

Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo

Título: Evaluación de tres marcos de plantación para el cultivo de *Cymbopogón citratus* (D.C) Stapf (caña santa) en el organopónico Cuatro Caminos de Cienfuegos

Autora: Yelennis Cerguera Silva.

Tutor: Walfrido Terrero Matos.

Cienfuegos, 2022

Aval

La caña santa ayuda a combatir el estrés oxidativo y contribuye a prevenir el envejecimiento y alguna enfermedades. La mayoría de los compuestos orgánicos que contiene son antioxidantes. Hago constar que el estudiante de quinto año de la Carrera de Agronomía de la Universidad Carlos Rafael Rodríguez, Yelennis Cerguera Silva realizó una investigación sobre “Evaluación de tres marcos de plantación para el cultivo de *Cymbopogon citratus* (D.C) Stapf (caña santa) en el organopónico Cuatro Caminos de Cienfuegos”, tutorada por Ing. Walfrido Terrero Matos.

Es válido destacar la independencia y creatividad del estudiante que ha puesto de manifiesto durante la realización de su investigación y destacar que por primera vez se logran evaluar cultivares de caña santa en condiciones de organoponía en el organóponico 4 caminos.

El trabajo puede contribuir al incremento de las producciones en este cultivo, con la finalidad de aprovechar sus bondades en la producción de medicamentos en la Empresa Provincial de Farmacias y ópticas de Cienfuegos.

Y para que así conste firma: _____

Agradecimientos

Le agradezco a Dios por darme la oportunidad de haber estado durante cinco años en el estudio de esta carrera, por aquellos momentos que me han servido para crecer en lo personal y profesional.

A mis madre y mi hijo que han sido el motor que impulsan mis sueños y esperanza de lograr un objetivo más, que estuvieron a mi lado en los momentos buenos y malos y por toda la confianza depositada que hoy se traduce en un logro más para la familia.

A mis profesores que, con sus palabras sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos, a ustedes le debo mis conocimientos, por ser guías en mis estudios y ser pieza fundamental. Gracias por sus orientaciones.

A mis compañeros que estuvieron presentes en más de una ocasión y que de alguna manera me ayudaron para poder culminar con esta etapa de mi vida.

Y por último a la carrera de Agronomía que me enseñó a trabajar la tierra, a conocerla y saber cuan importantes es para nosotros.

A todos ustedes gracias infinitas.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, por ser el ser dador de vida, a mi madre y mi hijo por su apoyo incondicional, familiares que de una u otra manera fueron piezas fundamentales en esta trayectoria, puedo decir que no fue fácil pero tampoco imposible. Gracias a ustedes por todo el apoyo brindado.

Mi vida universitaria empezó hace cinco años, lleno de desafíos y mucha perseverancia, ahora se convierte en el final de esta carrera. Este trabajo también es dedicado para mí, por mi gran esfuerzo y dedicación

Resumen

El marco de plantación es una variable utilizada para indicar la separación necesaria entre plantas y entre líneas de cultivo. El objetivo de esta investigación fue evaluar diferentes marcos de plantación para el cultivo de *Cymbopogon citratus* (D.C) Stapf (caña santa) en condiciones de organoponía. El ensayo se realizó en el organopónico de cuatro caminos, Cienfuegos en el periodo comprendido de mayo-noviembre del 2022. Se montó un experimento en parcelas con un diseño bloque al azar con tres tratamientos y tres réplicas (tratamiento uno: 0.90 mx0.50m, tratamiento dos: 0.90mx0.40 m y tratamiento tres: 0.90mx0.70m). A los 45, 60 y 75 se evaluó altura de la planta, número de tallos por plantón, diámetros de los tallos y el peso fresco solo se evaluó a los 75 días. En las variables morfoagronómicas evaluadas, el tratamiento de 0.90x0.70m reveló los mejores resultados.

Palabras claves: plantación, variable, tratamientos, organopónico.

Abstract

The plantation framework is a variable used to indicate the necessary separation between plants and between crop lines. The objective of this research was to evaluate different planting frames for the cultivation of *Cymbopogon citratus* (D.C) Stapf (holy cane) under organoponic conditions. The trial was carried out in the Cuatro Caminos Organopónico, Cienfuegos in the period from May to November 2022. An experiment was set up in plots with a randomized block design with three treatments and three replicates (treatment one: 0.90 m x 0.50m, treatment two: 0.90m x 0.40m and treatment three: 0.90m x 0.70m). At 45, 60 and 75 days, plant height, number of stems per seedling, stem diameters and fresh weight were evaluated only at 75 days. In the morphoagronomic variables evaluated, the 0.90x0.70m treatment revealed the best results.

Keywords: plantation, variable, treatments, organoponic.

Índice

Introducción	1
Capítulo I : Fundamentos teóricos sobre cultivo de <i>Cymbopogon citratus</i> (D.C) Stapf (caña santa).	5
1.1. Generalidades de la caña santa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	5
1.1.1. El cultivo de la caña santa	5
1.1.2. Preparación del suelo	5
1.1.3. Taxonomía de la caña santa	6
1.1.4. Descripción botánica de la caña santa	7
1.1.5. Condiciones edafoclimáticas del cultivo de la caña santa	8
1.1.6. Labores agrícolas	8
1.1.7. Usos de caña santa	13
1.1.8. Composición química de la caña santa	13
1.1.9. Método de cosecha	14
1.1.10. Rendimiento	14
1.1.11. Fenología	15
1.1.12. Manejo agronómico	15
1.2. El marco de plantación en los cultivos	16
1.2.1. Marcos de plantación	16
1.2.2. Marco de plantación para la caña santa	17
1.3. La agricultura urbana y los organopónicos en Cuba	18
1.3.1. La agricultura urbana desde una perspectiva de desarrollo local	18
1.3.2. Diseño constructivo de un organopónico	19
1.3.3. Agricultura orgánica	19
1.3.4. Sustratos	21
1.3.5. Abonos orgánicos	23
Capítulo II: Propuesta de evaluación	25
2.1. Materiales y Métodos	25
2.1.1. Localización y presentación del ensayo	25
2.2. Características del suelo	26
2.2.1. Suelo arcilloso	26
2.3. Sustrato utilizado	27
2.3.1. Compost	27
Capítulo III Análisis y discusión de los resultados	29
Conclusiones:	33
Recomendaciones:	34

Bibliografía.....	35
Anexos	42

Introducción

A nivel mundial los productos de origen vegetal, especialmente las plantas medicinales y sus extractos, tienen un papel de suma importancia en el arsenal terapéutico. Las medicinas a bases de plantas curativas presentan mayor ventaja que los tratamientos químicos (Medina, 2015).

La “caña sata” *Cymbopogon citratus* (D.C) Stapf pertenece a la familia Poaceae de importancia económica y social para la industrialización y sub-productos que se obtienen de este cultivo como son: perfumería, cosméticos, extractos, condimentos, helados y productos fármaco (Quispe-Vilca et al., 2014).

El reino vegetal proporciona gran cantidad de beneficios al ser humano. Además de crear oxígeno o poner color y olor en hogares y jardines, las plantas son muy utilizadas en el mundo gastronómico para ensalzar los sabores de numerosos platos, y, hay algunas que son especialmente digestivas y con propiedades curativas (Acevedo et al., 2016). La mejor manera de conocerlas y sacarles la mayor utilidad es cultivándolas nosotros mismos, y así poder encontrar la solución a algunos de nuestros problemas sin salir de casa, sembrando estas especies de plantas aromáticas/medicinales en maceteros que sean sanas y frescas (Dunwich, 2007).

La siembra de las plantas aromáticas/medicinales contribuye a mejorar los servicios ambientales que son los beneficios que la gente recibe de la naturaleza. Estos beneficios no se restringen al aspecto ambiental, sino que abarcan muchos otros ámbitos (Paz, 2015).

Según (Forlin, 2012) la importancia es cuando poseen aroma y/o sabor que la hace útil, esta propiedad está dada por componentes o fracciones volátiles por medio de la química se denominan esencias o aceites esenciales. Las plantas medicinales varían mucho en cuanto a sus necesidades de luz, muchas de ellas, sobre todo las productoras de aceite esencial, tiene gran necesidad de ella, por lo que su cultivo es a plena exposición solar, los principios activos se pueden encontrar en: hojas, tallos, bulbos, rizomas, raíces, flores, semillas y frutos.

Según Rodríguez y col, (1993) en la década de los 90, caracterizada por el resurgimiento de una cultura naturalista científicamente fundamentada, que abarca tanto la actividad agronómica como la médica, se revalorizan el uso y producción de las plantas medicinales, tanto en estado natural, como de las sustancias y productos elaborados a partir de ellas. Este nuevo estadio de la cultura humana, unido a condiciones económicas excepcionales ha provocado el auge de la medicina alternativa, en la cual el cultivo, estudio y el

procesamiento de las plantas con fines terapéuticos ocupan una posición cimera (Soto-Ortiz et al., 2002).

El interés por la medicina tradicional, que incluye terapias con medicación basada en hierbas y otras sin medicación como es el caso de la acupuntura, terapias manuales, etc., se ha incrementado considerablemente, por lo que se ha tomado la decisión de ocuparse de las formas tradicionales de medicina y explorar las posibilidades de utilizarlas en la atención primaria de salud. En los últimos años ha habido un notable crecimiento en particular por los fitomedicamentos, lo que no se limita solamente a los países en desarrollo y consecuentemente los mercados nacionales e internacionales, las autoridades sanitarias y la opinión pública se han interesado por la inocuidad y la calidad de estos medicamentos.

Las posibilidades de desarrollar el cultivo de *Cymbopogón citratus* (D.C) Stapf (caña santa) en Cuba como planta medicinal y aromática habían sido indicadas por Roig en 1943, como resultado del estudio de su comportamiento en la Estación Agronómica de Santiago de las Vegas y apuntaba que: "El establecimiento de nuevos cultivos es siempre una labor difícil y aunque ciertas especies de plantas medicinales se dan bien en Cuba, no se pueden ofrecer cantidades apreciables al exportador, porque no existen plantaciones comerciales, ni datos sobre el costo del cultivo y manipulación," concluye exponiendo, "De algún modo debe estimularse el cultivo de plantas aromáticas y medicinales en Cuba", así como el establecimiento de laboratorios y fábricas de productos farmacéuticos que empleen drogas nativas (Soto-Ortiz et al., 2002).

Entre las plantas reconocidas por sus comprobadas propiedades medicinales se encuentra esta especie, conocida con los nombres vulgares de caña santa, hierba de calentura, hierba limón y otros, que, en forma de droga seca, extracto fluido, tintura o aceite esencial se emplea en once medicamentos diferentes en las categorías farmacológicas: analgésica, antiinflamatoria, antiasmático, expectorante, antiespasmódica y otras (Emp. Prov. de Medicamentos Cienfuegos, 1993).

