como su cronología en la erupción, es desconocida, por lo que no podemos geolocalizar el emplazamiento de esta. La ceniza fue analizada químicamente y se le realizó un análisis granulométrico (Tabla 2 y Tabla 3).



Tabla 2. Resultado análisis químico de la ceniza usada realizado en el IPNA-CSIC

Elemento	Valor
S [ppm]	352
Cd [ppm]	356
Pb [ppm]	1692
Co [ppm]	231
Ni [ppm]	446
Mo [ppm]	85
Cu [ppm]	111
Mn [ppm]	694
Zn [ppm]	26
Cr [ppm]	1552
Al [%]	3,4
Ca [%]	2,35
K [%]	0,81
Mg [%]	1,58
Na [%]	1,5
P [%]	0,27
B [%]	1,3
Fe [%]	3,6

Tabla 3. Resultado análisis granulométrico realizado a la ceniza

Tamaño Tamiz (mm)	Cantidad retenida (g)	Cantidad que atraviesa el tamiz (%)
5	0	100
2,5	2	99,5
1	65	84,5
0,5	179	42,9
0,25	126	13,7
0,1	54	1,2
0	5	0,0
<b>TOTAL</b>	431	

La composición química de la ceniza nos indica que nos encontramos frente a un material que aporta nutrientes necesarios para el desarrollo vegetativo, tales como el calcio o el magnesio. Además, nos encontramos con una textura granulométrica de arena, al tener la mayor parte de sus elementos entre 0,25 y 1 mm de grosor (Figura 13).

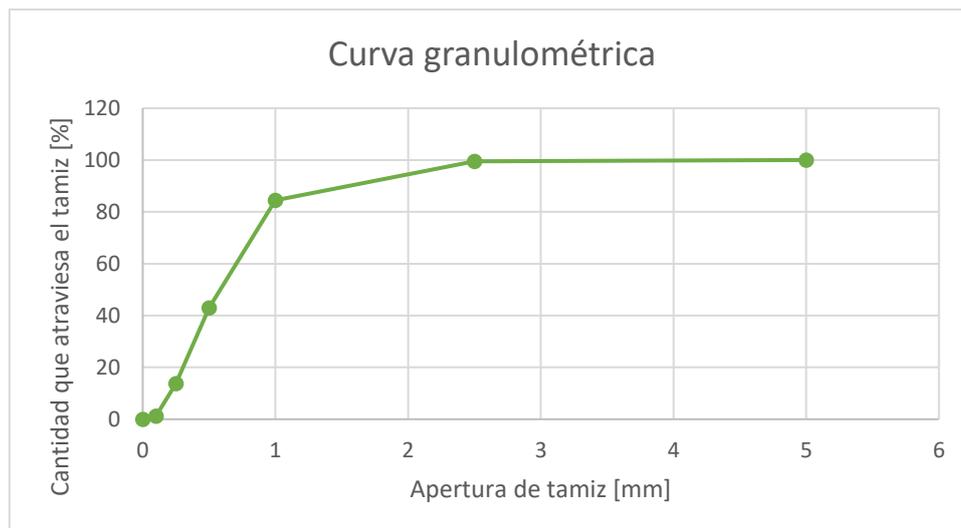


Figura 13. Curva granulométrica de la ceniza usada.

#### 4.2.3. Agua de riego

Para el riego en este ensayo se ha utilizado el agua agrícola procedente del canal del norte de Tenerife disponible para el riego en la Sección de Ingeniería Agraria. Se trata de un agua bicarbonatada de pH fuertemente alcalino y alto contenido de sodio (Tabla 4).

Tabla 4. Resultado análisis del agua usada para regar, proveniente del canal del norte de Tenerife (concentración de cationes y aniones en mg/l)

<b>CE [<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>]</b>	1062
<b>pH</b>	9'0
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	12
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	57
<b>Na<sup>+</sup></b>	110
<b>K<sup>+</sup></b>	27
<b>CO<sub>3</sub><sup>=</sup></b>	51
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	482
<b>SO<sub>4</sub><sup>=</sup></b>	12
<b>Cl<sup>-</sup></b>	32
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	0'20
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	0'12
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	0'59
<b>F<sup>-</sup></b>	0'01



#### 4.2.4. Material vegetal

Se han empleado 80 plantas en macetas de 1L de platanera que han sido suministradas por Cultivos y Tecnología Agraria de Tenerife, S.A (CULTESA), tratándose de la especie registrada (CULTESA, 2013) como Gruesa Palmera® el 28 de marzo de 2022 (*Musa acuminata* AAA var. Cavendish) (Figura 14).



Figura 14. *Musa acuminata* Colla AAA var. Cavendish dispuesta en el ensayo. Autora: Aroa Pino.

#### 4.2.5. Fertilizante

El fertilizante que se ha usado en este trabajo consiste en un abono compuesto NPK 20-20-20 con micronutrientes, totalmente soluble para favorecer el crecimiento vegetativo, la consistencia de los brotes y la maduración de los frutos. A continuación, se detalla la composición de este producto que aparece en el envase (Tabla 5).

Tabla 5. Composición fertilizante NPK 20-20-20

Elemento	Porcentaje
<b>Nitrógeno (N) total:</b>	20%
<b>Nitrógeno (N) ureico:</b>	20%
<b>Pentóxido de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) soluble en agua y citrato amónico neutro</b>	20%
<b>Pentóxido de fosforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) soluble en agua</b>	20%
<b>Óxido de potasio (K<sub>2</sub>O) soluble en agua</b>	20%
<b>Boro (B) soluble en agua</b>	0,02%
<b>Manganeso (Mn) soluble en agua</b>	0,05%
<b>Molibdeno (Mo) soluble en agua</b>	0,005%
<b>Zinc (Zn) soluble en agua</b>	0,05%
<b>Pobre en cloruros</b>	



Para el aporte de calcio (Ca) se ha empleado yeso agrícola (selenita). Este producto es poco soluble y está compuesto principalmente por azufre (S) y calcio (Ca). Es un producto libre de cloro y sodio, por lo que es ideal para mantener baja las condiciones de salinidad. El empleo de este producto principalmente es para corregir las deficiencias que tenga la planta de calcio.

### 4.3. Diseño experimental

El invernadero donde se realizó el ensayo es de cristal está dotado de dos mesas de 12 metros de largo por 2 metros de ancho y en cada mesa hay instaladas dos líneas de riego por goteo automatizado y sectorizado. En cada mesa de trabajo se han situado 40 plantas, 20 plantas por línea con una separación entre ellas de 0,6 metros (Figura 15).

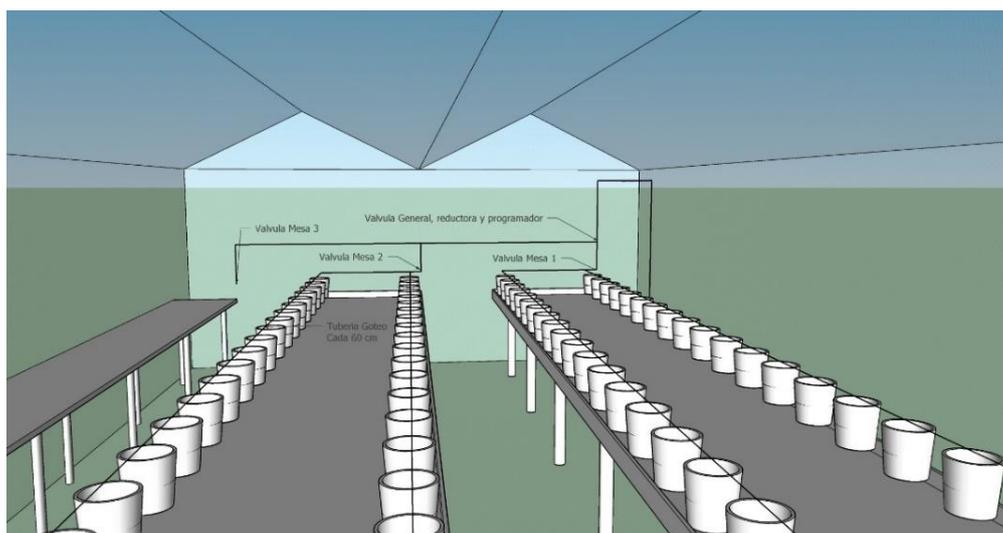


Figura 15. Distribución de las macetas en las mesas. Elaboración propia.

Este experimento tiene un diseño en bloques al azar (Fernández Escobar et al. 2010) que consiste en cuatro tratamientos (T1, T2, T3, T4), estos tratamientos están repartidos en 20 bloques y todas las plantas que conforman el experimento se han abonado con fertilizante NPK 20-20-20 y selenita, ambos descritos anteriormente.

Las macetas de 5L se han regado con una frecuencia semanal repartiendo los riegos en 3 – 4 turnos dependiendo de las condiciones climáticas y de las necesidades de las plantas, fertilizando con el complejo 20-20-20 (saco de 25 kg) aportando 35 gramos/planta en 2 de los tres riegos, para así aportarle en la siguiente regada 500 ml/planta de Calcinit 15,5% (Tabla 6).



Tabla 6. Cálculos de dosis de riego y abono semanal.

Concepto	Unidad	Porcentaje
Riego	l/h	3,3
Horas de riego semana	h	10,5
Riego semanal	l/semana	34,65
Abono 19-19-19 total	gr	2772
Abono 19-19-19 por planta	gr	34,65
Calcinit 15.5% total	gr	20
Calcinit 15.5% por planta	gr	0,25
<b>Concentración y aplicación líquida</b>		
Concentración	gr/l	69,3
Líquido abono	ml	40000
Aplicación por planta abono	ml	500
Concentración Calcinit	gr/l	2,5
Concentrado líquido Calcinit	ml	8000,0
Aplicación por planta Calcinit	ml	100,00

Respecto a los tratamientos, se describen a continuación:

**T1 (S:0; P:0):** Tratamiento control – sin ceniza sobre el suelo y sin ceniza sobre la planta.

**T2 (S:1; P:0):** Tratamiento suelo con ceniza (2 cm), planta sin ceniza.

**T3 (S:0; P:1):** Tratamiento suelo sin ceniza, planta con ceniza (50 – 80 gramos/planta).

**T4 (S:1; P:1):** Tratamiento suelo con ceniza (2 cm), planta con ceniza (50 – 80 gramos/planta).  
(Ver Tabla 7; Figura 16).

Tabla 7. Tratamientos obtenidos para el ensayo.

	Suelo Sin Ceniza	Suelo Con Ceniza
Planta Sin Ceniza	T1 (S:0; P:0)	T2 (S:1; P:0)
Planta Con Ceniza	T3 (S:0; P:1)	T4 (S:1; P:1)



Figura 16. Identificación de los diferentes tratamientos (T1; T2; T3; T4). Autor: Aroa Pino.

Los valores de temperatura y humedad relativa medias durante el ensayo se referencian en los Figura 17 y Figura 18.

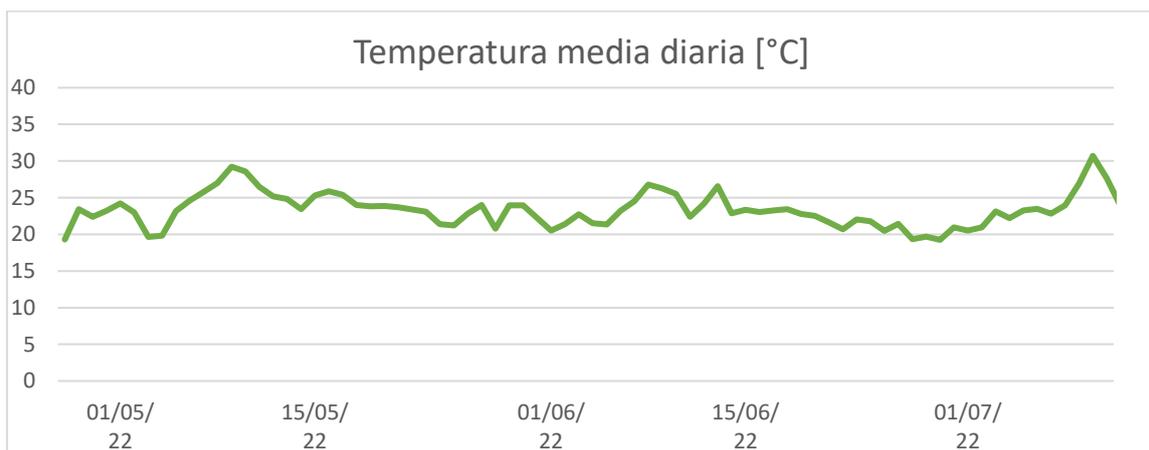


Figura 17. Temperaturas medias durante la duración del ensayo

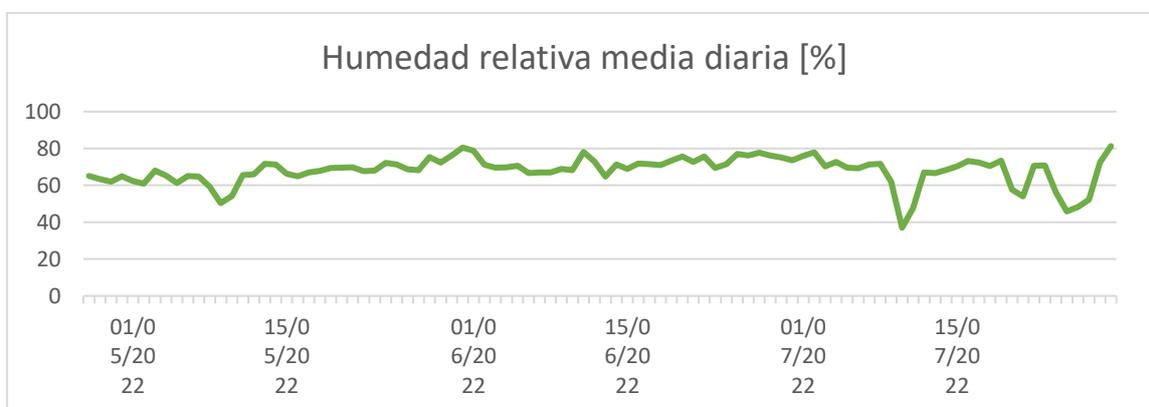


Figura 18. Humedades relativas diarias durante la duración del ensayo



#### 4.4. Instalación del ensayo

En este ensayo se emplearon 80 plantas dispuestas en 4 líneas de 20 ejemplares cada una, con una separación entre línea de 1 m y entre maceta de 0,60 m. Como las macetas empleadas son recicladas de otros ensayos, se procedió a desinfectarlas con lejía y agua (Figura 19).



