



UNIVERSIDAD DE CIEGO DE ÁVILA
“MÁXIMO GÓMEZ BÁEZ”
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**Caracterización morfo-fisiológica del crecimiento de plantas y
frutos de piña ‘MD2’ con aplicaciones de Microorganismos
Eficientes.**

**Trabajo de Diploma Presentado en Opción al Título de
Ingeniero Agrónomo**

Autor(a):

Blas Argelio Arbolaez Santana



UNIVERSIDAD DE CIEGO DE ÁVILA
“MÁXIMO GÓMEZ BÁEZ”
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**Caracterización morfo-fisiológica del crecimiento de plantas y
frutos de piña ‘MD2’ con aplicaciones de Microorganismos
Eficientes.**

**Trabajo de Diploma Presentado en Opción al Título de
Ingeniero Agrónomo**

Autor(a):

Blas Argelio Arbolaes Santana

Tutor(a):

DrC. Romelio Rodríguez Sánchez

Co-tutor(a):

Dr C. Zaray Losada Lòpez

Ciego de Ávila, 2020

Pensamiento

La educación es la arma más poderosa que tiene el hombre para crear una ética, para crear una conciencia, para crear un sentido del deber, un sentido de la organización, de la disciplina y de la responsabilidad.

Fidel Castro Ruz

Dedicatoria

A mi Santa Bárbara por ser mi guía, por mantenerme siempre protegido bajo su manto y permitirme haber culminado con una de las metas de mi formación profesional.

A mi mamá Marilyn Santana Arbelo ,a mi papá Fredy Argelio Arbolaes Valdés, por su amor, su apoyo incondicional tanto en lo económico como en lo moral, por haberme enseñado a luchar por conseguir mis metas y nunca dar una batalla por perdida. A mis abuelos y a mi hermana.

A mi familia en general, a mis profesores y amigos que de una u otra manera participaron en el trayecto de mi formación profesional.

Agradecimientos

Les agradezco a mis tutores Dr.C. Romelio Rodríguez y Dra.C. Zaray Lozada por el conocimiento, la ayuda incondicional y el apoyo extraordinario que me han brindado en cada momento, a los compañeros que laboran en la UEB producción de piña perteneciente a la Empresa Agroindustrial Ceballos. Además a Liván Alonso que me ayudó en la investigación de esta Tesis.

A todos

Muchas Gracias...

Resumen

La piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) es la especie económicamente más importante dentro de la familia Bromeliaceae, ha sido por años uno de los recursos económicos de exportación en muchos países, en especial el cultivar Gold “Extra Sweet” ‘MD2’, que por su contenido de sólidos solubles, aroma y color ha sido preferida y se ha mantenido como la número uno en los mercados mundiales. Aunque sus cualidades organolépticas le han convertido en el favorito del consumidor, la ‘MD2’ es más susceptible a enfermedades fungosas que la Cayena y la Champaka, y más exigente en manejo agrotécnico. La presente tesis tiene como objetivo determinar los aspectos morfo-fisiológicos de las plantas y frutos de piña ‘MD2’ con las aplicaciones foliares de microorganismos eficientes que permitan mejorar la calidad de las plantas y fruto de piña. Se utilizaron hijos clavel de aproximadamente 300 g provenientes plantas de piña híbrido ‘MD2’, los que se plantaron el día 16 de enero del 2019. Los indicadores morfológicos que se evaluaron fueron: Supervivencia (%), Masa fresca de la planta (g), longitud de la planta (cm), número de hojas y número de raíces. También se evaluaron las variables bromatológicas de los frutos ‘MD2’: Masa fresca del fruto con corona (kg), Masa fresca del fruto sin corona (kg): Relación masa de corona y masa de fruto, Contenido de sólidos solubles. Contenido de acidez (%). Contenido de ácido ascórbico (vitamina C). Los resultados demuestran que la aplicación foliar de microorganismos eficientes (MOE) incrementaron las masas frescas de las plantas y el número de raíces. Estos incrementos indujeron una mayor masa fresca del fruto sin incidir en la calidad del mismo.

Índice

1.	Introducción	1
2.	Revisión Bibliográfica	6
2.1.	Origen y evolución de la piña	6
2.2.	Descripción taxonómica y botánica de la piña	7
2.3.	Características generales e importancia económica del cultivo de la piña	7
2.4.	Propagación de la piña	9
2.5.	Requisitos esenciales para el crecimiento y desarrollo de la piña 'MD2'	11
2.6.	Los microorganismos eficientes	12
2.6.1	Como influye en el suelo y en las plantas	12
2.6.2	Empleo de MOE en la Agricultura	13
3.	Materiales y Métodos	14
3.0.1	Condiciones de cultivo	14
3.1.	Caracterización de las variables morfológicas evaluadas durante crecimiento vegetativo de las plantas 'MD2'	17
3.2	Caracterización de las variables bromatológicas de los frutos 'MD2'	18
4.	Resultados y Discusión	19
4.1	Caracterización de las variables morfológicas evaluadas durante crecimiento vegetativo de las plantas 'MD2'	19
4.2	Caracterización de las variables bromatológicas de los frutos 'MD2'	32
5.	Conclusiones	36
6.	Recomendaciones	37
7.	Bibliografías	38

1. INTRODUCCIÓN

La piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) es la especie económicamente más importante dentro de la familia Bromeliaceae, ha sido por años uno de los recursos económicos de exportación en muchos países, en especial el cultivar Gold “Extra Sweet” ‘MD2’, que por su contenido de sólidos solubles, aroma y color ha sido preferida y se ha mantenido como la número uno en los mercados mundiales. Se comercializa como producto procesado o fresco, por su gran valor nutritivo, agradable sabor, posibilidades de industrialización y su gran belleza. Después del banano y el mango, es la fruta tropical más importante, con una producción mundial en el año 2018, de 27. 924,287 (FAOSTAT, 2019), produciéndose un incremento aproximado de 4,000 000 t desde el año 2012 a la fecha, mientras que en Cuba la producción total de la fruta en la actualidad según estadísticas de la Empresa Agroindustrial Ceballos es de 70 t/ha.

El cultivar ‘MD2’, desarrollado por la corporación Del Monte Fresh Produce International Inc., ha ganado mercado mundial en los años recientes por transformar el mercado de fruta fresca y la producción industrial de la piña (Bartholomew 2009). Este cultivar posee caracteres de elevada importancia agronómica como son los altos rendimientos y calidad de la fruta comparada con el cultivar Cayena Lisa Firoozabady et al. (2006).

La planta es de rápido crecimiento y de ciclo de producción más corto; además, los rendimientos de producción tamaño de la fruta son mayores, es una fruta muy dulce y jugosa, aunque se reconoce que es más susceptible al daño mecánico y a la *Phytophthora* que la Champaka (Bartholomew 2009).

Aunque sus cualidades organolépticas le han convertido en el favorito del consumidor, la ‘MD2’ es más susceptible a enfermedades fungosas que la

Cayena y la Champaka, y más exigente en manejo agrotécnico, lo que incrementa su costo de producción el cual desde el punto de vista del costo de oportunidad es compensado con un mejor precio, condición que justifica su inversión (Bartholomew 2009).

En Ciego de Ávila, entre las plantaciones de frutales, la piña es el cultivo más perjudicado en el llamado período especial de la economía cubana (1990-1995). Hoy presenta un panorama de recuperación alentador al estar extendido en ocho de los diez municipios, con más de un centenar de familias campesinas involucradas en la producción de este cultivo. Además de, la participación directa de la Empresa Agroindustrial Ceballos de Ciego de Ávila, principal productora del híbrido 'MD2' en Cuba.

El uso y manejo inadecuado de los suelos de cultivo y la aplicación intensiva de agroquímicos a nivel mundial, ha provocado en éstos, severos procesos de deterioro ambiental que se reflejan en su desactivación biológica y en la pérdida de sus condiciones para producir, lo que pone en serio riesgo la seguridad alimentaria de la sociedad Richardson et al. (2009).

El manejo que se realiza a este cultivo desde la preparación del suelo es intensivo se realizan 12 labores de forma consecutivas, estas de cierta forma eliminan malezas, microorganismos dañinos al cultivo, pero también los que benefician y estimulan el desarrollo del mismo.

Como concepto se plantea que los MOE consisten en mezclas de cultivos benéficos y microorganismos naturales que pueden ser aplicados como inoculantes y con ello se incrementan la diversidad biológica del suelo y la planta (Higa y Wididana 1991).

Su concepto y tecnología fue desarrollado por el Doctor Teruo Higa en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón, y el estudio se completó en 1982. El principio fundamental de esta tecnología fue la introducción de un grupo de microorganismos benéficos para mejorar las condiciones del suelo, suprimir putrefacción (incluyendo enfermedades) microbios y mejorar la eficacia del uso de la materia orgánica por las plantas, además se ha comprobado que algunos microorganismos presentes en los MOE asperjados al follaje, son capaces de proteger a las plantas del ataque de determinados patógenos, ya que se reconoce que el papel fundamental de la diversidad biológica que se encuentra en nuestros suelos; es que en estos conviven numerosos tipos organismos microscópicos como bacterias y hongos, que pueden ofrecer grandes beneficios a la Agricultura; pues estos contribuyen a la formación del suelo y que participan en la degradación de la materia orgánica y en los ciclos de elementos como el carbono, nitrógeno, oxígeno, azufre, entre otros (Higa y Wididana 1991).

Estos microorganismos aportan a la fertilidad del suelo y son utilizados por los seres vivos en su metabolismo, muchos de estos viven alrededor de las raíces de las plantas e influyen en su crecimiento ya que ayudan a absorber nutrientes y las protegen o evitan el ataque de microorganismos patógenos.

La producción de la piña en la UEB “Producción de piña” es de forma intensiva, aunque en los últimos años se están realizando rotaciones de cultivo con abonos verdes (frijol Canabalia, frijol terciopelo, frijol común) e incorporando Cachaza (40 t ha^{-1}) como aportador de materia orgánica en el momento de preparación del suelo.

Al considerar lo antes expuesto, **el problema** se define de la forma siguiente:

¿Cómo mejorar la fertilidad del suelo y con ellos el desarrollo del cultivo piña ‘MD2’ con la aplicación foliar de microorganismos eficientes en el proceso productivo?