En la Reunión Consultiva de la OMS sobre Buenas Prácticas Agrícolas y de Recolección de Plantas Medicinales, Ginebra, 2003, se estableció que con estas medidas se busca proporcionar orientación técnica general sobre la obtención de materias vegetales medicinales de adecuada calidad para la producción sostenible de estos medicamentos. Dichas orientaciones o directrices, que requieren se ajusten a la situación de cada país, tienen como finalidad establecer para cuando se recolecten las plantas medicinales en la naturaleza, esto se haga sobre una base sostenible mediante métodos que respeten y propicien la conservación satisfactoria de estas plantas y del medio

ambiente general y su uso sostenible con vistas al futuro y además incluyen impulsar su cultivo como cosa fundamental y determinadas operaciones postcosecha (Lérida & Acosta de la Luz, 2006).

El marco de plantación nos indica la separación necesaria entre las plantas cultivadas para que se desarrollen con normalidad. Es importante porque influye en aspectos como la cantidad de luz que reciben las plantas o la competencia por los nutrientes del suelo. También para conseguir una buena ventilación y aireación para los cultivos, lo que reducirá el riesgo de plagas y enfermedades (Infoagronomía, 2021). Acertando con el marco de plantación, obtendremos cultivos más productivos y sanos.

Este género se cultiva en numerosos países del mundo para la obtención de aceite esencial, como lemongrass de gran importancia para la industria, ya que grandes cantidades son utilizadas para la extracción del citral, principal constituyente del aceite, el cual es un importante material para la perfumería, confitería, licores, y se emplea como materia prima en la síntesis de las iononas, sustancias aromáticas con fuerte olor a violetas y en la síntesis de la vitamina A (Soto-Ortiz et al., 2002).

Justificación de problema

No se han encontrado referencias de estudios realizados sobre el marco de plantación más apropiado para el cultivo de *C. citratus* en condiciones de organoponía, convirtiéndose este en una necesidad.

Problema Científico

¿Cuál será el marco de plantación más apropiado para el cultivo de *C. citratus* en el organopónico Cuatro Caminos de Cienfuegos?

Hipótesis

Un marco de plantación apropiado para el cultivo de *C. citratus* en el organopónico Cuatro Caminos de Cienfuegos permitirá mejorar las variables morfoagronómicas y el rendimiento en el cultivo.

Objetivo general

Evaluar diferentes marcos de plantación para el cultivo de *C. citratus* en el organopónico Cuatro Caminos de Cienfuegos

Objetivos Específicos

- Caracterizar del organopónico de cuatro caminos.
- Establecer del cultivo a evaluar en el organopónico de cuatro camino.

- Determinar las variables morfoagronómicas para la evaluación del cultivo establecido.

Capítulo I : Revisión bibliográfica

1.1. Generalidades de la caña santa (*Cymbopogon citratus*)

1.1.1. El cultivo de la caña santa

Es un cultivo perenne, se propaga con material vegetativo. La mayor cantidad de aceites esenciales es acumulada en tallos y hojas, y en menor cantidad en las raíces. Estos aceites contienen aromas característicos, que se identifican cuando se separan partes de las plantas (Romero, 2016). La familia Poaceae está ampliamente distribuida a nivel mundial; sus especies se encuentran presentes en todas las latitudes y altitudes, desde el nivel del mar hasta por encima de los 5000 msnm. Es una de las familias con mayor cantidad de especies con aproximadamente 700 géneros y 10.000 especies distribuidas en casi todas las especies (Gutiérrez & Castañeda, 2014).

Se le confieren por sus múltiples usos por contener un grupo considerable de flavonoides, aceites esenciales, compuestos fenólicos y otros constituyentes fitoquímicos que poseen actividades farmacológicas, como antibacterianas, antifúngicas, antioxidantes, antidiarreicas y antiinflamatorias (Oladeji et al., 2019).

1.1.2. Preparación del suelo

Muchos materiales orgánicos sirven como fertilizantes y acondicionadores del suelo: alimentan tanto los suelos como las plantas. Esta es una de las diferencias más importantes entre un enfoque químico y un enfoque orgánico hacia el cuidado y la fertilización del suelo (Vázquez & Loli, 2018).

Los fertilizantes químicos solubles contienen sales minerales que las raíces de las plantas pueden absorber rápidamente. Sin embargo, estas sales no proporcionan una fuente de alimento para los microorganismos del suelo y las lombrices de tierra., e incluso ahuyentarán a las lombrices porque acidifican el suelo (Ardisana et al., 2018).

Este cultivo exige una esmerada preparación del suelo para poder lograr altos rendimientos en masa verde según (Soto-Ortiz et al., 2002), además deben realizarse las labores que faciliten el drenaje interno de aquellos suelos que presenten este problema. Las labores de preparación de suelo deben tener una duración no menor de 40 d para que resulte eficiente esta labor (Soto-Ortiz et al., 2002). La secuencia de las labores serán las siguientes:

Roturación: 10-12 cm de profundidad, tractor Junz-6 ó MT 380. La rotura superficial permite utilizar una potencia menor del equipo y por tanto un menor gasto de combustible, dando la posibilidad de no enterrar totalmente los residuos de cosecha o vegetación espontánea, las que estarán sometidas a los

fenómenos de intemperismo que iniciarán el proceso de biodegradación de forma más acelerada (Soto-Ortiz et al., 2002).

Pase de grada media: 12-15 cm permitiendo esta labor, romper las estructuras más gruesas del suelo (terrones), eliminación de las hierbas indeseables y el fraccionamiento de los rastros para acelerar su descomposición (Soto-Ortiz et al., 2002).

Se recomienda dar un riego con una norma parcial bruta de 250 m³/ha después del pase de grada con la finalidad de acelerar la germinación de las semillas de las hierbas indeseables y favorecer la descomposición de la materia orgánica incorporada como abono verde y restituir el tempero del suelo, lo que permitirá un cruce cualitativamente óptimo (Soto-Ortiz et al., 2002).

Cruce: 25-30 cm en dependencia del tipo de suelo y de 12-15 d posterior al riego efectuado, de manera que se logre virar el prisma de tierra, eliminando de esta forma la población de hierbas indeseables que hayan brotado, depositándola a mayor profundidad para que continúe su descomposición, para aumentar el porcentaje de materia orgánica y muchas de las semillas de hierbas indeseables quedarán a mayor profundidad evitando su posible germinación (Soto-Ortiz et al., 2002).

Pase de Tiller: posteriormente al cruce y de forma inmediata se realizará un pase de este implemento en sentido perpendicular, de manera que el suelo quede mullido en su superficie y evitando el exceso de pulverización superficial que se producirá con otro pase de grada y contrarrestando la erosión eólica (Soto-Ortiz et al., 2002).

Surcar: una vez completado el cruce, se realiza esta labor para garantizar la plantación, haciendo la surquería a la misma profundidad del cruce (25-30 cm). Esto está dado porque en esta especie, mientras mayor es la profundidad del surco hay mejor garantía en la plantación y mayor será el rendimiento en masa verde (Soto-Ortiz et al., 2002).

1.1.3. Taxonomía de la caña santa

Según (Negrelle y Gomes, 2007) fue anteriormente descrito como *Andropogón citratus* por De Candolle y reclasificado por Otto Stapf, pertenece a la familia Poaceae, la misma que comprende aproximadamente 500 géneros y 8.000 especies de hierbas, genéricamente llamadas gramíneas. *C. citratus* incluye alrededor de 30 especies, características muy importantes y su nombre es derivado de las palabras griegas kymbe (bote) y pogon (barba), en referencia a la disposición de las espigas y *citratus* derivado del latín antiguo, cuyo significado es hojas con aroma a limón (Baidal, 2021).

Salazar y Flores (2013), citados por (Baidal, 2021) indican que el cultivo de hierba luisa pertenece al siguiente orden taxonómico:

- Reino Cormobionta
- División Magnoliophyta
- Clase Liliatae
- Subclase Commelinidae
- Orden Cyperales
- Familia Poaceae
- Genero *Cymbopogón*
- Especie *citratatus* Stapf.

1.1.4. Descripción botánica de la caña santa

Yerba perenne, robusta, tallos muy ramificados de 1 a 2 m de alto con los nudos ceríferos. Hojas aromáticas, amontonadas cerca de la base, lampiña, glaucas, de 6 a 10 dm, sus ramas alargadas y un tanto penduladas. Espatas lanceoladas: las espiguillas en pares, una sésil y la otra pedicelada; los racimos bifurcados, portando en la bifurcación una espiguilla estaminada sin arista, la espiguilla sésil, del par o los pares inferiores diferentes de las de arriba. Racimos de 1 a 1,5 cm de largo, la espiguilla sésil línea lanceolada de 4 a 5 cm de largo acuminada con el dorso cóncavo en la parte baja (Roig, 1974). No florece o lo hace muy rara vez (Soto-Ortiz et al., 2002).

En una planta de *C. citratatus* desarrollada pueden encontrarse hojas cuyas longitudes varían desde 22 cm hasta 82 cm y la mayor proporción se encuentra entre los rangos de 34 a 46 cm, 58 y 70 cm (Soto y col. 1984). Un estudio realizado por estos autores sobre la definición del método adecuado para la determinación del área foliar para esta especie, dio como resultado que el más adecuado es el de largo por ancho, empleando como coeficiente para las hojas cuyos largos oscilan entre 34 a 46 cm, 0,58 y para las de 47 a 70 cm, 0,71 (Soto-Ortiz et al., 2002).

En cuanto a su sistema radical, un estudio sobre la distribución de este en un suelo ferralítico rojo típico mostró, que el mayor porcentaje de raíces se encuentra hasta los 0,30 m de profundidad en el suelo. En la distribución horizontal y para las distancias entre las hileras de las plantas de 0,90 m, la mayor proporción de raíces se halla a los 22,5 cm a partir del eje central del plantón (Soto-Ortiz et al., 2002).

Tallos

Muy ramificados de 1 a 2 m de alto con los nudos ceríferos puberulento en la parte superior, ramificado (Soto-Ortiz et al., 2002).

Hojas

Aromáticas, amontonadas cerca de la base, lampiña, glaucas, de 6 a 10 cm, sus ramas alargadas y un tanto penduladas. Espatas lanceoladas: las espiguillas en pares, una sésil y la otra pedicelada; los racimos bifurcados, portando en la bifurcación una espiguilla estaminada sin arista, la espiguilla sésil, del par o los pares inferiores diferentes de las de arriba. Racimos de 1 a 1,5 cm de largo, la espiguilla sésil línea lanceolada de 4 a 5 cm de largo acuminada con el dorso cóncavo en la parte baja. No florece o lo hace muy rara vez. En una planta de *C. citratus* desarrollada pueden encontrarse hojas cuyas longitudes varían desde 22 cm hasta 82 cm y la mayor proporción se encuentra entre los rangos de 34 a 46 cm, 58 y 70 cm (Soto-Ortiz et al., 2002).