Figura 19. Desinfección de las macetas de 5L usadas en el ensayo. Autora: Aroa Pino.

Una vez desinfectadas, se colocaron en el invernadero de cristal para que las macetas se secan bien antes de realizar el trasplante de las plantas, y así asegurarnos de que no quedarán restos (Figura 20).



Figura 20. Colocación de macetas en el invernadero. Autora: Aroa Pino.

El sustrato empleado se analizó previamente y para garantizar un buen drenaje en la base de las macetas se colocó unos 3 centímetros de piedras de diversa granulometría. Se establecieron 10 bloques de cuatro tratamientos cada uno (T1, T2, T3, T4) (Figura 14), para finalmente quedarnos con 5 bloques, es decir, 20 plantas, teniendo un conjunto de 4 plantas por tratamiento. La enumeración de las plantas es: Mesa 1: primera línea tiene las plantas enumeradas de la 1 a la 20 y la segunda línea de la 21 a la 40; mientras que la Mesa 2 la primera línea va de la 41 a la 60 y la segunda línea de la 61 a la 80 (Figura 21).



Figura 21 Las plantas sembradas y enumeradas. Autora: Aroa Pino.

El riego será localizado y para ello previamente se calculó en número de goteros necesarios por maceta, siendo 1 gotero/planta, teniendo así una única línea de riego por cada fila de ensayo terminando cada una de ellas ciegas (Figura 22).



Figura 22. Instalación del riego en el invernadero. Autora: Aroa Pino.

Antes de comenzar con las abonadas y los riegos, se comprobó que todas las plantas recibían la misma cantidad de agua y para ello se empleó el método de cálculo del Coeficiente de Uniformidad (Abelardo Villavicencio, 2021) que consiste en tomar datos de una subunidad representativa de todo el sistema de riego, eligiendo aquel emisor más cercano y el más lejano del punto inicial de riego. En nuestro caso como se trata de 4 líneas independientes se procedió a colocar un recipiente en todos los emisores de la primera mesa (1 – 20; 21 – 40) recogiendo así el agua pasado 1 minuto. Después en la segunda mesa (41 – 60; 61 – 80) se procedió de igual modo, recogiendo el agua transcurrido 1 minuto (Tablas 8 y 9). Los materiales empleados para realizar el cálculo del Coeficiente de Uniformidad (CU) fueron: 20 recipientes, una probeta (para medir el volumen del agua recogido transcurrido 1 minuto) y un cronómetro (Figura 23).



Tabla 8. Datos del Coeficiente de Uniformidad (CU) mesa 1 (1 – 40)

Nº de planta	ml de agua	Nº de planta	ml de agua
1	38	21	39
2	37	22	38
3	38	23	38
4	37	24	38
5	36	25	38
6	37	26	37
7	39	27	40
8	38	28	36
9	38	29	38
10	38	30	39
11	37	31	39
12	36	32	37
13	38	33	38
14	40	34	40
15	39	35	39
16	40	36	41
17	40	37	39
18	39	38	39
19	42	39	39
20	39	40	33



Figura 23. Materiales empleados en las mediciones. Autora: Aroa Pino.



Tabla 9. Datos del Coeficiente de Uniformidad (CU) mesa 2 (41 – 80).

Nº de planta	ml de agua	Nº de planta	ml de agua
41	39	61	37
42	39	62	40
43	39	63	37
44	39	64	37
45	37	65	40
46	38	66	36
47	37	67	39
48	36	68	36
49	37	69	38
50	39	70	37
51	40	71	36
52	39	72	39
53	39	73	37
54	38	74	38
55	38	75	44
56	38	76	39
57	37	77	38
58	40	78	39
59	31	79	37
60	33	80	37

Con los datos tomados se inician los cálculos y para ello se ordenan los datos de menor a mayor para cada línea, se calcula el promedio de cada una de ellas y finalmente se aplica la fórmula del Coeficiente de Uniformidad (CU) que es:

$$CU = \left( \frac{q_{25\%}}{q_{med}} \right) \times 100$$

Los resultados obtenidos muestran un Coeficiente de Uniformidad por línea mayores del 90%, no obstante, al calcularlo en conjunto vemos como esa uniformidad disminuye hasta un 89,76%, pero sigue siendo un valor bueno (Tabla 10 y Tabla 11).



Tabla 10. Funcionamiento del sistema de riego según CU.

Funcionamiento	Coefficiente de Uniformidad (CU)
<b>Excelente</b>	>90%
<b>Bueno</b>	80-90%
<b>Aceptable</b>	70-80%
<b>No se acepta</b>	<70%

Tabla 11. Resultados CU (%) del sistema de riego localizado.

Número de planta	Coefficiente de Uniformidad (CU)
<b>1-80</b>	<b>89,76%</b>
<b>1-80 (ajustado)</b>	<b>91,92%</b>
<b>1-20</b>	<b>95,74%</b>
<b>1-20 (ajustado)</b>	<b>96,80%</b>
<b>21-40</b>	<b>95,42%</b>
<b>21-40 (ajustado)</b>	<b>97,25%</b>
<b>41-60</b>	<b>93,40%</b>
<b>41-60 (ajustado)</b>	<b>95,45%</b>
<b>61-80</b>	<b>95,93%</b>
<b>61-80 (ajustado)</b>	<b>96,92%</b>

Una vez clara la distribución de la platanera y comprobado que el riego se realiza de forma homogénea, se realiza un control biométrico del avance de las plantas durante los 3 próximos meses que dura el ensayo (abril – junio).

#### 4.5. Toma de datos

Los datos biométricos recogidos en el ensayo corresponden a la altura, perímetro del tallo, número de hojas emitidas y número de hijos. Para el estudio de la altura se ha utilizado un metro, este se posiciona en la base del pseudotallo de la planta llegando hasta la “V” que forma la unión de las dos últimas hojas (Figura 24).



Figura 24. Procedimiento de medida de altura de las plantas. Autora: Aroa Pino.

Para realizar la medida del perímetro del tallo, se utilizó el mismo metro que para la obtención de la altura de la planta, tomando la medida a 12 cm desde el suelo (Figura 25).



Figura 25. Procedimiento de medida del perímetro de las plantas. Autora: Aroa Pino.

En este trabajo también se estudió el número de hojas emitidas por la planta dado que los tratamientos T3 (ceniza planta) y T4 (ceniza planta y suelo) llevan ceniza en la cogollada de la planta al igual que en los envaines de las hojas (Figura 26).



Figura 26. Plantas tratamiento T3 y T4 con ceniza. Autora: Aroa Pino.

De igual modo, se llevó el conteo de la cantidad de hijos emitidos por cada planta en los diferentes tratamientos realizados (T1, T2, T3, T4) (Figura 27).



Figura 27. Plantas T1 (testigo) y T3 (ceniza suelo) evolución hijos. Autora: Aroa Pino.

## 4.6. Métodos analíticos

### 4.6.1. Sustrato

Los procedimientos empleados para analizar las características físicas y químicas de los sustratos se detallan a continuación:

-Textura: se utiliza el método del densímetro de Bouyoucos (Gee&Bauder, 1986) que consiste en diluir 40 gramos de muestra con 50 ml de hexametáfosfato sódico y 250 ml de agua destilada, para posteriormente agitarlo con un agitador rotatorio durante 12 horas. A continuación, se toma la lectura del hidrómetro a los 4 minutos y a las 8 horas y se mide además la temperatura en cada lectura. Finalmente, se calculan los porcentajes de arena, limo y arcilla y se determina la textura correspondiente siguiendo el triángulo de la textura.



-pH: para determinar el pH del suelo se pesa 25 gramos de suelo seco en un vaso precipitado de 100 ml; en él se agregan 50 ml de agua mQ y se agita con un agitador de vidrio hasta lograr una mezcla homogénea para esperar media hora y posteriormente leer el pH en un potenciómetro el valor número del pH. La lectura se realiza utilizando un pH-metro equipado con un electrodo de vidrio, marca Crison, digital 501.

-Pasta saturada: se pesan 250 gramos de suelo en un recipiente de 500 ml y se agrega agua destilada en pequeñas cantidades a la vez que se va mezclando con el suelo con ayuda de una espátula para que el agua sea absorbida por el suelo hasta lograr el punto de saturación (se puede observar este momento cuando al hacer un corte en la tierra con la espátula este se cierra). Se toma nota de los milímetros empleados para llegar a este punto y se deja reposar durante 24 horas. Transcurrido ese tiempo se verifica que el suelo sigue estando saturado, pero de no ser así, sería necesario añadir más agua destilada y volver a agitar la mezcla hasta llegar al punto de saturación, sumando los mililitros de agua destilada empleados con el dato anterior. Luego, se calcula el porcentaje de saturación para cada suelo.

Tras llegar al punto de saturación, se filtra la muestra con un embudo Buchner con papel de filtro y ayudado por el vacío, recogiendo el filtrado en un Erlenmeyer de Kitasato seco de 250 ml. En este filtrado se realizan las siguientes mediciones.

Conductividad eléctrica (CE): para medir la conductividad eléctrica de un suelo se debe colocar un electrodo del conductímetro directamente en el extracto de saturación de la muestra (midiendo la salinidad con un conductímetro marca Crison, modelo 522).

Cationes solubles (Na, K, Mg y Ca): se analizan los cationes directamente en el extracto de saturación de un IPC-OES Perkin Elmer Avio 500. El ICP es una técnica de análisis inorgánico elemental capaz de determinar y cuantificar la mayoría de los elementos de la tabla periódica mediante espectroscopía de plasma.

Cationes intercambiables (Ca, K, Mg, Na): su extracción se realiza utilizando una disolución de acetato amónico 1M a un pH de 7. Se utilizan 10 gramos de suelo y 50 ml de la disolución de acetato amónico, y se agita durante 5 minutos con un agitador mecánico. Los cationes se determinan a partir de la disolución obtenida mediante el uso de un espectrómetro de emisión óptima con plasma acoplado inductivamente (ICzP-OES) modelo Perkin Elmer Avio 500.

Aniones solubles (F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>): se analiza a partir del extracto de saturación obtenido de la pasta saturada a través de un cromatógrafo iónico llamado Metrohm 883 Basic IC plus (Figura 26).

-Materia orgánica: se realiza mediante la oxidación del carbono orgánico con una solución de dicromato potásico en medio ácido. En este caso, se utiliza una muestra de 1 gramo de suelo para la determinación del porcentaje de materia orgánica.

Una vez obtenido el dióxido de carbono a partir de la oxidación, se realiza una valoración por retroceso con una solución de sulfato ferroso amónico (Sal de Mohr) para determinar la cantidad de carbono oxidado. Este proceso se realiza siguiendo el método de Walkley&Black modificado por la Comisión de Métodos Analíticos del Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología "José María Albareda" ( Abadía Conte y otros, 1973).

El resultado de la valoración permite calcular la cantidad de carbono orgánico presente en la muestra de suelo, a partir de la cual se puede determinar el porcentaje de materia orgánica.

-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, fósforo disponible: se extrae del suelo utilizando bicarbonato sódico, siguiendo el método Olsen (Olsen y otros, 1954). Luego, se determina la cantidad de fósforo en el extracto utilizando un método colorimétrico a una longitud de onda de 882 nm, según el método adaptado por Watanabe y Olsen (Watanabe & Olsen, 1965) basado en el método de Murphy-Riley. La medición se realiza utilizando un espectrómetro FLUO STAR OMEGA.



-Micronutrientes asimilables (Fe, Mn, Cu, Zn): se utiliza el método de extracción con EDTA (Ácido etilendiaminotetraacético) 0.02 M en una proporción de 5 gramos de suelo en 50 ml de la solución previamente preparada. La mezcla se agita durante 2 horas y luego se filtra para obtener la solución resultante que se analiza directamente en un ICP-OES Perkin Elmer Avio 500.

