

**Evaluación de Sustratos Biodegradables en Vivero de Cacao en el Municipio de Albania,  
Caquetá.**

Diego Mosquera Sotto

Erbin Rojas Valenzuela

Asesor

Ismael

Universidad Nacional Abierta y a Distancia- UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente- ECAPMA

Programa de Agronomía

Florencia

2024

## **Dedicatoria**

Dedicamos este trabajo a nuestras familias, quienes nos inspiraron y motivaron para alcanzar este nuevo logro.

*Diego, Erbin*

## **Agradecimientos**

Quiero comenzar expresando nuestro más sincero agradecimiento a Dios, cuya guía y bendición han sido faros que iluminaron cada paso de este camino. Sin su apoyo constante, este sueño largamente anhelado no habría sido posible.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), extendiendo nuestra gratitud por proporcionar un entorno académico que ha facilitado nuestra formación profesional. La UNAD no solo ofreció una plataforma educativa sólida, sino también los recursos y el apoyo necesarios para superar cada desafío académico.

Deseo expresar nuestro más profundo reconocimiento al Ing. Magister Ismael Dussan Huaca, director de esta tesis. Su dedicación, esfuerzo y conocimiento han sido determinantes en este proceso. Su orientación constante y motivación han sido clave para superar los obstáculos encontrados a lo largo del camino y para culminar exitosamente este proyecto. Aprecio profundamente su disposición para compartir su experiencia y su apoyo incondicional, los cuales han sido invaluable para mi desarrollo académico y personal.

A la empresa RaizVer, gracias por su colaboración fundamental en la realización de esta investigación. RaizVer no solo nos proporcionó el material necesario, sino que también contribuyó con información valiosa y recursos que enriquecieron significativamente el proceso investigativo. Su compromiso fue crucial para el desarrollo y la conclusión exitosa de este proyecto.

Finalmente, a todas aquellas personas que, de una manera u otra, han contribuido a este logro, les extendo mi más sincero agradecimiento. Su apoyo ha sido una fuente constante de inspiración y motivación. Gracias por su confianza y por hacer posible la materialización de este proyecto.

## Resumen

En el departamento de Caquetá, Colombia, se ha promovido el cultivo de cacao común como una alternativa a los proyectos de sustitución de cultivos ilícitos. Este cultivo ha contado con el apoyo de instituciones públicas y privadas, incluyendo la secretaría de agricultura departamental, los gobiernos municipales, la Asociación Departamental de Productores de Frutas y Cacao (ACAMAFRUT), y los productores agrupados en los Comités Municipales de Cacao. ACAMAFRUT produce el material vegetal para los proyectos de promoción, utilizando bolsas plásticas tradicionales como contenedores para las plantas. Esta práctica tiene impactos negativos en el medio ambiente, como el movimiento de suelo desde las riberas de los ríos hacia los viveros, la contaminación por plásticos y el uso de acondicionadores de suelo, lo que representa una alta inversión económica y logística. Al final del ciclo de producción, cada bolsa tiene un peso promedio de 2 kilogramos, lo que es un factor limitante para las comunidades debido a las dificultades para transportarlas hacia las plantaciones iniciales en el campo.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es analizar el comportamiento de pilones alternativos biodegradables elaborados a partir de palma y coco, en comparación con el pilón tradicional. Este proceso se llevó a cabo en el municipio de Florencia, Caquetá, en el vivero gestionado por el gobierno de Caquetá. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) y se evaluaron las siguientes variables: número de hojas, longitud de las hojas (cm), ancho de las hojas (cm), altura del tallo (cm), diámetro del tallo (mm), duración en días desde la siembra hasta el injerto, y el costo de producción del material vegetal por tratamiento.

**Palabras clave:** pilones biodegradables, pilón tradicional, sector del cacao, diseño experimental, viabilidad.

## Abstract

In the department of Caquetá, Colombia, common cocoa cultivation has been promoted as an alternative to illicit crop substitution projects. This crop has been supported by public and private institutions, including the departmental agriculture secretariat, municipal governments, the Departmental Association of Fruit Growers and Cocoa Producers (ACAMAFRUT), and producers grouped in Municipal Cocoa Committees. ACAMAFRUT produces the plant material for the promotion projects, using traditional plastic bags as plant containers. This practice has negative environmental impacts such as soil movement from riverbanks to nurseries, plastic pollution, and the use of soil conditioners, representing a high economic and logistical investment. At the end of the production cycle, each bag has an average weight of 2 kilograms, which is a limiting factor for communities due to the difficulties of transporting them to the initial plantations in the field.

