

**Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero  
Agrónomo**

**Título: Tecnología para la introducción de Sacha Inchi  
(*Plukenetia volubilis* L.), en las condiciones de la finca  
Punta La Cueva, municipio Cienfuegos**

**Autor: Danny D. Palacios Abreus**

**Tutor: M. Sc José R. Mesa Reinaldo**

**Curso 2021**



## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la tecnología para la introducción de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), en las condiciones de la finca Punta La Cueva, municipio Cienfuegos, se desarrolló el presente trabajo, durante el período comprendido de mayo de 2019 a junio de 2021, en un ecosistema costero, sobre un suelo pardo con carbonatos típico, a 6 msnmm. Como material biológico se utilizaron semillas de Sacha inchi y ME-UCf, biopreparado a base de microorganismos eficientes, producido en la Universidad de Cienfuegos. Para el montaje del trabajo se empleó un diseño experimental en bloque al azar con tres tratamientos y cuatro réplicas. Se caracterizó el ecosistema de la finca, para validar si cumple los requisitos edafoclimáticos del cultivo. Se realizaron dos experimentos. En el primero se evaluó el efecto de ME-UCf sobre la producción de posturas y en el segundo, se evaluaron la fenología, los rendimientos agrícolas y se estableció la tecnología para la producción de posturas y el desarrollo del cultivo. Al concluir el trabajo, se realizó la caracterización del agro ecosistema, lo que permitió determinar los factores limitantes del cultivo, se determinó la factibilidad del empleo de ME-UCf en la producción y desarrollo de posturas en vivero, se observó un desarrollo acelerado en la fenología del cultivo, resultado de la ubicación geográfica y diferencias climáticas y se propone la tecnología para desarrollar el cultivo en las condiciones de la finca Punta la Cueva y Cienfuegos.

**Palabras clave:** evaluación, ecosistema costero, rentabilidad.

## **SUMMARY**

With the objective of evaluating the technology for the introduction of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), in the conditions of the Punta La Cueva farm, Cienfuegos municipality, this work was developed, during the period from May 2019 to June, 2021, in a coastal ecosystem, on a brown soil with typical carbonates, at 6 meters above sea level. As biological material, seeds of Sacha inchi and ME-UCf were used, bioprepared based on efficient microorganisms, produced at the University of Cienfuegos. For the assembly of the work, a randomized block experimental design with three treatments and four replications was used. The ecosystem of the farm was characterized to validate if it meets the edaphoclimatic requirements of the crop. Two experiments were carried out. In the first, the effect of ME-UCf on the production of seedlings was evaluated and in the second, the phenology, agricultural yields were evaluated and the technology for the production of seedlings and the development of the crop was established. At the end of the work, the characterization of the agro-ecosystem was carried out, which allowed determining the limiting factors of the crop, the feasibility of using ME-UCf in the production and development of nursery positions was determined, an accelerated development was observed in the The phenology of the crop, as a result of the geographical location and climatic differences, and the technology is proposed to develop the crop under the conditions of the Punta la Cueva and Cienfuegos farms.

**Keywords: evaluation, coastal ecosystem, profitability.**

# Índice

## Contenido

<b>RESUMEN</b> .....	II
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
1.1 Introducción .....	4
1.2 Importancia .....	8
1.3 Tecnología .....	9
1.4 Desarrollo de Sacha en Cienfuegos .....	11
1.5 Microorganismos eficientes. Origen.....	13
<b>CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	18
2.1 Caracterización del agro ecosistema de la Finca .....	18
2.2 Evaluación del efecto de ME-UCf, sobre el crecimiento y desarrollo de las posturas.....	19
2.3 Determinar el comportamiento de los indicadores morfoagronómicos y productivos del cultivo a partir de la plantación .....	19
2.4 Establecer la Tecnología para la producción de Sacha inchi en Cienfuegos .....	20
<b>CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	22
3.1 Caracterización del ecosistema.....	22
3.2 Efecto de ME-UCf, sobre el crecimiento y desarrollo de las posturas. ....	28
3.3 Rendimiento:.....	32
3.4 Tecnología para la producción de Sacha inchi en Cienfuegos. ....	35
<b>CONCLUSIONES</b> .....	37
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	38
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	39

## INTRODUCCIÓN

Sacha inchi, (*Plukenetia volubilis* L), es una planta nativa de la Amazonía Peruana descrita por primera vez, como especie, en el año 1753 por el Naturalista Linneo. Es una planta trepadora, perenne y de tipo voluble que alcanza una altura de dos metros, tiene flores femeninas y masculinas en la base de cada racimo y sus frutos son en forma de estrella que tienen entre cuatro y ocho lóbulos. Éstos se dividen cuando el fruto madura y se seca. En el fruto maduro se encuentran las semillas que son de color marrón oscuro, corrugadas y venadas de forma lenticular y con 1,5 a 2 cm de diámetro (ECURED, 2019).

Para mayor desarrollo y producción, el Sacha inchi necesita terrenos con buen drenaje, a nivel superficial y profundo. Los suelos francos y de buen drenaje le permiten mejor penetración de las raíces. El ciclo productivo de Sacha inchi comienza a los siete meses, con formación de flores y frutos maduros todo el año, con menor productividad en la época de máxima precipitación (Blair, et al., 2016).

Se desarrolla a altura entre 100 y 1500 m.s.n.m. El rango óptimo de precipitación está entre 850 y 1500 mm/año. El riego es indispensable en los meses secos y períodos prolongados de sequía o de baja temperatura, causan disminución en el crecimiento y la productividad., mientras que el exceso de agua incrementa el ataque de enfermedades y ocasiona daño a las plantas (Panduro, 2019).

Alayón y Echeverri (2016), plantean que el interés por el cultivo se debe al alto porcentaje de ácidos grasos insaturados (omega 3 y omega 6) y proteínas ricas en aminoácidos como cisteína, tirosina, treonina y triptófano. Estas características químicas, hacen que sea indispensable en la dieta, lo que hace al aceite de Sacha inchi un producto con mucho potencial en el mercado global al contener Omega 3 (48 %), Omega 6 (36 %), Omega 9 (9 %), proteínas (33 %) y antioxidantes (50 %), cuyo consumo le da energía al cerebro, limpia el torrente sanguíneo, y lleva los nutrientes a las células.

Las investigaciones sobre este cultivo en Cuba, han estado lideradas por la Entidad de Ciencia Tecnología e Innovación (ECTI) Sierra Maestra (Blair et al., 2016) y su manejo agronómico bajo condiciones controladas o cultivo intensivo, ha sido muy poco estudiado, por lo que resulta indispensable implementar investigaciones en su

fenología, biología floral, resistencia a plagas, resistencia a la humedad, al stress hídrico y su comportamiento en la agroindustria.

En la provincia de Cienfuegos, se decidió desarrollar el cultivo, a través de una estrategia que prevé la producción de posturas en el Vivero ubicado en la Finca “Punta La Cueva”, con el objetivo de centralizar la semilla en un único lugar y evitar de esa forma que la misma se disemine en áreas no autorizadas, para luego vender la postura por ficha de costo, a los productores vinculados a la iniciativa, para plantar una hectárea en cada finca, con lo que Punta La Cueva servirá de Unidad de referencia para la capacitación de estos productores por parte del personal involucrado en el proyecto.

De forma contradictoria, los sistemas tradicionales de cultivos como el Sacha inchi, son cada vez más dependientes en el uso de insumos químicos, desde la producción de plántulas hasta su instalación en campo definitivo, lo cual afecta de manera negativa al agroecosistema, alterándose el equilibrio de las comunidades bióticas. Frente a esto, la agricultura orgánica con el uso de microorganismos, se presenta como una alternativa amigable con el ambiente, para garantizar la conservación de los recursos naturales y la seguridad alimentaria en la región (Panduro, 2019).

Entre estos microorganismos se encuentran los llamados Microorganismos eficientes (ME), combinación de microorganismos beneficiosos que según Morocho y Leiva (2019), se componen de cinco grupos microbianos generales: bacterias fotosintéticas, bacterias ácido lácticas, levaduras, actinomicetos y hongos filamentosos con capacidad fermentativa que como tecnología, han demostrado que la inoculación de cultivos de ME al ecosistema suelo/planta mejora la calidad de los suelos, el crecimiento, el rendimiento y la calidad de los cultivos.

En la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Cienfuegos, se ha trabajado en el desarrollo y validación mediante experimentos de campo, de un biopreparado a base de microorganismos eficientes (ME- UCf), obtenido a partir de su extracción de bosques primarios (Mesa, et al., 2018), pero no se han realizado investigaciones del empleo del biopreparado en Sacha inchi, en las condiciones de la finca Punta La Cueva, municipio Cienfuegos, por lo que la presente investigación busca generar metodologías sostenibles para la producción y manejo del cultivo de Sacha inchi y

conservar las comunidades edáficas, que mejoran la calidad del sustrato en el que se desarrolla la planta, pero se desconoce, el posible desarrollo del cultivo en las condiciones del agroecosistema Punta La Cueva, lo que motiva al siguiente problema científico:

### **Problema**

¿Cuál será la tecnología para el desarrollo de la Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), en las condiciones del ecosistema Punta La Cueva, municipio Cienfuegos?

### **Hipótesis.**

Si se elabora una tecnología para el desarrollo de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), en las condiciones de la finca Punta La Cueva, municipio Cienfuegos se podrá establecer de manera satisfactoria este cultivo.

### **Objetivo general**

Establecer la tecnología para la introducción de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), en las condiciones de la finca Punta La Cueva, municipio Cienfuegos

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar el ecosistema agropecuario de la Finca Punta La Cueva
- Evaluar el efecto de ME-UCf, sobre el crecimiento y desarrollo de las posturas.
- Determinar el comportamiento de los indicadores morfoagronómicos y productivos del cultivo a partir de su plantación.
- Proponer la Tecnología para la producción de Sacha inchi en Cienfuegos.

# CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 Introducción

*Plukenetia volubilis* L., conocido como Sacha inchi, maní del inca o maní del monte perteneciente a la familia Euphorbiaceae, crece en climas cálidos, hasta 1 500 m de altitud y es una enredadera leñosa oleaginosa, originaria de la selva tropical del Amazonas. Los frutos son cápsulas con 4-7 lóculos con una semilla por lóculo. En los bosques tropicales, *P. volubilis* crece a la sombra de un dosel, pero para producción comercial, este se cultiva en terrenos despejados. Las semillas de Sacha inchi tienen alto contenido de proteínas (27-30%) y aceite (40-60%), es rico en vitaminas E y A (Fu et al., 2015). El aceite de *P. volubilis* tiene un gran potencial económico en cosmética, farmacéutica y las industrias de alimentos por su contenido de ácidos grasos poliinsaturados, Omega 3, 6 y 9, los cuales son esenciales para la vida humana (Chirinos et al., 2013; Fu et al., 2015).

Además de su valioso aceite presenta otros compuestos bioactivos, como los tocoferoles, carotenos, compuestos polifenólicos y fitoesteroles. Numerosos beneficios para la salud han sido atribuidos a los fitosteroles, tocoferoles, carotenoides y compuestos fenólicos, a los fitoesteroles se les atribuye la reducción del colesterol en la sangre y la disminución del riesgo de ciertos tipos de cáncer. Los tocoferoles muestran una fuerte actividad antioxidante, que confiere protección contra la peroxidación de lípidos en los tejidos biológicos y en alimentos. Los carotenoides y compuestos fenólicos son considerados como promovedores de la salud humana (Alayón y Echeverri, 2016)

Se han realizado diferentes estudios en *P. volubilis* orientados a la composición química y fitoquímica de sus semillas, en especial de sus aceites. Otro uso posible del aceite de Sacha inchi es como biocombustible, no obstante este se ha confirmado como inhibidor de *Staphylococcus aureus* Rosembach, usado en células dérmicas de piel humana (González et al., 2015). Todos estos estudios se han realizado con el objetivo de ofrecer más información sobre las propiedades funcionales de las semillas de *P.*

*volubilis* para promover el consumo en los mercados locales e internacionales dado sus propiedades e importancia económica (Acosta, 2018)

### **Distribución geográfica**

Sacha inchi se ha encontrado desde América Central hasta Bolivia, en América del Sur se ha registrado en la Amazonía peruana, boliviana y en las Antillas. En Perú están distribuidos por lo general en las zonas selváticas de los departamentos de San Martín, Ucayali y Loreto. En Colombia se encuentra en estado silvestre en diversos lugares de la Orino-Amazonia y en el pacífico (Chirinos, et al., 2013).

### **Botánica**

El género *Plukenetia* pertenece a la familia Euphorbiaceae y está integrado por 19 especies. Tiene una distribución pantropical, hallándose 12 especies en sudamérica y Centroamérica y las restantes en el viejo mundo, con la posibilidad de existir otras especies que no son conocidas.

### **Clasificación Taxonómica**

Al referirse a la botánica de Sacha inchi Blair et al. (2016), proponen la clasificación botánica de la planta siguiente:

Reino: Plantae

División: Angiospermae

Clase: Dicotiledonea

Orden: Geraniales

Familia: Euphorbiaceae

Género: *Plukenetia*

Especie: *volubilis*

Nombre científico: *Plukenetia volubilis* L.

Nombre común: Sacha Inchi, maní del Inca, maní del monte.

### **Morfología general**

Perudiverso (2009), citado por Blair et al. (2016), describe la siguiente morfología para el cultivo:

**Planta:** Trepadora, voluble, semileñosa, de altura indeterminada.

**Hojas:** Alternas, de color verde oscuro, oval - elípticas, aseruladas y pinnitinervias, de 9 – 16 cm de largo y 6 – 10 cm. ancho. El ápice es puntiagudo y la base es plana o semiarriñonada.

**Flores:** Es una planta hermafrodita, las flores presentan una polinización cruzada, lo cual implica que se trata de una especie alógama. El conocimiento del tipo de reproducción es de suma importancia para futuros trabajos de mejoramiento genético de la especie. En Sacha inchi se observan dos tipos de flores (Figura 1):

- Masculinas: Son pequeñas, blanquecinas, dispuestas en racimos.
- Femeninas: Se encuentran en la base del racimo y ubicadas al lateral de una a dos flores.

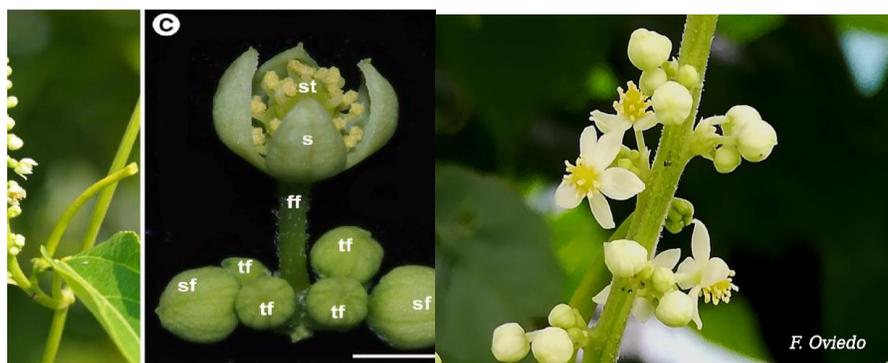


Figura 1 Flores de Sacha inchi

**Fruto:** Es una cápsula, de 3,5 cm a 4,5 cm. de diámetro, con 4-8 lóbulos aristados (tetralobados) dentro de los cuales se encuentran las semillas. Con algunas excepciones, ciertos ecotipos presentan cápsulas con cinco a siete lóbulos.

**Semilla:** Es ovalada, de color marrón oscuro, abultadas en el centro y aplastadas hacia el borde. Según los ecotipos, el diámetro fluctúa entre 1,3 cm y 2,1 cm.

En la figura 2, se pueden observar las características de las flores (a), las semillas (b) y los frutos (c).



**Figura 2. Características de las flores (a), semillas (b) y frutos (c) de Sacha inchi. Ecología (Blair, 2016):**

**Temperatura:** Crece y tiene buen comportamiento a diversas temperaturas que caracterizan a la Amazonía Peruana (mín. 10°C y máx. 30°C). Las temperaturas muy altas son desfavorables y ocasionan la caída de flores y frutos pequeños, en especial a los recién formados

**Altitud:** Crece desde los 70 m.s.n.m. a 1650 m.s.n.m.

**Luz:** A bajas intensidades de luz, la planta necesita de mayor número de días para completar su ciclo vegetativo; cuando la sombra es muy intensa la floración disminuye y por lo tanto la producción es menor.

**Agua:** Es una planta que requiere de disponibilidad permanente de agua, para tener un crecimiento sostenido; puede mejorar más aún si las lluvias se distribuyen en forma uniforme durante los 12 meses (850 a 1 500 mm). El riego es indispensable en los meses secos. Períodos prolongados de sequía o de baja temperatura, causan un crecimiento lento y dificultoso. El exceso de agua ocasiona daño a las plantas e incrementa los daños por enfermedades.

**Suelo:** Tiene amplia adaptación a diferentes tipos de suelo; crece en suelos con un rango de pH óptimo de 5,5 a 7,5

**Drenaje:** Necesita terrenos con drenaje adecuado, que eliminen el exceso de agua tanto a nivel superficial como profundo.

### **Control fitosanitario**

En el cultivo se pueden presentar diferentes plagas. Las de mayor importancia son los ataques de los nematodos *Meloidogyne spp.* *Aphelenchus sp.* Estos tienen la capacidad de ingresar a las raíces donde producen heridas al dejar espacio para la invasión de los hongos que al no ser la primera causa de enfermedad son de gran importancia ya que hongos como *Fusarium sp.*, *Macrophomina sp.*, *Alternaria sp.* y *Rhizoctonia sp.* pueden llegar a causar daños en los tejidos de las plantas y causar pudrición total de las raíces, lo que da como resultado la muerte de la planta, por lo que resultan el principal problema fitosanitario causante de los elevados índices de mortandad de plantas en producción y a su vez de infección a sus frutos. (Coronado, 2018).

### **1.2 Importancia**

La importancia de esta especie radica en que de sus semillas se obtiene un aceite de alta calidad alimenticia. En la industria alimentaria existe la tendencia de utilizar cultivos promisorios como materia prima para la obtención de nutrientes, y uno de los cultivos que ha ganado terreno en el mercado internacional es el de la Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L) que por su alto contenido en omegas 3, 6 y 9, proteínas y vitaminas, la hacen una especie muy atractiva para dinamizar la economía agrícola e industrial (Coronado, 2018)

Dada la importancia de este cultivo, es necesario e importante realizar las investigaciones en manejo agronómico, mejoramiento genético, manejo integrado de plagas y agroindustria, a fin de seleccionar los materiales genéticos que presenten tolerancia a *Meloidogynes pp.* y *Fusarium spp.*, con buenos rendimientos y altos contenidos de aceites, de manera que se puedan obtener variedades con las que se puedan competir en la industria de aceites en el mercado nacional e internacional.

## 1.3 Tecnología

### Siembra

La siembra se realiza a una distancia de 3,0 m entre línea o calles y 3,0 m entre plantas, con una densidad de 1 111 plantas.ha<sup>-1</sup>; la semilla a utilizar es botánica, seleccionada o certificada que garantice tres aspectos importantes, alta productividad, resistencia al complejo Nematodos-Fusarium y alto contenido de aceite (> del 50 %) (Blair, 2016).

- **Siembra directa:** este sistema de siembra consiste en sembrar directo al suelo. Aquellas semillas que presenten mayor a 60 días de cosechado y se quiere implementar para siembra directa, se debe realizar una escarificación manual para así favorecer a la germinación de la semilla, además se deben sembrar dos semillas por hoyo realizado y colocar la semilla a una profundidad de 3,0 cm. (Blair, 2016).
- **Siembra indirecta:** Consiste en realizar una pregerminación de la semilla a través de almácigos y trasplantar a bolsas para así obtener material vegetal para llevar a campo. Una de las ventajas de este sistema es que se puede seleccionar la mejor calidad para así llevarlas a campo y así reducir la pérdida de plantas por condiciones adversas que no permitan su crecimiento. (Blair, 2016).

