UNIVERSIDAD DE MATANZAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Agrónomo

PROYECTO CIENTÍFICO PRODUCTIVO

TÍTULO: Estrategia para impulsar la calidad de las posturas de henequén (propágulos) en condiciones de vivero.



AUTORA: Alianny Galbán Alvarez

TUTORES: Dr. C. Enildo Osmani Abreu Cruz.

Dr. C. Leticia Fuentes Alfonso

M. Sc. Yariel González Pérez

Matanzas,

Curso 2025-2026

PENSAMIENTO.

“No hay plantas humildes; todas tienen una misión que cumplir en el equilibrio de la tierra”

Fernando Ortiz



DECLARACIÓN DE AUTORIDAD.

Declaro que yo, Alianny Galbán Alvarez, soy la única autora de este Trabajo de Diploma por lo que autorizo a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Matanzas a hacer uso del mismo, con la finalidad que estime conveniente.

Firma _____

DEDICATORIA.

A mis queridos padres, Aymara Alvarez Villalonga y Amaury Galbán Perdomo, por ser el pilar inquebrantable, por su apoyo constante y la fortaleza que me infundieron para recorrer el camino de la carrera. Por haberme enseñado que el esfuerzo y la perseverancia siempre tienen su recompensa. Este logro es tan suyo como mío.

A la Universidad de Matanzas, por brindarme todas las herramientas académicas y humanas para mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS.

A todos los profesores y especialistas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Matanzas, por compartir generosamente sus saberes y experiencias.

A mis tutores, Dr. C. Enildo Osmani Abreu Cruz, Dra. C. Leticia Fuentes Alfonso y M. Sc. Yariel González Pérez, por la dedicación brindada en la tutoría de este trabajo de tesis, por su valioso tiempo en la revisión del documento y por sus acertadas orientaciones.

A Dr. C. Sergio Rodríguez Jiménez por todo lo enseñado en el transcurso de la carrera, por su motivación constante, apoyo incondicional y por compartir generosamente su vasta experiencia.

A Dr. C. Ramón Liriano González no solo por su constancia y las vivencias de aprendizaje en el aula, sino fundamentalmente por la pasión ejemplar con que ejerce su labor, la cual inspira vocación y excelencia profesional en los estudiantes.

A la M. Sc. Olga Lidia Macías Figueroa excelente profesora y decana de la Facultad de Ciencias Agropecuarias por su dedicación, apoyo constante y por haber creado las condiciones institucionales que hicieron posible este trabajo.

A mis compañeros de curso, en especial a Vania Velunza Iznaga, Lisme Balceiro Aguilera, Amaury Zulueta Santa Cruz, Ashley García Gaitán y Yoel Sanabria Yanes por su amistad y respaldo constante a lo largo de estos años.

A mi familia, muy especialmente a mis padres, Aymara Alvarez Villalonga y Amaury Galbán Perdomo, por su amor infinito y su sostén incondicional.

A todas las personas que, de una u otra forma, hicieron posible la realización de este trabajo: les expreso mi más sincero agradecimiento.

OPINIÓN DEL TUTOR.

Uno de los principales problemas que hoy enfrenta la recuperación de la industria henequenera en la provincia de Matanzas es la falta de postura para cumplir los planes de siembra y dentro de estos con mayor incidencia la falta de posturas de calidad, que garanticen el desarrollo y la sostenibilidad del cultivo, lo que ha estado motivado por el deterioro de las plantaciones comerciales de manera general y la desaparición de las fincas postureras que son las fuentes de obtención de posturas de acuerdo con la vía tradicional de propagación de este cultivo, a lo que se suma hoy la mala calidad de los viveros, no solo por la procedencia del material de propagación con que se cuenta, sino también, por la falta de recurso para poder cumplir con las exigencias fitotécnicas del cultivo en esta fase de desarrollo, sobre todo la disponibilidad de nutrientes para suministrarle a las plantas y el control de malezas, esta última con mayor exigencia en esta etapa, por ser una planta de crecimiento muy lento.

En este contexto el trabajo realizado por la estudiante Alianny Galbán Alvarez va dirigido a presentar un proyecto científico productivo, con el objetivo de evaluar una estrategia para impulsar la calidad de las posturas de henequén en condiciones de vivero a partir del empleo de diferentes estimuladores del crecimiento de las plantas de origen natural que se comercializan en Cuba y de un manejo integrado de arvenses, todo lo cual le confiere gran valor práctico y actualidad al trabajo que se presenta.

Es de destacar la dedicación y el interés que la estudiante mostró durante todo el trabajo de tesis, sobre todo con la seriedad y la independencia con que trabajó en la elaboración y estructura final del documento, así como la responsabilidad asumida para darle un mayor rigor científico al proyecto que se presenta. Considero que, por el trabajo realizado, así como la calidad del documento presentado, el valor práctico, la actualidad y los resultados que se propones en la tesis que se defiende, son merecedores del otorgamiento del Título de Ingeniera Agrónoma con la máxima calificación.

Tutores

_____

Dr.C. Enildo Osmani Abreu Cruz; Dr. C. Leticia Fuentes Alfonso, M. Sc Yariel González Pérez

RESUMEN.

La producción de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) en la provincia de Matanzas ha experimentado un marcado deterioro de las plantaciones, una baja disponibilidad de posturas de calidad y serias limitaciones en la fase de vivero, lo que compromete la recuperación de esta fibra natural estratégica para el país. La presente investigación tuvo como objetivo desarrollar una estrategia para incrementar la calidad de las posturas en los viveros de la Empresa Fibra Forte, basada en el empleo de productos estimuladores del crecimiento de origen natural. Se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica sobre la biología, propagación y manejo del henequén, así como sobre el uso de bioestimulantes como FitoMas-E®, QuitoMax®, Microorganismos Eficientes (ME) y nanopartículas de hierro. A partir de esta fundamentación, se definieron los componentes de la estrategia, que incluye un manejo integrado de arvenses y la aplicación racional de dichos estimuladores durante la fase de vivero. Se espera que la implementación de esta estrategia permita obtener posturas más vigorosas, con mayor área foliar, sistema radical más desarrollado y una tasa de supervivencia superior al 95 %, contribuyendo así a la sustitución de importaciones de fibras y al desarrollo sostenible de la agroindustria henequenera.

Palabras clave: *Agave fourcroydes* Lem., henequén, bioestimulantes, propagación.

ABSTRACT

Henequen (Agave fourcroydes Lem.) production in the province of Matanzas has undergone a severe decline of plantations, a shortage of high-quality planting material and serious constraints during the nursery stage, which jeopardizes the recovery of this strategic natural fiber for the country. The objective of this research was to develop a strategy to increase the quality of planting material in the nurseries of the Empresa Fibra Forte, based on the use of natural growth-promoting products. An exhaustive literature review was carried out on the biology, propagation and management of henequen, as well as on the use of biostimulants such as FitoMas-E®, QuitoMax®, Efficient Microorganisms (EM) and iron nanoparticles. Based on this foundation, the components of the strategy were defined, which includes integrated weed management and the rational application of these biostimulants during the acclimatization and nursery phases. It is expected that the implementation of this strategy will result in more vigorous plants, with greater leaf area, better developed root systems and a survival rate above 95 %, thus contributing to the substitution of fiber imports and the sustainable development of the henequen agro-industry.

Key words: *Agave fourcroydes* Lem., henequen, biostimulants, propagation.