Raíz

En cuanto a su sistema radical, un estudio sobre la distribución de este en un suelo ferralítico rojo típico mostró, que el mayor porcentaje de raíces se encuentra hasta los 0,30 m de profundidad en el suelo. En la distribución horizontal y para las distancias entre las hileras de las plantas de 0,90 m, la mayor proporción de raíces se halla a los 22,5 cm a partir del eje central del plantón (Soto et al., 2002). En climas templados o de estaciones no florece, pero 11 en clima cálido produce densas panojas, con espigas de granos verde amarillentos (Salazar, A., y Mayanquer, S, 2011).

1.1.5. Condiciones edafoclimáticas del cultivo de la caña santa

Crece adecuadamente en una gama de suelos, pero, se adapta mejor en suelos fértiles de textura media a ligera y con buena capacidad retentiva de agua. En los suelos arenosos se tiene mayor producción de follaje, pero menor producción de aceites esenciales. No tolera las condiciones de mal drenaje. Tolerancia temperatura media entre 22 y 28° C. Se encuentra en áreas con precipitaciones pluviales de 1 500 a 4 000 mm/año con lluvias bien distribuidas se cosecha de 3 a 6 meses después de la siembra (Auccapiña et al., 2017).

Soporta latitudes de hasta los 200 msnm. Las lluvias perjudican la calidad del aceite, debido a que se reduce el contenido de citral hasta en un 5%. La planta puede cortarse más frecuentemente en regiones lluviosas que en secas, pero el aceite tendrá menor contenido de citral (Ocampo & Valverde, 2000).

1.1.6. Labores agrícolas

Según Fuentes, et al (2000); en su investigación menciona las siguientes labores agrícolas para cultivo de “caña santa” (Baidal, 2021).

- **Riego**

Se debe realizar el riego según las necesidades, al comienzo de la plantación la planta es muy resistente a la sequía, aunque cuando ésta se prolonga se producen serios decrecimientos en los rendimientos (Baidal, 2021).

Se recomienda mantener la humedad del suelo al 85 % de la capacidad de campo hasta que la plantación llegue al período de ahijamiento y a partir de este momento mantener la humedad al 80 % durante todo el ciclo de vida del cultivo. Cuando no se dispone de aseguramiento del riego, la plantación se realizará en la época de primavera, donde son más abundantes y frecuentes las precipitaciones obteniéndose un crecimiento rápido y muy buena implantación de la cepa. Si se presenta déficit hídrico en cualquier momento de su ciclo vegetativo, la plantación manifiesta un acelerado necrozamiento de las hojas más viejas, comenzando por el ápice y abarcando el total del área foliar si se mantiene dicho déficit, y con la consiguiente disminución de los rendimientos (Soto-Ortiz et al., 2002).

- **Control de plagas, enfermedades y malezas**

Según (Fuentes et al., 2000) el control de plagas, enfermedades y malezas es importante en los primeros meses después del establecimiento de la plantación, una vez que, las plantas alcanzan cierto crecimiento, cierran camino e impiden el desarrollo de las malezas (Baidal, 2021).

Cymbopogón citratus: no es afectado grandemente por las plagas y enfermedades, sin embargo, publicaciones recientes indican la presencia de varios hongos y bacterias que provocan enfermedades foliares (Soto-Ortiz et al., 2002).

Escandány otros (1987) identificaron entre las enfermedades que afectan este cultivo en Cuba, como la más importante la causada por *Marasmius* sp. que pudre el pseudotallo y la raíz, causando la muerte de la planta. Pruebas *in vitro* con diferentes fungicidas dieron como resultado que el mejor producto fue el propiconizol (Tilt), por su acción inhibidora en la formación de ergosterol, que afecta la síntesis y función de las membranas celulares (Soto-Ortiz et al., 2002).

Este producto ha sido utilizado en gramíneas contra enfermedades provocadas por Basidiomicetos, Ascomicetos y otros hongos. Señalan además estos autores, que resulta importante el control de *Diatraea charalis* (bórer) porque produce daños mecánicos en el pseudotallo del cultivo que provocan una mayor incidencia de la enfermedad (Soto-Ortiz et al., 2002).

La caña santa tiene como plaga principal el bórer. De la Torre, 1879, citado por Escandan y col, 1985, apuntan que es importante el estudio de los controles biológicos debido a que son costosas las aplicaciones de productos químicos por las características del ataque del insecto y por las afectaciones que estas pueden traer aparejadas. Escandan y col. (1987) identificaron la presencia de

Aphantele ssp. como control biológico natural del bórer en este cultivo en suelos salinos del valle de Guantánamo. Señalan entre otros insectos que afectan al cultivo, pero que no habían llegado a constituir plagas, los siguientes (Soto-Ortiz et al., 2002).

Moneophorabicinta fraterna

Toumeyellasp.

Cyanopterussp.

Prosapia fraterna(Uhler).

Como enfermedades, además de la provocada por el *Marasmiussp.*, las causadas por:

*Sclerotiumrulfrolfsii*Sacc.

Myriogenosporasp.

Pucciniasp.

Nigrosporasp.

Curvulariasp.

Según (Soto-Ortiz et al., 2002) como resultado de un estudio realizado sobre la dinámica poblacional de la vegetación indeseable en los cultivos citronela y lemongrass sobre suelo ferralítico rojo de la Provincia de La Habana (Escandan y Soto, 1981) determinaron que la competencia con las malezas cuando las plantas alcanzan la cobertura total del suelo es mínimo, no siendo así después de que se realiza la cosecha, cuando aparecen en estas condiciones asociadas en mayor proporción las especies siguientes:

Alysocarpus vaginales L. (maní cimarrón), *Bidens pilosa* (romerillo blanco), *Sorghunhalepense* (Don Carlos), *Cyperusrotundus*(cebolleta) y *Partheniumhysterphorus*(escoba amarga) (Soto-Ortiz et al., 2002).

En suelos ferralítico cuarsítico amarillo lixiviado de Pinar del Río se asocian al cultivo por orden de importancia las siguientes especies (Soto-Ortiz et al., 2002).

*Portulaca oleracea*L. (verdolaga), *Cyperusrotundus*(cebolleta), *Brachiaria extensa* Chase (gambutera), *Amaranthusdubius*Mart. (bledo), *Sida acuta* Burn. (malva de caballo) y *Cassia tara* L. (guanina).

Para el control de la maleza en las condiciones de suelos ferralíticos rojos de la provincia La Habana se recomienda la aplicación de Treflam 48 % 2,25 L/h con Cotoran 80 %, 5 kg/ha o Simazina, 4 kg/ha, para la fase de fomento si el objetivo no es con fines medicinales (Soto-Ortiz et al., 2002).

• Fertilización

El cultivo de “caña santa” necesita importantes aplicaciones de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica para obtener un mejor rendimiento. Si el aceite esencial se va a hacer utilizado para la fabricación de medicamentos, no deben aplicar estos elementos a través de los fertilizantes inorgánicos, la única

vía autorizada es la fertilización orgánica, lo que implicaría una dosis mayor por hectárea (Fuentes et al., 2000). De acuerdo con (Quispe, 2004) las gramíneas, necesitan de las siguientes dosis de nutrientes: 100 kg/ha de N, 50 kg/ha de P 2 O 5 , 50 kg/ha de K 2 O.

Los estudios de fertilización realizados recomiendan:

100 kg/ha de nitrógeno al año en 2 aplicaciones.

1era: a los 2 meses de plantado.

2da : después de la cosecha.

Se recomienda urea al 46 %

50 kg/ha de potasio y fósforo al año aplicado como fertilización de fondo antes de realizar la plantación (Ortiz, 2002).

- **Cosecha**

La forma más fácil de determinar el momento de la cosecha es cuando la plantación manifiesta síntomas de envejecimiento del ápice, caracterizado por un color pardo amarillento, presentándose este síntoma entre los 9 a 11 meses dependiendo de la época de plantación. Coincidiendo esta fecha con el momento en que las hojas están completamente maduras y su rendimiento en aceite esencial es óptimo. Si no se realiza la cosecha cuando la plantación ha presentado los síntomas anteriormente explicados, los ápices de las hojas se recruzan y se ven afectados los rendimientos en masa verde y en aceite. La cosecha puede realizarse de forma manual o mecanizada en dependencia de las dimensiones del área plantada (Soto-Ortiz et al., 2002).

- **Secado**

Un paso muy importante es el secado de las hojas si este se realiza bien se puede lograr una mejor calidad porque depende de las condiciones en que se conserva el producto. (Soto-Ortiz et al., 2002) en su instructivo técnico del cultivo de (C. citratos) (D.C) Stapf (caña santa), mencionan que se deben cumplir los requisitos siguientes para el secado de las hojas:

- Cosecharse en la mañana
- Debe trasladarse al área de secado de forma inmediata para evitar los efectos de la radiación solar directa.
- Agrupar las hojas en paquetes con un peso no mayor de 300 g (si el secado se realizara de forma natural) atándolas con un cordel sin apretar demasiado y colgándolos para aumentar la superficie de contacto con el aire.
- El local de secado debe reunir buenas condiciones de circulación de aire, poca luz, temperatura relativamente alta y baja humedad relativa.

➤ Las hojas deben perder entre el 72-78 % de peso entre los 12 y 14 d, dependiendo de la época del año que se someta al secado, obteniéndose hojas que mantienen su color, olor y sabor característicos, así como del 22-28 % de materia seca, lo que garantiza parámetros óptimos a los fármacos obtenidos a partir de ellas.

La temperatura de secado oscila entre 30 y 60o C, para el caso de plantas medicinales y aromáticas y para productos vegetales 50 y 80o C. Las plantas que poseen aceites esenciales o sustancias volátiles deben ser secadas a temperaturas inferiores a 40o C. Además, el secado es el paso más importante para lograr un mejor rendimiento en la extracción de los aceites esenciales. Las plantas aromáticas tienen humedades que oscilan entre 75-80% en estado fresco (Caicedo & Otavalo, 2011).

- **Secado mecánico**

(Salazar, A., y Mayanquer, S, 2011) manifiestan que el secado artificial o mecánico mayores gastos, pero tiene ventajas, pues al controlarse las variables del tratamiento, en el lapso de unas horas, es posible obtener un producto homogéneo y de excelente calidad comercial. Hay diversos métodos para deshidratar las hierbas, que pueden clasificarse, entre otras formas, de la siguiente manera:

- Desecación por aire caliente.
- Desecación por contacto directo con una superficie caliente.
- Desecación por aporte de energía de una fuente radiante de microondas o dieléctrica.

- **Secado de cabina o de bandeja**

Es una cabina aislada provista interiormente de un ventilador de aire a través de un calentador; sale por una rejilla de láminas ajustables y es dirigido, horizontalmente entre bandejas cargadas de hierba o bien verticalmente a través de las bandejas perforadas y el producto. Estos secaderos pueden disponer de reguladores para controlar la velocidad de aire nuevo y la cantidad de aire de recirculación. Los calentadores del aire pueden ser quemadores directos de gas, serpentines calentados por vapor o en los modelos más pequeños, calentadores de resistencia eléctrica (Nambiar & Matela, 2012).

