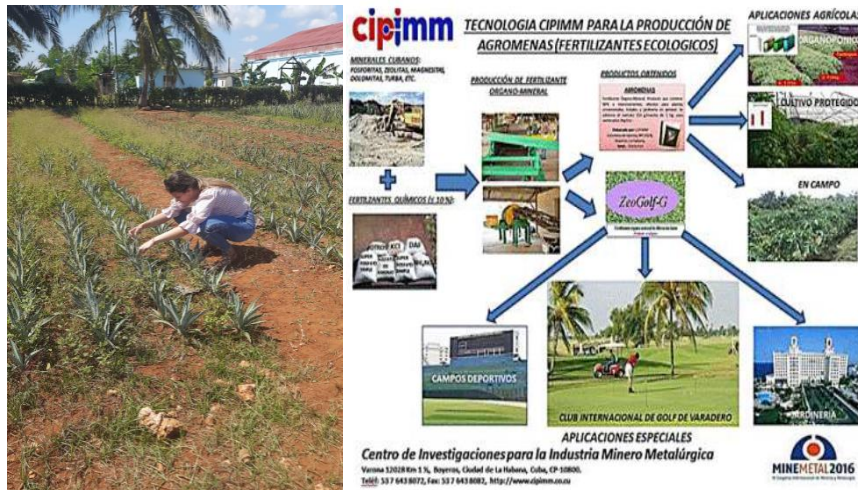


TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Evaluación del efecto estimulador del fertilizante órgano-mineral Agromena en plántulas de henequén en condiciones de vivero



Autora: Ariadna Niebla Fernández

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

Matanzas, 2023.

PENSAMIENTO

"La agricultura es una ciencia en constante evolución que nos desafía a encontrar soluciones creativas para alimentar a una población en crecimiento."

Norman Borlaug

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Declaro que yo, Ariadna Niebla Fernández 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 mi madre Dairis Fernández, heroína de mis días, porque este también es su sueño. A mis abuelos Coralia y William, que me inculcaron el amor a las plantas son mi refugio seguro en todo momento. A Yaniel, mi compañero, sin cuyo apoyo incondicional esta última etapa no hubiera sido posible.

A mi tutor, Dr. C. Enildo Abreu Cruz, quien ha levantado un amplio espectro investigativo en la UMCC de Matanzas del cual este trabajo es un granito de arena más.

AGRADECIMIENTOS.

A DIOS, gracias permitirme cumplir mis metas y propósitos con su bendición.

A mi familia, mi madre, mis abuelos, mi compañero, mi tío.

A todos los que de una forma u otra han contribuido a mi formación desde la primaria hasta hoy. Gracias al colectivo de trabajadores de la UMCC, en especial a la facultad de agricultura.

A mi tutor, Dr. C. Enildo Abreu Cruz, por su paciencia y la generosidad de su tiempo y sabiduría.

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.

La recuperación de las producciones de henequén en Matanzas, país, requieren de una estrategia inteligente que incluya políticas encaminadas a recuperar los viveros, como la base fundamental para el desarrollo y explotación de este cultivo, con el empleo de tecnologías eficientes, sostenibles, y que permitan obtener una postura de mayor calidad, con menor tiempo de permanencia en esta fase y finalmente plantaciones más homogéneas, precoces y de mayor rendimiento y calidad de la fibra. Bajo este imperativo un elemento importante es buscar alternativas que permitan satisfacer los requerimientos nutricionales de este cultivo en esta fase, que hoy no se garantizan en el paquete tecnológico que se aplica, a partir del empleo de productos estimuladores del crecimiento, de origen natural, de bajo costo y amigables con el medio ambiente, como el QuitoMax, microorganismos eficientes, FitoMas, etc, con los que ya se han logrado algunos resultados; es por ello que la posibilidad de evaluar el fertilizante órgano-mineral Agromena, que es de producción nacional y muy atractivo para el cultivo por su composición y características, además de bajo costo y al cual la empresa tiene acceso, sería otra alternativa que aportaría resultados excelentes para la recuperación de esta industria en la provincia y el país.

En este contexto el trabajo realizado por la estudiante Ariadna Nieblas Fernández va dirigido a evaluar el efecto estimulador del fertilizante órgano-mineral Agromena, 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 estimulador del fertilizante Agromena en el desarrollo de plántulas de henequén durante la fase de vivero, a partir del empleo de diferentes dosis. La investigación se desarrolló en el vivero de la Unidad Empresarial de Base (UEB) "La conchita", perteneciente a la Empresa nacional de fibras naturales, ubicada en la carretera de Varadero, municipio Cárdenas, Matanzas. Se estableció un experimento con un diseño bloque al azar, con cuatro tratamientos y tres réplicas. Los tratamientos respondieron a tres niveles de empleo del fertilizante órgano-mineral Agromena, en relación V:V con respecto al volumen de suelo de cada parcela, a una profundidad de 5 cm (15, 25 y 50% del volumen del sustrato, mezclada con el suelo) y el testigo (Suelo solo). Las mezclas se hicieron de manera manual con guataca y utilizando una cubeta de 20 L como medida de referencia para conformar las proporciones. El desarrollo de las plantas fue evaluado a los siete meses, considerando el valor total alcanzado de cada variable y el comportamiento de su incremento en el periodo. Se midieron indicadores morfológicos y fisiológicos de respuesta de las plántulas. Los resultados obtenidos a partir de los indicadores evaluados, reflejan un efecto estimulador del fertilizante órgano-mineral Agromena en el rendimiento biológico de las plantas de henequén en condiciones de vivero de acuerdo con los tratamientos evaluados. Con el empleo del 15 y el 50% del fertilizante se obtuvieron las mejores repuestas de las plantas.

Palabras claves: Henequén, Fertilizante, Agromena, Cultivo, Vivero.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of the Agromena fertilizer on the development of henequen seedlings during the nursery phase, using different doses. The research was carried out in the nursery of the Base Business Unit (UEB) "La conchita", belonging to the National Natural Fiber Company, located on the Varadero highway, Cárdenas municipality, Matanzas. An experiment was started with a randomized block design, with four treatments and three replications. The treatments responded to three levels of use of the organo-mineral fertilizer Agromena, in a V:V relationship with respect to the volume of soil in each plot, at a depth of 5 cm (15, 25 and 50% of the volume of the substrate, mixed with the soil) and the control (Soil alone). The mixtures were made manually with hoe and using a 20 L bucket as a reference measure to establish the proportions. The development of the plants was evaluated after seven months, considering the total value achieved for each variable and the behavior of its increase in the period. Morphological and physiological indicators of seedling response were measured. The results obtained from the evaluated indicators reflect a stimulating effect of the organo-mineral fertilizer Agromena on the biological performance of henequen plants under nursery conditions according to the evaluated treatments. The best plant responses were obtained with the use of 15 and 50% of the fertilizer.

Keywords: Henequén, Fertilizer, Agromena, Cultivation, Nursery

INDICE

I	INTRODUCCIÓN.....	1
II	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1	Generalidades del henequén.....	4
2.1.1	Clasificación Taxonómica.....	5
2.1.2	Características botánica y su diversidad genética.....	5
2.2	Importancia económica del género Agave.....	8
2.3	Sistema de producción de henequén en Cuba.....	9
2.3.1	Vías de propagación. Ventajas y desventajas.....	10
2.3.2	Condiciones edafoclimáticas para su desarrollo.....	12
2.3.2.1	Requerimientos climáticos.....	12
2.3.2.2	Requerimientos nutricionales.....	12
2.3.3	Fase de previvero y vivero. Características generales, exigencias fitotécnicas.....	14
2.3.3.1	Fase de previvero.....	14
2.3.3.2	Fase de vivero.....	15
2.4	Situación actual de la producción de henequén en Cuba y Matanzas.....	16
2.5	El fertilizante Agromena. Características y potencialidades para su uso en el cultivo del henequén.....	20
III	MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
IV	RESULTADOS Y DISCUSION.....	29
V	CONCLUSIONES.....	41
VI	RECOMENDACIONES.....	42
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

I. INTRODUCCIÓN

El henequén (*Agave Fourcroydes Lem*) es una planta fibrosa originaria de México cuyo uso se remonta a la cultura Maya. En el siglo XXI su importancia económica ha crecido debido a la diversificación de su potencial industrial desde la industria textil a otras como la construcción, la biofarmaceutica, la producción de licores y la industria artesanal; de ahí su capacidad para generar empleos y la entrada de divisas mediante la exportación. Por otra parte, su cultivo contribuye diversificar la actividad agrícola y a la sostenibilidad ambiental.

En Cuba se introduce el cultivo del henequén a mediados del siglo XIX, el desarrollo favorable del cultivo en terrenos poco explotados conllevó a su industrialización y la comercialización de las fibras en el mercado internacional. A principios de la década de los 90 del siglo XX comienza una disminución gradual de la producción del henequén debido al deterioro de las plantaciones, agotamiento de la fertilidad del suelo, mal manejo de la cosecha, la alta incidencia de las malezas, entre otros aspectos de orden macroeconómico, (Vincent *et al.*, 1998 citado por Abreu, 2009).

En la segunda década del siglo XXI comienza a resurgir el interés por el desarrollo de la industria henequenera en el mundo y con ella la revitalización de este importante renglón agro económico en nuestro país. La provincia de Matanzas, que fuera una de las mayores productoras y procesadoras de henequén en el país, enfrenta este desafío con un elevado grado de deterioro y disminución de los campos cultivados, mal manejo de las plantaciones, carencia de posturas de calidad debido la desaparición de los viveros, lo que ha provocado una reducción significativa en la producción de fibras, (Sankoumba, 2014; Yanes, 2015 y García y Rizo, 2017).

El siglo XXI presenta novedosos desafíos para el cultivo del henequén que ha necesitado reajustarse al cambio climático y sus efectos en los suelos y cultivos, así como la necesidad de una agricultura sostenible que propicie la protección del medio ambiente.

Al ser una planta que crece de manera perenne, el henequén requiere de un suministro constante de nutrientes para asegurar su adecuado crecimiento y desarrollo. Los principales nutrientes necesarios para el henequén son el nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales se encuentran en forma de macronutrientes.

El objetivo general de la fertilización es el de obtener el mayor rendimiento posible con un mínimo de costo, para alcanzar la máxima rentabilidad en el negocio agrícola. No todo el nutrimento aplicado en el fertilizante es aprovechado por el cultivo, pues solamente una proporción del mismo es utilizada por la planta. A esta proporción, que generalmente es expresada en porcentaje, se denomina eficiencia de la fertilización.

Cuba, país bloqueado y de limitados recursos económicos para enfrentar la crisis mundial del siglo XXI, ha impulsado la producción de fertilizantes nacionales entre ellos destaca en los últimos años el Agromena, un fertilizante nitrogenado no edáfico de liberación controlada elaborado por la empresa cubana Biolex, (Gómez *et al.*, 2019). Su materia prima es el bioabono orgánico producido a partir de la fermentación de desechos agroindustriales y microorganismos eficientes, (Díaz y Fernández, 2017).

La revisión bibliográfica permite concluir que existe una carencia de estudios que respalden el uso del Agromena en el cultivo del henequén, aunque sí existen investigaciones realizadas en Cuba que reportan aumentos en el rendimiento y calidad de cultivos como café, cítricos, plátano y caña de azúcar al aplicar Agromena, (Gómez, P. et al., 2019; Díaz, A. & Fernández, J., 2017; Moreira, J. y cols., 2018; González, F. y Dávila, M., 2016).

Las potencialidades demostradas del empleo del Agromena como nutriente y la condición del agave como planta cuyo lento crecimiento transita por diferentes etapas, permite asumir como premisa para esta investigación que existen las posibilidades de lograr una efectiva fertilización de las plántulas de henequén que potencie su crecimiento, calidad y productividad. Partiendo de ello surge el siguiente **problema científico**:

¿Qué efecto estimulador tiene el fertilizante Agromena sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de henequén (*Agave Fourcroydes* Lem) en fase de vivero?

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

La aplicación de diferentes dosis de Agromena en posturas de henequén durante la fase de vivero, permitirá definir su capacidad para estimular un balance nutricional en las plantas, que promueva su crecimiento y desarrollo durante esta etapa.