Índice

I. INTRODUCCIÓN. 1

II. FUNDAMENTACIÓN. 4

2.1. Generalidades del cultivo. 4

2.1.1. Importancia económica del cultivo. 4

2.1.2- Desarrollo de la industria henequenera en Cuba. 6

2.1.3- Biología y comportamiento reproductivo del *Agavefourcroydes* Lem. 6

2.1.3.1- Caracterización botánica del *Agave fourcroydes* Lem. 6

2.1.3.2- Características anatómicas y fisiológicas del Henequén. 8

2.1.3.3- Reproducción del henequén. 9

2.2- Vías de propagación del Henequén. 9

2.2.1- Propagación por rizomas. 9

2.2.2- Propagación por bulbillos. 9

2.2.3- Micropropagación. 10

2.3- Vivero. 11

2.4- Estrategia para impulsar la calidad de las posturas (propágulos) en los viveros. 13

2.4.1- Manejo integrado de arvenses. 13

2.4.2. Empleo de productos estimuladores del crecimiento de origen natural. 13

2.4.2.1- FitoMas-E®. 14

2.4.2.2-QuitoMax®. 14

2.4.2.4. Nano partículas de Fe. 15

III. OBJETIVOS. 16

IV. RESULTADOS ESPERADOS. 17

V. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS. CRONOGRAMA. 18

5.1. Métodos y procedimientos. 18

5.2. Cronograma. 22

VI. RECURSOS NECESARIOS. 25

VII. PRESUPUESTO. 30

VIII. EVALUACIÓN ECONÓMICO – FINANCIERA Y AMBIENTAL. 33

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. 34

I. INTRODUCCIÓN.

La agricultura cubana enfrenta el desafío de garantizar la soberanía alimentaria y el suministro de materias primas en un contexto de restricciones económicas y cambio climático. Entre los cultivos industriales, el henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) ocupa una posición emblemática en la provincia de Matanzas, donde se localiza la única desfibradora y fábrica de sogas y cordeles del país (Arias, 2022). Esta especie, originaria de la península de Yucatán, fue introducida en Cuba a mediados del siglo XIX y llegó a constituir un renglón exportable de relevancia (Castillo y Flores, 2020). Sin embargo, a partir de la crisis de la década de 1990, la agroindustria henequenera experimentó un marcado declive (Cruz, 2021).

Actualmente, la Empresa Fibra Forte asume el reto de recuperar la producción de fibra natural, en un momento en que la demanda mundial de fibras biodegradables aumenta frente a los materiales sintéticos (Bustos *et al*., 2024). No obstante, uno de los principales obstáculos es la escasa disponibilidad de posturas de calidad, capaces de establecerse con altas tasas de supervivencia, uniformidad y vigor en las plantaciones definitivas (Fontes, 2017). La propagación tradicional, basada en hijos de rizomas y bulbillos, resulta lenta e insuficiente para cubrir la demanda de material de plantación (Chávez, 2018).

La biotecnología agrícola ha proporcionado alternativas eficaces para la multiplicación acelerada de plantas élite mediante el cultivo in vitro; en henequén se han logrado avances significativos en embriogénesis somática (González, 2002). Sin embargo, la fase de vivero tanto la aclimatización de vitroplantas como la cría de posturas obtenidas por métodos convencionales sigue siendo la etapa más crítica, donde se registran las mayores pérdidas y donde la calidad final del material determina el éxito de la plantación definitiva (Pérez *et al*., 2018).

Un manejo inadecuado del vivero, sin control efectivo de malezas, sin fertilización balanceada y sin la aplicación de reguladores naturales del crecimiento, conduce a plantas de baja talla y escaso desarrollo radical (Yanes, 2015). Por tanto, resulta imprescindible desarrollar estrategias agroecológicas que permitan mejorar la calidad de las posturas producidas en los viveros.

Diversas investigaciones recientes han demostrado que los bioestimulantes de origen natural pueden inducir respuestas fisiológicas favorables en las plantas

(Abreu *et al*., 2024). En Cuba destacan productos como el FitoMas-E®, el QuitoMax®, los Microorganismos Eficientes (ME) y las nanopartículas de hierro (Menéndez, 2025).

En este contexto, el presente proyecto propone desarrollar una estrategia integral para el manejo del *Agave fourcroydes* Lem en el vivero de la Empresa Fibra Forte, basada en la combinación de un adecuado control de arvenses y la aplicación de productos estimuladores del crecimiento de origen natural, para incrementar la calidad de las posturas de henequén y contribuir a la recuperación sostenible de la producción henequenera en Matanzas.

En la Empresa de fibras naturales “Fibra Forte”, como resultado del diagnóstico de su situación productiva, se ha constatado una crítica escasez de posturas de henequén de la calidad requerida para la plantación, lo cual limita el cumplimiento del plan de desarrollo y la sustitución de importaciones de fibras a corto y largo plazo. La fase de vivero constituye el principal obstáculo, con bajos porcentajes de supervivencia, crecimiento heterogéneo y prolongados períodos de estancia antes del trasplante. Las causas identificadas incluyen un manejo insuficiente de las arvenses, la no existencia de recursos para la fertilización mineral y la dependencia de métodos de propagación lentos y poco uniformes.

Por todo ello se propone el siguiente problema científico:

¿Cómo incrementar la calidad de las posturas de henequén en los viveros de la Empresa Fibra Forte, de manera que se obtengan materiales vigorosos, homogéneos y con alta tasa de supervivencia, en un plazo más reducido y con bajo impacto ambiental?

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

de trabajo:

Si se implementa una estrategia que combine un manejo integrado de arvenses con la aplicación racional de productos estimuladores del crecimiento de origen natural (FitoMas-E®, QuitoMax®, Microorganismos Eficientes y nanopartículas de hierro) durante la fase de vivero, entonces se logrará un incremento significativo en los indicadores de calidad de las posturas (altura, número de hojas, grosor del tallo, biomasa total y supervivencia), se reducirá el tiempo de

estancia en vivero y se obtendrá un material de plantación más uniforme y vigoroso.

II. FUNDAMENTACIÓN.

2.1. Generalidades del cultivo.

El henequén (*Agave fourcroydes* Lem.), es originario del estado de Yucatán, y en la época prehispánica, los mayas lo llamaban Ki, en su lengua materna (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2018).

Se cree que fue domesticado a partir de la especie silvestre Agave angustifolia Haw. encontrada en varias partes de México y Centroamérica, sin embargo, se han encontrado evidencias que hacen suponer que fue domesticado en sus inicios a partir de las variedades de Agave angustifolia encontradas en la península de Yucatán (Castillo y Flores, 2020).

Según Mielenz *et al*. (2015), es una planta de zonas áridas del trópico húmedo y seco, donde la vegetación predominante es de tipo caducifolio. Puede ser suficientemente productivo incluso con solo lluvia moderada, lo cual es común a las regiones de México y los Estados Unidos occidentales.

El henequén prefiere la luz solar directa, por lo que generalmente se encuentra entre la vegetación baja espinosa y rala de la selva baja caducifolia.

Pertenece a la familia de las Agaváceas, que comprende numerosas especies originarias de las zonas desérticas de América (Elicriso, 2017). Existen cerca de 200 especies, ubicadas mayormente en el centro y norte de México, de las cuales 151 son endémicas.

A principios del siglo XX, el cultivo se trasladó a Florida, las Antillas, Israel y algunos países de África como Kenia y Tanzania (Chigodi *et al*., 2013). Finalmente, se estableció en Brasil que es actualmente el mayor productor y exportador del mundo.

2.1.1. Importancia económica del cultivo.

El uso de Agave es amplio, incluyendo la preservación del paisaje y la erosión del suelo, pero su mayor importancia económica recae sobre el principal producto extraído de las hojas del henequén, y el de mayor utilidad en la industria textil, que son sus fibras las cuales son utilizadas tanto en México como en Cuba, en la fabricación de sogas, jarcias, cordeles y otros productos (Bustos *et al*., 2024).