- **Temperatura de secado**

Durante mucho tiempo se ha ponderado una temperatura media de 30 a 60o C, para el caso de plantas medicinales, mientras que para los productos vegetales (ají, cebolla, etc), se considera valores entre 50-80o C. Se utilizan temperaturas menores, tratando de no afectar a los diversos ingredientes activos de cada

especie. Las temperaturas para las plantas medicinales utilizan varían entre 25-35o C y de 40-60o C (Salazar, A., y Mayanquer, S, 2011).

- **Influencia del secado en el producto**

En el secado, las plantas pierden su contenido de humedad lo cual da como resultado un aumento en la concentración de ingredientes en la masa resultante. Las plantas deshidratadas producen partículas reconstituidas o rehidratadas comparables con los alimentos frescos, pero, al secar o utilizar cualquier método de conservación, la planta deshidratada conserva en el secado, las plantas pierden su contenido de humedad lo cual da como resultado un aumento en la concentración de ingredientes en la masa resultante. Las plantas deshidratadas en el secado, las plantas pierden su contenido de humedad lo cual da como resultado un aumento en la concentración de ingredientes en la masa resultante. Las plantas deshidratadas producen partículas reconstituidas o rehidratadas comparables con los alimentos frescos pero, al secar o utilizar cualquier método de conservación, la planta deshidratada conserva la calidad del estado fresco de la misma (Geankoplis, 1998).

1.1.7. Usos de caña santa

La caña santa es de importancia económica y social, de su industrialización se obtienen productos alimenticios, bebidas alcohólicas, perfumería, cosméticos, extractos, condimentos, pastelería, helados y productos farmacéuticos (Antolinez et al., 2008; y Quispe, 2004). En las comunidades rurales de Ecuador, se usa ampliamente un sin número de plantas medicinales, sin que todas estas tengan un estudio científico de sus propiedades, estas prácticas se basan solamente en el conocimiento empírico y en la experiencia de los pueblos. Tal es el caso de “hierba luisa”, que son usadas por la población rural con la creencia de que posee propiedades medicinales para aliviar diferentes afecciones, siendo utilizada como calmante, antiinflamatorio, contra el dolor de estómago y afecciones cutáneas en general (Cabrera et al., 2005).

La mayoría de las especies del género *Cymbopogon* (Poaceae) han sido ampliamente usadas para el tratamiento de enfermedades, de los nervios y gastrointestinales (Luna-Solano et al., 2019); también se utilizan como antiespasmódicos, analgésicos, antiinflamatorios, antipiréticos, diuréticos y sedativos (Santin et al., 2009).

1.1.8. Composición química de la caña santa

Su aceite esencial contiene un 80% de citral, el geraniol, linalol, citronelal, limoneno y dipenteno. Se lo conoce al aceite esencial como lemongrass (Mayanquer y Salazar, 2011). Contiene altas concentraciones de compuestos fenólicos, incluyendo ácidos fenólicos, flavonoides y taninos condensados, por

lo cual su consumo está asociado con numerosos beneficios a la salud (Figueirinha et al., 2008).

1.1.9. Método de cosecha

La forma más fácil de determinar el momento de la cosecha es cuando la plantación manifiesta síntomas de envejecimiento del ápice caracterizado por un color pardo amarillento, presentándose este síntoma de los 9-11 meses en dependencia de la época de plantación. Coincidiendo esta fecha con el momento en que las hojas están completamente maduras y su rendimiento en aceite esencial es óptimo. Si no se realiza la cosecha cuando la plantación ha presentado los síntomas anteriormente explicados, los ápices de las hojas se recruzan y se ven afectados los rendimientos en masa verde y en aceite (Soto-Ortiz et al., 2002).

La cosecha puede realizarse de forma manual o mecanizada en dependencia de las dimensiones del área plantada. La cosecha mecanizada se realiza con una silocosechadora de las utilizadas en el corte de forraje para el ganado. Si la cosecha se realiza de forma manual se procederá de la forma siguiente: con una hoz o machete se corta a la altura de deshimbricación de las hojas (20-25 cm) haciendo paquetes con 2 macollas y amarrándolas para facilitar su transportación hasta el local de secado o planta extractora (Soto-Ortiz et al., 2002).

La cosecha mecanizada tiene la ventaja de que la hierba, en la medida en que se corta, se traslada directamente a la planta extractora de aceite y es procesada en mejores condiciones y garantiza una mejor calidad y rendimiento en aceites esenciales. Cuando el destino de la cosecha es para su posterior utilización como droga seca para la producción de productos farmacéuticos, la hierba no puede ser almacenada en bultos, porque el calor que genera el proceso de oxidación deteriora los principios activos y se crean las condiciones para el desarrollo de hongos que aceleran su degradación, por lo que se recomienda llevarla a la mayor brevedad al local de secado (Soto-Ortiz et al., 2002).

1.1.10. Rendimiento

Bajo condiciones de fertilización y riego y con dependencia del número de corte, el rendimiento en masa verde oscila de 50-60 t/ha/año. Cuatro cosechas al año después de establecida la plantación, cada 3 meses, es lo más recomendado, ya que es el tiempo de reposo necesario para que la planta acumule reservas, que le permitirán un rebrote vigoroso (Soto-Ortiz et al., 2002).

1.1.11. Fenología

Pocas poaceas presentan en sus hojas aceites esenciales, las más importantes son precisamente las del género *Cymbopogon*. Las hojas no son realmente lampiñas pues a lo largo de los nervios se encuentran cerdas que le comunican cierta aspereza que se acentúa en las hojas secas, en los bordes, estas cerdas se lubrican y al tacto se sienten como el filo de un serrucho. Las lígulas son membranosas y pelosas, en las vainas se observan depósitos de cera. En las membranas de las células epidérmicas se acumula sílice. El color de las hojas es variable en cuanto al tono del verde en dependencia de donde se desarrolla, a veces se percibe un aspecto ceniciento. A plena exposición solar las hojas pueden presentar tonalidades violáceas que denotan la presencia de pigmentos antocianos (Soto-Ortiz et al., 2002).

Los rizomas presentan numerosos haces concéntricos y de él brotan las hojas más unidas y mediante la ramificación de ellos se forman grandes macollos o cepas. En las condiciones de Cuba no florece o lo hace rara vez. El período de brotación, al realizar la plantación es de 10-15 d comenzando el ahijamiento a los 20-30 d y alcanzando la maduración fisiológica a los 180 d, siempre que la plantación haya recibido las atenciones fitotécnicas de fertilización, control de malezas, riego y control fitosanitario (Soto y Vega, 1990).

1.1.12. Manejo agronómico

Es recomendable preparar el terreno excavando o arando seguido de nivelación. Luego, se deben hacer zanjas poco profundas de 30 cm a 35 cm de ancho con una separación de 30 cm. El estiércol de granja bien podrido debe mezclarse con tierra en las zanjas (Francisco et al., 2017).

Las plántulas de caña santa de 20 a 30 días de edad se trasplantan en las zanjas poco profundas a una distancia de 20 cm en 2 hileras. Durante la temporada de lluvias, la siembra debe hacerse en camas elevadas (Figueirinha et al., 2008).

La plantación de caña santa se debe realizar en la última semana del mes de mayo o en la primera semana de junio. Antes de plantar, el campo principal se prepara minuciosamente y se distribuye en camas de 6 x 6 m. El suelo debe complementarse con una dosis completa de potasio y fósforo. En condiciones de riego, la plantación de limoncillo debe realizarse durante cualquier época del año, excepto en los meses de octubre a noviembre. El nitrógeno se aplica en 6 dosis iguales fraccionadas, la primera dosis debe ser al momento de la siembra, otra a las 4 semanas y la restante después de cada cosecha. Los esquejes se deben preparar recortando todas las raíces viejas y quitando las hojas por completo para plantar y los camellones se abren a una distancia de

60 cm. Luego se deben plantar aproximadamente a la mitad de las pendientes de los camellones a un espacio de 60 x 60 cm (Gazola et al., 2014).

Las parcelas se deben regar en días alternos durante aproximadamente 4 semanas y luego una vez por semana, según el clima y el tipo de suelo. En la temporada de lluvias, no se necesita riego y el suelo debe tener un drenaje adecuado (Alfonso & Posadas, 2013).

El campo principal se mantiene libre de malezas durante los primeros 3 a 4 meses después de sembrarla hierba luisa. Del mismo modo, el deshierbe con azada se realiza hasta 4 semanas después de cada cosecha. Generalmente, se requieren de 2 a 3 deshierbes durante un año. En los cultivos plantados en hileras, las operaciones de cultivo deben hacerse con una azada manual o un cultivador tirado por un tractor. Por otra parte, en lo correspondiente a las plagas y enfermedades, no se han reportado plagas ni enfermedades graves de insectos que ataquen este cultivo (Baidal, 2021).

Las plantas de caña santoson perennes y pueden producir hasta cinco años. La recolección se puede realizar cortando la hierba a 10 cm del nivel del suelo. Durante el 1er año de plantación se obtienen 30 esquejes y en años subsiguientes 5 – 6 esquejes. La primera cosecha se realiza aproximadamente 3 meses después de la siembra y posteriormente a intervalos de 45 a 60 días. Las hojas cosechadas se pueden almacenar bajo sombra durante 3 días sin mucho efecto adverso sobre el rendimiento o la calidad del aceite. Luego se cortan en trozos más pequeños antes de la destilación. Se puede esperar obtener un rendimiento de forraje de 15 toneladas por cosecha y una recuperación de 0.5 % de aceite a partir de limoncillo fresco. El rendimiento de aceite a partir del 2º año rondaría los 400 kg ha-1. El rendimiento puede depender de la variedad de semillas y del manejo del cultivo (Desai & Parikh, 2012).

Al igual que en la adaptación al suelo, la hierbaluisa se adapta bien a climas cálidos con periodos de sequía, pero para asegurar el óptimo crecimiento de la planta, no obstante, es aconsejable mantener el nivel de humedad en el suelo, con riegos espaciados, en cuanto al abono, tampoco es exigente, sin embargo, es aconsejable añadir compost o abonos orgánicos después del trasplante y previo a la floración (Aroca, 2020).

1.2. El marco de plantación en los cultivos

1.2.1. Marcos de plantación

El marco de plantación nos indica la separación necesaria entre las plantas cultivadas para que se desarrollen con normalidad. Es importante porque influye en aspectos como la cantidad de luz que reciben las plantas o la

competencia por los nutrientes del suelo. También para conseguir una buena ventilación y aireación para los cultivos, lo que reducirá el riesgo de plagas y enfermedades. Acertando con el marco de plantación, obtendremos cultivos más productivos y sanos (Sembraensao, 2021).