### Tutoraje

Blair et al. (2016), recomiendan dos tipos de tutores:

- **Tutores vivos:** Para este sistema se utiliza la “Amasisa” o “eritrina”; esto proveniente de ramas maduras de 2.30 m. de altura y a una profundidad de 40 cm; colocados con anterioridad a la siembra y/o trasplante. El manejo de podas de los brotes o ramas laterales, es importante en el manejo de este tipo de tutor que no debe pasar los 2.0 m de altura.
- **Tutor muerto:** Debe ser de madera resistente a la humedad, de 10 cm a 15 cm de diámetro y de 2.30 m de altura. Se instalan las espalderas formadas con el tendido de 2 hileras de alambre galvanizado, a manera de cerco, que aunque es más costoso, tiene la ventaja de su duración. La primera fila a 0,80 m sobre el nivel del suelo y la siguiente a 1,80 cm del suelo.

### Podas

Las podas se realizan para llevar a cabo una buena distribución en el cultivo y así poder darle forma a la planta. Este proceso busca distribuir la luz, facilitar la aireación e incrementar la producción y facilitar la cosecha y el manejo del cultivo. Respecto a esto (Perudiverso, 2009), señalan que:

Existen dos tipos de podas que se usa en este cultivo y son:

**Podas de formación:** este proceso de formación se lleva a cabo a los 60 días cuando se realiza en siembra directa y si se realiza en siembra indirecta realizar esta poda a los 30 días. El proceso de estas podas es de eliminar aquellas ramas que crezcan a una altura inferior entre 40 y 50 centímetros del suelo, además eliminar aquellas ramas delgadas y mal formadas. La idea del proceso de formación es de dejar dos ramas para así guiarlas sobre el tutoraje. La idea es de formar una “Y”, es decir que se deben dejar dos ramas para guiarlas sobre la espaldera o tutor vivo. Cuando se realiza por siembra directa. Esta poda se realiza a los 60 días de haber germinado.

**Podas de producción:** esta poda se realiza después de haber realizado las dos primeras cosechas. El proceso consiste en eliminar aquellas ramas que se encuentran secas, enfermas e improductivas lo que favorece el rebrote de aquellas ramas sanas y con buena producción. Esta poda se realiza de 30 a 60 días luego de cada cosecha. Hay que evitar que las ramas lleguen al suelo, por lo tanto entre el suelo y las ramas se debe dejar una altura mínima de 20 cm. Además, evitar el crecimiento de ramas que se enlacen entre filas.

### **Cosecha y pos cosecha**

**Cosecha:** se realiza entre los tres y cuatro meses después de iniciado la fructificación, es decir a los cinco o seis meses de establecido la plantación en campo; esta especie fructifica durante todo el año, por lo tanto la cosecha debe realizarse de manera habitual. Se debe observar de manera constante el cultivo para así realizar la cosecha cada 15 días: de no ser así se generan pérdidas. Se recomienda cosechar aquellos frutos más próximos a alcanzar su madurez completa, pues si se dejan para la siguiente jornada, podrían perderse (Blair, et al., 2016).

**Poscosecha:** durante esta etapa, se realizan cuatro actividades que son, el secado, el descascarado, almacenamiento y obtención de la almendra. Los frutos se cosechan

con un alto nivel de humedad, por lo tanto se requiere un periodo de secado, para evitar que las semillas se dañen por el exceso de humedad; además con este proceso se facilita la extracción de la semilla. El almacenamiento de las semillas pueden realizarse dentro de la cápsula durante un tiempo, para luego realizar el proceso de descascarada para la obtención de la semilla (Blair, 2016).

### **1.9 Usos y propiedades del cultivo de Sacha inchi según Sihuyro, (2013).**

**Usos:** tiene muchos usos, como: reductor del colesterol, aceite de mesa, de cocina, en la industria para enriquecer con omega 3 los alimentos producidos, en la producción de cosméticos, nutracéuticos y medicina.

Los aceites omega 3 son muy escasos en la naturaleza y son indispensables para la vida y la salud, por lo que siempre deben estar presentes en la dieta, sobre todo el omega 3 alfa linolénico, debido a que el organismo no puede sintetizarlo a partir de los alimentos que ingiere, se le denomina ácido graso esencial linolénico.

El consumo de aceite omega 3 previene y mantiene la salud, controla y reduce el colesterol, es fundamental en la formación del tejido ocular, esencial en la formación de la estructura de las membranas celulares, más de la mitad del cerebro contiene omega 3, favorecen el incremento y la agilización de las diferentes funciones cerebrales que se encuentran muy ligadas a la memoria, la inteligencia y el razonamiento. Transporta los nutrientes en el torrente sanguíneo, favorece el mejor funcionamiento del sistema digestivo y fortifica los huesos y el sistema óseo, contribuye a mantener el equilibrio del metabolismo, potencia las funciones motoras del cuerpo y favorece los regímenes alimenticios para bajar de peso.

### **1.4 Desarrollo de Sacha en Cienfuegos**

Para la generalización del cultivo en Cienfuegos, se estableció la siguiente estrategia a partir de una propuesta formulada por la ANAP del territorio, que cuenta con todas las aprobaciones correspondientes en Cienfuegos y la ECTI “Sierra Maestra” (J.R. Mesa Reinaldo, comunicación personal 20 de junio de 2021):

- Formular un proyecto por la FCA (Facultad de Ciencias Agrarias), con el objetivo de movilizar fondos para desarrollar el cultivo, en proceso de aprobación.

- Desarrollar el Vivero en la Finca “Punta La Cueva”, con el objetivo de centralizar la semilla en un único lugar y evitar de esa forma que la misma se disemine en áreas no autorizadas y vender a los productores por ficha de costo del cultivo.
- La finca servirá de Unidad de referencia para la capacitación de estos productores por parte del personal involucrado en el proyecto.
- Plantar una hectárea en cada finca vinculada al proyecto

### **Sustentabilidad o desarrollo sostenible**

Ramos (2016) enfatiza que los fertilizantes químicos son los responsables de la reducción de la actividad biológica de los suelos, por esta razón la agroecología promueve el uso de biofertilizantes que sean capaces de regenerar de manera natural la biota edáfica.

Existen muchas alternativas disponibles para mejorar la fertilidad del suelo, una de ellas es la utilización de bacterias fijadoras de nitrógeno como el género *Azotobacter*, que ayuda a la síntesis de sustancias reguladoras de crecimiento, como auxinas, citoquininas y ácido giberélico. Así mismo estimula el crecimiento de bacterias rizosféricas, protege las plantas de fitopatógenos, mejora la absorción de nutrientes y mejora la fijación biológica de nitrógeno (Dev, Babu y Marahatta, 2015).

El desarrollo de una tecnología basada en el uso de productos biológicos, favorece la conservación del medio ambiente y contribuye a restaurar el equilibrio ecológico que el exceso de agroquímicos tóxicos provocó durante decenios, por lo que en la búsqueda de vías para aumentar la producción de alimentos y mantener la calidad de los sustratos, son numerosos los trabajos realizados con el objetivo de mejorar o incrementar los rendimientos, que incluyen el aporte de fuentes de abonos orgánicos y la aplicación de diferentes tipos de biofertilizantes, entre los cuales se encuentran los Microorganismos Eficientes (ME); cultivo microbiano mixto, de especies seleccionadas de microorganismos benéficos, que inoculados al suelo contribuyen a restablecer el equilibrio microbiano, muchas veces deteriorado por las malas prácticas de manejo agronómico; estos a su vez contribuyen a acelerar la descomposición de los desechos orgánicos en el suelo, lo cual incrementa también la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Mesa, 2020).

## **1.5 Microorganismos eficientes. Origen**

Como tecnología, los microorganismos eficientes (ME), surgen desde la década de los años 60, con los estudios del profesor de horticultura Dr. Teruo Higa, de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa en 1970, el que se motivó por la búsqueda de alternativas naturales en la producción agrícola, al sufrir en los primeros años de ejercitar su profesión, efectos tóxicos de plaguicidas químicos (Quispe y Chávez, 2017).

En sus ensayos y experimentos reunió unas 2 000 especies de microorganismos de los cuales 80 mostraron efectos eficaces. Por accidente, el doctor colocó una mezcla de los ME en arbustos pequeños y al cabo del tiempo observó un estímulo importante en el crecimiento de los mismos. En el año 1982, el profesor presentó una formulación comercial para el acondicionamiento biológico de los suelos y dona al mundo la tecnología de los microorganismos eficientes (Camones y Noemí, 2015).

Al estudiar las funciones individuales de diferentes microorganismos, el Dr. Higa encontró que el éxito de su efecto estaba en su mezcla. Desde entonces, esta tecnología ha sido investigada, desarrollada y aplicada en una multitud de usos agropecuarios y ambientales, y es utilizada en más de 80 países del mundo, entre ellos Cuba, que en los últimos años ha desarrollado una intensa investigación relacionada con la temática. (Ferral y Calderón, 2019).

El principio fundamental de la tecnología consiste en introducir un grupo de microorganismos benéficos, habitantes naturales de los suelos, sin manipulación genética, existentes en ecosistemas naturales y de forma fisiológica compatibles, los cuales, están presentes en los suelos del bosque y pueden ser explotados. Para ello, los microorganismos deberán ser capturados en suelo saludable, debajo de los árboles, en la unidad agrícola, próximos al lugar donde vive la familia campesina o en un área cercana. (Alejo y Mesa, 2019).

De esta forma, los microorganismos de cada región, están más adaptados a las condiciones locales, facilitándose el proceso de reconstrucción del suelo vivo y degradado. Estos microorganismos toman de la materia orgánica sus alimentos y en esta descomposición, la reducen, expulsándose compuestos menores al ambiente

como: nutrientes, hormonas y vitaminas que alimentan la propia comunidad microbiana, así como a los animales y las plantas (Morocho y Leiva 2019)

### **1.11.2 Microorganismos eficientes. Composición**

Están formados por una combinación de microorganismos beneficiosos que se componen de cinco grupos microbianos generales: bacterias fotosintéticas, bacterias ácido lácticas, levaduras, actinomicetos y hongos filamentosos con capacidad fermentativa (Morocho y Leiva, 2019).