La extracción de las fibras naturales es una alternativa factible para lograr importantes beneficios económicos, además de ser un proceso sostenible desde el punto de vista ambiental.

El henequén está entre las fuentes más importantes de material fibroso en los países de la región Centroamericana y del Caribe, junto a otras especies que se cultivan comercialmente como la piña.

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

El principal uso del henequén en Cuba ha sido para la fabricación de hilos, sogas y cordeles, así como para la confección de diferentes objetos a partir de la fibra procesada. Sin embargo, este cultivo ofrece numerosas perspectivas de empleo con diferentes propósitos como en la industria de alimentos (fabricación de bebidas); para el desarrollo de la medicina y la industria biofarmacéutica debido a la presencia de fructanos, saponinas y polifenoles. Para el sector agropecuario ofrece diferentes usos agroecológicos, debido a la posibilidad de realizar compost a partir de los desechos y como fuente de compuestos (saponinas, taninos) con actividad plaguicida para el control de insectos y moluscos. Otros usos potenciales son como planta fitorremediadora para la extracción de metales pesados en zonas afectadas y para la producción de biocombustibles (Rodríguez, 2016).

Este cultivo ha establecido en la cultura agrícola cubana, hábitos y tradiciones que aportan muchos elementos valederos, pero que en muchos casos no están

ajustados productivamente a las condiciones socioculturales de estos tiempos, siendo necesario enriquecer el cultivo con mejores plantaciones, más estables y mejor calidad de hojas para fibras (Arias, 2022).

2.1.2- Desarrollo de la industria henequenera en Cuba.

En Cuba, fue introducido alrededor del año 1850 por los monopolios estadounidenses con el objetivo de lograr precios bajos para la compra de la fibra, esta es la razón fundamental de la expansión de este cultivo. Sin embargo, no es hasta alrededor del año 1900 cuando empieza a fomentarse este cultivo en Cayo Romano y Nuevitas, provincia de Camagüey, con fines de exportar su fibra, siendo en Matanzas donde se comenzó la siembra de henequén en gran escala con vistas a su industrialización.

Su desarrollo ha sido lento a pesar de la facilidad con que se cultiva, pues no requiere atenciones agrotécnicas específicas. Esto es debido a las dificultades que se presentan con la mano de obra, ya que los terrenos en que se cultiva son pedregosos y la recolección de sus hojas es difícil por las características propias del cultivo.

2.1.3- Biología y comportamiento reproductivo del *Agavefourcroydes* Lem.

2.1.3.1- Caracterización botánica del *Agave fourcroydes* Lem.

Según diferentes autores (Rodríguez, 2016; Terry *et al*., 2015) sus características botánicas se describen de la siguiente forma:

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

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: La planta de henequén alcanza una altura de 1.30 m, su diámetro central es de 20 cm en el momento en que la planta está lista para su explotación (4 – 5 años de edad), período a partir del cual el diámetro no aumenta más, ocurriendo solamente el crecimiento en su parte inferior. El eje central constituye la parte de la planta donde se insertan las hojas, 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, formando 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.

2.1.3.2- Características anatómicas y fisiológicas del Henequén.

El henequén posee estomas de naturaleza compleja que aseguran una protección adicional contra la evaporación durante los períodos de sequía, fijan el carbono atmosférico mediante un mecanismo especial denominado Metabolismo Ácido de las Crasuláceas (CAM), el cual es típico de algunos géneros y familias de plantas que crecen en zonas con altas temperaturas. Esta especialización fisiológica es típica en los agaves, donde se combina una alta radiación y una baja humedad. Las plantas con este tipo de metabolismo realizan la transpiración nocturna. La apertura de los estomas en la noche disminuye la pérdida de agua y permite la entrada de CO2 para su fijación en forma de ácidos orgánicos, principalmente ácido málico y su acumulación en vacuolas. Durante el día estos compuestos son descarboxilados y como resultado se libera CO2, el cual es fijado nuevamente durante el ciclo de Calvin para la obtención de carbohidratos.

Las hojas contienen cerca del 90% de los jugos y se mantienen rígidas debido a la consistencia que presenta la pulpa filamentosa contenida en las mismas. Tanto las hojas como las raíces poseen una gran cantidad de mucílagos que permiten la retención de agua, razón por la cual esta planta puede resistir largos períodos de sequía (MINAG, 2016; Elicriso, 2017). El crecimiento y la acumulación de reservas ocurren simultáneamente en períodos que oscilan entre 8 y 20 años, aunque se plantea que puede tener un ciclo de hasta los 25 años; de los cuales los últimos 20 años son la etapa productiva de la planta. Este espacio de tiempo es requerido para el desarrollo de una estructura floral en su meristemo apical.

2.1.3.3- Reproducción del henequén.

El henequén puede reproducirse tanto por vía sexual (semillas) como por la asexual o vegetativa, sin embargo, esta última puede ocurrir por medio de retoños producidos por los rizomas o mediante los bulbillos que se forman a partir de yemas aéreas encontradas en el escapo floral.

La reproducción sexual ocurre a partir de las flores que han sido fecundadas, la mayor parte de las semillas como resultado de este proceso no son viables, además, las plántulas obtenidas requieren atención especial en comparación a los otros medios de reproducción. Su desarrollo es demasiado lento por lo que la vía asexual ha sido la más utilizada, pues mediante esta se pueden maximizar las producciones agrícolas, logrando en menor tiempo establecer plantaciones homogéneas y de alta calidad (Malavert y González, 2018).

2.2- Vías de propagación del Henequén.

2.2.1- Propagación por rizomas.

Los hijos basales se producen en los rizomas, tallos subterráneos, carnosos y blancos que brotan de la base de la planta, variando en grosor y longitud y poseen numerosas hojas escamosas pequeñas que protegen los brotes, que posteriormente producen retoños. El brote terminal del rizoma da lugar aproximadamente después de un año a un retoño el que forma raíces adventicias, pudiendo así independizarse de la planta madre; una planta adulta de agave generalmente forma de uno a dos hijuelos al año (Chávez, 2018).

2.2.2- Propagación por bulbillos.

Los bulbillos se forman en la inflorescencia después de la floración, cada uno de ellos es una plántula completa con un cierto número de hojas pequeñas y raíces adventicias. El pedúnculo o quiote está cubierto por un cierto número de brácteas (cuyo extremo es una aguda espina) cada una de las cuales protege a una yema axilar. Normalmente estas yemas no brotan; pero pueden ser forzadas al podar el quiote en un estado temprano de su desarrollo (Ferwerda y Wit, 1987, citado por Chávez, 2018).

El número de bulbillos producidos por la planta varía según el tamaño de la inflorescencia, en un quiote grande se pueden formar entre 1800 y 2000 (Peña

et al., 1997; citado por Chávez, 2018). Los bulbillos no requieren de cuidados especiales y producirán raíces una vez plantados en suelo húmedo.

2.2.3- Micropropagación.

Con relación al *Agave fourcroydes* Lem., se ha establecido una metodología a partir de la generación de embriones somáticos, donde destaca una mayor calidad del proceso para la fase in vitro, quedando la fase ex vitro limitada solamente a estudios preliminares del proceso de aclimatización (González, 2002).

La propagación mediante cultivo de tejidos vegetales posibilita inducir en tejidos somáticos, procesos de división celular y morfogénesis, como es la producción de brotes y raíces. Cuando las plantas micropropagadas son transferidas de in vitro a macetas con sustrato y condiciones de aclimatación, se pretende que todas sobrevivan y adapten al nuevo ambiente, asumiendo cambios morfológicos y fisiológicos relacionados a la adaptación, además, de reiniciar el crecimiento (del Valle et al., 2021).

