

Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Agrónomo

**Título:** Evaluación de Microorganismos Eficientes en el rendimiento biológico de posturas de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) en condiciones de vivero.



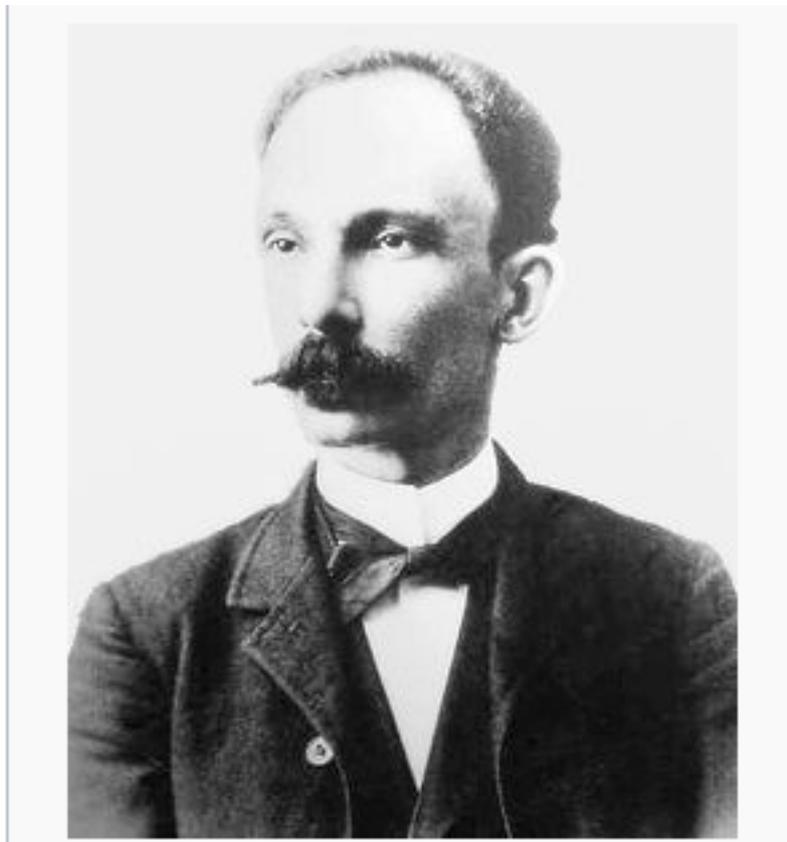
Autora: Yunelkis de los Ángeles Arias Cervantes.

Tutor: Dr. C. Enildo O. Abreu Cruz.

Matanzas.  
Curso 2022.

## **PENSAMIENTO**

*Hay tres cosas que cada persona debería ser durante su vida, plantar un árbol, tener un hijo y escribir un libro”*



*José Martí*

## **DECLARACIÓN DE AUTORIDAD**

Declaro que yo, Yunelkis de los Ángeles Arias Cervantes soy la única autora de este Trabajo de Diploma, en calidad de lo cual autorizo a la Universidad de Matanzas a hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

---

Firma

## **DEDICATORIA.**

- A mis padres Luis Lorenzo Arias Estrada y Marlenis Cervantes Pita que me han guiado en el camino por el estudio y la superación por entregarme todo su ejemplo y apoyo incondicional a pesar de la distancia
- A mi esposo Daison Delgado Martínez compañero incondicional y estar siempre a mi lado apoyándome y dando fuerzas.
- A mi hija Patricia Milagro Tornos Arias por ser mi motor impulsor para salir adelante y seguir. superándome.
- A mi tutor Dr. C. Enildo Abreu Cruz por su guía y paciencia y dedicación.
- A mi hermana Yudelkis Arias Cervantes por servirme d ejemplo.
- A mis sobrinos Luis Lorenzo Escalona Arias y Richard Montero Arias.

## **AGRADECIMIENTOS.**

En primer lugar, a DIOS que hizo posible que pudiera graduarme en una universidad a pesar de todas las adversidades.

A Dariel Fernández Cruz por haberme motivado para estudiar esta carrera tan bonita.

A todos los profesores y especialistas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UM.

A mi tutor Dr. C Enildo O Abreu Cruz quien participó en la ejecución de una parte importante de la tesis.

A mi hija por todo su amor y a pesar de su corta edad por su buen comportamiento en el aula.

A todos mis compañeros de curso.

A mi familia, por su amor infinito y por desear para mí lo mejor.

Al padre de mi hija por cuidarla en su debido momento.

A amigos que me ayudaron para que mi sueño se realizara.

A todas las personas que de una forma u otra han hecho posible la realización de este trabajo,  
MUCHAS GRACIAS.

## **OPINIÓN DEL TUTOR.**

El cultivo del henequén ha constituido para nuestro país uno de los principales renglones desarrollados por el ministerio de la agricultura desde los inicios del siglo XX y se ha mantenido desde entonces como la principal fuente de fibras naturales que suministra a la industria, lo que ha conllevado a su desarrollo integral y la comercialización de las fibras en el mercado internacional. Sin embargo desde la década de los 90 este cultivo transita por un período de crisis en su explotación debido a diferentes situaciones coyunturales de índole económica, que han provocado un deterioro total de la industria, sobre todo la pérdida de las plantaciones comerciales y la falta de postura de calidad para cumplir los planes de siembra que garantizan la sostenibilidad del cultivo. Por todo ello el imperativo de la recuperación henequenera en la provincia conlleva a mayores esfuerzos, con un mayor empleo de los avances científicos y técnicos dirigidos a mitigar en alguna medida la situación actual de esta industria. En este contexto el trabajo realizado por la estudiante Yunelkis de los Ángeles Arias Cervantes va dirigido a evaluar el efecto estimulador de los microorganismos eficientes (ME) en el crecimiento y desarrollo de plántulas de henequén en la fase de vivero, procedentes de la vía tradicional de propagación, con el objetivo de lograr una postura de mayor calidad y disminuir el tiempo de permanencia en esta fase, que pueda repercutir además en una mayor calidad de las plantaciones en campo, todo lo cual le confiere gran importancia, valor práctico y actualidad a la investigación que se presentan.

Es de destacar el interés y dedicación que la estudiante mostró durante toda la fase de investigación y en todo el trabajo de tesis, sobre todo con la seriedad y la responsabilidad con que trabajó en el procesamiento de la información y en la elaboración del documento final.

Considero que el trabajo realizado, así como la calidad del documento presentado, los resultados obtenidos y todo lo expuesto en la tesis que se defiende, son merecedores del otorgamiento del Título de Ingeniera Agrónoma con la máxima calificación.

Tutor: Dr. C. Enildo Osmani Abreu Cruz \_\_\_\_\_

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto bioestimulador de los microorganismos eficientes en el rendimiento biológico de plántulas de henequén durante la fase de vivero. La investigación se desarrolló en el vivero de la Unidad Empresarial de Base (UEB) "Antonio Berdalle", ubicada en el municipio Limonar. En los estudios se utilizaron posturas de rizomas recolectadas de las plantaciones comerciales, de la variedad Sac Ki o henequén blanco. El experimento se desarrolló sobre suelo ferralítico rojo poco profundo. Se utilizó un diseño experimental Bloque al azar con cuatro tratamientos y cuatro réplicas, establecidos de la siguiente forma: Tratamiento 1: aplicación de Microorganismos eficientes (ME) ( $20 \text{ L.ha}^{-1}$ ); Tratamiento 2: aplicación de Microorganismos eficientes (ME) ( $30 \text{ L.ha}^{-1}$ ); Tratamiento 3: aplicación de Microorganismos eficientes (ME) ( $40 \text{ L.ha}^{-1}$ ); Tratamiento 4: control (sin aplicación de ME), con unidades experimentales de 25 plantas por tratamiento. Se hicieron cuatro aplicaciones del producto y el desarrollo de las plantas fue evaluado hasta los 427 días (14 meses) en dos momentos diferentes del ciclo biológico del cultivo en esta fase de desarrollo. Se midieron indicadores morfológicos y fisiológicos de respuesta de las plántulas. Los resultados obtenidos en cuanto a los indicadores evaluados, reflejan un efecto estimulador de los microorganismos eficientes (ME) en el rendimiento biológico de las posturas de henequén a partir de los tratamientos en estudio. Con las dosis de  $20$  y  $30 \text{ L.ha}^{-1}$  de ME, se obtuvo la mejor respuesta de las plantas en el comportamiento del área foliar, comparados con el tratamiento control.

## ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the biostimulatory effect of efficient microorganisms on the biological performance of henequen seedlings during the nursery phase. The research was carried out in the nursery of the Base Business Unit (UEB) "Antonio Berdalles", located in the Limonar municipality. In the studies, seedlings of rhizomes collected from commercial plantations, of the Sac Ki or white henequen variety, were used. The experiment was carried out on shallow red ferralitic soil. A randomized block experimental design was used with four treatments and four replicates, established as follows: Treatment 1: application of efficient Microorganisms (EM) ( $20 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ); Treatment 2: application of efficient Microorganisms (ME) ( $30 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ); Treatment 3: application of efficient Microorganisms (ME) ( $40 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ); Treatment 4: control (without application of ME), with experimental units of 25 plants per treatment. Four applications of the product were made and the development of the plants was evaluated up to 427 days (14 months) at two different moments of the biological cycle of the crop in this phase of development. Morphological and physiological indicators of seedling response were measured. The results obtained in terms of the evaluated indicators reflect a stimulating effect of efficient microorganisms (EM) on the biological performance of henequen postures from the treatments under study. With the doses of 20 and 30  $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$  of ME, the best response of the plants in the behavior of the foliar area was obtained, compared to the control treatment.

## INDICE

I	INTRODUCCIÓN.....	1
II	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1	Generalidades del cultivo de henequén ( <i>Agave fourcroydes</i> Lem.).....	4
2.2	Importancia económica del henequén.....	4
2.3	Clasificación botánica del henequén y su diversidad genética.....	5
2.4	Exigencias agroecológicas.....	7
2.5	Propagación del henequén.....	8
2.5.1	Propagación por semillas.....	9
2.5.2	Propagación por bulbillos.....	9
2.5.3	Propagación por rizomas.....	9
2.5.4	Micropropagación del henequén.....	10
2.6	Situación del henequén en Cuba y Matanzas.....	10
2.7	Estimuladores del crecimiento.....	11
2.7.1	Microorganismos eficientes.....	11
2.7.1.1	Antecedentes. Definición .....	11
2.7.1.2	Mecanismos de acción.....	13
2.7.1.3	Principales especies de microorganismos contenidas en el ME.....	13
2.7.1.4	Efectos de los Microorganismos Eficientes.....	15
III	MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
IV	RESULTADOS Y DISCUSION.....	22
V	CONCLUSIONES.....	33
VI	RECOMENDACIONES.....	34
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del henequén ha constituido para nuestro país uno de los principales renglones desarrollados por el ministerio de la agricultura desde los inicios del siglo XX y se ha mantenido desde entonces como la fuente de fibras vegetales duras más importante para la industria (MINAG, 2012), lo que conllevó a su desarrollo integral y la comercialización de las fibras en el mercado internacional. Sin embargo, desde principios de la década de los 90 del pasado siglo, ha ocurrido un descenso significativo en sus producciones motivado fundamentalmente por el deterioro de las plantaciones, agotamiento de la fertilidad el suelo, mal manejo de la cosecha que afecta la vida útil de las plantas, la alta incidencia de las malezas y por problemas industriales entre otros (Vincent *et al.*, 1998) citado por Abreu (2009).

Las áreas dedicadas al cultivo del henequén con que cuenta hoy la provincia de Matanzas presentan un elevado grado de deterioro, con una disminución gradual de los campos cultivados y carencia de posturas de calidad debido esencialmente al mal manejo de las plantaciones y a la desaparición de los viveros, lo que ha provocado una reducción significativa en la producción de fibras (Cruz, 2021), criterios que también fueron informados por Chávez (2018) y Bertrán (2019).