#### 4.6.2. Agua

Para analizar los parámetros del agua de riego se ha empleado los siguientes métodos:

-pH y conductividad eléctrica (CE): la lectura se realiza con un pH-metro equipado con un electrodo de vidrio de la marca Crison, digital 501 (Figura 23), por el método electrométrico.

- Carbonatos y Bicarbonatos: se realiza una valoración ácido-base con el ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) como agente valorante y la fenolftaleína y el mixto (rojo de metilo – verde de Bromocresol) como indicadores (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 1993)

-Cationes ( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ , B): se miden con un ICP-OES AVIO 500 PERKIN ELMER.

-Aniones ( $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $NO_3^-$ , F): se mide en un cromatógrafo iónico 883 Basic IC plus-Metrohm.

#### 4.6.3. Foliar

Para analizar los parámetros de las muestras foliares se ha empleado los siguientes métodos:

-Nitrógeno: se utiliza el método de Kjeldahl, 1883). Se coge 0,1 gramos de cada muestra y se exponen a una digestión con ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) y un catalizador de selenio. Posteriormente, se produce una destilación con NaOH y se hace pasar por un sistema de refrigeración con una solución receptora que contiene ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) para finalmente valorar la solución con HCl 0.1%.

-Macronutrientes y micronutrientes (Na, K, Ca, P, Mn, Fe, Cu, Zn y B): se pesa 1 gramo del polvo que tenemos como resultado de moler las muestras secas y se mineralizan someténdolas a una mezcla de  $HNO_3$  y HCl en un microondas y en medio ácido se produce una digestión. El resultado obtenido se filtra a un matraz de 50 ml y se enrasa con agua mQ para así determinar estos elementos en un ICP-OES Perkin Elmer Avio 500.

### 4.7. Métodos estadísticos

Los datos obtenidos fueron analizados utilizando el módulo "Análisis de datos" del programa informático Microsoft Excel. Se utilizó un análisis de varianza de dos vías (Two-way ANOVA) con repetición. Como factor principal de variación se consideró la presencia de ceniza sobre el suelo y como factor secundario la presencia de ceniza sobre las hojas de las plantas. Para cada parámetro se estudió asimismo si la interacción entre ambos factores era significativa o no.

Los niveles de significación adoptados fueron:

ns: no significativo ( $P > 0,05$ )

\*: significativo ( $P < 0,05$ )

\*\* : muy significativo ( $P < 0,01$ )

\*\*\*: altamente significativo ( $P < 0,001$ )



Para facilitar la interpretación de los resultados, en los análisis en que se detectaron diferencias significativas, estas se marcaron con un signo (+) cuando suponían un aumento con respecto al tratamiento control (T1) o un signo (-) en caso contrario.





## 5. Resultados y discusión

### 5.1. Suelos

El análisis de la fertilidad química de los suelos de este proyecto se expone en las Tablas 12 y 13. En estos resultados obtenidos, se observa que el pH en los tratamientos con ceniza en suelo (T2 [S:1; P:0] y T4 [S:1; P:1]) presentan una disminución significativa del pH de aproximadamente 0,5 unidades (Figura 24) en comparación con los tratamientos sin ceniza en suelo (T1 [S:0; P:0] y T3 [S:0; P:1]), sin embargo, esto se tradujo en un aumento de la C.E en los tratamientos con ceniza en suelo (T2 [S:1; P:0] y T4 [S:1; P:1]) en comparación con los tratamientos sin ceniza en suelo (T1 [S:0; P:0] y T3 [S:0; P:1]).

Tabla 12. Resultados análisis de propiedades químicas del suelo. Efectos de la aplicación de ceniza sobre el suelo y/o sobre las plantas en los parámetros químicos finales del suelo. (+): aumento significativo; (-): disminución significativa. Nivel de significación: ns: no significativo; \*: significativo (P<0,05); \*\*: muy significativo (P<0,01); \*\*\*: altamente significativo (P<0,0001).

Tratamiento	pH	MO [%]	P2O5 [ppm]	CE [dS/m]
T1 - S:0; P:0	8,41	6,16	325	0,54
T2 - S:1; P:0	8,05	6,17	419	1,29
T3 - S:0; P:1	8,55	5,84	306	0,45
T4 - S:1; P:1	8,03	6,17	381	0,53
Ceniza en suelo	** (-)	ns	* (+)	*** (+)
Ceniza en planta	ns	ns	ns	*** (-)
Interacción	ns	ns	ns	ns

Tabla 13. Cationes intercambiables del suelo. Efectos de la aplicación de ceniza sobre el suelo y/o sobre las plantas en los parámetros químicos finales del suelo. (+): aumento significativo; (-): disminución significativa. Nivel de significación: ns: no significativo; \*: significativo (P<0,05); \*\*: muy significativo (P<0,01); \*\*\*: altamente significativo (P<0,0001).

Tratamiento	Ca [meq/100g]	Mg [meq/100g]	K [meq/100g]	Na [meq/100g]
T1 - S:0; P:0	10,4	8,8	1,15	2,37
T2 - S:1; P:0	10,3	10,3	1,73	1,82
T3 - S:0; P:1	10,7	9,9	1,33	1,96
T4 - S:1; P:1	10,9	8,6	1,65	1,82
Ceniza en suelo	ns	ns	*** (+)	*** (-)
Ceniza en planta	ns	ns	ns	** (-)
Interacción	ns	ns	ns	**

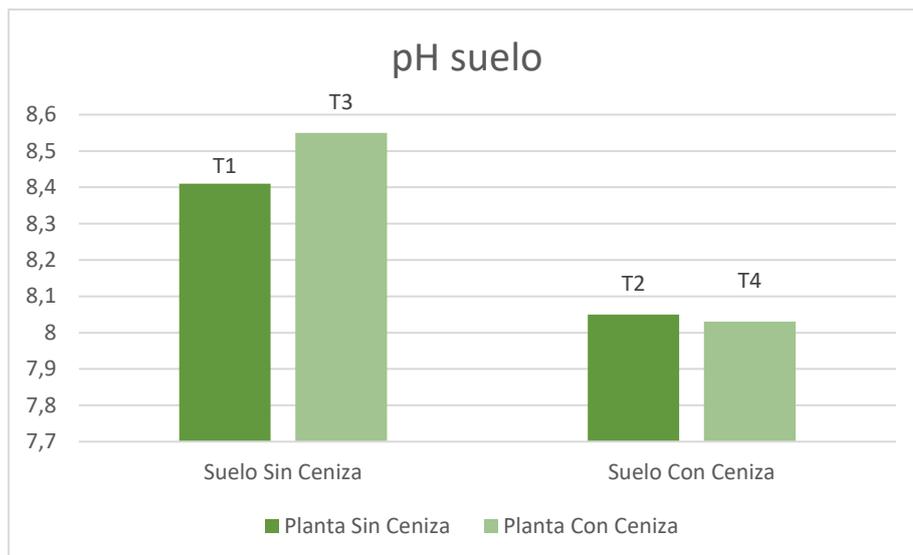


Figura 28. Valores de pH de los cuatro tratamientos realizados.

Existe muy poca bibliografía referente a como se ve afectado el pH en suelos con cenizas, la mayoría de las referencias mencionan suelos donde se cultivan otro tipo de herbáceas con pH que oscilan entre los 6 – 6,1 (Shoji & Takahashi, 2002). No obstante, existen unos estudios similares recientes donde realizaron diferentes análisis para estudiar la interacción de la platanera con la ceniza procedente del volcán de la isla de La Palma (Volcán Tajogaite). Como he citado anteriormente, en el presente trabajo los tratamientos con ceniza en suelo (T2 y T4) presentan una disminución en el pH, pero en uno de los estudios ocurre al contrario, aquellos tratamientos con ceniza presentan un mayor pH en comparación con los tratamientos sin ceniza en suelo (González Hernández, 2023).

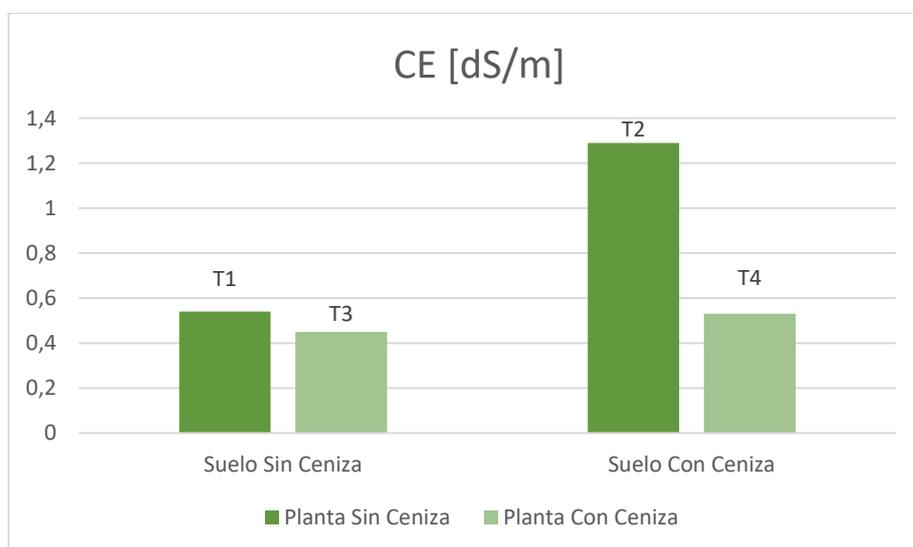


Figura 29. Valores de CE [dS/m] de los cuatro tratamientos realizados.

Por otro lado, los niveles de conductividad eléctrica son bajos y prácticamente iguales en los tratamientos T1 [S:0; P:0], T3 [S:0; P: 1] y T4 [S:1; P:1] en comparación con el tratamiento T2 [S:1; P:0]. Es por ello, que estos presentan una diferencia altamente significativa respecto a los valores del suelo, mientras que esta diferencia disminuye altamente cuando la ceniza está



aplicada en planta; esto mismo se ha observado en otro de los estudios recientes (Curbelo Cruz, 2023).

Los contenidos en materia orgánica (MO) son similares en todos los tratamientos (Tabla 12), siendo favorables ya que se encuentran todos por encima del 2%, por ello, llegamos a la conclusión de que la ceniza no interfiere en este parámetro (Figura 30). Sin embargo, el fósforo asimilable se observa diferencia significativa en la ceniza aplicada en el suelo (Figura 31).

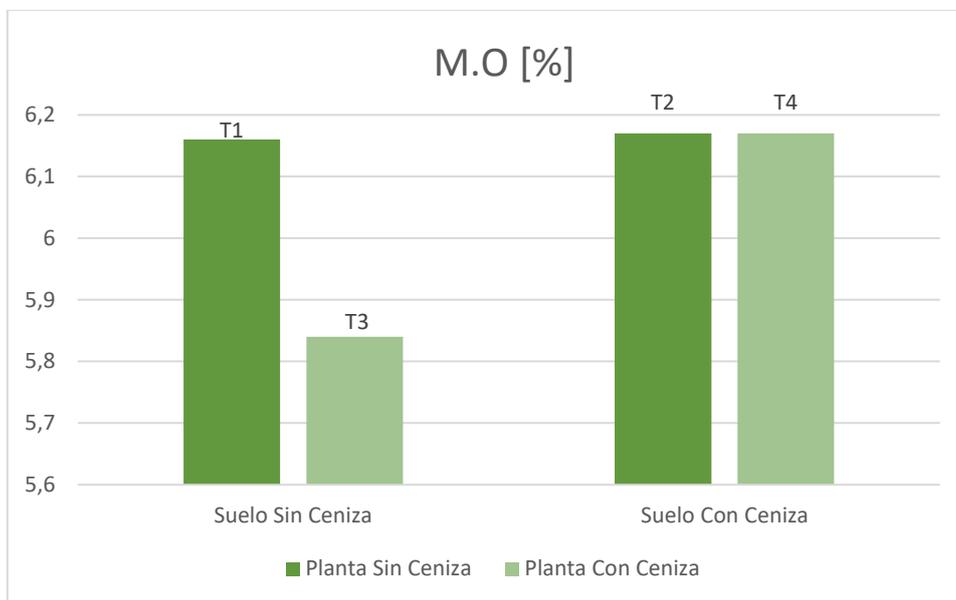


Figura 30. Valores de MO [%] de los cuatro tratamientos.