El esquema de micropropagación de plantas se divide en varias etapas: establecimiento del cultivo, multiplicación, enraizamiento y aclimatización. Sin embargo, la aclimatización se considera una de las fases más críticas dentro de este proceso, ya que es donde el material producido in vitro se transfiere a las condiciones ex vitro. Si esta transferencia no se realiza cuidadosamente, puede resultar en una significativa pérdida del material propagado. Esto se debe a las alteraciones producidas en la morfología, la anatomía y la fisiología de las plántulas como consecuencia del ambiente in vitro, lo que dificulta su adaptación a las condiciones naturales. Como resultado, un gran número de plántulas micropropagadas no sobreviven cuando son transferidas de las condiciones in vitro a las casas de cultivos o campo (Pérez *et al*., 2018)



A



B



C



D

Figura 1. Etapas del proceso de microprogación del *Agave fourcroydes* Lem. a) Establecimiento del cultivo, b) Multiplicación, c) Enraizamiento d) Aclimatización.

2.3- Vivero.

En el vivero se plantan aquellas posturas florales y de rizoma mayores de 10 cm. y su propósito es producir material de alta calidad para plantar en el más corto tiempo posible (MINAG, 2016).

- Selección del lugar:

Deberá situarse en las tierras altas y cercanas a la desfibradora o batey, de manera tal que las labores de atención al mismo se faciliten.

- Acondicionamiento del lugar:

El suelo a escoger para fomentar el vivero deberá ser rico en cal, de buen drenaje superficial e interno; deben ser tierras sueltas que faciliten la labranza, la tierra deberá nivelarse para el mejor aprovechamiento del agua, la aplicación uniforme de pulpa y para que las plantas tomen el fertilizante todas por igual.

La pulpa fresca se esparce hasta alcanzar una altura de 25-30 cm dejándose fermentar por un espacio de 45 días como mínimo.

- Selección de las posturas:

La talla de la postura destinada al vivero debe ser 15 a 25 cm en adelante, y su tiempo de estancia en el mismo puede oscilar entre 12 y 14 meses, alcanzando una altura de 45-50 cm.

- Método para plantar:

La orientación de los canteros deberá ser de este a oeste, permitiendo de esta forma un mejor aprovechamiento de la luz solar. El largo de los canteros no debe ser mayor de 100 m ni menor de 25 m.

En cada uno de ellos se plantarán 5 hileras separadas 30 cm una de otra con una distancia de narigón de 55 cm (de planta a planta sobre una misma hilera).

Entre uno y otro deberá dejarse 90 cm de calle. Cada 25 grupos de hileras debe dejarse una guardarraya de 5 m, además de las guardarrayas transversales que sean necesarias de acuerdo con la longitud del campo. Con este método obtenemos 40 875 pl/ha.

La siembra puede realizarse desde el mes de mayo hasta el mes de octubre, aprovechando las lluvias más abundantes.

- Aplicación de fertilizante:

Después de dos o tres meses posteriores a la plantación, cuando la postura esté bien enraizada, se riega con urea disuelta en agua a razón de 23 kg. por caballería, repitiéndose el tratamiento cada 2 meses aproximadamente. Así las posturas de henequén recibirán periódicamente nutrientes que ayudarán a su buen desarrollo.

- Atenciones culturales:

Pueden reducirse a mantener el terreno libre de malas hierbas, por medio del control químico o manual. El área libre de malezas es necesaria para la obtención de mejores posturas y para el aprovechamiento óptimo del fertilizante.

2.4- Estrategia para impulsar la calidad de las posturas (propágulos) en los viveros.

2.4.1- Manejo integrado de arvenses.

El control de las malas hierbas dentro del cultivo de henequén es de gran importancia. Pueden considerarse algunos métodos para su eliminación, tales como la chapea manual, chapea mecanizada de las calles y la aplicación de herbicidas (MINAG, 2016).

Se recomienda el uso de Biester y Gramoxone en dosis de:

Biester:

- 5,7 L en 1 130 litros de agua.
- 2 L/ha (417 litros de agua)

Debe aplicarse con una asperjadora de arrastre.

Gramoxone:

- 1,5 l/ha (1 320 litros de agua).
- 1,41 L/ha (417 litros de agua).

Debe aplicarse con mochila de mano.

Desde el momento en que se hace la plantación, hasta la primera cosecha, deberá realizar una chapea anual en los meses de noviembre-marzo, y en los meses de marzo-noviembre deberán aplicarse los herbicidas. De esta forma hacemos un uso racional, tanto del control químico como del manual.

En aquellas áreas completamente mecanizables es factible la rotura de las calles con cultivadores. Esta labor se llevará a cabo en primavera, para ayudar a la penetración del agua a través del suelo, y demás, airear la tierra, favoreciendo así el crecimiento radicular.

2.4.2. Empleo de productos estimuladores del crecimiento de origen natural.

Los bioestimulantes son sustancias o microorganismos que, aplicados en pequeñas cantidades, promueven el crecimiento y el desarrollo vegetal mediante la mejora de procesos metabólicos, la estimulación de la división celular o el

aumento de la disponibilidad de nutrientes. A continuación, se describen aquellos que serán evaluados en el presente proyecto.

2.4.2.1- FitoMas-E®.

El FitoMas-E® constituye el extracto líquido obtenido de la cachaza (residuo de la industria azucarera), rico en aminoácidos, ácidos húmicos, carbohidratos y macro y micronutrientes. Se ha demostrado que su aplicación foliar incrementa la altura, el número de hojas y la acumulación de biomasa en varios cultivos, incluido el henequén. En un estudio preliminar realizado en la Universidad de Matanzas (Rodríguez *et al*., 2015), plantas de henequén asperjado con FitoMas-E al 0,5 % (v/v) cada 15 días, durante la fase de vivero, mostraron un aumento del 22 % en la altura final, un 18 % más de hojas y un 30 % de incremento en la masa seca total en comparación con el testigo sin aplicación.

Se atribuye este efecto a la acción de los ácidos húmicos que estimulan la actividad de la enzima H^+-ATPasa, favoreciendo la absorción de nitratos y fosfatos, y a la presencia de aminoácidos que sirven como precursores de la síntesis de proteínas.

El presente proyecto, propone evaluar las dosis: 1, 1,5 y 2 L ha^{-1} (más un control sin aplicación). La primera aplicación se realizará a los 30 días del trasplante, y las demás aplicaciones a los 3 meses y a los 6 meses de la primera, mediante mochila de aspersión. Los resultados pueden demostrar una mejor respuesta en altura, ancho y área foliar con diferencias significativas.

2.4.2.2-QuitoMax®.

El QuitoMax® es un bioestimulante basado en oligosacáridos de quitosano (poly-D-glucosamina), obtenidos a partir de la desacetilación de la quitina de crustáceos. El quitosano actúa como elicitor, activando los mecanismos de defensa de las plantas (síntesis de fitoalexinas, lignificación, producción de especies reactivas de oxígeno) y al mismo tiempo promoviendo el crecimiento radical y la división celular (Bécquer *et al*., 2019; Bertrán, 2019). En especies como el naranjo agrio, plántulas de piña y caña de azúcar, la aplicación de QuitoMax en concentraciones de 50-500 mg L^{-1} ha resultado en aumentos significativos de la biomasa y de la supervivencia durante la aclimatización.

