ESTUDIO DE LA SOSTENIBILIDAD DEL CULTIVO DE PLATANERA EN LA ISLA DE LA PALMA, TRATADOS CON PURINES ENRIQUECIDOS Y COMPOST





Excmo. Cabildo Insular de La Palma

Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca

Agencia de Extensión Agraria de Breña Alta

aea.balta@cablapalma.es



Instituto de Productos Naturales y Agrobiología (IPNA) Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Departamento de Agrobiología y Medio Ambiente
Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal
Dra. María Mercedes Hernández González

mercedes@ipna.csic.es



CONSIDERACIONES PRELIMINARES

El estudio cuya memoria se presenta en estas páginas se puso en marcha en el año 2012, a petición de la Consejería de Agricultura y Desarrollo Económico del Excmo. Cabildo Insular de La Palma, para comprobar la sostenibilidad en el tiempo de un sistema de manejo de la platanera fundamentado en la utilización de compost, tés a base de purines enriquecidos con agregados de algunos componentes naturales solubles, reutilizándose así los deshechos de platanera y otros, al igual que los lixiviados y estiércoles de ganadería, y residuos de la industria quesera, así como aceite culinario para desechar. Para ello, se escogieron dos plantaciones, en dos zonas diferentes, con este sistema de cultivo, una al aire libre y otra bajo invernadero, utilizándose como referencia dos plantaciones de cultivo convencional de las mismas zonas y en las mismas condiciones (aire libre e invernadero).

Transcurridos varios meses del estudio, debido a que uno de los agricultores con su plantación que seguía el sistema indicado al principio decidió cambiar de cultivar, nos vimos obligados a suspender el estudio hasta encontrar de nuevo unas fincas adecuadas, por lo que el trabajo se retrasó considerablemente, siendo únicamente válidos los datos obtenidos en el año 2014, 2015 y 2016 y comentados en este informe.

Este trabajo ha sido realizado por un equipo multidisciplinar compuesto por:

Grupo de Agrobiotecnología, Línea Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal del IPNA CSIC liderado por la Dra. María Mercedes Hernández González.

D. Enrique Huertas, D. Andrés Rodríguez, D. Fernando Díaz Abreu y D. José Antonio Marante del Excmo. Cabildo Insular de La Palma.

Empresa AgroSEFEL encabezada por D. Ildefonso Acosta Hernández.

AGRADECIMIENTOS

Al Excmo. Cabildo Insular de La Palma por impulsar, apoyar y financiar el "Programa de Agricultura Sostenible" y este proyecto. A D. Abilio Monterey impulsor de este proyecto en sus inicios.

A los agricultores que nos han cedido sus fincas para durante dos años consecutivos llevar a cabo este estudio.

A D. Ildefonso Acosta de la empresa Agrosefel que nos ha ayudado a coordinar todo el equipo y seguimiento del proyecto.

A todos los técnicos que forman parte de la Agencia de Extensión Agraria de Breña Alta que han realizado todos los trabajos de campo, medidas, muestreo, coordinación.

A los Doctores Marino Fernández-Falcón y Carlos Enrique Álvarez (actualmente jubilados del Instituto de Productos Naturales y Agrobiología (IPNA) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) que participaron en este proyecto de forma muy activa en los primeros años de ejecución del mismo.

ÍNDICE

| REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 6 |
|--|----|
| I. – SUELOS DE PLATANERA DE LA PALMA | 6 |
| II NUTRICIÓN MINERAL DE LA PLATANERA DE LA PALMA | 6 |
| II.1 Nitrógeno | 7 |
| II.2 Fósforo | 7 |
| II.3 Potasio | 7 |
| II.4 Calcio | 7 |
| II.5 Magnesio | 7 |
| II.6 Cobre | 7 |
| II.7 Hierro | 7 |
| II. 8 Manganeso | 8 |
| II. 9 Zinc | 8 |
| III CIRCUNFERENCIA DEL PSEUDOTALLO DE PLATANERAS DE LA PALMA | 8 |
| IV COMPOST Y SU UTILIZACIÓN EN PLATANERA | 9 |
| IV.1 Propiedades del compost de residuos de platanera | 9 |
| IV.2 Utilización de compost de origen diverso en la platanera | 9 |
| V. UTILIZACIÓN DE PURINES | 11 |
| V.1 Efectos de los purines sobre las propiedades físico-químicas de los suelos | 11 |
| V.2 Efectos de los purines sobre los cultivos | 12 |
| VI EL FRUTO DE LA PLATANERA Y SU CALIDAD | 12 |
| VI. 1 Caracterización física | 12 |
| VI. 2 Caracterización química | 12 |
| MATERIAL Y MÉTODOS | 15 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 22 |
| I. – TÉS | 22 |
| II. – FERTILIZACIÓN | 24 |
| III. – SUELOS | 24 |
| IV. – HOJAS | 29 |
| V. – RAICES | 38 |
| VI. – PARAMETROS DEL DESARROLLO DE LA PLANTA | 40 |
| VII. – FLORACION | 44 |
| VIII. – FRUTOS | 45 |
| CONCLUSIONES | 49 |
| REFERENCIAS | 56 |

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

I. – SUELOS DE PLATANERA DE LA PALMA

En la isla de La Palma la gran mayoría de las plantaciones de plátanos se hacen sobre terrazas fabricadas artificialmente, transportándose el suelo desde distancias más o menos largas, generalmente de zonas altas. Por ello, no puede hablarse desde un punto de vista puramente edafológico de la naturaleza de los suelos de plátanos, dada su profunda transformación por la mano del hombre. Estas diferencias de origen de los suelos implican necesariamente una gran variabilidad de sus características físico-químicas.

El pH de los suelos de la zona Sur de la isla destaca por presentar características neutras, mientras que los correspondientes a las plantaciones de la zona Norte y Este donde se ubican las plantaciones en estudio son algo más ácidos. Favorece esta elevada acidez, de una parte la climatología de esta zona, con altas precipitaciones de Iluvia, y de otra el empleo de aguas de riego con unos contenidos muy bajos en bicarbonatos.

El contenido de materia orgánica de los suelos es, en muchos casos, función de de la antigüedad de las plantaciones y las técnicas de cultivo, presentando la zona Sur menores porcentajes que el resto de las zonas.

Como los suelos vírgenes de La Palma presentan valores muy bajos de P asimilable, su contenido en los suelos cultivados es función de la antigüedad de las plantaciones, pues en general la fertilización fosfatada se realiza durante todo el cultivo y casi siempre en cantidades muy superiores a las necesidades reales de la planta. Las mayores concentraciones corresponden a la zona Oeste, con niveles de P entre 60 y 200 mg kg⁻¹.

El contenido en K de cambio de los suelos de platanera suelen ser elevados, así como las concentraciones de Ca, encontrándose desde 6 meq/100g hasta contenidos típicos de suelos calcáreos. Los valores de Mg de cambio oscilan entre 4 y 16 meq/100 g, manteniéndose una relación Ca/Mg del orden de 1,5 a 4,0, lo que supone que difícilmente puedan presentarse deficiencias de este elemento (Fernández Caldas et al., 1971; Bravo Rodríguez, 1974; Asprocan, 2012).

II.- NUTRICIÓN MINERAL DE LA PLATANERA DE LA PALMA

Las concentraciones foliares de nutrientes de las plataneras de la isla de La Palma, observadas en la bibliografía, se caracterizan por presentar valores elevados, dado que los agricultores aportan cantidades altas de fertilizantes y cuidan con esmero las plantaciones.

II.1.- Nitrógeno

Se ha señalado que los niveles de nitrógeno en las hojas, en general, son altos cuando se los compara con los de la bibliografía, variando entre 2,90 y 3,20 %. Estas altas concentraciones son debidas a los grandes aportes de fertilizantes nitrogenados por el agricultor.

II.2.- Fósforo

En cuanto al fósforo foliar se aportan datos que varían entre 0,11 y 0,22 %, que están estrechamente correlacionados con los contenidos de P de los suelos y la concentración de K en la planta. Se ha observado que existen correlaciones entre el P y el K en la planta, que no son de extrañar si se tiene en cuenta que ambos nutrientes se aplican al mismo tiempo en la fertilización ordinaria.

II.3.- Potasio

En la literatura se indican concentraciones medias de potasio entre 2,97 y 4,00 %. Los valores más bajos de K foliar corresponden a suelos con poco contenido de K de cambio; cuando este K se eleva, aumenta también el K foliar, de modo que se ha encontrado una correlación positiva altamente significativa entre ambas variables.

Por otra parte, se han manifestado interacciones negativas entre las concentraciones foliares de K y las de Ca y Mg, con coeficientes de correlación de alta significación.

II.4.- Calcio

La bibliografía sobre el Ca en las hojas muestra valores comprendidos entre 0,70 y 1,48 %, reflejando también fielmente lo que sucede en el suelo, ya que se ha encontrado una correlación positiva con el Ca de cambio. El pH del suelo también ejerce su influencia, dando lugar a rectas de regresión positivas de alta significación.

II.5.- Magnesio

En la literatura se encuentra que el Mg presenta concentraciones foliares entre 0,25 y 0,38 %. Estas concentraciones varían paralelamente con las de Ca a causa de la relación positiva que guardan con los contenidos de Ca y Mg de cambio del suelo.

II.6.- Cobre

Sobre el Cu se han encontrado datos en las hojas entre 17 y 20 mg kg⁻¹, coincidiendo, en general, las concentraciones más elevadas con los suelos más ácidos.

II.7.- Hierro

Niveles foliares entre 90 y 210 mg kg⁻¹ de Fe aparecen en la bibliografía, sin que haya una dependencia clara entre estos valores y el pH del suelo, probablemente a causa de los aportes frecuentes de hierro que recibe este cultivo.

II. 8.- Manganeso

El Mn foliar observado en la bibliografía se distribuye entre límites muy amplios (entre 55 mg kg⁻¹ y 482 mg kg⁻¹). La dependencia de la concentración de Mn respecto al pH del suelo se refleja en una correlación negativa altamente significativa entre ambas variables.

II. 9.- Zinc

Las concentraciones foliares de Zn indicadas en la literatura varían entre 18 y 29 ppm. Según los datos bibliográficos, más que del pH, la concentración foliar de Zn parece depender del contenido de Mg de cambio del suelo, pues dieron lugar a una correlación negativa altamente significativa. Este efecto depresivo del Mg de cambio sobre la absorción de Zn ha sido constatado por otros autores (Bravo Rodríguez, 1974; García et al., 1979).

III.- CIRCUNFERENCIA DEL PSEUDOTALLO DE PLATANERAS DE LA PALMA

Los cuidados que los agricultores palmeros dedican a la platanera se traduce en plantas de un tamaño considerable para el cultivar que se utiliza (Dwarf Cavendish), y por lo tanto en un grosor amplio del pseudotallo.

En el norte, los estudios realizados muestran que la circunferencia del pseudotallo presenta un valor del orden de 95 cm, mientras que en la sur alcanza los 98 cm, y es precisamente en esta región donde se obtienen los más altos rendimientos del archipiélago.

Aunque se ha señalado un valor medio de 98 cm, se han encontrado numerosas plantas que superan esta cantidad, llegando hasta 107 cm, que coinciden con las concentraciones más elevadas de K de cambio.

Esta tendencia concuerda perfectamente con la seguida por la concentración de K en la hoja. En efecto, se ha detectado una correlación positiva altamente significativa entre los valores de K de cambio del suelo y los de la circunferencia del pseudotallo.

De todo lo anterior se deduce que, a pesar del desarrollo extraordinario de este cultivo, la nutrición nitrogenada y potásica continúan gobernando la producción, incluso aunque esta última no sea un factor limitante (Bravo Rodríguez, 1974; García et al., 1979).

IV.- COMPOST Y SU UTILIZACIÓN EN PLATANERA

IV.1.- Propiedades del compost de residuos de platanera

Los desechos de platanera pueden utilizarse como inóculos de bacterias tales como *Azospirillum*, *Azotobacter* y bacterias solubilizadoras de P, para mejorar el comportamiento de la platanera y las propiedades físicas y biológicas de sus suelos (Rivera-Cruz et al., 2008). Estos autores encontraron que los desechos de platanera mejoraban la densidad de las bacterias solubilizadoras de P, la concentración de P asimilable y el porcentaje de P foliar. Por otra parte, se ha indicado (Loland y Singh, 2004) que el compost de residuos de plátanos puede ser adecuado para reducir la asimilabilidad del Cu por las plantas, así como su absorción.

Se han realizado estudios de la capacidad de suministro de nutrientes de los residuos de plátano, en combinación con materiales de leguminosas y gallinaza, al compostarse (Ultra et al., 2005). Las investigaciones incluyeron la composición química de compost basado en residuos de plátano con diez tratamientos en los que se incluyeron las leguminosas Sesbania rostrata, Flemingia macrophyla y Arachis hypogea, así como estiércol de gallina, durante un periodo de 16 semanas, analizándolos periódicamente. Estos autores observaron que las combinaciones de residuos de plátano con gallinaza, o con leguminosas, se descomponían mucho más que los residuos de plátano por separado, pues la utilización de leguminosas y/o gallinaza mejoraron notablemente el proceso de compostaje. Las pilas de compost se caracterizaron por un incremento del pH, N y P totales, y una disminución de K total, carbono total y relación C/N con el tiempo. Especialmente, los residuos de platanera junto con la gallinaza alcanzaron una razón C/N de 15 al cabo de 4 semanas, mientras que los residuos de platanera más los materiales de leguminosas llegaron a esta baja relación C/N entre las 8 y las 16 semanas. Para seguir la dinámica de la asimilabilidad del N, P y K, llevaron a cabo un estudio de incubación en invernado durante 6 meses, a un nivel de aplicación de 20.000 kg ha-1 de cada uno de los tratamientos. Las mejores mineralizaciones de N se obtuvieron en los tratamientos en que se usaron los residuos de plátanos más gallinaza o más leguminosas. Solamente la mezcla de residuos de plátanos más gallinaza dio una liberación significativamente superior de P. En cambio, las mayores cantidades de K de cambio se encontraron en los suelos que recibieron el compost de residuos de plataneras solamente.

IV.2.- Utilización de compost de origen diverso en la platanera

a) Efecto en el suelo

Entre los residuos generados en las explotaciones agropecuarias, el estiércol de bovino es uno de los que puede ser utilizado en la platanera, así como el de ovinos, gallinaza, etc. El aserrín de madera también es un residuo que puede ser aprovechado en el proceso de

compostaje, sirviendo como fuente de carbono, contando con que su descomposición es más lenta que los materiales basados en celulosa, que se descomponen más rápido en relación con las partes leñosas ricas en taninos (Larcher, 2000). Esta diferencia en el tiempo de descomposición de los residuos asegura un flujo continuo de nutrientes en el suelo.

También se ha recomendado la aplicación de materia orgánica humificada al suelo como una manera de controlar la toxicidad causada en los cultivos por ciertos elementos encontrados en cantidades por encima de lo normal, como Al, Fe y Mn, pues el humus tiene las propiedades de fijar, complejar o quelar estos elementos (Kiehl, 1985). En relación a la acidez del suelo, Hunter et al. (1995) y Wong et al. (1995) comentaron que la materia orgánica del suelo puede presentar un efecto semejante a una enmienda cálcica, corrigiendo la acidez y neutralizando los niveles tóxicos de Al. El aumento del pH del suelo debido a la aplicación de residuos orgánicos ha sido atribuido a la propia adsorción de H y Al en la superficie del humus (Hoyt y Turner, 1975). El abonado con compost de bovino y aserrín dio lugar a incrementos del pH, materia orgánica, P, Ca, suma de bases, capacidad catiónica de cambio y saturación de bases del suelo (Damatto et al., 2006b).

b) Efecto en la nutrición mineral y la producción

No son abundantes las publicaciones que tratan el tema del efecto del compost sobre la nutrición mineral y la producción de la platanera. En este punto trataremos los resultados obtenidos por Damatto et al. (2006a).