Objetivo general:

- ✓ Evaluar el efecto estimulador del fertilizante Agromena en el desarrollo de plántulas de henequén durante la fase de vivero, a partir del empleo de diferentes dosis.

Objetivos específicos:

- Caracterizar la respuesta de las plántulas de acuerdo con las dosis evaluadas a partir de indicadores morfológicos y fisiológicos del desarrollo de las plantas.
- Establecer criterios para el empleo del fertilizante Agromena en el cultivo del henequén, en condiciones de vivero que permita incrementar el rendimiento.
- Realizar una valoración económica de la etapa de vivero con el empleo del fertilizante órgano- mineral Agromena.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Generalidades de henequén

El henequén (*Agave fourcroydes* Lem) pertenece a la familia Agavaceae (orden Asperagales) que incluye ocho géneros con 295 especies descritas, todas ellas nativas de América. Su origen parte de las variedades de *Agave angustifolia* encontradas en la península de Yucatán donde fue llamado Ki por la civilización Maya, quienes empleaban la fibra extraída de sus hojas para la elaboración de productos o herramientas usados en la navegación, construcción de obras y para el comercio (Colunga 1996) citado por Rodríguez (2016); Elicriso, 2017; Info Rural, 2017; Castillo y Flores, 2020; Plasencia, 2021).

Los agaves están adaptados para sobrevivir en climas extremos y soportan una gran variación y fluctuación de temperaturas, así como la falta de agua. Esta capacidad de supervivencia se debe en gran medida a que presentan una vía de fijación de carbono alternativa a las plantas C3, denominado Metabolismo Ácido de las Crasuláceas (CAM, por sus siglas en inglés), una alternativa fotosintética auxiliar en la vegetación desértica (Taiz y Zeiger, 2006) citado por Abreu (2009).

La planta de henequén tiene las flores hermafroditas en forma de embudo, dispuestas apretadamente al final del tercio superior del tallo floral. El tallo es cilíndrico y está cubierto de una corteza jugosa; el mismo constituye el órgano de sostén y el eje principal de la planta. En él se aprecian las cicatrices de las hojas (pencas), las cuales son carnosas, simples sésiles alargadas y de color verde oscuro. Éstas se encuentran formadas anatómicamente por un tejido de células parenquimatosas en su mayoría, con agrupaciones de fibra o traqueidas que son la base para la fabricación de celulosa. Aproximadamente, el 85 % de su peso es de agua y el resto se compone de fibras y parénquima (médula). Las pencas presentan espinas marginales y una pronunciada en el ápice. Su epidermis está bien desarrollada y tiene una consistencia cerosa que con facilidad repele el agua, lo que contribuye a que las hojas sean protegidas en la evaporación.

2.1.1 Clasificación Taxonómica

El origen etimológico del nombre de la familia *Agavaceae* se refiere a la alta inflorescencia escamosa presente en *Agave americana* (Freire, 2004).

El género *Agave* pertenece a la familia de *Agavaceae*, orden Asparagales y fue descrito por el naturalista sueco Carlos Linneo en 1753. Los españoles usaron la palabra caribeña maguey para nombrarla (García y Abasaí, 2007).

De acuerdo Gentry (1982), citado por Sankoumba (2014) el género se divide en dos de acuerdo a la forma de su inflorescencia. El subgénero *Littaea* está compuesto por plantas que poseen una inflorescencia de tipo espigada o racemosa, con flores sésiles distribuidas a lo largo de un pedúnculo común. Las plantas del subgénero *Agave* tienen inflorescencias paniculadas, es decir, una inflorescencia ramificada con flores que nacen en las ramas laterales o umbelas. El subgénero *Agave* está constituido por cerca de 102 especies y está dividido en 12 grupos.

Reino: Plantae.

Subreino: Traqueófitas o plantas vasculares.

División: Magnoliophyta (Angiospermae, plantas con flores)

Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas) Clase: Liliopsida (Monocotiledóneas) Subclase: Liliidae (Lílicas)

Orden: Liliales. Ahora incluidas en los Asparagales.

Familia: Agaváceas (*Agavaceae*). Algunos autores la incluyen en las Amarilidáceas (*Amarilidaceae*), tal como lo hizo Carl Linnaeus en 1748.

Nombre científico: *Agave fourcroydes* Lemaire

2.1.2 Características botánicas y su diversidad genética.

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

Raíces: El henequén es una planta monocotiledónea y como otras de esta clase posee un sistema radicular fibroso desparramado, formando penachos sin raíz principal que se encuentra entre los 30-40 cm de profundidad. Las raíces surgen adventiciamente desde la base de las cicatrices de las hojas en el fondo del tallo

y se clasifican en portadoras y alimentadoras en dependencia de su función. Las raíces portadoras son largas y bien ramificadas, tienen como función la fijación al suelo, se extienden radialmente desde la base de la planta con un diámetro de 2-4 mm. Las raíces alimentadoras son las encargadas de absorber el agua y los nutrimentos del suelo, poseen un diámetro de 1-2 mm, surgen de las raíces portadoras, son blancas, finas y tiernas.

Rizomas: Los 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, las 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. Al final de su ciclo vegetativo es común observar el escapo floral, 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 cuando son fértiles (González y Abreu, 2009; Buenas tareas, 2012; García y Serrano, 2012 y Terry *et al.*, 2015).

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 Rodríguez (2016).

Eguiarte *et al.* (2000) y García y Abasaí (2007) refirieron la presencia de 205 especies en este género. La generalidad de los autores si coinciden en señalar que son originarias de las zonas desérticas de América y con su centro de origen descrito en la región central de México (Elicriso, 2013). En esta área se pueden encontrar representantes de todas las taxa antes mencionadas de las cuales 151 son endémicas. Además, abundan ejemplares en los territorios contiguos del sur de los Estados Unidos, Guatemala y Cuba (Debnath *et al.*, 2010; Almaraz *et al.*, 2013; Mielenz *et al.*, 2015).

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)

2.2 Importancia económica del género Agave

Sobre el uso e importancia económica de los agaves varios autores han aportado una amplia información sobre sus utilidades que los identifican como una planta de uso integral, (Vincent *et al.*, 1998), citados por Sankoumba (2014), Yanes (2015) y Rodríguez (2015).

Se le atribuyen inclusive beneficios en la preservación del paisaje y la erosión del suelo, pero su mayor importancia económica recae sobre el principal producto extraído de las hojas y el de mayor utilidad en la industria textil, que son las fibras extraídas del henequén, las cuales son utilizadas tanto en México como en Cuba en la fabricación de sogas, jarcias, cordeles y otros productos (Rivera *et al.*, 2020; Montejo *et al.*, 2020).

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.

El henequén tiene efectos sobre la conservación del suelo y no compite con otros cultivos por clases preferenciales de suelo, en los primeros años de su plantación permite las asociaciones con otros cultivos como maíz, frijol y sorgo, además protege los suelos de la erosión y embellece las zonas 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.

Se le hacen extracciones de ceras para uso industrial. La cutícula de la hoja tiene hasta un 0.75 % de ceras en base a peso seco.

2.3 Sistema de producción de henequén en Cuba

El sistema de producción agrícola es un ecosistema (Agroecosistema) que el hombre transforma, maneja y administra con el fin de producir bienes que son útiles. Para modificarlos utiliza los factores de producción, la fuerza de trabajo, la tierra, el capital, el clima, el suelo y la tecnología existente, etc; evidentemente la influencia sobre estos sistemas depende de la forma en que el hombre organiza su producción agrícola. No hay definición comúnmente aceptada de producción agrícola (Buenas Tareas, 2012).

La agroindustria impulsada por el cultivo de henequén se dedica a transformar el agave, primero en una fibra que se obtiene del desfibrado de las hojas, previamente cortadas de la planta, y después en diversos artículos manufacturados mediante el acorchado, que es un proceso de hilatura de la fibra y el posterior procesamiento textil (Pérez-Brito *et al.*, 2015; Sánchez *et al.*, 2017). El instructivo técnico del henequén (IIHLD, 2012) describe dos fases del sistema de producción: la fase agrícola y la fase industrial, y menciona determinados elementos de la comercialización.

El cultivo de plantas por métodos tradicionales, fase agrícola, implica a su vez, cuatro etapas:

- 1-Selección del material de partida que puede proceder de plantas obtenidas por vía sexual o asexual. En ambos casos se manifiestan ventajas y desventajas.
- 2- Fase de previvero, cuando las posturas lo requieran.
- 3- Fase de vivero.
- 4- Plantación definitiva.

2.3.1 Vías de propagación. Ventajas y desventajas

La propagación del henequén se realiza mediante la vía asexual mediante rizomas y bulbillos producidos por el escapo floral, y la sexual, a través de semillas como resultado del proceso de fecundación. Las plántulas originadas como resultado de la propagación asexual tienen como características que todas son genéticamente iguales a la planta madre debido al proceso de división celular por mitosis que ocurre durante el crecimiento de las plántulas. Por el contrario, las plantas que se obtienen por la vía sexual son genéticamente diferentes entre sí y distintas a la planta madre, como consecuencia de la variabilidad genética que acompaña al proceso de división celular por meiosis. Ambos medios de propagación presentan ventajas y desventajas que deben ser manejadas en un sistema de producción (Guerrero y Díaz 2011; Financiera Rural, 2011; González *et al.*, 2011).

En la reproducción por semillas, la cantidad de cápsulas (frutos) que se forman por esta vía, 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 no son viables (Guerrero y Díaz, 2011; IIHLD, 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 (Guerrero y Díaz, 2011; IIHLD, 2012).

La propagación por rizomas obedece a que el brote terminal de este puede producir un retoño al cabo de un año, el cual se independiza de la planta madre una vez formadas las raíces adventicias (Otero, 1999). Ruíz (2004) plantea que una planta adulta de agave forma generalmente de uno a dos hijuelos al año. También se plantea que esta planta es capaz de producir de 40-70 hijos basales durante su ciclo de vida (IIHLD, 2012). Este órgano se desecha en los viveros, pero constituye una fuente potencial para la obtención de posturas (Otero, 2000 citado por Yáñez, 2015). Esta vía de propagación tiene la ventaja de que se obtienen individuos con talla apta para la plantación, sin necesidad de transitar por la fase de previvero, además de ser una postura muy resistente, pero tiene

como desventajas que las plantaciones no son uniformes con relación a las edades fisiológicas de las plantas. Por otra parte, el método implica un esfuerzo en el proceso de colecta, ya que hay que obtener las plántulas utilizando herramientas como pico o coa, con el cuidado de no dañar las posturas (Guerrero y Díaz, 2011).

La propagación por bulbillos ocurre a partir de las plántulas producidas posterior al proceso de floración. Las yemas remanentes que acompañan las flores en su desarrollo se activan y comienzan a desarrollarse como hijos florales (IIHLD, 2012). Cada bulbillo es una plántula que posee entre seis y ocho hojas reducidas con un sistema radicular rudimentario. Una planta puede producir hasta cuatro mil o cinco mil bulbillos (Guerrero y Díaz, 2011). Un aspecto importante a tener en cuenta en la etapa inicial es la selección de las mejores plantas madres, para dejar posteriormente que éstas alcancen la fase reproductiva y obtener este tipo de propágulo.

El empleo de hijos florales posee como ventajas que cada planta de henequén florecida puede producir un volumen considerable de hijos idénticos genéticamente a la planta madre. Esto hace posible la selección de las mejores para su reproducción y además, todas las posturas florales cosechadas durante un año tienen la misma edad fisiológica, lo que permite obtener plantaciones uniformes que simplifica los procesos agrotécnicos y economizan los recursos (IIHLD, 2012). Como desventajas de este método se plantean que los hijos florales se pueden obtener solo al finalizar del largo ciclo de vida de esta especie, en el proceso de colecta no todos los hijos tienen la talla necesaria para su siembra, se requieren tratamientos previos para garantizar la salud de los hijos contra plagas y es necesaria la etapa de previvero de los mismos, a fin de que alcancen la talla adecuada para trasplantarlos al vivero. La planta que se deja florecer dañará con el néctar y el polen a las plantas vecinas aún en producción (Guerrero y Díaz, 2011; IIHLD, 2012).