- La distancia entre plantas dependerá mucho de la distancia entre líneas, que a su vez depende del tipo de maquinaria que vayamos a utilizar, entre otras cosas. Cuanta más distancia dejemos entre las líneas o cavallones, más podremos reducir la distancia entre plantas (Sembraensao, 2021).

- En algunos cultivos, como tomates o coles, se suelen hacer cavallones a la distancia estándar (60-70 cm) y plantar en cavallones alternos (uno sí, uno no). Los cavallones que quedan libres suelen plantarse con cultivos de ciclo rápido (lechugas por ejemplo) y utilizarlos más adelante para aporcar el cultivo principal, quedando entonces regantes amplias que permiten cosechar con comodidad (Sembraensao, 2021).

- En huertos de pequeñas dimensiones se pueden reducir las distancias, pero siempre hay que buscar un equilibrio entre la optimización del espacio y el acceso a la luz y nutrientes (Sembraensao, 2021).

- Si se planta en plano, también pueden reducirse las distancias, pero siempre hay que pensar en qué herramientas o maquinaria utilizaremos para las labores más importantes, como el desherbado. Permitiendo desherbar con comodidad reduciremos enormemente la cantidad de tiempo dedicado a esta labor (Sembraensao, 2021).

- Existen muchas formas de plantar, así que la tabla debe tomarse como orientación. Ya se sabe aquello de que “cada maestrillo tiene su librillo”, más aún en la agricultura (Sembraensao, 2021).

1.2.2. Marco de plantación para la caña santa

El marco de plantación: está en dependencia de algunos factores tales como fertilidad del suelo, abasto de agua, fertilización y época de plantación seleccionada. Si la cosecha se va a realizar después de los 12 meses o más, el marco de plantación a emplear es de 1 x 1 m para una población de 10 000 propágulos/ha, obteniendo un rendimiento entre 2-2,7 kg/planta. Profundidad de plantación: se recomienda de 25-30 cm, tapando el propágulo hasta 1/3 de su longitud, lo que permitirá un mayor grado de ahijamiento y sobre todo un menor número de hijos aéreos que son las causas del debilitamiento de la planta madre en detrimento de la macolla, además de afectar el tiempo de vida útil de la plantación al reducirse el número de cosechas económicamente rentables (Soto-Ortiz et al., 2002).

Otra ventaja de la plantación profunda es la posibilidad que presenta la planta de obtener mayor nivel de agua del suelo a través de su sistema radical. Lo más importante en una plantación de esta especie es obtener el 100 % de brote, lo que es perfectamente posible si se cumplen las exigencias establecidas en la selección y preparación de los propágulos, y el riego hasta los 25 d de realizada la plantación (Soto-Ortiz et al., 2002).

1.3. La agricultura urbana y los organopónicos en Cuba

1.3.1. La agricultura urbana desde una perspectiva de desarrollo local

El modelo de desarrollo económico que prevaleció en Cuba a partir del triunfo de la Revolución y hasta finales de la década de los 80 del pasado siglo XX, tenía dos grandes objetivos: promover el desarrollo económico y construir una sociedad más justa y equitativa para toda la población, sin discriminación de ninguna índole. La posibilidad de éxito estuvo, desde los primeros años de la década del 60, vinculada a las favorables relaciones que se establecieron con los entonces países socialistas y, en especial, con la entonces URSS. Este modelo estaba sustentado en dos leyes de reforma agraria y en un profundo programa de transformaciones sociales, económicas e institucionales, orientado a cumplir con los postulados del gobierno revolucionario, asediado desde los primeros años por las acciones injerencistas de los EE.UU (Castañeda-Abad et al., 2017).

Al referirse a la introducción de la vía estatal de socialización del campesinado, con la ruptura de su conciencia de propietario y de su modo de vida tradicional, señala que: "El salto social y cultural a que se aspiraba resultó en dolor callado y acumulado para muchos, no obstante el avance civilizatorio y humano que significaba el tránsito del bohío al apartamento, totalmente gratuito, en un edificio de varios pisos. Esto no dejó de ser traumático, aunque humanista, si se contrapone al lodo y la sangre que supuso la acumulación originaria capitalista" (Castañeda-Abad et al., 2017).

Para Herrera, González y Mármol, (2012) la agricultura urbana y periurbana que se promueve a partir de los años de crisis se apoya en seis conceptos básicos: lograr una agricultura agroecológica y sustentable; alcanzar la diversificación de la producción; desarrollar cultivos a pequeña escala en las diversas formas de tenencia; alcanzar una adecuada estimulación económica al productor; lograr armonía con el entorno urbano y, por último, mantener la concepción de la voluntad ciudadana para alcanzar su alimentación (Castañeda-Abad et al., 2017).

Según Herrera, (2016) los organopónicos se desarrollan sobre la infraestructura construida de antiguos hidropónicos, aprovechando los

canteros, aunque también se construyen instalaciones nuevas utilizando materiales diversos. Se abren surcos y se protegen con guarderas de madera, piedras, ladrillos, fibrocemento o concreto. Para crear el sustrato de materia orgánica se emplea compost, humus de lombriz, excreta animal, minerales, etcétera, que incrementan los nutrientes del suelo construido. Precisamente es de la construcción de ese sustrato orgánico de donde nace o se origina el nombre de esa técnica de cultivo (Castañeda-Abad et al., 2017).

El objetivo social y la función de los trabajadores de los organopónicos es producir alimentos de origen agrícola, y en menor medida pecuario, para su comercialización en puntos de venta localizados generalmente en el mismo establecimiento productivo; además, suministran sus productos a los restaurantes de otros establecimientos productivos a los cuales están vinculados, lo que le confiere una dimensión local a su desarrollo. Esta condición del trabajador dedicado a la organoponía lo señala o clasifica como un obrero agrícola urbano (Castañeda-Abad et al., 2017).

El trabajador que se localiza en estos espacios no convencionales para la agricultura realiza las funciones asignadas según el esquema trazado por la empresa estatal a la cual se subordina, a las instituciones que deciden la tecnología a aplicar, no es dueño de la producción, ni de la parte que produce, aunque se le asigna una pequeña cuota de productos diarios; las relaciones de mercado son el objetivo fundamental de la unidad productiva y de esa relación obtiene su beneficio, sin que en ello medien intermediarios u otras figuras insertas en la comercialización de los productos obtenidos (Castañeda-Abad et al., 2017).

1.3.2. Diseño constructivo de un organopónico

Se deberá lograr que la unidad se integre a la estética del entorno y al mismo tiempo facilite el reciclaje de desechos de construcción, lo cual tendrá que preverse en el proyecto constructivo. Rodríguez & Companioni, (2010).

- Uso de bloques, ladrillos, postes de concreto u hormigón defectuosas, que faciliten la conformación de los canteros.
- Se admiten variantes rusticas, más económicas, como piedras, madera (costaneras) bambú, etc.
- Uso de canaletas las cuales se utilizan sobre todo en azoteas.

1.3.3. Agricultura orgánica

La agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas de las limitaciones encontradas en la producción convencional. Más que una tecnología de producción, la agricultura orgánica es una estrategia de

desarrollo que se fundamenta no solamente en un mejor manejo del suelo y un fomento al uso de insumos locales, pero también un mayor valor agregado y una cadena de comercialización más justa (Chávez & Burbano, 2021).

Es una práctica eficiente y sana de producción de alimentos que respeta la naturaleza, al mismo tiempo que quien la realiza obtiene beneficios económicos importantes, se caracteriza por sustituir a los plaguicidas como insumo para combatir a las plagas que afectan a los cultivos. Por sustancias orgánicas que tienen el mismo efecto como son la composta a base de desechos orgánicos, mezcla de estiércol, minerales y pulpa de café que al fermentarse generan compuestos volátiles que son letales para muchos hongos e insectos dañinos a las plantas, o la lombricomposta que contiene pulpa de café y lombrices de una variedad especial. Estos abonos incrementan la resistencia de las plantas y les proporcionan minerales, retienen la humedad y evitan la erosión de los suelos (Gortaire, 2016).

Se puede decir que la agricultura orgánica, es una forma por la que el hombre puede practicar la agricultura acercándose en lo posible a los procesos que desencadenan de manera espontánea en la naturaleza. Este acercamiento presupone el uso adecuado de los recursos naturales que intervienen en los procesos productivos, sin alterar su armonía (Jiménez et al., 2019).

Si los sistemas agrícolas sostenibles son aquellos que tienen como objetivo hacer el mejor uso de los bienes y servicios ambientales sin dañar los cinco activos, en particular el capital natural, social y humano, entonces un sistema de agricultura orgánica integrada puede considerarse inherentemente sostenible. A diferencia de los sistemas agrícolas intensivos convencionales, la agricultura orgánica representa un intento deliberado de hacer el mejor uso de los recursos naturales locales. El objetivo de la agricultura orgánica es crear sistemas agrícolas integrados, humanos, ambiental y económicamente viables que dependan en la mayor medida posible de: recursos renovables locales o en la finca, y la gestión de procesos ecológicos y biológicos. El uso de insumos externos, ya sean inorgánicos u orgánicos, se reduce en la medida de lo posible (Chávez & Burbano, 2021).

La 'agricultura orgánica' es un sistema definido de producción agrícola que busca promover y mejorar la salud de un ecosistema mientras minimiza los efectos adversos sobre los recursos naturales. Se ve no solo como una modificación de las prácticas convencionales existentes, sino también como una reestructuración de sistemas agrícolas completos. La agricultura orgánica certificada es un subconjunto de la agricultura orgánica. La producción de productos orgánicos certificados ha sido evaluada objetivamente como conforme con estándares precisos de producción orgánica, generalmente por un organismo de certificación de terceros (Gortaire, 2016).

Las reglas de la mayoría de las organizaciones certificadoras (organismos) requieren un período de conversión de al menos un año, pero a veces de dos a tres años. La razón es que, a veces, deben pasar varios años antes de que los residuos de agroquímicos utilizados anteriormente desaparezcan finalmente en el suelo (Paqui, 2012).

Durante la conversión período, un agricultor puede tener la desventaja de que no se le permite usar pesticidas o fertilizantes químicos. Al mismo tiempo, el agricultor aún no puede vender el producto como orgánico. Eso podría ser un problema para los 'convertidos' a la producción orgánica. Además, después de muchos años de usar pesticidas y fertilizantes químicos, es posible que la finca no tenga un buen equilibrio ecológico (Vázquez et al., 2020).

Es posible que aún no tenga una diversidad saludable de enemigos naturales de plagas de artrópodos, microorganismos benéficos del suelo, etc. Por esta razón, las plagas pueden causar problemas y puede ser algo difícil lograr un buen nivel de equilibrio de biodiversidad. Sin embargo, después de algunos años, tanto el buen manejo de plagas como la fertilidad del suelo serían restaurados por una mezcla diversa y saludable de componentes de la naturaleza (Pino, 2017).