En henequén, no se dispone aún de información publicada, pero por su similitud fisiológica con otros agaves se espera una respuesta positiva. En este caso se propone sumergir las raíces de las posturas en una solución de QuitoMax a 200 mg L^{-1} durante 30 minutos antes del trasplante al vivero para estimular el enraizamiento temprano, y posteriormente aplicar por vía foliar en tres momentos: a los 30 días post-trasplante, a los 3 meses y a los 6 meses, con las concentraciones: 100 mg ha^{-1}, 200 mg ha^{-1} y 300 mg ha^{-1}. Se espera que este tratamiento induzca un sistema radical más profuso y una mayor resistencia a patógenos del suelo.

2.4.2.3- Microorganismos Eficientes (ME).

Los Microorganismos Eficientes (ME) son un cultivo mixto de bacterias fotosintéticas, ácido-lácticas y actinomicetos, levaduras y hongos fermentadores, desarrollado originalmente por el Dr. Teruo Higa. Aplicados al suelo o al follaje, los ME mejoran la estructura del suelo, solubilizan nutrientes, suprimen microorganismos patógenos y estimulan el crecimiento vegetal mediante la producción de fitohormonas (auxinas, citoquininas) y vitaminas (Abreu *et al*., 2024; Arias, 2022). En Cuba, los ME han sido utilizados exitosamente en la producción de hortalizas, plátano y caña de azúcar, con incrementos de rendimiento de un 15-25 %. En el vivero de henequén, se preparará una solución de ME a partir de un concentrado madre, y se aplicará mediante aspersión foliar con mochila en tres momentos: a los 30 días del trasplante, a los 3 meses y a los 6 meses, con dosis de 20 L ha^{-1},30 L ha^{-1} y 40 L ha^{-1}.

2.4.2.4. Nano partículas de Fe.

El uso de la nanotecnología se ha convertido en una herramienta revolucionaria para la agricultura moderna, aportando soluciones innovadoras frente a las limitaciones de los métodos tradicionales de producción. Actualmente ocupan diversas áreas que abarcan desde la protección de cultivos hasta la mejora de la eficiencia de los insumos agrícolas.

Razzaq y Zhou (2025), señalan que las nanopartículas, particularmente las de hierro, permiten la encapsulación precisa de auxinas, giberelinas, citoquininas y ácido abscísico, protegiéndolos de la degradación ambiental y posibilitando su liberación gradual en respuesta a estímulos como el pH o la temperatura. Por lo

cual se reduce la necesidad de aplicaciones frecuentes y minimiza la contaminación ambiental asociada al uso excesivo de agroquímicos.

Otra tendencia destacada es la mitigación del estrés abiótico (salinidad, sequía, temperaturas extremas) y biótico (patógenos y plagas), documentado por Azam *et al*. (2025), con el uso de NPs de hierro de origen fitogénico que activan genes relacionados con la defensa antioxidante, incrementan la producción de osmoprotectores y mejoran la eficiencia fotosintética bajo condiciones adversas.

Además, gracias a su alta superficie específica y sus propiedades magnéticas, las Fe-NPs permiten una liberación dirigida y controlada de fitohormonas, con una eficiencia de direccionamiento hacia raíces y brotes que alcanza el 85 % (Razzaq y Zhou, 2025).

En el caso del henequén (Menéndez, 2025), sugiere que las nanopartículas de hierro (10-30 nm de diámetro) corrigen eficientemente la clorosis férrica en suelos calcáreos, ya que su pequeño tamaño permite una absorción foliar rápida y propone asperjar una suspensión de nano-Fe (50 mg L^{-1}) cada 25 días a partir de los 40 días post-trasplante.

Por lo que este proyecto propone evaluar concentraciones más bajas: 20, 80 y 100 mg L^{-1}, las cuales se aplicarán mediante vía foliar con mochila de aspersión, en estos tres momentos: a los 30 días del trasplante, a los 3 meses y a los 6 meses después de la primera. Esto permitirá determinar si existe algún efecto positivo en posturas.

III. OBJETIVOS.

El **objetivo general** del proyecto es proponer una estrategia para impulsar el desarrollo de las posturas de henequén (propágulos) en condiciones de vivero, a partir del empleo de diferentes estimuladores del crecimiento y del manejo integrado de arvenses.

Objetivos específicos.

- ✓ Evaluar la respuesta productiva de las posturas de henequén (plántulas) a la aplicación de Microorganismos eficientes (ME), FitoMas-E®, QuitoMax® y Nanopartículas de hierro (NPs Fe), combinada con un manejo integrado de arvenses.

- ✓ Determinar la actividad metabólica de las plántulas a través de la cuantificación del contenido de azúcares reductores, carbohidratos totales, proteínas solubles totales y el porcentaje de supervivencia.
- ✓ Comparar la respuesta y calidad de las plantas provenientes del cultivo *in vitro*, con plantas provenientes de campo y el empleo de la mejor dosis determinada de cada bioproducto.
- ✓ Proponer una metodología para el uso de estos bioproductos en condiciones de vivero, combinada con el manejo integrado de arvenses, como estrategia para incrementar la calidad de las posturas y la eficiencia total del proceso.
- ✓ Determinar la efectividad económica de la aplicación de los bioproductos evaluados en la obtención de posturas de calidad para establecer en las plantaciones permanentes.

IV. RESULTADOS ESPERADOS.

Con la implementación de la estrategia propuesta se espera:

- ✓ Lograr una supervivencia de las posturas en vivero, que garanticen una densidad de población en los canteros por encima del 95 %, en contraste con los bajos por cientos (< 75) observado en las condiciones actuales.
- ✓ Incremento del crecimiento y el desarrollo de las plantas (posturas) de henequén en la etapa de vivero con una disminución de su estancia en esta fase de 16 y 18 meses a 12 y 14 meses aproximadamente.
- ✓ Lograr poblaciones de plantas de henequén homogéneas en viveros provenientes del campo.
- ✓ Obtención de plantas con un sistema radical más desarrollado y mayor calidad nutricional, lo que se traducirá en menores pérdidas post-trasplante a campo y en plantaciones más homogéneas, con mayor rendimiento en fibras.
- ✓ Proponer una metodología para el empleo de estos bioproductos, combinada con el manejo integrado de arvenses como estrategia a incorporar en las tecnologías de explotación de los viveros de henequén.

- ✓ Mayor eficiencia y rentabilidad de todo el proceso de explotación del cultivo del henequén, potencialmente más sostenible que el método tradicional.

V. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS. CRONOGRAMA.

5.1. Métodos y procedimientos.

La investigación se desarrollará en el vivero de la Unidad Empresarial de Base (UEB) “Antonio Berdayes”, ubicada en el municipio Limonar, Matanzas (Figura 2). perteneciente a la Empresa Nacional de Fibras Naturales. Se evaluará el efecto estimulador de los bioproductos propuestos, (FitoMas-E®, QuitoMax®, Microorganismos Eficientes y Nanopartículas de Fe), para ello se utilizará el método de investigación experimental, aplicando la metodología para los diseños experimentales de acuerdo con cada condición concreta, modelos matemáticos de análisis para el procesamiento de la información y la comparación de las medias.



Figura 2. Área experimental en el vivero de la UEB “Antonio Berdayes”

Los nuevos resultados del proyecto tendrán como salida principal toda la documentación tecnológica necesaria para la implementación y generalización de la estrategia propuesta. El principal beneficiario es la Empresa de Fibras Naturales (Empresa Nacional), además la población cercana a los viveros (Comunidad La Conchita y Limonar) y la Universidad (Resultados de la ciencia en publicaciones, tesis, eventos, etc.)

El proyecto consta de cuatro etapas fundamentales, que se propone desarrollar en tres años, cada etapa o unidad temporal en la planificación del mismo, se caracteriza por el método de investigación empleado y se conforma por un conjunto de tareas para las cuales se planifican los recursos humanos, financieros y materiales, y se definen los resultados y las salidas que lo avalan.