En relación con las diferentes especies presentes en los ME y su función, se expone lo siguiente: Las bacterias fotosintéticas o fototróficas, se pueden considerar como el núcleo de la actividad de los ME, ya que refuerzan las actividades de otros microorganismos. Están representados por las especies *Rhodospseudomonas palustris* Van Niely y *Rhodobacter sphaeroides* Van Niely que utilizan la luz solar y el calor del suelo como fuente de energía (Su, et al., 2017).

Dentro de las Bacterias ácido-lácticas se incluyen *Lactobacillus plantarum* Krasil'nikov y *Lactobacillus casei* Orla-Jensen, *Bifidobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus lactis* Lohnis y *Pediococcus*, las que pueden mostrar efecto antagónico frente a diferentes agentes fitopatógenos del suelo como *Fusarium* (Londoño, et al., 2015).

Entre las levaduras, prevalecen las especies *Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E.C.Hansen y *Candida utilis* Henneberg, que sintetizan sustancias antimicrobianas y otras útiles, requeridas por las plantas para su crecimiento, a partir de azúcares y aminoácidos secretados por las bacterias fotosintéticas y la materia orgánica existente en el suelo (Meena y Meena, 2017).

Los Actinomicetos, *Streptomyces albus* Rossi Doria y *Streptomyces griseus* Krainsky, son las principales especies de actinomicetos reportados como componentes de los ME y son excelentes agentes de control biológico, debido a su amplio repertorio para producir compuestos antifúngicos que inhiben el crecimiento micelial de varios hongos fitopatógenos. Dentro de los principales representantes de los hongos de fermentación, encontramos las especies: *Aspergillus oryzae* (Ahlburg) Cohn, *Penicillium sp*, *Trichoderma sp*, *Mucor hiemalis* Wehmer y *Rhizopus sp* (Vurukonda, et al., 2018).

García y Bocurt (2014), señalan que la existencia de los microorganismos eficientes trae como consecuencia un efecto sinérgico entre todos, que explica su potente capacidad antioxidante y exponen que la capacidad antioxidativa significa capacidad de prevenir y revertir procesos degenerativos y de enfermedad típica oxidativo, al estimular procesos de regeneración en los organismos vivos. De ahí que tengan un amplio campo de aplicaciones en diversas áreas de la salud vegetal o animal, la producción, el medio ambiente y la vida humana por su característica central como antioxidante.

### **1.11.3 Microorganismos eficientes en Cuba. Tecnología**

Como tecnología pueden ser obtenidos a partir de cepas de colección, desarrollándose productos como ME-50 (LABIOFAM, 2013), biopreparado producido en Cuba mediante un proceso de fermentación controlada en planta y comercializado por el Grupo empresarial de Laboratorios de Producciones Biofarmacéuticas y Químicas (LABIOFAM).

También son obtenidos mediante un proceso de producción artesanal a partir de la fermentación anaeróbica de residuos extraídos de bosques, mediante la tecnología desarrollada por Blanco, et al. (2016) en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, pionera en la implementación de la tecnología en Cuba, para la producción del IHPLUS, que no requieren medios de crecimiento sofisticados para el escalamiento y que pretende aprovechar la diversidad microbiana tanto taxonómica como funcional de las comunidades de microorganismos nativos de zonas boscosas, para luego ser incorporados en las unidades de producción agrícola, conocidos también como Microorganismos de Montaña (MM) o como Microorganismos autóctonos multipropósitos (MAM), denominación que le ha dado de forma nacional la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Entre los usuarios de este tipo de tecnología se acepta que la mejor fuente de inóculo son los bosques poco antropizados, cercanos a los sitios de producción agrícola, ya que presentan microorganismos adaptados a las condiciones de la zona (Luna y Mesa 2016).

LABIOFAM Cienfuegos, también ha desarrollado un intenso trabajo en la producción, promoción y venta de ME-50 en el territorio, producto que hoy se aplica de forma exitosa en cultivos y la producción animal (LABIOFAM, 2013).

#### **1.11.4 Efecto de los Microorganismos eficientes en los sistemas suelo-planta**

Con relación al efecto de los microorganismos eficientes en los sistemas suelo-planta. García y Bocurt (2014), señalan:

Que los Microorganismos Eficientes tienen dos funciones básicas: Exclusión competitiva de microorganismos patógenos, mediante la competencia por la materia orgánica que sirve de alimento y la producción de sustancias que controlan de forma directa estas poblaciones y Producción de sustancias benéficas como vitaminas, enzimas, aminoácidos y antioxidantes. En la Agricultura mejoran la microflora del suelo, promueven el crecimiento de las plantas y suprimen afecciones. Pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a plagas, evitándose el uso de plaguicidas sintéticos, suprimir microorganismos patógenos indeseables por “exclusión competitiva o dominación absoluta” y de esta manera favorecer el crecimiento, rendimiento y protección de las plantas de cultivo.

Haney, et al. (2015), plantean que incrementan el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos, y promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas, así como que incrementan la capacidad de fotosíntesis a través de un mayor desarrollo foliar; inducen mecanismos de eliminación de insectos y plagas en las plantas, con lo que evitan la propagación de organismos patógenos.

Luna y Mesa (2016), señalan que, como inoculante microbiano, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejoran sus condiciones físico-químicas, incrementan la producción de los cultivos y su protección, además conservan los recursos naturales, generan una agricultura y medio ambiente más sostenible y provocan el incremento de las variables productivas.

Schlatter, et al. (2017), plantean que la utilización de consorcios microbianos ha demostrado ser eficiente en el control de fitonemátodos del suelo. Los microorganismos asociados con la rizosfera de las plantas facilitan el crecimiento, desarrollo y funcionamiento de procesos vitales como la promoción del crecimiento de las plantas y protegen las plantas de los agentes fitoparasíticos. Los microorganismos eficientes

pueden ocupar diferentes nichos en la zona de raíz y con ello pueden competir por espacio y nutrientes, limitándose el desarrollo de especies fitopatógenas.

Morocho y Leiva (2019), resumen que en semilleros, los ME provocan el aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico, provocan aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal e incrementan las probabilidades de supervivencia de las posturas. Plantean también que, desde el punto de vista agrícola, los ME favorecen la floración, el crecimiento y desarrollo de los frutos y permiten una reproducción más exitosa en las plantas. De forma adicional se ha demostrado que mejoran la estructura física de los suelos, incrementan la fertilidad química de los mismos y suprimen a varios agentes fitopatógenos.

## CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la finca “Punta La Cueva”, perteneciente a la CCS Dionisio San Román, municipio Cienfuegos, durante el periodo comprendido de mayo de 2019 a junio de 2021.

La misma se encuentra localizada en el asentamiento poblacional “Punta La Cueva”, en el kilómetro tres de la carretera, con los siguientes límites geográficos: por el Norte y Oeste con la Bahía de Cienfuegos, al Sur y Este con la carretera al Hotel “Punta La Cueva”, está ubicada en un ecosistema costero, sobre un suelo pardo con carbonato a 6 m.s.n.m.m y cuenta con un área total de 10,75 ha.

Como material biológico se utilizó semillas de Sacha Inchi, procedentes de la Entidad de Ciencia e Innovación Tecnológica Sierra Maestra y ME-UCf, biopreparado a base de microorganismos eficientes, producido en la Universidad de Cienfuegos, a partir de su extracción en bosques primarios de Cienfuegos; se aplicó la metodología propuesta por (Mesa, et al., 2018).

**Para cumplimentar los objetivos de la investigación, se planificaron las siguientes tareas:**

### **2.1 Caracterización del agro ecosistema de la Finca**

Para la caracterización del agro ecosistema y determinar si el mismo se adapta a los requerimientos edafo-climáticos del cultivo, se utilizó como herramienta la metodología propuesta por FAO (2019) para la caracterización de fincas en el concurso “10 Iniciativas y Evidencias Innovadoras y Escalables en Agroecología para el Desarrollo Rural Sostenible en Cuba”. CONVOCATORIA 2019, la cual incluye entre otros aspectos los siguientes:

1. Descripción del sistema agroecológico.
2. Delimitación de la finca.
3. Caracterización del tipo de suelo.
4. Estudio de las características climáticas en el entorno de la finca.
5. Prácticas agroecológicas introducidas.

## **2.2 Evaluación del efecto de ME-UCf, sobre el crecimiento y desarrollo de las posturas**

Para el montaje del trabajo, se utilizó un diseño experimental en bloque al azar con tres tratamientos y cinco réplicas, considerándose la bolsa como unidad de muestreo.

Se llenaron las bolsas con una mezcla de sustrato compuesto por dos partes de suelo del lugar, una parte de materia orgánica descompuesta y una de ceniza. Se sembró en cada bolsa una semilla pregerminada en agua durante 12 horas.

Los tratamientos a evaluar fueron:

1. Testigo
2. ME-UCf en dosis de 125 mL por litro de agua.
3. ME-UCf en dosis de 160 mL por litro de agua.

Se realizaron cuatro aplicaciones del biopreparado (ME-UCf), a partir de los siete días de la emergencia del cultivo, con un intervalo de siete días, en el horario comprendido entre las 6:00 y 7:00 pm, aplicándose a cada bolsa 20 mL de la solución correspondiente.

Se realizaron las siguientes evaluaciones en vivero:

1. Días a germinación
2. Días a emergencia de hojas verdaderas:
  - 1er. par : después de la siembra (d.d.s) Días después de la siembra.
  - 2do. par: d.d.s
  - 3er. par: d.d.s
3. Altura de la planta (cm) al momento del transplante. Se midió con una regla graduada, desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la planta.
4. Días a transplante.