Para ayudar a los agricultores a ganar dinero durante el 'difícil' período de transición de la conversión, algunas organizaciones certificadoras permiten a los agricultores etiquetar y vender sus productos como productos "orgánicos en conversión". Los clientes que entienden los sistemas pueden estar dispuestos a pagar un precio un poco más alto por los productos "orgánicos en conversión" que los producidos a través de la agricultura convencional (Chávez & Burbano, 2021).

1.3.4. Sustratos

Sustratos: Todo material sólido diferente del suelo que pueda ser natural o sintético, mineral u orgánico y que, colocado en contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular el sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta allí ubicada (Infoagro, 2020). El sustrato puede estar formado por único material, o por una mezcla de varios componentes de sustratos (turbas, corteza de pino, arenas, perlitas, vermiculita). Esto último es lo más común, ya que cada uno de los distintos componentes del sustrato aportara características distintas y deseables (Prado, 2022).

Características de los sustratos

Para lograr el éxito de la producción de plantas en sustratos es indispensable buscar el equilibrio entre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los materiales, conjuntamente con las necesidades fisiológicas de las plantas (Acosta-Durán et al., 2008).

Propiedades de los sustratos

- a) Las propiedades físicas Está determinada por el tamaño, la estructura interna de las partículas, su granulometría y el tipo de empaquetamiento. Algunas de las más destacadas son; densidad real y aparente, la distribución granulométrica, la porosidad y la aireación, la retención de agua, la impermeabilidad, la distribución de tamaños de poros y la estabilidad estructural.
- b) Las propiedades químicas Están definidas por la composición elemental de los materiales, estas características las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del mismo. Entre las características químicas de los sustratos destacan: capacidad de intercambiocatiónico, conductividad eléctrica, pH, capacidad tampón, contenido de nutrimentos y relación C/N.
- c) Las propiedades biológicas Son las propiedades dadas por los materiales orgánicos, cuando estos no son de la síntesis, son inestables termodinámicamente y por lo tanto, susceptibles de degradación mediante reacciones químicas de hidrólisis, o bien, por la acción de microorganismo, entre las características biológicas destacan: contenido estado y velocidad de descomposición de la materia orgánica.

Sustratos para Organoponía

Lo fundamental es el suelo y la materia orgánica procedente de distintas fuentes. Las características del suelo para el cultivo organopónico serán las misma para un suelo fértil apropiado. MAMANI , (2010).

a) Propiedades físicas

- Elevada cantidad de retención de humedad(disponibilidad de agua de un 20-30% volumen) y aireación (capacidad de aireación de 4-10% volumen)
 - Elevada porosidad, espacio porosos total mayor a 85% vol.
- ### b) Propiedades químicas
- Baja salinidad (0.75-3.49dS/m).
 - pH óptimo para cultivo de hortalizas (6.0-7.0).
 - Además, capacidad de intercambio catiónico (mayor a 20 meq/100g).

Propiedades biológicas

- Construir un sustrato rico en microorganismos benéficos.
- Libre de semillas de vegetación indeseables en los canteros.

1.3.5. Abonos orgánicos

Muchos materiales orgánicos sirven como fertilizantes y acondicionadores del suelo: alimentan tanto los suelos como las plantas. Esta es una de las diferencias más importantes entre un enfoque químico y un enfoque orgánico hacia el cuidado y la fertilización del suelo (Vázquez & Loli, 2018).

Los fertilizantes químicos solubles contienen sales minerales que las raíces de las plantas pueden absorber rápidamente. Sin embargo, estas sales no proporcionan una fuente de alimento para los microorganismos del suelo y las lombrices de tierra, e incluso ahuyentarán a las lombrices porque acidifican el suelo (Ardisana et al., 2018).

La conceptualización de abono orgánico abarca a todos aquellos productos que representan una fuente de nutrición de origen natural, de manera que se incluyen aquellos subproductos obtenidos mediante el sometimiento de residuos a la degradación y transformación por parte de los microorganismos. También se incluyen dentro de esta categoría de abonos a las excretas de los animales que constituyen una fuente de reciclaje de nutrientes (Woźniak, 2019).

Paqui (2012), sostiene que un abono orgánico es un “fertilizante que proviene de animales, restos vegetales de alimentos u otra fuente orgánica y natural”. Por ejemplo, la majada o estiércol de las vacas que se alimentan del pasto, como también de los conejos porque estos se alimentan a base de vegetales. La misma autora menciona que, por el contrario, los abonos inorgánicos están fabricados por medios artesanales, como los abonos nitrogenados (hechos a partir de combustibles fósiles y aire) o los obtenidos de minería, como los fosfatos o el potasio, calcio, zinc (Laaz, 2022).

La aplicación de abonos orgánicos no solo se basa en el aporte nutricional que estos puedan proveer al cultivo, ya que también han demostrado generar un efecto positivo en los procesos de corrección físico-biológica de los suelos que han sido desgastados debido a las labores que se llevan a cabo en los sistemas de producción convencionales. Es por ello, que su aplicabilidad cada vez abarca mayor protagonismo para las estrategias de conservación de suelos, con un enfoque de bajo impacto ambiental (Vázquez & Loli, 2018).

Considerando esto, con el pasar del tiempo, se han ido identificando diferentes metodologías que permiten aprovechar recursos de las fincas para su transformación en fuentes de fertilización orgánica, con la finalidad de proveer valor agregado a la producción. En sinergia con los abonos orgánicos, agricultores de diferentes regiones han optado por la complementación de esta

tecnología con bioplaguicidas, de manera que se produzca un manejo integral orgánico de las fincas (Shi & Schulin, 2019).

Los abonos orgánicos son generalmente de origen animal o vegetal. Pueden ser también de síntesis (urea, por ejemplo). Los primeros son típicamente desechos industriales tales como desechos de matadero (sangre desecada, cuerno tostado,) desechos de pescado, lodos de depuración de aguas. Son interesantes por su aporte de nitrógeno de descomposición relativamente lenta, y por su acción favorecedora de la multiplicación rápida de la microflora del suelo, pero enriquecen poco el suelo de humus estable. Por otra parte, los segundos pueden ser desechos vegetales (residuos verdes), compostados o no. Su composición química depende del vegetal de que proceda y de las circunstancias del momento. Además de sustancia orgánica contiene gran cantidad de elementos como nitrógeno, fósforo y calcio, así como un alto porcentaje de oligoelementos. También puede utilizarse el purín, pero su preparación adecuada es costosa (Castillo & Chiluisa, 2013).

Los fertilizantes orgánicos pueden consistir en un solo material, como fosfato de roca o algas marinas (un tipo de alga marina rica en nutrientes), o pueden ser una mezcla de muchos ingredientes. Casi todos los fertilizantes orgánicos proporcionan una amplia gama de nutrientes, pero las mezclas están especialmente formuladas para proporcionar cantidades equilibradas de nitrógeno, potasio y fósforo, así como micronutrientes. Hay varias mezclas comerciales, pero puede hacer su propio fertilizante de uso general mezclando enmiendas individuales (Quinto, 2013).

El proceso de fabricación de la mayoría de los fertilizantes químicos depende de recursos no renovables, como el carbón y el gas natural. Otros se fabrican tratando minerales de roca con ácidos para hacerlos más solubles. Afortunadamente, cada vez hay más fertilizantes verdaderamente orgánicos en el mercado (Alvarado, 2017).

Estos productos están hechos de materiales naturales de plantas y animales o de minerales de roca extraídos. Sin embargo, los estándares nacionales que definen y distinguen los fertilizantes orgánicos de los fertilizantes químicos son complicados, por lo que es difícil estar seguro de que un producto fertilizante comercial etiquetado como "orgánico" realmente contenga solo ingredientes naturales y seguros. Busque productos etiquetados como "orgánico natural", "liberación lenta" y "análisis bajo" (Alfonso & Posadas, 2013).

Capítulo II: Materiales y Métodos

2.1. Materiales y Métodos

2.1.1. Localización y presentación del ensayo

Para la caracterización del organopónico cuatro caminos se realizaron encuestas a trabajadores, mediciones en el terreno y revisiones bibliográficas sobre la unidad.

La investigación consiste en probar tres marcos de plantación de la caña santa en condiciones de organoponía, esta se desarrolla de forma experimental

El ensayo se realizó en el órganoónico de cuatro caminos, Cienfuegos en el periodo comprendido de mayo-noviembre del 2022, en dos canteros con en un suelo arcillo con alto contenido de materia orgánica y los que representan aproximadamente un área de 25 metros cuadrados. La temperatura promedio mensual fue de $\sim 25^{\circ}\text{C}$ ($20-30^{\circ}\text{C}$). La siembra se llevó a cabo la primera semana de junio (entrada de lluvias).

El material de propagación a utilizar fue seleccionado proveniente de una finca de plantas medicinales ubicada en el municipio de Palmira de la cual se tomarán los macollos para el establecimiento del cultivo.

Establecimiento y manejo del cultivo

Los canteros se prepararon con un manejo tradicional (arado-rastreo y surcado al centro) con una yunta de buey, para favorecer el drenaje, luego se emparejaron los canteros con una guataca. Los marcos de plantación a utilizar serán ($0.90 \times 0.50\text{m}$), ya probado en condiciones de campo, de (0.90×0.40) recomendado por los instructivos técnicos del cultivo y ($0.90 \times 0.70\text{m}$). A los canteros se le aplicó materia orgánica, para beneficiar fertilidad del suelo y el establecimiento del cultivo.

La siembra se efectuó de forma manual colocando un macollo de la planta por hoyo o nido ya realizado con la ayuda de una guataca. Quince días después se realizó la reposición de plantas muertas, para completar el total de plantas presas.

Se realizó el control sistemático de plagas las cuales se controlaron aplicando productos biológicos. Un mes más tarde se realizó el control de malezas de forma manual y apoyado con la ayuda de una guataca sin dañar la siembra

Se aplicaron riegos de forma manual hasta el total establecimiento del cultivo, aunque el ensayo se desarrolló en el periodo lluvioso.

El experimento se montó en parcelas con un diseño bloque al azar con tres tratamientos y tres réplicas. Los tratamientos serán los siguientes.

Tabla 1: Marco de plantación

Espece	Factor que varía (marco de plantación en m)		
Caña santa	0.90x0.50 T1	0.90x0.40 T2	0.90x0.70 T3

Las parcelas para el desarrollo de este experimento tuvieron forma cuadrada a lo largo del cantero con área de 4.5 metros cuadrado cada una.

La unidad experimental fue la parcela, con 8 parcelas en total. En cada una de las parcelas se sembraron 6 plantas con los marcos establecidos.

Posteriormente cada 15 días a partir de los 45 días, se evaluarán altura de plantas, número de macollos, diámetro del tallo y peso fresco.

Para esto se tomaron 5 muestras de cada tratamiento para calcular la media.