La principal vía de propagación del henequén es la asexual a través de los hijos basales o del rizoma y de los bulbillos producidos por la inflorescencia, y en los últimos años se han desarrollado tecnologías para la propagación a escala de laboratorio (Madrigal *et al.*, 1986; Robert *et al.*, 1992; González, 2001; Abreu, 2009). Cada una de estas vías asexuales de propagación presenta ventajas y desventajas y es precisamente su utilización racional lo que puede contribuir a que en menor tiempo se logren plantaciones de henequén homogéneas y de alta calidad en el país (Abreu, 2009).

Por las características fisiológicas de esta especie, la fase de vivero es una etapa fundamental en cualquiera de las vías. La estancia de las posturas en estas condiciones es necesaria para que en un ambiente más favorable para ellas, puedan alcanzar en el menor tiempo posible y de manera uniforme el patrón de calidad establecido para pasar a plantación permanente (MINAG, 2016).

Por otra parte, la mala calidad del material de propagación con que cuentan las unidades de base productoras de henequén en Matanzas, así como la falta o deficientes atenciones culturales presentes hoy en estas entidades por la falta de recursos, hacen que el tiempo de permanencia de las posturas este entre 18 y 20 meses, todo lo cual sugiere que la posibilidad de buscar alternativas para acelerar su desarrollo durante esta etapa aportaría mejores beneficios económicos para la empresa, no solo por la disminución de su tiempo de estancia, sino también por una mayor calidad en el material de siembra que se lleva a los campos, lo que repercutiría en la recuperación de las plantaciones, en el rendimiento del cultivo y en la calidad de las fibras.

Con este argumento, el empleo de productos estimuladores del crecimiento de origen natural que promuevan el crecimiento y desarrollo de las plantas durante la fase de vivero, puede constituir una vía para aumentar el rendimiento biológico del cultivo, lo que asegura lograr los aspectos anteriores, así como garantizar una mayor eficiencia y rentabilidad en todo el proceso.

En el presente trabajo se evalúa el empleo de los microorganismos eficientes (ME) que son reconocidos como un grupo de microorganismos benéficos presentes en el suelo para crear un ambiente favorable y mejorar el crecimiento y salud de las plantas, con este bioproducto se han obtenido en las condiciones de Cuba muy buenos resultados en diferentes cultivos como hortalizas, leguminosas, cereales, etc. (López *et al.*, 2017a; López *et al.*, 2017b; Calero *et al.*, 2019); en henequén no se ha informado sobre el empleo de este producto en ninguna de sus fases de desarrollo, es por ello que el **problema científico** que se propone es el siguiente:

Se desconoce el efecto bioestimulador de los microorganismos eficientes (ME), sobre el crecimiento y desarrollo de posturas de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) durante la etapa de vivero.

Para darle respuesta al problema planteado se propone la siguiente **hipótesis** de trabajo:

La aplicación de microorganismos eficientes (ME) en posturas de henequén durante la fase de vivero, permitirá estimular un balance nutricional en las plantas, que promueve su crecimiento y desarrollo durante esta etapa.

### **Objetivo general**

✓ Evaluar el efecto biológico de los ME en posturas de henequén durante la fase de vivero con el empleo de tres dosis.

### **Objetivos específicos**

- ✓ Caracterizar la respuesta de las plántulas durante la fase de vivero a partir de indicadores morfológicos y fisiológicos.
- ✓ Realizar una valoración económica de la etapa de vivero con el empleo de este bioproducto.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Generalidades de henequén

El henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) es una planta monocotiledónea, del género de los agaves, perteneciente a la familia de las *Agaváceas*. Es originario de Yucatán, donde fue llamado *Ki*. Fue domesticado en la época prehispánica por los mayas debido a la utilidad de sus fibras. Su origen se atribuye a la especie *A. angustifolia*, que es considerada su ancestro. Las diferencias entre estas dos especies se deben al aislamiento durante el periodo de domesticación. Además de la Península de Yucatán, el henequén fue introducido exitosamente en algunas zonas de Tamaulipas, Veracruz, y en Cuba, regiones a las cuales se encuentra restringido su cultivo. (Buenas tareas, 2011; Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2018; Castillo y Flores, 2020; Elicriso, 2017; Info Rural, 2017).

Esta especie es reconocida como una planta resistente, que no requiere gran atención cultural, por lo que su producción no es costosa, además de poder ser aprovechada integralmente, debido a sus múltiples usos. El principal consumo es industrial, en la fabricación de cuerdas, sogas, sacos, hilos, etc. También se utiliza para la elaboración de artesanías como alfombras, tapices, tapetes y hamacas. A partir de él se pueden elaborar bebidas alcohólicas y recientemente se está estudiando su posible uso para la fabricación de etanol. Asimismo, del henequén puede extraerse pasta de papel, abono, biogás, la pulpa procedente del desfibrado puede servir como alimento de ganado, pueden extraerse ceras para uso industrial y hecogenina, que es un producto básico para diferentes fármacos de gran demanda mundial (Mielenz *et al.*, 2015; Arias, 2011).

La voz henequén (Heniquén o Jeniquén) fue tomada por los Españoles que la oyeron en la española aplicar a la *Furcraea Hexapetala*, planta utilizada por los Tainos en la confección de cordeles, llamados cabuyos. En Yucatán, los indios Mayas hacían lo mismo con la *Agave fourcroydes*, que de este modo heredó ese nombre de origen antillano.

### 2.2 Importancia económica del género *Agave*

El uso de *Agave* es amplio, incluyendo la preservación del paisaje y la erosión del suelo, pero su mayor importancia económica recae sobre el principal producto extraído de las hojas del henequén, y el de mayor utilidad en la industria textil, que son sus fibras las cuales son

utilizadas tanto en México como en Cuba, en la fabricación de sogas, jarcias, cordeles y otros productos, algunos autores consideran que la calidad de su fibra es inferior a la del sisal.

El jugo puede usarse también como biodetergente para el fregado y lavado, y como emulsionante para combustibles. Por la gran envergadura de explotación industrial, el henequén se ganó el nombre de "Oro verde" en la península del Yucatán antes de trasladarse al mundo, empezando primero por la Florida, Cuba, Israel, algunos países de África, principalmente Tanzania y Kenia, y finalmente Brasil, donde se logró con mucho éxito su adaptación al suelo y clima de la región noreste de ese país sudamericano, (Vinent *et al.*, 1998), citados por Garriga *et al.* (2010); Sosa (2011); Sankoumba (2014) y Yanes (2015).

El henequén tiene efectos conservacionistas y no compite con otros cultivos por clases preferenciales de suelo, en los primeros años de su implantación permite el asocio con otros cultivos como maíz, frijol y sorgo, además protege los suelos de la erosión y embellece los cerros de la zona con sus surcos bien formados (Gentry, 1982), citado por Fontes (2017).

Como suplemento alimentario en gallinas, para reducir el nivel de colesterol en los huevos y rebajar el olor a estiércol, en la alimentación del ganado, se utiliza la pulpa procedente del desfibrado que proporciona al ganado hasta un 85% de materia seca en cada ración. Extracción de ceras para uso industrial. La cutícula de la hoja tiene hasta un 0.75 % de ceras en base a peso seco.

Este cultivo ha establecido en la cultura agrícola cubana, hábitos y tradiciones que aportan muchos elementos valederos, pero que en muchos casos no están ajustados productivamente a las condiciones socioculturales de estos tiempos, siendo necesario enriquecer el cultivo con mejores plantaciones, más estables y mejor calidad de hojas para fibras .

### **2.3 Características botánicas y su diversidad genética**

Según diferentes autores (Otero, 1999; González y Abreu 2009; Buenas tareas, 2011; García y Serrano, 2012 y Terry *et al.*, 2015) sus características botánicas se describe de la siguiente forma:

**Raíces**, posee un sistema radicular fibroso desparramado, formando penachos sin raíz principal que se encuentra entre los 30 o 40 cm de profundidad.

**Rizomas**, son tallos subterráneos, carnosos y blancos que brotan de la base de la planta, variando en grosor y longitud, poseen numerosas hojas escamosas pequeñas que protegen los brotes que posteriormente producirán retoños. El brote terminal del rizoma da lugar aproximadamente después de un año a un retoño el que forma raíces adventicias, pudiendo así independizarse de la planta madre.

**Tallo**, alcanza una altura de 1,30 m, su diámetro es de 20 cm en el momento en que la planta está lista para su explotación (4 a 5 años de edad), período a partir del cual el diámetro no aumenta más, ocurriendo solamente el crecimiento en su parte inferior. El tallo constituye el eje de la planta donde se insertan las hojas y es un órgano donde hay una gran acumulación de sustancias de reserva.

**Hojas**, tienen unas formas de roseta, generalmente fuertes, carnosas y perennes, con los bordes dentados y el ápice terminado en una aguda espina, además son sésiles, largas y carnosas, un poco estrechas cerca de la inserción y acanaladas y forman con el tallo un ángulo cada vez más cubierto a medida que son más inferiores.

**Inflorescencia**, es en racimo, cuyas flores se agrupan sobre un escapo que sale del centro de la planta; el perianto es simple y sepaloide, formado por seis lacinias arregladas regularmente en dos verticilos trímeros, alternando con seis estambres opuestos a las lacinias del perianto e insertadas en su base, con anteras biloculadas, terminado en un estigma simple; ovario ínfero de tres lóculos y el fruto es una cápsula polisperma de dehiscencia loculicida. La floración del henequén tiene lugar después de los 6 a 10 y hasta 20 a 25 años, según la especie y el país donde se desarrolle. Lo más común es observar que el henequén emite el escapo floral al final de su ciclo vegetativo, esta etapa se observa cuando las hojas más jóvenes forman una roseta apretada y estas son estrechas y afiladas y se van cortando a medida que comienza a emerger en el centro de la planta dicho escapo floral, el tallo floral puede alcanzar hasta 8 m. La polinización ocurre cuando los estambres vierten su polen 2 o 3 días antes que el estilo se alargue completamente y su estigma haya producido un exudado pegajoso, para más tarde volverse receptivo.

**Bulbillos**, son pequeños brotes protegidos por brácteas. Cada bulbillo es una plántula que posee de 6 a 8 hojas reducidas con un sistema radicular rudimentario, un escape floral puede producir hasta 1 500 bulbillos según MINAG (2016). Debajo del pedúnculo floral se localizan yemas que, al abortar la flor, dan origen a pequeñas plantas completas de origen asexual, denominadas bulbillos. En condiciones óptimas se producen entre 800 y 900 bulbillos por varejón. Por razones relacionadas con la práctica tradicional del cultivo del henequén, estos Bulbillos no son empleados como material de siembra.

**Fruto y semilla**, el fruto en forma de cápsula carnosa de color verde que al madurar ennegrece, dentro de este aparecen las semillas en número de 100 a 150, las cuales presentan apariencia papirácea, de forma triangular y de color negro.

La diversidad genética de este cultivo no fue descrita antes de la llegada de los colonizadores. Las primeras referencias de su diversidad biológica se remontan al período comprendido entre 1814 y 1914, como consecuencia de una plantación intensiva de henequén, en las que se mencionan tanto la especie salvaje y siete variedades: Yaax Ki, Sacki, Chucum Ki, Bab Ki, Kitan Ki, Xtuk Ki y Xix Ki (Colunga, 1996), citado por González (2001).

El cultivo de Sac ki o henequén blanco ha sido el más difundido en las plantaciones, por la calidad de su fibra; en tanto que el Yaax ki es de menor calidad y rendimiento. Este último se encuentra en peligro de extinción, debido a que fue dejado de cultivar, sin embargo, es más recomendable para la fabricación de bebidas destiladas, debido a que posee un aroma y sabor característicos. Por su parte el Kitam ki, tiene fibras más suaves y bajo rendimiento, se considera casi extinto y es preferido en el uso textil (Financiera rural, 2011).

## **2.4 Exigencias Agroecológicas**

El *Agave foucroydes* Lem. Se desarrolla bien en unos climas cálidos y secos, con una humedad relativa hasta el 70%. Tolera temperaturas variadas entre 10 y 40°C. Temperaturas inferiores a los 10°C detienen el desarrollo del ápice meristemático, disminuye la producción de hojas e induce la floración en plantas adultas (Otero, 1999; MINAG, 2012). Se puede cultivar desde los tres hasta los 20 m de altura sobre el nivel del mar (Financiera Rural, 2011). Sin embargo, el henequén se desarrolla mejor en los lugares llanos, costeros, subcosteros, no superiores a los 500 metros sobre el nivel del mar.