Estos investigadores realizaron experiencias con seis dosis crecientes de compost de estiércol de vaca, a razón de 0 hasta 17 kg de compost por planta, en un marco de plantación de 2,5 m x 2,5 m. Las muestras de hojas fueron tomadas en el momento del florecimiento de las plantas, según el sistema internacional, encontrando que el orden de concentración de macroelementos fue el siguiente K>N>Ca>Mg>P. Los contenidos de N y P fueron normales, de acuerdo con la literatura (Raij et al., 1997) sin que hubiese diferencias entre los tratamientos. Los contenidos de K presentaron una media de 31 g kg-1, por debajo del sugerido por los autores anteriores, aunque en ningún momento se observaron síntomas de deficiencia de este nutriente, lo que se acerca a las indicaciones de Malavolta (1979) quien sugiere que los contenidos adecuados de K foliar serían de 27 g kg⁻¹, y que las deficiencias aparecerían por debajo de 20 g kg⁻¹. Tampoco observaron diferencias en los niveles de K entre los tratamientos. Este comportamiento también apareció con el Ca foliar, cuyos valores concordaron con los de Jones et al. (1991). Los mayores contenidos foliares de Mg (3,4 g kg⁻¹) fueron encontrados en el tratamiento que recibió la mayor dosis de compost, mostrando que el compost es una buena fuente de provisión de este nutriente. Los parámetros de producción como el peso del racimo, número de frutos por racimo, número de manos por racimo, peso de la segunda mano, largo y diámetro de los frutos no fueron influenciados por los tratamientos, pero los rendimientos superaron a los obtenidos comúnmente.

c) Efecto en la calidad del fruto

También existen muy pocas referencias sobre este tema. Nyanjage et al (2001), comparando las propiedades de plátanos cultivados ecológicamente con otros manejados por el sistema normal, indicaron que los plátanos ecológicos se maduraban más rápido, tenían una razón del peso pulpa: cáscara más baja, así como menor impedancia. Por otra parte, Caussiol y Joyce (2004) encontraron ligeras diferencias, y no consistentes, en el peso de la cáscara, su color, el peso fresco de la fruta, la firmeza de la pulpa, su acidez, la coloración del almidón y el contenido de sólidos solubles de plátanos de fincas ecológicas. Paneles de degustadores no entrenados no determinaron diferencias en el sabor entre la fruta obtenida ecológicamente y la cultivada normalmente.

V. UTILIZACIÓN DE PURINES

V.1.- Efectos de los purines sobre las propiedades físico-químicas de los suelos

Durante los últimos años, el impacto medio ambiental de la agricultura ha asumido cada vez mayor importancia, y se han dictado nuevas leyes y directivas que limitan el máximo de purines que se pueden aplicar (Provolo, 2005). La utilización sostenible de purines como fertilizante debe evitar la liberación rápida de elementos fertilizantes y reducir su impacto medio ambiental asociado (Vervoort et al., 1998).

Aunque la aplicación de purines se relaciona a menudo con el riesgo de pérdidas de nutrientes por escorrentía o drenaje, afectando a la calidad del agua freática, Mellek et al. (2010) estudiaron sus beneficios sobre las condiciones físicas del suelo y su distribución en suelos tropicales y subtropicales no sometidos a laboreo. Aplicaron purines de vaca, a razón de 0, 60, 120 y 180 m³ por ha y por año. En los primeros 5 cm de suelo, hubo una disminución de densidad del suelo con la dosis de 180 m³, aumentó la macroporosidad y se incrementó el diámetro de los agregados estables al agua, así como se acrecentó cerca de cinco veces la conductividad hidráulica, todo ello en comparación con los suelos que no recibieron purines. Una tendencia similar la encontraron en los 5 a 10 cm de profundidad del suelo, pero no observaron alteración ninguna a partir de los 10 a 20 cm. El C total anual aumentó casi linealmente con el incremento de la dosis de purines. En general, sus observaciones sobre la mejora estructural e hidráulica dio una base para la posibilidad de la aplicación de purines para disminuir, a largo plazo, la escorrentía y las pérdidas de nutrientes asociadas con suelos de textura gruesa, contribuyendo así a mitigar los problemas de eutrofización del agua.

En un estudio de suelo plantado con maíz durante 40 años y al que se le añadió estiércol, o purines más fertilizantes minerales, o fertilizantes minerales solos o ninguna fertilización

(control), Nardi et al. (2004) encontraron que el carbono orgánico total se mantuvo con la aplicación de estiércol, disminuyó un 23 % cuando el suelo recibió purines más fertilizantes minerales, bajó un 43 % con minerales solos, y disminuyó al 51 % en el control. Por otra parte, el humus contenía más sustancias similares a las auxinas y giberelinas en los tratamientos con estiércol o purines, así como más nitrato-reductasa y glutamina-sintetasa, que proporcionan mayor actividad al humus.

V.2.- Efectos de los purines sobre los cultivos

Según Yolcu (2011), la aplicación de estiércol de vaca, o purines o fertilizantes químicos tuvo efectos significativamente mejores que el control en la producción de materia seca, peso seco de las hojas y del tallo, así como en el contenido de proteína bruta, rendimiento de proteína bruta, y contenido de minerales del chicharón.

La comparación del poder fertilizante de los purines de vaca frente a fertilización mineral con NPK (Parsons et al., 2007) dio lugar a más alta absorción de P y mejores rendimientos en trigo, maíz y soja con los fertilizantes químicos. Asimismo, el trigo recobró más K con esta fertilización que con purines, aunque éstos aumentaron el K y el Ca del suelo. Con purines, los resultados indicaron que la absorción de Ca por el trigo puede dificultarse por competición con K, y que el potasio aumenta en el suelo con el tiempo.

VI.- EL FRUTO DE LA PLATANERA Y SU CALIDAD

VI. 1.- Caracterización física

La longitud, diámetro y porcentaje de humedad de frutos de plataneras 'Pequeña Enana', cultivadas al aire libre, en invernadero o siguiendo el sistema ecológico fueron determinadas por Forster et al. (2002) en Tenerife. Mientras que la longitud (media de 16,06 cm) y el porcentaje de humedad (media de 77,76 %) de los convencionales fueron superiores que los niveles de los plátanos ecológicos (medias de 13,61 cm y 75,34 %, respectivamente), el diámetro de los frutos fue similar (3,85 de media en convencionales y 3,63 de media en ecológicos).

VI. 2.- Caracterización química

Generalidades

El pH del fruto puede decrecer a medida que madura (Damatto et al., 2005), pero vuelve a aumentar a partir de aproximadamente la mitad del ciclo de maduración hasta el final. En cuanto a la acidez total titrable, estos autores observaron un comportamiento contrario al del pH. El contenido de sólidos disueltos va aumentando con la maduración, alcanzando el máximo de 28,9 Brix en el último día del proceso.

Durante la maduración del plátano (Hubbard et al., 2009) hay una conversión masiva de almidón a sacarosa. Estos autores observaron un notable aumento de actividad de la sacarosa fosfato sintasa a partir del cuarto día de iniciar la maduración con etileno. Por otra parte la cantidad acumulativa de dióxido de carbono respirado durante la maduración se relacionaba directamente con la acumulación de azúcar. Zhang et al. (2005) detectaron que, a partir del punto 7 de la tabla internacional de colores de plátanos cosechados (Lii et al., 1982), el almidón disminuía hasta un 6,3 %, cerca de una décima parte del que había en la etapa verde (61.7 %). En cambio, los azúcares reductores pasaban de 0,2 % en el estado verde al 31,2 % en el punto 7, mientras que la sucrosa aumentaba de 1,2 a 51,9 %.

La cantidad de proteína, medida por Mahapatra et al. (2012), dio una media de 1,09 %, mientras que la proporción máxima de ácido ascórbico/vitamina C alcanzó 8,7 mg/100g. Forster et al. (2002) determinaron 1,55 % de proteína en plátanos de Tenerife cultivados convencionalmente, y 1,30% en los ecológicos, aunque las diferencias no fueron significativas; en cambio, la cantidad de ácido ascórbico fue claramente superior en los plátanos ecológicos (12,60 mg/100g) que en los convencionales (10,24 mg/100g). Los contenidos de cenizas fueron muy similares en los plátanos de ambos sistemas de cultivo (1,05 %), así como los niveles de fibra total (2,35 a 2,63 %) y fibra insoluble (1,38 a 1,57 %).

Sustancias lipofílicas de gran interés se encuentran en el fruto de la platanera enana (Oliveira et al, 2008). Los ácidos grasos representan entre el 20 y el 90 % del extracto lipofílico, con los ácidos linoléico, linólico y oléico, así como omega-3. Varios esteril-glucósidos se encontraron también en cantidades elevadas (888 mg/kg), este conjunto de fitoquímicos abren una nueva estrategia para el valor del plátano con fines dietéticos y aditivos de alimentos.

En lo que se refiere al contenido de macronutrientes (Na, K, Ca, Mg y P) y micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn y B), Hardisson et al. (2001) observaron que los plátanos de la zona norte de Tenerife eran más ricos en K, Mg, P, Fe, Cu, Zn y B que los de la zona sur, pero éstos presentaban más Ca. Por otra parte, concluyeron que los plátanos proporcionan los requerimientos diarios de K, Mg, Cu y B en la dieta de una persona. Las medias que obtuvieron fueron 0,24 % para el Na, 1,62 % de K, 1,51 % de Ca, 0,26 % de Mg, y en microgramos por gramo, 5,87 de Cu, 12,9 de Zn, 55,3 de Mn, 26,1 de B y 81,5 de Fe. Estos valores están en consonancia con los obtenidos por Fernández-Falcón et al. (1980).

Actividad antioxidante

La vitamina C ha sido considerada como el principal antioxidante de las frutas. Sin embargo, Wang et al. (1996) han indicado que la contribución estimada de la vitamina C a la actividad antioxidante total es baja. De acuerdo con esto, Sun et al. (2002) han encontrado que en los plátanos esta vitamina solamente representa el 1,58 % de la actividad antioxidante total. Así, estos autores concluyen que la actividad antioxidante de las frutas se debe a una combinación de fitoquímicos, y no a la vitamina C. Como además observaron una relación lineal

directa altamente significativa entre los contenidos de fenoles y la actividad oxidante total, manifestaron que los fenoles pueden ser los contribuyentes más importantes a esta actividad.

Otros autores (Patthamakanokporn et al., 2008), también detectaron que la actividad antioxidante del plátano, con una media de 2,6, expresada como micromoles de equivalentes de trolox (derivado soluble en agua de la vitamina E) por g de fruta fresca, se correlacionó positivamente con el total de compuestos fenólicos (14 de media, expresados como mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g). Fu et al. (2011) detectaron una actividad antioxidante de 5,33, y un total de compuestos fenólicos de 57,13, muy por encima este último del indicado por los autores anteriores. Por otra parte, Fu et al. (2011) obtuvieron también una correlación directa entre la actividad antioxidante y los compuestos fenólicos, relación detectada también por Kevers et al., 2007), quienes, además, observaron que la capacidad antioxidante y el contenido total de fenoles disminuye significativamente a partir del segundo día de almacenamiento, estabilizándose posteriormente.

En general, se puede considerar que los plátanos son una buena fuente de antioxidantes, debido a sus contenidos de vitaminas C, E, beta-carotenos, así como polifenoles del tipo flavonoide como la catequina (Someyaa et al., 2002). García-Alonso et al. (2004) concluyeron que, de una serie de flavanoides que estudiaron, la catequina era la que se correlacionaba de forma significativa con la actividad antioxidante, lo que atribuyeron a que los otros flavanoides podían reaccionar sinérgica o antagónicamente con otras sustancias no conocidas que les impedían mostrar esta actividad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Elección de las fincas

Se escogieron una finca de plátanos al aire libre (1ª zona), en Puntallana, con el sistema de agricultura sostenible establecido con anterioridad, y otra cerca de ésta cultivada de forma convencional, que se riegan con aguas de similar calidad y mismo tipo de riego (aspersión).

También se escogieron una finca bajo invernadero, en la zona de Breña Baja (1ª zona), con el sistema de agricultura sostenible establecido con anterioridad, y otra cerca de ésta, también bajo invernadero, cultivada de forma convencional, que se riegan con aguas de similar calidad y mismo tipo de riego (aspersión).

El cultivar de plátanos estudiado en todas las fincas fue el de Pequeña Enana y los tipos de suelos eran Inceptisols Andepts.

Tratamientos

La fertilización de las dos fincas ecológicas consistió en la aplicación de 333 cc por planta y mes (4,0 l/planta/año) del producto orgánico líquido SEFEL (Sistema de elaboración de fertilizantes ecológicos líquidos), alternando cada uno de los dos tipos elaborados, mientras que las dos fincas convencionales aplicaron un protocolo de fertilizantes químicos.

Unidad experimental por finca

Desde el punto de vista estadístico, se realizaron cuatro repeticiones por plantación. Cada repetición consta de 20 hijos de similar estadio de crecimiento, en una misma parcela, por lo que para realizar el estudio se necesitaron 80 plantas (cuatro repeticiones) por finca.

Duración del estudio

Dos años.

Muestreos

Suelos

Se realizaron 3 muestreos: principio, al año y al final del estudio (2014, 2015 y 2016). Se tomó una muestra compuesta por cada repetición, a una profundidad de 30 cm. La muestra compuesta se cogerá al menos de tres lugares diferentes hasta completar como mínimo 750 g.

Foliares

Las muestras foliares (una banda de 20 cm a cada lado del nervio central, en la parte central de la lámina) de la tercera hoja más reciente completamente desarrollada, se tomaron

cada tres meses, desde que el hijo estaba en su primera etapa del desarrollo hasta la aparición del mismo.

Frutos

Para las determinaciones físico-químicas al final del segundo año del estudio se tomaron tres frutos de un mismo racimo de cada repetición, en el momento del corte de las piñas de los hijos marcados. Los frutos escogidos se corresponden con los tres dedos centrales de la segunda mano, contando a partir de la parte superior del racimo.

Purines (Tés)

Los tés se tomaron varias veces al año en las dos fincas tratadas con SEFEL. Su composición fue muy similar en todos los muestreos, por lo que en las tablas de resultados se expondrá un análisis anual de los mismos.

La metodología SEFEL persigue la elaboración de fertilizantes líquidos orgánicominerales mediante un proceso aeróbico aprovechando los recursos disponibles dentro del radio de influencia de las fincas en las que se aplica. Con esto se persigue dar salida a aquellos subproductos provenientes de otras actividades cercanas que sean susceptibles de utilizarse como fertilizantes propiciando de esta manera el cumplimiento de toda la normativa relativa al tratamiento de estos subproductos que en la mayoría de los casos son un problema para las explotaciones que los producen.