Basada en los planteamientos anteriores, la investigación recogida en esta tesis estuvo encaminada a probar el cumplimiento de la siguiente **hipótesis científica**:

“Es posible mejorar la fertilidad del suelo con la aplicación foliar de microorganismos eficientes que permitan un constante crecimiento y desarrollo de la piña ‘MD2’.

En la validación de la propuesta anterior se propone como **objetivo general**: Determinar los aspectos morfo-fisiológicos de las plantas y frutos de piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) ‘MD2’ con las aplicaciones foliares de microorganismos eficientes que permitan mejorar la calidad de las plantas y fruto de piña.

Objetivos específicos:

- Determinar los efectos de las aplicaciones foliares de microorganismos eficientes sobre variables morfológicas en plantas de piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) ‘MD2’ en condiciones de campo.
- Evaluar indicadores bromatológicos en la calidad de los frutos de piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) ‘MD2’ en condiciones de campo.

Novedad Científica.

Generar aportes teóricos que fundamenten los efectos de las aplicaciones foliares de microorganismos eficientes sobre la morfología de la planta y

bromatología de los frutos de piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) 'MD2' durante su desarrollo en campo.

Valor práctico.

Los resultados obtenidos constituyen una herramienta útil para incrementar la calidad de las plantas y frutos de piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) 'MD2' durante su proceso productivo, lo que permitirá tener plantas con mayor supervivencia y crecimiento luego de su plantación, esto justifica económicamente el empleo de los microorganismos eficientes en el paquete tecnológico del cultivo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origen y evolución de la piña

La piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) es una valiosa contribución de las civilizaciones precolombinas a la horticultura del mundo y una de las frutas tropicales más importantes (Coppens d'Eeckenbrugge y Leal, 2003; Bartholomew, 2005; Coppens d'Eeckenbrugge y Duval, 2009). Fue vista por primera vez por los europeos cuando Colón desembarcó en la isla habitada que llamó Guadalupe el 04 de noviembre 1493, durante su segundo viaje al Nuevo Mundo Botella et al. (2008); Crestani et al. (2010). Por su aroma, sabor característico y exuberante apariencia, fue llamado el “Rey de los frutos coloniales” y se cultiva y consume en los cinco continentes. Crestani et al. (2010). Al momento de la conquista, ya era cultivada desde muchos siglos antes, por los indígenas nativos en todas las tierras bajas neotropicales de Mesoamérica y las Antillas, hacia el sur hasta el Paraguay, en los valles húmedos de la costa de Perú y ya habían desarrollado cultivares específicos para las laderas andinas, que son hoy todavía importantes en Colombia, Venezuela y Perú (Coppens d'Eeckenbrugge y Pereira 2010).

Los miembros de esta familia se caracterizan por un tallo corto, las hojas erectas y estrechas colocadas en un racimo redondo, las inflorescencias terminales con flores hermafroditas y trímeras actinomorfas. Las frutas son las cápsulas o bayas que contienen pequeñas semillas aladas con un endospermo reducido y un embrión pequeño Bartholomew et al. (2003). La subfamilia *Bromelioideae* es la más diversa y consiste en el número más grande de géneros pero el número más bajo de especies. La mayoría de los miembros son plantas epífitas caracterizadas por una forma de roseta, con las

hojas espinosas y una fruta como baya que contiene la semillas (Coppens d'Eeckenbrugge y Leal 2003).

2.2. Descripción taxonómica y botánica de la piña

La piña pertenece al orden *Bromeliales* y la familia *Bromeliaceae*, representada por 56 géneros y 2 794 especies. La diversidad de formas silvestres y cultivadas en la parte del Río Amazonas (Orinoquia, Río Negro, Amapá), así como en Paraguay y sur de Brasil plantean que éste es su centro de origen (Coppens d'Eeckenbrugge y Leal, 2003); Coppens d'Eeckenbrugge y Duval 2009)

Existen aproximadamente 30 cultivares de *A. comosus* cultivados comercialmente en los países tropicales y sub tropicales alrededor del mundo. Sin embargo, para conveniencia en el comercio global, los numerosos cultivares de la piña se agrupan en cuatro clases principales: Cayena Lisa, Española Roja, Queen y Pernambuco a pesar de existir muchas diferencias en los tipos dentro de cada clase Bartholomew et al. (2003).

2.3. Características generales e importancia económica del cultivo de la piña.

La piña es una planta xerófita, suculenta, terrestre, herbácea perenne con unas 30 o más hojas. Esta pertenece a la clase *Monocotiledoneae*, género *Ananas* y a la especie *comosus* Py et al. (1987). Todos los tipos de piña cultivados pertenecen a la especie *Ananas comosus* var. *comosus* (Coppens d'Eeckenbrugge y Leal 2003).

Es una especie herbácea perenne, cuya inflorescencia terminal da lugar a un fruto múltiple (Coppens d'Eeckenbrugge y Leal 2003). Después de la maduración del primer fruto, la planta desarrolla nuevos brotes a partir de yemas axilares que producen un nuevo eje de crecimiento capaz de producir otro fruto. Las yemas

del tallo dan lugar a los órganos de propagación, en su región basal surgen los brotes criollos, superiores a éstos los brotes claveles y cerca de la base del fruto, los brotes basales. Las plantas adultas alcanzan de 1 a 2 m de altura y de 1 a 2 m de ancho. Las principales estructuras morfológicas son distinguibles en el tallo, hojas, pedúnculo, fruto, corona, brotes y raíces.

El cultivo de la piña en su desarrollo vegetativo atraviesa etapas de crecimiento lento hasta completar su madurez fisiológica Peña et al. (1996). Su ciclo puede estar dividido en tres fases: la vegetativa que implica desde la plantación a la diferenciación floral; la fase reproductiva (floración - fructificación), que comprende la diferenciación floral hasta la maduración del fruto y por último la fase propagativa, que empieza en la fase productiva pero continúa después que la fruta es cosechada.

La piña es predominantemente cultivada por su fruta que se consume fresca o en conserva. Esta es una fuente de manganeso y contiene cantidades importantes de vitaminas C y B1. La piña se usa como un ingrediente en una variedad de comidas incluso las pizzas, los condimentos, los dulces, los pasteles, los panes dulces, el yogurt, los ponches y los helados Bartholomew et al. (2003).

La piña contiene la enzima proteolítica bromelina con propiedades medicinales valiosas como interferir con el crecimiento de células malignas, inhibiendo la agregación de las plaquetas y la acción antiinflamatoria, mejorando la absorción de drogas (Chinchilla 2014). Los tallos y hojas de la planta de la piña son una fuente de fibra que puede ser procesada para hacer papel y tela. Algunas partes de la planta de la piña pueden usarse en la alimentación del ganado en forma de forraje y heno.

Su producción está destinada principalmente al consumo fresco (70%) y el resto para la industria y sus derivados, cada vez más apreciados por su alto valor nutritivo según el incremento de su demanda en el mercado (Loeillet y Dawson 2011). En la actualidad, el mercado de fruta fresca y la producción industrial de la piña en el mundo ha tenido una transformación grande después que la corporación Del Monte introdujo la piña 'MD2' a consumidores en los Estados Unidos y Europa oficialmente en 1996 (Bartholomew 2009). El cultivar 'MD2' es una planta vigorosa con resistencia a enfermedades y plagas aceptables y es uno de los cultivares que posee caracteres de elevada importancia agronómica como son los altos rendimientos y calidad de la fruta Firoozabady et al. (2004).

La 'MD2' es un híbrido originalmente denominado 73-114 por el Instituto de Investigaciones en piña en Hawái (Pineapple Research Institute-PRI). Plantas de crecimiento rápido, ganando a la Champaca hasta tres meses en período de maduración. Fruta de hombros cuadrados sobre un pedúnculo corto y dos o más retoños. La pulpa es firme, con alta pigmentación, diferente a los clones de Cayena lisa. El fruto es de color naranja amarillo intenso con un alto contenido de 15 a 17 °Brix y un peso promedio de 1,3 a 2,5 kg. Las diferencias que presentan con respecto a la variedad Cayena lisa son: mayor resistencia al obscurecimiento interno, menor contenido de ácido ascórbico total, mayor susceptibilidad a la pudrición y mayor sensibilidad al *Phytophthora spp* (Fournier y Mare-Alphonsine 2007).

2.4. Propagación de la piña.

La propagación de piña por semillas es limitada debido a que la mayoría de las variedades de *A. comosus* poseen fertilidad reducida combinada con la auto-

incompatibilidad (Coppens d'Eeckenbrugge y Duval 1995). Por eso, la piña se propaga vegetativamente en el campo a través de las coronas o hijos (basal, clavel y criollo) donde cada uno de estos propágulos requiere un período diferente desde la plantación a la floración y hasta la cosecha de fruto. También se han utilizado el seccionamiento de tallos y coronas.

Entre las dificultades que le reconocen a la propagación vegetativa se encuentra la lentitud en la producción de propágulos y el número limitado de los mismos. Además, se venden las coronas junto a la fruta fresca (por preferencia de los consumidores y mejor conservación de los frutos), lo que reduce la disponibilidad como propágulos Sripaoraya et al. (2003). Generalmente se considera la disponibilidad de propágulos como el factor importante que limita la expansión de la producción de la piña a escala comercial Sripaoraya *et al.* (2003). Otro método empleado es la micropropagación que constituye una eficiente vía para satisfacer la demanda de plantación de diferentes especies vegetales.

La micropropagación por cultivo de tejidos es una alternativa viable en comparación con los métodos convencionales de multiplicación de la planta, no sólo para la producción masiva de semillas, sino también para duplicar el número de plantas élites con las características deseables para la fruta Soneji *et al.* (2002). Adicionalmente, pueden generarse las plantas libres de virus a través del cultivo de meristemo. Aghion y Beauchesne (1960) establecieron las bases para la micropropagación de piña hace cinco décadas. La técnica, sin embargo, todavía es costosa debido a la intensiva manipulación en varias fases de cultivo de tejidos y no se usa comercialmente para todas las especies.

2.5. Requisitos esenciales para el crecimiento y desarrollo de la piña 'MD2'.

La piña puede ser cultivada en condiciones climáticas variables, pero la producción comercial está limitada dentro de ciertas condiciones específicas. Entre los factores climáticos más relevantes para el cultivo de la piña están la temperatura, la precipitación y la luminosidad, siendo la temperatura el principal factor climático que determina el crecimiento y desarrollo de la planta Py et al. (1987).