La distribución de las precipitaciones es de gran importancia, ya un exceso de lluvias puede obstaculizar el drenaje y causar una reducción en el ritmo de crecimiento de las plantas. Los agaves tienen adaptaciones para la captura de agua, la cual es acanalada por sus hojas y trasladada hacia el tallo por donde discurre hacia las raíces en su base

Precipitaciones superiores a los 1 800 mm anuales provocan enfermedades fúngicas y el ataque de bacterias. Por otra parte, los valores inferiores a los 600 mm se puede retardar el desarrollo de las plantas, se forman hojas más cortas y las fibras que se obtienen son de calidad inferior. Las precipitaciones más adecuadas se encuentran entre 1 200 y 1 800 mm anuales con una buena distribución (MINAG, 2012).

## **2.5 Propagación del henequén.**

La propagación del henequén puede ser mediante reproducción sexual por semillas y por vía asexual, a través de los retoños producidos por los rizomas y por los bulbillos, que son yemas aéreas encontradas en el escapo floral, (Otero, 1999).

En cuanto a la propagación por semillas la inmensa mayoría de los autores coinciden en señalar que esta no es la más adecuada. Taylor (1936) citado por Otero (1999) señaló que las semillas de los agaves se usan raramente debido a que la producción de ellas por las plantas es muy poco frecuente a menos que se realice una polinización artificial de las flores. Además las plantas obtenidas por esta vía no manifiestan una talla uniforme, lo cual es una dificultad para el ciclo productivo y necesitan un período prolongado de crecimiento para ser utilizadas, por lo cual no se recomienda esta vía.

Según Piven *et al.* (2001) unido a la baja frecuencia en la producción de semilla en henequén, las que se producen presentan un reducido porcentaje (8%) de viabilidad, lo que refuerza la estrategia de no utilizar esta vía de propagación. En general se sugiere que la propagación se realice por medio de vástagos o retoños, como los bulbillos y los hijos basales.

Ambos tipos de propágulos (hijos basales y bulbillos), son separados de la planta madre y llevados a condiciones de vivero tradicional cuando tienen una talla de 15 cm y seis o más hojas (Otero, 1999).

### **2.5.1 Propagación por semillas**

La cantidad de cápsulas (frutos) que se forman mediante la reproducción sexual es extremadamente baja en relación a las flores que se generan. Cada cápsula contiene una cantidad variable de semillas aunque la mayor parte de estas muestra no son viables (Guerrero y Díaz, 2011a; MINAG, 2012).

El trabajo con las plántulas germinadas tiene como desventajas que requieren una atención especial en comparación con los otros medios de reproducción y el desarrollo de esta fase es demasiado lento. En cuanto a su utilidad en los sistemas de producción, el propio mecanismo reproductivo implica que exista una variabilidad genética, por lo que es mayor la probabilidad de que se logren plantaciones poco uniformes

### **2.5.2 Propagación por bulbillos.**

Los bulbillos se forman en la inflorescencia después de la floración, cada uno de ellos es una plántula completa con un cierto número de hojas pequeñas y raíces adventicias. El pedúnculo o quiotte está cubierto por un cierto número de brácteas (cuyo extremo es una aguda espina) cada una de las cuales protege a una yema axilar. Normalmente estas yemas no brotan; pero pueden ser forzadas a podar el quiotte en un estado temprano de su desarrollo

El número de bulbillos producidos por la planta varía según el tamaño de la inflorescencia, en un quiotte grande se pueden formar entre 1800 y 2000 .Los bulbillos no requieren de cuidados especiales y producirán raíces una vez plantados en suelo húmedo.

### **2.5.3 Propagación por rizomas.**

Los hijos basales se producen en los rizomas, tallos subterráneos, carnosos y blancos que brotan de la base de la planta, variando en grosor y longitud y poseen numerosas hojas escamosas pequeñas que protegen los brotes, que posteriormente producen retoños. El brote terminal del rizoma da lugar aproximadamente después de un año a un retoño el que forma raíces adventicias, pudiendo así independizarse de la planta madre. Según Ruíz (2004) una planta adulta de agave generalmente forma de 1 a 2 hijuelos al año.

#### **2.5.4 Micropropagación del henequén.**

Diferentes especies del género *Agave* han sido propagadas por las técnicas del cultivo de tejidos, entre las que se destacan: *A. arizonica*, *A. potatorum*, *A. cantala*, *A. fourcroydes* y *A. sisalana* (Enríquez y Díaz, 1994).

Con relación a *A. fourcroydes* Lem. (Henequén), fue propuesta una metodología cubana para su propagación a partir de los resultados alcanzados por González (2001), este autor establece una nueva metodología a partir de la generación de embriones somáticos, donde destaca una mayor calidad del proceso para la fase *in vitro*, quedando la fase *ex vitro* limitada solamente a estudios preliminares del proceso de aclimatización.

Posteriormente sobre el comportamiento en la fase de *ex vitro*, Abreu (2009) optimiza la etapa de aclimatización y propone una fase de previvero de 180 días para las plántulas antes de ser llevadas al vivero tradicional.

Esta vía puede aportar muchas ventajas para la propagación del cultivo por las potencialidades económicas y productivas que en ella se encierra.

#### **2.6 Situación del henequén en Cuba y Matanzas**

El cultivo del Henequén en Cuba después de su introducción a mediados del siglo XIX, se desarrolla favorablemente hasta finales de la década de los 80 del siglo pasado, donde sus producciones eran significativas en el país (12 000 t de fibras) y permitía satisfacer las demandas internas y para la exportación (Vincent *et al.*, 1998), citados por Abreu (2009), fue en Matanzas donde mayor desarrollo alcanzó. Posteriormente con la crisis económica iniciada a principios de la década de los 90, las producciones de henequén tuvieron un descenso notable debido a varios factores como la demolición, la quema y el abandono de áreas utilizadas tradicionalmente en su cultivo. En la actualidad se presentan otros problemas como la carencia de posturas de calidad y la desaparición de los viveros (Rodríguez, 2016; Cruz, 2021). A esta situación se adiciona una característica biológica de la especie, que es su ciclo reproductivo largo, al final del cual se pueden producir solamente un aproximado de 20 hijos a partir de los rizomas, aunque pudiera llegar a los 40 o 50. A pesar de esta situación, el país realiza esfuerzos por elevar las producciones de fibra, incorporando tecnologías modernas y maquinarias al procesamiento del henequén, las cuales reducen el

consumo de portadores energéticos y elevan la eficiencia del proceso.

La situación actual de la producción de henequén en la provincia de Matanzas y en el país, justifica la necesidad de adoptar medidas para la recuperación de las poblaciones en las áreas de cultivo, como etapa inicial dentro de la cadena productiva. Para ello, las técnicas del cultivo *in vitro*, como la micropropagación representan una vía eficaz para la obtención de grandes volúmenes de vitroplantas en períodos cortos de tiempo, genéticamente homogéneas y con crecimiento acelerado, además de contar con la aplicación de estimuladores del crecimiento (FitoMas-E®, QuitoMax® y Microorganismos Eficientes), que actúan sobre la fisiología de las plantas, aumentan su desarrollo, mejoran su productividad en la calidad del fruto y la resistencia de las especies vegetales ante diversas enfermedades (Cruz, 2021).

## **2.7 Estimuladores del crecimiento.**

Son una variedad de productos, cuyo común denominador es el contenido de principios activos, que actúan sobre la fisiología de las plantas, aumentan su desarrollo, mejoran su productividad en la calidad del fruto y contribuyen a mejorar la resistencia de las especies vegetales ante diversas enfermedades (Díaz, 1995).

### **2.7.1 Microorganismos Eficientes (ME).**

#### **2.7.1.1 Antecedentes. Definición.**

Rodríguez (2009) manifiesta que los microorganismos eficientes (ME) fueron desarrollados en la década de los 70 por el Dr. Teruo Higa, profesor de horticultura en la Escuela de Agricultura de la Universidad del Ryukyus en Okinawa, Japón. En la década del 80, este importante científico introdujo el concepto de los microorganismos efectivos (ME) al Sistema de Agricultura Natural Kyusei, así, un grupo de microorganismos benéficos eran cultivados y utilizados como medio para mejorar las condiciones de los suelos, suprimir los microorganismos productores de enfermedades, y aumentar la eficiencia de la utilización de la materia orgánica por parte de los cultivos [Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropriadas de Japón (EEAITAJ), 2013].

Su gama de usos desde 1982, se ha ampliado en el ganado, la acuicultura así como en áreas de salud de la comunidad y otros usos ambientales.

Al respecto Correa (2009) señala que la tecnología del ME se ha experimentado en más de 110 países y en la República Popular Democrática de Corea, Vietnam, Laos, Myanmar, Bhután, Maldivas, Pakistán y Egipto, se trabaja en su implementación.

Existen numerosas experiencias exitosas de la utilización de bioproductos elaborados con tecnología ME, tanto en la producción de vegetales (Higa, 2004), en el tratamiento de residuales (Uwe, 2007) como en la producción y salud vacuna, porcina y avícola (Ramírez y Blanco, 2009).

La racionalidad en el uso de la tecnología de los microorganismos eficientes se basa en la inoculación de cultivos mixtos de microorganismos benéficos en el suelo para crear un ambiente favorable para el crecimiento y salud de las plantas (Olle, 2015).

Investigaciones realizadas demuestran que la inoculación de cultivos con ME pueden mejorar la calidad del suelo, el crecimiento, producción y calidad de los cultivos (Campo *et al.*, 2014).

El uso de los ME ha tenido mayor espontaneidad en pequeñas y medianas fincas, donde los predios además de frutales tienen otros cultivos. Los productores utilizan en muchas ocasiones extracciones de suelos no perturbados y llenos de hojarasca de áreas naturales cercanas a sus fincas. Estos están compuestos por un complejo de bacterias entre las que se encuentran aquellas que son promotoras del crecimiento vegetal, las cuales son multiplicadas por procesos fermentativos y luego son asperjados a los cultivos, obteniendo resultados muy notables en cuanto rendimiento y calidad de la fruta (Cueto y Otero, 2015).

La producción y aplicación de ME es considerada como una práctica agroecológica que se emplea en nuestro país para la obtención de alimentos saludables. Varios estudios demuestran que la producción ecológica de alimentos puede reducir tanto los problemas ambientales como sociales (Tomich *et al.*, 2011).

El uso de la tecnología de ME se ha extendido y cada vez hay un mayor interés por estos bioproductos de bajos costos e impacto ambiental. Tradicionalmente se han utilizado para estimular la germinación, el crecimiento y el desarrollo de las plantas, debido a que producen

numerosos compuestos bioactivos para el control de enfermedades presentes en el suelo (Changas *et al.*, 2015; Grosu *et al.*, 2015) y en la actualidad se han empleado de manera exitosa en la reducción de contaminantes orgánicos como resultado de la actividad industrial (Khatab *et al.*, 2015) así como en la industria alimenticia donde autores como Santillán y Paredes (2018) al estudiar la remoción de ácido sulfhídrico por microorganismos sobre lodos activados en aguas residuales de la industria alimenticia observaron que el lodo utilizado como sustrato para los Microorganismos eficientes, redujo la cantidad de patógenos y aumentó el contenido de nutrientes presentes al inicio del tratamiento, concluyendo que el lodo residual por sus características puede ser reutilizado para abonar el suelo en la agricultura.

#### **2.7.1.2 Mecanismo de acción.**

Los ME actúan de manera que toman sustancias generadoras por otros organismos y basan en ello su funcionamiento y desarrollo. Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por estos para crecer, sintetizan aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas.

Según el Instituto Dominicano de Investigaciones por sus siglas IDIAF (2009) expresa que a través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus. Los efectos antioxidantes de estos microorganismos pasan directamente al suelo e indirectamente a las plantas y mantienen así la proporción NPK y CN. Este proceso aumenta el humus contenido en el suelo, siendo capaz de mantener una elevada calidad de producción.