2.3.2 Condiciones edafoclimáticas para su desarrollo

2.3.2.1 Requerimientos climáticos

El henequén se desarrolla bien en un clima cálido y seco, 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; IIHLD, 2012). Se puede cultivar desde los tres hasta los 20 m de altura sobre el nivel del mar (Finaciera 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 (Otero, 1999). Precipitaciones superiores a los 1 800 mm anuales provocan enfermedades fúngicas y el ataque de bacterias. Por otra parte, cuando los valores son 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 (IIHLD, 2012).

2.3.2.2 Requerimientos nutricionales

A pesar de la rusticidad del henequén y al hecho de que ha sido marginado a áreas semiáridas y terrenos donde la afloración de rocas es numerosa, este cultivo necesita fertilizantes como cualquier otro (Otero, 1999), citado por Rodríguez (2015).

Rodríguez (2015), a partir de lo informado por Otero (1999), se refiere a los macroelementos que son importantes para el crecimiento y desarrollo de esta especie, sus funciones fisiológicas en la planta y el efecto que provoca la deficiencia de los mismos. Los macroelementos relacionados son los esenciales para las plantas: Nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y calcio (Ca). El N incrementa el crecimiento y estimula la producción de hojas, por el contrario, su deficiencia provoca un crecimiento exiguo y un color verde claro, el exceso

provoca mayor precocidad de la planta por lo que el ciclo del cultivo se ve acortado. El Fósforo estimula el crecimiento meristemático de las hojas y las raíces, en su ausencia no se producen nuevos vástagos, se reduce el sistema radical y en general se afecta la nutrición. El Potasio aumenta el número de fibras y produce una estructura más cerrada de los haces, es balanceador y mejorador de la calidad de la fibra, su deficiencia detiene el desarrollo vegetativo y la planta adquiere un aspecto como si estuvieran quemados, a veces los extremos y los bordes de las hojas se secan y en ocasiones mueren prematuramente. El Calcio es de los contribuyentes principales de la lámina media de las células vegetales, resistencia tensil en las fibras del henequén. En ausencia de este elemento en el momento del trasplante son incapaces de emitir nuevas raíces y mueren cuando se agota su reserva nutricional.

En relación a la extracción que hace la planta Otero (1999) cita a varios autores que definen cantidades por hectárea de los principales macroelemento en las siguientes proporciones: N. 222 kg/ha; P₂O₅. 84 kg/ha; K₂O. 480 kg/ha y CaO. 853 kg/ha

La fertilización se recomienda realizarla en tres etapas por año, dos de ellas con abono orgánico en temporada de seca y la tercera, en temporada de lluvias, aplicando productos químicos. La fertilización con agroquímicos se realiza en forma manual arrojando la dosis correspondiente a la base de la planta; la dosis varía en función de la edad de la planta. Se plantea que el fertilizante se debe aplicar en años alternos, con la fórmula 7-8-12 a razón de una tonelada por hectárea. Se adiciona una cantidad aceptable de fósforo, con el objetivo de garantizar el desarrollo del sistema radical. En el segundo año se deben aplicar proporciones de 9-5-16,5 a razón de 1 t/ha, con el objetivo de aumentar el nivel de nitrógeno y potasio y disminuir el contenido de fósforo. En el cuarto año se debe aplicar esa misma fórmula o una similar, pero con adiciones de calcio hasta el décimo segundo año en que cesarán las aplicaciones, considerando que el ciclo del cultivo sea de 15 años y que los efectos del fertilizante, según resultados investigativos en nuestro país, surten efectos en la tercera cosecha. Otros autores como Gómez y López (2017), también se refieren a la necesidad de la fertilización de los suelos henequeneros.

Referente a lograr una mayor disponibilidad de calcio se recomienda una aplicación de 300 Kg/ha y en suelos donde el pH oscile entre valores de 5 y 6 un volumen de 600 Kg/ha (Otero, 1999).

Otros autores plantean una aplicación de fertilizantes en las dosis siguientes: 100 Kg de N/ha; 70 Kg de P₂O₅/ha; 80 Kg de K₂O/ha y 300 Kg de CaO/ha (IIHLD, 2012; Castillo, 2012). Nobel *et al.* (1998) señaló que el tejido clorofílico de los agaves contiene tres veces más calcio que nitrógeno, y que esta relación podría llegar hasta 5:1, lo cual llevó a Gioanetto y Olvera (2009) a sugerir que el calcio era un elemento importante para este cultivo. Otro mineral necesario es el magnesio el cual se requiere para la producción de tejido parénquima clorofílico, al ser un componente estructural de la clorofila. El magnesio ayuda a la absorción del fósforo. Se ha determinado, además, que en los agaves la deficiencia de magnesio provoca una enfermedad conocida como manchas necróticas (Otero, 1999).

En Cuba autores como Carrión y Vinent (1979), citados por Otero (1999), elevaron el rendimiento hasta un 33% con la aplicación de nitrógeno en henequén de producción. También Carrión (1981), citado por el propio autor obtuvo una relación positiva entre el nitrógeno y el contenido de fibra en la hoja; el máximo rendimiento de la plantación se obtuvo a la edad de 7-8 años en lugar del normal a 11-15 años.

2.3.3. Fase de previvero y vivero. Características generales, exigencias fitotécnicas

En el método tradicional de propagación de henequén el tránsito por las fases de previvero y vivero constituye un paso importante porque en estas se logran plantas sanas con buen desarrollo y se asegura una mejor selección del material y, en consecuencia, una mayor uniformidad de las plantaciones.

2.3.3.1 Fase de previvero

Esta fase se establece cuando es necesario crear los bancos de posturas, donde se plantarán todos los bulbos florales pequeños recolectados en la época del año en que se producen en mayor cuantía, de manera tal que se agruparán y atenderán correctamente en todas sus necesidades un gran número de plantitas en un área muy pequeña. Los bulbos deben estar en el banco hasta que

alcancen una altura de 12,5 a 15 cm (MINAG, 2016). Sobre esta fase en el cultivo del henequén, autores como González *et al.* (2016, 2017), se refieren a germinación, supervivencia y crecimiento de plántulas de henequén en condiciones de semilleros.

3.3.3. 2 Fase de vivero

En esta fase se preparan las plantas para soportar los rigores de las condiciones de campo en los cuales permanecerán por mucho tiempo (Otero, 1999; Guerrero y Días, 2011). Las posturas se clasifican atendiendo a dos criterios fundamentales: el diámetro basal y la talla de la postura. Entre dos vástagos de la misma talla se desarrolla más el que tenga mayor diámetro basal. Otero (1999) expone que las posturas se plantarán con tamaño menor de 24 cm (21-23 cm) de altura y los retoños de bulbillos deben separarse de los de rizomas. Sin embargo, otros autores difieren de la talla de las posturas, los cuales consideran que se deben utilizar con tamaños entre 10-15 cm si son procedentes de otros semilleros y 15- 20 cm si son provenientes de plantales (Guerrero y Díaz, 2011). También se ha propuesto una talla de 16-20 cm de altura y 2 cm de diámetro basal o de 21 a 30 cm de altura y 2,5 cm de diámetro basal (IIHLD, 2012). Deben eliminarse las plantas deformes, enfermas, cloróticas, deshidratadas y diferentes al tipo del henequén común.

Las plántulas no deben permanecer más de 15 días sin plantarse, durante este tiempo es conveniente mantenerlas a la sombra, aireadas y sin exceso de humedad. Ellas deben permanecer por un período entre 14 y 18 meses hasta alcanzar los patrones de calidad (45 o 50 cm de altura) para su traslado hacia la plantación definitiva, según establece el Instructivo Técnico de este cultivo y la experiencia de los propios productores (MINAG, 2012, 2016; Otero, 1999). El vivero debe establecerse en áreas aledañas a las desfibradoras en activo o bagazales donde existieron desfibradoras. El bagazo producido como residuo, luego de ser compostado, se puede utilizar a modo de sustrato, esta materia en la actualidad no tiene una demanda específica, aún cuando tiene varias opciones de uso (Guerrero y Díaz, 2011). En un experimento realizado por Abreu (2009) los mejores resultados se ubicaron en los tratamientos donde se utiliza la pulpa de henequén o la mezcla de esta con suelo. Los beneficios se atribuyen al uso de la pulpa como sustrato, lo que debe estar asociado con la riqueza mineral de

este material, por la presencia del calcio entre otros macro elementos como el nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio.

2.4 Situación actual de la producción de henequén en Cuba y Matanzas.

El henequén constituye un cultivo emblemático de la provincia Matanzas y ha establecido en la cultura agrícola cubana, hábitos y tradiciones que aportan muchos elementos valideros, 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.

Esta planta se sembró en suelos de escaso valor y era uno de los pocos productos (fibras en bruto) del país que recibía condiciones beneficiosas en el Tratado de Reciprocidad Comercial, suscrito con Estados Unidos en 1902, no así las fibras elaboradas las cuales no tenían una entrada libre de impuestos al mercado norteamericano, (Peña, 2012) citado por Espinosa (2016).

La antigua empresa henequenera Eladio Hernández de la provincia de Matanzas fue creada el 1ero de Julio de 1963, su origen y patrimonio heredado a partir de la fusión de las granjas: Amado Cuellar en Cárdenas, Julián Alemán en La Conchita, José Antonio Echevarria en Carbonera, Antonio Berdayes en Limonar y Reynold García en Matanzas. El 15 de diciembre de 1976 fue resolucionada con personalidad jurídica propia por el Ministerio de la Agricultura.

En el año 1977 a la empresa henequenera se le anexó la Granja Pecuaria Cantel-Camarioca, posteriormente granja Gávez, la cual se constituyó al amparo de Resolución No. 236 del Ministerio de la Agricultura, subordinada al Grupo de Agricultura de Montaña (Vincent *et al.*, 1998) citado por Rodríguez (2016)

En la actualidad, la provincia de Matanzas cuenta con una fábrica de sogas y cordeles, dos granjas henequeneras, una fábrica desfibradora, una granja ganadera, una unidad de aseguramiento y dos viveros para la producción del henequén.

Según Ayala (2021), analizar la superficie cultivada de henequén, nos ofrece una muestra de la situación en que se encuentra nuestro país en cuanto a áreas

destinadas a este cultivo, la cual se presenta en la tabla 1. (Tabla presentada por el propio autor)

Tabla No.1- Superficie existente sembrada del cultivo del henequén en los años 2016, 2017, 2018 y 2019 (miles de ha) en el sector estatal (ONEI, 2020).

Cultivo	2016	2017	2018	2019
Henequén	1,2	0,7	0,9	1,1

En la tabla se observa que entre el año 2016 y 2017 ocurre un particular descenso de la superficie sembrada de henequén y posteriormente en los años 2018 y 2019 comienza una lenta recuperación, que aún no alcanza la cifra de partida del año 2016. Según este propio autor, lo anterior es una muestra de cuanto queda por hacer en el sector agrícola para lograr la producción que el país necesita.

Es importante señalar que con la introducción de las fibras sintéticas en el mercado mundial ocurrió la reducción de la producción de fibras naturales como el henequén. Se plantea que en el año 2000, la disminución fue significativa.

Sin embargo, en Cuba, el descenso de las producciones ocurre a partir del año 1989 cuando se inicia una aguda crisis económica con el colapso del campo socialista y la desintegración de la Unión Soviética.

La pérdida de mercado que afrontó el país con el derrumbe del Campo Socialista provocó la demolición, la quema, el abandono y la invasión de la vegetación indeseable de numerosas áreas destinadas al cultivo del henequén.

Según Rodríguez *et al.* (2017), en la provincia se presenta un elevado grado de deterioro con relación a las plantaciones de henequén, que ha provocado una disminución en las producciones. Las afectaciones están relacionadas con una disminución gradual de los campos cultivados, la carencia de posturas de calidad y la desaparición de los viveros, lo que incide negativamente en las producciones y los rendimientos.

Los tiempos de gloria del henequén quedaron atrás por diversas razones. Entre estas se destacan que muchos campos han sido arruinados por los bajos niveles

de siembra hasta el 2003, la alta incidencia de incendios que motivaron la pérdida de áreas tanto de producción como de desarrollo, o la afectación causada por la ganadería vacuna, debido a la carencia de alambre para el manejo adecuado de la masa (García y Rizo, 2017).