La diferencia fundamental que existe entre la elaboración de los tés de compost según el método "tradicional" y el método SEFEL radica en que en los primeros se utiliza el agua como base para la maceración, mientras que en el sistema SEFEL, son los purines procedentes de subproductos animales, que en el caso de la Isla de La Palma provienen en su mayoría de las granjas de ganado porcino situadas en la isla.

El método SEFEL ha sido patentado por Idelfonso Antonio Acosta Hernández (No. de solicitud de 201101258 y N° publicación de ES2405532, en la Oficina Española de Patentes y Marcas del Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

Otra característica importante es que, tanto los ingredientes como el proceso de elaboración de los tés elaborados mediante este sistema, cumplen con los requisitos contemplados por el Reglamento (CE) 834/2007el Consejo sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, por lo que es perfectamente utilizable en las explotaciones inscritas en el Registro de Operadores de Agricultura Ecológica (ROPE).

El sistema de elaboración de los tés mediante este método consiste en la obtención de dos tipos diferentes, en los que si bien la base de los ingredientes principales es la misma, difieren en los elementos minerales añadidos a cada uno de ellos, elaborándose así el denominado te de Calcio (Ca + Zn) y el denominado de té de potasa (K + Fe) (Huertas, 2014).

Ingredientes del té de compost SEFEL

- a) Té de Ca + Zn (Elaboración de una unidad de 1.000 litros).
 - 700 litros de purines (en el caso de La Palma de origen porcino).
 - 200 litros de sueros (obtenidos en las granjas de caprino de la isla como subproducto de la elaboración del queso).
 - 4 litros de agua oxigenada (peróxido de hidrógeno).
 - 10 Kg de melaza o azúcar.
 - 20 Kg de compost de calidad (origen variable).
 - 20 Kg de Lithothamnen (50% CaO)
 - 5 Kg de sulfato de Zinc.

Té de K + Fe (Elaboración de una unidad de 1.000 litros).

- 700 litros de purines (en el caso de La Palma de origen porcino).
- 200 litros de sueros (obtenidos en las granjas de caprino de la isla como subproducto de la elaboración del queso).
- 4 litros de agua oxigenada (Peróxido de hidrógeno).
- 10 Kg de melaza.
- 20 Kg de composta de calidad (origen variable).
- 25 Kg de Sulfato Potásico (Ecológico sin magnesio).
- 10 Kg de sulfato de hierro.
- b) Proceso de elaboración del té de compost según método SEFEL.

Los recipientes, denominados teteras, más comúnmente utilizados tienen una capacidad de 1.000 litros y están fabricados en plástico reforzado.



Foto 1. Tetera de 1.000 litros usada para la elaboración del té SEFEL.

Los sacos que contienen a los elementos sólidos se fabrican utilizando malla anti trips, a fin de que estos no pasen al té. Si bien existen diferentes variantes en cuanto a los acabados, un denominador común es que siempre cuentan con dos aperturas, una superior y otra inferior para facilitar su llenado y posterior vaciado, para así ser reutilizadas en varios usos.



Foto 2. Detalle del saco utilizado.



Foto 3. Sacos rellenos con la mezcla.



Foto 4. Colocación de los sacos en el interior de la tetera.

El proceso de elaboración es el siguiente:

 Se llenan las teteras con los purines, sueros y el agua oxigenada 24 horas antes de poner el resto de los ingredientes y comenzamos con el proceso de aireación a intervalos de 5 minutos.



Foto 5. Proceso de llenado de las teteras con purines provenientes de granja de porcino.

 Mezclamos y homogeneizamos los componentes sólidos de la receta (compost y fertilizantes minerales) para introducirlos en el interior de los sacos.

- Una vez transcurridas las 24 horas añadimos la melaza o azúcar y a continuación los sólidos (compost y fertilizantes minerales según receta) previamente mezclados e introducidos en los sacos. Normalmente se utilizan 4 sacos en cada tetera.
- Una vez introducidos todos los ingredientes se terminan de llenar las teteras con agua hasta un 95 % de su capacidad a fin de dejar un espacio libre en prevención de posibles desbordamientos durante el proceso de elaboración.
- Se continúa con el proceso de aireación a intervalos de 5 minutos durante un periodo que oscila entre los 12 a 15 días.





Foto 6. Soplador de aire.

Foto 7. Detalle tubos aireación.

Problemas más frecuentes:

En muchos casos los malos olores son debido a la falta de oxigenación durante el proceso, y por tanto proliferación de microorganismos anaeróbicos. Se solucionan aumentando la frecuencia de oxigenación en el temporizador, añadiendo a cada tetera de 1000l.: ½ litro de agua oxigenada y 2Kg. De melaza. Aumentamos el tiempo de elaboración en tres días.

Parámetros de desarrollo

Cada tres meses se tomaron medidas de los parámetros de crecimiento, desde que se marcaron las plantas hasta la floración. Para ello se escogieron 5 de los 20 hijos marcados por repetición, que estén en el mismo estadio de desarrollo, o sea, un total de 20 hijos por finca.

Los parámetros evaluados consistieron en: 1- Emisión de hojas, 2- Circunferencia del pseudotallo a 1 m del suelo, 3- Altura de la planta desde el suelo hasta la inserción de la hoja más nueva.

Parámetros de producción

En los hijos marcados para determinar los parámetros de desarrollo, se determinaron los parámetros de producción, que consistieron en: 1- Fecha de floración, 2- Fecha de corte, 3- Producción.

DETERMINACIONES A REALIZAR

Suelos

Textura (solamente en el primer muestreo), Ph, materia orgánica, N total, P asimilable, Ca, Mg, Na y K asimilables, conductividad eléctrica, porcentaje de saturación, cloruros, carbonatos y bicarbonatos, Ca, Mg, Na y K solubles, nitratos y nitritos.

Hojas

Determinación de los contenidos de N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn y Zn.

Raíces

Determinación de los contenidos de N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn y Zn

Frutos

Realizados en el IPNA

- Longitud del fruto medida por la parte convexa; diámetro medido a mitad del fruto; relación peso fresco Pulpa:Piel, días que se mantiene maduro sin estropearse.
- Cantidad de nutrientes (N total, P, K, Ca, Mg, Na, B, Fe, Mn, Cu, Zn) y nitritos.
- Porcentaje de humedad.

Realizados en La Universidad de Valencia Dirigido por la Dra. Dolores Raigón

Polifenoles totales, antioxidantes totales, % glucosa, % fructosa, % sacarosa, Azúcares totales, grados Brix, Acidez total, Licopeno, caroteno, carotenoide y % Fibra.

Tés

- N total, Carbono total, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, nitritos, nitratos, metales pesados.
- Determinación de patógenos en los Tés

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

I. - TÉS

Tabla 1.- Composición química de los tés utilizados en la platanera sostenible de Puntallana (al aire libre).

| Tratamientos | - ~ | g kg-1 | % | | mg l | ⟨g⁻¹ | g | kg ⁻¹ | | | mS/cm |
|--------------|------|--------|------|---|------------------|-----------------------|------|------------------|------|-----|-------|
| Tés | Año | N | M.O. | | P ₂ (| D ₅ | K | Z ₂ O | рН | | CE |
| K + Fe | 2014 | 7,53 | 3,1 | | 27,0 | | 3,1 | | 5,69 | | 36,7 |
| | 2015 | 6,2 | 2,9 | | 52 | 2 | 5 | 5,8 | 3,86 | | 17,9 |
| Ca + Zn | 2014 | 8,03 | 3,9 | | 25, | ,0 | 0 | ,74 | 5,69 | | 13,1 |
| | 2015 | 6,1 | 3,1 | | 66 | 6 | 1 | ,6 | 4,16 | | 7,71 |
| Tratamientos | | | | | | mg | kg-1 | • | | • | |
| Tés | Año | Na | CaO | I | MgO | F | е | Mn | C | u | Zn |
| | 2014 | 224 | 298 | | 109 | 15 | 23 | 2 | Tra | zas | 12 |
| K + Fe | 2015 | 386 | 732 | | 312 | 12 | 05 | 19 | Tra | zas | 125 |
| | 2014 | 207 | 458 | | 190 | 2 | 8 | 9 | Tra | zas | 28 |
| Ca + Zn | 2015 | 443 | 873 | | 181 | 1 | 8 | 10 | Tra | zas | 906 |

En Puntallana, los tés de K + Fe dieron lugar a contenidos notoriamente superiores de K y Fe que los de Ca + Zn en los dos años de estudio, comportamiento que era de esperar dado el proceso de elaboración de los mismos. Los niveles de N y M.O. son del mismo orden en ambos tipos de tés; estos valores son los más frecuentes encontrados en la elaboración de estos productos por este equipo de investigación (Hernández et al., 2015; Huertas, 2015). Por su parte, los contenidos de fósforo son realmente bajos teniendo en cuenta las aportaciones que se hacen a la platanera cultivada de forma convencional. Los índices de pH son similares en ambos modelos de tés presentando características ácidas, mientras que las conductividades eléctricas son muy diferentes en ambos fertilizantes orgánicos, siendo siempre superiores en los de K+Fe. Como era de esperar los valores de Ca son siempre superiores en el SEFEL enriquecido con Ca, ocurriendo lo mismo para el Zn.

Tabla 2.- Composición química de los tés utilizados en la platanera sostenible de Breña Baja (Invernadero).

| Tratamientos Tés | Año | g kg ⁻¹ | % | mgkg ⁻¹ | | g kg ⁻¹ | | mS/cm CE |
|---------------------|------|--------------------|------|-------------------------------|---------------------|--------------------|--------|-------------|
| | | N | M.O. | P ₂ O ₅ | C/N | K ₂ O | pН | |
| K + Fe | 2014 | 10.1 | 3.4 | 51.6 | 0.24 | 34,2a | 5,4 | 31,3a |
| | 2015 | 9.5 | 3.2 | 38.7 | 0.22 | 31.0a | 5.9 | 36,8a |
| Ca + Zn | 2014 | 11.0 | 4.9 | 50.5 | 0,26 | 3,6b | 5,6 | 11,6b |
| | 2015 | 9.9 | 3.0 | 39.4 | 0.18 | 2,0b | 5,8 | 10,8b |
| Tratamientos | | | | | mg kg ⁻¹ | | | |
| Tés | Año | Na | CaO | MgO | Fe | Mn | Cu | Zn |
| | 2014 | 704 | 426 | 699 | 935 | 12 | trazas | 14 |
| K + Fe | 2015 | 983 | 986 | 288 | 3100 | 5 | trazas | 15 |
| | 2014 | 776 | 1400 | 455 | 10 | 9 | trazas | 633 |
| Ca + Zn | 2015 | 581 | 1233 | 370 | 18 | 6 | trazas | 713 |

En Breña baja, los niveles de N son ligeramente superiores a los de Puntallana posiblemente debido a que la presencia de M.O. es también mayor. En ambos años, las concentraciones de potasio en el té de K muestran valores superiores que en el observado en la zona de Puntallana debido a que en su elaboración se enriquecieron con mayores cantidades de este nutriente. Tanto el fósforo, Ca, Fe y Zn así como los índices de pHs y C.E. muestran la misma tendencia que la comentada para Puntallana, mientras los de Mg son mayores.

Aparte de los datos anteriores, en todos los tés se determinaron los elementos pesados cadmio, mercurio, plomo, paladio, selenio, níquel, molibdeno y cobalto, así como el contenido de nitratos y nitritos. Todos estos elementos no fueron detectados según el método oficial de análisis. Asimismo, al final del proceso de elaboración de los tés se determinaba la presencia o ausencia de los microrganismos Salmonella, Escherichia coli, Helmintos y Balantidium, resultando en todos los casos ausencia de los mismos.

II. – FERTILIZACIÓN

Teniendo en cuenta que la cantidad de SEFEL que se aplica generalmente es de unos 4 litros por planta, las unidades de fertilizantes (macronutrientes) que recibieron anualmente las plantas a través del sistema SEFEL y del sistema convencional figuran en la siguiente tabla:

Tabla 3.- Cantidad media de unidades de fertilizantes aplicados por Ha/año

| | | Ha/ | año | |
|--------------|--------|-------------------------------|--------|--------|
| Tratamiento | N | P ₂ O ₅ | K₂O | CaO |
| Convencional | 250 kg | 162 kg | 540 kg | 196 kg |
| Ecológico | 36 kg | 2 kg | 63 kg | 4 kg |

Se observan las enormes diferencias en la cantidades de nutrientes aplicados por ambos sistemas, ya que el tratamiento convencional aporta mucho mayor cuantía en todos ellos.

III. - SUELOS

PUNTALLANA (Aire libre)

Los suelos de ambas fincas son suelos de textura arcillosa con alta capacidad de retención de agua y nutrientes. Muestran contenidos altos en fósforo asimilable (Tabla 4), sobre todo los de la finca convencional pues se diferencian significativamente de los tratados con SEFEL en los tres muestreos realizados (años 2014-2015-2016) (Tabla 4).

Tabla 4.- Análisis químico de los suelos de Puntallana. Aire libre

| Muestreo | Tratamiento | рH | ppm P ₂ O ₅ | % M.O. | N | Са | meq/ | 100 g K | Na | % Sat | dS/m C.E | meq/100 g |
|----------|-------------|------|-----------------------------------|-----------|------|------|------|------------|------|----------|-------------|---------------|
| Marzo | SEFEL | 6.6b | 227b | 4.1 | 0.27 | 21.5 | 6.6 | 1.8b | 0.9 | 65 | 0.93 | C.I.C. 49a |
| 2014 | CONV | 7.5a | 364a | 5.9 | 0.35 | 21.2 | 8.3 | 2.4a | 1.1 | 54 | 0.73 | 42b |
| Marzo | SEFEL | 6.2b | 234b | 4.1 | 0.31 | 21.7 | 7.4 | 1.8b | 0.9 | 64 | 1.10 | 51a |
| 2015 | CONV | 6.9a | 306a | 4.2 | 0.29 | 17.9 | 7.7 | 4.1a | 1.0 | 59 | 0.80 | 43b |
| Marzo | SEFEL | 6.9b | 208b | 4.0 | 0.31 | 27.5 | 8.0 | 2,6b | 0,94 | 52 | 0.73 | 53a |
| 2016 | CONV | 7.7a | 289a | 3.7 | 0.29 | 25.7 | 8.2 | 5.9a | 0.70 | 61 | 0.77 | 45b |

Datos dentro de una misma fecha y columna seguidos por diferentes letras son significativamente diferentes a P = 0.05

Los índices de pH están cercanos a la neutralidad, y son significativamente más bajos en los suelos fertirrigados con SEFEL. Por su parte, las concentraciones de K muestran siempre valores significativamente mayores en el tratamiento convencional. Los demás parámetros analizados no muestran diferencias importantes entre ambos tipos de tratamientos, exceptuando la capacidad de intercambio catiónica (C.I.C.) donde aparece siempre significativamente superior en la finca tratada con SEFEL, a pesar de tener ambas fincas concentraciones parecidas en M.O., parámetro que está muy relacionado con los valores de C.I.C. Hay que tener en cuenta que cuanto mayor sea esta «capacidad» mayor será la fertilidad natural del suelo.