#### **2.7.1.3 Principales especies de microorganismos contenidas en el ME.**

Hoy día la agricultura ecológica, presenta diferentes estrategias para la sostenibilidad de los sistemas, donde se resalta el uso de los microorganismos eficientes, que asocia cuatro grupos principales: bacterias fototróficas, bacterias productoras de ácido láctico, levaduras y hongos de fermentación (Higa, 2013), cuya combinación desarrollan una sinergia metabólica que permite su aplicación en diferentes campos (Sánchez *et al.*, 2011), entre ellos el mejoramiento de suelos y el tratamiento de residuos agropecuarios, aguas residuales y alimentación animal entre otros (Navia *et al.*, 2013).

Moon *et al.* (2011) reportan que las principales especies de ME incluidas en preparaciones son las bacterias del ácido láctico, las bacterias fotosintéticas, las levaduras, los actinomicetos y los hongos.

Según Shuichi (2009) cada una de las especies contenidas en los ME tiene su propia e importante función. Sin embargo, la bacteria fotosintética es el pivote de la tecnología de ME, pues soportan las actividades de los otros microorganismos. Por otro lado utilizan para sí mismas varias sustancias producidas por otros microorganismos.

Biosca (2001) indica que las bacterias fotosintéticas, son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuente de energía. Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas. En tal sentido la Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropriadas de Japón (EEAITAJ) 2008 expresa que estas bacterias funcionan como un componente importante del ME y ayudan a mantener el balance con otros organismos benéficos, que permite coexistir y funcionar con los mismos.

Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobiales útiles a partir de los aminoácidos y los azúcares secretados por las bacterias fototróficas y la materia orgánica presente en el medio. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas producidas por las levaduras, son sustratos útiles para microorganismos benéficos como bacterias ácido lácticas (Ecorganica, 2009).

Los actinomicetos son bacterias Gram positivas, aerobios heterótrofos principalmente, formadores de esporas. El género principal es *Streptomyces* cuyo olor característico a tierra húmeda se debe a compuestos volátiles como la geosmina. Especies de la familia *Streptomycetaceae* se encuentran extensamente distribuidas y estudiadas debido a la producción de metabolitos secundarios como enzimas inhibitorias herbicidas y antibióticos (Schlatter *et al.*, 2009). Están abundantes en el suelo y son importantes saprófitos de plantas, capaces de degradar moléculas complejas y sustancias recalcitrantes como celulosa, lignocelulosa, xilano y lignina, adicionalmente juegan un importante papel en el proceso de descomposición de material orgánico, debido a sus enzimas líticas (Zhou *et al.*, 2009).

Los hongos filamentosos *Aspergillus*, *Penicilium* actúan al descomponer rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, ésteres y sustancias antimicrobianas, lo que permite que con su presencia se produzca la desodorización del medio ambiente además de prevenir la aparición de insectos perjudiciales (Saintmartin, 2007). Varios autores han evidenciado la actividad positiva que tienen estos hongos en el crecimiento de distintos cultivos como *Hordeum vulgare* cv. Arna (Ignatova *et al.*, 2015) y *Glycine max* (Saxena *et al.*, 2016).

#### **2.7.1.4 Efectos de los Microorganismos Eficientes.**

Silva (2009) refiere que la aplicación de los microorganismos eficientes origina en la fase de semillero, en los cultivos y suelos agrícolas respuestas tales como:

##### **Semilleros.**

1. Aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico.
2. Aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal.
3. Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas.
4. Asegura una mejor germinación y desarrollo de las plantas.

##### **Plantas de cultivo.**

1. Promueve la germinación, la floración, el desarrollo de los frutos y la reproducción de las plantas.
2. Aumenta la capacidad fotosintética de los cultivos.
3. Genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades.
4. Consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades.
5. Incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos.
6. Promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales y en zonas meristemáticas.

## Suelos.

1. Efectos en las condiciones físicas del suelo: mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua. De esta manera se disminuye la frecuencia de riego y los suelos son capaces de absorber 24 veces más las aguas lluvias, evita la erosión por el arrastre de las partículas.
2. Efectos en las condiciones químicas del suelo: mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separan las moléculas que los mantienen fijos y dejan los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical.
3. Efectos en la microbiología del suelo: suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo por competencia, incrementa la biodiversidad microbiana y generan las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.

Los aspectos planteados nos permiten afirmar los efectos beneficiosos de los ME en los cultivos agrícolas al mejorar su producción, incrementar el crecimiento de las plantas, la floración, fructificación y la maduración, debido al aumento de la eficacia de la materia orgánica como alternativa nutricional, a la resistencia de las plantas a plagas agrícolas y el aumento de la producción de antioxidantes que suprimen los efectos adversos de los radicales libres en el metabolismo de las plantas (Talaat, 2015).

Hu y Qi (2013) al estudiar tres tratamientos sobre cultivos de trigo; determinaron que la aplicación de compost con EM aumentó de forma significativa la biomasa de la paja de trigo, los rendimientos de grano, y la absorción de nutrientes en la paja mejoró la absorción de nutrientes tanto en la paja como en el grano de trigo en comparación con el compost tradicional y el control.

López *et al.* (2017) al estudiar el uso de efluente de planta de biogás y microorganismos eficientes como biofertilizantes en plantas de cebolla (*Allium cepa* L., cv. Caribe-71) llegaron a la conclusión que la aplicación foliar del efluente de planta de biogás y los microorganismos eficientes en forma de mezcla tuvieron un efecto positivo sobre el cultivo de la cebolla

comparado con la fertilización química de esta, dado al aporte de nutrientes y microbiota benéfica que mejora las condiciones del suelo y estimula el crecimiento y desarrollo de la planta.

Uno de los biofertilizantes de mayor empleo en la actualidad son los microorganismos eficientes, los cuales están constituidos por un cultivo mixto de microorganismos, fundamentalmente, bacterias fotosintéticas y lactobacilos, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores, que pueden aplicarse como inoculante para incrementar la diversidad microbiana de los suelos. Estos desarrollan efectos beneficiosos, aumentan la calidad y la salud de los suelos y plantas, los que a su vez incrementa el crecimiento, la calidad y el rendimiento de los cultivos. Promueve la germinación, la floración, el desarrollo de los frutos y la reproducción de las plantas. Además, mejora física, química y biológica el ambiente de los suelos, y suprime los patógenos y plagas que promueven enfermedades (López-Dávila *et al.*, 2017).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS.**

La investigación se desarrolló en el vivero de la Unidad Empresarial de Base (UEB) “Antonio Berdalles”, perteneciente a la Empresa nacional de fibras naturales; ubicada en el municipio Limonar, Matanzas. El montaje del experimento se inició desde el 19 de junio del 2021 hasta el 16 de septiembre del 2022.



**Foto:** Autora. Se observa el lugar donde está establecido el vivero. En la actualidad “Antonio Berdalles”,

### 3.1. Material vegetal

En los estudios se utilizaron posturas de rizomas recolectadas de las plantaciones comerciales, de la variedad Sac Ki o henequén blanco (el mismo material de propagación empleado por la UEB), las plántulas fueron seleccionadas de manera que mostraran un adecuado vigor vegetativo, buen estado fitosanitario y la mayor uniformidad posible en cuanto a su tamaño, número de hojas y grosor del tallo (Tabla 1.).

Tabla 1. Valores promedios de indicadores de calidad de las plántulas (posturas) en el momento inicial de su establecimiento en el vivero.

Indicadores	Número de hojas	Tamaño de la plántula (cm)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Grosor del tallo (cm)
-	<b>4</b>	<b>26</b>	<b>83,15</b>	<b>2,87</b>
Cv (%)	17,9	10,90	19,13	13,3

Plántulas procedentes de rizoma, variedad Sac Ki.

### **3.2. Área y diseño experimental**

El experimento se desarrolló sobre suelo Ferralítico rojo poco profundo, rocoso, en un área total de 144 m<sup>2</sup>.

Se utilizó un diseño experimental Bloque al azar con cuatro tratamientos y cuatro réplicas, establecidos de la siguiente forma:

Tratamiento 1: aplicación de Microorganismos eficientes (ME) **(20 L ha<sup>-1</sup>)**.

Tratamiento 2: aplicación de Microorganismos eficientes (ME) **(30 L ha<sup>-1</sup>)**.

Tratamiento 3: aplicación de Microorganismos eficientes (ME) **(40 L ha<sup>-1</sup>)**.

Tratamiento 4: control (sin aplicación de ME).

Las unidades experimentales se conformaron de 25 plantas con un marco de plantación de 0,40 x 0,20 m. Cuatro repeticiones para cada tratamiento (16 unidades experimentales totales).

En el período de desarrollo evaluado se hicieron cuatro aplicaciones (19 de junio del 2021; 21 de octubre y 3 de diciembre del 2021 y 26 de enero del 2022). Para ello se utilizó un mochila Matabi de 16L de capacidad total, la aplicación fue realizada de forma manual y lo más homogénea posible sobre las plantas,

Las posturas fueron asistidas con labores de limpieza y deshierbe, aunque no se cubrió el tiempo total del vivero.

### **3.3. Indicadores evaluados**

#### **- Indicadores morfológicos y fisiológicos**

Las mediciones se realizaron en dos momentos diferentes del ciclo del vivero (a los cuatro meses de establecido el vivero y al final de la etapa, 14 meses). Con estos resultados se evaluó la dinámica de crecimiento y desarrollo. Para ello se determinaron los siguientes indicadores morfológicos y fisiológicos:

- ✓ Tamaño de la planta (Altura en cm), para ello se utilizó una cinta métrica con precisión de 1mm.
- ✓ Número de hojas. (por conteo)

- ✓ Largo y ancho de las hojas (cm): se empleó una regla graduada con precisión de 1mm
- ✓ Grosor del tallo (cm): se empleó un pie de rey.
  - Área foliar :

El área foliar se determinó según la ecuación propuesta por González (2001)

$Af = \text{Largo} \times \text{Ancho} \times 0,68.$

### **Procesamiento estadístico**

Toda la información obtenida fue procesada según el paquete estadístico Statgraphic plus 5.1 sobre WINDOWS. Se comprobó el ajuste a una distribución normal mediante la prueba de Bondad de Ajuste Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianza mediante las Pruebas de Bartlett (Sigarroa, 1985). En los casos en que los datos cumplieron los requisitos exigidos se procesaron mediante ANOVA de clasificación simple y se utilizó la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan para la comparación entre medias. Para los datos que no cumplieron con estas premisas, se utilizó la Prueba de Kruskal-Wallis y las medias fueron comparadas mediante la Prueba de Rangos Múltiples de Student-Newman-Kwels (SNK) ( $p < 0,05$ ).

### **3.4. Valoración económica**

Se determinó la factibilidad económica de la aplicación del ME en las condiciones del vivero (UEB “Antonio Berdalles”). Para ello se elaboró una ficha de costo comparativa de acuerdo con los tratamientos evaluados y considerando la cantidad de posturas necesarias para cubrir una hectárea de vivero. Se partió de la ficha de costo aportada por la UEB (Tabla 2) que incluye el costo de obtención de las posturas por el método tradicional, así como los gastos por concepto de permanencia en las condiciones del vivero de acuerdo con el instructivo técnico del cultivo MINAG (2016).

Para el cálculo de los gastos de aplicación del ME se tuvo en cuenta las dosis empleadas, así como el costo del producto, el cual fue de \$ 20.00 el litro, moneda nacional, (precio con el cual lo comercializa la Granja Urbana).

Con la información obtenida se determinó el costo total de mantención de las posturas hasta cumplir con los parámetros de calidad para pasar a plantación definitiva (14 meses).