Otro motivo que favoreció la tendencia decreciente fue la posición geográfica del área en que se fomenta su cultivo y procesamiento, por encontrarse la empresa matancera cerca del polo turístico de Varadero y de la empresa petrolera del centro. Eso dificultó la captación de fuerza de trabajo, al ser además el henequén un cultivo de limitadas posibilidades de mecanización (García y Rizo, 2017).

Para resolver el problema de la recuperación de la industria henequeneras, el país realiza esfuerzos por elevar la producción de fibras naturales. El Ministerio de la Agricultura (MINAG) a partir de los lineamientos trazados en años recientes, incorpora tecnologías modernas y maquinarias al procesamiento del henequén, además a nivel de país se propicia el vínculo universidad – empresas con el objetivo de acercar la ciencia al ámbito productivo.

En la actualidad existe un proyecto entre la facultad de Ciencias Agropecuarias y la Empresa Henequera, con el objetivo de vincular la ciencia al desarrollo de esta actividad, se realizan estudios de propagación por métodos biotecnológicos, investigaciones con el uso de bioestimuladores del crecimiento de origen natural producidos en el país, seguimiento del comportamiento en condiciones de campo de plantas micropropagadas, que se encuentran sembradas en áreas de la empresa. Se reestablece la tecnología de micropropagación de plantas por vía biotecnológica en áreas de la universidad (Besús, 2023).

Por otra parte, se realizan trabajos tendientes a recuperar el capital humano, en primer lugar, el diagnóstico cuenta con estudio de las condiciones materiales de trabajo, características de las instalaciones, ubicación etc., además se realizan encuestas a directivos y trabajadores. Cabe destacar que se incluye en estos estudios a la comunidad más cercana a la empresa.

La recuperación de las producciones de henequén requiere de una estrategia inteligente que incluya políticas encaminadas a la recuperación de los viveros, el

incentivo a los trabajadores de la entidad y el apoyo al desarrollo de tecnologías eficientes. (Rodríguez, 2016; Rodríguez *et al.*, 2017)

El sistema de propagación del henequén en las condiciones actuales es ineficiente, la propagación asexual, la única que tradicionalmente se utiliza en Cuba, se encuentra hoy limitada por la falta de posturas de calidad, las que deben proceder en su mayoría de fincas postureras con la garantía de los indicadores de calidad que estas le confieren, situación que hoy está identificada como uno de los principales obstáculos a superar por la empresa para lograr la recuperación de la industria, sobre todo la parte agrícola, a ello se suma la carencia de insumos para las atenciones culturales a las plántulas en las condiciones de vivero, como es el empleo de herbicidas para el control de malezas, una actividad sumamente importante en esta etapa y la carencia de fertilizantes químicos o materia orgánica que permitan cubrir las necesidades nutricionales de las plantas y estimular el potencial biológico de las mismas .

Como ya se destacó anteriormente, aunque el henequén es una planta que se considera rústica, la fertilización es clave para lograr altos rendimientos y calidad de sus fibras, por lo que sería un cultivo más a atender por el ministerio de la agricultura a pesar de sus bondades productivas.

Cuba ha desarrollado a lo largo de los años una industria de fertilizantes químicos y materiales orgánicos que garantizaran el desarrollo agrícola del país, e investigaciones dirigidas a buscar resultados en la obtención de bioestimuladores de origen natural, como el Quitomax, FitoMas, Microorganismos eficientes (ME), etc, (González, 2017 y Besús, 2023) y nuevos fertilizantes a base de mezclas de materiales orgánicos y minerales, como alternativas a los químicos inorgánicos, para potenciar el crecimiento y desarrollo de las plantas, ser más amigables con el medio ambiente y sostenibles en el tiempo, entre ellos se destaca en los últimos años como fertilizante órgano-mineral el empleo del Agromena.

2.5 El fertilizante Agromena. Características y potencialidades para su uso en el cultivo del henequén

Los fertilizantes son sustancias orgánicas o inorgánicas que aportan uno o más nutrientes, elementos necesarios para el desarrollo normal de las plantas. La aplicación de fertilizantes, tanto en formas químicas como biológicas (inoculantes microbianos) o provenientes de residuos animales o vegetales (estiércoles, camas de pollos, etc.), mejora la fertilidad de los suelos y la productividad de las plantas.

Las denominadas buenas prácticas de manejo de fertilizantes (o nutrientes), BPM, han sido reconocidas por la investigación y la experiencia por ser más productivas, más rentables, más amigables con el medio ambiente y más socialmente aceptadas.

Un programa de fertilización se realiza sobre la aplicación de una cantidad de fertilizante por unidades: de superficie, de cultivo o de producto cosechado. El criterio general para determinar esta cantidad de fertilizante a aplicar se obtiene a partir de las extracciones específicas para cada cultivo y calculadas a partir del nivel de producción esperado, tomando en cuenta la disponibilidad de nutrientes para las plantas. La elaboración de un buen programa de fertilización debe ajustarse a las necesidades del cultivo con que se estará trabajando, seleccionar adecuadamente los fertilizantes, dosificarlos según las extracciones reales del cultivo, conociendo los rendimientos medios de varios años y los contenidos de nutrientes en el suelo y elegir bien las épocas de aplicación en cada caso. (Hasing, 2002 y Cadahía, 2008). citados por Arévalo y Castellano (2009); Hernández y Cárdenas (2015); Grasso y Díaz (2020).

El Agromena es un fertilizante nitrogenado no edáfico de liberación controlada elaborado por la empresa cubana Biolex (Gómez *et al.*, 2019). Su materia prima es el bioabono orgánico producido a partir de la fermentación de desechos agroindustriales y microorganismos eficientes (Díaz y Fernández, 2017). Está formulado con sales de amonio como fuente de nitrógeno, con una lenta liberación que puede durar hasta 120 días (Rojas *et al.*, 2015). Se presenta en forma granulada con partículas entre 2-4 mm, lo que facilita su aplicación foliar y por vía edáfica (Moreira *et al.*, 2018). Estudios en Cuba reportan aumentos en el

rendimiento y calidad de cultivos como café, cítricos, plátano y caña de azúcar al aplicar Agromena (González y Dávila, 2016).

Este fertilizante no constituye en sí un mineral, sino una formulación con minerales industriales modificados, con portadores de nutrientes químicos solubles desarrollado con tecnologías propias, con las que se obtiene un fertilizante órgano mineral, con relativamente bajo costo de producción, mediante el cual se alcanza un incremento apreciable de los rendimientos agrícolas y es un producto amigable con el medio ambiente.

Sus principales características se pueden resumir en:

- Es un producto amigable con el medio ambiente, de liberación controlada de los nutrientes.
- Está compuesto fundamentalmente por 90 % de minerales industriales naturales, (zeolita, roca fosfórica, materia orgánica, etc.) y como máximo un 10 % de portadores químicos de NPK.
- Constituye un producto homogéneo con un nivel nutricional que se puede adecuar al tipo de cultivo y de suelo (fertilizante a la medida).
- Posibilita el incremento de la producción agrícola superior al 15 % respecto a la fertilización convencional (en dependencia del tipo de cultivo, suelo, etc.).
- Producto fertilizante más barato, respecto a una fórmula completa de NPK 9-13-17, aun cuando se empleen 2 t de Agromenas por cada tonelada de fertilizante químico.
- Empleado con éxito en campos de golf, deportivos y césped de instalaciones turísticas y urbanas.
- La forma de aplicación debe ser localizada con una dosis entre 1 - 3 t/ha, siendo factible de forma manual (a voleo), como de forma mecanizada.
- Se han aplicado con resultados muy positivos a una amplia variedad de cultivos entre ellos los cultivos varios, granos, frutales, pastos, etc.
- Se puede emplear en diferentes sistemas productivos como son: agricultura convencional, sistemas semiprotegidos, protegidos, canteros orgánicos, en macetas, etc.
- Permite alto grado de aprovechamiento del agua útil.

- Compatible con productos fungicidas y bactericidas.
- Potenciador del enraizamiento y la coloración verde intenso.
- Evita la putrefacción de las raíces.
- Evita las pérdidas de nutrientes por lixiviación y evaporación.
- Permite su empleo con otros tipos de fertilizantes químicos y biológicos.

Las Agromenas se dividen en dos tipos de producciones principales:

1. Agromenas-G. De uso general en la fertilización agrícola.
2. ZeoGolf-G. Producto de aplicaciones especiales, con alto poder nutricional ideal para emplear en campos de golf, instalaciones deportivas y césped en general sometido a uso intenso y estresante.

Actualmente GEOMINSAL posee una planta productora, cuyos datos son:

Ubicación Planta, Capacidad procesamiento son kilotoneladas al año (kt/año),
Empresa

Provincia Municipio

Matanzas, Unión de Reyes UEB Trinidad de Guedes. Hasta 5,0 kt/año. Minera
Occidente

Existen planes de ampliar capacidades de producción, extendiéndola a todas las empresas del Grupo Empresarial, para alcanzar a corto plazo una capacidad de producción de 100,0 kt/año, posible de ampliar en función del comportamiento de la demanda.

Surtidos de productos Agromenas, fichas técnicas, características, técnicas y empleos:

Agromenas-G

Producto órgano-mineral de liberación controlada con composición de macro nutrientes de 2-7-2 %, Agricultura en General

ZeoGolf-G

Producto órgano-mineral empleando como fuente de materia orgánica la turba, con composición de macro nutrientes de 2-7-2 %, Usos Especiales.

Entre las principales ventajas del uso de Agromena como fertilizante para el cultivo de henequén pudieran encontrarse:

1. Aporta nitrógeno de forma controlada, asegurando el suministro de este nutriente durante varias semanas de manera sostenida (Gómez *et al.*, 2019). Esto favorece el crecimiento vegetativo continuo de la planta.
2. Posee características granulares que facilitan su aplicación foliar y al suelo, pudiendo ser asimilado eficientemente por las plantas (Rojas *et al.*, 2015).
3. Estimula la formación de raíces y biomasa gracias a su lenta disponibilidad de nutrientes (Díaz y Fernández, 2017).
4. Evita pérdidas por menosivación, ya que libera el nitrógeno paulatinamente de acuerdo a las necesidades de la planta (Moreira *et al.*, 2018).
5. Reduce los requerimientos de riego y fertilización convencional, al aportar los nutrientes de manera controlada (González y Dávila, 2016).
6. Es una alternativa ecológica a los fertilizantes sintéticos, disminuyendo la contaminación de suelos y aguas (Rojas *et al.*, 2015).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

La investigación se desarrolló en el vivero de la Unidad Empresarial de Base (UEB) “La conchita”, ubicada en la carretera de Varadero, perteneciente a la Empresa nacional de fibras naturales; ubicada en el municipio Cárdenas Matanzas. El experimento se inició en octubre del 2022.

Se estableció un experimento con un diseño bloque al azar, con cuatro tratamientos y tres réplicas. Los tratamientos responden a tres niveles de empleo del fertilizante órgano-mineral Agromena, en relación V:V con respecto al volumen de suelo de cada parcela, a una profundidad de 5 cm (50, 25 y 15% del volumen del sustrato, mezclada con el suelo) y el testigo (Suelo solo). Las mezclas se hicieron de manera manual con guataca y utilizando una cubeta de 20 L como medida de referencia para conformar las proporciones.



(Foto autora): Etapa inicial para el montaje del experimento

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 2.).

Tabla 2. Valores promedios de indicadores de calidad de las plántulas (posturas) en el momento inicial de su establecimiento en el vivero.

Indicadores	Número de hojas	Largo de hojas	Ancho de hojas	Tamaño de la plántula (cm)	Área foliar (cm ²)	Grosor del tallo (cm)
-	4,4	18,8	1,67	18.23	83,15	1,32

Plántulas procedentes de rizoma, variedad Sac Ki.

Área y diseño experimental

El experimento se desarrolló sobre suelo Ferralítico rojo poco profundo, rocoso, en un área por bloque de 36,8 m² y por parcela de 6,4 m² (0,32m³), considerando la profundidad d 0,05 m.