La información se procesó mediante el programa estadístico INFO STAT 2020

$$Q = \frac{X_i - \bar{X}}{\sqrt{CME/n}} \sqrt{CME/n} \quad * Q = X_i - \bar{X}$$

La cosecha se realizó con cortes con machete a una altura de 15cm del suelo.

2.2. Características del suelo

2.2.1. Suelo arcilloso

El suelo es la capa más superficial de la corteza terrestre, que tiene su origen en la descomposición de las rocas debido a la acción de los agentes del intemperismo. Los mecanismos de ataque a las rocas pueden clasificarse en dos grupos: mecánicos y químicos. Partiendo de numerosos minerales (principalmente silicatos) que se encuentran en las rocas ígneas y metamórficas, los agentes de la descomposición química llegan a un producto final: la arcilla (Badillo & Rico, 2005).

El comportamiento hidromecánico de estos suelos se ve decisivamente influenciado por su estructura y por su constitución mineralógica. Según Braja, (2001) Las arcillas son suelos cuyo tamaño de partículas es menor de 0.002 mm y están constituidas por silicatos de aluminio hidratado, presentando en algunas ocasiones silicatos de magnesio, hierro u otros metales, también hidratados. La estructura de estos minerales es, generalmente, cristalina y sus átomos están dispuestos en forma laminar, habiendo dos tipos de tales láminas: silícica y alumínica (Tique et al., 2007).

La superficie de cada partícula de arcilla posee carga eléctrica negativa. La intensidad de dicha carga está en función de la estructuración y composición de la arcilla. Así cada partícula atrae a los iones positivos del agua (Badillo & Rico, 2005).

La mejora del comportamiento de los suelos arcillosos se consigue esencialmente disminuyendo el valor del índice de plasticidad (ip), entre más pequeño sea este valor mejor será su desempeño desde el punto de vista del ingeniero constructor. Para lograr lo anterior, la estabilización química es la que ha demostrado mejores resultados (Nuñez, 2011; Kalkan, 2011).

El suelo arcilloso a menudo es llamado "suelo pesado". La jardinería en el suelo arcilloso puede presentar un gran desafío principalmente debido al pobre drenaje del suelo. El suelo arcilloso también tiende a compactarse y deshacerse en terrones cuando se lo cultiva, pisa o trabaja cuando está húmedo. El suelo arcilloso que se compacta demasiado puede requerir un largo tiempo para restaurarlo a una buena estructura de suelo. La calidad húmeda inherente del suelo arcilloso requiere la adición de grandes cantidades de materia orgánica tal como materiales de plantas verdes, excrementos de animales, moho de hojas y compost para mejorar su estructura (Sarfaraz, 2021).

Contrariamente al suelo arenoso, el arcilloso tiene partículas muy pequeñas con minúsculos espacios de poros o microporos. Dado que hay más espacios porosos, el arcilloso tiene un espacio total poroso general mayor que el del suelo arenoso, debido a lo cual el suelo absorbe y retiene más agua. Esto hace que esté mal aireado y el drenaje sea pobre. Incluso cuando el suelo se seca, la textura fina de sus partículas hace que se unan o formen terrones. Esto hace que sea muy difícil de trabajar, por lo tanto, el término "suelo pesado". El término "pesado" o "liviano" se refiere al nivel de facilidad con el que puede ser trabajado y no indica su peso (Sarfaraz, 2021).

2.3. Sustrato utilizado

2.3.1. Compost

El proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno, ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica (Estrucplan, 2000).

Para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad de descomposición se necesitan condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación. El compost tiene su origen en residuos vegetales y animales (Paneque & Calaña, 2004).

El producto obtenido al final de un proceso de compostaje recibe el nombre de compost y posee un importante contenido en materia orgánica y nutrimentos, pudiendo ser aprovechado como abono orgánico o como componente de sustratos en viveros (Duval et al., 2015).

El compost suministra todos los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas, no tiene efecto negativo para los seres humanos, los animales o el medio ambiente, y es prácticamente imposible sobredosificarlo. La preparación de compost es la mejor forma de aprovechar desechos orgánicos para convertirlos en un fertilizante que también mejora notablemente la estructura del suelo y así evita tanto la erosión de los nutrientes como la erosión superficial del suelo (Brecht, 2014).

En la práctica, los compost a menudo se comercializan relativamente inmaduros, por la necesidad de minimizar los costes de proceso, reduciendo el tiempo de tratamiento en la planta de compostaje. Esto ocurre no solamente con los compost de biorresiduos, sino también con los obtenidos en el sector profesional de sustratos y enmiendas a partir de residuos verdes de jardín, de residuos agropecuarios, forestales, de la industria agroalimentaria o de mezclas de los mismos (Ansorena, Batalla, & Merino, 2015).

Capítulo III: Resultados y Discusión

Resultados y discusión

Efecto de los diferentes marcos de plantación sobre la altura de la planta

El marco de plantación es una variable utilizada para indicar la separación necesaria entre plantas y entre líneas de cultivo. Los marcos de plantación utilizados mostraron diferencias significativas sobre la altura de la planta a los 45 y 60 días después de establecido el cultivo, sin embargo, a los 75 días no se observó diferencias significativas entre los tratamientos uno y dos, pero esto a su vez si mostraron diferencias significativas en relación al tratamiento tres. Apiciándose los mejores resultados para todos los casos con el tercer tratamiento (tabla 2). Esto pudo estar dado por la competencia que se establece entre plantas por la luz para su proceso fotosintético.

Resultados similares obtuvo Soto ortiz, 2002

Tabla 2: Efecto de los diferentes marcos de plantación sobre la altura de la planta

Tratamientos	Altura de la planta (m) 45 días	Altura de la planta (m) 60 días	Altura de la planta (m) 75 días
T1	0,37 ^b	0,752 ^b	1,174 ^b
T2	0,23 ^c	0,508 ^c	1,114 ^b
T3	0,53^a	0,966^a	1,292^a
CV %	0,40	0,31	0,08
ES ±	0,15	0,23	0,09

Letras distintas representan valores estadísticamente diferentes para cada día evaluado para un 95 % de confianza.

Efecto de los diferentes marcos de plantación sobre el número de tallos por plantón

El número de tallos por planta está relacionado directamente con el crecimiento foliar de la planta haciendo a la misma más productiva. En la investigación se puede observar que en dicha variable a los 45 días no se aprecian diferencias significativas entre el tratamiento uno y dos, no siendo así para el último el cual si presenta diferencias significativas con respecto a los anteriores. A los 60 días de establecido el cultivo el tratamiento uno y tres no presentaban diferencias significativas entre si y el segundo tratamiento mostraba diferencia significativas con respecto a los antes mencionados. Llegados los 75 después de la siembra el número de tallos por planta presentaba diferencias significativas entre los tres tratamientos. Apiciándose los mejores resultados para todos los casos con el tercer tratamiento. (tabla 3)

Resultados similares obtuvo Baidal Zambrano, 2021

Tabla 3: Efecto de los diferentes marcos de plantación sobre el número de tallos de la planta

Tratamientos	Numero de tallos de la planta 45 días	Numero de tallos de la planta 60 días	Numero de tallos de la planta 75 días
T1	22,8 ^b	28,6 ^a	34,4 ^b
T2	16,8 ^b	18,6 ^b	27,6 ^c
T3	29,6^a	32,8^a	40,4^a
CV %	0,28	0,27	0,19
ES ±	6,40	7,29	6,4

Letras distintas representan valores estadísticamente diferentes para cada día evaluado para un 95 % de confianza.

Efecto de los diferentes marcos de plantación sobre el diámetro de la planta

En el diámetro de la planta a los 45 y 60 días se apreciaron diferencias significativas para los tres tratamientos, no siendo así a los 75 días donde el tratamiento uno y tres no presentan notables diferencias entre sí, sin embargo muestran diferencias significativas respecto al segundo tratamiento. Apreciándose los mejores resultados para todos los casos con el tercer tratamiento. (tabla 4)

Resultados similares obtuvo Baidal Zambrano, 2021

Tabla 4: Efecto de los diferentes marcos de plantación sobre el diámetro de la planta (cm)

Tratamientos	Diámetro la planta (cm) 45 días	Diámetro de la planta (cm) 60 días	Diámetro de la planta (cm) 75 días
T1	0,694 ^b	0,842 ^b	0,956 ^a
T2	0,646 ^c	0,802 ^c	0,91 ^b
T3	0,776^a	0,892^a	1,048^a

CV %	0,09	0,05	0,07
ES ±	0,07	0,05	0,07

Letras distintas representan valores estadísticamente diferentes para cada día evaluado para un 95 % de confianza.

Efecto de los diferentes marcos de plantación sobre el peso fresco

El marco de plantación es una variable que influye directamente al desarrollo de la planta y a evolución favorable de otras variables morfoagronómicas. El peso fresco solo fue evaluado a los 75 días en el momento de la cosecha, este presento diferencias significativas para con los tres tratamientos. Apreciándose los mejores resultados para el tercer tratamiento. (tabla 5)

Estos resultados difieren con los obtenidos por Soto Ortiz, 2002

Tabla 5: Efecto de los diferentes marcos de plantación sobre el peso fresco

Tratamientos	Peso fresco(kg) 75 días
T1	0,694 ^b
T2	0,646 ^c
T3	0,776^a
CV %	0,09
ES ±	0,07

Letras distintas representan valores estadísticamente diferentes para cada día evaluado para un 95 % de confianza.

Impacto económico por planta

Parámetros	Propuesta	Testigo
Rendimiento_peso fresco (kg/planta)	0,776	1,11
Variación del rendimiento (propuesta/testigo)	-0,334	
Precio venta (kg)	\$2.121,60	\$2.121,60
Valor total de ingresos_peso fresco (kg/planta)	\$1.646,36	\$2.354,98
Impacto económico por planta	-\$708,61	

El impacto económico tuvo resultados negativos dado la ausencia de un adecuado sistema de riego, faltante este en la unidad. Aunque la siembra se realizó en época lluviosa, fue una temporada en la que hubo pocas precipitaciones.

Conclusiones:

- El organopónico de cuatro caminos presentó condiciones apropiadas para desarrollar el cultivo de la caña santa en dichas unidades con el marco de plantación recomendado.
- El cultivo a evaluar se estableció sin dificultad, aunque este fue plantado en época de abundante lluvia.
- En las cuatro variables morfoagronómicas evaluadas, el tratamiento de 0.90x0.70m reveló los mejores resultados
- La información procesada permitió interpretar de forma clara los resultados estadísticos obtenidos.

Recomendaciones:

- Utilizar para el cultivo de la caña santa en condiciones de organoponía el marco de plantación de 0.90x0.70m
- Replicar el experimento para el periodo seco y comparar con los resultados obtenidos ya en el periodo lluvioso.