## **2.3 Determinar el comportamiento de los indicadores morfoagronómicos y productivos del cultivo a partir de la plantación**

Las posturas fueron llevadas al campo después de la aparición del 3er par de hojas y antes de la aparición de las guías. Se le realizaron al cultivo, todas las atenciones técnicas previstas en la Guía técnica para el cultivo y producción de Sacha Inchi (Blair, et al., 2016).

Se evaluaron los siguientes indicadores:

**Fenología (en días después del trasplante: d.d.t)**

- Inicio de emisión de guías: días después del trasplante ( d.d.t).
- Inicio de floración: d.d.t.
- Inicio de fructificación: d.d.t.
- Inicio de la madurez: d.d.t.
- Inicio de cosecha: d.d.t.

**Componentes de rendimiento**

- Peso de almendra: kilogramos por parcela (después de trilladas y secadas durante tres días)
- Almendras por cápsulas.
- Relación peso cáscara/almendra (porcentaje del peso total que corresponde al peso de la almendra).
- Rendimiento: Se calculó a partir de los componentes del rendimiento, para una hectárea.

**Incidencia y daños por plagas**

Se evaluaron los daños en hojas y tallos, así como las plagas presentes.

Para la evaluación de los daños por las plagas, se observó el total de plantas en el campo (47) y se anotaron los resultados.

Se enviaron muestras de plantas afectadas y suelo del lugar al Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal (LAPROSAV) para el diagnóstico de las afectaciones en la parte aérea y las raíces de las plantas provocadas por los patógenos existentes, así como para certificar la ausencia de nemátodos.

**2.4 Establecer la Tecnología para la producción de Sacha inchi en Cienfuegos**

Para el establecimiento de la tecnología del cultivo, se estudiaron diferentes materiales acerca de la temática y el conjunto de prácticas agroecológicas implementadas en la finca, lo que permitió elaborar una tecnología agroecológica para el establecimiento del cultivo en la provincia. La finca Punta La Cueva, fue designada por la ECTI Sierra Maestra, para producir las posturas de Sacha inchi en Cienfuegos, y su posterior introducción entre los productores vinculados al proyecto.

**Procesamiento Estadístico**

A los resultados obtenidos en las evaluaciones se le realizó análisis estadísticos de varianza, se empleó el paquete estadístico StatGraphics Plus 5.1. Las medias fueron comparadas por el test de Tukey con una probabilidad de error del 5 %, de  $P \leq 0.05$ .

## **CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1 Caracterización del ecosistema**

La caracterización del agroecosistema, se obtuvo mediante entrevista realizada por el autor al propietario de la finca y su familia, y en ella se recogieron, los aspectos determinados por FAO (2019), en la Guía referida en el Capítulo 2 de este trabajo.

#### **3.1.1 Descripción del sistema agroecológico**

El sistema agroecológico se desarrolla en la provincia de Cienfuegos, Cuba, ubicada en el centro sur del país, en el municipio cabecera Cienfuegos. Está asociado a la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) Dionisio San Román, perteneciente a la ANAP, se localiza en el Consejo Popular Junco Sur, denominado Finca Punta la Cueva y su objeto social es la producción de frutales, otros alimentos de origen vegetal y la producción animal.

Al inicio, el área estuvo dedicada en su totalidad a la producción de coco, en plantaciones muy envejecidas y deterioradas por las malas prácticas que se desarrollaron, con cuarenta años de explotación y abandonadas durante muchos años, resultándose baja como bienhechurías en su totalidad, al momento de la entrega de la tierra.

A partir del cambio de uso, la finca se convierte en un sistema diversificado que integra, la producción de frutales con áreas dedicadas a cultivos varios intercalados dentro de las plantaciones de frutales, con ganado menor (cunícola, cuyes, caprino y aves) y ganado mayor (vacas). Cuenta también con áreas de pastoreo, de producción de forrajes y plantas proteicas para la alimentación animal y humana, un área de producción de compost a partir de los residuales generados en la finca y un pequeño vivero para producir posturas de frutales y hortalizas para el abastecimiento de la finca y otros productores vinculados a la misma.

Desde el 2015, está a cargo de Emilio Bermúdez Cuellar, usufructuario del Decreto Ley 300, Certificado de tenedor inscripto 1822819 y Resolución 65/2015, asociado a la CCS Dionisio San Román, municipio Cienfuegos, provincia de Cienfuegos. Cuba, en la Finca

Punta La Cueva, kilómetro 3 de la carretera hacia Punta la Cueva (Figura 1) y limita con las instalaciones del Hotel Punta la Cueva y cuenta con un área de 10,75 hectáreas (E. Bermúdez, comunicación personal, 10 de julio de 2020).

Para potenciar la producción ganadera, existe un secadero solar, un área de molinado para la elaboración de piensos criollos como suplemento alimenticio del ganado y cisternas para el almacenamiento de alimentos líquidos.

La finca está vinculada al Proyecto Sacha inchi, liderado por la ECTI “Sierra Maestra”, resultó esta la entidad designada para la producción de la postura y posterior diseminación entre los productores seleccionados para el desarrollo del cultivo en la provincia de Cienfuegos, lo que justifica la realización de esta investigación.

### **3.1.2 Delimitación de la finca**

En la figura 1, se muestra la ubicación de la finca, la cual está situada en la Latitud: 22.1160 y Longitud: -80.4269, en la comunidad Punta la Cueva, perteneciente al Consejo popular Junco Sur, y está enclavada en los alrededores de la carretera al Hotel Punta la Cueva. Dentro de sus límites se encuentra la Bahía de Cienfuegos con más de 1 000 m de franja costera.



**Figura 1. Ubicación satelital de la finca Punta la Cueva**

### **3.1.3 Caracterización del tipo de suelo**

Tipo de suelo: Subtipo Pardo con Carbonatos Típico (X A), según Instituto de suelos (1986).

Formado a partir de proceso de evolución Sialitización en un medio rico en Carbonato de Calcio, la carbonatación y su lavado influyen en la formación y distribución del humus.

Perfil del tipo A (B) C con coloración variable: Pardo Oscuro Grisáceo, pasando a Pardo muy oscuro y Pardo Amarillento en profundidad; ocupa relieve ondulado (4,1 a 8.0 % de pendiente) y la Materia Orgánica alcanza valores entre 3 – 5 %, el pH oscila entre 6.6 y 7 por lo que es evaluado como neutro. El drenaje tanto interno como externo es bueno.

La clase textural es arcilla, con predominio del tipo arcilloso 2:1 (Montmorillonítica), por ello su Capacidad de Cambio Catiónico es de 25 – 55  $\text{cmol}^{(+)}.\text{Kg}^{-1}$ , considerada como mediana-alta a alta, así como la fertilidad natural. La profundidad efectiva alcanza los 52 cm y muestra moderada graviliosidad.

Características Hidrofísicas:

- Velocidad de Infiltración= 25 mm/h
- Densidad Aparente= 1,3  $\text{g}/\text{cm}^3$
- Capacidad de Campo= 29 %
- Humedad Natural= 23 %
- Límite Productivo= 20 %

Como factores limitantes para el desarrollo agrícola destaca la pendiente, que influye en los procesos erosivos, evaluándose la erosión de poca. Desde el punto de vista agroproductivo se considera como un suelo Productivo en sentido general, o sea categoría II.

### **3.1.4 Características Climáticas del entorno de la finca**

Las principales variables meteorológicas se comportan como se expresan en la tabla 1. El área está muy próxima a la franja costera de la bahía de Cienfuegos, a 6 msnmm y los vientos predominantes tienen dirección NE y fluyen de forma libre sobre los objetos de obra de la finca.

Tabla 1. Principales variables meteorológicas

<b>Variables Meteorológicas</b>	<b>Valores</b>
Temperatura Media Anual	24.8 ° C
Precipitación Media Anual	1384 mm
Humedad relativa Media	70 %
Dirección predominante del viento (DPV)	NE
Fuerza Media DPV	7.1 km/h

Fuente: Elaborada por el autor a partir del Expediente de la Finca.

Una vez estudiados ambos aspectos, se puede afirmar que con la excepción de la altura sobre el nivel medio del mar, el resto de los parámetros evaluados, cumplen los requisitos edafoclimáticos expuestos por Blair et al. (2016) para el óptimo desarrollo del cultivo en Cuba, lo cual coincide con Alayón y Echeverri (2016), quienes reportan que en América, su presencia se da en sitios que cumplen sus exigencias óptimas de crecimiento, que incluyen una altitud entre 30 y 2 000 m.s.n.m., clima tropical o subtropical, con temperaturas de 10 a 26° C y una humedad relativa del 78 %, resultados que justificaron el desarrollo de esta investigación.

### **3.1.5 Describir el conjunto de prácticas aplicadas.**

Las prácticas aplicadas en este sistema son diversas así como su vinculación entre ellas. Comienzan con el diseño de un sistema de alternativas agroecológicas para el desarrollo exitoso sobre bases agroecológicas de la producción, las cuales se relacionan a continuación:

- **Delimitación de las áreas**

Para delimitar las diferentes áreas de la finca, se emplearon cercas vivas de Cardona, la cual es utilizada también como fitoplaguicida para combatir las plagas de los cultivos, mediante un proceso de maceración en agua y posterior filtrado para su aplicación. En los cuarterones para aves estos se delimitan, con kingrass (*Penisetum purpureum* L) y caña de azúcar (*Saccharrum officinarum* L) en el cercado.

- **Reutilización del coco (*Cocos nucífera* L) como madera en la construcción de bienhechurías.**

Otra de las alternativas introducidas en la finca lo constituye la reutilización del coco como madera en la construcción de bienhechurías y como madres en el tutoraje de plantas

La reutilización de la palma de coco como madera, es una posibilidad real en la finca, al quedar como residuos sólidos de la demolición de las plantaciones, debido al alto grado de abandono fitosanitario y falta de atenciones culturales que conllevó al deterioro de este cultivo con tan sólo 40 años de edad.