En el último de los muestreos se determinó el contenido en nitratos y nitritos de los suelos en ambos tratamientos (Tabla 5):

Tabla 5.- Análisis de nitratos y nitritos en los suelos de Puntallana. Aire libre. Marzo 2016

| | | mg. | kg ⁻¹ |
|------------|--------------|----------|------------------|
| Muestreo | Tratamiento | Nitritos | Nitratos |
| | SEFEL | 4.1b | 11.9b |
| Marzo 2016 | CONVENCIONAL | 22.0a | 45.4a |

Datos dentro de una misma columna seguidos por diferentes letras son significativamente diferentes a P= 0.05

Se observa como las concentraciones de ambos aniones son significativamente mucho más altas en el suelo de la finca tratada convencionalmente, principalmente debido a la tasa de fertilización nitrogenada que se le aplica al cultivo por este sistema.

BREÑA BAJA (Invernadero)

Al igual que lo suelos de las fincas de Puntallana, aquí también los suelos muestran carácter arcilloso. Presentan índices de pH cercanos a la neutralidad, muy parecidos a los de Puntallana, aunque en este caso no se presentan diferencias notorias entre tratamientos (Tabla 6).

Tabla 6.- Análisis químico de los suelos de Breña Baja. Invernadero

| Muestreo | Tratamiento | рН | ppm P ₂ O ₅ | % M.O. | N | Са | meq/1 | 00 g K | Na | % Sat | dS/m | meq/10 0 g C.I.C. |
|----------|-------------|------|-----------------------------------|-----------|------|-------|-------|-----------|-------|----------|-------|-------------------------|
| Marzo | SEFEL | 7.1 | 102b | 5.8a | 0.4a | 16.7b | 6.7 | 1.0b | 1.3 | 63 | 0.72b | 49a |
| 2014 | | 2.8b | 0.1b | 25.8a | 7.8 | 5.8a | 1.0 | 59 | 2,07a | 39b | | |
| Marzo | SEFEL | 7.3 | 148b | 5.1a | 0.4a | 17.4b | 7.2 | 3.2b | 1.4 | 59 | 1.20b | 52a |
| 2015 | CONV | 7.4 | 369a | 2.1b | 0.1b | 25.2a | 8.1 | 6.6a | 1.1 | 60 | 2.60a | 42b |
| Marzo | SEFEL | 7.3 | 159b | 6.0a | 0.4a | 12.8b | 5.5 | 2.4b | 0.8 | 52 | 1.11b | 50a |
| 2016 | CONV | 7.6 | 208a | 4.6b | 0.2b | 15.2a | 6.0 | 4.6a | 0.7 | 60 | 2.00a | 40b |

Datos dentro de una misma fecha y columna seguidos por diferentes letras son significativamente diferentes a P = 0.05

Los contenidos de P asimilable también aparecen aquí a concentraciones elevadas, y al igual que en Puntallana los suelos tratados con SEFEL muestran concentraciones significativamente menores en este elemento que los tratados de forma convencional en los tres años muestreados. Los niveles de M.O. si presentan diferencias notorias entre ambas fincas mostrando los suelos tratados con SEFEL valores significativamente mayores, lo que podría explicar los superiores niveles de N total, a favor de este último, encontrados en los muestreos. En esta zona de Breña Baja bajo invernadero, los suelos tratados con SEFEL muestran contenidos de Ca y de K (en los tres muestreos) significativamente inferiores a los del tratamiento convencional. Asimismo aparecen ya conductividades eléctricas sensiblemente inferiores en los suelos tratados ecológicamente, y como ocurre en Puntallana aquí también siguen mostrando los suelos de SEFEL Capacidades de Intercambio mucho más elevadas que las de los suelos convencionales en los tres años de muestreo realizados.

Al igual que en las fincas de Puntallana, en el último de los muestreos en las fincas de Breña Baja se determinó el contenido en NO₂- y NO₃- en ambos tratamientos (Tabla 7), encontrándose también en este caso que los valores de ambos parámetros son significativamente menores en la finca ecológica.

Tabla 7.- Análisis de nitratos y nitritos en los suelos de Breña Baja. Invernadero. Marzo 2016

| | | mg. | kg ⁻¹ |
|------------|--------------|----------|------------------|
| Muestreo | Tratamiento | Nitritos | Nitratos |
| | SEFEL | 0.38b | 10.0b |
| Marzo 2016 | CONVENCIONAL | 8.4a | 58.7a |

Datos dentro de una misma columna seguidos por diferentes letras son significativamente diferentes a P= 0.05

Estos niveles de nitratos encontrados en las fincas ecológicas son del mismo orden que los señalados por Alvarez et al. (2000) y Aruane et al., (2007) que cifran un intervalo entre 13 y 22 mg kg⁻¹. Es sabido que un exceso de nitratos tiene innegables repercusiones en el medio ambiente, amenazando el equilibrio en tierra, mar y aire. Los nitratos son altamente solubles y no son retenidos por las cargas negativas de los coloides del suelo, de modo que se mueven libremente con el agua de drenaje, a través del perfil, hacia los acuíferos En estos medios los nitratos también actúan como fertilizantes de la vegetación acuática de tal manera que, si se concentran, pueden originarse la eutrofización del medio. Además de producir efectos negativos al medio ambiente, los nitratos representan un problema de salud pública, cuando son ingeridos en concentraciones mayores a 10mg/L (FIAPA 2006). En forma creciente, la agricultura es vista como un gran contribuyente a las emisiones de gases de efecto invernadero, emisiones que manejan el potencial de calentamiento global. Los fertilizantes nitrogenados que se utilizan han sido señalados como el principal factor (Boixadera y Cortés, 2000; Snyder et al., 2007).

IV. - HOJAS

PUNTALLANA (Aire libre)

A pesar de que los niveles de fósforo en los suelos si muestran diferencias significativas, las concentraciones de este elemento en hojas en ambas fincas y tratamientos muestran concentraciones del mismo orden en todos los muestreos realizados en los dos ciclos de cultivo, posiblemente debido a que, en ambos casos, las concentraciones de P en suelo son lo suficientemente altas como para suministrar las necesidades que requiere la planta (Tablas 8 y 9).

Tabla 8.- Análisis de hojas Puntallana (Aire libre). 1er ciclo

| | | | 1 | g.kg ⁻¹ | 1 | | mg.kg ⁻¹ | | | | | |
|-----------------|-------------|------|----------|--------------------|----------|------|---------------------|------|------|-----|------|--|
| Fecha | Tratamiento | N | Р | K | Са | Mg | Na | Fe | Mn | Zn | Cu | |
| Febrero 2014 | SEFEL | 29.9 | 1.2 | 34.2 | 8.1 | 4.6b | 88b | 117 | 482a | 94a | 8.3a | |
| | CONV | 29.6 | 1.2 | 34.4 | 8.6 | 8.6a | 136a | 137 | 117b | 46b | 7.3b | |
| Mayo 2014 | SEFEL | 30.0 | 1.3 | 33.6 | 7.1 | 3.2b | 140a | 105 | 382a | 26a | 6.0 | |
| | CONV | 30.5 | 1.3 | 35.4 | 8.0 | 3.9a | 105b | 146 | 149b | 19b | 6.1 | |
| Julio 2014 | SEFEL | 29.7 | 1.6 | 29.1 | 5.8 | 2.0b | 185b | 118a | 444a | 20 | 6.0 | |
| | CONV | 30.7 | 1.6 | 30.7 | 5.6 | 2.8a | 228a | 105b | 69b | 19 | 7.0 | |
| Octubre | SEFEL | 29.7 | 1.6 | 29.1 | 5.8 | 2.0b | 185b | 118a | 444a | 20 | 6.0 | |
| 2014 | CONV | 30.7 | 1.6 | 30.7 | 5.6 | 2.8a | 228a | 105b | 69b | 19 | 7.0 | |
| Dic 2014 | SEFEL | 32.8 | 1.6 | 25.4 | 5.0 | 2.3b | 190 | 160a | 274a | 25 | 6 | |
| | CONV | 35.6 | 1.6 | 26.9 | 4.5 | 2.8a | 181 | 88b | 62b | 22 | 8 | |
| Febrero 2015 | SEFEL | 29.0 | 1.1 | 24.0b | 5.8 | 2.4b | 118b | 111a | 224a | 23 | 6.8b | |
| | CONV | 29.6 | 1.1 | 28.5a | 6.7 | 3.4a | 126a | 98b | 83b | 20 | 9.0a | |

Datos dentro de una misma fecha y columna seguidos por diferentes letras son significativamente diferentes a P = 0.05

Tabla 9.- Análisis de hojas Puntallana (Aire libre). 2º ciclo

| | | | | g.kg ⁻¹ | | | | n | ng.kg ⁻¹ | | |
|---------------|-------------|-------|-----|--------------------|------|-------|-------|------|---------------------|-----|-------|
| Fecha | Tratamiento | N | Р | K | Са | Mg | Na | Fe | Mn | Zn | Cu |
| Marzo 2015 | SEFEL | 28.8 | 1.5 | 32.4b | 7.7 | 2.9b | 112b | 165a | 194a | 21b | 6.0b |
| | CONV | 31.1 | 1.6 | 36.4a | 8.4 | 3.9a | 270a | 107b | 69b | 37a | 14.8a |
| Mayo | SEFEL | 32.3a | 1.4 | 28.9b | 6.4b | 2.7b | 111b | 108a | 106 | 27 | 9.3 |
| 2015 | CONV | 29.5b | 1.4 | 34.0a | 8.1a | 3.6a | 216a | 87b | 109 | 27 | 8.6 |
| Julio 2015 | SEFEL | 31.0 | 1.4 | 28.8b | 6.9 | 2.6 | 89b | 118 | 300a | 24 | 4.7 |
| | CONV | 32.1 | 1.6 | 31.1a | 6.0 | 3.0 | 112a | 118 | 226b | 22 | 7.7 |
| Octubre | SEFEL | 30.5 | 1.6 | 27.6b | 6.4 | 3.0 | 53b | 146a | 306a | 40a | 4.0 |
| 2015 | CONV | 29,5 | 1.6 | 30.2a | 6.1 | 3.6 | 84a | 55b | 62b | 21b | 5.2 |
| Dic 2015 | SEFEL | 30.3 | 1.4 | 33.0 | 9.9 | 2.9 b | 76 a | 61 | 276a | 24 | 6 |
| | CONV | 29.3 | 1.4 | 33.7 | 7.6 | 4.1 a | 166 b | 77 | 77b | 22 | 8 |
| Marzo | SEFEL | 3,0 | 1,4 | 33,0 | 6,9 | 2,9 | 166b | 61a | 276 | 24 | 6 |
| 2016 | CONV | 2,9 | 1,5 | 34,7 | 6,9 | 3,3 | 429a | 53b | 77b | 26 | 5 |

Datos dentro de una misma fecha y columna seguidos por diferentes letras son significativamente diferentes a P = 0.05

En cambio, el Mg no presentando diferencias en los suelos en la mayor parte de los muestreos si muestra concentraciones significativamente más bajas en las hojas de las plantas tratadas con SEFEL que en las convencionales, mientras que para el K ocurre lo mismo pero no de forma constante en el tiempo. Un hecho importante a destacar es que en todos los muestreos, exceptuando el de Mayo 1^{er} ciclo, las concentraciones de Na en hoja son siempre significativamente inferiores en las plantas tratadas con SEFEL, a pesar de no existir diferencia de este elemento en los suelos. Parece como si los componentes del SEFEL dosificaran de alguna forma indirecta la entrada de Na en la planta (Capacidades de Intercambio Catiónico mayores, mejor distribución del agua en el suelo observada, etc) (Provolo,et al., 2010). Por su parte, el nutriente Ca no presenta diferencias notorias entre tratamientos en la mayor parte de

los muestreos realizados. En general, a partir del tercer muestreo, el micronutriente Fe empieza a mostrar valores significativamente superiores en las plantas tratadas orgánicamente en la mayor parte de los muestreos. Similar comportamiento lo experimenta el Mn pues, exceptuando en uno de los muestreos (Mayo 2015), en el resto de ellos exhibe niveles significativamente superiores en las plantas tratadas con SEFEL. Los demás micronutrientes no experimentan diferencias apreciables y constantes en el tiempo entre tratamientos.

BREÑA BAJA (Invernadero)

Al igual que sucede en Puntallana, mientras que los niveles de fósforo en los suelos si muestran diferencias significativas, las concentraciones de este elemento en hojas en ambas fincas presentan valores del mismo orden en todos los muestreos (Tablas 10 y 11).

Tabla 10.- Análisis de hojas Breña Baja (Invernadero). 1er ciclo

| | | | 1 | g.kg ⁻¹ | | | mg.kg ⁻¹ | | | | |
|-----------------|-------------|------|----------|--------------------|-------|------|---------------------|-------|------|----|------|
| Fecha | Tratamiento | N | Р | K | Ca | Mg | Na | Fe | Mn | Zn | Cu |
| Febrero | SEFEL | 22.4 | 1.3 | 31.0b | 6.9b | 8.5 | 87b | 133a | 240b | 79 | 9.7 |
| 2014 | CONV | 26.1 | 1.2 | 34.1a | 9.4a | 8.5 | 146a | 107b | 370a | 77 | 7.0 |
| Mayo 2014 | SEFEL | 31.0 | 1.3 | 35.4 | 6.7b | 3.4 | 66b | 149a | 123 | 20 | 5.8 |
| | CONV | 31.4 | 1.3 | 35.0 | 8.8a | 3.7 | 156a | 89b | 122 | 21 | 4.7 |
| Julio 2014 | SEFEL | 25.9 | 1.4 | 31.0 | 7.0b | 3.2 | 114b | 81.3b | 185b | 21 | 4.8 |
| | CONV | 27.0 | 1.4 | 29.0 | 10.5a | 3.1 | 204a | 125a | 227a | 20 | 4.3 |
| Octubre 2014 | SEFEL | 30.9 | 2.0a | 27.8 | 5.0b | 2.6a | 188b | 98 | 222b | 22 | 8.8a |
| | CONV | 32.5 | 1.6b | 27.7 | 6.7a | 2.3b | 204a | 101 | 252 | 20 | 6.0b |
| Dic2014 | SEFEL | 27.9 | 1.9 | 27.3 | 4.7b | 2.7 | 173b | 105a | 99b | 29 | 9.0 |
| | CONV | 30.9 | 1.8 | 25.7 | 6.5a | 2.8 | 732a | 94b | 225a | 21 | 5.5 |
| Febrero | SEFEL | 25.6 | 1.0 | 22.8 | 5.9 | 2.9 | 115b | 136a | 129b | 22 | 7.7 |
| 2015 | CONV | 28.4 | 1.0 | 24.2 | 6.8 | 2.8 | 398a | 90b | 169a | 24 | 6.7 |

Datos dentro de una misma fecha y columna seguidos por diferentes letras son significativamente diferentes a P = 0.05