Therefore, the purpose of this research is to analyze the behavior of alternative biodegradable pilons made from palm and coconut compared to the traditional pilon. This process was carried out in the municipality of Florencia, Caquetá, in the nursery managed by the Caquetá government. A randomized complete block design (RCBD) was used, and the following variables were evaluated: number of leaves, leaf length (cm), leaf width (cm), stem height (cm), stem diameter (mm), duration in days from sowing to grafting, and production cost of plant material per treatment.

**Keywords:** Biodegradable pilons, Traditional pilon, Cocoa sector, Experimental design, Viability

## Tabla de Contenido

Introducción	11
Justificación	14
Objetivos	16
Objetivo General	16
Objetivo Específico	16
Planteamiento del Problema	17
Marco Teórico	19
El Cacao como una Iniciativa Sustentable	19
Generalidades	19
Descripción Botánica	20
Clasificación Taxonómica	20
El Cacao en el Mundo	22
El Cacao en Colombia	23
El Cacao en el Caquetá	25
Las Bolsas Plásticas en la Producción de Plántulas	27
Ventajas de las Bolsas Plásticas	27
Desventajas de las Bolsas Plásticas	28
Alternativas a las Bolsas Plásticas	28
Información Sobre los Contenedores Tipo Pilon a Nivel Mundial.	29
Ventajas de los Pilonos	31
El Impacto Ambiental de los Pilonos	32
Tendencias Futuras	32
Materiales y Métodos	34

Diseño Experimental	34
Bloques	34
Tratamientos	35
Aleatorización	35
Metodología	36
Tipo de Nivel y Trabajo de Investigación	38
Recolección de Datos	39
Instrumentos de Medición	40
Análisis de Datos	40
Garantía de Precisión	40
Preselección y Selección de Materiales de <i>Theobroma Cacao</i> .	41
Análisis de la Información para la Toma de Datos	42
Diseño experimental	42
Análisis de la Información	43
Procesamiento de Datos con Software Estadístico R	44
Análisis Descriptivo	44
Comparación entre Tratamientos	45
Resultados y Análisis	46
Evaluación Agronómica de Diseños de Pilonos	46
Posibles Causas de la Alta Mortalidad en el T6	47
Exclusión del T6 en el Análisis de Datos	47
Resultados Obtenidos por Variable Analizada.	48
Altura de las plantas	48
Diámetro del Tallo	50
Número de Hojas	54

Largo de Hojas	56
Ancho de las Hojas	59
Efectos de los Pilonos Biodegradables con Fertilización	61
Hojas de Plantas	63
Análisis de la Tabla	64
Variable Altura de Planta	65
Variable Diámetro por Planta	67
Variable Largos por Planta.	70
Variable de Ancho de la Planta	72
Costo de Producción de los Pilonos	76
Descripción de los Pilonos	76
Pilón de Fibra de Coco:	76
Descripción y Beneficios	77
Alta Retención de Humedad	77
Buena Aireación	77
Peso Ligero	77
Sostenibilidad	77
Pilón de Fibra de Palma	78
Descripción y Beneficios	79
Pilón Tradicional	81
Descripción y Beneficios	82
Composición y Nutrientes	82
Comparación con Pilonos de Fibra de Coco, Fibra de Palma y Pilón Tradicional	83
Conclusión de La Comparación	84
Pilón de Fibra de Coco	84

Pilón de Fibra de Palma	84
Pilón Tradicional	84
Conclusiones y Recomendaciones	90
Referencias Bibliográficas	92

### Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b>	<i>Taxonomía del Cacao</i>	22
<b>Tabla 2</b>	<i>Análisis de Varianza de la Altura de Cacao en Vivero</i>	49
<b>Tabla 3</b>	<i>Análisis de Varianza del Diámetro de Tallos de Cacao</i>	52
<b>Tabla 4</b>	<i>Promedios <math>\pm</math> Desviación Estándar del Diámetro de plántulas de Cacao</i>	53
<b>Tabla 5</b>	<i>Comparación de Pilonos con Distintos Sustratos y Tamaños de Contenedor.</i>	56
<b>Tabla 6</b>	<i>Promedios <math>\pm</math> Desviación Estándar del Número de Hojas de las Plántulas de Cacao</i>	56
<b>Tabla 7</b>	<i>Análisis de Varianza del Largo de Hojas de Cacao</i>	58
<b>Tabla 8</b>	<i>Promedios <math>\pm</math> Desviación Estándar del Largo de Hojas de Plántulas de Cacao</i>	58
<b>Tabla 9</b>	<i>Análisis de Varianza del Ancho de Hojas de Cacao</i>	60
<b>Tabla 10</b>	<i>Promedios <math>\pm</math> Desviación Estándar del Ancho de Hojas de Plántulas de Cacao</i>	61
<b>Tabla 11</b>	<i>Análisis de Todas las Variables de las Plántulas de Cacao</i>	63
<b>Tabla 12</b>	<i>Hojas de plantas de cacao (, clon IMC-67) con Diferentes Tratamientos de Pilonos</i>	65
<b>Tabla 13</b>	<i>Altura (cm) de Plantas de cacao (IMC-67) en Condiciones de Vivero</i>	67
<b>Tabla 14</b>	<i>Diámetro (mm) de Plántas de cacao (clon IMC-67) en Condiciones de Vivero</i>	69
<b>Tabla 15</b>	<i>Largo (cm) de Plantas de Cacao ( clon IMC-67) en Condiciones de Vivero</i>	71
<b>Tabla 16</b>	<i>Ancho (cm) de Plantas de Cacao (clon IMC-67 en Condiciones de Vivero</i>	74
<b>Tabla 17</b>	<i>Pilonos de Fibra de Coco</i>	77
<b>Tabla 18</b>	<i>Resultados del Pilón de Fibra de Palma</i>	80
<b>Tabla 19</b>	<i>Resultados Obtenidos con el Pilón Original</i>	82
<b>Tabla 20</b>	<i>Balance Comparativo de los Pilonos de Fibra de Coco, Fibra de Palma y Pilón Tradicional</i>	84

## Lista de Gráficas

<b>Figura 1</b> <i>Métricas Generales de Producción de Cacao en el Caquetá</i>	26
<b>Figura 2</b> <i>Pilones en Contenedores Individuales</i>	31
<b>Figura 3</b> <i>Mapa de la región amazónica colombiana.</i>	39
<b>Figura 4</b> <i>Comparación de la Altura de las Plántulas de Cacao Bajo Diferentes Pilones</i>	50
<b>Figura 5</b> <i>Distribución del Diámetro de las Plántulas de Cacao en Diferentes Pilones</i>	53
<b>Figura 6</b> <i>Comparación de Pilones con Distintos Sustratos y Tamaños de Contenedor.</i>	55
<b>Figura 7</b> <i>Número de hojas en las plántulas de cacao bajo diferentes tratamientos</i>	57
<b>Figura 8</b> <i>Largor de las Hojas en las Plántulas de Cacao Cultivadas en Diferentes Pilones</i>	59
<b>Figura 9</b> <i>Achura de las Hojas en las Plántulas de Cacao Sembradas en los Diferentes Pilones</i>	62
<b>Figura 10</b> <i>Efecto de Diferentes Planes Nutricionales en el Número de Hojas.</i>	66
<b>Figura 11</b> <i>Influencia de los Diferentes Planes Nutricionales en la Altura de las Plántulas de Cacao.</i>	68
<b>Figura 12</b> <i>Efecto de Diferentes Planes Nutricionales en el Diámetro de las Plántulas de Cacao.</i>	71
<b>Figura 13</b> <i>Influencia de los Planes Nutricionales en el Largor de las Plántulas de Cacao.</i>	72
<b>Figura 14</b> <i>Influencia de los Planes Nutricionales en el Ancho de las Plántulas de Cacao</i>	75
<b>Figura 15</b> <i>Comparación de los Precios por los Diferentes Pilones de Cacao.</i>	86
<b>Figura 16</b> <i>Pesos(g) de los Diferentes Pilones de Cacao</i>	87
<b>Figura 17</b> <i>Comparación del Costo de Transporte que Abarca cada Pilón de Cacao</i>	88
<b>Figura 18</b> <i>Traslado de los Pilones de Cacao</i>	89