Temperatura: Los rangos favorables oscilan entre los 20 y 30 °C, aunque se recomienda que las temperaturas de 25 a 27 °C son las más adecuadas. Durante el proceso de crecimiento y desarrollo del fruto la temperatura influye significativamente, pudiendo variar sus características físicas y químicas.

Precipitación: Las precipitaciones en exceso resultan perjudiciales al desarrollo vegetativo de la planta, pues su estancamiento en el suelo produce asfixias a las raíces e intensifica los ataques de hongos del suelo. Debe considerarse la cantidad o intensidad de lluvia, así como la distribución durante los 12 meses del año Acuña et al. (2006).

Luminosidad: La piña es una planta que requiere alta luminosidad en sus procesos fisiológicos. Se ha comprobado que la disminución de las radiaciones solares reduce los rendimientos y la coloración de los frutos; en cambio, una luminosidad alta favorece la producción de frutas de buena coloración. Mientras que excesiva exposición a mayores intensidades lumínicas puede producir quemaduras superficiales o internas del fruto Acuña et al. (2006).

El suelo es otro importante requerimiento. El cultivo prospera en suelos ácidos con un pH entre 5 y 6,5 y con buen drenaje. En suelos con poco drenaje se afecta por la enfermedad conocida como "pudrición del corazón de la piña"

provocado por el hongo *Phytophthora* spp. Esta enfermedad causada por infección provoca pérdidas considerables en su producción Firoozabady et al. (2004).

Los elementos nutricionales que requiere la piña para su crecimiento se precisan como macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, y azufre) y micronutrientes (boro, zinc, cobre, manganeso y molibdeno). El nitrógeno, potasio, fósforo, magnesio, hierro, cobre, zinc y boro son los más comúnmente aplicados en solución foliar (Swete Kelly y Barholomew 1993).

2.6. Los microorganismos eficientes

Microorganismos eficientes (MOE) significa microorganismos eficaces. Su concepto y tecnología fue desarrollado por el Doctor Teruo Higa en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón, y el estudio se completó en 1982. El principio fundamental de esta tecnología fue la introducción de un grupo de microorganismos benéficos para mejorar las condiciones del suelo, suprimir putrefacción (incluyendo enfermedades) microbios y mejorar la eficacia del uso de la materia orgánica por las plantas.

2.6.1. Como influye en el suelo y en las plantas.

Investigaciones muestran que la inoculación de cultivos de MOE al ecosistema del suelo/planta mejora la calidad y salud del suelo, y el crecimiento, producción, calidad de los productos. Los MOE pueden aumentar significativamente los efectos benéficos en suelos y colaborar en realizar buenas prácticas agrícolas.

Los MOE ayudan al proceso de descomposición de materiales orgánicos y durante la fermentación produce ácidos orgánicos que normalmente no está disponible como: ácidos lácticos, ácidos acéticos, aminoácidos y ácidos

málicos, sustancias bioactivas y vitaminas. Un ingrediente primordial en este proceso es la materia orgánica que es suministrada por el reciclado de residuos de los cultivos, materia verde y deshechos animales.

Asimismo, este proceso lleva a un incremento del contenido de humus en el suelo: Las bacterias ácido lácticas, suprimen microbios patogénicos directa e indirectamente por la producción de actinomicetes. También se conoce que el efecto antioxidante del MOE mejora el sistema inmunológico de plantas.

2.6.2. Empleo de MOE en la Agricultura.

La tecnología MOE está siendo utilizada para reemplazar agroquímicos y fertilizantes sintéticos en varios cultivos, el MOE para la agricultura se enfoca para el mejoramiento de la calidad del suelo construyendo una microflora balanceada con la mayoría de especies de microorganismos benéficos. A través de esto, es posible transformar cualquier enfermedad suelo inductor de enfermedades en un suelo supresor de enfermedades, zimogénico y finalmente sintetizador.

Cuando las plantas tienen un mejor ambiente para su crecimiento y desarrollo, los niveles de producción de incrementan y aumenta la resistencia a enfermedades. Además de esto, la calidad de los productos que provienen donde él MOE es utilizado, son de mejor apariencia y sabor y tienen una vida de anaquel más larga.

La Tecnología MOE puede ser utilizada en la preparación del terreno, germinación y enraizamiento del material vegetal, la siembra y trasplante y el mantenimiento tanto al suelo como al follaje de las plantas. A continuación se detallarán los usos y aplicaciones de MOE en sus posibles áreas de aplicación

La aplicación de MOE en el momento de la preparación del terreno o posteriormente a la misma, tiene como objetivo establecer en el suelo los microorganismos benéficos presentes en él para promover el desarrollo vigoroso de los cultivos.

De igual manera, se busca transformar la materia orgánica generada después de un ciclo de cultivo, dentro del terreno, favoreciendo el reciclaje de nutrientes y la mejora de las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo.

También se reconoce que MOE puede generar una barrera protectora alrededor del material de propagación para que en el momento de entrar en contacto con el suelo, o sustrato, se reduzca la incidencia de enfermedades alojadas en el medio. Por otra parte se reconoce que es capaz de la generación de hormonas, aminoácidos y sustancias antioxidantes que ayudan al buen desarrollo del cultivo (Benjumeda 2017).

Por otra lado, se reconoce su actividad en la solubilización de nutrientes, generación de sustancias bioactivas y protección de los cultivos frente al desarrollo de las enfermedades del suelo. Además, con su aplicación al follaje se logra promover el desarrollo de los puntos de crecimiento de las plantas y proteger el follaje contra patógenos, generando un microambiente favorable para el desarrollo vigoroso de plantas.

Los efectos que pueden ejercer los MOE sobre el crecimiento y desarrollo de la piña 'MD2' no han sido evaluados en condiciones de campo, por ello se impone profundizar en el efecto que puede ejercer la aplicación foliar de MOE dentro del paquete tecnológico establecido para este importante cultivo.

3.0 MATERIALES Y MÉTODOS

3.0.1 Condiciones de cultivo.

El presente trabajo se realizó en la Unidad Empresarial de Base (UEB) “Producción de Piña” perteneciente a la Empresa Agroindustrial Ceballos (21°47’N 78°48’O). Se utilizaron hijos clavel de aproximadamente 300 g provenientes plantas de piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) híbrido ‘MD2’, los que se plantaron el día 16 de enero del 2019.

La metodología que se empleó en la preparación y acondicionamiento del suelo fue la establecida por la UEB, antes de la plantación se caracterizó el suelo del área experimental obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 1. Las determinaciones se realizaron según la Metodología de Análisis de Suelo recomendada por el Instituto Nacional de Suelos y Fertilizantes (NR. 279, 1987. MINAG). Los análisis se realizaron en el Laboratorio Territorial de Suelos del Ministerio de la Agricultura (MINAG) en la provincia de Camagüey.

K₂O	P₂O₅	M.O	Mg	Ca	pH
(mg/100 g S.)	(mg/100 g S.)	(%)	(Cmol/kg)	(Cmol/kg)	(KCl)
28,30	12,0	2,13	2,19	2,75	4,9

Tabla 1. Características químicas del suelo en el área experimental.

En todo el proceso se empleó el paquete agrotécnico establecido por la UEB para este cultivo. El sistema de riego empleado fue aspersión con máquina de pivote central (Western, producida por TUSA SA) y se regó según lo establecido por la UEB para las fases de desarrollo del cultivo.

Las aplicaciones de MOE se comenzaron a realizar a partir del segundo mes de plantados los hijos y se realizó foliarmente cada 15 días hasta alcanzar cuatro aplicaciones con el empleo de una mochila (MATABY) de 16 litros de capacidad, mientras que el paquete de fertilización empleado fue el establecido

en la UEB (anexo 1) y se aplicó con una maquina asperjadora (CLAXON) de 300 L de capacidad y con 73 boquillas.

Inducción de la floración.

A los 8 meses de la plantación y cuando las plantas alcanzaban 2,3 kg de masa fresca como promedio, se realizó la inducción artificial de la floración en horas de la madrugada (4:00 a 6:00 am). Cada planta recibió aproximadamente 50 mL de la solución final aplicada. La solución inductora se preparó a razón de 1 ha, esta contenía una mezcla de Ethrel® 480 (4,0 L⁻¹) + Urea (30 kg) y Carbonato de calcio (CaCO₃) 2 kg y se aplicó utilizando una máquina asperjadora (CLAXON fabricada en Costa Rica).

Las condiciones ambientales donde se desarrolló el experimento durante la fase vegetativa se pueden apreciar en la figura 2.

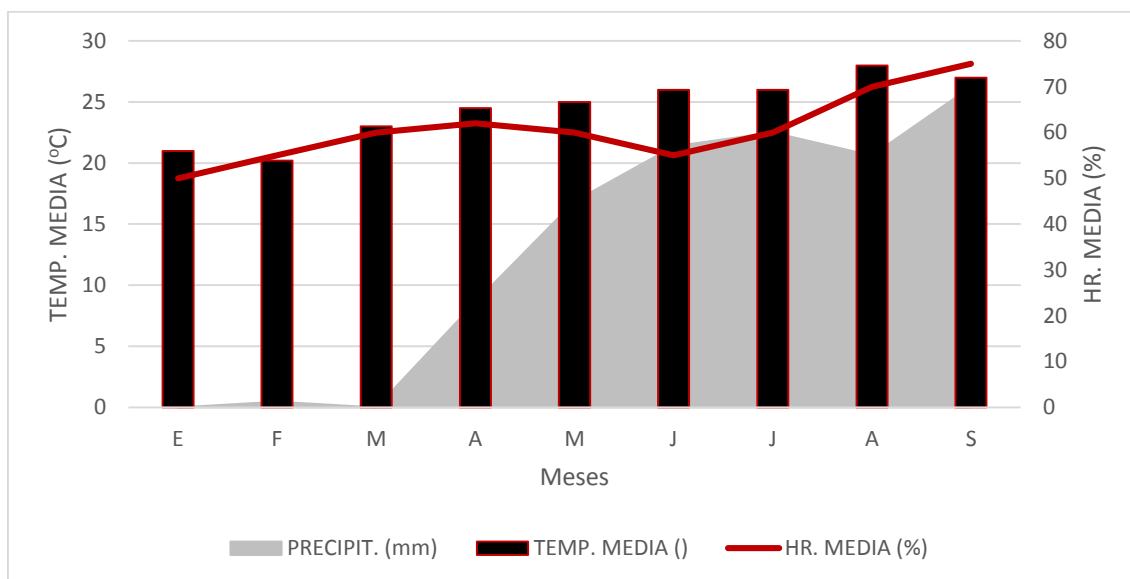


Figura 2. Histograma de variables ambientales durante el desarrollo del experimento antes de la inducción floral. (HR:Humedad Relativa).