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

Tratamiento 1: 15% de Agromena mezclada en el sustrato del suelo (V:V). Dosis de 4,1 t/ha

Tratamiento 2: 25% de Agromena mezclada en el sustrato del suelo (V:V). Dosis de 4,7 t/ha

Tratamiento 3: 50% de Agromena mezclada en el sustrato del suelo (V:V). Dosis de 9,4 t/ha

Tratamiento 4: Testigo (suelo solo).

Las unidades experimentales se conformaron de 25 plantas con un marco de plantación de 0,40 x 0,20 m. Tres repeticiones para cada tratamiento (12 unidades experimentales totales).

Las posturas fueron asistidas con labores de limpieza y deshierbe

Indicadores evaluados

- Indicadores morfológicos y fisiológicos

Las mediciones se realizaron a los siete meses de establecido el experimento, antes de concluir el ciclo de la postura en esta etapa. Con estos resultados se evaluó la dinámica de crecimiento y desarrollo. Para ello se determinó el valor

total alcanzado de cada indicador en el tiempo total, el comportamiento del incremento mensual y el incremento en el rango de los siete meses. Se evaluaron 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)

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

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) ($p < 0,05$).

Valoración económica

Se determinó la factibilidad económica de la aplicación del fertilizante Agromena en las condiciones del vivero (UEB Agroindustrial “Eladio Hernández”). 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 3)

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 de la Agromena el volumen aplicado en el sustrato del suelo en % se llevó a dosis por hectáreas en t/ha, así como el costo del producto, el cual fue de \$ 2000.00 la tonelada, moneda nacional, (precio con el cual lo comercializa la planta productora).

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

Tabla 3: 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).

MINISTERIO DE LA AGRICULTURA			
FICHA PARA PRECIOS Y SU COMPONENTE EN PESOS CONVERTIBLES			
Producto o Servicio: Siembra de Henequén	% Utilización:		
Nivel de Producción: 1 ha			
UM: UNO			
CONCEPTOS DE GASTOS	Fila	TOTAL UNITARIO	DE ELLO EN CL
Materias Primas y Materiales	1	5,415.58	387.88
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
Salarios	2	15,396.00	
De ello Estimulación	2.1		
Otros gastos directos	3	1,475.00	
Gastos asociados a la producción	4	535.35	
De ello salarios	4.1	420.37	
Combustible	4.2	57.55	0.00
Gastos generales y de administración	5	325.49	
De ello salarios	5.1	215.32	
Combustible y Lubricantes	5.2	3.20	
Gastos de distribución y ventas	6		
De ello salarios	6.1		
Combustible y lubricantes	6.2		0.00
Gastos financieros	7	0.01	
Gastos por financiamiento entregado a la OSDE	8		
Contribución a la Seguridad Social	9	2003.96	

Gastos de Seguridad Social a corto plazo	10	240.48	
Impuesto por la Utilización de la Fuerza de Trabajo	11	801.58	
Impuesto Sobre las Ventas	12		
Contribución Territorial	13		
Impuesto Especial a Productos	14		
Otros Gastos Autorizados por el MFP	15		
Costo Total	16	26193.45	387.88
Margen de Utilidad	17		
Utilidad	18		
Precio o Tarifa	19		
Confeccionado por: Juan Vera Ortiz	Firma:		Fecha
Dtor Contable Financiero			15/04/2022.
Aprobado por: <u>Enrique Almeida Ruiz</u>	Firma:		Fecha
Director General			15/04/2022.

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 (figuras 1-6), reflejan el comportamiento de la dinámica de crecimiento de las plantas a partir de los indicadores medidos en el periodo que se evalúa (siete meses). Cada figura muestra el valor total alcanzado por cada variable y la magnitud del incremento mensual, y en el rango del intervalo de cero a siete meses.

La figura 1 refleja el comportamiento de la altura de las plantas

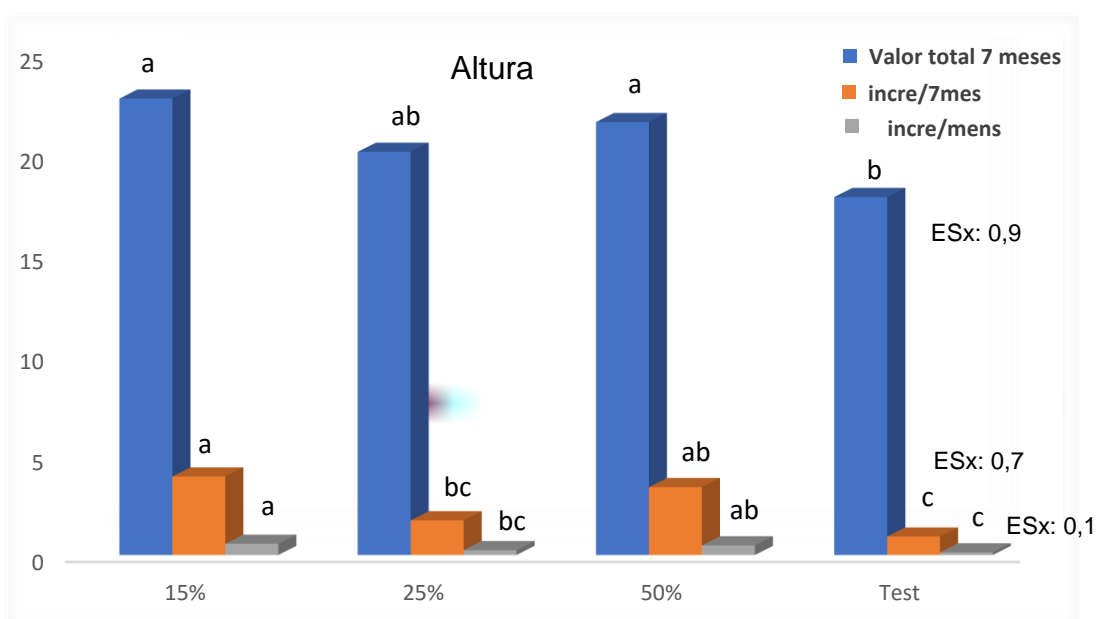


Figura 1: Comportamiento de la altura de las plantas de acuerdo con los tratamientos en estudios: Tratamiento 1 (15% de Agromena); Tratamiento 2 (25% de Agromena); Tratamiento 3 (50% de Agromena) y Tratamiento 4 (Control, sin Agromena). El gráfico refleja la altura alcanzada por las plantas a los siete meses de establecido el experimento (Valor total 7 meses), el valor del incremento alcanzado en el intervalo de cero a siete meses (incre/7mes) y el incremento mensual (incre/mens). Los análisis estadísticos fueron hechos para cada condición por separado. Tratamientos con letras diferentes difieren significativamente para $p < 0,05$. ESx. Significa error estándar de la media. ESx. Significa error estándar de la media.

Como se puede observar en la figura, hubo diferencia en la respuesta de las plantas de acuerdo con los tratamientos evaluados, tanto en el valor total alcanzado por la variable al final del periodo, como en el comportamiento del incremento mensual o en el intervalo de los siete meses, sin embargo, en el valor total alcanzado la diferencia estadísticamente significativa que se refleja es entre los tratamientos 15% de Agromena y 50% de Agromena, con respecto al tratamiento control, no así con el tratamiento de 25%, de la misma manera que

este último no tuvo diferencia estadísticamente significativa con el control, lo que evidencia una respuesta intermedia comparado con el total de los tratamientos. En relación al análisis de los incrementos en las dos formas en que se midió, estos tuvieron la misma tendencia, la mejor respuesta se refiere al 15% de Agromena mezclada en el sustrato, igualmente similar al 50%, a la vez que este se presentó equivalente a 25% y este último similar al control.

En la variable número de hojas (figura 2) la respuesta que muestran las plantas es bien diferente al comportamiento que tuvo la altura, como se puede observar en este indicador, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos en ninguna de las formas evaluadas (valor total de la variable e incrementos), lo que no ocurrió de la misma manera para las variables largo de las hojas (figura 3) y ancho de la hoja (figura4).

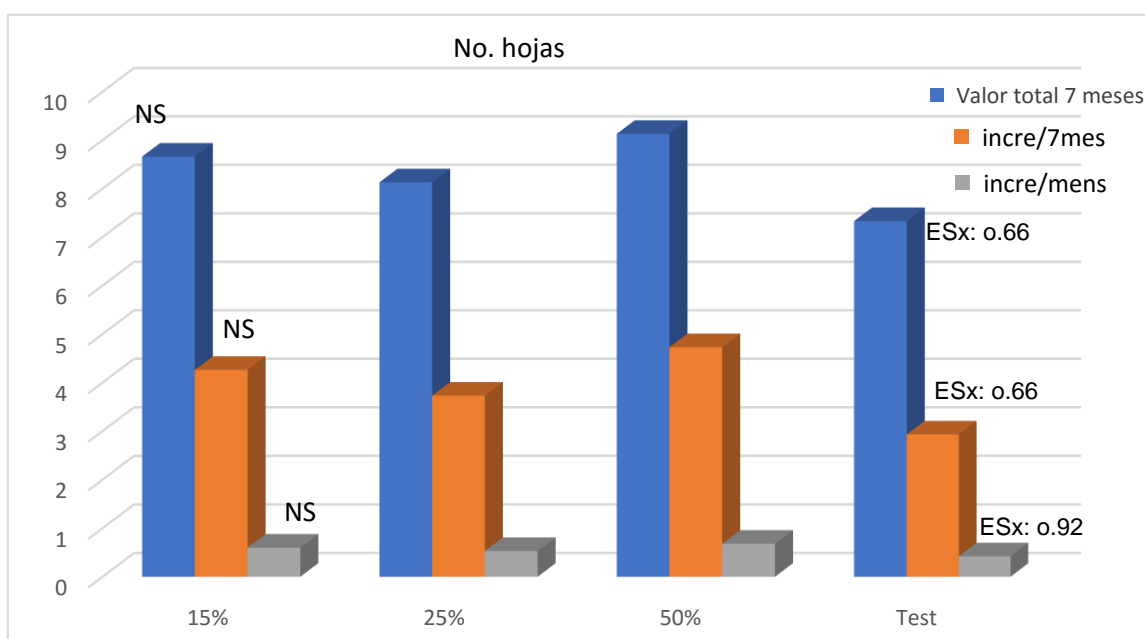


Figura 2: Comportamiento del número de hojas de las plantas de acuerdo con los tratamientos en estudios: Tratamiento 1 (15% de Agromena); Tratamiento 2 (25% de Agromena); Tratamiento 3 (50% de Agromena) y Tratamiento 4 (Control, sin Agromena). El gráfico refleja la altura alcanzada por las plantas a los siete meses de establecido el experimento (Valor total 7 meses), el valor del incremento alcanzado en el intervalo de cero a siete meses (incre/7mes) y el incremento mensual (incre/mens). Los análisis estadísticos fueron hechos para cada condición 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.

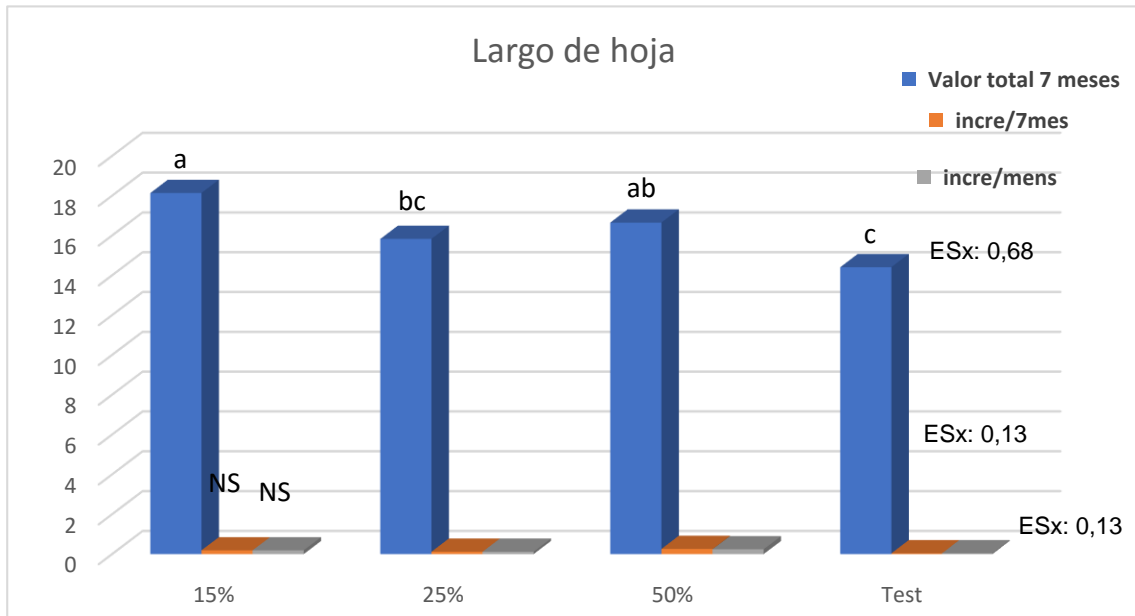


Figura 3: Comportamiento del largo de las hojas de las plantas de acuerdo con los tratamientos en estudios: Tratamiento 1 (15% de Agromena); Tratamiento 2 (25% de Agromena); Tratamiento 3 (50% de Agromena) y Tratamiento 4 (Control, sin Agromena). El gráfico refleja la altura alcanzada por las plantas a los siete meses de establecido el experimento (Valor total 7 meses), el valor del incremento alcanzado en el intervalo de cero a siete meses (incre/7mes) y el incremento mensual (incre/mens). Los análisis estadísticos fueron hechos para cada condición por separado. Tratamientos con letras diferentes difieren significativamente para $p < 0,01$. NS. Significa que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias para $P \leq 0,05$. ESx. Significa error estándar de la media.