## Introducción

El departamento del Caquetá se ha consolidado como un referente en la producción de cacao amazónico, destacándose como un actor clave en la cadena de valor de este cultivo tanto a nivel nacional como internacional. A lo largo del tiempo, se han observado avances significativos en múltiples aspectos relacionados con la producción, comercialización y sostenibilidad del cacao en esta región. Entre estos avances se encuentran: El crecimiento del área sembrada los datos recientes reflejan un incremento notable en la superficie destinada al cultivo de cacao, alcanzando las 4,312 hectáreas, de las cuales 4,173.5 hectáreas están actualmente en producción. Esta expansión ha resultado en una producción total de 2,331.3 toneladas anuales, con un rendimiento promedio de 560 kg/ha/año. La mayoría de estas áreas están concentradas en los municipios de El Doncello, Florencia, Belén de los Andaquíes, Puerto Rico, El Paujil y San José del Fragua (AGRONET, 2024). Este crecimiento pone de manifiesto el creciente interés de los productores en esta actividad económica, el impulso a prácticas sostenibles ha implementado diversas iniciativas destinadas a promover la producción de cacao libre de deforestación, acompañada de prácticas agroforestales que contribuyen a la conservación de los bosques amazónicos, alineando la producción cacaotera con los principios de sostenibilidad ambiental.

**Fortalecimiento organizativo:** Las asociaciones de productores de cacao han logrado un notable fortalecimiento de sus capacidades, lo que ha permitido la mejora de la calidad del producto y el acceso a mercados más competitivos, tanto a nivel nacional como internacional.

**Vinculación comercial:** La apertura de nuevos canales de comercialización ha permitido a los productores de cacao del Caquetá obtener mejores precios por su producto, reflejando una inserción más robusta en los mercados globales.

A pesar de estos avances, la producción de cacao en Caquetá aún enfrenta retos importantes, entre los que se destacan:

**Plagas y enfermedades:** La persistencia de enfermedades como la moniliasis y la escoba de bruja sigue representando un desafío significativo para la producción, afectando la rentabilidad del cultivo.

**Deficiencias en infraestructura:** La insuficiencia de infraestructura, en particular la falta de vías de acceso y centros de acopio continúa dificultando la comercialización eficiente del cacao en ciertas áreas del departamento.

**Cambios climáticos:** Las alteraciones en los patrones climáticos presentan una amenaza creciente para la producción de cacao, con efectos adversos en la floración y fructificación de los árboles.

**Producción de material de siembra:** Existe la necesidad de desarrollar alternativas para la producción de material vegetal en vivero que sean de bajo costo, ambientalmente sostenibles y de rápida adoptabilidad por parte de los productores, quienes se encuentran dispersos en los 16 municipios del departamento, muchos de ellos con dificultades de acceso. NO obstante, estos desafíos también representan oportunidades para la implementación de nuevas tecnologías y prácticas de manejo que permitan mejorar la productividad y sostenibilidad del cultivo.

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) enfrenta desafíos crecientes relacionados con la sostenibilidad ambiental. Uno de los principales problemas es el uso de plásticos en la producción de plantas clonadas en viveros, destinados a programas de fomento en la región, que generan residuos no biodegradables y contaminan los ecosistemas. Además, el costo de producción por planta utilizando este sistema es elevado, alcanzando aproximadamente \$1,450 por planta, según ACAMAFRUT. Aunque estudios como el de Schroth et al. (2016) han

propuestas estrategias de manejo integrado para mitigar estos impactos, la búsqueda de alternativas sostenibles en materiales de cultivo sigue siendo una prioridad.

Los sustratos biodegradables, como los derivados de palma y coco, emergen como una opción prometedora para reemplazar los plásticos en la producción de cacao. Estos materiales presentan ventajas significativas, como la reducción de residuos, la mejora de la calidad del suelo y el fomento de prácticas agrícolas más sostenibles. Aunque la investigación previa es limitada, el uso de sustratos biodegradables ha demostrado su potencial para optimizar el crecimiento y desarrollo de las plantas en otros cultivos.