Para el desarrollo del experimento se establecieron dos factores experimentales.

Factor 1. Tratamientos	Factor 2. Momentos de evaluación
1- UEB (Control)	1- 60 días (inicial)
2- MOE (20 L ha ⁻¹)	2- 90 días
	3- 120 días
	4- 150 días
	5- 180 días

El inóculo de microorganismos eficientes compuesto por *Bacillus subtilis* B/23-45-10 Nato (5,4 10⁴ UCF.mL⁻¹), *Lactobacillus bulgaricus* B/103-4-1 (3,6 10⁴ UCF.mL⁻¹), y *Saccharomyces cerevisiae* L-25-7-12 (22,3 10⁵ UCF.mL⁻¹), con certificado de calidad emitido por ICIDCA, código R-ID-B-Prot-01-01, fue adquirido en la Sucursal de Labiofam de Sancti Spiritus”.

Se aplicó a razón de 20 mL por litro con ayuda de una mochila Mataby (16 L) con frecuencia quincenal luego del segundo mes de plantación y se realizaron 4 aplicaciones foliares. La dosis única probada fue la recomendada por especialista del ICIDCA para frutales.

Diseño experimental

Se empleó un diseño de bloques al azar en el cual cada tratamiento se replicó en tres parcelas de 13 m de longitud por 6,70 m de ancho (seis surcos a doble hilera), las cuales fueron plantadas en el mes de enero de 2019 a razón de 58 600 ptas ha⁻¹.

En cada momento de evaluación (mensual) se tomaron al azar 20 plantas homogéneas por tratamientos y se realizaron las evaluaciones.

3.1 Caracterización de las variables morfológicas evaluadas durante crecimiento vegetativo de las plantas ‘MD2’.

Los indicadores morfológicos que se evaluaron fueron: Supervivencia (%), Masa fresca de la planta (g), longitud de la planta (cm), número de hojas y número de raíces.

Porcentaje de supervivencia (%). Cantidad de plantas sembradas inicialmente y su relación con las plantas que quedaban vivas en el momento de la evaluación final.

Determinación de masa fresca de la planta (g).

Se pesaron las plantas utilizando una balanza de mano (Power).

Evaluación del número de hojas.

Se contaron el número de hojas emitidas por plantas, tomando como base las que estuvieran fotosintéticamente activas (verdes).

Evaluación del número de raíces.

Se contaron el número de raíces emitidas por plantas.

Tasa de crecimiento absoluta. Se estableció según la fórmula $TCA = \frac{\text{Masa final} - \text{Masa inicial}}{\text{Tiempo final} - \text{Tiempo inicial}}$.

3.2. Caracterización de las variables bromatológicas de los frutos 'MD2'.

Para los análisis de las variables bromatológicas se tomaron diez frutos por tratamiento y se llevaron al laboratorio donde se evaluaron:

Masa fresca del fruto con corona (kg): Se pesó el fruto con corona en una balanza técnica marca Sartorius con un error de 0.01 g.

Masa fresca del fruto sin corona (kg): Se pesó el fruto sin corona en una balanza técnica marca Sartorius con un error de 0.01 g.

Relación masa de corona y masa de fruto: se calculó la relación entre masa de fruto y masa de corona para cada tratamiento.

Contenido de sólidos solubles. Se determinó con la ayuda de un refractómetro marca ATAGO calibrado para soluciones de sacarosa. Los resultados se expresaron en grados Brix.

Contenido de acidez (%). El contenido de acidez se determinó mediante valoración ácido base de los ácidos orgánicos totales en el jugo del fruto de la piña con la utilización de hidróxido de sodio como agente valorante y de fenolftaleína como indicador de color. Los resultados se expresaron en porcentaje de acidez referido a gramos de ácido cítrico en 100 ml de jugo.

Contenido de ácido ascórbico (vitamina C). Se determinó mediante valoración de oxidación reducción del ácido ascórbico utilizando como valorante el 2,6-Diclorofenol indofenol y ácido oxálico como agente estabilizador. Los resultados se expresaron en mg de ácido ascórbico en 100 mL de jugo.

Tratamientos estadísticos de los resultados

El tratamiento estadístico de los resultados se desarrolló con el empleo del utilitario "STATISTIC 8.0" de StatSoft (2007). Se realizaron análisis paramétricos (ANOVA bifactorial, prueba Tukey, $P \leq 0.05$) después de chequeada la distribución normal (Kolmogorov-Smirnov, $P \leq 0.05$) y la homogeneidad de las varianzas (Levene, $P \leq 0.05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de las variables morfológicas evaluadas durante crecimiento vegetativo de las plantas 'MD2'.

En la figura 2 se puede apreciar la supervivencia de las plantas a los 120 y 180 días luego de su plantación.

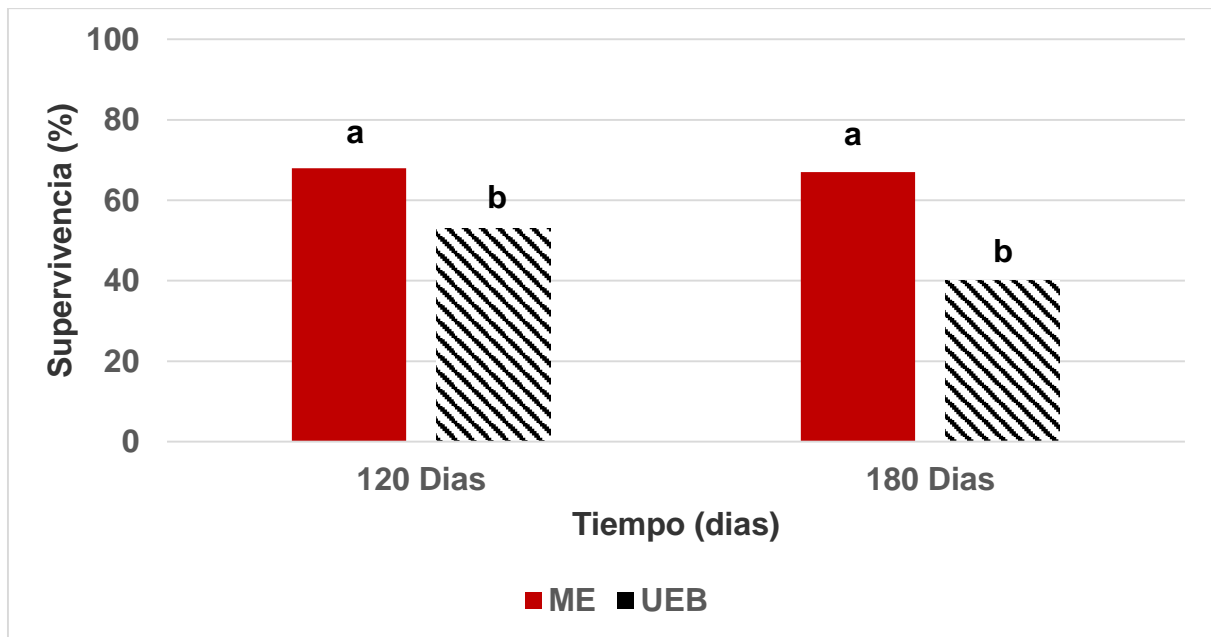


Figura 2. Supervivencia de las plantas de pino 'MD2' a los 120 y 180 días luego de plantadas. Medias con letras diferentes indican significación (ANOVA y prueba Tukey ($P \leq 0,05$)). Para la variable en porcentajes los datos se transformaron según $y' = 2 \arccos(y/100)^{0.5}$. Cada dato representa la media para $n=20$.

Los resultados muestran que tanto en la evaluación realizada a los 120 y 180 días las plantas que fueron tratadas con las aplicaciones foliares de microorganismos eficientes (MOE) alcanzaron los más altos y significativos valores cuando se comparan con las plantas control. En esta época existieron frecuentes condiciones favorables para que se elevara la presencia de enfermedades fúngicas (Tabla 2), entre estas el incremento de las precipitaciones (60 mm), aumento de la temperatura (23 °C) y la alta Humedad Relativa (60 %); lo que provocó que la mayor pérdida de las plantas estuvieran asociadas con la presencia de *Phytophthora* spp en ambos tratamientos, todo ello combinado con la incorrecta preparación que se realizó al suelo, ya que no se contó con el drenaje que se requería para este cultivo. Sin embargo, hay que destacar que en las plantas control las pérdidas fueron del 60% a los 180 días. En apenas 60 días (120-180 días) se perdió el 17% de las plantas control,

mientras que a las que se les aplicó MOE mantuvieron los mismos valores de supervivencia.

Entre los principales efectos, protegen a la planta contra patógenos y realizan la fijación del nitrógeno atmosférico. El nitrógeno es uno de los principales nutrientes de las plantas, siendo un factor limitante en el crecimiento de éstas y, como consecuencia, en los ecosistemas de explotación de la agricultura. Según los estudios realizados Oberson et al. (2013), lo utilizan (gracias a las enzimas nitrogenasas que poseen), proveen también a las plantas, que se aprovechan de los productos de su metabolismo (absorción en forma de nitratos). Independientemente de que el modo de fijación del nitrógeno sea simbiótico o no, se ha demostrado mediante varios estudios que al añadir MOE a los cultivos vegetales, aumenta notablemente la cantidad de nitrógeno disponible, así como los rendimientos de las plantas según criterios de (Benjumeda 2017).

Los MOE producen fitohormonas que favorecen el enraizamiento, regulan parámetros como el crecimiento, la división celular o extensión de la raíz Oberson et al. (2013). Éste es uno de los aspectos donde más importancia tiene los MOE, ya que suscitan un gran interés desde un punto de vista agrícola. Las principales fitohormonas son auxinas, giberelinas y citoquininas y ácido indolacético.

Se ha demostrado ampliamente que los MOE incrementan la resistencia/tolerancia de la planta a la sequía o salinidad, ello ocurre debido a que determinadas bacterias actúan sobre la hormona del estrés y son capaces de llevar a cabo su descomposición, aliviando o atenuando el estrés de las

plantas en situaciones ambientales adversas (salinidad, sequía, calor, frío, presencia de metales pesados, etc.) Oberson et al. (2013).