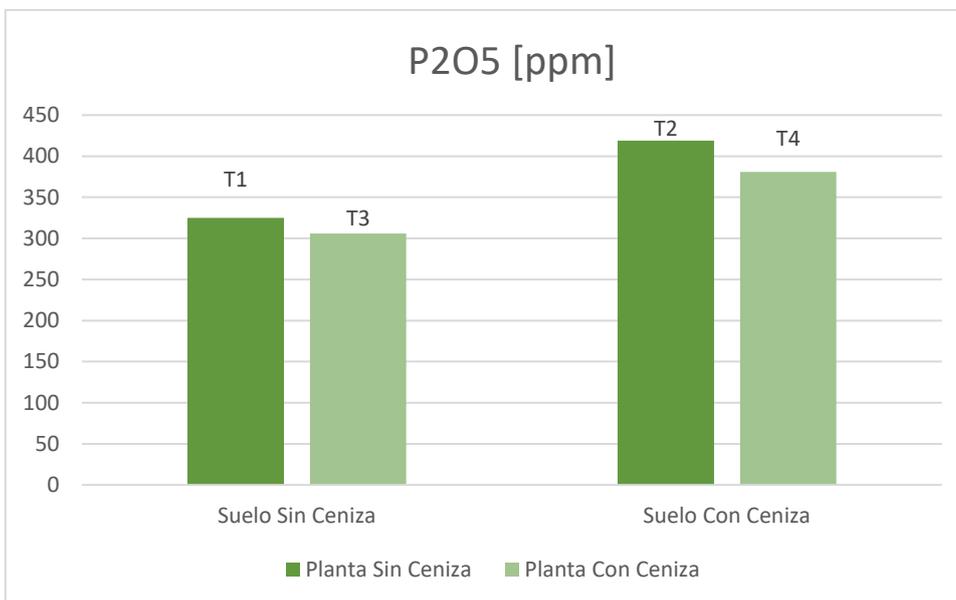


Figura 31. Valores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> [ppm] de los cuatro tratamientos.

En cuanto a los cationes solubles, analizados en el extracto de saturación (Tabla 13. Cationes intercambiables del suelo. Efectos de la aplicación de ceniza sobre el suelo y/o sobre las plantas en los parámetros químicos finales del suelo. (+): aumento significativo; (-): disminución significativa. Nivel de significación: ns: no significativo; \*: significativo (P<0,05); \*\*: muy significativo (P<0,01); \*\*\*: altamente significativo (P<0,0001).Tabla 13), el calcio no presenta diferencias entre los tratamientos (Figura 32) y lo mismo ocurre con el magnesio (Figura 33). Sin embargo, en uno de los estudios, el magnesio si presenta diferencias entre los tratamientos con



ceniza en suelo; esto puede suceder por las diferentes cantidades empleadas en suelo y por el diferente estado fenológico en el que se encontraban (Curbelo Cruz, 2023).

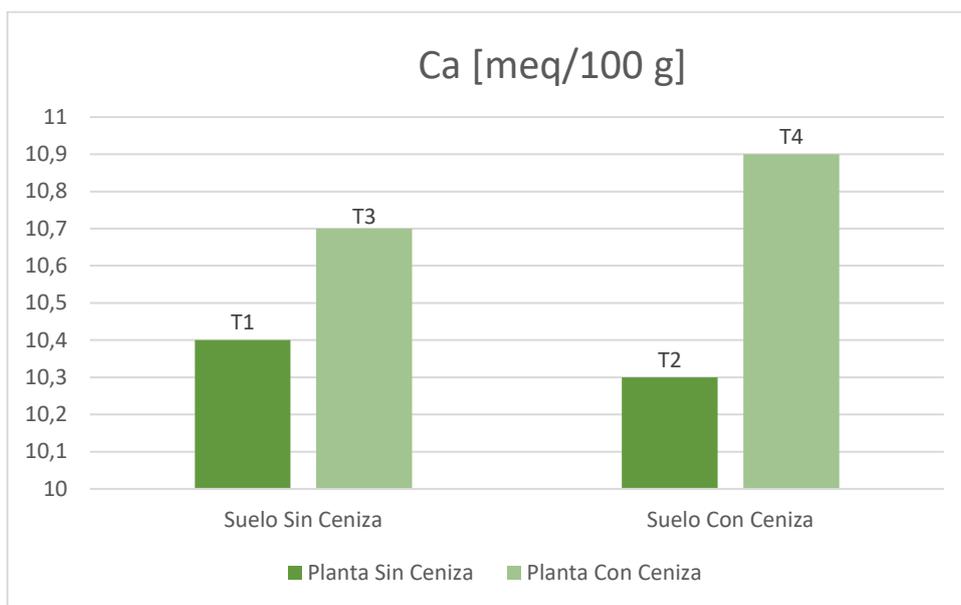


Figura 32. Valores de Ca [meq/100 g] de los cuatro tratamientos.

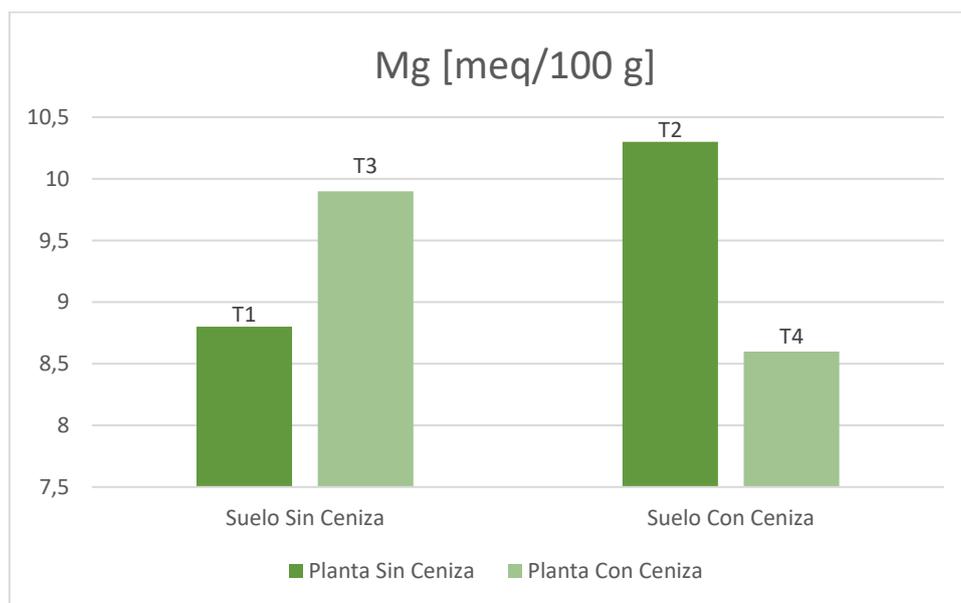


Figura 33. Valores de Mg [meq/100 g] de los cuatro tratamientos.

El contenido de sodio intercambiable sufrió una disminución considerable que, como veremos, también se tradujo en una disminución de los niveles foliares de este elemento (Figura 35). Una posible hipótesis para este efecto observado sería la posible actuación de la ceniza como un intercambiador catiónico, reteniendo sodio procedente del agua de riego y del abonado y liberando potasio presente en su estructura.

Por otro lado, el contenido de potasio (Figura 34) en suelos con ceniza presenta un aumento altamente significativo siendo mayores las proporciones en los tratamientos de T2 [S:1; P:0] y T4 [S:1; P:1].

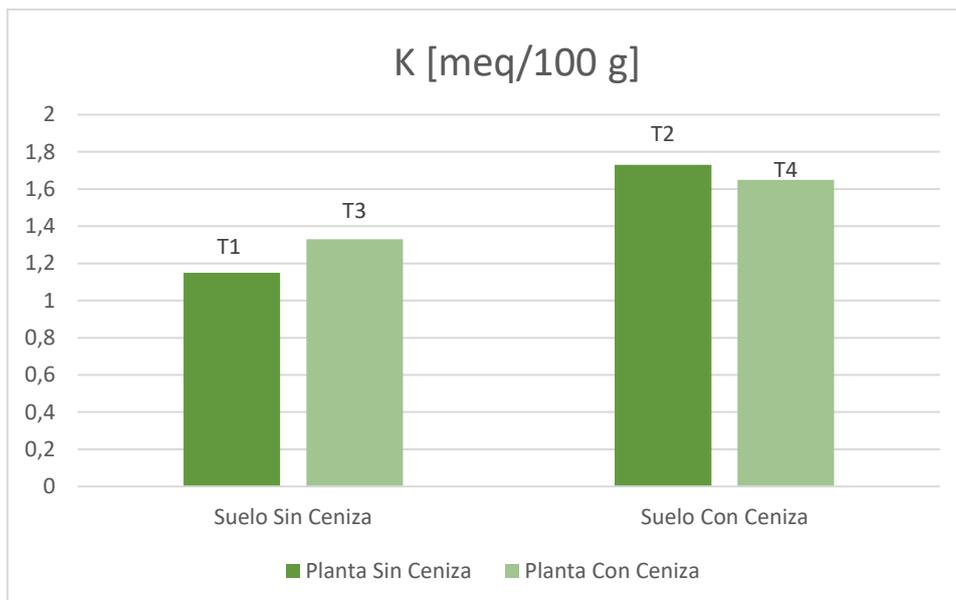


Figura 34. Valores de K [meq/100 g] de los cuatro tratamientos.

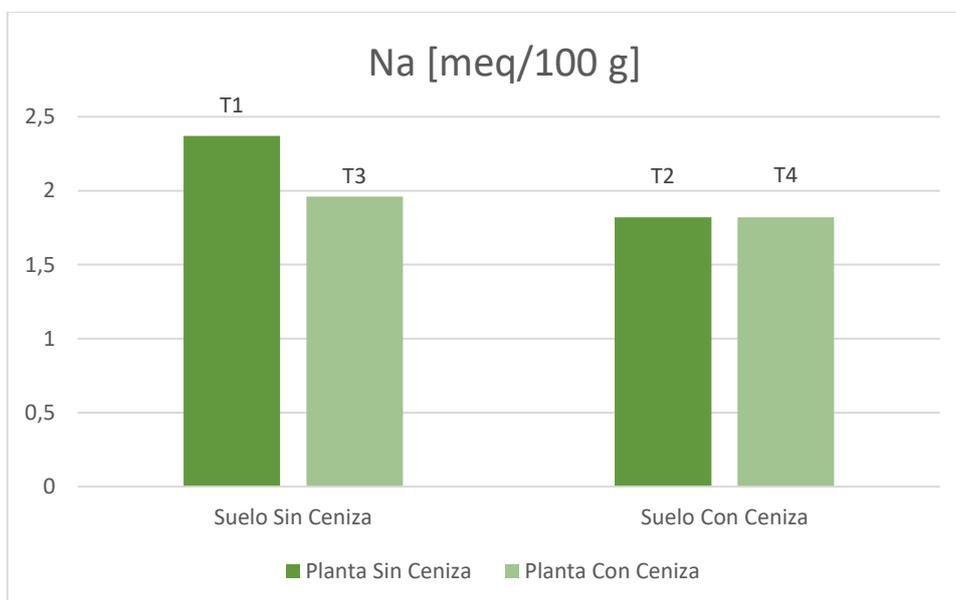


Figura 35. Valores de Na [meq/100 g] de los cuatro tratamientos.

El efecto de la aplicación de ceniza a las plantas en los parámetros químicos del suelo es más difícilmente explicable. Se observa una interacción del efecto descrito sobre la C.E., que hace que se contrarreste éste. Este efecto se observa en las cuatro muestras de cada tratamiento analizadas, por lo que creemos que no se trata de un error experimental, pero somos incapaces de interpretar su alcance. También se observa una interacción con el efecto de la ceniza aplicada al suelo en el nivel de sodio cambiante, aumentando la intensidad de la reducción observada. Este efecto sí podría interpretarse como una “contaminación” por caída al suelo de la ceniza aplicada a la parte aérea, aunque se prestó especial atención durante el experimento a que no ocurriera.



## 5.2. Foliar

Respecto al análisis foliar podemos observar un aumento significativo de aproximadamente entre 0,5 y 0,8 unidades entre los tratamientos con ceniza en suelo T2 [S:1; P:0] y T4 [S:1; P:1] y los tratamientos sin ceniza en suelo T1 [S:0; P:0] y T3 [S:0; P:1] respecto al nitrógeno (Tabla 14, Tabla 15 y Tabla 16) (Figura 36). De igual modo, el fósforo presentó un aumento muy significativo en los tratamientos con ceniza en planta, sobre todo en el tratamiento T3 [S:0; P:1], pudiendo ser liberado de la ceniza y absorbida por las hojas (Figura 37). Lo mismo ocurre con el potasio donde presenta un aumento significativo en los tratamientos con ceniza en planta T3 [S:0; P:1] y T4 [S:1; P:1] a diferencia de los tratamientos con ceniza en suelo, esto puede deberse a que las cenizas volcánicas de las islas tienen un gran aporte de este mineral (Pérez Almeida, 2003) (Figura 38).

Tabla 14. Resultados análisis de propiedades químicas del suelo. Efectos de la aplicación de ceniza sobre el suelo y/o sobre las plantas en los parámetros químicos finales del suelo. (+): aumento significativo; (-): disminución significativa. Nivel de significación: ns: no significativo; \*: significativo (P<0,05); \*\*: muy significativo (P<0,01); \*\*\*: altamente significativo (P<0,0001).