Tabla 2: Ficha de costo aportada por la UEB para una hectárea de vivero durante el tiempo de permanencia de la postura en estas condiciones (14-16 meses)

<b>MINISTERIO DE LA AGRICULTURA</b>			
<b>FICHA PARA PRECIOS Y SU COMPONENTE EN PESOS CONVERTIBLES</b>			
<b>Producto o Servicio: Siembra de Henequén</b>	<b>% Utilización:</b>		
<b>Nivel de Producción: 1 ha</b>			
<b>UM: UNO</b>			
<b>CONCEPTOS DE GASTOS</b>	<b>Fila</b>	<b>TOTAL UNITARIO</b>	<b>DE ELLO EN CL</b>
<b>Materias Primas y Materiales</b>	<b>1</b>	<b>5,415.58</b>	<b>387.88</b>
Insumos	1.1	4,298.58	387.88
Combustibles	1.2	1,047.00	0.00
Energía	1.3	0.00	0.00
Agua	1.4	70.00	0.00
<b>Salarios</b>	<b>2</b>	<b>15,396.00</b>	
De ello Estimulación	2.1		
<b>Otros gastos directos</b>	<b>3</b>	<b>1,475.00</b>	
<b>Gastos asociados a la producción</b>	<b>4</b>	<b>535.35</b>	
De ello salarios	4.1	420.37	
Combustible	4.2	57.55	0.00
<b>Gastos generales y de administración</b>	<b>5</b>	<b>325.49</b>	
De ello salarios	5.1	215.32	
Combustible y Lubricantes	5.2	3.20	
<b>Gastos de distribución y ventas</b>	<b>6</b>		
De ello salarios	6.1		
Combustible y lubricantes	6.2		0.00
<b>Gastos financieros</b>	<b>7</b>	0.01	
<b>Gastos por financiamiento entregado a la OSDE</b>	<b>8</b>		
<b>Contribución a la Seguridad Social</b>	<b>9</b>	<b>2003.96</b>	
<b>Gastos de Seguridad Social a corto plazo</b>	<b>10</b>	<b>240.48</b>	
<b>Impuesto por la Utilización de la Fuerza de Trabajo</b>	<b>11</b>	<b>801.58</b>	
<b>Impuesto Sobre las Ventas</b>	<b>12</b>		
<b>Contribución Territorial</b>	<b>13</b>		
<b>Impuesto Especial a Productos</b>	<b>14</b>		
<b>Otros Gastos Autorizados por el MFP</b>	<b>15</b>		
<b>Costo Total</b>	<b>16</b>	<b>26193.45</b>	<b>387.88</b>
<b>Margen de Utilidad</b>	<b>17</b>		
<b>Utilidad</b>	<b>18</b>		
<b>Precio o Tarifa</b>	<b>19</b>		
<b>Confeccionado por: Juan Vera Ortiz</b>	<b>Firma:</b>		<b>Fecha</b>
<b>Dtor Contable Financiero</b>			<b>15/04/2022.</b>
<b>Aprobado por: Enrique Almeida Ruiz</b>	<b>Firma:</b>		<b>Fecha</b>
<b>Director General</b>			<b>15/04/2022.</b>

La hectárea de vivero incluye en las condiciones actuales 80 000 posturas, con un marco de plantación de 0,40 x 0.20 y considerando los pasillos.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las figuras que se muestran de la 1 a la 4 reflejan el comportamiento de la dinámica de crecimiento de las plantas a partir de los indicadores evaluados. Cada figura muestra en dos gráficos (A y B), el valor absoluto alcanzado por cada variable y la magnitud del incremento mensual en los dos momentos de muestreo seleccionados para medir el desarrollo de las plantas (4 meses y 14 meses), el periodo de 14 meses coincide con el tiempo total de duración del vivero y etapa experimental.

La figura 1 revela el comportamiento en cuanto a la altura de las plantas.

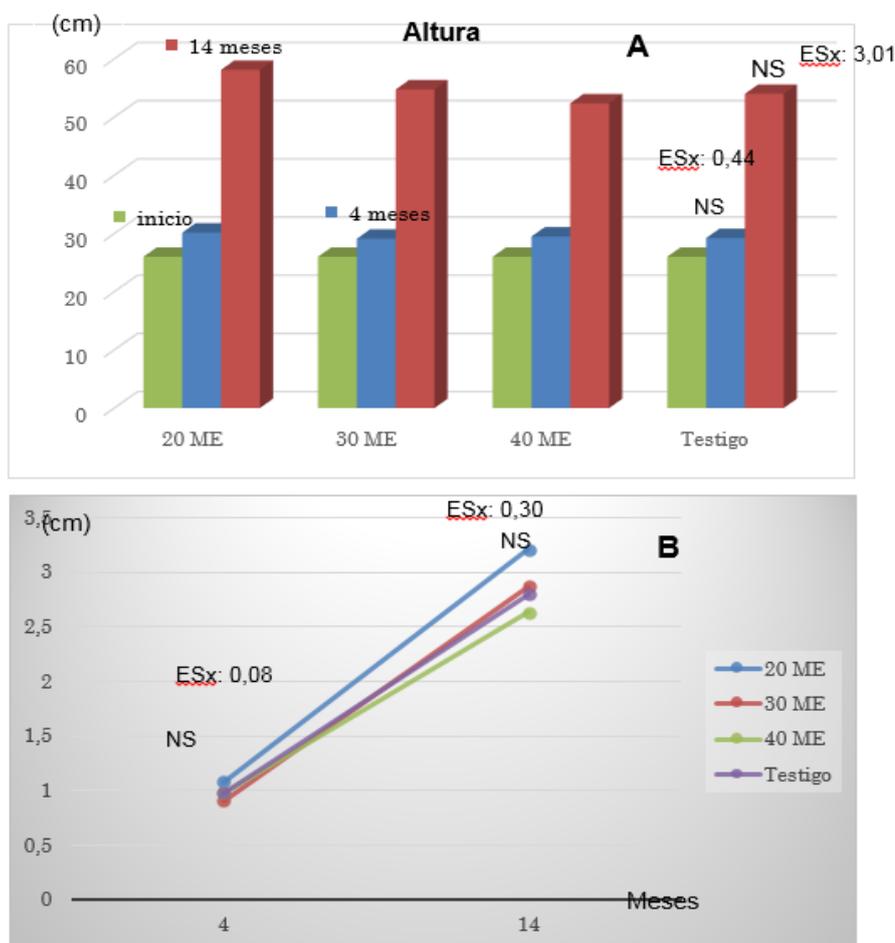


Figura 1: Comportamiento de la altura de las plántulas, en su momento inicial y medida a los cuatro y 14 meses de establecido el experimento, de acuerdo con los tratamientos en estudios: Tratamiento 1 (ME, 20 L. ha<sup>-1</sup>); Tratamiento 2 (ME, 30 L. ha<sup>-1</sup>); Tratamiento 3 (ME, 40 L. ha<sup>-1</sup>); Tratamiento 4 (Control, sin ME). El gráfico **A**, refleja la altura inicial y el valor alcanzado por las plantas en cada momento de muestreo. El gráfico **B**, muestra el incremento medio mensual en el periodo de cero a cuatro meses y de cuatro a 14 meses. Los

análisis estadísticos fueron hechos para cada periodo por separado. NS. Significa que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias para  $P \leq 0,05$ . ESx. Significa error estándar de la media.

Como se observa tanto en el gráfico A (tamaño alcanzado por las plantas), como en el B (ritmo de crecimiento mensual), no se alcanzó diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos en ninguno de los dos momentos de muestreo (4 meses y 14 meses) y para todos los tratamientos por igual las plantas alcanzaron el tamaño mínimo necesario (45-50 cm) para ser trasplantada a plantación permanente, de acuerdo con los patrones establecidos por el instructivo técnico de este cultivo (MINAG, 2012 y 2016), el cual tiene sus bases teóricas en las características morfofisiológicas de los *Agaves* (Otero, 1999; Buenas tareas, 2011; García y Serrano, 2012; Terry *et al.*, 2015).

No obstante se observa que hubo un incremento en el ritmo de crecimiento mensual en el intervalo de cuatro a 14 meses, con respecto al intervalo inicial (0-4 meses), este último enmarcado en el periodo de julio a octubre, lo que puede explicarse por los efectos del trasplante en la etapa inicial del vivero, que induce estrés en las plantas por la extracción de su hábitat natural en el ecosistema donde se desarrollan, y por la manipulación para ser establecida en el vivero. En el intervalo que se enmarca a partir del 5<sup>to</sup> mes, hasta los 14 meses las plantas reciben los efectos de los periodos pocos lluviosos y lluviosos de acuerdo con las condiciones climáticas de Cuba (Abreu, 2009), lo que las favorece en una etapa (periodo lluvioso) y en la otra no (periodo poco lluvioso), pero ya ocurre en condiciones biológicas en que las plantas pueden expresar su potencial fisiológico, como se muestra en la figura.

En el comportamiento de esta variable, a pesar de haber alcanzado en 14 meses el patrón de calidad para su salida a plantación permanente como se refiere en el instructivo técnico (MINAG, 2016), no se puede afirmar que hubo un efecto marcado de los beneficios que aportan los microorganismos eficientes (ME) cuando se asocian con los cultivos agrícolas como ha sido informado por diferentes autores (Milian *et al.*; 2014; Calero *et al.*; 2018 y Calero *et al.*, 2019). Resultados similares en el comportamiento de esta variable para el cultivo del henequén en condiciones de vivero fueron reportados por Chávez (2018) y Bertran (2019) con el empleo de diferentes dosis del estimulador QuitoMax, ambos autores lo justifican a partir de las características fisiológicas del cultivo por ser una planta de xerófita de crecimiento lento, que no refleja de manera rápida en su morfología, en un periodo corto de

tiempo (como puede ser la etapa de vivero) un efecto favorable en algunas de sus variables del desarrollo por la acción estimulante del estimulador que se aplique, además de considerar la mala calidad del material de plantación presente hoy en los campos de henequén, aunque siempre se procede a su selección inicial en campo.

Referente al número de hojas (No. De Hojas), los resultados se presentan en la figura 2.

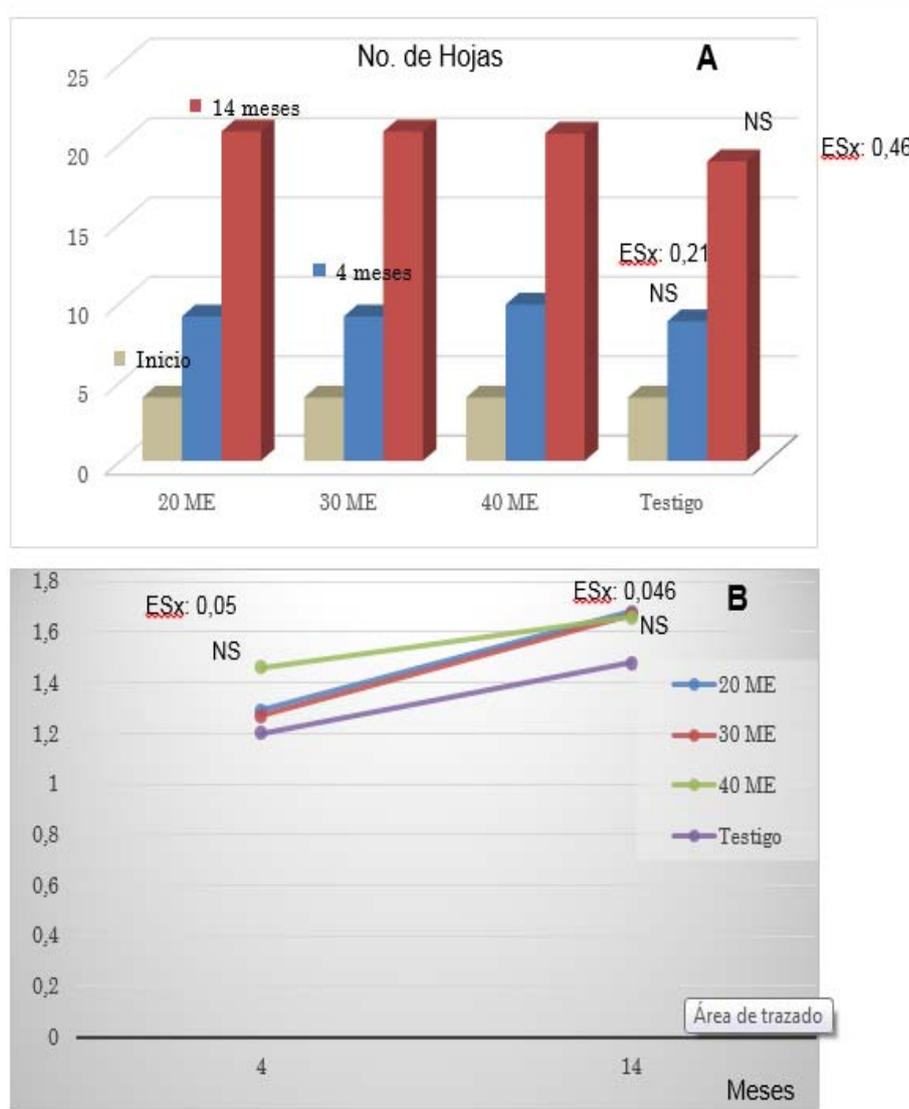


Figura 2: Comportamiento del número de hojas (No. Hojas) de las plántulas de acuerdo con los tratamientos en estudios: Tratamiento 1 (ME, 20 L. ha<sup>-1</sup>); Tratamiento 2 (ME, 30 L. ha<sup>-1</sup>); Tratamiento 3 (ME, 40 L. ha<sup>-1</sup>); Tratamiento 4 (Control, sin ME), medidos a los cuatro y 14 meses de establecido el experimento. El gráfico **A**, refleja el número de hojas totales alcanzada por las plantas en cada momento de muestreo. El gráfico **B**, muestra el incremento medio mensual en cada periodo (de cero a cuatro meses y de cuatro a 14 meses). Los análisis estadísticos fueron hechos para cada periodo por separado. NS. Significa que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias para  $P \leq 0,05$ . ESx. Significa error estándar de la media