- **Empleo del humus de lombriz como fertilizante orgánico.**

El humus es un producto granulado, que posee un alto contenido de microorganismos, lo que lo hace superior a cualquier otro tipo de fertilizante orgánico conocido. Incorporado al suelo cumple un rol trascendente, al corregir y mejorar las condiciones químicas, físicas y biológicas del mismo (FAO, 2013). Los abonos orgánicos posibilitan la degradación de los nutrientes del suelo, permiten que las plantas los asimilen de mejor manera y ayudan en el desarrollo de los cultivos. Estos no solo aumentan las condiciones nutritivas de la tierra sino que mejoran su condición física (estructura), incrementan la absorción del agua y mantienen la humedad del suelo. Su acción es prolongada, duradera y pueden ser utilizados con frecuencia sin dejar secuelas en el suelo y con un gran ahorro económico (Docampo, 2015).

El humus producido en la instalación cunícola, es utilizado en la nutrición de los cultivos existentes en la finca con excelentes resultados, aplicándose a las siguientes dosis:

Hortalizas-----	0.4 – 0.8 kg.m <sup>2</sup>
Frutales -----	2 – 3 kg.Planta.
Tubérculos y raíces-----	0.3 -0.6 kg.m <sup>2</sup> .

Resulta muy práctico que el fertilizante sea de producción propia, los costos beneficios son extraordinarios y en este caso la obtención del abono, es producido mediante una combinación en la que no media ningún esfuerzo humano, sin costo adicional, sin el empleo de recursos, y la aplicación se hace dentro de las labores de limpieza, lo cual

coincide con lo planteado por Panduro (2019), dentro de los requisitos de una finca para alcanzar la sustentabilidad o desarrollo sostenible.

- **Producción y empleo de ME-UCf, biopreparado a base de microorganismos eficientes.**

Una alternativa empleada en la finca, fue la producción de ME-UCf, biopreparado a base de microorganismos eficientes, obtenido a partir de su extracción de bosques primarios de la provincia, el cual es utilizado como probiótico en la producción animal, como acelerador del proceso de compostaje en la producción de compost y como estimulador de crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Las investigaciones han demostrado que la inoculación de cultivos de microorganismos eficientes al ecosistema suelo/planta/animal mejora la calidad de los suelos, el crecimiento, el rendimiento y la calidad de los cultivos y en los sistemas de producción animal se han encontrado beneficios en la salud y en la respuesta inmunológica e incrementos en los resultados zootécnicos (Mesa, 2020).

### **Otras alternativas**

- ❖ Producción de posturas de frutales y otros cultivos, las que son asumidas en la propia finca o aportadas a otros productores de la CCS. También se han producido, posturas de uva caleta para ser utilizadas en la reforestación de la faja costera con que cuenta la finca, como parte de la tarea vida.
- ❖ Reutilización de los desechos generados en la producción vegetal y animal, convirtiéndolos en compost para su posterior aplicación a los cultivos.
- ❖ Mantenimiento de la fertilidad del suelo a través de la producción y aplicación de compost y humus de lombriz, producción de biofertilizantes y el desarrollo de otras prácticas como la rotación y asociación de diferentes cultivos, el empleo de la tracción animal y la siembra de cultivos según vocación.
- ❖ Introducción en la finca del manejo integrado de la sanidad vegetal mediante la combinación del empleo de medios biológicos en el control de plagas, la producción y aplicación de extractos vegetales de plantas con efecto fitoplaguicida, la introducción de plantas repelentes y barreras vivas, con el empleo de los pesticidas

químicos solo en casos imprescindibles, utilizando productos específicos para la plaga existente y de bajo espectro.

- ❖ Establecimiento de la agroforestería y la repoblación de la faja costera de la finca con especies autóctonas.
- ❖ Desarrollo de la meliponicultura para la polinización de los cultivos, con el consiguiente beneficio en el incremento en más de un 20 % de los rendimientos de los cultivos con flores.
- ❖ Vinculación con la Universidad de Cienfuegos, lo que ha propiciado la participación de estudiantes y profesores en el desarrollo de investigaciones que luego se convierten en prácticas agroecológicas establecidas en la finca, así como la realización de clases prácticas y prácticas laborales de los estudiantes.

Este conjunto de prácticas, aplicadas a la producción de Sacha inchi, ha permitido el desarrollo exitoso de la plantación de este cultivo, al cumplir con lo planteado por Blair et al. (2016) para el mismo en Cuba, así como con lo expuesto por Vargas et al. (2015), quienes señalan que uno de los puntos o factores importantes en cultivos con un alto valor económico y comercial, como el de *P. volubilis*, es conocer la biología de estas especies ya que el conocimiento de sus características fisiológicas y ecológicas permitirá optimizar la productividad del cultivo.

### **3.2 Efecto de ME-UCf, sobre el crecimiento y desarrollo de las posturas.**

#### **3.2.1 Altura de las plantas**

En la Tabla 2, se pueden observar los resultados del análisis del efecto de ME-UCf, sobre el crecimiento y desarrollo de las posturas, donde no hay diferencias estadísticas significativas entre las alturas a los 27 y 35 días, mientras que a los 46 días se obtuvo que existe diferencia significativa del tratamiento 2 con el testigo, es decir, existe efecto de los tratamientos, resultado que coincide con los obtenidos por Panduro (2019) al evaluar el efecto de preparados microbianos en la calidad de sustrato y biomasa de Sacha inchi en condiciones de invernadero en Perú, investigación en la cual observó la formación de dos grupos estadísticos homogéneos, donde la mayor altura se obtuvo

con el T1 (EM-1), mientras que los restantes y el testigo, fueron de manera estadística iguales con valores respectivos.

Umaña, Rodríguez y Rojas (2017), recomiendan que el tratamiento con ME, se debe aplicar al inicio de la siembra, hasta llevar el suelo a la capacidad de campo, se tendrá en cuenta el tipo de suelo, la infiltración y el punto de marchitez permanente, lo cual coincide con lo realizado en esta investigación donde con 20 mL por bolsa de la dilución correspondiente, se llevo la bolsa a capacidad de campo.

Tabla 2. Altura de las plantas (cm)

<b>Tratamiento</b>	<b>27 dds</b>	<b>35 dds</b>	<b>46 dds</b>
1	8,72 NS	13,6 NS	21,06 b
2	9,2 NS	14,04 NS	23,18 a
3	9,46 NS	13,2 NS	22,0 ab
Est	0,27019	0,34957	0,68484
CV %	2,9604	2,5679	3,1016

Nota: Días después de sembrada la semilla (dds)

Letras iguales en las columnas no presentan diferencias significativas para  $P \leq 0,05$ .

### 3.2.2 Fenología

En la tabla 3, se muestran los resultados del análisis de la fenología del cultivo en la fase de vivero. Estos resultados superan lo reportado por Ayala, (2016) donde el trasplante se llevó a cabo 60 días después de germinadas las semillas, así como superan también lo reportado por Colbio (2013) como ciclo del cultivo en la fase de vivero.

Tabla 3. Fenología

<b>Fase</b>	<b>d.d.s</b>
<b>Germinación</b>	
Inicio de germinación	15
Fin de germinación	20
<b>Días a emergencia de hojas verdaderas:</b>	
1er. par: Entre 16 y 20 d.d.s.	25
2do. par: Entre 28 y 42 d.d.s.	29
3er. par: Entre 45 y 59 d.d.s.	35
Aparición Guías d.d.s.	40
<b>Días a trasplante. d.d.s.</b>	<b>46</b>
Altura de la planta al momento del trasplante (cm)	25
Pares de hojas	4

\*D.D.S: días después de siembra \*\*D.D.T: días después de trasplante.

### 3.2.3 Porcentaje de germinación

Al realizar la comparación de medias del % de germinación obtenido (Tabla 4), se alcanzan valores promedio de 72 %, resultado que coincide con lo reportado para Sacha inchi por Blair et al. (2016), que reportan valores promedio de 70 % en este indicador y difieren de lo reportado por Coronado (2018), que en condiciones de laboratorio, alcanzó que el 93 % de las semillas analizadas germinaron en diferentes tiempos y solo un 7 % no germinaron durante las semanas que se propusieron para el estudio debido a la presencia de microorganismos como hongos y bacterias.

Acosta (2018), al realizar la caracterización fisiológica y fitosanitaria de las semillas de Sacha inchi, alcanzó también en condiciones controladas, 100 % de germinación en la mayoría de los tratamientos evaluados, por lo que este autor plantea que existe una relación entre los microorganismos y las semillas que puede ser benéfico o dañino, debido a que en su estudio los hongos y las bacterias en las semillas pudieron frenar el proceso de germinación inicial y observó que no hay interacción entre los factores de calidad de luz y temperatura, aunque a temperatura más baja 20/30 °C y en total

oscuridad, se presentó una disminución considerable en el porcentaje de germinación (menor a 50 %).

**Tabla 4. Porcentaje de germinación**

Tratamiento	Semillas total	Germinadas	% germinación
1	25	19	75
2	25	18	72
3	25	18	72

Fuente: El autor a partir de sus resultados

### **3.2.4. Determinar el comportamiento de los indicadores morfoagronómicos y productivos del cultivo a partir de la plantación**

Para estudiar la fenología del cultivo a partir de su plantación, se tomaron las indicaciones de varios autores consultados, comparando los resultados con lo estudiado por ellos y se obtienen los siguientes indicadores para el cultivo en la finca:

- ▶ Inicio de floración: 133 días después de la siembra en el campo (ddsc).
- ▶ Inicio de fructificación: 142 ddsc
- ▶ Inicio de la madurez: 171 ddsc
- ▶ Inicio de cosecha: 210 ddsc

Estos resultados son inferiores a los reportados para la fenología del cultivo por Blair et al. (2016) al exponer la Tecnología del cultivo en Cuba, así como a los de Ayala (2016) al analizar el crecimiento y producción de 3 variedades de Sacha inchi en el municipio de Tena Cundinamarca. Colombia, lo que representa un efecto beneficioso del ecosistema y las prácticas implementadas en la reducción del ciclo productivo del cultivo.

### **3.2.5 Presencia de Plagas**

Para evaluar los daños por plagas en hojas y tallos, así como las plagas presentes se realizó una observación semanal del total de plantas en el campo (47) y se anotaron los resultados.