Tabla 11.- Análisis de hojas Breña Baja (Invernadero). 2º ciclo

| | | | | g.kg ⁻¹ | | | | | mg.l | ⟨g ⁻¹ | |
|--------------|-------------|-------|-----|--------------------|------|------|------|------|------|------------------|------|
| Fecha | Tratamiento | N | Р | K | Са | Mg | Na | Fe | Mn | Zn | Cu |
| Marzo | SEFEL | 24.4b | 1.1 | 32.9 | 6.2b | 3.4b | 169b | 124a | 84b | 44a | 6.5b |
| 2015 | CONV | 27.3a | 1.5 | 33.5 | 9.2a | 3,9a | 599a | 78b | 172a | 28b | 7.5a |
| | SEFEL | 27.0 | 1.4 | 29.1 | 5.1b | 3.0b | 149b | 88 | 103 | 25 | 7 |
| Mayo 2015 | CONV | 29.1 | 1.5 | 26.9 | 7.4a | 3.4a | 299a | 86 | 126 | 22 | 6 |
| Julio | SEFEL | 29.0b | 1.6 | 28.2 | 5.4b | 2.9 | 71b | 74 | 211 | 21 | 5.3 |
| 2015 | CONV | 34.2a | 1.6 | 28.1 | 8.3a | 3.2 | 213a | 91 | 258 | 16 | 4.3 |
| Octubre | SEFEL | 28.0b | 2.0 | 30.1 | 6.1 | 3.6 | 23b | 105a | 273 | 33 | 6.2a |
| 2015 | CONV | 30.7a | 1.6 | 30.2 | 7.5 | 2.9 | 94a | 82b | 279 | 29 | 4.3b |
| Dic 2015 | SEFEL | 28.7 | 1.3 | 27.1b | 9.0a | 4.0a | 56 b | 67 | 147 | 21 | 6a |
| | CONV | 29.2 | 1.5 | 34.7a | 6.9b | 3.3b | 429a | 54 | 215 | 26 | 5b |
| Marzo | SEFEL | 2,9 | 1,3 | 27,1 | 9,0 | 4,0 | 56b | 77a | 147 | 21 | 6 |
| 2016 | CONV | 2,9 | 1,4 | 33,7 | 7,6 | 4,0 | 76a | 69b | 276 | 22 | 8 |

Datos dentro de una misma fecha y columna seguidos por diferentes letras son significativamente diferentes a P = 0.05

En general, tampoco se aprecian diferencias entre tratamientos en lo que al N y K se refiere. Las concentraciones de Ca en muchos de los muestreos aparecen notoriamente más bajas en las plantas tratadas con SEFEL debido posiblemente al mismo comportamiento de este elemento en los suelos de ambas fincas, aunque estas diferencias no se observaron en el último tercio de los muestreos. Al igual que en la zona de Puntallana, en Breña Baja el Na de los hojas de las plantas tratadas con SEFEL muestran valores significativamente menores que el de las plantas convencionales en todos los muestreos realizados, a pesar de que no habían diferencias de este elemento en los suelos de ambas fincas, lo que puede aplicarse aquí el mismo razonamiento que se hizo para el Na de Puntallana. Siguiendo similar comportamiento que en

Puntallana, el Fe en la mayoría de los muestreos presenta valores significativamente mayores niveles en las hojas de la plantas tratadas con SEFEL, mientras que el Mn experimenta lo contrario el primer año, mientras que en el segundo estas diferencias se anulan. Al igual que en Puntalla, el Zn y Cu no exhiben diferencias dignas de mención.

EVOLUCION DE LOS NUTRIENTES EN HOJA A LO LARGO DEL DESARROLLO DEL CULTIVO EN EL PRIMER AÑO

La evolución de los nutrientes en hoja a lo largo del desarrollo del cultivo (desde que las plantas eran pequeñas hasta la floración) fueron estudiados en los dos ciclos de cultivo (2014-2015, 2015-2016). En ambos ciclos los resultados experimentan un mismo comportamiento por lo que solo exponemos los datos del primer ciclo y solo los datos de las plantaciones al aire libre porque el comportamiento es semejante al observado en las fincas en el invernadero.

<u>Nitrógeno.</u>- Se observa un comportamiento similar del N foliar en ambos tratamientos (SEFEL y Convencional) y en ambas zonas (aire libre e invernadero) (Fig.1) a lo largo del desarrollo del cultivo, pues las curvas de evolución con el tiempo de ambos tratamientos van paralelas, aunque siempre los valores del tratamiento convencional son algo superiores en N pero no de forma significativa. Al aire libre la concentración de N permanece estable en todo el ciclo de cultivo en las plantas con y sin SEFEL, mientras que bajo invernadero estas concentraciones son significativamente superiores en la época de crecimiento de la planta (desde la Primavera hasta comienzos del Invierno), datos no expuestos en esta figura.

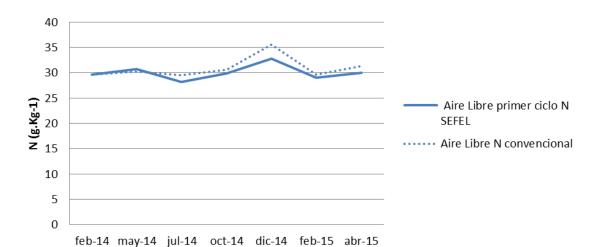
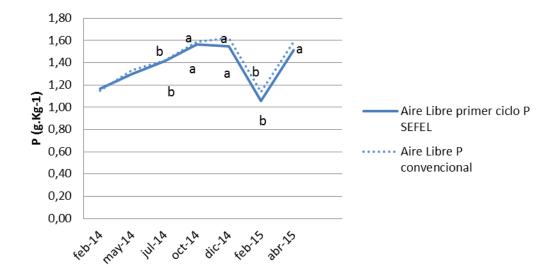


Figura 1. – Evolución del N a lo largo del ciclo de cultivo. Aire Libre.

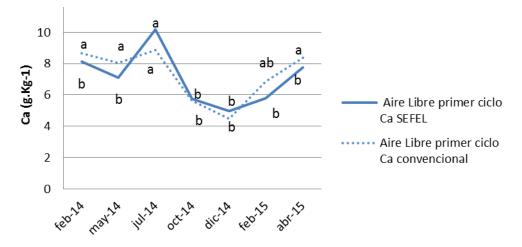
<u>Fósforo</u>.- En ambos tratamientos (SEFEL y Convencional), tanto al aire libre como bajo invernadero (Fig.2), sigue apareciendo un mismo comportamiento del fósforo a lo largo del cultivo, aumentando a partir de primavera los contenidos de este elemento en ambas zonas, y alcanzando sus mayores valores en Otoño.

Figura 2. – Evolución del P a lo largo del ciclo de cultivo. Aire Libre.



<u>Calcio</u>.- La evolución del calcio con el desarrollo de la planta se comporta de forma similar en ambas zonas y en ambos tratamientos, como se ve en el paralelismo de ambas curvas (Fig.3). Los mayores requerimientos en Ca por la planta aparecen a partir de la Primavera para luego descender de forma significativa en Otoño-Invierno. Los suelos de la Zona de Breña Baja presentan concentraciones más altas de Ca en el tratamiento convencional, hecho que también sucede en las hojas pues siempre la curva de evolución del Ca aparece por arriba que la del SEFEL.

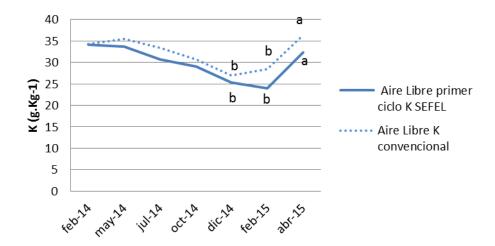
Figura 3. - Evolución del Ca a lo largo del ciclo de cultivo. Aire Libre.



<u>Potasio.</u>- Siguen comportándose de forma paralela las curvas de variación con el tiempo para este nutriente en ambos tratamientos al aire libre (Fig.4). Se observa como las plantas tratadas

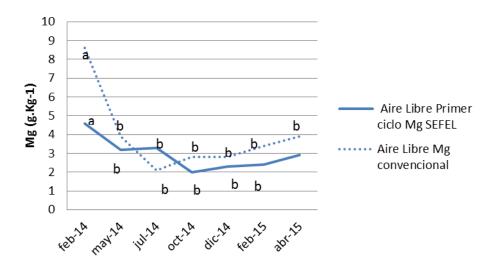
con SEFEL y Convencional en Puntallana muestran sus mayores necesidades desde la Primavera hasta bien entrado el Otoño para luego exhibir sus valores más bajos en la época invernal. El mismo comportamiento se presenta para la zona en invernadero en Breña Baja.

Figura 4. - Evolución del K a lo largo del ciclo de cultivo. Aire Libre.



<u>Magnesio</u>.- En la figura 5 se ve como las necesidades de Mg son superiores cuando las plantas son más jóvenes (1º muestreo) para luego descender a lo largo del ciclo hasta la floración. Esto se cumple en los dos tratamientos (SEFEL y Convencional) tanto en las plantas al aire libre como las estudiadas bajo cubierta.

Figura 5. - Evolución del Mg a lo largo del ciclo de cultivo. Aire Libre.



<u>Micronutrientes</u>.- El Fe, Cu y el Na no muestran un comportamiento definido a lo largo del cultivo. Lo que si constatan las curvas (Fig. 6, 7, 8) es que, en la mayoría de los muestreos, las concentraciones de Fe en las hojas son superiores en las plantas tratadas con SEFEL tanto al aire libre como bajo invernadero, mientras que en el caso del Na ocurre lo contrario. En el caso del Mn, se aprecia como las mayores necesidades de la planta en este elemento son en su

primera etapa del desarrollo para luego disminuir bruscamente tanto en los dos tratamientos como dentro y fuera de invernadero (Fig.9). El Zn también presenta un comportamiento similar al del Mn observándose en la figura 10 como las líneas de ambos tratamientos van paralelas en las dos zonas en estudio.

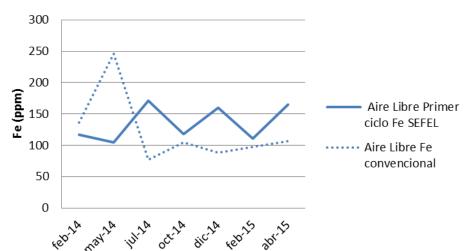


Figura 6. - Evolución del Fe a lo largo del ciclo de cultivo. Aire Libre.



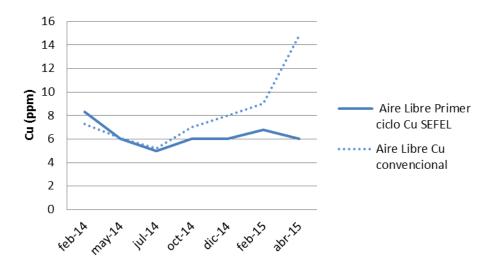


Figura 8. - Evolución del Na a lo largo del ciclo de cultivo. Aire Libre.

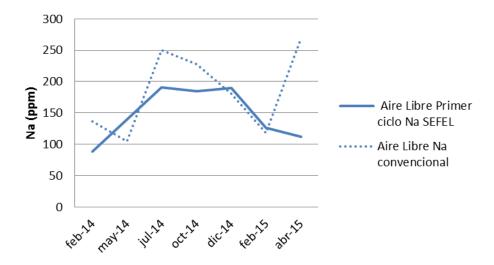
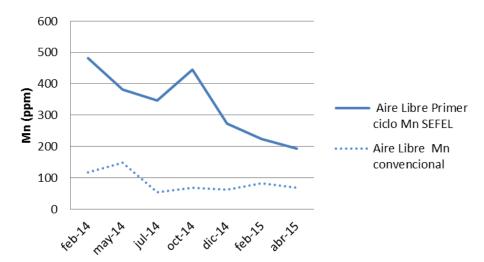


Figura 9. - Evolución del Mn a lo largo del ciclo de cultivo. Aire Libre.



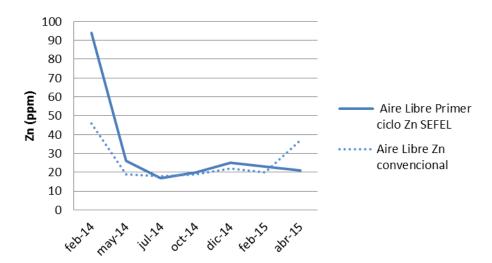


Figura 10. - Evolución del Zn a lo largo del ciclo de cultivo. Aire Libre.

Visto lo anterior, podemos deducir que el tratamiento con SEFEL es capaz de suministrar a la planta, por si solo, las necesidades nutricionales que este precisa a lo largo del cultivo, pues las diferencias entre los nutrientes foliares de plantas con y sin SEFEL o son nulas o a veces superiores en éste último.

V. - RAICES

En el último de los muestreos y en cada uno de los tratamientos y zonas estudiadas (Marzo 2016) se tomaron muestras de raíces para su análisis (Tablas 12 y 13).

Tabla 12.- Análisis de raíces Puntallana (Aire libre). Marzo 2016. 2º ciclo

| | | g.kg ⁻¹ | | | | mg.kg ⁻¹ | | | | | |
|--------------|-----|--------------------|------|-----|-----|---------------------|------|-----|-----|----|-------|
| Tratamiento | N | Р | K | Ca | Mg | Na | Fe | Mn | Zn | Cu | Si |
| SEFEL | 1,2 | 1,2 | 54,8 | 4,0 | 2,5 | 154b | 862a | 40b | 37a | 4 | 1135a |
| CONVENCIONAL | 1,3 | 1,2 | 46,3 | 6,4 | 3,2 | 1325a | 707b | 56a | 19b | 4 | 498b |
| | | | | | | | | | | | |

Datos dentro de una misma columna seguidos por diferentes letras son significativamente diferentes a P = 0.05

g.kg⁻¹ mg.kg⁻¹ **Tratamiento** Μg Ν Ρ Κ Si Ca Na Fe Mn Zn Cu 31 **SEFEL** 1,0 0,9 44,5 5,6 4,5 862b 522 32 5 498a **CONVENCIONAL** 427 1,3 47 4,8 3,6 1405a 32 31 6 66b 1,1

Tabla 13.- Análisis de raíces Breña Baja (Invernadero). Marzo 2016. 2º ciclo

Datos dentro de una misma columna seguidos por diferentes letras son significativamente diferentes a P = 0.05

Al igual que ocurría en las hojas, el Na de las raíces sigue apareciendo significativamente en menor cuantía en las plantas tratadas ecológicamente, tanto al aire libre como bajo invernadero. Por su parte, el Fe también sigue el mismo comportamiento observado en las hojas, mostrando concentraciones muy superiores en las plantas tratadas con SEFEL. Es de destacar en las raíces como los valores de silicio muestran niveles significativamente muy superiores en las plantas ecológicas que en las convencionales, tanto al aire libre como en invernadero. En este sentido, los autores de este trabajo han encontrado recientemente mayores valores de Si y menores de Na en hojas de lechuga tratadas con SEFEL (González, 2016) que las cultivadas convencionalmente.

El silicio, en general, aparece poco presente en la bibliografía consultada sobre nutrición mineral de las plantas, y como en nuestro caso las cultivadas orgánicamente con SEFEL muestran mayores contenidos en este elemento, podemos indicar los efectos beneficiosos que para las plantas y la salud humana puede aportar. En plantas, Epstein et al. (2005) ha comprobado diferentes aspectos beneficiosos del Si. Así, por una parte mejora la capacidad fotosintética, aliviando el estrés hídrico al disminuir la pérdida de agua en las hojas y disminuir la transpiración. Por otra parte el Si podría generar un bloqueo del Na que podría ser realizado por dos mecanismos: reduciendo un bloqueo parcial de la transpiración, disminuyendo el paso del Na y la deposición de Si en las raíces impediría que el Na se transportara al xilema (Ahmad et al., 1992; Shahzad et al. 2013, Yong-Xing et al., 2015). En este sentido, Aranda et al. (2006) encuentra en tomates que el Si mejora el almacenamiento del agua en los tejidos vegetales, esto permite un índice de crecimiento más elevado que, alternativamente, contribuye a la dilución de la sal en la planta, reduciendo así los efectos de toxicidad de la sal. Debemos indicar de nuevo que, en nuestro estudio, hemos encontrado menos Na y más Si en las plantas tratadas con SEFEL, lo que implica que el silicio sea una causa más de las reseñadas anteriormente de esta menor presencia de sodio en la planta.