Etapa 1: Evaluación del efecto de cada bioproducto, a partir del estudio de diferentes dosis.

En este primer momento se desarrollarán experimentos independientes con cada bioproducto para evaluar el efecto de diferentes dosis, definidas de acuerdo con las recomendaciones aportada en la literatura consultada y experiencias preliminares con el propio cultivo. Se emplearán dos tipos de material de propagación: (a) hijos de rizomas provenientes de plantas de campo de áreas productivas seleccionadas y (b) vitroplantas aclimatizadas después de haber concluido la fase de previvero según el protocolo de Abreu (2009). Para cada ensayo se establecerá un diseño de bloques al azar con unidades experimentales conformadas por 25 plantas, con un marco de plantación de 0,40 x 0,20 m y cuatro repeticiones por tratamiento (16 unidades experimentales totales por cada experimento). En todos los casos se hará un control de las arvenses haciendo un manejo integrado de las mismas de acuerdo con los recursos disponibles. Los canteros serán enriquecidos con un sustrato de 10 cm de espesor, de pulpa de henequén descompuesta.

Dosis y diseño que se empleará por cada bioproducto (se repite con cada tipo de propágulo):

FitoMas-E®

Tratamiento 1: aplicación de FitoMas-E® (**1 L ha^{-1})**

Tratamiento 2: aplicación de FitoMas-E® (**1,5 L ha^{-1})**

Tratamiento 3: aplicación de FitoMas-E® (**2 L ha^{-1})**

Tratamiento 4: control (sin aplicación de FitoMas-E®)

QuitoMax®:

Tratamiento 1: aplicación de QuitoMax® **(100 mg ha^{-1}).**

Tratamiento 2: aplicación de QuitoMax® **(200 mg ha^{-1}).**

Tratamiento 3: aplicación de QuitoMax® **(300 mg ha^{-1}).**

Tratamiento 4: control (sin aplicación de QuitoMax®).

Microorganismos Eficientes (ME):

Tratamiento 1: aplicación de Microorganismos eficientes (ME) **(20 L ha^{-1}).**

Tratamiento 2: aplicación de Microorganismos eficientes (ME) **(30 L ha^{-1}).**

Tratamiento 3: aplicación de Microorganismos eficientes (ME) **(40 L ha^{-1}).**

Tratamiento 4: control (sin aplicación de ME).

Nano partículas de hierro (NPs Fe)

Tratamiento 1: aplicación de NPs Fe **(20 mg L^{-1})**

Tratamiento 2: aplicación de NPs Fe **(80 mg L^{-1})**

Tratamiento 3: aplicación de NPs Fe **(100 mg L^{-1})**

Tratamiento 4: control (sin aplicación de NPs Fe)

Durante el periodo de desarrollo se harán tres aplicaciones con cada bioproducto: inicialmente a los 30 días del trasplante para garantizar un buen arraigo de las posturas postrasplante y posteriormente a los tres y seis meses después de la primera aplicación.

Indicadores verificables

Durante el ciclo del vivero (etapa experimental) se medirá: Porcentaje de supervivencia, altura de la planta, número de hojas, diámetro basal del tallo y área foliar (mediante la ecuación AF = largo × ancho × 0,68) y al final del ciclo del vivero (final de la fase experimental) se determinará además la masa fresca de la parte aérea y radical, número de raíces, contenido de azúcares reductores, carbohidratos totales y proteínas solubles totales en hojas.

Etapa 2: Análisis comparativo del efecto de los bioproductos y de la respuesta del tipo de propágulo.

En esta etapa se ejecutará un experimento con arreglo bifactorial, también con un diseño de bloque al azar, para comparar el efecto de la mejor dosis de cada bioproducto, resultante del trabajo experimental anterior y los dos tipos de propágulos evaluados (Vitroplantas e hijos de rizomas), ocho unidades experimentales independientes en cada bloque con tres réplicas del bloque. El tamaño de las unidades experimentales y las condiciones experimentales se mantendrán de la misma manera que como se describió en la etapa anterior.

Tratamientos y diseño experimental:

Factor 1	Factor 2	Tratamientos
Microorganismos Eficientes (ME):	Vitroplantas	1
	Hijos de rizomas	2
QuitoMax®:	Vitroplantas	3
	Hijos de rizomas	4
FitoMas-E®	Vitroplantas	5
	Hijos de rizomas	6
Nano partículas de hierro (NPs Fe)	Vitroplantas	7
	Hijos de rizomas	8

Indicadores verificables

Durante el ciclo del vivero (etapa experimental) se medirá: Porcentaje de supervivencia, altura de la planta, número de hojas, diámetro basal del tallo y área foliar (mediante la ecuación AF = largo × ancho × 0,68) y al final del ciclo (final de la fase experimental) se determinará además la masa fresca de la parte

aérea y radical, número de raíces, contenido de azúcares reductores, carbohidratos totales y proteínas solubles totales en hojas.

Los datos se procesarán mediante los modelos de análisis matemáticos de acuerdo con el comportamiento de cada variable y el empleo del paquete estadístico STATGRAPHICS versión 5.0.

Etapa 3. Procesamiento de la información, análisis económico e informe final.

Se procesa toda la información a partir de los resultados en las etapas anteriores (fase experimental), se hace la evaluación económica y se entrega un Informe final donde se propone una metodología como estrategia para incrementar el desarrollo de las posturas de henequén en la fase de vivero, lo que conducirá a llevar un propágulo de mayor calidad a las áreas de plantación permanente que generen campos con poblaciones más homogéneas y mayor rendimiento en fibras.

Etapa 4. Implementación y generalización de los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos serán socializados en los consejos científicos técnicos de la Empresa con la participación de productores, especialistas y directivos. Se harán presentaciones en eventos científicos, talleres, demostraciones en campo, materiales instructivos, publicaciones, etc.

5.2. Cronograma.

Tabla 1. Cronograma de las principales tareas a ejecutar durante el desarrollo del proyecto.

Etapa	Fecha de inicio	Fecha de culminación	Tareas
Etapa 1: Evaluación del efecto de cada	Enero/2027	Febrero/2027	- Selección de las áreas y parcelas experimentales - Caracterización edafoclimática de la zona

bioproducto, a partir del estudio de diferentes dosis. (FitoMas-E®, QuitoMax®, Microorganismos Eficientes y nanopartículas de hierro).			- Selección del material vegetal a utilizar - Preparación de los canteros y conformar el esquema del diseño experimental - Montaje de los experimentos
	Febrero/2027	Abril/2028	- Seguimiento y evaluación de la fase experimental - Procesamiento de los resultados - Informe parcial
Etapa 2: Análisis comparativo del efecto de los bioproductos y de la respuesta del tipo de propágulo.	Abril/2028	Mayo/2028	- Selección de las áreas y parcelas experimentales - Selección del material vegetal a utilizar - Preparación de los canteros y conformar el esquema del diseño experimental - Montaje del experimento

	Mayo/2028	Junio/2029	- Seguimiento y evaluación de la fase experimental - Procesamiento de los resultados - Informe parcial
Etapa 3: Procesamiento de la información, análisis económico e informe final	Julio/2029	Septiembre/2029	- Procesamiento de toda la información. - Evaluación económica - Elaboración y entrega del Informe final - Se elabora una metodología para el empleo de los bioproductos como estrategia para incrementar el desarrollo de las posturas de henequén en la fase de vivero
Etapa 4: Implementación y generalización de	Octubre/2029	Diciembre/2029	- Socialización de los resultados obtenidos en los consejos científicos técnicos de la Empresa con la participación de productores,

los resultados obtenidos.			especialistas y directivos. - Presentaciones en eventos científicos, talleres, Demostraciones en campo, Elaboración de materiales instructivos, publicaciones, etc.