Este estudio tiene como objetivo evaluar el desempeño de sustratos biodegradables de palma y coco en el cultivo de cacao clon IMC-67, una variedad recomendada por FEDECACAO. A través de un diseño experimental de bloques al azar, se analizarán parámetros agronómicos y fitosanitarios para determinar el efecto de estos sustratos en el crecimiento y desarrollo de las plántulas. Los resultados de esta investigación contribuirán al avance del conocimiento científico sobre el uso de materiales biodegradables en el cultivo de cacao, promoviendo la adopción de prácticas más sostenibles en la producción cacaotera y mitigando los impactos ambientales asociados al uso de plásticos.

## Justificación

En el ámbito de la investigación y desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles, el cultivo de *Theobroma cacao* L. como un sistema productivo de relevancia requiere un enfoque integral que aborde los desafíos en cada etapa del proceso. Entre las dificultades más apremiantes se destaca la necesidad de producir material vegetal clonado de alta calidad, a bajo costo y con mínimos impactos ambientales negativos, lo que convierte esta tarea en un reto crucial que demanda soluciones innovadoras.

En este contexto, surge la necesidad de explorar alternativas a los tradicionales contenedores plásticos utilizados en los viveros. Se propone la implementación de contenedores biodegradables como una opción viable para reemplazar los pilones convencionales. Estos contenedores, elaborados a base de fibras de bajo peso y costo, ofrecen la ventaja de estar listos para su uso inmediato sin requerir el transporte de grandes cantidades de suelo ni la incorporación de correctivos como materia orgánica, cal o cascarilla de arroz. Esta iniciativa no solo pretende optimizar la logística y eficiencia en la producción, comercialización y transporte del material vegetal de cacao, sino también reducir la huella ambiental asociada a los residuos plásticos generados por los pilones tradicionales.

La adopción de contenedores biodegradables se presenta como una estrategia prometedora en términos de sostenibilidad, al combinar la economía de costos con la preservación de la calidad y las características de las plántulas. Este enfoque refleja una creciente preocupación por la salud ambiental y la mitigación de los impactos negativos derivados de las prácticas agrícolas convencionales.

Al cuantificar el impacto positivo de esta transición hacia pilones biodegradables, se estima una reducción sustancial en el uso de bolsas plásticas por hectárea, lo que a su vez se traduce en una disminución significativa del peso total de residuos plásticos generados en el

proceso productivo. Esta medida no solo representa un avance hacia la sostenibilidad ambiental, sino que también evidencia un compromiso tangible con la conservación del entorno y el bienestar de las comunidades agrícolas involucradas.

Este trabajo investigativo ofrece una valiosa alternativa para los productores rurales interesados en la propagación eficiente de material vegetal, particularmente en el cultivo de cacao, y es aplicable a otros cultivos que también se producen en vivero bajo el esquema de contenedores tradicionales.

Un aspecto destacado de este estudio es la comparación entre el uso de bolsas plásticas y otros contenedores para el cultivo, así como la evaluación de diferentes sustratos. Estos factores son esenciales para la propagación del cacao, ya que pueden influir en la calidad y el desarrollo de las plantas. Al reducir la cantidad de materia prima utilizada en métodos convencionales, se fomenta una agricultura más sostenible y económica.

El estudio también examina el sistema radicular de las plantas, un componente fundamental en la agricultura. Un sistema radicular saludable es crucial para la absorción eficiente de agua y nutrientes, y su adecuada formación y desarrollo pueden determinar el éxito de un cultivo. Al abordar esta variable, el trabajo proporciona información útil para mejorar las prácticas agrícolas y maximizar el rendimiento de los cultivos.

En resumen, este proyecto de grado no solo contribuye con conocimientos sobre técnicas avanzadas de cultivo, sino que también ofrece soluciones prácticas para optimizar recursos y mejorar la productividad en el sector agrícola.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto de los diferentes sustratos en el crecimiento y desarrollo de patrones de cacao en vivero en el municipio de Florencia Caquetá.

### **Objetivo Específico**

Comparar el desempeño agronómico de pilones biodegradables frente al pilón tradicional.

Analizar el comportamiento de los pilones biodegradables con fertilización incorporada.

Estimar los costos de producción asociados a los diferentes contenedores o pilones estudiados (alternativas propuestas).