Tratamiento	N [%]	P [%]	K [%]	Ca [%]
T1 - S:0; P:0	3,84	0,16	2,43	0,71
T2 - S:1; P:0	4,22	0,16	2,42	0,66
T3 - S:0; P:1	3,72	0,24	2,72	0,83
T4 - S:1; P:1	4,52	0,19	2,55	0,63
Ceniza en suelo	* (+)	ns	ns	ns
Ceniza en planta	ns	** (+)	* (+)	ns
Interacción	ns	ns	ns	ns

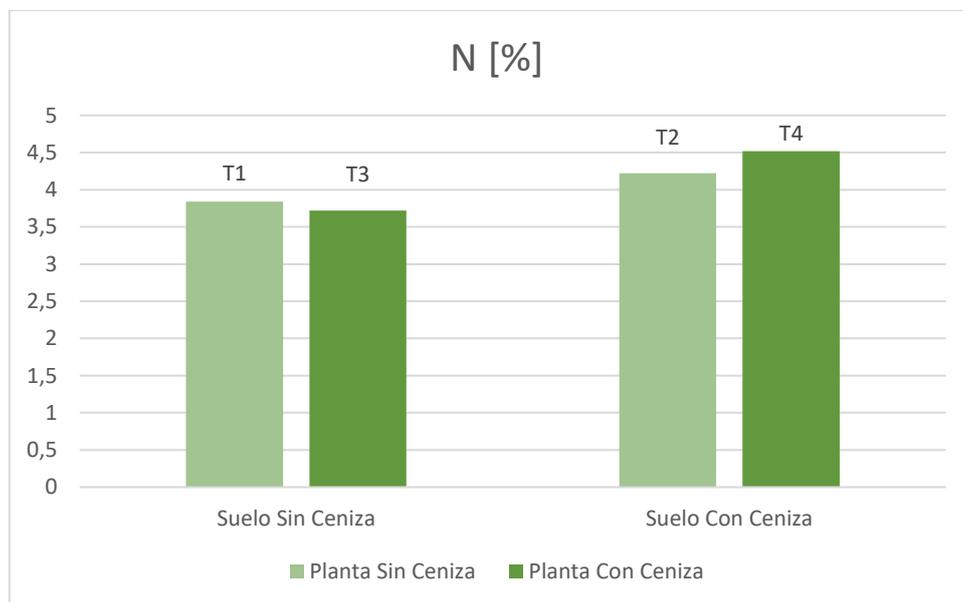


Figura 36. Valores de N [%] de los cuatro tratamientos.

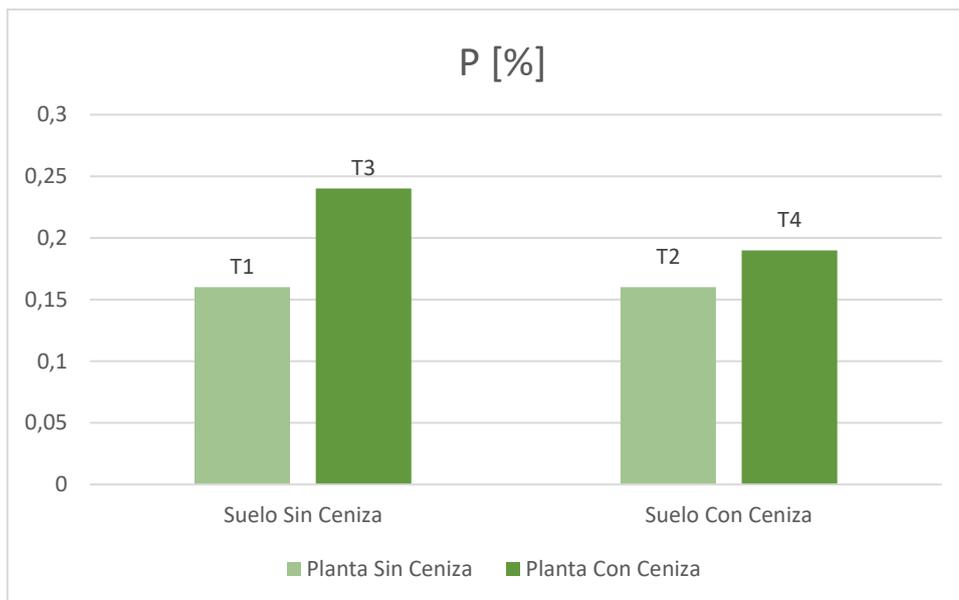


Figura 37. Valores de P [%] de los cuatro tratamientos.

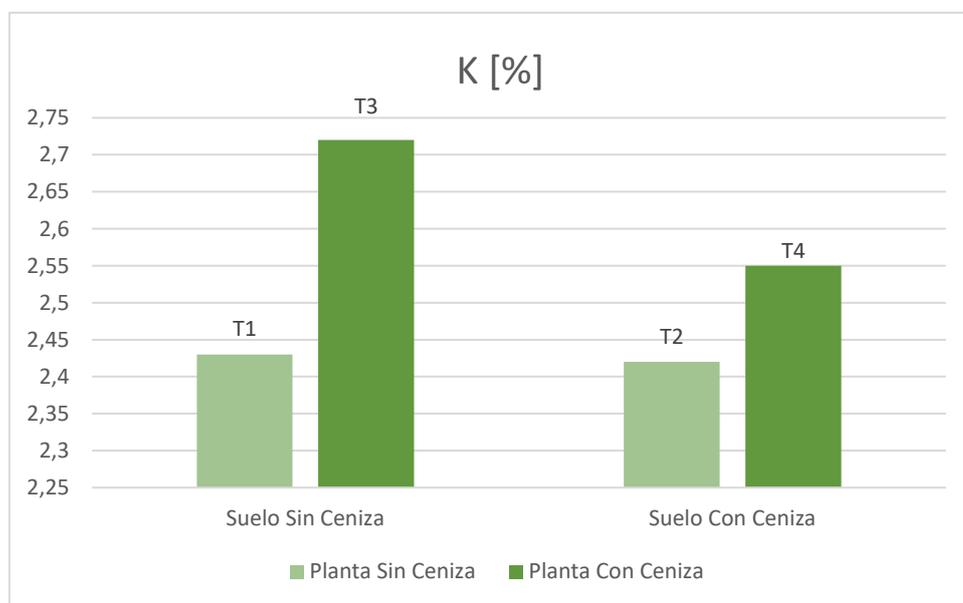


Figura 38. Valores de K [%] de los cuatro tratamientos.

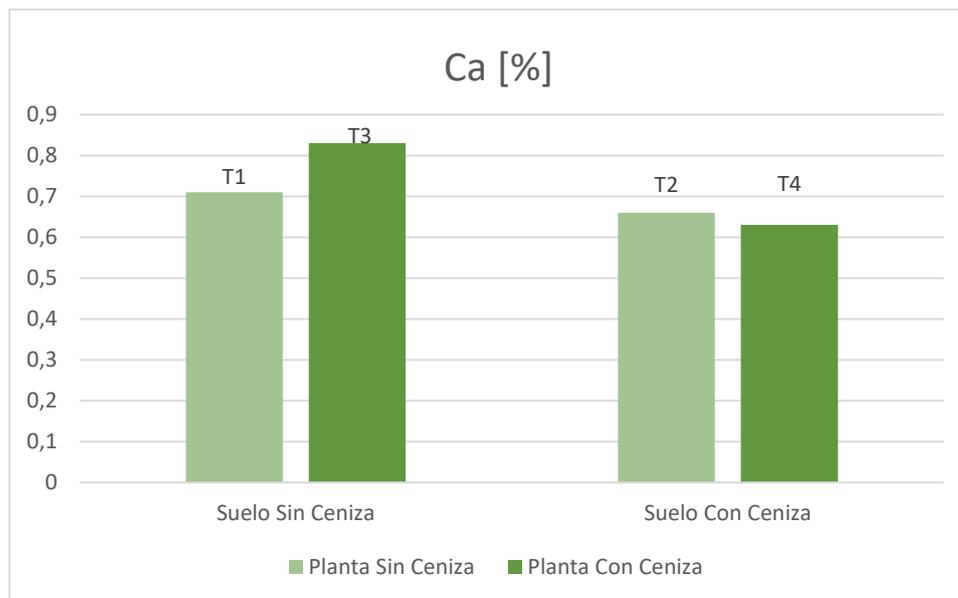


Figura 39. Valores de Ca [%] de los cuatro tratamientos.

Los niveles de calcio (Ca) en los tratamientos con ceniza en el suelo son mínimamente menores a los que no tienen ceniza en suelo, por lo que podemos deducir que las cenizas no aportan calcio asimilable a los suelos en las condiciones de este trabajo.

Tabla 15. Valores nutricionales del cultivo. Los resultados del análisis de los efectos de la aplicación de ceniza sobre suelo y/o sobre plantas en los parámetros químicos finales foliares.

(+): aumento significativo; (-): disminución significativa. Nivel de significación: ns: no significativo; \*: significativo ( $P < 0,05$ ); \*\*: muy significativo ( $P < 0,01$ ); \*\*\*: altamente significativo ( $P < 0,0001$ ).

Tratamiento	Mg [%]	S [%]	Na [%]
T1 - S:0; P:0	0,56	0,17	0,19
T2 - S:1; P:0	0,54	0,18	0,07
T3 - S:0; P:1	0,63	0,17	0,26
T4 - S:1; P:1	0,55	0,19	0,09
Ceniza en suelo	ns	ns	*** (-)
Ceniza en planta	ns	ns	ns
Interacción	ns	ns	ns

Tabla 16. Valores nutricionales del cultivo. Los resultados del análisis de los efectos de la aplicación de ceniza sobre suelo y/o sobre plantas en los parámetros químicos finales foliares.

(+): aumento significativo; (-): disminución significativa. Nivel de significación: ns: no significativo; \*: significativo ( $P < 0,05$ ); \*\*: muy significativo ( $P < 0,01$ ); \*\*\*: altamente significativo ( $P < 0,0001$ ).

Tratamiento	Fe [ppm]	Cu [ppm]	Zn [ppm]
T1 - S:0; P:0	264	11,7	8
T2 - S:1; P:0	505	10	8,5
T3 - S:0; P:1	165	10,6	1,5
T4 - S:1; P:1	175	12,9	3
Ceniza en suelo	** (+)	ns	ns
Ceniza en planta	*** (-)	ns	*** (-)
Interacción	**	ns	ns

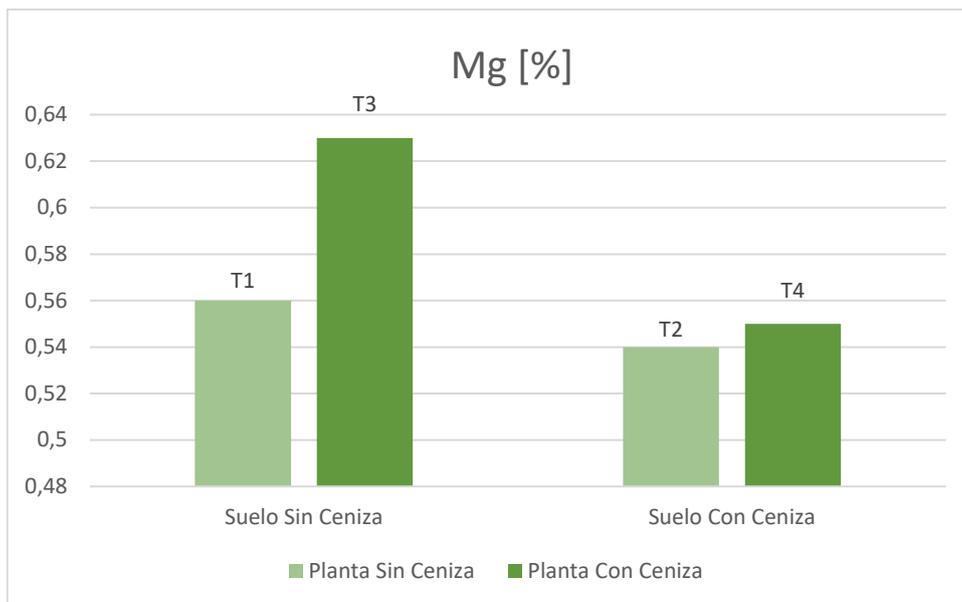


Figura 40. Valores de Mg [%] de los cuatro tratamientos.

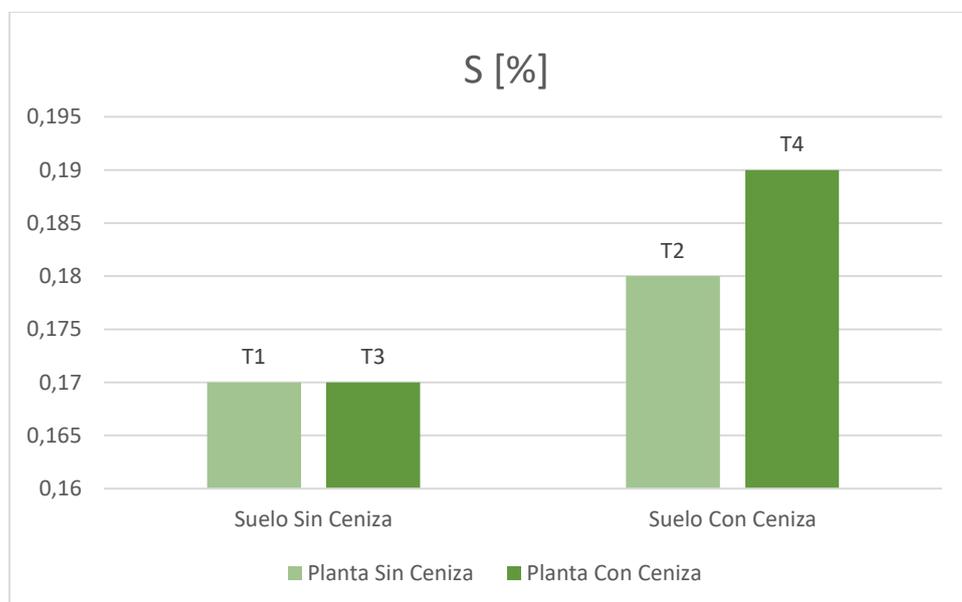


Figura 41. Valores de S [%] de los cuatro tratamientos.