En la variable largo de las hojas se refleja una diferencia marcada en la respuesta de las plantas, pero solo con diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, referente al valor total alcanzado al final del periodo, no así para los incrementos. En este indicador al igual que en el caso de la altura, la mejor respuesta de las plantas se alcanzó con el tratamiento del 15% de Agromena, con diferencia estadísticamente significativa respecto al control, y también respecto al 25%. El tratamiento de 50% exhibe resultados que son similares a los tratamientos de 15% y de 25%, pero igualmente se diferencia del control, por su parte el 25%, el valor que refleja, adquiere una posición intermedia entre el tratamiento de 50% y el control, por lo que estadísticamente también es similar a este último.

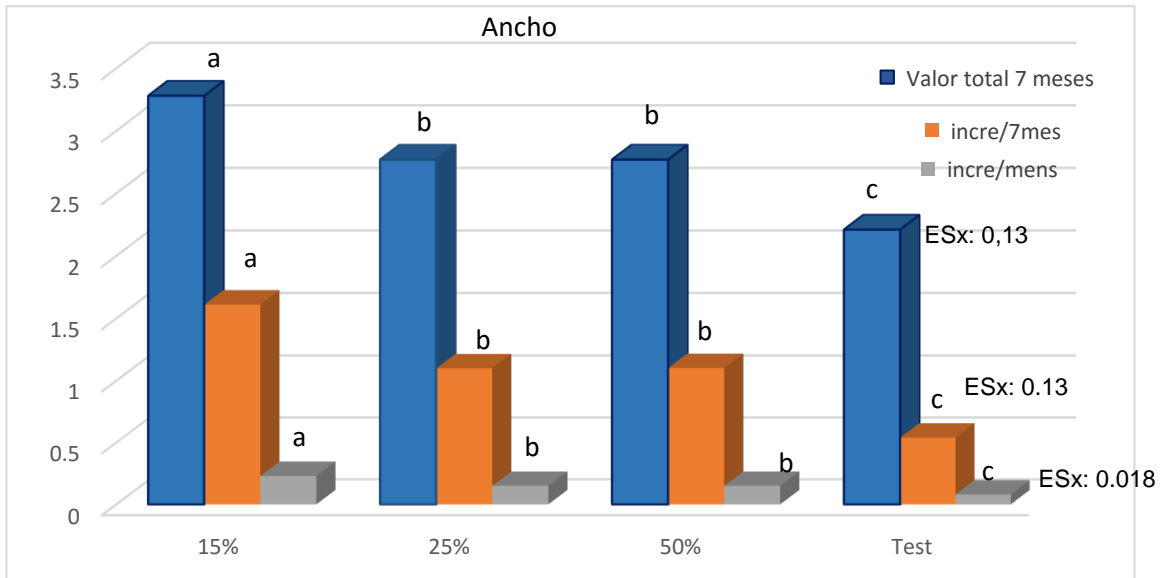


Figura 4: Comportamiento del ancho de las hojas de las plantas de acuerdo con los tratamientos en estudios: Tratamiento 1 (15% de Agromena); Tratamiento 2 (25% de Agromena); Tratamiento 3 (50% de Agromena) y Tratamiento 4 (Control, sin Agromena). El gráfico refleja la altura alcanzada por las plantas a los siete meses de establecido el experimento (Valor total 7 meses), el valor del incremento alcanzado en el intervalo de cero a siete meses (incre/7mes) y el incremento mensual (incre/mens). Los análisis estadísticos fueron hechos para cada condición por separado. Tratamientos con letras diferentes difieren significativamente para $p < 0,01$. ESx. Significa error estándar de la media.

En el ancho de las hojas, distinto a los análisis anteriores, se refleja diferencia significativa entre los tratamientos para las tres formas en que se evaluó el comportamiento de las variables del desarrollo de las plantas, pero la tendencia fue similar para los tres análisis. Coincide, en comparación con los análisis anteriores, que la mejor respuesta de las plantas se presenta en el tratamiento de 15% de Agromena, pero en este caso con diferencia estadísticamente significativa en relación al resto, los tratamientos de 25 y 50% se muestran similares entre sí y significativamente diferentes al control.

El área foliar (figura 5) se presentó con un comportamiento muy similar a las variables anteriores. Es un indicador que integra la respuesta de las plantas en cuanto al número de hojas y largo y ancho de las mismas, ha sido propuesto por investigadores ((Taiz y Ziegler, 2006) citado por Chávez (2018) y Bertrán (2019) como un indicador que aporta mayor información para caracterizar la respuesta biológica de las plantas ante el estímulo de determinadas condiciones ecológicas en su hábitat o como consecuencia de los efectos del empleo de sustancias estimuladoras del crecimiento o fertilizantes orgánicos y minerales.

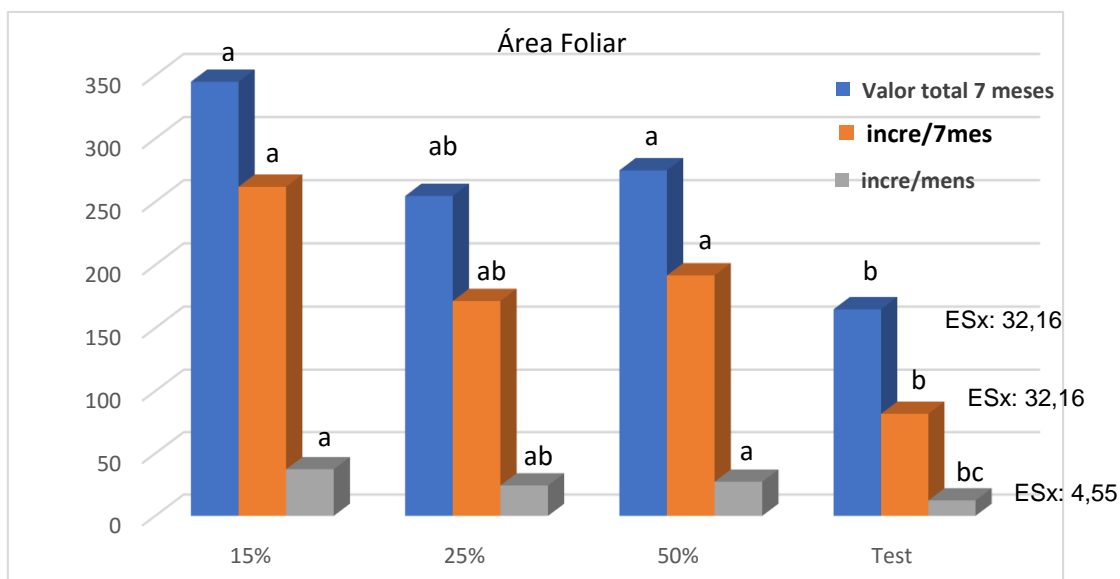


Figura 5: Comportamiento del área foliar de las plantas de acuerdo con los tratamientos en estudios: Tratamiento 1 (15% de Agromena); Tratamiento 2 (25% de Agromena); Tratamiento 3 (50% de Agromena) y Tratamiento 4 (Control, sin Agromena). El gráfico refleja la altura alcanzada por las plantas a los siete meses de establecido el experimento (Valor total 7 meses), el valor del incremento alcanzado en el intervalo de cero a siete meses (incre/7mes) y el incremento mensual (incre/mens). Los análisis estadísticos fueron hechos para cada condición por separado. Tratamientos con letras diferentes difieren significativamente para $p < 0,01$. ESx. Significa error estándar de la media. ESx. Significa error estándar de la media.

Como puede apreciarse, el resultado que refleja el área foliar, confirma una respuesta positiva de las plantas en relación a los tratamientos evaluados a base de las diferentes dosis de aplicación del fertilizante órgano-minearal Agromena mezclado en el suelo antes del trasplante de las posturas, lo que coincide con los análisis hechos anteriormente en las variables analizadas, sin embargo, en estos resultados no se encontró una mayor respuesta de las plantas por efecto de las mayores dosis aplicadas (25% y 50%), por el contrario, el tratamiento de 25% de Agromena, en la variable altura y largo de la hoja mostró resultados similares al control o testigo, lo que ocurrió de igual manera en los análisis asociados a los incrementos, como se muestra en las figuras 1 y 3.

Otro indicador de gran utilidad para evaluar la eficiencia biológica de las plantas y la calidad de las posturas en esta especie, es el grosor del tallo figura 6.

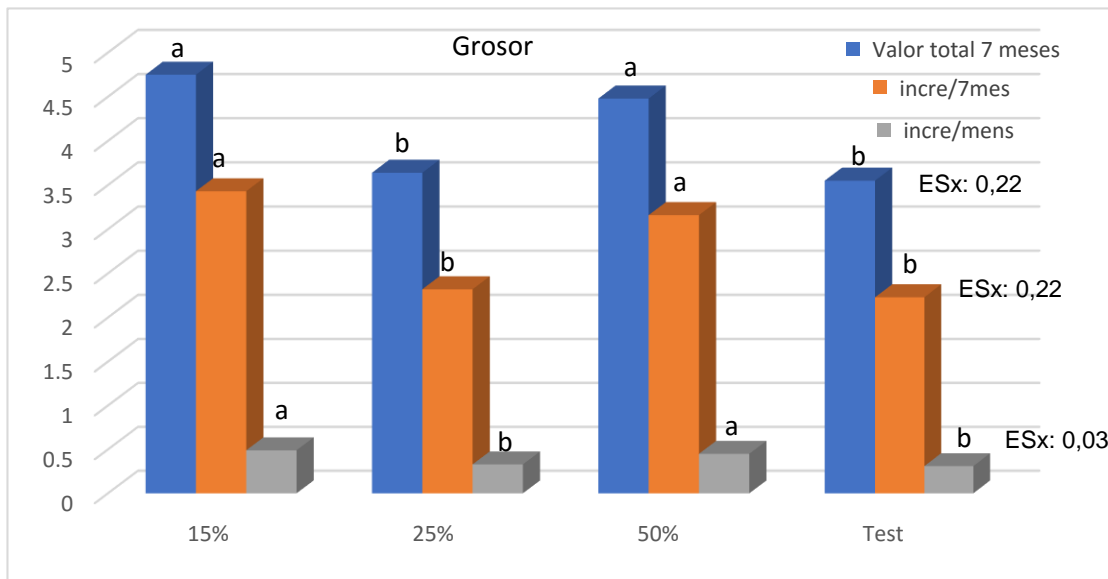


Figura 6: Comportamiento del grosor del tallo de las plantas de acuerdo con los tratamientos en estudios: Tratamiento 1 (15% de Agromena); Tratamiento 2 (25% de Agromena); Tratamiento 3 (50% de Agromena) y Tratamiento 4 (Control, sin Agromena). El gráfico refleja la altura alcanzada por las plantas a los siete meses de establecido el experimento (Valor total 7 meses), el valor del incremento alcanzado en el intervalo de cero a siete meses (incre/7mes) y el incremento mensual (incre/mens). Los análisis estadísticos fueron hechos para cada condición por separado. Tratamientos con letras diferentes difieren significativamente para $p < 0,01$. ESx. Significa error estándar de la media.