Bibliografía

- Acevedo, Barrientos, García, Leal, Mantilla, Mendez, Mendoza, Mogollon, Parada, Stiven, Sandoval, Solano, Triana, Villamizar, Cáceres, García, Ramírez, Carrillo, Aguablanca, ... Acevedo. (2016). *Plantas medicinales en la Institución Educativa Samore Toledo, norte de Santander*. MEDIPLANTS.
- <http://www.enjambre.gov.co/enjambre/file/download/216301>
- Acosta-Durán, Gallardo, Kämpf, & Carvalho-Bezerra. (2008). Materiales regionales utilizados en Lati-noamérica para la preparación de sustratos. *Investigación Agropecuaria*, 5(2), 93-106.
- Alfonso & Posadas. (2013). *Elaboración de abono orgánico a partir de cascarilla de piñón (Jatropha curcas)*. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). La Lima.
- Alvarado. (2017). *Plan de exportación de té hierba luisa, dirigido al mercado de estados unidos desde la ciudad de machala, año 2016* [Tesis de grado]. Universidad Técnica de Machala.
- Ardisana, Gaínza, Torres, & Fosado. (2018). Agricultura en Sudamérica: La huella ecológica y el futuro de la producción agrícola. *Ciencias Sociales y Humanidades*, 5, 90-101.
- Aroca. (2020). *Gestión integral de los desperdicios en laboratorios de cocina de la universidad UNIANDES para la transformacion de compostas* [Tesis de grado]. Universidad Regional Autónoma de Los Andes "UNIANDES".
- Auccapiña, Champi, & Lino. (2017). *Caracterización y evaluación de la actividad antibacteriana del aceite esencial de hierba luisa (Cymbopogon citratus (DC.) Stapf.) obtenido por el método de arrastre con vapor* [Tesis de grado]. Universidad Nacional del Callao.

Badillo & Rico. (2005). *Mecánica de suelos*. México: Limusa. Jaramillo. Limusa.

Baidal. (2021). *Evaluación morfométrica y organoléptica del cultivo de hierba luisa (Cymbopogon citratus Stapf) con la aplicación de tres dosis de ácido piroleñoso* [Tesis de grado].

<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6507/1/T-UTEQ-313.pdf>

Cabrera, Fadragas, & Guerrero. (2005). Antibióticos naturales. Mito o realidad. *Medicina General Integral*, 21(3-4), 1-2.

Caicedo & Otavalo. (2011). *Determinación de temperatura y tiempo de deshidratación para la elaboración de Té de Sunfo, Clinopodium nubigenum (kunth) kuntze* [Tesis de grado]. Universidad Técnica del Norte.

Castañeda-Abad, Herrera-Sorzano, González-Sousa, & San Marful-Orbi. (2017). Población y organoponía como estrategia de desarrollo local Population and organoponia as a local development strategy. *CEDEM*, 25. <http://scielo.sld.cu/pdf/rnp/v13n25/rnp05117.pdf>

Castillo & Chiluisa. (2013). *Evaluación de tres abonos orgánicos (estiércol de bovino, gallinaza y humus) con dos dosis de aplicación en la producción de pimiento (Capsicum annum L.) en el recinto San Pablo de Maldonado, cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, año 2011* [Tesis de grado]. Universidad Técnica de Cotopaxi.

Chávez & Burbano. (2021). Cambio climático y sistemas de producción agroecológico, orgánico y convencional en los cantones Cayambe y Pedro Moncayo. *Estudios Socioambientales*, 29, 149-166.

- Desai & Parikh. (2012). Microwave assisted extraction of essential oil from *Cymbopogon flexuosus* (Steud.) wats: A parametric and comparative study. *Separation Science and Technology*, 47, 1963-1970.
- Dunwich. (2007). Hiervas poder curativo, lo ancestral toma fuerza ahora. *Periódico La Hora*.
- Estrucplan. (2000). *Introducción a la elaboración de compost*.
<https://estrucplan.com.ar/introduccion-a-la-elaboracion-de-compost/>
- Figueirinha, Paranhos, Pérez-Alonso, Santos-Buelga, & Batista. (2008). *Cymbopogon citratus* leaves: Characterization of flavonoids by HPLC-PDA ESI/MS/MS and an approach to their potential as a source of bioactive polyphenols. *Food Chemistry*, 110(3), 718-728.
- Forlin. (2012). *Plantas Aromáticas. Diferentes Formas de Multiplicación*. INTA.
<https://huertasescolares.files.wordpress.com/2010/02/plantas-aromaticas-el-colorado.pdf>
- Francisco, Figueirinha, Neves, García, Lopes, Cruz, & Batista. (2017). *Cymbopogon citratus* as source of new and safe antiinflammatory drugs: Bio-guided assay using lipopolysaccharide-stimulated macrophag. *Ethnopharmacology*, 133, 818-827.
- Gazola, Machado, Ruggiero, Singi, & Mecado. (2014). *Lippia alba*, *Melissa officinalis* and *Cymbopogon citratus* effects of the aqueous extracts on the isolated hearts of rats. *Pharmacol Res*, 50(5), 477-480.
- Geankoplis. (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. Continental.
- Gortaire. (2016). Agroecología en el Ecuador: Procesos históricos, logros y desafíos. *Antropología Cuadernos de Investigación*, 17, 12-38.

- Gutiérrez & Castañeda. (2014). Diversidad de las gramíneas (Poaceae) de Lircay (Angaraes, Huancavelica, Perú). *Ecología Aplicada*, 13(1-2), 23-33.
- Infoagro. (2020). *Tipos de sustratos de cultivo (1ª parte)*.
https://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.htm
- Infoagronomia. (2021). *¿Qué es el marco de plantación y como diseñarlos?*
<https://infoagronomia.com/que-es-el-marco-de-plantacion-y-como-disenarlos/>
- Jiménez, Decker, González, & Mera. (2019). Abonos orgánicos una alternativa en el desarrollo de cormos de orito (*Musa acuminata* AA). *Selva Andina Biosphere*, 7(1), 54-62.
- Laaz. (2022). *Fertilización orgánica del cultivo de hierbaluisa (Cymbopogon citratus) en la provincia de Los Ríos, Ecuador* [Tesis de grado].
Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Lérida & Acosta de la Luz. (2006). *La producción agrícola de plantas medicinales en Cuba: garantía de calidad en la producción de fitofármacos*. herbotecnia. <http://www.herbotecnia.com.ar/c-public-010.html>
- Luna-Solano, Vilorio-Pérez, Villegas-Santiago, Salgado-Cervantes, & Domínguez-Niño. (2019). Drying and extraction process of lemongrass (*Cymbopogon citratus*). *Agrociencia*, 53(3), 447-464.
- Nambiar & Matela. (2012). Potential functions of Lemon grass (*Cymbopogon citratus*) in health and disease. *Pharmaceutical and Biological Archives*, 3(5), 1035-1043.

- Ocampo & Valverde. (2000). Manual de cultivo y conservación de plantas medicinales. In Manual de cultivo y conservación de plantas medicinales. En *Manual de cultivo y conservación de plantas medicinales*.
- Oladeji, Adelowo, Ayodele, & Odelade. (2019). Phytochemistry and pharmacological activities of *Cymbopogon citratus*. *Scientific African*, 6.
- Paneque & Calaña. (2004). *Abonos orgánicos. Conceptos prácticos para su evaluación y aplicación*.
- Paqui. (2012). *La producción orgánica en la soberanía alimentaria de las comunidades indígenas del cantón Saraguro, provincia de Loja en la actualidad* [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Salesiana.
- Paz. (2015). *Policultivo de plantas medicinales/aromáticas implementado en maceteros diseñados a partir de llantas recicladas* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana].
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9519/1/UPS-QT06968.pdf>
- Pino. (2017). Los sistemas participativos de garantía en el Ecuador. Aproximaciones a su desarrollo. *Estudios Socioambientales*, 22, 120-145.
- Prado. (2022). *Tipos de sustratos para el jardín*. nuevosjardines.
<https://www.nuevosjardines.com/empresa-de-jardineria-en-coruna/tipos-de-sustratos-para-el-jardin/>
- Quinto. (2013). *Mejoramiento de eficiencia de la urea mediante la adición de ácidos húmicos, fúlvicos y aplicación de fitohormonas en arroz (Oryza sativa L.)* [Tesis de grado]. Universidad de Guayaquil.

- Quispe. (2004). *Fertilización Nitrogenada y Momento de Corte de Uniformidad de la 'Hierba Luisa' (Cymbopogon citratus (DC.) Stapf) en Suelos Ácidos (EX - COCAL) de Tingo María* [Tesis de grado]. Universidad Nacional de la Selva.
- Quispe-Vilca, Cabrera-Meléndez, & Chevarría-Cacallaca. (2014). Uso de plantas medicinales en la atención primaria de la salud familiar Aimara, comunidad de Checca, Puno. *Instituto Nacional de Salud*, 20(7/8).
<https://pesquisa.bvsalud.org/porta//resource/pt/biblio-1106630>
- Salazar, A., y Mayanquer, S. (2011). *Obtención de aceites esenciales de cedrón (Aloysia triphylla), sunfo (Clinopodium nubigenum (kunth) kuntze) y hierba luisa (Cymbopogon citratus), en un alambique tipo cachimbo por cohobación* [Tesis de grado].
- Santin, Oliveira, Vataru, Dias, Piloto, & Ueda-Nakamura. (2009). In vitro activity of the essential oil of Cymbopogon citratus and its major component (citral) on Leishmania amazonensis. *Parasitology Research*, 105(6), 1489-1496.
- Sarfaraz. (2021). *¿Cuáles son las características del suelo arcilloso?* ehowenespanol. https://www.ehowenespanol.com/cuales-son-caracteristicas-del-suelo-arcilloso-lista_144523/
- Sembraensao. (2021). *Marcos de plantación*.
<http://www.sembraensao.org/new/wp-content/uploads/marcos-de-plantacion.pdf>
- Shi & Schulin. (2019). Effects of soil organic residue amendment on losses of dissolved organic carbon, P, Cu and Zn via surface runoff from arable soils. *Soil & Tillage*, 195, 1-8.

- Soto-Ortiz, Vega-Marrero, & Tamajón-Navarro. (2002). Instructivo técnico del cultivo de *Cymbopogon citratus* (D.C) Stapf (caña santa). *Plant Med*, 2. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962002000200007
- Tique, Mora, Díaz, & Magaña. (2007). *Comparación del rendimiento de dos agentes químicos en la estabilización de un suelo arcilloso*. División Académica de Ingeniería y Arquitectura. <https://espacioimasd.unach.mx/index.php/Inicio/article/view/183/598>
- Vázquez, Alvarez, Iglesias, & Castillo. (2020). La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost reduce los efectos negativos del monocultivo en suelos. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 105-112.
- Vázquez & Loli. (2018). Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 43-52.
- Woźniak. (2019). Effect of crop rotation and cereal monoculture on the yield and quality of winter wheat grain and on crop infestation with weeds and soil properties. *Plant Production*, 13, 177-182.

Anexos









UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS
CIENCIAS AGRARIAS