Los resultados del análisis que se realizó a la caracterización de algunos microorganismos presentes en el suelo durante el experimento en ambos tratamientos experimentales se lograron cuantificar presencia de Bacterias, levaduras y hongos (tabla 2).

Tabla 2. Caracterización microbiológica del suelo del experimento a los 120 días.

Tratamientos	Bacterias	Levaduras	Hongos
Control	1,7 10 ⁷ CFU/g	8,0 10 ⁵ CFU/g	0,2 10 ⁶ CFU/g
MOE	2,3 10 ⁷ CFU/g	15,2 10 ⁵ CFU/g	0,7 10 ⁶ CFU/g

En la tabla se aprecia que la presencia de bacterias, levaduras y hongos es mayor en el tratamiento donde se aplicó MOE que donde no se aplicó, prácticamente duplican la concentración lo que indica que la aplicación de MOE de cierta forma estimuló la presencia de ellos. En el análisis se concluyó que de los hongos presentes la mayor existencia era de *Trichoderma* y *Aspergillus*, además se observaron otros dos hongos con esporas negras pero no pudieron ser identificados. Se reconoce que estos hongos favorecen la rápida descomposición de la materia orgánica y producen alcohol, esterres y sustancias antimicrobianas, lo que pudo favorecer el mayor porcentaje de supervivencia en el tratamiento donde se aplicó MOE.

Cuando los MOE se desarrollan como una comunidad dentro del suelo, también ocurre lo mismo con los microorganismos nativos de esos suelos. Por tal razón la microflora se enriquece y el ecosistema microbiano comienza a

equilibrarse mientras disminuye el porcentaje de patógenos. Así las enfermedades producidas en los suelos se suprimen mediante el proceso conocido como “competencia exclusiva”. Se ha planteado que los MOE generan un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades. Uno de los mayores mecanismos de biocontrol que poseen los MOE se basa en la producción de enzimas líticas, encargadas de degradar la pared celular de los organismos patógenos fúngicos Kobayashi et al. (2002). Además de la producción de enzimas degradativas, también excretan como metabolitos secundarios sustancias antibióticas que generan una agresiva colonización de la rizosfera, desplazando así a otras bacterias y hongos perjudiciales para las plantas (Lugtenberg y Kamilova, 2009).

El empleo de MOE es cada vez más importante en la agricultura moderna, se plantea que los microorganismos solubilizadores de fósforo, permiten sustituir hasta el 70% del fertilizante fosfórico que se aplica. Además los rendimientos en productos agrícolas comerciales se incrementan hasta el 30% por el efecto de las sustancias activas sintetizadas por las bacterias fijadoras asociativas y solubilizadoras de fósforo (Viñals y Villar 1999); Los MOE son capaces de solubilizar el fosfato poniéndolo a disposición de la planta y dándole ventaja frente a todas las plantas que carecen de microbiota capaz de solubilizar este elemento Oteino et al. (2015) y De Souza et al. (2015).

Los resultados alcanzados con la aplicación foliar de MOE sobre la supervivencia de plantas son alentadores, pero también es importante conocer cómo influyen en el crecimiento vegetativo de las plantas de piña ‘MD2’.

En la figura 3 se muestra el comportamiento de la masa fresca de la planta en la etapa de crecimiento vegetativo y antes de la inducción de la floración.

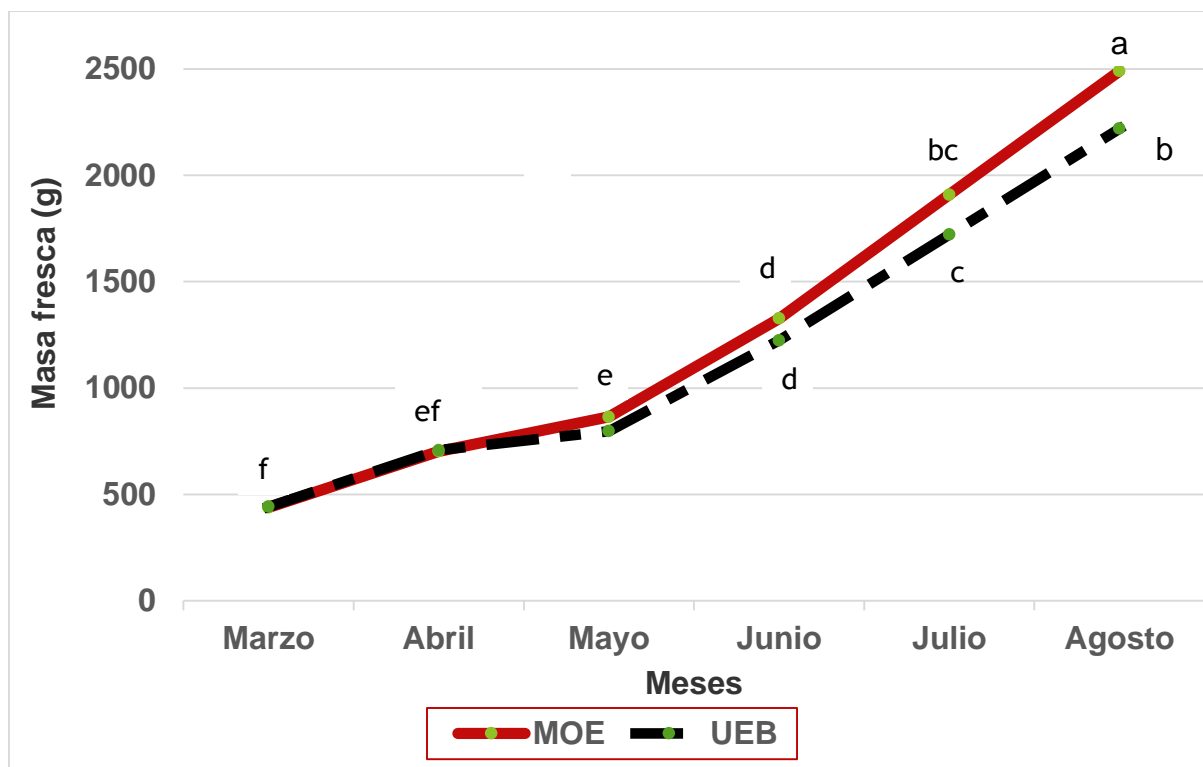


Figura 3. Comportamiento de la masa fresca (g) de la planta en la etapa de crecimiento vegetativo y antes de la inducción de la floración. Medias con letras diferentes indican significación (ANOVA bifactorial y prueba Tukey ($P \leq 0,05$)). Cada dato representa la media para $n=20$. $EE=120$.

La figura muestra como a los ocho meses de edad (agosto) el tratamiento al cual se le aplico MOE foliarmente alcanza los más altos y significativos valores con respecto al tratamiento control y a todas las evaluaciones realizadas anterior a esa fecha. Estos valores superan en 300 g al control. Por otro lado, el tratamiento UEB en agosto no difiere con la evaluación realizada en el mes de julio del tratamiento MOE.

Sin embargo, ambos tratamientos no mostraron diferencias significativas entre ellos en las evaluaciones realizadas desde marzo hasta julio. No se apreció

diferencias significativas entre los meses de marzo y abril y abril con mayo, donde las plantas apenas incrementaron 500 g aproximadamente. Posterior a esta fecha el incremento fue más pronunciado. Se reconoce que la aplicación de MOE acelera el crecimiento de los cultivos como resultado del incremento paulatino de la densidad poblacional microbiana y, por consiguiente de la actividad microbiológica en las proximidades del sistema radical, por ello el tratamiento de MOE alcanzó los mayores valores en la masa fresca de las plantas.

Los biofertilizantes son biopreparados que contienen células vivas o latentes de cepas microbianas eficientes fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras, potencializadoras de nutrimentos o productoras de sustancias activas, que se utilizan para aplicar a las semillas o al suelo, con el fin de que se aumenten las cantidades de nutrientes disponibles que pueden ser asimilados por las plantas o, se hagan más rápido los procesos fisiológicos que influyen sobre el desarrollo y rendimiento de los cultivos Oteino et al. (2015).

Cada una de las especies contenidas en el MOE (bacterias fotosintéticas, ácidos lácticos, levaduras, actinomicetos y hongos de fermentación) tiene su propia e importante función. Sin embargo, pudiera decirse que la bacteria fotosintética es el pivote de la tecnología MOE, pues soportan las actividades de los otros microorganismos. Por otro lado, utilizan para sí mismas varias sustancias producidas por otros microorganismos. Este el fenómeno que llamamos coexistencia y co-prosperidad (Sorokin 2003).

Se puede observar que la aplicación de MOE incrementa las masas frescas de las plantas, pero es necesario conocer que órganos son los que más se

estimulan con ello, por ello el análisis de la emisión de hojas es importante por ser la responsable de producir los fotosintetatos de la planta (figura 4)