Este se considera un indicador de referencia para la calidad de las plántulas en el cultivo del henequén; este órgano además de ser el 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 (Otero, 1999; Buenas tareas, 2012; García y Serrano, 2012 y Terry *et al.*, 2015). El instructivo técnico de este cultivo (MINAG, 2012, 2016) establece 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.

Como se refleja en la figura 6, su comportamiento mantiene la misma tendencia de las variables anteriores, se presenta las mejores respuestas en los tratamientos de 15 y 50% de Agromena, con diferencia estadísticamente significativa respecto al tratamiento control, en este caso el tratamiento de 25% exhibe valores similares al control.

De manera general los indicadores evaluados reflejan una mayor respuesta de las plantas por efecto de los tratamientos a base de las diferentes dosis del

fertilizante órgano-mineral Agromena, lo que sugiere un efecto estimulador de este producto en el cultivo del henequén, que pudiera estar asociado a su riqueza mineral (Rojas *et al.*, 2015) y a la presencia de bioabonos orgánicos producidos a partir de la fermentación de desechos agroindustriales y microorganismos eficientes (Díaz y Fernández, 2017), aportando los elementos esenciales necesarios exigidos por las plantas para satisfacer su mayor ritmo de crecimiento de acuerdo con la especie y su potencial biológico; así como efectos asociados a mejores condiciones físicas del sustrato y a la propiedad de proporcionar una liberación lenta de nutriente, que puede durar hasta 120 días, lo que lo hace más racional y eficiente en satisfacer los requerimientos nutricionales de las plantas durante su ciclo biológico (Moreira *et al.*, 2018).

Se repite en casi todas las variables evaluadas (excepto el número de hojas) que el mejor comportamiento se presentó en el tratamiento de 15% de Agromena (4,1 t/ha) y el incremento de las dosis a 25 y 50% respectivamente no condujeron a un incremento en el desarrollo de las plantas, y por el contrario los resultados asociados a la dosis de 25% de Agromena en las variables altura, largo de las hojas, área foliar y grosor del tallo, fueron similar al control, lo que sugiere que para proponer una dosis óptima de este fertilizante en el cultivo del henequén se deben evaluar dosis más bajas, que pudieran estar en el rango de las recomendaciones que hace el fabricante.

El henequén es una planta xerófila de crecimiento lento, que según Otero (1999) y Piven *et al.* (2001), citados por Sosa (2011) y Yanes (2015), dadas sus características botánicas y fisiológicas (crecimiento en roseta, con el meristemo en la parte superior del tallo a partir de donde se emiten las hojas nuevas), presenta resistencia a la sequía y se desarrolla bien en climas secos, sin embargo, cierto grado de humedad y temperaturas cálidas favorecen su crecimiento significativamente. Por el contrario, su ritmo de crecimiento se retarda por causas de las bajas temperaturas debido a que el frío reduce la actividad de los tejidos meristemáticos además del contenido de fibras en las hojas y la emisión foliar, lo que es un aspecto a tener en cuenta en los resultados alcanzados, considerando el período que se estudia (octubre-abril), de acuerdo con las condiciones climáticas de Cuba (Abreu, 2009) citado por Arias (2022).

A pesar de la rusticidad de esta especie y al hecho de que en su explotación como cultivo ha sido marginado a áreas semiáridas y terrenos donde la afloración de rocas es numerosa, necesita fertilizantes como cualquier otro (Otero, 1999), citado por Rodríguez (2015). Se ha demostrado que la respuesta biológica de esta planta se puede estimular significativamente con la aplicación de fertilización nitrogenada, lo que puede inducir además a un mayor contenido de fibra en la hoja, Carrión y Vinent (1979), citados por Otero (1999).

Lo referido anteriormente justifica la magnitud de los valores alcanzados por cada una de las variables y la forma en que se comportan a pesar de tener respuesta positiva ante los efectos estimuladores de fertilizantes minerales, orgánicos o bioestimuladores.

La altura de la planta alcanzó valores muy cercanos a los 25 cm a los siete meses de su trasplante en el vivero, en los tratamientos de 15 y 50% de Agromena, donde se obtuvo el mejor resultado, con un incremento total en el periodo muy cercano a los 4 cm y por mes algo superior a los 0,5 cm, lo que se considera una respuesta positiva de la planta, teniendo en cuenta además que las posturas de henequén son sometidas a estrés por los efectos del trasplante en la etapa inicial del vivero, debido a un cambio de hábitat por la extracción que se hace de su condición natural en el ecosistema donde se desarrollan, y por la manipulación de este material de siembra para ser establecida en el vivero.

En relación con estos argumentos, resultados similares fueron informado por Bertran (2019) en una investigación donde evaluó diferentes dosis del estimulador Quitomax en posturas de henequén en condiciones de vivero, donde la autora reporta que durante los primeros 120 día no hubo incremento en la altura las plantas, lo que lo asoció a los efectos iniciales del estrés como consecuencia del trasplante y al periodo en que se enmarcó esta etapa del desarrollo de la postura, en el que hace referencia a los meses de noviembre – marzo; por el contrario Arias (2022) obtuvo resultados favorables en investigación similar con posturas de henequén en condiciones de vivero utilizando microorganismos eficientes (ME), donde evaluó el ciclo total del cultivo en la etapa de vivero (14 meses), pero se refiere al periodo lluvioso de acuerdo con las condiciones climáticas de Cuba, con su inicio en el mes de junio.

Todo ello indica que, de acuerdo con las características fisiológicas de este

cultivo, como se mencionó anteriormente, un factor que no se puede desestimar en la respuesta biológica de las plantas frente a los efectos estimuladores de diferentes sustancias o fertilizantes, son las condiciones climáticas presentes durante su estudio.

Por otra parte, los resultados que se muestran en esta investigación responden solamente a un periodo del ciclo biológico del cultivo que se considera para la fase de vivero, de acuerdo con el instructivo técnico (MINAG, 2012 y 2016), que normalmente puede estar entre 14, 16 y hasta los 18 meses, de acuerdo con la calidad del material de plantación y el desarrollo que alcanzan las posturas.

El hecho de no encontrarse diferencia entre las distintas dosis evaluadas del fertilizante Agromena puede estar asociado con las exigencias de la especie y las características del fertilizante, ya analizadas anteriormente, que hace que solamente con el 15% de este material (4,1 t/ha) mezclado en correlación con el volumen de suelo, puede ser suficiente para suplir las demandas nutricionales de la planta en relación con su ritmo de crecimiento y desarrollo, además en este mismo sentido, un aspecto a tener en cuenta son las recomendaciones que hace el fabricante del fertilizante, donde refiere dosis de 1 a 3 t/ha para diferentes cultivos, aunque no menciona al henequén.

La respuesta asociada al área foliar, integra el comportamiento en cuanto al número de hojas y el largo y ancho de estas. En el número de hojas, como valor total alcanzado se presentan niveles por encima de ocho, lo que se puede considerar muy favorable en correspondencia con el tiempo analizado y al periodo del año. Las plantas de henequén en condiciones de vivero deben alcanzar un valor mínimo de 15 hojas, entre 14 y 16 meses para pasar a plantación definitiva (MINAG, 2012 y 2016). El incremento mensual respondió a un ritmo aproximado de 0,5 hojas, que está por debajo del ritmo normal de la especie, ubicado entre 2 y 3 hojas mensuales (Otero, 1999), pero en relación con pleno ritmo de desarrollo y en condiciones favorables, sin considerar los efectos iniciales del trasplante, poca humedad y bajas temperaturas, lo que sugiere que es un indicador que se mueve muy lento en la planta y por tanto hace que este sea una variable que identifique con menor precisión distintas respuestas de las plantas en cortos periodo de tiempo ante diferentes estímulos de su actividad metabólica, en su interacción con el medio o por fuentes externas

suministradas.

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 al 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, lo que se justificó a partir del mayor período evaluado que lo aleja de los efectos iniciales del trasplante y de su interacción con un periodo más lluvioso.

El largo de las hojas está muy relacionado con la altura por el tipo de crecimiento en roseta, aunque el valor de este puede ser más sensible en determinado momento y expresar alguna diferencia, considerando su condición total como sucede en el valor final mostrado a los siete meses, no así cuando se analiza su ritmo en el incremento mensual o en el intervalo, sin embargo, el ancho de la hoja es un indicador que se enmascara poco en esta especie y su comportamiento siempre es ascendente en las hojas jóvenes bien desarrolladas, asociadas a los periodos de mayor crecimiento. En los resultados obtenidos se presenta con diferencias significativas bien marcadas, igualmente para cada una de las formas en que se midió el comportamiento de este indicador y pudiera ser el que más haya influenciado en el área foliar para marcar la diferencia entre los tratamientos.

En el tratamiento de 15% de Agromena el incremento del ancho de la hoja en el intervalo de cero a siete meses, estuvo muy cercano a la mitad del valor total alcanzado, de la misma manera que el área foliar en este mismo tratamiento mostró valores en el incremento del intervalo de siete meses, que representa aproximadamente las 3/4 partes del valor total alcanzado, lo que no sucedió de la misma manera en el tratamiento control, todo ello indica que las plantas incrementaron su actividad metabólica como consecuencia de los efectos del fertilizante Agromena, lo que lo valida positivamente para ser utilizado en este cultivo con éxito.

El incremento en la biomasa del tallo no solo se expresa en mayor volumen de su diámetro, sino, que también se expresa en la altura que va alcanzando este

órgano en la medida que se van emitiendo las nuevas hojas.

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 grosor no aumenta más y solamente crece en su parte inferior (MINAG, 2016).

Igualmente, la magnitud de su incremento en el período evidencia una mayor actividad metabólica de las plantas y un efecto estimulador del Agromena en el cultivo del henequén.

Finalmente, los resultados discutidos confirman que debe seguirse evaluando este fertilizante para ajustar la dosis más correcta en el cultivo del henequén como ya se recomendó anteriormente.

VALORACIÓN ECONÓMICA

En relación a este análisis en la tabla 4 se presenta el costo total para cubrir una hectárea de vivero teniendo en cuenta el empleo del fertilizante Agromena en las dosis evaluadas

Tabla 4. 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 de la Agromena	ha	8200	9400	18800	-
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	34393.45	35593.45	44993.45	26193.45

Cantidad total de plantas	ha	80 000	80 000	80 000	80 000
Costo/planta		0,42	0,44	0,56	0,32

Costo de comercialización del fertilizante Agromena (\$ 2000,00 MN la tonelada)
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, el incremento en el costo de la postura con el empleo del fertilizante órgano-mineral Agromena para cubrir una hectárea de vivero de acuerdo con las diferentes dosis que se evalúan y el costo de producción de este material, puede considerarse como viable para la empresa por el monto total que representa, pero con mayor oportunidad en la dosis que indicada al 15% del fertilizante mezclado en el suelo, si se logra reducir el tiempo de permanencia de la postura en esta fase, lo que conllevaría además a una reducción significativa en el costo de permanencia de las plantas, al tiempo que se puede obtener una postura de mayor calidad, con incidencia positiva en la calidad de las plantaciones y en el tiempo para su entrada en producción.

V. CONCLUSIONES.

- Los resultados obtenidos a partir de los indicadores evaluados, reflejan un efecto estimulador del fertilizante órgano-mineral Agromena en el rendimiento biológico de las plantas de henequén en condiciones de vivero de acuerdo con los tratamientos evaluados.
- Con el empleo del 15 y el 50% del fertilizante Agromena mezclado en el sustrato del suelo en relación V:V, se obtuvieron las mejores repuestas de las plantas en la mayoría de las variables evaluadas, lo que sugiere evaluar dosis más bajas de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- El incremento del costo por planta en las posturas de henequén en la etapa de vivero con el empleo del fertilizante órgano-mineral Agromena, puede resultar viable para la empresa si se logra un material de plantación de mayor calidad, con una disminución del tiempo de permanencia en esta condición, y un acercamiento del tiempo para que las plantaciones entren en producción.