_

VI. – PARAMETROS DEL DESARROLLO DE LA PLANTA

a.- Plantaciones cultivadas al aire libre (Puntallana)

Los datos del ritmo de emisión de hojas según tratamientos en los dos ciclos de cultivo se exponen la tabla 14:

Tabla 14.- **Puntallana (Aire libre)**. Ritmo de emisión de hojas (unidades) según tratamientos en los dos ciclos de cultivo.

| | Tratamiento | Marzo-Mayo | Junio-Agosto | SeptNovbre | DiciembFebrero |
|-----------------|--------------|------------|--------------|------------|----------------|
| 1 ^{er} | Ecológico | 4,1b | 11,4 | 6.9 | 3.6a |
| ciclo 2014 | Convencional | 5,2a | 10.3 | 6.2 | 2.6b |
| 2 ^{do} | Ecológico | 4,8 | 13,2 | 6,9 | 3,2 |
| ciclo 2015 | Convencional | 5,0 | 12,8 | 5,8 | 3,4 |

Letras diferentes dentro de un mismo ciclo y columna indican diferencias significativas al nivel de p = 0.05

En general, no se observan diferencias significativas entre tratamientos en la emisión de hojas a lo largo de los muestreos en ninguno de los dos ciclos estudiados. Si bien, en el primer ciclo es el tratamiento convencional el que muestra una emisión de hojas algo mayor en el periodo de Primavera (Marzo-Mayo), mientras que en el periodo invernal (Diciembre-Febrero) lo hace el tratamiento ecológico.

La mediciones realizadas de la circunferencia del pseudotallo están expuestas en la tabla 15:

Tabla 15.- **Puntallana (Aire libre)**. Porcentaje de crecimiento (%) de la circunferencia del psudotallo (%) según tratamientos en los dos ciclos de cultivo.

| | Tratamiento | Febrero - Mayo | Mayo - Julio | Julio - Octubre | Octubre - Diciembre | Diciembre - Febrero |
|-----------------|--------------|-------------------|-----------------|--------------------|------------------------|------------------------|
| 1 ^{er} | Ecológico | 19,4 | 18,4 | 36,6 | 22,6a | 10,6a |
| ciclo 2014 | Convencional | 20,1 | 24,0 | 38,4 | 12,0b | 1,1b |
| 2 ^{do} | Ecológico | 20,4 | 45a | 51,3 | 51,0a | 14,2a |
| ciclo 2015 | Convencional | 21,1 | 22,9 | 60,3 | 10,7b | 0,56b |

Letras diferentes dentro de un mismo ciclo y columna indican diferencias significativas al nivel de p = 0.05

Según los datos de la tabla se observa que, en la época Primavera-Verano (desde Febrero hasta Octubre) en los dos ciclos, no se observan diferencias importantes entre tratamientos en la tasa de crecimiento de la circunferencia del psudotallo, pero ya en los meses de Otoño-Invierno (desde Octubre hasta Febrero) el tratamiento con SEFEL experimenta significativos mayores porcentajes de crecimiento que el convencional, comportamiento que ya vimos en la emisión de hojas del primer ciclo.

Tabla 16.- **Puntallana (Aire libre)**. Ritmo de crecimiento (%) en la altura de la planta según tratamientos en los dos ciclos de cultivo.

| | Tratamiento | Febrero - Mayo | Mayo - Julio | Julio - Octubre | Octubre - Diciembre | Diciembre - Febrero |
|-----------------|--------------|-------------------|-----------------|--------------------|------------------------|------------------------|
| 1 ^{er} | Ecológico | 8,2 | 16,6 | 29,4 | 13,4a | 2,9a |
| ciclo 2014 | Convencional | 7,3 | 25,0 | 28,5 | 2,8b | 1,2b |
| 2 ^{do} | Ecológico | 8,0 | 37,8 | 36,6 | 1,4a | 1,8a |
| ciclo 2015 | Convencional | 7,9 | 32,7 | 42,7 | 0,6b | 0,4b |

Letras diferentes dentro de un mismo ciclo y columna indican diferencias significativas al nivel de p = 0.05

En este caso de la altura, y al igual que lo hacía la circunferencia del pseudotallo, las mayores diferencias significativas de crecimiento lo experimentan las plantas del tratamiento

ecológico en la época Otoño-Invierno (Octubre-Febrero). Estas diferencias observadas en estos parámetros entre plantas tratadas convencionalmente y las tratadas con SEFET, posiblemente sea debido a que estas últimas tuvieran una menor parada invernal al estar menos estresadas por las bajas temperaturas por las mejoras que el SEFEL ejerce en el suelo (mayor capacidad de intercambio catiónico: parámetro que está implicado en una mejor resistencia a los diferentes estrés que puede tener la planta (por bajas y altas temperaturas, salinidad, etc.),

b.- Plantaciones cultivadas bajo invernadero

Los datos de emisión de hojas para las fincas cultivadas bajo invernadero en los dos ciclos de cultivo se exponen en la tabla 17:

Tabla 17.- **Breña Baja (Invernadero)**. Ritmo de emisión de hojas (unidades) según tratamientos en los dos ciclos de cultivo.

| | Tratamiento | Marzo-Mayo | Junio-Agosto | Septiembre - Noviembre | Diciembre - Febrero |
|-----------------------|--------------|---------------|--------------|---------------------------|------------------------|
| 1 ^{er} ciclo | Ecológico | Ecológico 6,6 | | 6,4 | 3,3 |
| 2014 | Convencional | 6,9 | 9,4 | 6,5 | 3,6 |
| 2 ^{do} | Ecológico | 7,9a | 11,9 | 6,8 | 3,6 |
| ciclo 2015 | Convencional | 5,4b | 12,8 | 7,2 | 3,2 |

Letras diferentes dentro de un mismo ciclo y columna indican diferencias significativas al nivel de p = 0.05

En este caso de las plantas bajo invernadero, no se presentan diferencias significativas entre tratamientos (en los dos ciclos de cultivo) en el número de hojas emitidas a lo largo de los meses de desarrollo de la planta.

El ritmo de crecimiento de la circunferencia del psudotallo se observa en la tabla 18:

Tabla 18.- **Breña Baja (Invernadero)**. Porcentaje de crecimiento (%) de la circunferencia del psudotallo según tratamientos en los dos ciclos de cultivo.

| | Tratamiento | Febrero - Mayo | Mayo- Julio | Julio - Octubre | Octubre - Diciembre | Diciembre - Febrero | |
|-----------------|--------------|-------------------|----------------|--------------------|------------------------|------------------------|--|
| 1 ^{er} | Ecológico | 41,9 | 28,9 32,3 | | 10,3a | 4,5a | |
| ciclo 2014 | Convencional | 36,7 | 27,6 | 31,0 | 7,2b | 3,6b | |
| 2 ^{do} | Ecológico | 40,0 | 48,5b | 58,8 | 15,3 | 1,1 | |
| ciclo 2015 | Convencional | 38,5 | 62,3 | 53,3 | 17,5 | 1,5 | |

Letras diferentes dentro de un mismo ciclo y columna indican diferencias significativas al nivel de p = 0.05

Las medidas de la circunferencia del pseudotallo mantienen un comportamiento similar al observado al aire libre pues, desde el inicio hasta Octubre, en general no se aprecian diferencias en el grosor del tallo entre tratamientos, para luego exhibir porcentajes el tratamiento ecológico en los meses más fríos (solo en el primer ciclo).

En lo que respecta a los datos de la altura de las planta bajo invernadero se exponen en la tabla 19:

Tabla 19.- **Breña Baja (Invernadero)**. Ritmo de crecimiento (%) en la altura de la planta según tratamientos en los dos ciclos de cultivo.

| | Tratamiento | Febrero - Mayo | Mayo - Julio | Julio - Octubre | Octubre - Diciembre | Diciembre- Febrero |
|-----------------|--------------|-------------------|-----------------|--------------------|------------------------|-----------------------|
| 1 ^{er} | Ecológico | 29,4 | 24,3 | 20,7 | 2,8a | 3,8a |
| ciclo 2014 | Convencional | 30,3 | 28,1 | 15,7 | 1,5b | 2,3b |
| 2 ^{do} | Ecológico | 27,1 | 35,0 | 35,6 | 3,6a | 1,8 |
| ciclo 2015 | Convencional | 28,0 | 40,5 | 29,9 | 2,0b | 2,2 |

Letras diferentes dentro de un mismo ciclo y columna indican diferencias significativas al nivel de p = 0.05

Bajo invernadero, este parámetro de la altura se comporta de forma análoga a las plantas cultivadas al aire libre, ya que es en los meses desde Octubre a febrero del primer ciclo es donde el tratamiento con SEFEL muestra significativamente sus mayores diferencias en el crecimiento de la planta.

VII. - FLORACION

En la tabla 20 se expone la cantidad de plantas paridas en un mismo mes determinado (Enero) de las plantas marcadas en cada tratamiento tanto al aire libre como bajo cubierta en los ciclos estudiados.

Tabla 20.- Porcentaje de floración alcanzado hasta el mes de Enero según tratamientos al aire libre (Punta Llana) y bajo invernadero (Breña Baja). 1er y 2º ciclo.

| Localización | Tratamiento | Enero 2015 | Enero 2016 | |
|--------------|--------------|------------|------------|--|
| Punta Llana | Ecológico | 93.8 % | 89.0 % | |
| | Convencional | 72.5 % | 75.1 % | |
| Breña Baja | Ecológico | 87.5 % | 84.8 % | |
| _ | Convencional | 81.2 % | 78,3 % | |

Según reflejan los datos de la tabla, aunque no se presentaron estadísticamente diferencias significativas, el tratamiento ecológico presentó en Enero de 2015 y 2016 mayores porcentajes de plantas paridas que el convencional tanto al aire libre como bajo invernadero. Aunque bajo invernadero, el porcentaje de floración mostró diferencias menos acusadas, probablemente a que las plantas bajo cubierta soportaron mejor la época invernal debido a tener mayores temperaturas.

VIII. - FRUTOS

En la tabla 21 se exponen las medidas de los parámetros de desarrollo de los frutos correspondientes al 2^{do} ciclo del estudio.

Tabla 21.- Parámetros de desarrollo de los frutos de plátanos según tratamientos y zonas aire libre y bajo invernadero). I 2do ciclo.

| | | g | cn | n | | | | g | | |
|---------------|------------------|----------------|-------------------------|---------|-------------------|---------------------|---------------|---------------|--------------------|-------------------------------|
| Zona | Trata- miento | Peso Fresco | Circunfe - rencia | Longit. | I.P. ¹ | P.F. cáscar a | P.F. pulpa | P.S. pulpa | Pulpa PF/P S | Días hasta desh echo |
| Puntallana | SEFEL | 110.9b | 12 | 21.8 | 5,1 | 39.2a | 71.6b | 24.8 | 3.4 | 31.3a |
| (Aire libre) | CONV | 121.7a | 11.2 | 22.5 | 5,4 | 26.7b | 93.3a | 25.4 | 3.4 | 27.3b |
| Breña Baja | SEFEL | 163.4a | 12.5 | 24.5 | 6,7 | 63.9a | 101.7b | 30.3 | 3.4 | 19 |
| (Invernadero) | CONV | 151.7b | 13.6 | 25.7 | 5,9 | 47.3b | 119.5a | 32.2 | 3.7 | 21 |

I.P.1= índice de plenitud (peso fresco/longitud)

Letras diferentes dentro de una misma zona y columna indican diferencias significativas al nivel de p = 0.05.

El peso fresco de los mismos entra en los rangos normales para esta variedad ensayada (Fernández et al., 1980), comportándose los tratamientos de forma contradictoria según sea la zona. Por otra parte, y como era de esperar, los frutos obtenidos bajo invernadero presentan valores mayores que los que están al aire libre.

La pauta seguida por la circunferencia y la longitud del dedo es parecida a la del peso fresco, siendo algo mayor en invernadero y no mostrando diferencias entre tratamientos.

Los datos referentes al índice de plenitud, que nos dan una idea del llenado del fruto, son del mismo orden que los obtenidos por Fernández et al. (1980) en plátanos de la misma variedad cultivados en la zona norte de Tenerife, pero son inferiores a los I.P. obtenidos en Guinea por Deullin y Monnet (1960). De la comparación de los resultados señalados por estos autores y los nuestros se destaca en primer lugar que la longitud de los dedos de nuestros frutos es muy superior a los cultivados en Guinea, mientras que el peso es muy similar, y por tanto el I.P. es muy inferior, lo que parece indicar que el llenado de nuestros frutos es mucho menor que el que alcanzan los plátanos en Guinea, por lo que el peso de nuestros racimos no llega a su rendimiento potencial. Ante esta situación, nos inclinamos a pensar que sea algún factor climático o nutritivo el que impida un buen llenado de la fruta. El primero de los aspectos se comprende por el hecho de que nuestras condiciones climáticas no son las idóneas para esta planta, y si lo son las de Guinea, lugar donde Deullin y Monnet (1060) realizaron sus investigaciones,

Corrobora esta afirmación el hecho de que cuando se crea un medio un tanto artificial, como ocurre al cubrir el racimo con una bolsa de polietileno, el fruto presenta un mejor llenado y por tanto una mayor I.P., ya que esta bolsa mantiene al racimo a mayor temperatura a la vez que evita los cambios bruscos de la misma. En este sentido, los datos que se presentan en la tabla indican I.P. superiores en lo frutos bajo invernadero.

Los pesos frescos de la cáscara fueron claramente superiores en los frutos de las plantas tratadas con SEFEL tanto al aire libre como en invernadero si bien, en estos últimos, los valores fueron muy superiores. Al contrario de lo anterior, los pesos frescos de la pulpa fueron inferiores en los frutos ecológicos, mientras que no se observaron diferencias entre tratamientos en el peso seco de la pulpa, aunque también los valores fueron superiores bajo invernadero que al aire libre. Todo esto nos lleva a que no se presentaron diferencias ni entre tratamientos ni entre zonas para la relación peso fresco de la pulpa con su peso seco.

El número de días que pasaron desde el corte hasta el desecho de los frutos fueron similares en ambos tratamientos cultivados al aire libre, pero bajo invernadero los frutos fertilizados orgánicamente duraron un 12,7% (4 días) más de tiempo antes de que se estropearan.