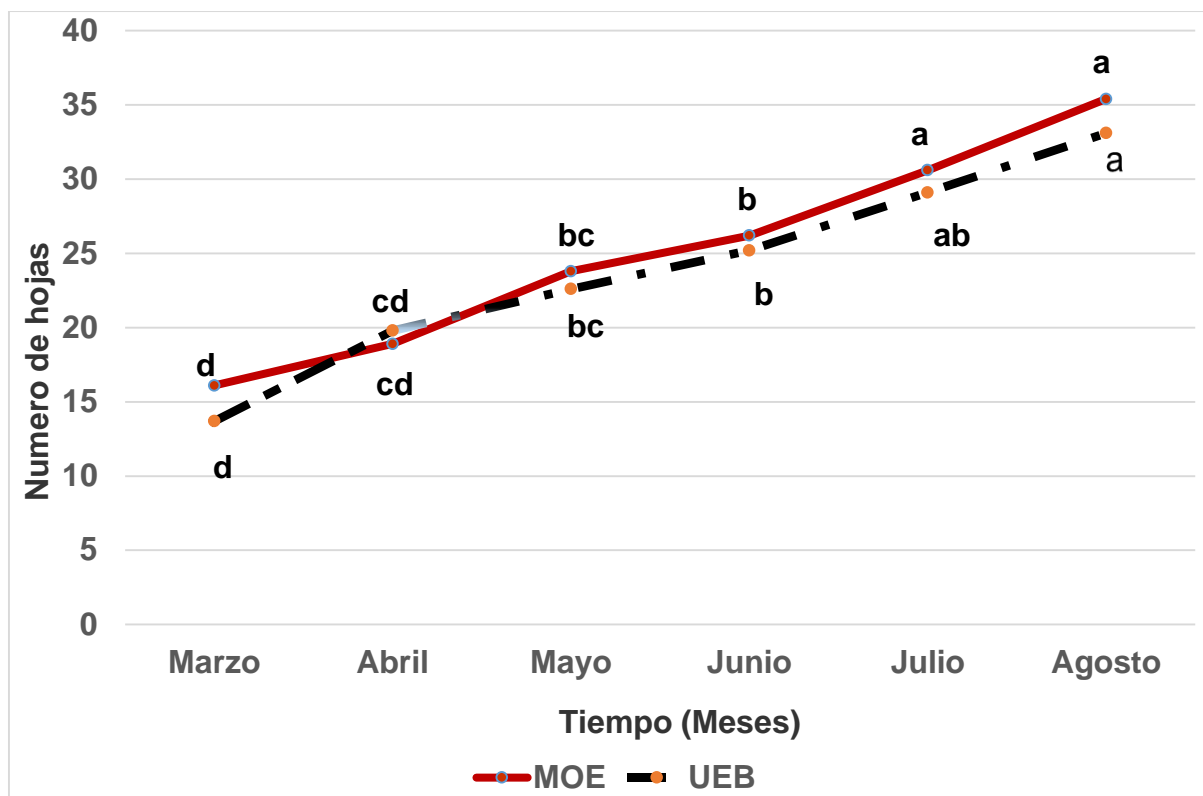


Figura 4. Comportamiento de la emisión de hojas de la planta en la etapa de crecimiento vegetativo. Medias con letras diferentes indican significación (ANOVA bifactorial y prueba Tukey ($p \leq 0,05$)). Cada dato representa la media para $n=20$. $EE=2,2$.

En los meses de julio y agosto no se apreciaron diferencias significativas entre ambos tratamientos experimentales. Sin embargo, el tratamiento UEB en el mes de julio no muestra diferencias con los meses de junio y mayo, mientras que el tratamiento MOE muestra diferencias significativas con estos momentos de evaluación. Entre el primer y segundo mes de evaluación no se apreció diferencias significativas, pero sí se observa entre el primer mes (marzo) y el tercer (mayo), estos resultados indican que la emisión de las hojas fue relativamente lenta con valores entre 3 y 4 hojas emitidas por mes en los casi

todos momentos de evaluación. Cuando la planta comienza a absorber más nutrientes y agua y se producen más reservas provenientes de la fotosíntesis la planta comienza a emitir nuevas hojas y por ello la planta tiene mayor masa y con ello reservas.

Las hojas como principal órgano encargado de las reservas y la formación de fotosintetatos para el normal desarrollo de las plántulas, bajo las condiciones *in vitro*, se emplean como almacén de sustancias carbonadas que son útiles en el crecimiento y desarrollo de las mismas. Es conocido que el crecimiento de las plántulas de piña es lento, motivado entre otras causas por el metabolismo de fijación del carbono (CAM) que las mismas presentan Rodríguez et al. (2016).

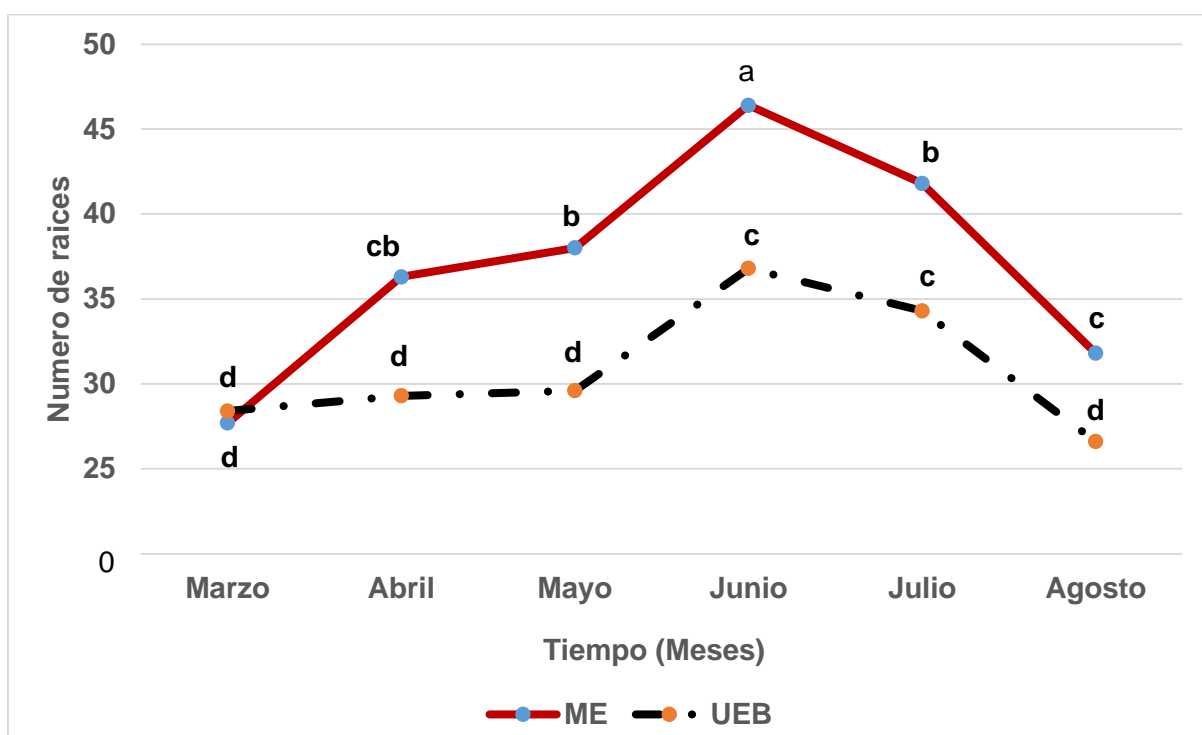


Figura 4. Comportamiento de la emisión de raíces de la planta en la etapa de crecimiento vegetativo. Medias con letras diferentes indican significación (ANOVA bifactorial y prueba Tukey ($P \leq 0,05$)). Cada dato representa la media para $n=20$. $EE=3,6$.

El tratamiento donde se aplicó el MOE desde abril muestra diferencias significativas con el tratamiento control (UEB), observándose un crecimiento

exponencial hasta el mes de junio, donde alcanza su mayor valor (46 raíces) para el caso de MOE, mientras que UEB alcanza a emitir 36,5 raíces. En cada momento de evaluación se aprecia diferencias significativas entre ambos tratamientos, solo en la evaluación realizada en el mes marzo no se observó esta diferencia.

La aplicación de MOE puede producir una asociación bacteria-raíz capaz de estimular la producción de sustancias estimuladoras del crecimiento, incrementándose el número de pelos radicales y generando con ello una mayor superficie radical y mejor disponibilidad del agua y los nutrientes, debido a que las raíces pueden explorar un volumen mayor de suelo (Iwaishi Shinji 2000).

Es conocido que un buen desarrollo radical es esencial para los cultivos, lo que pudo influir positivamente en el mecanismo de absorción de iones minerales y la permeabilidad de la membrana para favorecer su translocación en las plantas Akbari et al. (2010). Esta nueva emisión radical repercute en la dinámica del crecimiento y el posterior desarrollo, esta es una variable, que junto a otras incide grandemente en lograr mayor masa fresca de las plántulas como se pudo observar en la figura 4.

A medida que la masa fresca de las plántulas aumenta (figura 3), por el desarrollo de sus órganos, éstos son capaces de acumular mayores reservas que pueden ser empleadas en su normal metabolismo y desarrollo. En este caso tanto las hojas como las raíces se incrementaron paulatinamente en el tiempo y la aplicación de MOE estimuló las mismas.

La emisión de un nuevo y desarrollado sistema radical, junto a un mayor número de hojas, permitieron que se alcanzara una mayor masa fresca de las plántulas durante el periodo que duro el experimento. Esto se puede corroborar

con el incremento en el tiempo de las masas frescas de cada tratamiento (figura 5).

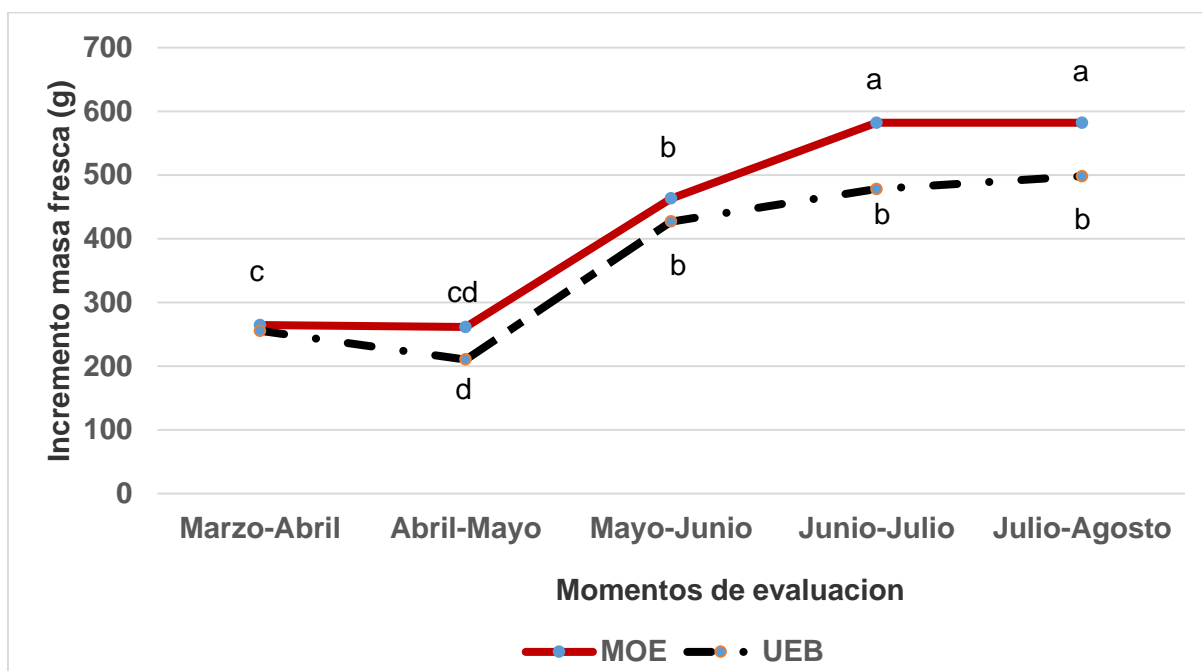


Figura 5. Comportamiento del incremento de la masa fresca de la planta en la etapa de crecimiento vegetativo. Medias con letras diferentes indican significación (ANOVA bifactorial y prueba Tukey ($P \leq 0,05$)). Cada dato representa la media para $n=20$. $EE=35$.