## **Planteamiento del Problema**

La producción de material vegetal de cacao en la actualidad se utiliza el método de la injertación de clones de alta producción, buena calidad de la almendra, y adaptados a las condiciones agroecológicas de la zona. En vivero el sistema tradicional, corresponde a un proceso de producción de plantas clonadas o injertadas, que involucra la utilización de bolsas plásticas con capacidad de 1-2 kg de sustrato el cual corresponde a una mezcla de suelo de vega, con cascarilla de arroz, cal agrícola y materia orgánica previamente descompuesta, el cual tiene una duración entre 5-8 meses para producir una planta lista para ser injertada, y entre injertación y estar lista para llevar a campo pueden pasar otros 3 meses, lo que representa aproximadamente 12 meses para generar una planta lista para la siembra en sitio definitivo.

Con un costo promedio de venta al productor de \$2500 por planta clonada. Con este proceso anualmente se podrían producir alrededor de 140.000 plantas clonadas/ha.

Este proceso es costoso y representa fuertes impactos ambientales negativos por la utilización de grandes cantidades de suelo proveniente de las vegas de los ríos, y deben utilizarse también grandes cantidades de correctivos de suelos (cascarilla de arroz, cal agrícola y materia orgánica) y fertilizantes. Al llevar las plantas a campo la bolsa plástica utilizada como contenedor o pilón representa un contaminante del medio ambiente.

Además, el peso de cada bolsa es de aproximadamente 2 kilogramos, lo cual quiere decir que si deben transportarse 1000 plantas clonadas a campo se deben mover aproximadamente 2 toneladas de peso. Incrementando los costos de establecimiento de las plantaciones.

Existe gran variedad de contenedores que hoy día son usados en los viveros forestales o agrícolas, por lo cual se pueden producir plantas de calidad aceptable en muchos tipos diferentes de aquellos. No existe un contenedor que presente todas las características diversas posibles,

entonces, ningún tipo en particular es mejor para todos los viveros y sitios de plantación. Al final, la elección de un sistema de contenedores depende de los objetivos y características operativas de cultivo de cada vivero.

En otras partes del mundo como Brasil, se están utilizando otro tipo de contenedores o pilones, elaborados con materiales biodegradables, sin utilización de suelo, que han dado buenos resultados permitiendo disminuir los tiempos de producción del material vegetal, disminuyendo costos de producción y el peso de la planta producida, facilitando el transporte a sitio definitivo. Además, de ser necesario se podría realizar en vivero podas de raíces para evitar malformaciones y deterioro de la calidad de la planta producida.

A raíz de lo anterior, los investigadores se plantean la siguiente pregunta de investigación: ¿Existen métodos alternativos de producción de material vegetal que sean agronómica y económicamente superiores al método tradicional con la bolsa como contenedor?

Por lo anterior, se realizó el presente trabajo de investigación probando alternativas diferentes al método tradicional de producción de material vegetal en viveros. Es por esto que el presente proyecto tiene el propósito de evaluar el efecto de diferentes tipos de contenedores (de plantas) tipo pilón sobre parámetros de crecimiento y desarrollo de las plantas producidas en viveros de cacao.

## Marco Teórico

### El Cacao como una Iniciativa Sustentable

#### Generalidades

El Cacao (*Theobroma cacao*) es un árbol tropical de hoja perenne cultivado por sus semillas comestibles. Es originario de las selvas bajas de las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco y en la actualidad se cultiva comercialmente en los trópicos del Nuevo Mundo, así como en África occidental y Asia tropical, señala la Enciclopedia Britannica (*National Geographic España* 2024, August 23). Es de destacar que, desde tiempos antiguos, el cacao ha sido altamente valorado por diversas civilizaciones, como más resaltantes están los Mayas y Aztecas que lo llegaron a considerar un símbolo de abundancia y poseía un valor económico significativo. Su uso se extendía más allá de lo material, simbolizando riqueza, estatus social y conexión con lo divino.

El cultivo de cacao involucra varias etapas cruciales, que van desde la siembra y el cuidado de los árboles hasta la cosecha, fermentación y secado de las semillas. La calidad del cacao varía según factores como la variedad del árbol, el clima y las prácticas agrícolas empleadas. Según un estudio la producción y desarrollo del cacao está estrechamente relacionada con las condiciones ambientales de la zona donde se cultiva, debido a su periodo vegetativo (Cubillos Bojacá, A. F., Tarazona Díaz. 2017). El producto final se comercializa en forma de granos de cacao crudos, pasta de cacao, manteca de cacao y polvo de cacao, siendo la industria del chocolate el principal consumidor de estos productos.