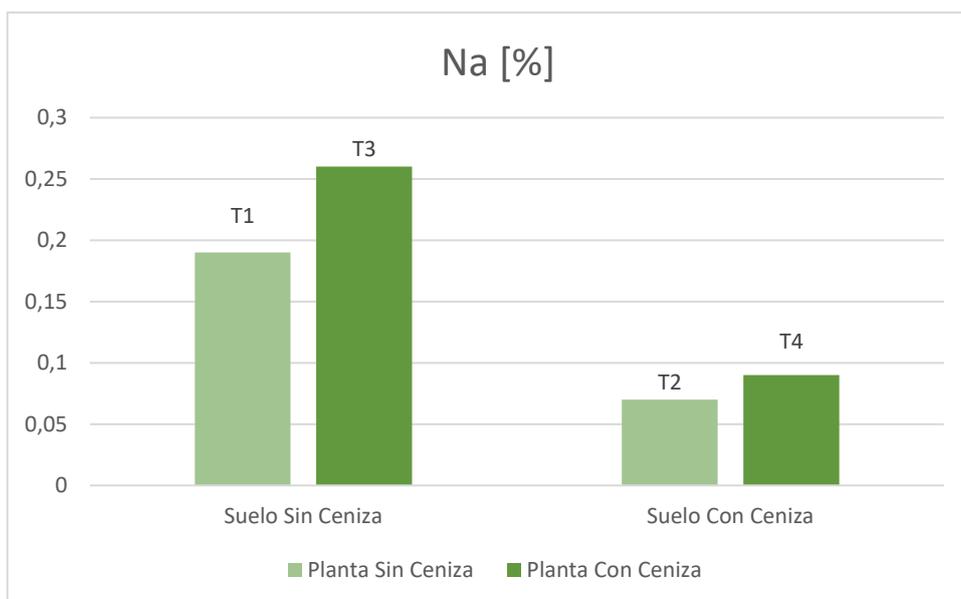


Figura 42. Valores de Na [%] de los cuatro tratamientos

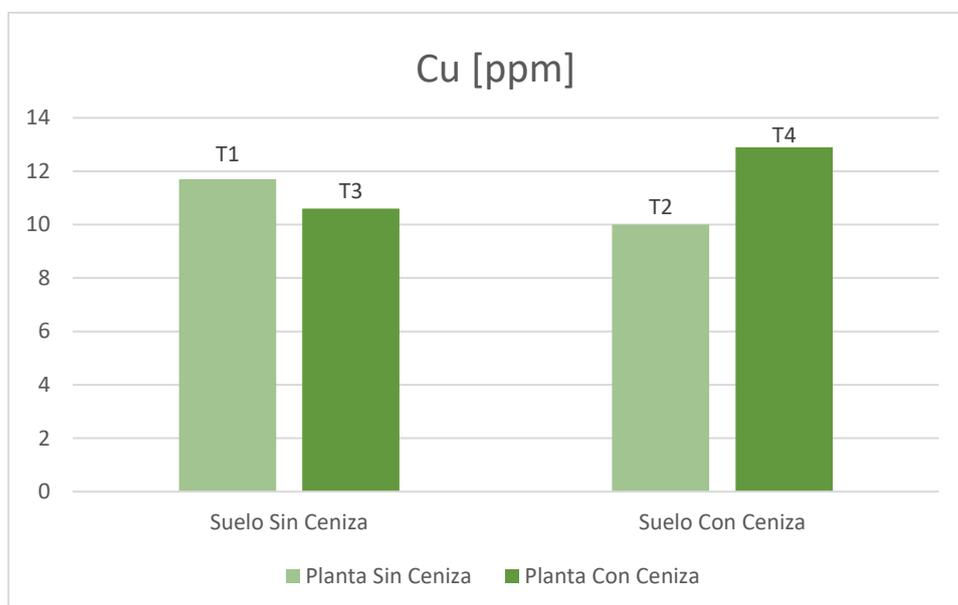


Figura 43. Valores de Cu [ppm] de los cuatro tratamientos

Los niveles de sodio (Figura 42) en los tratamientos T2 [S:1; P:0] y T4 [S:1; P:1] presentan una disminución altamente significativa en comparación con los tratamientos T1 [S:0; P:0] y T3 [S:0; P:1] donde la presencia de ceniza en suelo puede desplazar directamente este elemento o directamente no se libera en el suelo. Sin embargo, los valores de magnesio (Figura 40), azufre (Figura 40) y cobre (Figura 43) no varían en ninguno de los cuatro tratamientos realizados.

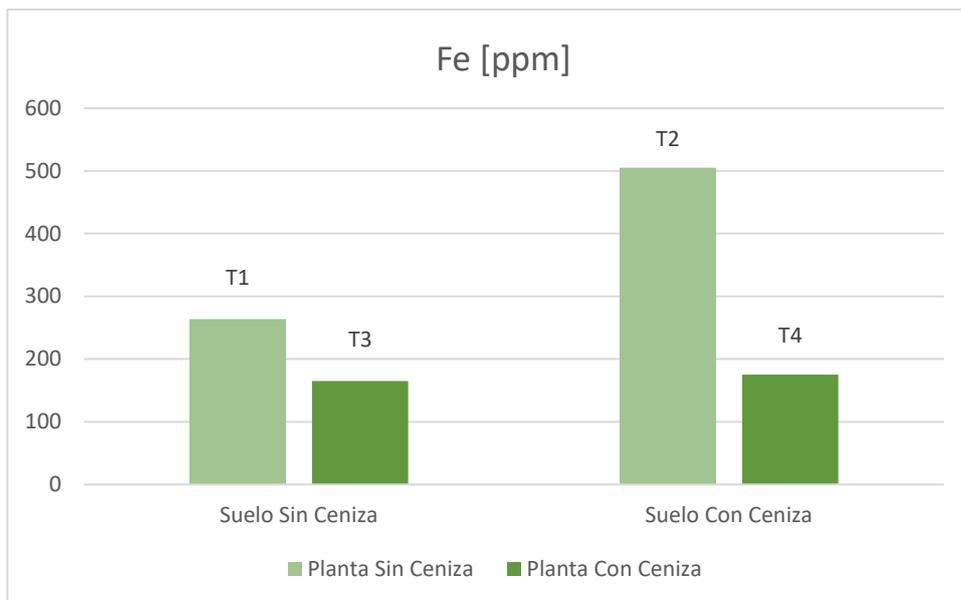


Figura 44. Valores de Fe [ppm] de los cuatro tratamientos

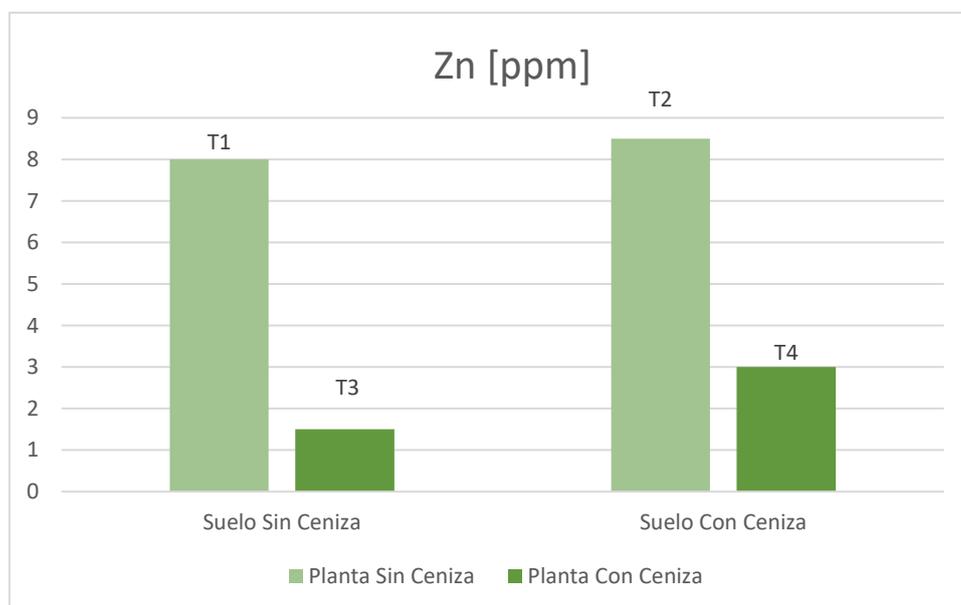


Figura 45. Valores de Zn [ppm] de los cuatro tratamientos

Finalmente, el hierro y el zinc si presentan diferencias significativas, siendo: el hierro aumenta significativamente en los tratamientos que tienen ceniza en suelo, mientras que los tratamientos con ceniza en planta disminuyen los valores de este elemento (Figura 44) teniendo una clara interacción entre la ceniza – suelo – hojas; el zinc, sin embargo, se observan que los valores disminuyen considerablemente al aplicarse en la planta, no obstante, este efecto no se observa de igual modo en un estudio, ya que en este, el hierro (Figura 45) no muestra diferencias significativas entre los tratamientos pero si se observó una tendencia a aumentar debido a que este elemento se encuentra en altas concentraciones en la ceniza volcánica (Curbelo Cruz, 2023).



### 5.3. Crecimiento y desarrollo de las plantas

Las Figura 46, Figura 47 y Figura 48 muestran, respectivamente, la evolución temporal de los valores medios de la altura, perímetro y número de hojas emitidas de las plantas de los cuatro tratamientos. La Figura 49 indica el nº de hijos emitidos por planta en los dos momentos en que se hizo dicho recuento.

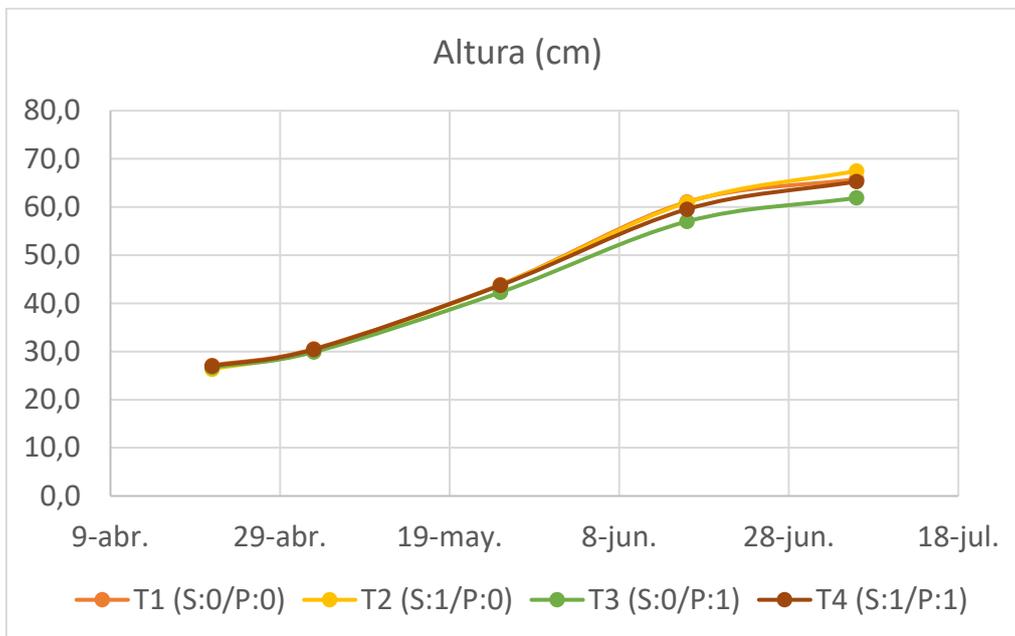


Figura 46. Medida de la altura de la planta (cm). Los datos se muestran como media  $\pm$  error típico (n=4). Las medias de cada muestreo con letra distinta son significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) por la prueba Tukey HSD.