Una reducción significativa en el incremento de las masas frescas se aprecia en el tratamiento UEB en la evaluación realizada en los meses abril-mayo con respecto a los meses marzo-abril, aunque el tratamiento MOE no mostró diferencias significativas. En el análisis realizado en mayo-junio, un significativo incremento en las masas frescas de ambos tratamientos (202 g MOE y 217 g UEB) se apreció con respecto al análisis realizado en los meses marzo-abril y abril-mayo, pero no se apreció diferencias significativas entre los tratamientos. En el análisis realizado en las dos últimas evaluaciones se pudo observar que una significativa diferencia se encontró en el tratamiento MOE con respecto al UEB, con valores cercanos a 90 g en las dos últimas evaluaciones realizadas.

Estos resultados corroboran que durante los primeros tres meses de plantados los hijos de piña 'MD2', es un periodo la planta se encuentra adaptándose a las nuevas condiciones donde se plantaron y debe desarrollar nuevos órganos (hojas y raíces), por ello la planta se sustenta de las reservas que acumuló cuando se encontraba unida a la planta madre, luego de esta nueva emisión de raíces y hojas, estas alcanzan un crecimiento exponencial de las masas fresca Rodríguez et al. (2016). Los resultados muestran que cuando la planta va a realizar este incremento la aplicación de MOE lo estimula.

En piña la masa fresca de la planta es el indicador más importante que el productor utiliza para decidir en qué momento se realizará el proceso de inducción de la floración con vistas a obtener frutos con un peso promedio por encima de 2.5 kg, según se plantea para el híbrido 'MD2'. Se ha establecido una correlación entre el peso de la planta en el momento de la inducción y el peso del fruto en el momento de la cosecha. Algunos autores plantean que para el caso de la piña 'MD2' con un peso de la planta de 2,0 a 2,5 kg se pueden esperar pesos del fruto por encima de 2,0 kg, lo que lo hace de óptima calidad y con altos precio para comercializarlos en el mercado de fruta fresca Bartholomew et al. (2003).

La dinámica en el tiempo de la Tasa de Crecimiento Absoluta (TCA) se puede apreciar en la figura 6. Esta es una variable que muestra cuando en masa fresca (g) logró producir la planta por día.

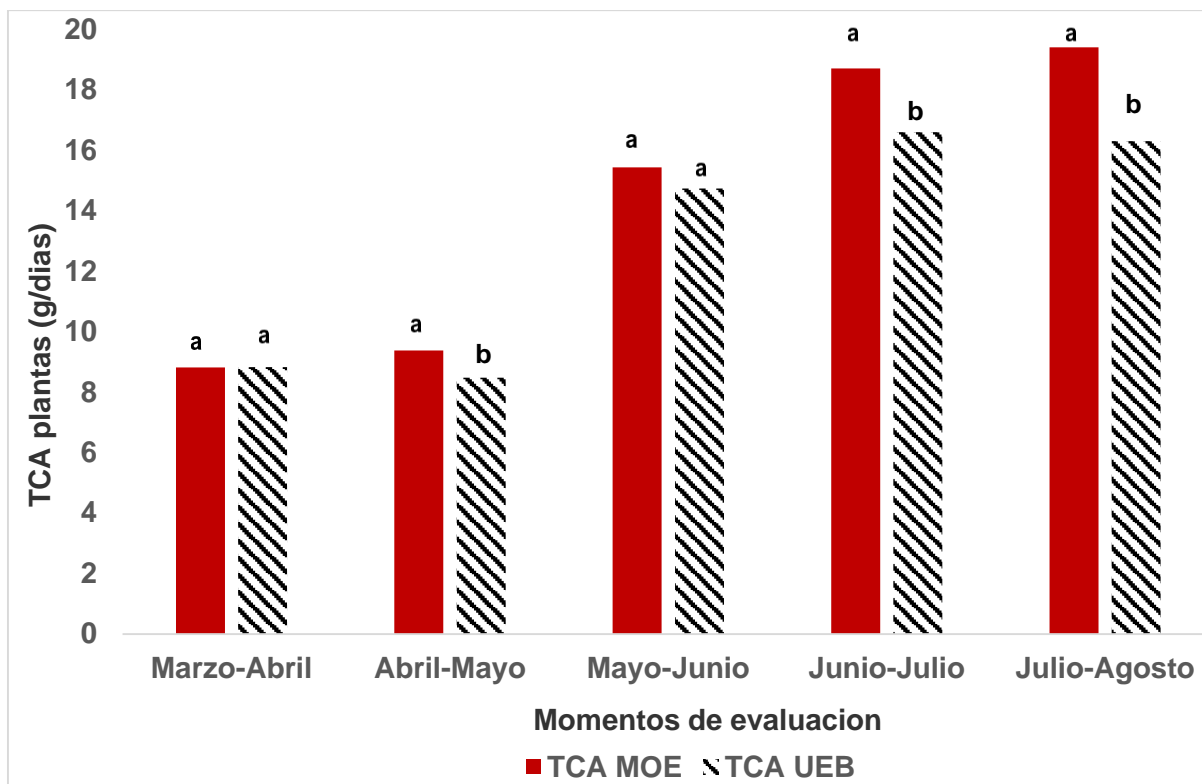


Figura 6. Comportamiento de la tasa de crecimiento absoluta de la planta en la etapa de crecimiento vegetativo. Medias con letras diferentes indican significación (T-Students y prueba Tukey ($P \leq 0,05$)). Cada dato representa la media para $n=20$.

En la figura se aprecia que en la primera evaluación (marzo-abril) no se observaron diferencias significativas entre ambos tratamientos en la TCA. Sin embargo, en la evaluación de abril-mayo, se encontró que las plantas donde se aplicó MOE incrementaron $0,9 \text{ g día}^{-1}$ más que las plantas del tratamiento UEB, con diferencias significativas entre ambos tratamientos. En la evaluación realizada en mayo-junio no se apreció diferencias estadísticas entre ambos tratamientos. En las dos últimas evaluaciones se pudo observar que las plantas del tratamiento con MOE superaron significativamente a las UEB en más de $2,0 \text{ g día}^{-1}$.

Llama la atención que en los momentos finales las plantas alcanzan TCA de MOE fueron cercano a los 19 g día^{-1} , mientras que las plantas del tratamiento UEB fueron cercanos a 16 g día^{-1} . Este gran incremento en las TCA está

relacionado con que las plantas en etapa final del desarrollo producen nuevos órganos y con ellos aumentan las reservas de fotoasimilatos que luego de la inducción de la floración necesitarán para alcanzar una buena floración y desarrollo del fruto.

4.2. Caracterización de las variables bromatológicas de los frutos 'MD2'.

En la tabla 3 se aprecia los resultados de las variables bromatológicas evaluadas relacionadas con la masa del fruto y de la corona.

Tabla 3. Efecto de los tratamientos sobre las variables bromatológicas relacionadas con la masa del fruto y de la corona.

Variables.	Tratamientos.	
Masa del fruto con corona (kg)	MOE	2,15 (a)
	UEB	1,72 (b)
Masa del fruto sin corona (kg)	MOE	1,93 (a)
	UEB	1,47 (b)
Masa de corona (kg)	MOE	0,22 (a)
	UEB	0,25 (a)
Relación de masa de corona / masa de fruto	MOE	0,10 (a)
	UEB	0,14 (a)

Medias con letras diferentes indican significación (T-Students y prueba Tukey ($P \leq 0,05$)). Cada dato representa la media para $n=10$.

En cuanto a la masa del fruto con coronas los mejores resultados se alcanzaron en el tratamiento MOE, con diferencias significativas con UEB. Ambos tratamientos alcanzaron valores superiores a 1,7 kg de masa del fruto, lo que se considera un buen calibre para la exportación. Ya que clasifica en la categoría de calibres 7 de frutos los del tratamiento UEB (1,7 a 2,0 kg) y calibre 6 (2,1 a 2,5 kg) con ello mejores precios de venta.

En la masa del fruto sin corona, ocurre un comportamiento similar al anterior. El mejor valor se obtiene en el tratamiento MOE, con diferencias significativas con el tratamiento UEB. Mientras que la masa de la corona muestra un comportamiento totalmente diferente sin diferencias significativas entre ambos tratamientos. La relación de masa de corona entre masa de fruto, no muestran sin diferencias significativas entre los tratamientos.

Los tratamientos de MOE tienen un efecto muy significativo sobre el tamaño final del fruto cosechado, quizás motivado por la mejor disponibilidad de nutrientes que pueden alcanzar estas plantas por la solubilización y disponibilidad de ellos cuando se emplean los MOE.

Estos resultados se deben al desarrollo de la planta antes de la inducción, ya que está establecido una fuerte correlación entre la masa de la planta y la masa final del fruto Py *et al.* (1987). Valores por encima de los 2.3 kg en la planta antes de inducir (ver figura 1) están relacionados con masa de la fruta cercana a los 2.0 kg como los obtenidos en los tratamientos MOE.

La masa de la corona, aumenta cuando la planta se encuentra con carencia de nitrógeno, lo que indica que se destina más energía al desarrollo vegetativo que al reproductivo. Es decir, se invierten más recursos metabólicos en preparar la corona para ser una futura planta que lo que se invierte en el fruto, esto no se apreció en los resultados alcanzados en este experimento.

En la tabla 4 se presentan los indicadores químico-físicos de los frutos en función de los tratamientos de fertilización.

Tabla 4. Efecto de los tratamientos sobre los indicadores químico-físicos de los frutos.

Indicador	Tratamiento	
Contenido de sólidos solubles totales (°Brix)	MOE	14,23 (a)
	UEB	14,10 (a)
Contenido de acidez (%)	MOE	0,79 (a)
	UEB	0,77 (a)
Contenido de ácido ascórbico (mg 100 ml de jugo)	MOE	79,61 (a)
	UEB	72,18 (a)

Para cada variable en columna las letras diferentes muestran diferencias significativas para T-Student, prueba Tukey, $P \leq 0.05$. Cada dato representa la media para $n=10$.