VI. RECOMENDACIONES.

Continuar el estudio del empleo del fertilizante órgano-mineral Agromena en el cultivo del henequén, evaluando dosis más bajas, forma y momento de aplicación, que permitan establecer criterios más categóricos para su uso en este cultivo.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

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. Almaraz-Abarca, N., Delgado-Alvarado, E.A., Ávila-Reyes, J.A., Uribe-Soto, J.N. and González-Valdez, L.S. 2013. The Phenols of the Genus *Agave* (Agavaceae). *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, 4:9-16.
3. Arévalo, G. y Castellano. M. 2009. Manual de Fertilizantes e Enmiendas. 57 p
4. Arias C, Y. 2022. Evaluación de Microorganismos Eficientes en el rendimiento biológico de posturas de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) en condiciones de vivero. Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Agrónomo) - Universidad de Matanzas.
5. Ayala, L.A. 2021. Influencia del elemento sociocultural en la producción del henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) en Matanzas. Monografía en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
6. Besú, A F.; Rodríguez M, I.; Abreu C, E., Fuentes A, R. 2023. Desarrollo del cultivo de Henequén. 19p. (monografía)
7. Bertrán S, L. 2019. Evaluación del bioestimulador QuitoMax® en el rendimiento biológico de posturas de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) durante la fase de vivero. Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Agrónomo) - Universidad de Matanzas.
8. BuenasTareas.com 2012. Sistema de producción agrícola [en línea]. Disponible en: <http://www.buenastareas.com/ensayos/sistemas-de-producción-agrícolas/3492241.html> [Consulta: septiembre, 27 2023].
9. Castillo, D., Cano, A. y Berlanga, C.A. 2012. Establecimiento y aprovechamiento de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAT. SEMARNAT. México.

10. 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.
11. Chávez H, 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.
12. Debnath, M.; Pandey, M.; Sharma, R.; Thakur, G.S. and Lal, P. 2010. Biotechnological intervention of *Agave sisalana*: A unique fiber yielding plant with medicinal property. *Journal of Medicinal Plants Research*. 4(3): 177- 187.
13. Díaz, A. y Fernández, J. 2017. Fertilizante Agromena: Alternativa ecológica para la agricultura cubana. Universidad de La Habana. http://repositorio.uh.cu/bitstream/handle/123456789/7624/Fertilizante_Agromena.pdf
14. Elicriso. 2013. ¿Cómo cultivar y curar las plantas? Agave. Información de la planta. Propiedades y cultivo Disponible en: http://www.elicriso.it/es/como_cultivar/agave/ [Consulta: mayo, 2016].
15. 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/. [Consulta: septiembre, 8 2023].
16. Eguiarte, L.E.; A. Silva y V. Sousa. 2000. Biología evolutiva de la familia Agavaceae: Biología reproductiva, genética de poblaciones y filogenia. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 166, pp.131- 150.
17. Espinosa, Z. 2016. Factores Socioculturales que inciden en la relación Empresa Henequenera” Eladio Hernández León” - Comunidad” Julián Alemán”. Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Ciencias Agrícolas. Facultad de ciencias agropecuarias. Universidad de Matanzas. Cuba.
18. 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).

19. Fontes, E. 2017. Evaluación de vitroplantas de henequén (*Agave fourcroyes* Lem.) procedentes de una nueva accesión (Subinerme) durante la etapa de aclimatización. Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Agrónomo) - Universidad de Matanzas.
20. Freire, A. 2004. Botánica Sistemática Ecuatorina. St. Louis, MO, Missouri Botanical Garden. p. 79-91.
21. García, H. y Rizo, PA. 2017. Las fibras sueltas del henequén. Periódico Juventud Rebelde, septiembre 21.
22. García, M. y Abisaí, J. 2007. Los agaves de México. Ciencias. 87:14-23.
23. García, M.D. y Serrano, H. 2012. *Agave fourcroydes* (Lem.) y sus nuevas perspectivas. [En línea] Revista TecnoAgro. Avances Tecnológicos y Agrícolas. Disponible en: <http://tecnoagro.com.mx/revista/2012/no-78/agave-fourcroydes-lem-y-sus-nuevas-perspectivas/file.htm>. [Consulta: septiembre, 4 2023].
24. 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.
25. Gioanetto, F.Y Olvera, S. 2009. Fertilización y manejo orgánico de las agavaceas [en línea]. Corregidora (Qro) Metrocert/Icea. Disponible en: http://mezcalpedia.com/attachments/062_Fertilizacion_manejo_organico_agavaceas.pdf. [Consulta: septiembre, 19 2023].
26. Gómez, P. *et al.* 2019. Eficiencia del fertilizante Agromena en cultivos extensivos de caña de azúcar. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas, 53(1). <http://agromisa.org/wp-content/uploads/2019/03/eficiencia-fertilizante-agromena.pdf>
27. Gómez, R. y López, A. 2017. Fertilidad de los suelos henequeneros. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 23(1), 33-41. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2016.03.008>
28. González, G. y Abreu, E. 2009. El henequén. Cultivo importante desconocido, con futuro promisorio. CD de Monografías 2009. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos".
29. González, G., Alemán, S., Abreu, E., Figueroa, H., Toapanta, P. and Doam, C. 2011. Evaluación de la cosecha de plantas seleccionadas de

- henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) y propagadas in vitro. Revista Ciencia Amazónica. 2 (2): 13-16.
30. González-Murillo, R., Leboreiro-Reynoso, A., Fortis-Hernández, M., Yescas-Laguna, J. y Trejo-Téllez, L.I. 2016. Germination, survival and growth of henequen seedlings under nursery conditions. Spanish Journal of Agricultural Research, 14(4), e0908.
31. González-Murillo, R., Leboreiro-Reynoso, A., Fortis-Hernández, M., Yescas-Laguna, J. y Trejo-Téllez, L.I. 2017. Influence of nitrogen and silicon on growth and nutrition of henequen seedlings under nursery conditions. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 17(1): 233-245.
32. González, F. 2017. Empleo de bioproductos en el cultivo del henequén. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. <http://www.cenia.org/articulos/bioproductos-henequen.pdf>
33. González, F. y Dávila, M. 2016. Uso de biofertilizantes en café en Cuba. Centro Nacional de Investigaciones Cafetaleras. <http://cenic.azucar.cu/?q=es/content/uso-de-biofertilizantes-en-café-en-cuba>
34. Grasso, A. y Díaz-Zorita, M. 2020. Manual de buenas prácticas de manejo de fertilización. Fertilizar Asociación Civil. ISBN 978-987-47016-2-6
35. Guerrero, R. y Díaz, R. 2011. Paquete tecnológico henequén (*Agave fourcroydes* Lem). Producción de plantas. Campo experimental Mococho. Yucatán. Disponible en: <http://www.inifap.gob.mx>. Consulta: marzo, 2016.
36. Hernández, R., Cárdenas, M. y Díaz, L. 2015. Nutrición de cultivos. Ecoe Ediciones.
37. IIHLD. 2012. Ministerio de la Agricultura. Instructivo técnico para el cultivo del henequén. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". La Habana, Cuba. 19h.
38. Info Rural, Noticias Agrarias. 2017. El henequén tenía 7 variedades, de las que 4 están perdidas [en línea]. Disponible en: <http://www.inforural.com.mx/spip.php?article131098> [Consulta: septiembre, 6 2023].
39. Mielenz, J.R., Rodriguez, M.Jr., Thompson, O.A., Yang, X. and Yin, H. 2015. Development of Agave as a dedicated biomass source: production

- of biofuels from whole plants. *Biotechnology for Biofuels*. 8:79. DOI 10.1186/s13068-015-0261-8.
40. MINAG. 2012. Instructivo técnico del cultivo del Henequén. Instituto de investigaciones hortícolas —Liliana Dimitrovall. 18 p.
41. MINAG. 2016. Instructivo técnico del cultivo del Henequén. Instituto de investigaciones hortícolas —Liliana Dimitrovall. 19p.
42. Montejo, V., Reyes, O. y Vázquez, F. 2020. Henequén en Yucatán: Origen, desarrollo e importancia económica de una cultura agrícola. Universidad de Yucatán. https://www.researchgate.net/publication/342387184_Henequen_en_Yucatan_Origen_desarrollo_e_importancia_economica_de_una_cultura_agricola
43. Moreira, J. y cols. 2018. Efecto del fertilizante Agromena en la producción de plátano. *Boletín Técnico*, 130. <http://www.produccionparaplatano.com/efecto-del-fertilizante-agromena-en-la-produccion-de-platano/>
44. Nobel, P.S., Castañeda, M., North, G., Pimienta-Barrios, E. y Ruiz-Corral, J.A. 1998. Temperature influences on leaf CO₂ exchange, cell viability and cultivation range for *Agave tequilana*. *J. Arid Environ.* 39:1-9.
45. ONEI. 2020. Anuario estadístico de cuba 2020 Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca [en línea]. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.onei.gob.cu/node/16275&ved=2ahUKEwiW8cXTgtj0AhUWRTABHYpuDZYQFnoECAYQAQ&usg=AOvVaw0puOaO-XjW41e-VBMwqrYM>. Consulta: Septiembre de 2023.
46. Otero, R. 1999. El cultivo del henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) como planta textil y su aprovechamiento integral. *Temas de Ciencia y Tecn.* 3 (9): 23-46.
47. Otero, B., Valdez-Torres, C., Igarza, S., A., Rodríguez, Z. 2000. Efecto de la norma e intervalo de riego en el crecimiento y desarrollo del henequén (*Agave fourcroydes*, Lem). *Temas de Ciencia y Tecnología*. 4 (11): 45
48. Pérez-Brito, D., Magaña-Alvarez, A., Lappe-Oliveras, P., Cortes-Velazquez, A., Torres-Calzada, C., Herrera-Suarez, T., Larqué-Saavedra, A. and Tapia-Tussell, R. 2015. Genetic diversity of *Clavispora lusitaniae*

- isolated from *Agave fourcroydes* Lem., as revealed by DNA fingerprinting. Journal of Microbiology. 53 (1):14-20.
49. Plasencia R, C. 2021. Alternativas para la conservación del henequén en Cuba. Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Agrónomo) - Universidad de Matanzas.
 50. Rivera, M. *et al.* 2020. Importancia agrícola del henequén en Cuba. Universidad de Holguín. <https://repository.uho.edu.cu/handle/123456789/2046>
 51. Rodríguez, A.A., Sanabio, L.M., Valín, J.L. y Díaz, D. 2015. Fabricación de compuesto de matriz epoxi reforzado con fibras largas de henequén orientadas aleatoriamente. Ingeniería Mecánica. 18 (2). Versión On-line ISSN1815-5944.
 52. Rodríguez, I.; Fuentes, L.; Abrue, E.; Gonzáles, G.; Pérez, Y. 2017. El rescate del henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) en Matanzas. CD de Monografías. Universidad de Matanzas.
 53. Rodríguez, I. 2016. El henequén (*Agave fourcroydes* Lem.): un cultivo promisorio en el desarrollo de una agricultura sostenible. Matanzas. Tesis en opción al título de Máster en Ciencias agrícolas. Universidad de Matanzas.
 54. Rojas, O. *et al.* 2015. Caracterización físico-química del fertilizante nitrogenado Agromena. Pastos y Forrajes, 38(1). <https://redalyc.org/articulo.oa?id=61438469009>
 55. Ruíz, M. L. 2004. Comparación del crecimiento de magueyes pulqueros (*Agave salmiana* Otto ex. Salm y *Agave mapisa-ga* Trel.) bajo esquemas de propagación in vitro y condiciones de invernadero. Biología Scripta Maqueda 1 pp. 1–6.
 56. Sánchez, L.M., González, J.A. y Pérez, F. 2017. Establecimiento y manejo del cultivo del henequén. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
 57. Sankoumba, F. M. 2014. Evaluación del comportamiento de la propagación in vitro de nuevas accesiones (Subinerme y Clon-97) de henequén (*Agave fourcroydes* Lem). Matanzas. Tesis en opción al título de Máster en Ciencias Agrícolas. Universidad de Matanzas.

58. 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.
59. 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 "Camilo Cienfuegos"