La composición nutricional de la pulpa de los frutos recolectados en el último año estudiado se muestra en la Tabla 22 según tratamientos y zonas:

Tabla 22.- Propiedades químicas de los frutos de plátanos según tratamientos y zonas (aire libre y bajo invernadero) en el 2do ciclo.

| | | g/kg | | | | | | mg/kg | | | |
|-----------------------------|--------------|-------|-----|------|-------|-------|-----|-------|----|----|-----|
| Zona | Tratamiento | N | Р | Na | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Cu | Zn |
| Puntallana | SEFEL | 9.1b | 7.4 | 0.61 | 13.5b | 0.10b | 1.1 | 45a | 1 | 2 | 11 |
| (Aire libre) | CONVENCIONAL | 14.1a | 6.8 | 0.68 | 23.4a | 0.29a | 1.1 | 33b | 2 | 2 | 12 |
| | | | | | | | | | | | |
| Breña Baja (Invernadero) | SEFEL | 7.1b | 5.8 | 0.13 | 16.3 | 0.24a | 1.2 | 48a | 3 | 2 | 8b |
| | CONVENCIONAL | 9.9a | 5.7 | 0.12 | 16.9 | 0.16b | 1.1 | 22b | 4 | 2 | 15a |

Letras diferentes dentro de una misma zona y columna indican diferencias significativas al nivel de p = 0.05

Los datos químicos de los frutos recolectados muestran claras diferencias entre los contenidos de N entre tratamientos, pues los frutos tratados ecológicamente presentan valores significativamente menores que los convencionales tanto al aire libre como bajo invernadero. El P sigue el mismo comportamiento observado en las hojas, es decir no muestra diferencia entre tratamientos ni entre zonas. Tampoco existen diferencias entre tratamientos para el Mg, Mn y Cu. El comportamiento observado para el Na de las hojas no se traduce en su presencia en los

frutos pues no aparecen diferencias notorias entre ambos tratamientos. Por su parte el nutriente calcio se comporta de forma contradictoria, pues presenta significativamente menores concentraciones en los frutos tratados orgánicamente en la zona de Puntallana mientras que bajo invernadero (Breña Baja) lo hacen de forma inversa; hay que recordar que en esta última zona el Ca de las hojas era superior, la mayor parte de las veces muestradas, en las plantas tratadas convencionalmente. El K no muestra una tendencia definida, pues en la zona al aire libre los frutos exhiben mayores concentraciones de este elemento en la parte tratada convencionalmente (comportamiento que en general experimentaban las hojas de dichas plantas), mientras que bajo invernadero estas diferencias desaparecen. El Fe, y de forma análoga a lo experimentado en las hojas, los frutos muestran tanto al aire libre como en invernadero concentraciones significativamente superiores en el tratamiento con SEFEL.

Estos niveles de N obtenidos en este estudio son superiores a los encontrados por Fernández et al. (1980), mientras que los de P son también mayores a los indicados por el anterior autor y por Hardisson (2001) para esta variedad de plátanos. Las concentraciones de K y Mg son del mismo orden que las indicados por Fernández et al. (1980) pero superiores a los encontrados por Hardisson et al. (2001) y por Forster et al. (2002), mientras que los niveles de Ca y Na son similares a los indicadas por los dos primeros autores citados. En cuanto a los micronutrientes se refiere, la presencia en la pulpa de Fe y Zn es superior a la encontrada por Hardisson (2001) y Forster et al. (2002), mientras que los niveles de Mn y Cu son del mismo orden que la indicada por a los anteriores autores.

Asimismo, de los datos de la Tabla puede apreciarse que el macronutriente que aparece en mayor concentración en la pulpa es, sin lugar a dudas, el K. A continuación le sigue el N y el P, y ya a gran distancia el Mg y Ca.

En la tablas siguientes (23 y 24) se exponen propiedades químicas del fruto en el mismo momento de cosecha.

Tabla 23.- Contenido polifenoles totales, antioxidantes totales, glucosa, fructosa, sacarosa, azúcar total de los frutos de platanera.

| Fru | ta | Polifenoles totales mg ac.cafeico/100g ms | totales mg molET/100g ac.cafeico/100g ms | | % Fructosa | % Sacarosa | Azúcares Totales |
|------------|-------|---|--|-----|---------------|---------------|---------------------|
| Puntallana | SEFEL | 162.7 | 159.4b | 3.3 | 1.2 | 5.4 | 10.8 |
| | Conv | 205.1 | 201.1b | 3.9 | 1.3 | 6.1 | 10.8 |
| Breña Baja | SEFEL | 168.9 | 853.4a | 4.9 | 1.1 | 7.6 | 12.6 |
| | Conv | 201.3 | 832.8a | 5.1 | 1.3 | 7.2 | 12.2 |

4.3

5.1

4.9

0.16b

0.36a

0.27a

Fruta ⁰Brix Licopeno Acidez **B** - Caroteno Carotenoide % Fibra µg/100g μ g/100g Total µg/100g ms g ácido ms ms ms málico/100g Puntallana SEFEL 26.7a 28.5 41.9 102.8b 0.13b 4.1 Convencional

36.3

45.5

39.2

187.1c

178.9c

188.3c

Tabla 24. - Niveles de grados Brix, acidez total, licopeno, b caroteno, carotenoide, 5 fibra de los frutos de platanera. Muestreo julio 2017

23.1b

23.3b

19.9c

SEFEL

Convencional

Breña Baja

26.5

32.0

29.1

Los resultados de los parámetros de los frutos de estas tablas están relacionados con las propiedades nutricionales de los mismos. Los polifenoles totales no muestran diferencias significativas entre las zonas y los tratamientos pero si muestran valores algo superiores en las fincas tratadas de forma convencional. Los antioxidantes totales entre zonas muestran diferencias destacadas, pero no entre los tratamientos convencional y ecológico estudiados en esta memoria. La zona de Breña Baja muestra unos valores muy altos y diferentes significativamente al compararlos con los de la zona de Puntallana. Los porcentajes de Glucosa, Sacarosa y Fructosa así como los azúcares totales son prácticamente iguales entre zonas y entre tratamientos en estudio.

Los ºBrix de los frutos tratados de forma ecológica en la zona de Puntallana son mayores que los obtenidos en plátanos tratados en forma química de la misma zona. Este mismo comportamiento se cumple en la zona de Breña Baja. Los niveles estudiados en este trabajo están por debajo de los valores 28-30 º Brix descritos para el plátano maduro.

El contenido de ácido málico nos indica el nivel de acidez total de esta fruta. En nuestro estudio la cantidad de este ácido es baja que es lo que caracteriza al plátano en general, y no muestra diferencias entre zonas y tratamientos ecológico y convencional.

Con respecto a las concentraciones de licopeno, aunque no se muestran diferencias significativas entra las zonas y los tratamientos estudiados, los valores obtenidos son algo superiores si comparamos las fincas donde se emplea fertilización ecológica frente a la fertilización química. Esto es importante dado que es un antioxidante que nuestro organismo no es capaz de producirlo, por lo que su aporte en la alimentación siempre va a ser beneficioso para la salud humana. Sin embargo el precursor de la vitamina A, el β – Caroteno es menor en los frutos procedentes de las fincas ecológicas en la zona de Puntallana. El caroteno muestra diferencias significativas entre los frutos de plátano de la zona de Puntallana y zona de Breña Baja, pero no entre tratamientos. El porcentaje en fibra, que es una característica destacada de la fruta del plátano no presentó diferencias entre zonas y entre los tratamientos en estudio.

CONCLUSIONES

Esta primera fase (dos ciclos de cultivo) de este trabajo, es un estudio comparativo a largo plazo, que trata de comprobar la sostenibilidad en el tiempo de un sistema de manejo de la platanera fundamentado en el uso de tés elaborados a base de purines enriquecidos con agregados de algunos componentes naturales solubles, reutilizándose los deshechos de platanera y otros, al igual que lixiviados y estiércoles de ganadería, compost y residuos de la industria quesera, así como aceite culinario de desecho. Se eligieron dos fincas al aire libre en la zona de Puntallana (una finca con el sistema de agricultura convencional y otra con el sistema SEFEL ecológico), y de otras dos bajo invernadero en la zona de Breña Baja (una finca con el sistema de agricultura convencional y otra con el sistema SEFEL ecológico) regadas con aguas de similar calidad y mismo tipo de riego (aspersión), con el cultivar de plátanos "Pequeña Enana". Después de dos ciclos de cultivo se ha obtenido lo siguiente:

 <u>TÉS</u>.- Existen enormes diferencias en la cantidad de nutrientes aplicados por ambos sistemas, ya que el convencional aporta mucha mayor cuantía en todos ellos.

| | gr/planta/año | | | | | | | |
|--------------|---------------|-------------------------------|------------------|-----|--|--|--|--|
| Tratamiento | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | | | | |
| | | | | | | | | |
| Convencional | 278 | 105 | 396 | 109 | | | | |
| | | | | | | | | |
| SEFEL | 50 | 1 | 80 | 4 | | | | |

2. <u>SUELOS</u>.- Los suelos tratados convencionalmente muestran contenidos muy superiores de P y K asimilables (tanto al aire libre como bajo invernadero), de Ca (en invernadero), así como mucha mayor presencia de NO³- y NO²-. Por el contrario, las Capacidades de Intercambio Catiónico son notablemente superiores en los suelos tratados ecológicamente. La materia orgánica muestra diferencias significativas a favor del SEFEL solamente en las fincas de Breña Baja que están en invernadero. En lo que respecta a la salinidad, si bien al aire libre los suelos no muestran diferencias entre ambos tratamientos en sus conductividades eléctricas, los tratados con SEFEL en invernadero presentan índices significativamente menores en todos los muestreos.

Los suelos de las fincas tratadas convencionalmente muestran una mayor presencia de NO³⁻ y NO²⁻que los suelos ecológicos. En este sentido, cada vez más la agricultura es vista como un gran contribuyente a las emisiones de gases de efecto invernadero, emisiones que manejan el potencial del calentamiento global. Los fertilizantes nitrogenados que se utilizan han sido señalados como el principal factor.

3. <u>HOJAS</u>.- A pesar de que los niveles de P en los suelos si muestran diferencias significativas entre tratamientos a favor del tratamiento convencional, las concentraciones de este elemento en hojas manifiestan valores del mismo orden en ambos tratamientos en todos los muestreos. Tanto al aire libre como en invernadero, la presencia de Na en las hojas de las plantas tratadas con SEFEL siempre es muy inferior a las tratadas convencionalmente, mientras que los contenidos de Fe son significativamente mayores en las ecológicas.

Las curvas de evolución del nitrógeno con el tiempo de ambos tratamientos y zonas van paralelas, aunque siempre los valores del tratamiento convencional son algo superiores en N pero no de forma significativa. Bajo invernadero estas concentraciones son significativamente superiores en la época de crecimiento de la planta (desde la Primavera hasta comienzos del Invierno).

La evolución del P en ambos tratamientos (SEFEL y Convencional), tanto al aire libre como bajo invernadero, muestran un mismo comportamiento a lo largo del cultivo, aumentando a partir de primavera los contenidos de este elemento en ambas zonas, y alcanzando sus mayores valores en Otoño.

La evolución del calcio con el desarrollo de la planta se comporta de forma similar en ambas zonas y en ambos tratamientos, como se ve en el paralelismo de ambas curvas. Los mayores requerimientos en Ca por la planta aparecen a partir de la Primavera para luego descender de forma significativa en Otoño-Invierno.

Tanto al aire libre como bajo invernadero siguen comportándose de forma paralela las curvas de variación con el tiempo para el potasio en ambos tratamientos. Las plantas tratadas con SEFEL y Convencional, tanto fuera (Puntallana) como bajo cubierta (Breña Baja), muestran sus mayores necesidades desde la Primavera hasta bien entrado el Otoño para luego exhibir sus valores más bajos en la época invernal.

Las necesidades de Mg son superiores cuando las plantas son más jóvenes para luego descender a lo largo del ciclo hasta la floración. Esto se cumple en los dos tratamientos (SEFEL y Convencional) tanto en las plantas al aire libre como las estudiadas bajo cubierta.

El Fe, Cu y el Na no muestran un comportamiento definido a lo largo del cultivo. En el caso del Mn y del Zn, se aprecia como las mayores necesidades de la planta en estos elementos son en su primera etapa del desarrollo para luego disminuir bruscamente en los dos tratamientos tanto dentro como fuera de invernadero.

Según se deduce de lo observado anteriormente se puede señalar que el tratamiento a las plantas con el sistema ecológico SEFEL es capaz de suministrar por si solo a las mismas las necesidades nutricionales que estas precisan a lo largo del cultivo, pues las diferencias entre los nutrientes foliares de plantas tratadas con y sin SEFEL o son nulas o a veces superiores en éste último.

4. RAICES.- De forma paralela a lo observado en las hojas, las concentraciones de Na en raíces siempre fueron muy inferiores en las plantas tratadas con SEFEL, mientras que con el Fe ocurría lo contrario. Es de destacar que, mientras en las hojas el silicio no mostraba diferencias entre tratamientos, en las raíces los valores de este elemento muestran niveles significativamente muy superiores en las plantas ecológicas que en las convencionales, tanto al aire libre como en invernadero. Lo que podría estar relacionado con las menores concentraciones observadas de Na tanto en hoja como en raíz pues el Si podría generar un bloqueo del Na a través de dos mecanismos: reduciendo un bloqueo parcial de la transpiración, disminuyendo el paso del Na y la deposición de Si en las raíces impediría que el Na se transportara al xilema.

5. PARAMETROS DEL DESARROLLO.-

Emisión de hojas:

En general, no se aprecia un comportamiento definido entre tratamientos en lo que a emisión de hojas se refiere.

Circunferencia del pseudotallo y altura de la planta:

El crecimiento en grosor de la planta mantiene un comportamiento similar tanto al aire libre como bajo cubierta pues, desde Primavera hasta Octubre, en general no se aprecian diferencias entre tratamientos en el grosor del tallo, para luego manifestar mayores porcentajes el tratamiento ecológico en los meses más fríos.

Altura de la planta:

Por su parte el ritmo de crecimiento en altura de la planta, tanto al aire libre (los dos ciclos) como en invernadero (1er ciclo), solo presenta diferencias significativas a favor del tratamiento ecológico en la época Otoño-Invierno (Octubre-Febrero).

6. FLORACIÓN.- El tratamientos ecológico presentó en los dos periodos contabilizados (Enero de 2015 y 2016) mayores porcentajes de plantas paridas que el convencional tanto al aire libre como bajo invernadero. No hay que olvidar que los suelos de las plantas ecológicas presentaban mayores Capacidades de Intercambio Catiónico que los de las convencionales, así como superiores valores de Si en raíces, parámetros que están implicados en una mejor resistencia a los diferentes estrés que puede tener la planta (por bajas y altas temperaturas, salinidad, etc..). Así, en invernadero al haber menos frío en la época invernal el porcentaje de floración, aunque fue mayor en las plantas tratadas con SEFEL, las diferencias fueron menos acusadas entre tratamientos.

7. <u>FRUTOS</u>.- *Peso fresco del fruto*: El peso fresco de los frutos no muestran una tendencia definida entre tratamientos, pues se comportan de forma contradictoria según sea la zona. Como era de esperar, independientemente del tratamiento, los frutos cosechados bajo invernadero presentan valores mayores de peso fresco que los que están al aire libre.

Circunferencia, longitud del dedo e índice de plenitud: La pauta seguida por la circunferencia, longitud del dedo e índice de plenitud del fruto es parecida a la del peso fresco, siendo algo mayor en invernadero y no mostrando diferencias entre tratamientos.

Pesos frescos de cáscara y pulpa: Los pesos frescos de la cáscara fueron claramente superiores en los frutos de las plantas tratadas con SEFEL tanto al aire libre como en invernadero si bien, en estos últimos, los valores fueron muy superiores. Al contrario de lo anterior, los pesos frescos de la pulpa fueron inferiores en los frutos ecológicos.

Pesos secos de la pulpa: No se observaron diferencias entre tratamientos en el peso seco de la pulpa y en este caso los valores también fueron superiores bajo invernadero que al aire libre. Todo esto nos lleva a que no se presentaron diferencias ni entre tratamientos ni entre zonas para la relación peso fresco / peso seco de la pulpa.