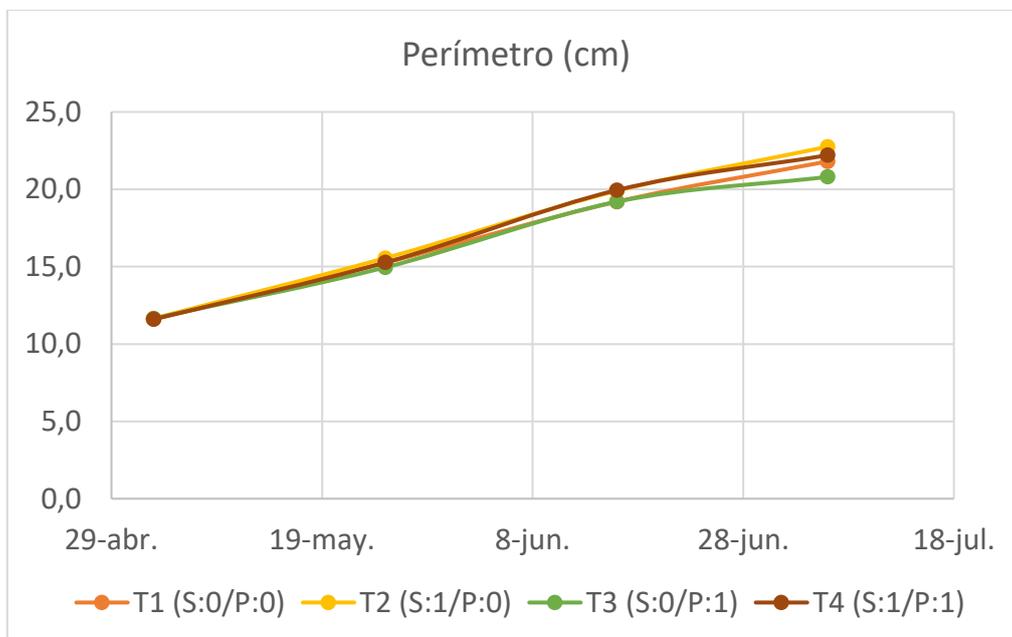


Figura 47. Medida de grosor de tallo (cm). Los datos se muestran como media  $\pm$  error típico (n=4). Las medias de cada muestreo con letra distinta son significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) por la prueba Tukey HSD.

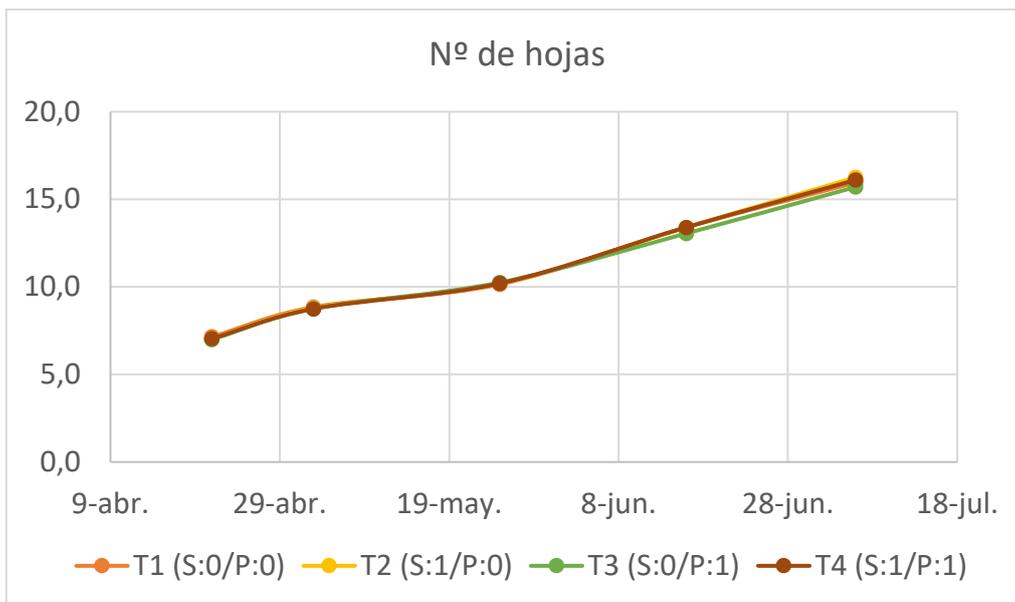


Figura 48. Número de hojas. Los datos se muestran como media  $\pm$  error típico (n=4). Las medias de cada muestreo con letra distinta son significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) por la prueba Tukey HSD

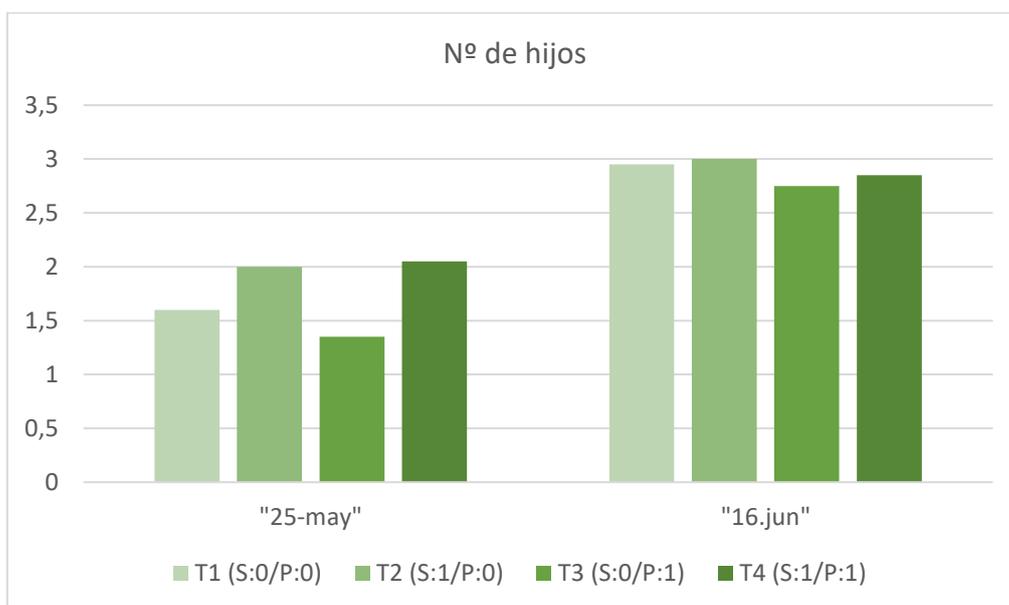


Figura 49. Diferencia del número de hijos entre las primeras tomas de datos (25 – may) y la última toma de datos (16 – jun) de los cuatros tratamientos.

El análisis de varianza de los resultados finales (Tabla 17), indica que la aplicación de ceniza al suelo se asocia con un mayor perímetro de las plantas y un mayor número de hijos emitidos, aunque este último efecto se hace no significativo en la segunda medida, quizás debido a la escasez de espacio libre en las macetas al final del ensayo



Tabla 17 Varianza del perímetro de las plantas y números de hijos emitidos. Los resultados del análisis de los efectos de la aplicación de ceniza sobre suelo y/o sobre plantas en los parámetros físicos. (+): aumento significativo; (-): disminución significativa. Nivel de significación: ns: no significativo; \*: significativo ( $P < 0,05$ ); \*\*: muy significativo ( $P < 0,01$ ); \*\*\*: altamente significativo ( $P < 0,0001$ ).

	Tratamientos				Significación ( $P < 0,05$ )		
	T1 (S:0; P:0)	T2 (S:1; P:0)	T3 (S:0; P:1)	T4 (S:1; P:1)	Ceniza en suelo	Ceniza en planta	Interacción
Altura (cm)	61,1	61,0	57,0	59,6	ns	* (-)	ns
Perímetro (cm)	19,2	19,9	19,2	19,9	** (+)	ns	ns
Nº hojas	15,95	16,25	15,7	16,1	ns	ns	ns
Nº hijos (25-may)	1,60	2,00	1,35	2,05	** (+)	ns	ns

La aplicación de ceniza a la parte aérea de las plantas (tratamientos 3 y 4) sólo produjo una disminución significativa de la altura de las mismas, no afectando a los demás parámetros estudiados. En ningún caso se detectó una interacción significativa de la aplicación de ceniza al suelo con la aplicación de ceniza a la planta.

Estos resultados resultan más precisos que los anteriormente reportados (Curbelo-Cruz 2023, González-Hernández 2023) posiblemente debido al mayor número de plantas utilizadas por tratamiento en este trabajo.



## 6. Conclusiones

La aplicación de ceniza al suelo produjo una disminución del pH del mismo de unas 0,5 unidades y un incremento importante (del orden de 0,7 dS/m) de su conductividad eléctrica. Este efecto sobre la CE se vio alterado por la presencia de ceniza sobre la planta.

La aplicación de ceniza al suelo se tradujo en mayores contenidos de éste en fósforo y potasio cambiante. También hizo que el nivel de sodio cambiante de éste al final del experimento disminuyera. La presencia de ceniza sobre la planta redujo este efecto.

En cuanto a los parámetros de crecimiento (grosor del tallo y la altura) las plantas que tuvieron ceniza en el suelo al principio del experimento tuvieron un perímetro significativamente mayor que al final del ensayo, observando a pequeña escala el posible daño que se pudo observar en las explotaciones situadas en la zona de exclusión (zona cero) en la isla de La Palma.

Respecto al número de hijos emitidos por planta a los dos meses de comienzos del ensayo fue significativamente mayor en las plantas que tenían ceniza sobre el suelo. Este aumento pasó a ser no significativo un mes después, pudiendo ser por la pequeña superficie con la que se tenía (macetas 5L).

La aplicación de ceniza sobre las plantas se tradujo en una ligera disminución de la altura de las mismas, pero con esta aplicación no hubo cambios significativos del ritmo de emisión de hojas en ninguno de los tratamientos.

La aplicación de ceniza al suelo causó un aumento de los niveles foliares de nitrógeno y hierro de las plantas y un descenso de su nivel de sodio.

La aplicación de ceniza sobre las plantas produjo una disminución muy importante del contenido foliar de hierro y zinc y un ligero aumento de su nivel de fósforo y potasio.

En su conjunto, estos resultados muestran que, en las condiciones ensayadas, las cenizas volcánicas aplicadas al suelo no causaron ningún efecto desfavorable en lo que respecta al desarrollo de las plantas, su nivel nutricional ni en los parámetros químicos del suelo. Al contrario, la aportación superficial de ceniza se tradujo en una reducción de los niveles de sodio tanto en suelo como en plantas, así como un aumento de ciertos nutrientes en hoja, como fósforo y potasio y un mayor crecimiento en perímetro de las plantas. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el agua de riego utilizada (la disponible) era de mala calidad agronómica dada su alta alcalinidad y contenido de sodio, por lo que estos resultados no deben extrapolarse a otras condiciones de cultivo.

La aplicación de ceniza a la parte aérea de las plantas tuvo, por el contrario, efectos predominantemente negativos, dando lugar a una reducción de la altura de las mismas y una importante disminución del contenido foliar de hierro y cinc, lo que en parte podría explicar algunos de los efectos observados "in situ" en las fincas afectadas tras la erupción del volcán.





## 7. Conclusions

The application of ash to the soil produced a decrease in its pH of about 0.5 units and a significant increase (of the order of 0.7 dS/m) in its electrical conductivity. This effect on EC was altered by the presence of ash on the plant.

Furthermore, the application of ash to the soil resulted in higher contents of phosphorus and exchangeable potassium. It also caused its exchangeable sodium level at the end of the experiment to decrease. The presence of ash on the plant reduced this effect.

Regarding the growth parameters (stem thickness and height), the plants that had ash in the soil at the beginning of the experiment had a significantly larger perimeter than at the end of the test, observing on a small scale the possible damage that could be observed in farms located in the exclusion zone (ground zero) on the island of La Palma.

Regarding the number of offspring emitted per plant two months after the beginning of the trial, it was significantly higher in the plants that had ash on the ground. This increase became non-significant a month later, possibly due to the small surface area it had (5L pots).

The application of ash to the plants resulted in a slight decrease in their height, but with this application there were no significant changes in the rate of leaf emission in any of the treatments.

The application of ash to the soil caused an increase in the foliar levels of nitrogen and iron of the plants and a decrease in their sodium level.

The application of ash to the plants produced a very significant decrease in the foliar content of iron and zinc and a slight increase in the level of phosphorus and potassium.

Taken together, these results show that, under the conditions tested, volcanic ash applied to the soil did not cause any adverse effects on plant development, nutritional status or soil chemical parameters. On the contrary, the surface contribution of ash resulted in a reduction in sodium levels in both soil and plants, as well as an increase in certain nutrients in the leaf, such as phosphorus and potassium, and greater growth in the perimeter of the plants. It should be noted, however, that the irrigation water used (the available water) was of poor agronomic quality due to its high alkalinity and sodium content, so these results should not be extrapolated to other growing conditions.

On the other hand, the application of ash to the aerial surface of the plants had predominantly negative effects, leading to a reduction in the height of the plants and a significant decrease in the foliar content of iron and zinc, which could partly explain some of the effects observed "in situ" on the affected farms after the eruption of the volcano.