Los contenidos de sólidos solubles y de acidez se encuentran en valores idóneos para su comercialización, teniendo en todos los tratamientos más de 12 °Brix y por encima de 0.74% de acidez. El contenido de ácido ascórbico se encuentra en valores aceptables. Se puede observar que en todas las variables analizadas no existieron diferencias significativas entre los tratamientos, todas las variables analizadas muestran valores acordes a lo establecido en la literatura para este híbrido.

El que no existieran diferencias entre los tratamientos experimentales, quizás pudo estar asociado a que en la tecnología aplicada solo se diferenció en la aplicación de MOE, mientras que los macro y micro-nutrientes se mantuvieron igual para ambos tratamientos.

Se reconoce que las variables químico-físicas están muy relacionadas con el aporte de potasio, así como la nutrición de micro-elementos que se le suministra a la planta durante la fase de crecimiento y posterior fructificación. En este caso se puede evidenciar que, al no existir diferencias entre los tratamientos en cuanto a los micro-nutrientes y el potasio, no se presentaron diferencias entre las características químico-físicas de los frutos.

La masa de la planta en el momento de inducción y la masa del fruto en el momento de la cosecha, es referido como el índice de cosecha Bartholomew et al. (2003), el cual está correlacionado con las condiciones específicas del ambiente. Este índice de cosecha muestran un rango de 0,5 en condiciones tropicales y de 1,0 en condiciones de frío (Hepton 2003). El índice de cosecha de 0.8 obtenido en este estudio para MOE, indica que en ocho meses las plantas pueden ser inducidas cuando se plantan en épocas de bajas temperatura, mientras que en siete meses cuando se plantan en épocas de lluvia y temperaturas altas Rodríguez et al. (2016).

Los resultados han evidenciado que el tratamiento MOE supera en cuanto al desarrollo vegetativo de la planta al de UEB. Que en el primer mes de aplicado el MOE no existe un gran crecimiento; Sin embargo, luego de esta fecha este crecimiento es notable.

CONCLUSIONES

- 1- La aplicación foliar de microorganismos eficientes (MOE) incrementaron las masas frescas de las plantas y el número de raíces.
- 2- Estos incrementos indujeron una mayor masa fresca del fruto, sin incidir en la calidad del mismo.

RECOMENDACIONES.

- 1- Aplicar estos resultados en la Unidad Empresarial de Base (UEB)
"Producción de pina".
- 2- Repetir estos resultados desde el momento de la plantación con la aplicación de diferentes dosis.

Bibliografía

1. Acuña, G.; Rojas, J.; Rodríguez, A. (2006). Producción y ambiente de Costa Rica : Revista mensual sobre la actualidad ambiental, ISSN 1409-214X N° 158.
2. Bartholomew, D.; Paull, R.; Rohrbach, K. .2003. The pineapple: botany, production and uses. Bartholomew, D.P., Paull, R.E., Rohrbach, K.G. (eds). CABI Publishing. Wallingford, UK. 1-301.
3. Bartholomew, D. (2009). 'MD2' Pineapple transforms the world's pineapple fresh fruit export industry. Pineapple News 18, 2-5.
<http://www.ishshorticulture.org/workinggroups/pineapple/PineNews18.pdf>
4. Benjumedá, D. (2017) Bacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Mecanismos y aplicaciones.*3-34.
https://www.google.com/search?client=firefox-b-&bih=https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/65140/BENJUMEA%20MU%D10Z,%20DANIEL.pdf;jsessionid=75F9CE8B029C14D3951885C5EE8980C7?sequence=1&isAllowed=yw=1366&bih=632&ei=HW2sXv6TNaPv_QbWkl.
5. Botella J.R, Smith M. Moore, PH, Ming, R. (2008).Crowning the King of Tropical Fruits. United States : Genomics of Tropical Crop Plants,
6. Clement CR, Cristo-Araujo M. Coppens d'Eeckenbrugge G, Pereira AA, Picanço-Rodrigues DCoppens d'Eeckenbrugge G, Pereira AA, Picanço-Rodrigues D. (2010) *Domestication of Native Amazonian Crops*. s.l. : Diversity.

7. Coppens d'Eeckenbrugge G, Duval MF (1995). Bases genéticas para definir una estrategia de mejoramiento de la piña. *Revista Fac Agron(Maracay)*. 21:95-118.
8. Coppens d'Eeckenbrugge G, Duval MF. (2009) *The Domestication of Pineapple*. Pineapple News : s.n.
9. Coppens d'Eeckenbrugge G, Leal F. Bartholomew DP.(2003) *The pineapple - botany Morphology, anatomy and taxonomy*. CABI : s.n.
10. Coppens d'Eeckenbrugge, G., and Leal, F. (2003) Morphology, anatomy and taxonomy, In: *The pineapple: botany, production and uses*. Pineap. bot. prod. uses (ed. D. Bartholomew et al.) pp. 13-33.
11. Crestani M, Barbieri RL, Hawerth FJ, Carvalho FIF de, Oliveira, AC. (2010) *Das Américas para o Mundo*. Santa Maria : Ciência Rural.
12. De Souza R, Ambrosini A, Passaglia L M P. (2015) Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. s.l. : Mol. Biol, 38: 401-409.
13. FAOSTAT. (2019). Actualidad agropecuaria de América Latina y el Caribe. [Citado el: 12 de 7 de 2019.] <https://blogagricultura.com/estadisticas-pina-produccion>.
14. Firoozabady, E.; Moy, Y. (2004). *Regeneration of pineapple plants via somatic embryogenesis and organogenesis In vitro Cell*. s.l. : Biol. Plant.
15. Fournier, P.; Mare-Alphonsin, P. (2007). Growth characteristics of the pineapple cultivars MD-2 and “Flhoran 41” compared with Smooth cayenne. *Pineapple News*. No 14. 18-20.

16. Hepton, A., (2003). Cultural systems. In: Bartholomew, D P., Paull, R.E., Rohrbach, K G. (Eds.). *The Pineapple Botany, Production and Uses*. CAB International, Wallingford, pp. 109–142.
17. Higa, T., G.N. Wididana. J.F. Parr, S.B. Hornick, and C.E. Whitman. (1991). *The concept and theories of Effective Microorganisms*. Department of Agriculture, Washington, D.C., USA : Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming.
18. Iwaishi Shinji. 2000. Effect of organic fertilizer and effective microorganisms on growth, yield and quality of paddy-rice varieties. In: Hui-Lian Xu. James F. Parr and Huroshi Umemura (ed.), *Nature Farming and Microbial Applications*, 269-274.
19. Kobayashi D Y, Reedy R M, Bick J, Oudemans P V. *Characterization of a chitinase gene from Stenotrophomonas maltophilia strain 34S1 and its involvement in biological control*. s.l. : Microbiol, 2002. 1047–1054.
20. Loeillet, D.; Dawson, C.; Paqui, T. (2011) *Fresh pineapple market: from the banal to the vulgar*. Wageningen : Acta Horticulturae, 2011. 902: 587-594.
21. Lugtenberg B, Kamilova F.(2009). Plant growth-promoting rhizobacteria. *Microbiol*, 63: 541–556.
22. Marca-Huamancha, C., R. Borjas-Ventura, D. Rebaza-Fernández, S. Bello-Amez y A. Julca-Otiniano. (2018). Efecto de la fertilización mineral y de un fertilizante biológico en piña [*Ananas comosus* (L.) Merr.] en el cultivar MD2. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/7901.

23. Oberson A, Frossard E, Bühlmann C, Mayer J, Mäder P, Lüscher A. (2013). *Nitrogen fixation and transfer in grassclover leys under organic and conventional cropping systems*. s.l. : Plant Soil, 2013. 371: 237–255.
24. ONEI. Anuario Estadístico Ciego de Ávila. (2018). http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/anuario_est_provincial/ciego_de_avilaok.pdf.
25. Oteino N, Lally R D, Dowling D N. (2015). Plant growth promotion induced by phosphate solubilizing endophytic *Pseudomonas* isolates. *Front. Microbiol.* 6: 745.
26. Pajuelo E, Rodríguez-Llorente I, Lafuente A, Pérez-Palacios P, Doukkali B, Caviedes M A. (2014). *Engineering the rhizosphere for the purpose of bioremediation*. pp 1-17.
27. Peña, H. J. A. Díaz ; T. Marínez. *La Piña*. s.l. (1996): Fruticultura Tropical Primera Parte. 13.
28. Py, C., Lacoëuilhe, J.J. and Teisson, C. (1987). *The Pineapple: Cultivation and Uses*. Editions G.-P. Maisonneuve, Paris, 568 pp.
29. R, Glick B. (2014). *Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world*. *Microbiol* : s.n., 30–39.
30. Richardson AE, Barea J.M, McNeill A.M. (2009). Prigent-Combaret C. *Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms*. s.l. : Plant and Soil.
31. Rodríguez R, Becker R, Pino Y, Lorente G, Izquierdo R y González JL.(2016) Producción de frutos de piña MD-2 a partir de vitroplantas. *Cultivos Tropicales*, vol. 37, no. especial, pp. 40-48

32. Sánchez A. 2012. Manual técnico para la producción de semilla de piña (*Ananas comosus* L. Merrill) variedad MD2., <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/3568>.
33. Soneji J R, Rao P S, Mhatre M. (2002). Somaclonal variation in micropropagated dormant axillary buds of pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.). J. Hort. Sci. Biotechnol. 77: 28-32.
34. Sorokin, D. Y. (2003). Oxidation of Inorganic Sulfur Compounds by Obligately Organotrophic Bacteria. *Microbiologiya*. 72(6): 725-739.
35. Sripaoraya S, Marchant R, Power J B, Davey M R (2003). Plant regeneration by somatic embryogenesis and organogenesis in commercial pineapple (*Ananas comosus* L.). In Vitro Cell Dev. Biol. Plant. 39: 450-454.
36. Swete Kelly D, Bartholomew D P. (1993). Other disorders. In: Broadley RH, Wassman RC, Sinclair E (eds) Pineapple pests and disorders. Queensland Department of Primary Industries, Brisbane, pp 43–52.
37. Zhu, J.; Bartholomew, D. P. y Goldstein, G. (2005). *Photosynthetic gas exchange and water relations during drought in 'Smooth Cayenne' pineapple (Ananas comosus (L.) Merr.)*. p. 161-173, ISSN 0567-7572, 2406-6168.