De la misma manera que para la variable altura, en el número de hojas no se refleja diferencia estadísticamente significativa en ninguno de los momentos evaluados, sin embargo hay una tendencia a un comportamiento más favorable en los tratamientos en que se emplean los microorganismos eficientes, que puede tener su efecto final en el comportamiento de variables más integrales para expresar el crecimiento y desarrollo de las plantas como es el área foliar presentado en la figura 3, donde sí se observa diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, a favor de un efecto favorable con el empleo de los microorganismos eficientes, aunque en este caso con un nivel de confiabilidad del 90% ( $p < 0,1$ ).

En el número de hojas los valores que se alcanzan a los 14 meses (figura 2. A) muestran valores propicios para el desarrollo del cultivo en todos los tratamientos por igual de acuerdo con los parámetros establecidos en el instructivo técnico MINAG (2016), donde se plantea que el número de hojas no debe ser inferior a 15.

El comportamiento en cuanto al ritmo de crecimiento (figura 2. B) tiene una expresión similar a la que tuvo con la variable altura referente a su incremento mensual, lo que también puede explicarse a partir del mismo análisis hecho anteriormente en cuanto a las características del cultivo, que incide de manera integral en el metabolismo de la planta y puede reflejarse de forma similar en toda la morfología externa.

En este sentido es importante señalar que el cultivo del henequén en condiciones favorables de temperatura y humedad puede emitir entre 2 y 3 hojas mensuales (Otero, 1999). En el periodo de cuatro a 14 meses los tratamientos en que se emplean los microorganismos eficientes exhiben valores promedios superiores a 1,6 hojas mensuales, mientras que el control no llega a 1,5 hojas como promedio. De modo general puede decirse que todos los valores son favorables si se considera que en el periodo de cuatro a 14 meses influyen condiciones favorables y poco favorables de acuerdo con las condiciones climáticas de Cuba como ya se explicó en el comportamiento de la variable altura.

Referente a la dinámica de emisión de hojas en el cultivo del henequén en condiciones de vivero, los propios autores mencionados anteriormente (Chávez, 2018 y Bertran, 2019) refieren que durante los primeros 120 días después del trasplante a vivero, el promedio en el ritmo de emisión de nuevas hojas fue inferior a una hoja por mes, sin embargo después de

los 120 días y hasta los 196, se presenta un incremento bien marcado en la emisión de las nuevas hojas, con una tasa que estuvo cercana a las 1,5 hojas mensuales.

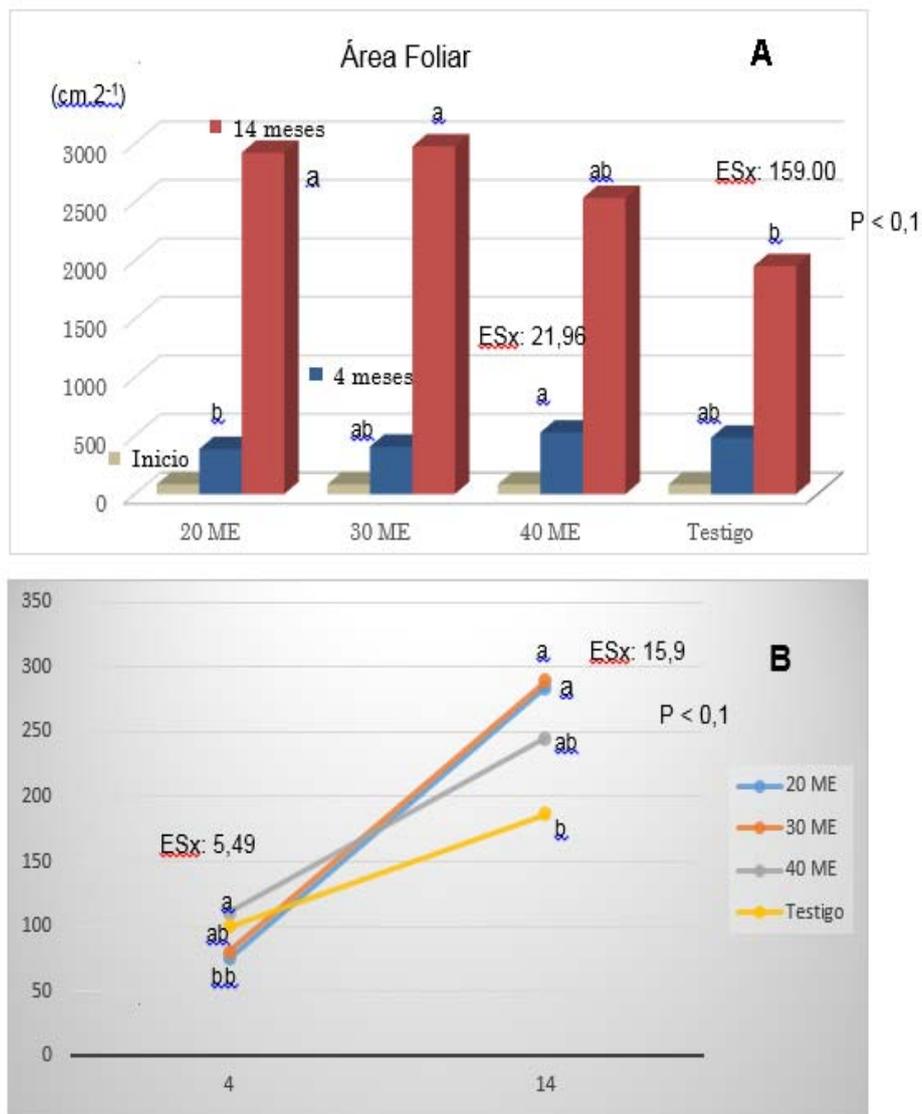


Figura 3: Comportamiento del área foliar de las plántulas de acuerdo con los tratamientos en estudios: Tratamiento 1 (ME, 20 L. ha<sup>-1</sup>); Tratamiento 2 (ME, 30 L. ha<sup>-1</sup>); Tratamiento 3 (ME, 40 L. ha<sup>-1</sup>); Tratamiento 4 (Control, sin ME), medido a los cuatro y 14 meses de establecido el experimento. El gráfico **A**, refleja el área foliar total alcanzada por las plantas en cada momento de muestreo. El gráfico **B**, muestra el incremento medio mensual en cada periodo (de cero a cuatro meses y de cuatro a 14 meses). Los análisis estadísticos fueron hechos para cada periodo por separado. Tratamientos con letras diferentes difieren significativamente para p < 0,1. ESx. Significa error estándar de la media.

En el área foliar la diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos que se menciona, se presentó tanto para los dos momentos de muestreo como para los dos indicadores medidos (valor total alcanzado e incremento mensual). En cuanto al valor total

alcanzado, a los cuatro meses, a pesar de la diferencia significativa que se destaca, no se puede definir concretamente una mejor respuesta de las plantas por efecto de los ME, sin embargo a los 14 meses los mejores resultados se exhiben a favor de las variantes donde se emplean los microorganismos eficientes en dosis de 20 y 30 L.ha<sup>-1</sup> (Tratamientos 1 y 2), por el contrario el valor más bajo se presentó en el tratamiento control (Tratamiento 4), que difiere significativamente de los tratamientos 1 y 2; por su parte el tratamiento 3 (40 L.ha<sup>-1</sup>) aparece con valores intermedios que no difieren estadísticamente del resto.

En relación al incremento mensual del área foliar (figura 3 B) el comportamiento entre los tratamientos es muy similar al mostrado para el valor total alcanzado (figura 3 A) en los dos momentos de muestreo, las plantas que recibieron las dosis de 20 y 30 L.ha<sup>-1</sup> de ME desarrollaron mayor capacidad para producir nueva biomasa, comparadas con el tratamiento control donde no fueron tratadas con los ME.

Es importante señalar que en correspondencia con el comportamiento que se destaca de este indicador en el análisis hecho anteriormente, otro elemento que puede estar a favor de los beneficios que se les atribuyen a los ME, es que con las dosis de 20 y 30 L.ha<sup>-1</sup>, las plantas incrementaron en más de tres veces el valor que mostraban a los cuatro meses y por el contrario en el tratamiento control no llega a duplicarse este valor para el mismo intervalo.

Referente al grosor del tallo (figura 4), no se observó diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos para ninguno de los dos momentos de muestreo, ni para los dos indicadores evaluados (grosor total alcanzado e incremento medio mensual). Diferente al comportamiento de los demás indicadores evaluados, el incremento en el grosor del tallo en el periodo de cuatro a 14 meses fue inferior que en los primeros cuatro meses después del trasplante para el vivero, lo que pudo estar dado por el tipo de crecimiento de esta especie (crecimiento en roseta, con el meristemo en la parte superior del tallo a partir de donde se emiten las hojas nuevas), característico en planta xerófila, ello hace que el incremento en la biomasa del tallo no solo se exprese en mayor volumen de su diámetro, sino que también se expresa en la altura que va alcanzando este órgano en la medida que va emitiendo nuevas hojas, el cual no fue evaluado en esta investigación, como pudo haber sucedido en los tratamientos 1 y 2 donde las plantas desarrollaron una mayor área foliar como consecuencia de un incremento en la altura y en el número de hojas. Inclusive en la dinámica de crecimiento de esta planta, referente a las modificaciones que va mostrando el tallo, se

plantea que a partir de los cuatro o cinco años en que la planta está lista para su explotación comercial este órgano alcanza 20 cm de diámetro momento en el cual su diámetro no aumenta más y solamente crece en su parte inferior (MINAG, 2016).

Como bien ha sido destacado por diferentes autores (Otero, 1999; Buenas tareas, 2011; García y Serrano, 2012, Terry *et al.*, 2015, Chávez, 2018 y Bertran, 2019), el grosor del tallo es un indicador de referencia para la calidad de las plantas en el cultivo del henequén, esta estructura además de ser el órgano de sostén o eje de la planta donde se insertan las hojas, en él se acumulan un gran número de sustancias de reservas imprescindibles para su desarrollo. El instructivo técnico de este cultivo (MINAG, 2012, 2016) establecen diferentes categorías de posturas para su establecimiento en el vivero a partir del grosor del tallo y la altura de la planta. De acuerdo con estos criterios, las posturas con mayor diámetro basal e igual talla (Altura), se desarrollan más rápidamente, sin embargo para su salida del vivero y establecimiento en plantación permanente los indicadores que exige el instructivo técnico y que marcan el patrón de calidad, son la altura de la planta y el número de hojas.