## 8. Referencias bibliográficas

- Abadía Conte, A. C., Cadahía, C., Casado, M., Chaves Sánchez, M., Lachica, M. C., Lasala, M., Pérez, V., Prat Pérez, L., Romero, M., & Sánchez Rodríguez, B. (1973). *Determinaciones analíticas en suelos. Normalización de métodos. (I) pH, Materia Orgánica y nitrógeno*. digital.csic.es: <https://digital.csic.es/handle/10261/18787>
- Abelardo Villavicencio, P. (2021). *Determinación del coeficiente de uniformidad de caudal en sistema de riego localizado*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Raihuén.: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68113/NR42627.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Abreu Olivo, E. A., Gutiérrez, A., Quintero, M. L., Molina, L. E., Anido, J. D., Ablan, E., Cartay, R., & Mercado, C. E. (22 de Abril de 2007). *El Cultivo del plátano en Venezuela. Desde el campo hasta la mesa*. Fundación Empresas Polar-Centro de Investigaciones Agroalimentarias (CIAAL-ULA). El plátano y sus características [Online]: [https://bibliofep.fundacionempresaspolar.org/media/1280478/platano\\_e\\_platano\\_caracteristicas.pdf](https://bibliofep.fundacionempresaspolar.org/media/1280478/platano_e_platano_caracteristicas.pdf)
- Alejandro Hernández, I. (1 de Abril de 2022). Volver a sembrar tres meses después del final de la erupción del volcán de La Palma. *ElDiario.es*. Retrieved 5 de septiembre de 2023, from [https://www.eldiario.es/canariasahora/agricola/agricultura/volver-sembrar-tres-meses-despues-final-erupcion-volcan-palma\\_1\\_8881415.html](https://www.eldiario.es/canariasahora/agricola/agricultura/volver-sembrar-tres-meses-despues-final-erupcion-volcan-palma_1_8881415.html)
- Álvarez, C. E., Calzadilla, V. E., & Fernández Falcón, M. (1999). Chemical Fertility of Banana Soils of Tenerife Island (Canary Islands). *Fruits*, 54, 159-166. digital.csic.es.
- Álvarez, C. E., García, V., Robles, J., & Díaz, A. (1981). Influence des caracteristiques du sol sur l'indice de la Maladie de Panama. *Fruits*, 36(2), 71-81.
- ASPROCAN. (30 de Mayo de 2023). Estas motas en plátanos canarios no son efecto del volcán (y por qué seguirá siendo seguro comerlos). (VerificaRTVE, Entrevistador)
- Banco de Datos de Biodiversidad de Canarias. (s.f.). *Biota - Musa acuminata Colla*. Retrieved 2024 de Abril de 25, from biodiversidadcanarias.es: <https://www.biodiversidadcanarias.es/biota/especie/F01813>
- Cabré, J., Aulinas, M., & Rejas, M. e. (2016). Volcanic ash leaching as a means of tracing the environmental impact of the 2011 Grímsvötn eruption, Iceland. *Environ Sci Pollut Res*, 23, 14338–14353. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6559-7>
- Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. (2003). *Normativa de Producción Integrada de Plátano del Gobierno de Canarias*. gobiernodecanarias.org: <https://www.gobiernodecanarias.org/boc/2003/207/boc-2003-207-001.pdf>
- Cook, R. J. (2 de Enero de 1981). Impact on Agriculture of the Mount St. Helens Eruptions. *Science*, 16-22. <https://doi.org/10.1126/science.211.4477.16>
- CULTESA. (21 de Noviembre de 2013). *CULTESA*. <https://cultesa.com/marcas/GRUESA-PALMERA.PDF>
- CULTESA. (28 de Abril de 2023). *Cultivos y Tecnología Agraria de Tenerife, S.A (CULTESA)*. <https://www.cultesa.com/>
- Curbelo Cruz, C. (2023). *Afección en cultivos de platanera de la ceniza procedente del volcán de la isla de La Palma en condiciones de invernadero*. repositorio.uam.es: <https://repositorio.uam.es/handle/10486/700636>



- Dirección General de Agricultura del Gobierno de Canarias. (2021). *Impacto de la erupción volcánica en la agricultura*. Gobierno de Canarias: [https://www.gobcan.es/agricultura/estaticos/contenidoPublico/239b5477-e221-11eb-b2be-81e8c55b2d2c/c\\_igualdad\\_vivienda\\_y\\_agricultura\\_ficha\\_divulgativa\\_impacto\\_erupcion\\_agricultura.pdf](https://www.gobcan.es/agricultura/estaticos/contenidoPublico/239b5477-e221-11eb-b2be-81e8c55b2d2c/c_igualdad_vivienda_y_agricultura_ficha_divulgativa_impacto_erupcion_agricultura.pdf)
- Fernández Caldas, E., & Fernández-Trujillo Martínez, F. (1962). Plátanos, fertilización y técnicas de cultivo en Canarias. En U. d. Salamanca (Ed.), *Actas de la Primera Reunión Plenaria del Instituto de Edafología y Agrobiología del Consejo Superior de Investigaciones Científicas* (págs. 353-372). Salamanca: Acta Salmanticensia. <http://hdl.handle.net/10261/12425>
- Fernández Falcón, M. C., & Fox, R. L. (1985). Efecto de la fertilización nitrogenada y potásica sobre la producción en el cultivo del plátano. (C. -I. Albareda, Ed.) *Anales de Edafología y Agrobiología* (44), 1439-1452. digital.csic.es: <https://digital.csic.es/handle/10261/21213>
- Francis, H., Nobert, S., Hernandez Leiva, X., Rodriguez Bellanger, H., & Ilyinskaya, E. (29 de Mayo de 2018). "We used to grow more crops here; now we can only grow pineapples and dragon fruit": impacts of persistent volcanic emissions on agriculture in Nicaragua. *20th EGU General Assembly*, (pág. 8199). Viena. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018EGUGA..20.8199F/abstract>
- García, V., Fernández Caldas, E., & Álvarez, C. E. (1977). Características químicas de los suelos de plátanos de Tenerife. (C. -I. Albareda, Ed.) *Anales de Edafología y Agrobiología*(36), 943-955. digital.csic.es: <https://digital.csic.es/handle/10261/20691>
- Gobierno de Canarias. (26 de septiembre de 2021). *El presidente de Canarias inspecciona los daños en la agricultura y el sector primario de La Palma*. Gobierno de Canarias: <https://www.gobiernodecanarias.org/noticias/presidente/123058/presidente-canarias-inspecciona-danos-agricultura-sector-primario-palma/>
- Gobierno de Canarias. (28 de Febrero de 2022). *Vanoostende anuncia en La Palma una ayuda para la reconstrucción del sector agrícola afectado por el volcán*. Retrieved 5 de Septiembre de 2023, from Portal de Noticias del Gobierno de Canarias: <https://www3.gobiernodecanarias.org/noticias/vanoostende-anuncia-en-la-palma-una-ayuda-para-la-reconstruccion-del-sector-agricola-afectado-por-el-volcan/>
- Gobierno de Canarias. (s.f.). *Organización y servicios*. Retrieved 25 de 04 de 2024, from [www.gobiernodecanarias.org](http://www.gobiernodecanarias.org): <https://www.gobiernodecanarias.org/agp/sgt/temas/estadistica/agricultura/index.html>
- Gobierno de España, Gobierno de Canarias, Cabildo de La Palma, Ayuntamientos de Los Llanos de Aridane, El Paso y Tazacorte. (Junio de 2022). *Informe sobre las actuaciones y medidas emprendidas tras la Erupción del Volcán de Cumbre Vieja (La Palma), seis meses después del inicio de la emergencia*. Gobierno de Canarias: [https://www.mpr.gob.es/precom/notas/Documents/2022/060622-informe\\_palma.pdf](https://www.mpr.gob.es/precom/notas/Documents/2022/060622-informe_palma.pdf)
- González Hernández, P. (2023). *Estudio de la interacción del agua desalada y las cenizas volcánicas en el crecimiento, desarrollo y nutrición de plantas de platanera (Musa acuminata Colla, AAA)*. riull.ull.es: <https://riull.ull.es/xmlui/>
- Hernández, C. M. (2005). *Guía de lucha contra las plagas de la platanera*. [agrocabildo.org](http://agrocabildo.org): [https://agrocabildo.org/publica/Publicaciones/subt\\_48\\_gu%C3%ADa.pdf](https://agrocabildo.org/publica/Publicaciones/subt_48_gu%C3%ADa.pdf)



- Hernández, I. A. (12 de Mayo de 2023). Tierra sobre lava para volver a cultivar en La Palma. [eldiario.es/canariasahora/](https://www.eldiario.es/canariasahora/agricola/agricultura/tierra-lava-volver-cultivar-palma_1_10200067.html)  
[https://www.eldiario.es/canariasahora/agricola/agricultura/tierra-lava-volver-cultivar-palma\\_1\\_10200067.html](https://www.eldiario.es/canariasahora/agricola/agricultura/tierra-lava-volver-cultivar-palma_1_10200067.html)
- IGME CSIC. (13 de Mayo de 2023). *Erupción volcánica en La Palma*. Retrieved 4 de Septiembre de 2023, from IGME CSIC: <https://info.igme.es/eventos/Erupcion-volcanica-la-palma>
- ISTAC. (2022). *Superficie cultivada, superficie de producción y árboles diseminados según productos agrícolas permanentes y sistemas de cultivo. Municipios e islas de Canarias por años. Desde 2007.* [www3.gobiernodecanarias.org](http://www3.gobiernodecanarias.org):  
<https://www.gobiernodecanarias.org/istac/>
- ISTAC. (18 de Abril de 2023). *Gobierno de Canarias, Instituto Canario de Estadística (ISTAC)*.  
<https://www.gobiernodecanarias.org/istac/>
- Jardín Botánico de Santiago Prof. Eugenio de Js. Marcano. (s.f.). *Musa Paradisiaca*. Retrieved 25 de Abril de 2024, from Jardín Botánico de Santiago:  
<https://botanicodesantiago.com/musa-paradisiaca/>
- Lahav, D. T. (1983). The growth of banana plants in relation to temperature. *Australian Journal of Plant Physiology*, 1(10), 43-53. <https://doi.org/10.1071/PP9830043>
- López Cepero, J., & Puerta, M. (2014). *Manejo de Plagas del Suelo*. Coplaca.es:  
<https://coplaca.es/wp-content/uploads/2014/04/Revista-Manejo-de-Plagas-del-Suelo-WEB.pdf>
- López Sáez, J. A., & Pérez Soto, J. (15 de Noviembre de 2011). Historia Natural de los Plátanos y las Bananas. (D. Ediciones, Ed.) *Quercus*, 308, 32-39. Obtenido de Quercus. 2011. Núm. 308. pp. 32-39.: <https://digital.csic.es/handle/10261/93714>
- Mercados. (20 de Septiembre de 2021). *ASPROCAN muesetra su preocupación por las plantaciones de plátano tras la erupción del volcán de La Palma*. Retrieved 26 de enero de 2024, from [revistamercados.com](http://revistamercados.com): <https://revistamercados.com/asprocan-muestra-su-preocupacion-por-las-plantaciones-de-platano-tras-la-erupcion-del-volcan-de-la-palma/>
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2016). *Guía de gestión integrada de plagas: Platanera*. [mapa.gob.es](http://mapa.gob.es):  
[https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/guiagiplatanera\\_tcm30-57944.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/guiagiplatanera_tcm30-57944.pdf)
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (1993). *Métodos Oficiales de Análisis IV*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Nogueroles Andreu, C. J. (2012). *Calidad y Sostenibilidad en el Cultivo de la Platanera en Canarias* (Edición y coordinación ed.). AUTOR-EDITOR.
- Nogueroles, C., López, J., & M., R. (2014). *Cuaderno Técnico: "Cultivo ecológico de la platanera"*. SEAE. [agroecologia.net](http://agroecologia.net): <https://agroecologia.net/producto/ct15-platanera-ecologica/>
- Olsen, S., Cole, C., & Watanabe, F. (1954). Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. *USDA Circular*(939).
- Pérez Almeida, M. N. (2003). *Contribución al estudio del cultivo de la platanera. Deficiencias de nitrógeno, fósforo y potasio*. [accedacris.ulpgc.es](http://accedacris.ulpgc.es):  
<https://accedacris.ulpgc.es/handle/10553/2266>
- Pérez Rodríguez, J. (2010). Abonado de los frutales tropicales y subtropicales en las Islas Canarias. En S. Ruano Criado, *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en*



- España* (págs. 235-244). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. [https://doi.org/ISBN 978-84-491-0997-3](https://doi.org/ISBN%20978-84-491-0997-3)
- PEVOLCA. (25 de diciembre de 2021). Retrieved 4 de septiembre de 2023, from Gobierno de Canarias: <https://www3.gobiernodecanarias.org/noticias/wp-content/uploads/2021/12/251221-INFORME-Comit%C3%A9-Cient%C3%ADfico-PDF.pdf>
- Platania. (s.f.). *La Historia del plátano de Canarias*. Retrieved 25 de Abril de 2024, from platania.es: <https://platania.es/historia-del-platano-de-canarias/>
- Rodríguez Lupiáñez, G. (1967). *Cultivo de la platanera*. Ministerio de Agricultura: [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1967\\_17-18.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1967_17-18.pdf)
- Shoji, S., & Takahashi, T. (2002). Environmental and agricultural significance of volcanic ash soils. *Global Journal of Environmental Research*, 6, 113-135. *Global Environmental Research*, vol. 6.
- Taylor, S. E., & Sexton, O. J. (1972). Some implications of leaf tearing in Musaceae. *Ecology*, 53, 143-149.
- Watanabe, F., & Olsen, S. (1965). Test of an Ascorbic Acid Method for Determining Phosphorus in Water and NaHCO<sub>3</sub> Extracts from the Soil. *Soil Science Society of America Journal*, 29, 677-678. <https://doi.org/10.2136/sssaj1965.03615995002900060025x>
- Wilson, T., Cole, J., & Cronin, S. e. (2011). Impacts on agriculture following the 1991 eruption of Vulcan Hudson, Patagonia: lessons for recovery. *Natural Hazards*, 57, 185–212. <https://doi.org/10.1007/s11069-010-9604-8>