VI. RECURSOS NECESARIOS.

Tabla 3. Recursos humanos necesarios para el proyecto y remuneración.

Nombre y apellidos	Categoría docente	Grado científico	Entidad	% en que participa	% a Remunerar	Remuneración Mensual	Remuneración anual por participación en el proyecto
Enildo Abreu Cruz	Titular	Dr. C.	UM (Dpto. Agricultura)	30	30	2065,5	22 720,5
Leticia Fuentes Alfonso	Titular	Dr. C.	UM (CEBIO)	20	20	1 626.3	8 131.5
Ramón Liriano González	Titular	Dr. C.	UM (Dpto.	20	20	1 377.00	6 885

			Agricultura)				
Yariel González Pérez	Asistente	M. Sc.	UM (Dpto. Agricultura)	20	20	1 012.00	11 132
Jovana Pérez Ramos	-	M. Sc.	UM (CEBIO)	20	20	930	9 300
Yusleidys Cortés Martínez	Instructor	M. Sc.	UM (CEBIO)	20	20	930	9 300
Idania Rodríguez Martínez	Asistente	M. Sc	UM (Dpto. Agricultura)	10	20	550	1 100
Sergio Rodríguez Jiménez	Titular	Dr. C	UM (CEBIO)	20	20	1 327	14 597
Conrado Camacho Campos	Auxiliar	M. Sc.	UM (CEBIO)	10	20	1 200	1 200
Ing. Empresa de Fibras Naturales		Ing.	Empresa Fibras Naturales	20	20	1212	13 332

Especialista de la Empresa de Fibras Naturales		Ing.	Empresa de Fibras Naturales	20	20	682	4 092
Técnico de la Empresa de Fibras Naturales			Empresa de Fibras Naturales	20	20	682	2 728
Obrero de la Empresa de Fibras Naturales			Empresa de Fibras Naturales	20	20	508	3 048
Alianny Galbán Alvarez		Estudiante	FCA	20	20	722	7 220
Total				**$ 92 065.5**			

Tabla 4. Recursos Materiales que aportan las instituciones participantes.

Aporte institucional	Materiales
Universidad de Matanzas	Infraestructura con instrumentación para medición y procesamientos de muestras
	Reactivos y utensilios de laboratorio
	Alcohol

Universidad de Matanzas	Hormonas y sales minerales
	Vitrofural
	Medio de cultivo Vitrocen
	Azúcar refino
	Cristalería
	Fósforos
	Pinzas
	Papel de filtro
	Hojas de bisturí
	Frascos para siembra *in vitro*
	Gas licuado
Universidad de Matanzas	Bioestimuladores: (Microorganismos eficientes, · FitoMas-E®, QuitoMax®) y Nanopartículas de hierro)
Empresa de Fibras Naturales	Material de propagación (posturas de campo)
	Materia orgánica (pulpa de henequén descompuesta)
	Estacas, cinta métrica, cordeles, mochila de aspersión, medios para la identificación de las parcelas experimentales.
	Instrumentos y herramientas de trabajo, medios de protección
	Medios para la movilidad (Transporte)

Tabla 4.1. Recursos materiales que son necesarios adquirir en el proyecto.

Recursos	**Cantidad**	**Costo unitario (CUP)**	**Costo total (CUP)**
FitoMas-E®	20 L	$ 82,67 /L	1 653,4
QuitoMax®	1 L	$1000 /L (4g L^{-1})	1000
Microorganismos eficientes (ME)	40 L	$ 60,87 /L	2 434.8
Nanopartículas Fe (NPs Fe)	un frasco de 8 gramos	$1 800.00 (MN)/ frasco de 8 gramos	1 800
Sub total	-	-	**$ 6 888.2**
Otros recursos necesarios de adquirir	-	-	-
Mochilas de aspersión	2	-	-
Herramientas manuales varios	Azadas o escardaderas, cuchillos.	-	-
Medios de protección	guantes, botas, etc	-	-
Material de oficina y logística varios	Paquetes de hojas, tonel de impresoras, etc	**-**	-
Sub total		**-**	**$ 150 000.00**
Total	-	-	**$ 156 888.2**

Otras actividades que requieren ser financiadas.

Tabla 4.2. Viajes y dietas por año de duración del proyecto.

Actividad	2027	2028	2029	Total
Planificacion, control y seguimiento de los experimentos	$ 50 000.00	$ 50 000.00	$ 25 000.00	$ 125 000.00
Transporte para compra de los productos estimuladores	$ 50 000.00	-	-	$ 50 000.00
Total	$ 100 000.00	$ 50 000.00	$ 25 000.00	**$ 175 000.00**

VII. PRESUPUESTO.

PRESUPUESTO GLOBAL DEL PROYECTO				
Concepto	**Años**			**Total**
	2027	**2028**	**2029**	
Salario(1)	-	-	-	-
Otras retribuciones (2)	-	-	-	-
Salario complementario (9,09 % del salario total anual) (3)	-	-	-	-
Subtotal (4)	-	-	-	-

Seg. Social (hasta 14% del total de los salarios) (5)	-	-	-	-
10% de impuestos por la utilización de la fuerza de trabajo(6)	-	-	-	-
Recursos materiales (7)	56 888.2	50 000.00	25 000.00	
Subcontrataciones (8)				
Otros recursos (9)	100 000.00	50 000.00	25 000.00	
Subtotal (10)	156 888.2	100 000.00	50 000.00	306 888.2
Remuneraciones	92 065.5	92 065.5	92 065.5	276 196.5
Total Gastos Corrientes Directos (11)	248 953.7	192 065.00	142 065.00	583 083.7
Gastos de Capital (12)	-	-	-	-
Gastos Indirectos (13)	-	-	-	-
Total de Gasto (14)	248 953.7	192 065.00	142 065.00	583 083.7
Aporte al Conocimiento (15)	-	-	50 000.00	50 000.00
Ganancia (16)	-	-	-	
Total Gastos del Proyecto (17)= 14+15+16	248 953.7	192 065.00	192 065.00	**633 083.07**

Aporte de la Empresa (30%)	74 686,11	57 619,5	57 619,5	189 925.11
Financiamiento CITMA	174 267.59	134 445.5	134 445.5	443 158.59

Para el cálculo del presupuesto del proyecto, se tuvo en cuenta las indicaciones metodológicas para la actividad de programas y proyectos de ciencia, tecnología e innovación (Gómez *et al*., 2020), adaptada a las condiciones de la entidad ejecutora y participante.

Recursos materiales (7): Presupuesto vinculado a los gastos previstos para la adquisición de los recursos materiales necesarios para la ejecución del proyecto.

Subcontrataciones (8): Presupuesto para el pago de los servicios o actividades que la entidad ejecutora principal prevé contratar para la ejecución del proyecto.

Otros recursos (9): Presupuesto para todo tipo de recursos y actividades que requieran financiamiento, tales como: investigación del estado de la técnica, vigilancia tecnológica, protección legal de los resultados, aseguramiento de la calidad, gestión ambiental, formación de recursos humanos, publicación de documentos, viajes y dietas, pago de licencias, gastos de celebración de eventos, entre otros.

Sub-total (10): Cifra que incluye la suma de (5), (6), (7), (8) y (9).

Total de gastos corrientes directos (11): Se calcula sumando los subtotales (4) y (10).

En este caso se puede determinar multiplicando el subtotal (4) por el coeficiente de gastos indirectos de la entidad ejecutora del Proyecto. El coeficiente debe ser certificado por cada OACE y debe ser menor de uno siempre.