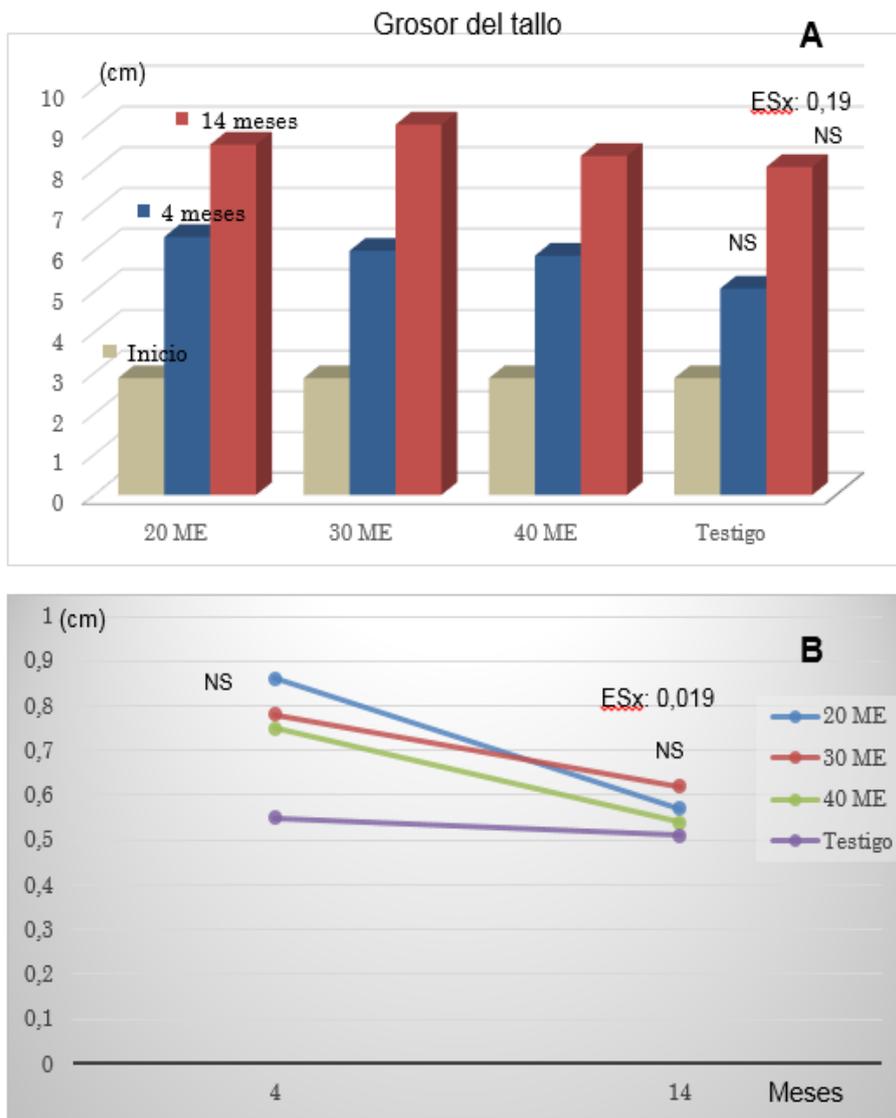


Figura 4: Comportamiento del grosor del tallo de las plántulas de acuerdo con los tratamientos en estudios: Tratamiento 1 (ME, 20 L. ha<sup>-1</sup>); Tratamiento 2 (ME, 30 L. ha<sup>-1</sup>); Tratamiento 3 (ME, 40 L. ha<sup>-1</sup>); Tratamiento 4 (Control, sin ME), medido a los cuatro y 14 meses de establecido el experimento. El gráfico **A**, refleja el grosor del tallo total alcanzado por las plantas en cada momento de muestreo. El gráfico **B**, muestra el incremento medio mensual en cada periodo (de cero a cuatro meses y de cuatro a 14 meses). Los análisis estadísticos fueron hechos para cada periodo por separado. NS. Significa que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias para  $p \leq 0,05$ . ESx. Significa error estándar de la media.

Referente al éxito del empleo a de los ME en el cultivo del henequén, puede decirse que los resultados mostrados indican efectos positivos con el empleo de este biofertilizante, como se constata fundamentalmente en el comportamiento del área foliar (figura 3), lo que pudo haber estado asociado fundamentalmente a un aumento de la capacidad fotosintética por la mayor presencia potencial de sustancias sintetizadas a causa de bacterias autótrofas las que

comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas, además de la posibilidad de un mayor saneamiento del área cultivada ya que consumen los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades, (Biosca, 2001 y Silva 2009).

En este sentido los ME son considerados como un grupo de microorganismos benéficos que son cultivados y utilizados como medio para mejorar las condiciones de los suelos, suprimir los microorganismos productores de enfermedades, y aumentar la eficiencia en la utilización de la materia orgánica por parte de los cultivos (EEAITAJ, 2013).

Diferentes investigaciones realizadas han demostrado que el empleo de los ME como biofertilizantes en las tecnologías para las producciones agrícolas pueden mejorar, el crecimiento, producción y calidad de los cultivos, así como la calidad del suelo (Campo *et al.*, 2014; Milian *et al.*; 2014; Calero *et al.*; 2018).

En el cultivo del henequén estas potencialidades del uso de los ME pueden aportar resultados muy favorables para la industria henequenera de manera general. En las tecnologías que hoy se aplican, totalmente carentes de insumos para la compra de fertilizantes, plaguicidas, para el empleo de la biotecnología, etc, la posibilidad de contar con sustancia estimuladoras del crecimiento de origen natural y de fácil adquisición pudiera aportar dividendos considerables para la Empresa Nacional de Fibras Naturales, responsable de la industria henequenera en el país.

Sin embargo a pesar de los criterios favorables emitidos por los resultados obtenidos en esta investigación, en todos los indicadores evaluados no se comportó de la misma manera, en lo que pudo haber influido las condiciones de altos niveles de enyerbamiento en que se desarrolló la etapa experimental en los últimos meses (junio- septiembre del 2022), como se puede observar en la figura 5.



Figura 5. Se muestra el alto nivel de enyerbamiento del área experimental al final de la etapa investigativa (septiembre 2022). Fotos autora

Sobre esta situación real que se presenta hoy en los viveros de las UEB productora de henequén en la provincia, es importante señalar que aunque los estimuladores del crecimiento se consideren una variedad de productos que actúan sobre la fisiología de las plantas, aumentan su desarrollo, mejoran su productividad en la calidad del fruto y además contribuyen a mejorar la resistencia de las especies vegetales ante diversas enfermedades, su efecto puede verse limitado si no se cumple con la disciplina tecnológicas del cultivo, además de las exigencias ecofisiológicas de la especie, lo que puede ser de mayor relevancia en especies como el henequén, que son plantas xerófitas de crecimiento lento y que realizan el metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM); en este sentido el control de la vegetación indeseable, sobre todo las gramíneas, durante el aviveramiento de las posturas puede inducir muerte o raquitismo de las plántulas de henequén por asfixia y competencia por la luz y nutrientes etc y finalmente afectar la supervivencia y la disponibilidad de posturas de calidad para las plantaciones de fomento y la sostenibilidad del cultivo y de la industria.

Sobre estos aspectos Bertran (2018) informa criterios similares.

## VALORACIÓN ECONÓMICA

**Tabla 3. Ficha de costo comparativa por tratamiento para cubrir una hectárea de vivero, solamente se tuvo en cuenta el costo en moneda nacional, (MN).**

Gastos generales	UM	Tiempo de permanencia en vivero 14 meses			
		T 1 (\$ MN)	T 2 (\$ MN)	T 3 (\$ MN)	T 4 (\$ MN)
Costo de aplicación del ME	ha	400.00	600.00	800.00	-
Costo total de permanencia de la postura en el vivero, incluye la extracción del campo	ha	26 193,45	26 193,45	26 193,45	26 193,45
Gastos totales	ha	26593.45	26793.45	26993.45	26193.45
Cantidad total de plantas	ha	80 000	80 000	80 000	80 000
Costo/planta		0.3324	0.3349	0.3374	0.3274

Costo del ME por litros (\$ 20,00 MN)

Marco de plantación en vivero 0,40 x 0,20 (80 000 posturas por hectárea de vivero, incluye el área que se pierde por concepto de pasillos.)

Costo total de la postura, que incluye costo extracción del campo y permanencia en el vivero:  
\$ 26 193, 45

Como se puede observar en la tabla 3, el incremento en el costo de la postura con el empleo de ME para cubrir una hectárea de vivero puede considerarse como bajo, debido a que este producto se emplea a pequeñas dosis y se comercializa a precios en moneda nacional (producción nacional) muy asequibles para los productores. Por otra parte el empleo de ME pudiera reducir considerablemente el tiempo de permanencia de la postura en la fase de vivero, lo que conllevaría a una reducción significativa en el costo de permanencia de las plantas, al tiempo que se obtiene una postura de mayor calidad, lo que influirá en una reducción del tiempo para la entrada en producción de estas plantaciones.

## V. CONCLUSIONES.

- Los resultados obtenidos en cuanto a los indicadores morfológicos evaluados, reflejan un efecto estimulador de los microorganismos eficientes (ME) en el rendimiento biológico de las posturas de henequén a partir de los tratamientos en estudio.
- Con las dosis de 20 y 30 L.ha<sup>-1</sup> de ME, se obtuvo la mejor repuesta de las plantas en el comportamiento del área foliar, comparados con el tratamiento control.
- Con el empleo de los ME no se incrementa de manera significativa el costo por planta en posturas de henequén en la etapa de vivero y por el contrario se pueden obtener mejores beneficios económicos por una mayor calidad de las plantaciones.

## **VI. RECOMENDACIONES.**

- Continuar el estudio del empleo de los ME en el cultivo del henequén evaluando indicadores más integrales para medir el desarrollo biológicos de las plantas como las tasas de crecimientos y los metabolitos fotosintéticos, que permitan establecer criterios más categóricos para su uso en este cultivo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abreu, E.O. 2009. Aclimatización de plántulas de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) y su evaluación en la etapa de previvero. La Habana. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).
2. Arias M, LA. 2011. Ecología poblacional de *Agave Angustifolia* en la región de Xochicalco, Morelos: Evaluación de su potencial para la restauración ecológica. Tesis en opción al título de Maestro en Ciencias (Biología Ambiental). Universidad Nacional Autónoma de México.
3. Biosca, A. 2001. ¿Qué son microorganismos eficientes? [en línea]. Disponible en: <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080731132826aa6mubr>. [Consulta: octubre, 19 2022].
4. Buenas Tareas. 2011. Henequén En Yucatán [en línea] Disponible en: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Henequen-En-Yucatan / 1811362. html> [Consulta: octubre, 4 2022].
5. Calero, A.; Quintero, E.; Pérez, Yanery; Olivera, D.; Peña, K.; Jiménez, Janet. 2019. Efecto entre microorganismos eficientes y fitomas-e en el incremento agroproductivo del frijol. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 17(1): 21-33.
6. Calero, A.; Quintero, E.; Olivera, D.; Pérez, Yanery; Castro, I.; Jiménez, Janet.; López, E. 2018. Respuesta de dos cultivares de frijol común a la aplicación foliar de microorganismos eficientes. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 39(3): 5-10
7. Campo, A. D.; Acosta, R. L.; Morales, S. y Prado, F. A. 2014. Evaluación de microorganismos de montaña (MM) en la producción de acelga en la meseta de Popayán. *Bio Agro*. 12: 79-87.
8. Castillo, J. F. y Flores, E. A. 2020. La fibra del henequén (*Agave fourcroydes*Lem.) como una opción para materiales compuestos amigables con el medio ambiente. *Herbario CICY*. 12: 99–105.
9. Changas, A. F.; De Oliveira, A. G.; De Oliveira, L. A.; Dos Santos, G. R.; Changas, L. F.; Lopes da Silva, A. L. and da Luz Costa, J. 2015. Production of indole-3-acetic acid by bacillus isolated from different soils. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 21 (2): 282–287.