Número de días hasta deshecho: El número de días que pasaron desde el corte hasta el desecho de los frutos fueron similares en ambos tratamientos cultivados al aire libre, pero bajo invernadero los frutos fertilizados orgánicamente duraron un 12,7% (4 días) más de tiempo antes de que se estropearan.

Composición nutricional:

<u>Nitrógeno</u>. Los frutos de las plantas tratadas ecológicamente presentan valores de N significativamente menores que los convencionales tanto al aire libre como bajo invernadero.

<u>Fósforo, magnesio, manganeso y cobre</u>. El P sigue el mismo comportamiento observado en las hojas, es decir no muestra diferencia entre tratamientos ni entre zonas. Tampoco existen diferencias entre tratamientos para el Mg, Mn y Cu.

<u>Sodio</u>. El comportamiento observado para el Na de las hojas no se traduce en su presencia en los frutos pues no aparecen diferencias notorias entre ambos tratamientos.

<u>Calcio y potasio.</u> El nutriente Ca se comporta de forma contradictoria, pues presenta significativamente menores concentraciones en los frutos tratados orgánicamente en la zona de Puntallana mientras que bajo invernadero (Breña Baja) lo hacen de forma inversa. Por su parte el K no muestra una tendencia definida, pues en la zona al aire libre los frutos exhiben mayores concentraciones de este elemento en la parte tratada convencionalmente (comportamiento que en general experimentaban las hojas de dichas plantas), mientras que bajo invernadero estas diferencias desaparecen.

<u>Hierro</u>. El Fe de los frutos, y de forma análoga a lo experimentado en las hojas, muestran concentraciones significativamente superiores en el tratamiento con SEFEL, tanto al aire libre como en invernadero.

En la pulpa de los frutos, el macronutriente que aparece en mayor concentración es sin lugar a dudas el K, a continuación le sigue el N y el P, y ya a gran distancia el Mg y Ca.

Parámetros químicos.

Los polifenoles, antioxidantes, glucosa, sacarosa, fructosa y azúcares totales no muestran diferencias significativas entre los frutos obtenidos en las fincas ecológicas y convencionales. Los ^o Brix son mayores en los plátanos en las fincas tratadas de forma ecológica.

El contenido de ácido málico en nuestro estudio no muestra diferencias entre zonas y tratamientos ecológico y convencional, al igual que ocurre con las concentraciones de licopeno. El precursor de la vitamina A, el β – Caroteno es menor en los frutos procedentes de las fincas ecológicas en la zona de Puntallana.

El caroteno muestra diferencias significativas entre los frutos de plátano de la zona de Puntallana y zona de Breña Baja, pero no entre tratamientos.

El porcentaje en fibra del fruto no presentó diferencias entre zonas y entre los tratamientos en estudio

8. PRODUCCIÓN.- En las as producciones medias obtenidas en cada uno de los tratamientos, tanto al aire libre como bajo invernadero, no se apreciaron diferencias significativas entre el peso de los racimos del tratamiento convencional y ecológico en ninguno de los dos casos. Asimismo la calidad de la fruta tampoco presentó diferencias apreciables entre tratamiento

| Peso medio de los racimos (Kg) | | |
|--------------------------------|--------------|------|
| | Convencional | 37.3 |
| Aire libre | Ecológico | 35.7 |
| Invernadero | Convencional | 35.5 |
| | Ecológico | 33.5 |

Como comentario final se puede indicar que, bajo las condiciones en que esta experiencia fue llevada a cabo durante dos años, la utilización del producto ecológico SEFEL, en sus dos vertientes (Ca+Fe, K+Zn), es capaz de suministrar a la planta sus necesidades nutritivas a lo largo del cultivo a la vez que mejora la fertilidad de los suelos y una menor incidencia en la aparición de plagas. Por otro lado este sistema contribuye a paliar, en su medida, las emisiones de gases de efecto invernadero, emisiones que manejan el potencial del calentamiento global. Es importante un control técnico en las fases de producción y utilización de este sistema de elaboración de fertilizante líquidos ecológicos pues precisa de análisis en su elaboración y posteriores de suelos y plantas. Por último añadir que una de las fincas tratadas con SEFEL (Aire libre) lleva once años usando este sistema sin ninguna merma ni en la producción ni en la calidad de la fruta, al contrario su producción ha pasado de 41.940 Kg/Ha anuales (en 2013) a los 64.260 Kg/Ha que produce en la actualidad (septiembre 2016).

REFERENCIAS

Ahmad R., Zaheen S.H. and Ismail S. 1992. Role of silicon in salt tolerance of wheat (*Trticam aestivum* L.). Plant Science 85: 43-50.

Álvarez C.R., Alvarez R. and y Steinbac, H. 2000. Predictions of Available Nitrogen Content in Soil Profile Depth Using Available Nitrogen Concentration in Surface Layer. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 32, pp. 759-769.

Álvarez C.E., Ortega A., Fernández M. and. Borges A.A. 2001.- Growth, yield and leaf nutrient content of organically grown banana plants in the Canary Islands.

Fruits, 56:15-24.

Aranda M.R., Oliva J., Cuartero J. 2006.- Silicon alleviates the deleteriorus salt effect on tomate plant improving plant water status. J. Plan t Physiol, 163:846-855

Aruani M.C., Sánchez E.E., Reeb y Aun E. 2007.- Variación de la concentración de nitratos en un suelo franco limoso del alto val de Rio Negro. FCACuyo, Tomo XXXIX, No.2: 25-33. Asprocan, 2012.- Calidad y sostenibilidad en el cultivo de la plantanera en Canarias. Litografía Romero, 223 pp.

Boixadera J. y Cortés A. 2000.- Nitratos, agua y agricultura, un problema moderno de utilización del suelo. Horticultura, España.

Bravo Rodríguez J.J. 1974.- Estudios agrobiológicos de la Isla de La Palma (Islas Canarias). Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna. 277 pp.

Caussiol L.P. and Joyce D.C. 2004. Characteristics of banana fruit from nearby organic versus conventional plantations: A case study. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 79:678-682.

Damatto Jr E.R., Campos A.J., Mantel L., Moreira G.C, Leonel S., Evangelista R.M. 2005. Produção e caracterização de frutos de bananeira 'Prata-Anã' e 'Prata-Zulu'. Revista Brasileira de Fruticultura, 27: 440-443.

Damatto Jr. E.R., Villas Bôas R.L., Leonel S. and Fernandes D.M. 2006b. Alterações em propriedades de solo adubado com doses de composto orgânico sob cultivo de bananeira. Revista Brasileira de Fruticultura. 28:546-549.

Epstein E. 1995. Mineral metabolism. En: Plant biochemistry, 438-466. Ed. J. Bonner and J. E. Varner. Academic Press, New York (USA).

Fernández Caldas E., Bravo J.J. y García V. 1971.- Contribución al estudio de la fertilidad de los suelos de plátanos de la isla de La Palma (Islas Canarias). Anales de Edafología y Agrobiología, XXX:938-949.

Fernández-Falcón M., Robles J., Álvarez C.E. y Díaz A. 1980.- Relación entre la composición mineral y el desarrollo de los frutos del platanos. Anales de Edafología y Agrobiología, XXXIX: 2199-2213.

Forster M.P., Rodríguez E., Díaz C. 2002. Differential Characteristics in the Chemical Composition of Bananas from Tenerife (Canary Islands) and Ecuador. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 7586-7592.

Fu L., Xu B.T., Xu X.R., Gan, R.Y., Zhang Y., Xia E.Q., Li H.B. 2011. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. Food Chemistry, 129: 345–350.

García-Alonso M., Pascual-Teresa S., Santos-Buelga C., Rivas-Gonzalo J.C. 2004. Evaluation of the antioxidant properties of fruits. Food Chemistry, 84: 13–18.

García, V, Bravo J.J., Robles J et Álvarez C.E. 1979.- Etude de relation sol-plante sur les cultures de bananiers de l'île de La Palma (Canaries). Fruits, 34:393-397.

González Correa E. 2016.- Ensayo comparativo de tres variedades de lechugas (Lactuca sativa L.) en sistema convencional orgánico. Trabajo fin de carrera de Ingeniero Técnico Agrícola. Universidad de La Laguna.

Hardisson A., Rubio C., Baez A., Martín M., Álvarez R., Díaz E. 2001. Mineral composition of the banan (*Musa acuminata*) from de island of Tenerife. Food Chemistry, 73: 153-161.

Hoy P.B. and Turner R.C. 1975. Effect of organic materials added to very acid soils on pH, aluminum, exchangeable NH₄ and crop yields. Soil Science, 119:227-37.

Hubbard N.L., Pharr D.M., Huber, S.C. 2009. Role of sucrose phosphate synthase in sucrose biosynthesis in ripenin bananas and its relationship to the respiratory climacteric. Plant Physiology, 94: 201-208.

Huertas, E. 2015. Caracterización Agronómica del té de compost obtenido mediante el sistema de elaboración de fertilizantes ecológicos líquidos (SEFEL) en el cultivo de platanera en la isla de La Palma (Islas Canarias). Universidad de León.

Hunter D.J., Yapa, L.G.G., Hue N.V. and Eaqub M. 1995. Comparative effects of green manure and lme on the growth of sweet corn and chemical properties of an acid oxisol in Western Samoa. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 26:375-88.

Jones JR. J.B., Wolf B. and Mills H.A. 1991. Plant analyses handbook: a practical sampling, preparation, analyses and interpretation guide. Athens (USA): Micro-Macro Publishing, 1991. 213p.

Kevers C., Falkowski M., Tabart J., Defraigne J.O., Dommes J., Pincemail J. 2007. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55: 8596-8603.

Kiehl E.J. 1985. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba. Agronômica Ceres. 1985. 492p.

Larcher W. 2000. Ecofisiología Vegetal. Sao Carlos, Rima Artes e Textos, 531 p.

Lii C. Y., Chang S. M., & Young Y. L. (1982). Investigation of the physical and chemical properties of banana starches. Journal of Food Science, 47, 1493–1497.

Loland J.O. and Singh B.R. 2004.- Extractability and plant uptake of copper in contaminated coffee orchard soils as affected by different amendments. Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science, 54:121-127.

Mahapatra A.K., Mishra S., Basak U.C., Panda P.C. 2012. Nutrient analysis of some selected wild edible fruits of deciduous forests of India: An explorative study towards non conventional bionutrition. Advance Journal of Food Science and Technology, 4: 15-21.

Malavolta E. 1979. Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras. Piracicaba: Franciscana. 92p. (Boletim Técnico, 4).

Mellek, J.E., Dieckow J., da Silva V.L., Favaretto N., Pauletti V., Vezzani F.M., de Souza J.L.M. 2010. Dairy liquid manure and no-tillage: Physical and hydraulic properties and carbon stocks in a Cambisol of Southern Brazil. Soil and Tillage Research, 110: 69-76.

Nardi S., Morari F., Berti A., Tosoni M., Giardini L. 2004. Soil organic matter properties after 40 years of different use of organic and mineral fertilisers. European Journal of Agronomy, 21: 357-367.

Nyanjage M.O., Wainwright H, Bishop C.F.S. and Cullum F.J. 2001. A comparative studey on the ripening and mineral content of organically and conventionally grown Cavendish bananas. Biological Agriculture and Horticulture. 18:221-234.

Oliveira L., Freire C.S.R., Silvestre A.J.D., Cordeiro N. 2008. Lipophilic extracts from banana fruit residues: A source of valuable phytosterols. Journal o Agricultural and Food Chemistry. 56: 9520-9524.

Parsons K.J., Zheljazkov V.D., MacLeod J., Caldwell C.D. 2007. Soil and tissue phosphorus, potassium, calcium, and sulfur as affected by dairy manure application in a no-till corn, wheat, and soybean rotation. Agronomy Journal, 99: 1306-1316.

Patthamakanokporn O., Puwastien P., Nitithamyong A., Sirichakwal P.P. 2008. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. Journal of Food Composition and Analysis, 21: 241–248.

Peinado-Guevara H.J., Green-Ruiz C.R., Delgado-Rodríguez O., Herrera-Barrientos J., Belmonte S., Ladron de Guevara M.A. 2010. Estimación de la conductividad hidraúlica y contenido de fino a partir de leyes experimentales que relacionan parámetros hidraúlicos y eléctricos. Ra Ximhai Vol. 6. Número 3, septiembre - diciembre 2010. pp. 469-478.

Provolo G. 2005. Manure management practices in Lombardy (Italy). Bioresource Technology, 96:145-152.

Raij B. van, Cantarella H., Quaggio J.A. and Furlani A.M.C. (Ed.). 1997. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC. 285p. (Boletim Técnico, 100).

Rivera-Cruz M.d.C., Trujillo Narcía A., Córdova Ballona G., Kohler J., Caravaca F. and Roldán A. 2008.- Poultry manure and banana waste are effective biofertilizer carriers for promoting plant growth and soil sustainability in banana crops. Soil Biology and Biochemistry, 40:3092-3095.

Shahzad M., Zörb C., Geilfus C. M. and Mühling K H. 2013.- Apoplastic Na⁺ in *Vicia faba* Leaves Rises After Short-Term Salt Stress and Is Remedied by Silicon. Journal of Agronomy and Crop Science, Vol. 199, 3: 161–170.

Snyder C.S., Bruulsema T.W. and Jensen T.L.: Greenhouse Gas Emissions from Cropping Systems and the Influence of Fertilizer Management -A Literature Review, International Plant Nutrition Institute, Norcross, Georgia, E.U., 2007.

Someyaa S., Yoshikib Y., Okubob K. 2002. Antioxidant compounds from bananas (Musa Cavendish). Food Chemistry. 79: 351–354.

Sun J., Chu Y.F, Xianzhong Wu, Liu R.H.- 2002. Antioxidant and Antiproliferative Activities of Common Fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2002, 50: 7449-7454.

Ultra V.U., Mendoza D.M., and Briones A. M. 2005.- Chemical changes under aerobic composting and nutrient supplying potential of banana residue compost. Renewable Agriculture and Food Systems, 20:113–125.

Vervoort R.W., Radcliffe E.E., Cabrera M.L., Latimore Jr. M. 1998. Nutrient losses in surface and subsurface flor pasture applied poultry litter and composted poultry litter. Nutrient Cycling of Agroecosystems, 50: 287-290.

Wang H., Cao G. H., Prior R. L. 1996. Total antioxidant capacity of fruits. Journal of Agricultural Fruit Chemistry. 44: 701-705.

Wong M.T.F., Akeampong E., Nortcliff S., Rao M.R. and Swife R.S. 1995. Initial responses of maize and beans to decreased concentrations of monomeric inorganic aluminium with application of manure or tree prunings to an oxisol in Burundi. Plant and Soil.171:275-82.

Yong-Xing Z., Xuan-Bin X., Yan-Hong H., Wei-Hua H., Jun-Liang Y., Huan-Li L., Hai-Jun G. 2015. Silicon improves salt tolerance by increasing root water uptake in *Cucumis sativus* L. Plant Cell Reports Septembe, Volume 34, 9: 1629–1646.

Yolcu H. 2011. The effects of some organic and chemical fertilizer applications on yield, morphology, quality and mineral content of common vetch (*Vicia sativa* L.). Turkish Journal of Field Crops. 16:197-202.

Zhang P., Whistler R.L., BeMiller J.N., Hamaker B.R. 2005. Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility - a review. Carbohydrate Polymers. 59: 443–458.