Total de Gasto (14)

Aporte al Conocimiento (15): Este monto constituye el financiamiento que asignamos por el aporte de conocimientos y soluciones científicos técnicas incorporadas a los proyectos, y no puede exceder del 25% del costo total del proyecto.

Total General del Proyecto (17): 14+15+16.

VIII. EVALUACIÓN ECONÓMICO – FINANCIERA Y AMBIENTAL.

El costo actual de producción de una postura de henequén en vivero, bajo el método tradicional, se estima en 0,32 CUP, y para alcanzar la talla de trasplante requieren de 16 a 18 meses. Con la incorporación de los bioestimulantes no hay un incremento significativo del costo por planta, debido a que estos productos se emplean en dosis muy bajas y se comercializan a precios muy asequibles para los productores, con la incorporación de esta tecnología y el manejo integrado de plantas para controlar las arvenses, estaremos proponiendo una estrategia tecnológica que permitirá reducir el costo por planta por concepto de acortar el ciclo a 12-14 meses, lo que incrementaría la rotación del vivero y la cantidad de plantas disponibles anualmente, al tiempo que se obtiene una postura de mayor calidad, y una reducción del tiempo para la entrada en producción de estas plantaciones.

Con una demanda anual de 500 000 posturas para la empresa, el ahorro económico sería significativo, podría rondar los 20,000 CUP y permitiría destinar recursos a otras áreas del programa de desarrollo henequenero. La inversión se recuperaría desde el primer año gracias al incremento de la producción.

Desde el punto de vista ambiental, la propuesta promueve el uso de subproductos de la industria azucarera (FitoMas-E), pesquera y de recursos locales (ME, bagazo), reduciendo la dependencia de insumos externos y químicos. La eliminación o reducción de herbicidas químicos y la incorporación de materia orgánica, que contribuyen a la conservación del suelo, la biodiversidad y la calidad del agua. Asimismo, la mejora en la supervivencia reduce la presión sobre los planteles semilleros y favorece la recuperación de la cubierta vegetal en áreas degradadas, alineándose con los principios de la agricultura sostenible y la adaptación al cambio climático.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Abreu, E. 2009. Aclimatización de plántulas de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) y su evaluación en la etapa de previvero. La Habana. Tésis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).
2. Abreu, E. O.; González, R. L.; Pérez, Y.; Pérez, J.; Cruz, M. O. y de los Ángeles, Y. 2024. Efecto de los Microorganismos Eficientes en el rendimiento biológico de plántulas de henequén en vivero. Ingeniería Agrícola. 14(4): 1-8.
3. 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.
4. Azam, R.; Malik, K.; Sultana, T.; Arooj, F. y Kazmi, A. 2025. Plant-mediated bioinspired iron nanoparticles as an alternative to enhance crop resistance against biotic and abiotic stress; a review. Physiological and Molecular Plant Pathology. 136(1): 102-586.
5. Bécquer, C. J.; González, P. J.; Ávila, U.; Nápoles, J. A.; Galdo, Y.; Muir, I.; Hernández, M.; Quintana, M. y Medinilla, F. 2019. Efecto de la inoculación de microorganismos benéficos y Quitomax® en *Cenchrus ciliaris* L., en condiciones de sequía agrícola. Pastos y Forrajes. 42(1): 39-47.
6. Bertrán, 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 “Camilo Cienfuegos”.
7. Bustos, V. G.; Castillo, H. L.; Trujillo, R. D. y Hernández R. V. 2024. El cultivo de henequén (*Agave fourcroydes*), como alternativa de producción en el Sur de Tamaulipas-México. Ciencia Latina. 8(3): 10463-10473.
8. Castillo, J. F. y Flores, E. A. 2020. La fibra del henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) como una opción para materiales compuestos amigables con el medio ambiente. Desde el Herbario CICY. 12(1): 99-105.
9. Cervantes, A. y de los Ángeles, 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 “Camilo Cienfuegos”.

10. Chávez, B. 2018. Evaluación de tres dosis de “QuitoMax” en el rendimiento biológico de plántulas de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) en condiciones de vivero. Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.
11. Chigodi, M. O.; David, K.; Samoei, D. K. y Muthangya, M. 2013. Phytochemical screening of Agave sisalana perrine leaves (waste). International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology. 4(4): 200-204.
12. Cruz, M. O. 2021. Recuperación de las potencialidades de la producción henequenera en Matanzas. Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.
13. del Valle, J. R. E.; Ortiz, G. R.; Velasco, V. A. V. y Hernández, E. L. 2021. Fertilización durante la aclimatación en invernadero de plantas de *Agave potatorum* micropropagadas. Mexicana de Agroecosistemas. 8(1): 36-45.
14. Elicriso. 2017. ¿Cómo cultivar y curar las plantas? Agave. [en línea] Disponible en: http://www.elicriso.it/es/como_cultivar/agave/ [Consulta: 6 diciembre 2024].
15. Fontes, E. 2017. Evaluación de vitroplantas de henequén (*Agave fourcroydes* 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 “Camilo Cienfuegos”.
16. Gómez, J.; Cruz, R. O.; Páez, M. y González, Y. 2020. Indicaciones metodológicas para la actividad de programas y proyectos de ciencia, tecnología e investigación. La Habana. CITMA. 108 p.
17. González, G.; Alemán, S. Barredo, F. y Robert, M. L. 2002. Embriogénesis somática en henequén (*Agave fourcroydes* Lem.). Biotecnología Vegetal. 2(1): 3-8.
18. Malavert, C. y Gonzáles, G. 2018. Efecto de la sustitución de un hidrolizado enzimático de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) como medio de cultivo para la propagación in vitro de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.). Ceiba. 55(1): 38-44.

19. Menéndez, M. A. 2025. Uso de las nanopartículas de hierro (NPs Fe) en la aclimatización de vitroplantas de henequén. Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.
20. Mielenz, J. R.; Rodriguez, M. Jr.; Thompson, O. A.; Yang, X. y Yin, H. 2015. Development of Agave as a dedicated biomass source: production of biofuels from whole plants. Biotechnology for Biofuels. 8(1): 79p.
21. Ministerio de la Agricultura (MINAG). 2016. Instructivo técnico del cultivo del henequén. Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova”. La Habana. 19 p.
22. Pérez, Y.; Sosa, M.; Rubio, Y.; Fuentes, L.; Pérez, J. y Cortés, Y. 2018. Aclimatización de vitroplantas de *Agave fourcroydes* Lem. (henequén). Plantas Medicinales. 23(2).
23. Razzaq, S. y Zhou, B. 2025. Revolutionizing crop production with iron nanoparticles for controlled release of plant growth regulators and abiotic stress resistance. Plant Nano Biology. 13(1): 100-172.
24. Rodríguez, I. 2016. El henequén (*Agave fourcroydes* Lem.): un cultivo promisorio en el desarrollo de una agricultura sostenible. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. 44 p. (Monografía).
25. Rodríguez, I.; Abreu, E. O.; González, G.; Sosa del Castillo, M. y Fragela, M. 2015. Evaluación del uso del bioestimulador del crecimiento Fitomas-e® en el cultivo de plantas de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) en fase de vivero. Universidad de Matanzas. Matanzas. Cuba.
26. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2018. Henequén: el oro verde yucateco. [en línea] Disponible en: https://www.gob.mx/siap/es/articulos/henequen-el-oro-verde-yucateco [Consulta: 7 diciembre 2024].
27. Terry, C., Castellanos G., L., Hernández Castellanos, M. y González O., G. 2015. Posibilidades del henequén (*Agave fourcroydes*) para el control de plagas de los cultivos. Agroecosistemas. 3(2): 514-524.
28. 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”.