El cultivo se plantó a los 46 días de estar las posturas de transplante como establecen Blair et al. (2016) para el cultivo en Cuba, presentándose a partir de los 55 días, un

elevado índice de mortalidad en campo superior al 55 %. Se enviaron muestras de plantas afectadas y suelo del lugar al Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal (LAPROSAV) para el diagnóstico de las afectaciones en la parte aérea y las raíces de las plantas provocadas por los patógenos existentes, las cuales determinaron que en la muestra analizada se aislaron en tallo y raíz, *Rhizoctonia* sp. En tallo se aisló además *Macrophomina phaseolina* (la que constituyó primer reporte de la plaga en este cultivo en Cuba) y se señaló que las poblaciones de *Rhizoctonia* sp en la muestra fueron calificadas de elevadas al aplicar el Protocolo LPSVCFG/PD/03.003 (LAPROSAV, 2021).

Para controlar estas plagas, se realizaron dos aplicaciones de *Trichoderma harzianum* Cepa 24 a las dosis de 10 kg.ha<sup>-1</sup>, recomendada por Sanidad Vegetal y dos aplicaciones de ME-UCf en dosis de 48 L.ha<sup>-1</sup>, con una frecuencia semanal, con lo que se logró controlar la infestación, transcurrido 15 días de lo cual, se volvió a plantar el cultivo en el área, sin que hasta la fecha se hayan presentado afectaciones en las plantas.

Coronado (2018), al realizar la evaluación de características morfológicas y niveles de infección fúngica natural en la germinación de semillas de Sacha inchi provenientes de diferentes regiones de Colombia, reportó un porcentaje de infección del 95 % donde el género *Macrophomina* tuvo una mayor frecuencia presentándose en todas las regiones estudiadas, y que hongos como *Fusarium* sp., y *Macrophomina* sp. pueden llegar a causar daños en los tejidos de las plantas y causar pudrición total de las raíces, lo que da como resultado la muerte de la planta una vez este infectada, resultados que coinciden con los de esta investigación.

A criterio del autor de este trabajo, al estar las semillas expuestas a niveles altos de humedad, se crea un ambiente propicio para la propagación de hongos ya que esta variable es un factor de alta importancia para el crecimiento de los mismos, lo que explica la necesidad de realizar la desinfección de las semillas antes de sembrar.

### **3.3 Rendimiento:**

Se calculó a partir de los componentes del rendimiento, para una hectárea.

## Componentes de rendimiento

- **Peso de almendra y rendimiento**

Se contabilizó el peso del total de frutos cosechados (kg) después de secadas durante tres días y se calculó la producción por planta (Tabla 5). Los resultados obtenidos, demuestran que se alcanzan valores superiores a lo reportado por Blair et al. (2016) al analizar el rendimiento de semilla limpia de Sacha inchi por hectárea.

Superan también lo reportado por Ayala (2016) al realizar el análisis de crecimiento y producción de tres variedades de Sacha inchi, en el municipio de Tena Cundinamarca, el cual obtuvo en 102 días de recolección 0,651 t.ha<sup>-1</sup>.

Cruz (2013) al estudiar la fenología y rendimiento de cinco accesiones de Sacha inchi propagados por enraizamiento de estaquillas en la localidad de bello horizonte, obtuvo un rendimiento de 0,52 kg/planta y 582,1 kg.ha<sup>-1</sup>, inferiores a los de esta investigación.

El análisis de estos resultados, demuestra la factibilidad de desarrollar el cultivo de Sacha inchi en las condiciones del ecosistema objeto de estudio.

Tabla 5. Análisis de la cosecha (kg).

Indicador	1er año	2do año (hasta Agosto 2021)	Total cosechado
Cosechado	82,0	128,58	210,58 kg
Semilla limpia	47,48	74,44	121,92
Producción por planta de semilla limpia	1,01	1,58	2,59
Rendimiento semilla limpia (kg.ha <sup>-1</sup> )	1122,34	1759,63	2881,92

Fuente: El autor a partir de los resultados de la investigación

- **Almendras por fruto**

Para calcular el número de almendras por fruto, se tomaron al azar tres muestras de 100 frutos cosechados. Se determinó que existe un predominio de frutos de 5 semillas o

más equivalente al 75,7 % (Tabla 6), resultado que coincide con Acosta (2018) y Coronado (2018), quienes plantean que los frutos son capsulares, lobulados, con predominio de cuatro lóbulos pero algunos frutos pueden presentar 5, 6 o 7 lóbulos, agudos de manera notoria.

Estos resultados difieren de Blair et al. (2016) que reporta para Sacha inchi, cuatro lóbulos aristados y Cruz, (2013), que al estudiar la fenología y rendimiento de cinco accesiones de Sacha inchi propagados por enraizamiento de estaquillas en la localidad de Bello Horizonte, obtuvo menos de cuatro semillas por fruto.

Con relación al número de semillas por cápsula, este autor plantea que si bien la mayoría de flores femeninas de Sacha inchi presentan cuatro lóbulos que llevaría a la formación de cuatro semillas por cápsula, algunas plantas presentan hasta siete lóbulos, lo cual es influenciado por factores genéticos, condiciones edafoclimáticas y provisión adecuada de nutrientes, lo que coincide con esta investigación.

Tabla 6. Almendras por cada 100 frutos

Muestra	Número de almendras por fruto (Cantidad de semillas)				Total de semillas
	4	5	6	7	
R1	23 (92)	48 (240)	25 (150)	4 (28)	510
R2	23 (92)	52 (260)	23 (138)	2 (14)	504
R3	26 (104)	44 (220)	25 (150)	5 (35)	509
% total	24%	48%	24,3%	3,7%	100%

Fuente: El autor a partir de los resultados de la investigación

- **Relación peso cáscara/almendra (porcentaje del peso total que corresponde al peso de la almendra)**

Al evaluar la relación del peso total que corresponde al peso de la almendra (Tabla 7), se obtuvo un rendimiento en semilla pura del 57,90 %, lo cual coincide con lo obtenido por Cruz (2013) que alcanza valores del orden de 56,44 % para la accesión Mishquiyacu en Perú.

Tabla 7. Resultado del pesaje de semilla (g)

Muestras	Semillas	Peso de almendra	Peso de cáscara	Peso total	Almendra en el fruto (% del total)
R1	510	441,36	320,50	761,86	57,93 %
R2	504	413,36	328,53	741,89	55,71 %
R3	509	406,12	267,43	673,55	60,29 %
Total	1523	1260,84	916,46	2177,3	57,90 %

Fuente: El autor a partir de los resultados de la investigación

### 3.4 Tecnología para la producción de Sacha inchi en Cienfuegos.

Para establecer el cultivo, se estudió la tecnología propuesta por Blair et al. (2016) en la Guía técnica para el cultivo y producción de Sacha inchi en Cuba, a la cual se le realizaron modificaciones en función de las alternativas empleadas en la finca, las cuales se detallan a continuación:

#### Preparación del terreno y establecimiento de la plantación

Se realizó una preparación de suelos convencional, con empleo de la tracción animal en todas las labores.

#### Tutores

Se estableció el sistema de tutores vivos y muertos con espalderas. Como postes madres, se utilizaron troncos de cocotero disponibles en la finca, sellados con cemento para evitar su pudrición, en lugar de postes de cemento; se utilizaron tutores muertos y como tutores vivos, se estableció la Moringa (*Moringa oleífera* Lam.) con el objetivo de emplearla en la alimentación de los animales de la finca.

#### Producción de las posturas

Para la producción de las posturas en el vivero, se modificó la tecnología de siembra indirecta; se pregerminaron las semillas en una dilución de agua con *Trichoderma harzianum* cepa 24 (15 g.L<sup>-1</sup>) durante 12 horas y sembraron las semillas de forma directa en la bolsa.

Luego, se le realizaron a las bolsas cuatro aplicaciones del ME-UCf en dosis de 125 mL por litro de agua, a partir de los siete días de la emergencia del cultivo, con un intervalo de siete días, en el horario comprendido entre las 6:00 y 7:00 am, aplicándose a cada bolsa 20 mL de la solución correspondiente. Este procedimiento, permite disminuir el tiempo de producción de la postura y garantizar una postura libre de patógenos al desarrollarse en un sustrato libre de hongos fitopatógenos, gracias al efecto de control de estos microorganismos que produce *Trichoderma*.

### **Siembra**

Para la siembra de las plantas, se utilizó la distancia de 3 x 3 m recomendada, con un total de 1 111 plantas.ha<sup>-1</sup>.

Previo a la siembra de las posturas, se marcó el hoyo de siembra y se aplicó 1,5 kg de materia orgánica descompuesta por hoyo y se aplicó *T. harzianum* en dosis de 10 kg.ha<sup>-1</sup> y una segunda aplicación a los 15 días de la siembra, combinada con una de ME-UCf en dosis de 125 mL por litro de agua, con lo que se garantizó la protección del cultivo y una supervivencia del 100 % en las restantes posturas plantadas.

### **Cultivos asociados**

Se realizó la asociación con maíz (*Zea mays* L) para garantizar la protección del cultivo y se sembró como rotación Boniato (*Ipomoea batatas* L), se alternaron luego estos cultivos, hasta lograr el cierre de la plantación.

### **Atenciones culturales**

#### **Fertilización**

Se realizó una fertilización de fondo en dosis de 1,5 kg.planta y más adelante, se realizaron dos fertilizaciones anuales con materia orgánica descompuesta a la mismas dosis, distribuida en la periferia de la planta, combinada con una aplicación de microorganismos eficientes a las dosis de 48 L.ha<sup>-1</sup>, aplicado en la periferia de la planta, en el horario de 6:00 a 7:00 pm, con una mochila de cono hueco a presión constante.

El resto de las actividades se realizaron según las recomendaciones de Blair et al. (2016) para el desarrollo del cultivo, adaptando estas a las condiciones de la finca.

## CONCLUSIONES

La caracterización del agro ecosistema permitió determinar que es posible establecer el cultivo en la entidad así como los factores limitantes que dificultarían su desarrollo.