10. Chávez, B. 2018. Evaluación de tres dosis de “QuitoMax” en el rendimiento biológico de plántulas de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) en condiciones de vivero. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
11. Correa, M. 2009. Microorganismos Eficaces (EM) [en línea]. Disponible en: <http://www.autosuficiencia.com.ar/shop/detallenot.asp?notid=543>. [Consulta: junio, 18 2022].
12. Cruz, M. 2021. Recuperación de las potencialidades de la producción henequenera en Matanzas. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
13. Cueto, J. R. y Otero, Lilian. 2015. Fruticultura y Agroecología. Avances de la Agroecología en Cuba. Estación Experimental “Indio Hatuey”. p. 293 – 310
14. Díaz, G. 1995. Efecto de un análogo de brasino esteroide DDA-6 en el cultivo del tabaco. Cultivos Tropicales. 16 (3): 53-55.
15. Ecorganica, 2009. Los microorganismos benéficos [en línea]. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd>. [Consulta: octubre, 19 2022].
16. EEAITAJ (Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropriadas de Japón). 2008. Tecnología EM. EMRO (Effective Microorganism Research Organization Inc.). Limón, Costa Rica. 16 p.
17. EEAITAJ (Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropriadas de Japón). 2013. Microorganismos Eficaces EM [en línea]. Disponible en: <https://goo.gl/PXqAuy>. [Consulta: junio, 18 2022].
18. Elicriso. 2017. ¿Cómo cultivar y curar las plantas? Agave. Información de la planta. Propiedades y cultivo [en línea]. Disponible en: [http://www.elicriso.it/es/como\\_cultivar/agave/](http://www.elicriso.it/es/como_cultivar/agave/). [Consulta: octubre, 4 2022].
19. Financiera Rural. 2011. Monografía del Henequén y Sisal. México. Dirección General Adjunta de Planeación y Análisis Sectorial. Dirección Ejecutiva de Análisis sectorial. 8 p. (monografía).
20. García S, D y Serrano, H. 2012. *Agave fourcroydes* (Lem.) y sus nuevas perspectivas. Tecno Agro. (78).
21. Garriga, M., González, G., Alemán S., Abreu, E., Quiroz K., Caligari, P. y García, R. 2010. Manejo de la Interacción Auxina-Citoquinina para Mejorar el Protocolo

- Micropropagación de Henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) Chilean Journal of Agricultural Research, 70 (4): 545-551.
22. González, G. 2001. Embriogénesis somática en henequén (*Agave fourcroydes* Lem) Tesis presentada en opción al grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas Universidad de Matanzas. 114p.
23. González, G; Abreu, E. 2009. El henequén. Cultivo importante desconocido, con futuro promisorio. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". 12p (monografía).
24. Grosu, A. I.; Siciua, O. A.; Dobre, A.; Voaides, C. and Cornea, C. 2015. Evaluation of some *Bacillus* spp. Strains for the biocontrol of *Fusarium graminearum* and *F. culmorum* in wheat. Agriculture and Agricultural Science Procedia. 6: 559-566.
25. Guerreo, R; Díaz, R. 2011. Paquete tecnológico Henequén *Agave fourcroydes*. Programa Estratégico para el desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-Sureste de México: Trópico Húmedo. 10p.
26. Higa, T. 2004. La Tecnología de los Microorganismos efectivos "EM". Conferencia dictada en el Real Colegio de Agricultura, Cirencester, Reino Unido.
27. Higa, T. 2013. Microorganismos Benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenibles. Maryland (USA): Centro internacional de Investigación de Agricultura Natural, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. 13 p.
28. Hu, C. and Qi, Y. 2013. Effective microorganisms and compost favor nematodes in wheat crops. Agronomy for Sustainable Development. 33 (3): 573-579.
29. IDIAF (Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales). 2009. Beneficios de los microorganismos eficientes en la agricultura [en línea]. Disponible en: <http://www.idiaf.org.do/noticias/detallemain.php?recordID=971>. [Consulta: octubre, 19 2022].
30. Ignatova, L.; Brazhnikova, Y.; Berzhanova, R. and Mukasheva, T. 2015. The effect of application of micromycetes on plant growth, as well as soybean and barley yields. Acta Biochimica Polonica. 62 (4): 669-675.
31. Khatab, O. H.; Nasib, M. A.; Ghoneimy, E. A.; Abo-Elnasr, A. A.; Hassan, H. A.; Hassan, M. Y. and Attitalla, I. H. 2015. Role of Microorganisms in our life's as ecofriendly and replacement for chemical methods. Int. J. Pharm. Life Sci. 6 (2): 4221-4229.

32. López, E.; Calero, A.; Gómez, Yamilet; Gil, Zuleiki; Henderson, Deborah y Jiménez, Janet. 2017a. Efecto agronómico del biosólido en cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L): control biológico de *Rhizoctonia solani*. Cultivos Tropicales. 38 (1): 13-23.
33. López, E.; Gil, Zuleiqui; Henderson, Deborah; Calero, A. y Jiménez, Janet. 2017b. Uso de efluente de planta de biogás y microorganismos eficientes como biofertilizantes en plantas de cebolla (*Allium cepa* L., cv. Caribe-71). Cultivos Tropicales. 38 (4): 7-14.
34. Milian, P.; González, J.; de la C. Cuellar, Eligia.; Rivero, Caridad.; Carlos Fresneda, C.; Terrero, W. 2014. Efecto de microorganismos eficientes (ME-50) sobre la morfología y el rendimiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa*) en Aguada de Pasajeros. Agroecosistemas. 2 (2): 327-336.
35. MINAG. 2012. Ministerio de la Agricultura. Instructivo técnico para el cultivo del henequén. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". La Habana, Cuba. 19p.
36. MINAG. 2016. Instructivo técnico del cultivo del Henequén. Instituto de investigaciones hortícolas —Liliana Dimitrovall. 19p.
37. Moon, Y. H.; Lee, K. B.; Kim, Y. J. and Koo, Y. M. 2011. Current Status of EM (Effective Microorganisms) Utilization. Korean Society for Biotechnology and Bioengineering Journal. 26 (5): 365-373.
38. Navia, C. A.; Zemanate, Y.; Morales, S.; Prado, F. A. y Albán, N. 2013. Evaluación de diferentes formulaciones de compostaje a partir de residuos de cosecha de tomate. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Edición Especial. (2): 165 – 173.
39. Olle, M. 2015. Influence of Effective Microorganisms on the growth and nitrate content of vegetable transplants. Journal of Advanced Agricultural Technologies. 2 (1): 25-28.
40. Otero B. R. 1999. El cultivo del henequén (*Agave fourcroydes*, Lem.) como planta textil y su aprovechamiento integral. Temas de Ciencia y Tecnología. 3(9): 23 - 46.
41. Piven, N.; Barredo, F.; Borges, I.; Herrera, M.; Mayo, A.; Herrera, L. y Robert, M. 2001. Reproductive biology of henequen (*Agave fourcroydes*) and its wild ancestor *Agave angustifolia* (Agavaceae): Gametophyte development. American Journal of Botany. 88:1966-1976.

42. Rodríguez M, I. 2016. El henequén (*Agave fourcroydes* Lem.): un cultivo promisorio en el desarrollo de una agricultura sostenible. Matanzas. Monografía en opción al título de Máster en Ciencias Agrícolas. Universidad de Matanzas.
43. Rodríguez, M. 2009. Microorganismos Eficientes (EM) [en línea]. Disponible en: <http://aia.uniandes.edu.co/documentos/articulo%20em%20manuel%20r..pdf> [Consulta: junio, 18 2022].
44. Ramírez, I. y Blanco, D. 2009. Estudio de la inclusión de microorganismos benéficos en el control de las emisiones de amoníaco presentes en las excretas avícolas en la Granja San Vicente, de la provincia El Oro, Ecuador. En: Congreso Agrociencia. Habana, Cuba. (CD).
45. Saintmartin, R. 2007. Microorganismos efectivos EM, que son [en línea]. Disponible en: <http://www.emyucatan.com> [Consulta: octubre, 19 2022].
46. Sánchez, S.; Hernández, M. y Ruz, F. 2011. Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. Pastos y Forrajes. 34 (4): 375-392.
47. Sankoumba F, M. 2014. Evaluación del comportamiento de la propagación *in vitro* de nuevas accesiones (Subinerme y C-97) de henequén (*Agave fourcroydes* Lem). Tesis (en opción al título científico de Master en Ciencias Agrícolas).
48. Santillán, L. M. y Paredes, Lorena Paola. 2018. Remoción de ácido sulfhídrico por microorganismos sobre lodos activados en aguas residuales de la industria alimenticia. Ciencias de la Vida. 27 (1): 112-123.
49. Saxena, J.; Rawat, J. and Sanwal, P. 2016. Enhancement of Growth and Yield of Glycine Max Plants with Inoculation of Phosphate Solubilizing Fungus *Aspergillus Niger* K7 and Biochar Amendment in Soil, Communications in Soil Science and Plant Analysis.
50. Schlatter, D.; Fubuh, A.; Xiao, K.; Hernandez, D.; Hobbie, S. and Kinkel, L. 2009. Resource Amendments Influence Density and Competitive Phenotypes of *Streptomyces* in Soil. Microbial Ecology. 57: 413-420.
51. Shuichi, O. 2009. Red de Agricultura Natural para la Región Asia/Pacífico. (APNAN). Manual de Aplicación. Traducción del manual editado por EM technologies Inc. [en línea] Disponible en: <http://em.iespana.es/manuales/apnan/apnan.html> [Consulta: junio, 18 2022].

52. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2018. Henequén: el oro verde yucateco. Yucatán [en línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/es/articulos/henequen-el-oro-verde-yucateco>. [Consulta: octubre, 4 2022].
53. Silva, M. 2009. Microbiología General [en línea]. Disponible en: <http://microbiologia-general.blogspot.com/2009/05/microorganismos-eficientes.html> [Consulta: octubre, 19 2022].
54. Sigarroa, A. 1985. Biometría y Diseño Experimental. La Habana. Editorial Pueblo y Educación. 743 p.
55. Sosa del Castillo, M. 2011. Evaluación en vivero de comportamiento de posturas de henequén (*Agave fourcroydes* Lem) procedente de diferentes vías de propagación. Matanzas. Tesis (en opción al grado científico de máster en ciencias agrícolas) — Universidad de Matanzas Sede: “Camilo Cienfuegos”.
56. Talaat, N. B. 2015. Effective microorganisms modify protein and polyamine pools in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae*. 190: 1-10.
57. Terry, Caridad; Castellanos G, Leónides; Maritza Hernández Castellanos; González O, G. 2015. Posibilidades del henequén (*Agave fourcroydes*) para el control de plagas de los cultivos. *Agroecosistemas*. 3(2): 514-524.
58. Tomich, T.; Brodt, S.; Ferris, H.; Galt, R.; Horwath, W. R.; Kebreab, E.; Leveau, J. H.; Liptzin, D.; Lubell, M.; Merel, P.; Michelmore, R.; Rosenstock, T.; Scow, K.; Six, J.; Williams, N. and Yang, L. 2011. Agroecology: A review from a global-change perspective. *Annual Review of Environment and Resources*. 36: 193-222.
59. Uwe, R. 2007. The EM use manual in hotel and restaurants. AGEARTH, Yucatán, México. 4p.
60. Yanes, A. 2015. Evaluación del efecto del fertilizante foliar “Plantos verde” en el crecimiento y desarrollo de plántulas de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) en la fase de previvero. Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Agrónomo) – Universidad de Matanzas.
61. Zhou, Q.; Li, K.; Jun, X. and Bo, L. 2009. Role and functions of beneficial microorganisms in sustainable aquaculture. *Bioresource Technology*. 100: 3780-3786.

62. Zuaznábar, R.; Díaz, J. C.; Montano, R. y Gallego, R. R. 2014. Diversas formulaciones de FitoMas-E ¿Mito o realidad en el cultivo de la caña de azúcar en Cuba? ATAC. (1): 23 - 27.