Se determinó la factibilidad que posee el uso de ME-UCf en la producción y desarrollo de posturas en vivero y resulta el mejor el Tratamiento 2 (ME-UCf 125 mL por litro de agua).

Se observó un desarrollo acelerado en la fenología del cultivo con respecto a la indicada en investigaciones anteriores. Se determinó que esta variación es el resultado de la ubicación geográfica y diferencias climáticas a la que por lo general se desarrolla.

La tecnología propuesta permitió desarrollar el cultivo en las condiciones de la finca Punta la Cueva.

## RECOMENDACIONES

Evaluar el desarrollo del cultivo en varias zonas geográficas de la provincia.

Determinar las afectaciones y plagas que pueden hospedarse en el cultivo así como la afectación que generan en el rendimiento.

Proponer esta tecnología para su posterior empleo por los productores en la provincia Cienfuegos.

Estudiar y comparar otras variedades del cultivo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acosta Ramirez, C. J. (2018). *Caracterización fisiológica y fitosanitaria de las semillas de Sacha inchi (Euphorbiaceae: Plukenetia Volubilis)*. (Tesis de Maestría) Universidad del Valle.
- Alayón, A., & Echeverri, I. (2016). Sacha inchi (*plukenetia volubilis* linneo): ¿una experiencia ancestral desaprovechada? Evidencias clínicas asociadas a su consumo,43(2).
- Alejo, L. O., & Mesa, J. R. (2019). Efecto de un biopreparado de microorganismos eficientes sobre el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.) en un suelo Pardo sialítico mullido, sin carbonatos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), 111-118.
- Ayala Martínez, G. A. (2016). *Análisis de crecimiento y producción de 3 variedades de Sacha inchi (Plukenetia volubilis L.), en el municipio de Tena Cundinamarca*. (Trabajo de Diploma) Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. Bogotá D.C. 2
- Blair, C. (2016). Sacha inchi. La semilla de la vida-Omega, proteína libre de gluten y cosméticos. Primer Taller Sacha inchi. Mayabeque, INCA. <http://www.sachainchi.cr>
- Blair, C., Pérez, M. Del C., Yáñez, S., & Ruíz, A. (2016). Guía técnica para el cultivo y producción de Sacha inchi. Política.
- Blanco, D., Suárez, J., Donis, F., & González, O. (2016). *Biodigestores y Microorganismos Nativos*. En F. Funes Aguilar, y L. L. Vázquez Moreno, *Avances de la Agroecología en Cuba*. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey.
- Camones, C. & Noemi, L. (2015). Efecto de la aplicación de tres dosis de humus y microorganismos eficaces en el cultivo del brocoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) en Marcará, Carhuaz. UNASAM, Huaraz, Perú. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1062>
- Centro de Investigación Colombiana de Biocombustibles (COLBIO). (2013). Sacha inchi (*Plukenetia Volubilis* L.).

- Coronado Rangel, N. (2018). *Evaluación de características morfológicas y niveles de infección fúngica natural en la germinación de semillas de Sacha inchi (Plukenetia volubilis) provenientes de diferentes regiones de Colombia*. (Tesis de grado) Universidad de Santander.
- Cruz Veintemilla, L. M. (2013). *Fenología y rendimiento de cinco accesiones de "Sacha inchi" (Plukenetia volubilis L.) propagados por enraizamiento de estaquillas en la localidad de Bello Horizonte*. (Tesis de grado) Universidad Nacional de San Martín • Tarapoto.
- Chirinos, R., Zuloeta, G., Pedreschi, R., Mignolet, E., Larondelle, Y. & Campos, D. (2013). *Sacha inchi (Plukenetia volubilis): A seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity*. Food Chemistry.
- Dev, A., Babu, R. & Marahatta. S. (2015). Role of Azotobacter in Soil Fertility and Sustainability—A Review. *Adv Plants Agric Res*, 2(6), 1-5. <http://medcraveonline.com/APAR/APAR-02-00069.pdf>
- Docampo, R. (2015). La importancia de la materia orgánica del suelo y su manejo en producción frutícola. INIA Las Brujas – Estación Experimental “Wilson Ferreira Aldunate”. Serie Actividades de Difusión N° 687.
- Cuba. Enciclopedia Cubana en la Red. (ECURED). (2019). Sacha inchi. [https://www.ecured.cu/Sacha\\_Inchi](https://www.ecured.cu/Sacha_Inchi)
- FAO (2019). *Guía para la caracterización de fincas en el concurso “10 Iniciativas y Evidencias Innovadoras y Escalables en Agroecología para el Desarrollo Rural Sostenible en Cuba”*. CONVOCATORIA 2019.
- FAO. (2013). Manual del compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
- Ferral, C., Fuentes, P. F., & Calderón, D. M. (2019). Uso de microorganismos eficientes autóctonos, en el manejo de Meloidogyne incognita en el cultivo del tomate. *Centro Agrícola*, 46(4).

- Fu, Q., Niu, L., Zhang, Q., Pan, B-Z., He, H. & Xu, Z.F. (2015). Benzyladenine treatment promotes floral feminization and fruiting in a promising oilseed crop *Plukenetia volubilis*. *Industrial Crops and Products* (59), 295-298.
- García, Y., & Bocourt, R. (2014). *Los probióticos como alimento funcional*. <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/10233/articulos-nutricion-archivo/losprobioticos-como-alimento-funcional.html>
- Gonzalez, G., Belkhefha, H., Haddioui-Hbabi, L., Bourdy, G. & Deharo, E. (2015). Sacha inchi Oil (*Plukenetia volubilis* L.), effect on adherence of *Staphylococcus aureus* to human skin explant and keratinocytes in vitro. *Journal of Ethnopharmacology* 171, 330-334.
- Haney, C. H., Samuel, B. S., Bush, J., & Ausubel, F. M. (2015). Associations with rhizosphere bacteria can confer an adaptive advantage to plants. *Nat. Plants*, 1(6), 1-9.
- Instituto de suelos (1986). Estudio de suelos de la provincia de Cienfuegos 1: 25000
- Laboratorios de Producciones Biofarmacéuticas y Químicas (LABIOFAM). (2013). Procedimiento para la producción de **ME-50** (Microorganismos Eficientes Autóctonos) Grupo Labiofam Matanzas.
- Laboratorio provincial de Sanidad Vegetal (LAPROSAV). (2021). Informe sobre los resultados de las muestras. Modelo 10-0. Número de entrada 601-1. Protocolo LPSVCFG/PD/03.003
- Londoño, N. A., Taborda, M. T., López, C. A., & Acosta, L. V. (2015). Bacteriocinas producidas por bacterias ácido lácticas y su aplicación en la industria de alimentos. *Alimentos Hoy*, 23(36), 186-205.
- Luna, M. A., & Mesa, J. R. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista científica Agroecosistemas*, 4 (2), 31-40. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>
- Meena, S. K., & Meena, V. S. (2017). *Importance of soil microbes in nutrient use efficiency and sustainable food production*. En, V.S., Meena, P.K., Mishra, J.K.,

Bisht, y A. Pattanayak (Eds.) *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture*. Springer.

Mesa Reinaldo, J. R. (2020). Microorganismos eficientes y su empleo en la protección fitosanitaria de los cultivos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(2), 102-109.

Mesa, J.R., Almogoea, M., García, C., González, J., Carvajal, R., Cárdenas, Y., Cueto, L.M., Riveron, R., Sotolongo, J., Alejo, L.O., Martínez, J.A., Terrero, W., Pentón, E., & García, J.M. (2018). *Tecnología de producción de un biopreparado a base de microorganismos eficientes, a partir de recursos locales. Premio Anual a la Investigación Científica CITMA*.

Morocho, M. T., & Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2).

Panduro, A. N. (2019). *Efecto de preparados microbianos en la calidad de sustrato y biomasa de Sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) en condiciones de invernadero como una alternativa sostenible, en la E.E.A.* (Tesis de grado) Universidad Peruana Unión.

Perúbiodiverso. (2009). *Manual de producción de Sacha inchi con el marco conceptual operativo del Biocomercio y la agroforestería sostenible*. Perúbiodiverso.

Quispe, Y. C., & Chávez, C. M. F. (2017). Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), municipio de Achocalla. *Apthapi*, 3 (3): 652-666.

Ramos, L., M. (2016). *Caracterización físico-química del biofertilizante Microorganismos de Montaña (MM) para la Finca Agroecológica Santa Inés, Zamorano, Honduras.* (Tesis de grado). Universidad de Honduras.  
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5745/1/IAD-2016-T037.pdf>

Schlatter, D., Kinkel, L., Thomashow, L., Weller, D., & Paulitz, T. (2017). Disease suppressive soils: new insights from the soil microbiome. *Phytopathology*, 107(11), 1284-1297.

- Sihuayro, L.D.B. (2013). *Evaluación del rendimiento en la extracción del aceite de Sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) del ecotipo predominante en el valle del río apurímac (ayacucho) y su caracterización físico-química y sensorial*. Universidad de Perú.
- Su, P., Tan, X., Li, C., Zhang, D., Cheng, J., Zhang, S., Zhou, X., Yang, Q., Peng, J., Zhang, Z., Liu, Y., & Lu, X. (2017). Photosynthetic bacterium *Rhodospseudomonas palustris* GJ-22, induces systemic resistance against viruses. *Microbial Biotechnology*, 10(3), 612-624.
- Umaña, S., Rodríguez, K. & Rojas, C. (2017). ¿Funcionan realmente los microorganismos de montaña (MM) como estrategia de biofertilización? Un enfoque de ingeniería de biosistemas. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)*, 51(2), 133-144. <http://dx.doi.org>
- Vargas, J. A., Duque, O. L. & Torres, A. M. (2015). Germinación de semillas de cuatro especies arbóreas del bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia. *Rev. Biol. Tro*, 63 (1), 249-261.
- Vurukonda, P., Giovanardi, D., & Stefani, E. (2018). Plant growth promoting and biocontrol activity of *Streptomyces* spp. as endophytes. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(4).