Además de su valor económico, el cacao es apreciado por sus propiedades nutricionales, que incluyen un alto contenido de flavonoides antioxidantes, los cuales pueden contribuir a la salud cardiovascular. En el 2021 Tan y Cols realizaron una investigación En una

sistemática con la cual pudieron deducir y observa que el consumo de productos derivados del cacao mejoraba significativamente los perfiles lipídicos mejor conocidos como lo triglicéridos. Sin embargo, a pesar de los beneficios de salud que contrae el cacao, su industria enfrenta desafíos significativos, tales como la necesidad de prácticas agrícolas sostenibles, la deforestación, el cambio climático y problemas sociales relacionados con las condiciones de trabajo de los agricultores y el uso de trabajo infantil.

De esta forma se están promoviendo iniciativas para mejorar la sostenibilidad en la producción de cacao, incluyendo el desarrollo de variedades de plantas más resistentes y la implementación de estándares de comercio justo. Estas iniciativas buscan asegurar que la producción de cacao no solo sea económicamente viable, sino también social y ambientalmente responsable.

## **Descripción Botánica**

### **Clasificación Taxonómica**

El cacao (*Theobroma cacao*, L.) es un árbol tropical de hoja perenne cultivado por sus semillas comestibles. Pertenece a la familia Malvaceae y su nombre científico significa "alimento de los dioses" en griego. El cacao se cultiva principalmente por sus granos, que son la base de productos como el chocolate, el cacao en polvo y la manteca de cacao.

Sin embargo, recientes estudios filogenéticos proponen la inclusión de la familia Sterculiaceae en un sentido amplio dentro de la familia Malvaceae sensu lato. Judd & Manchester (1997), basados en características morfológicas, anatómicas y químicas, concluyeron que la familia Malvaceae tiene un origen monofilético y que la base de la cladograma la constituye lo que actualmente se considera la familia Sterculiaceae.

**Tabla 1***Taxonomía del Cacao*


---

Taxonomía del cacao:

---

Reino:	Plantae
Tipo:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Malvales
Familia:	Sterculiaceae
Género:	<i>Theobroma</i>
Especie:	Cacao L.

---

Se han descrito 22 especies pertenecientes al género *Theobroma*, pero usualmente 12 son aceptadas, de estas, nueve son nativas de la Amazonía, de aquí que se sugiere que el centro de distribución genética se localice en el centro – oriente de la región amazónica (Gentry, 1996 como se citó Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- Sinchi, 2006)

Esta diversidad taxonómica de las plantaciones de cacao son las que influye en el rendimiento del cultivo, como se demostró en un estudio en Soconusco, Chiapas, México, donde la sombra excesiva de diversas especies de árboles afectó el cultivo del cacao (Suarez-Venero et al., 2019). Los estudios anatómicos de la madera de *T. cacao* revelan variaciones entre biotipos, con diferencias en la densidad de vasos, la altura de los radios y la presencia de cristales y células radiales perforadas (Zhiñin-Quezada et al., 2020). Estas características anatómicas pueden ser útiles para identificar biotipos dentro de la especie. *T. cacao* también es reconocido

como una fuente rica de bioelementos y contiene poliflavonoglucósidos, que son valiosos como colorantes alimentarios (Kalvatchev et al., 1998).

## **El Cacao en el Mundo**

El cacao es un cultivo de gran relevancia a escala mundial, con Costa de Marfil y Ghana como los principales productores seguidamente tenemos a África, América y Asia como las regiones que concentran la mayor parte de la producción. La calidad del grano se ha convertido en un factor importante en el comercio mundial debido a los cambios en los tipos de grano ofrecidos y los precios (Quintero y Morales, 2004; Rizzuto y Díaz, 2004).

Factores climáticos como El Niño influyen significativamente en los rendimientos del cacao. Europa y Asia son líderes en la transformación del cacao en productos finales. Colombia destaca por su cacao de alta calidad, lo que representa una oportunidad para acceder a mercados internacionales más exigentes. En países como Colombia, el cacao de alta calidad presenta oportunidades de inversión en mercados extranjeros. Para más detalles, consulta el artículo completo (ICCO, 2023).

El cacao también tiene un impacto cultural y social profundo. En muchas comunidades productoras, el cacao es más que un simple cultivo; es parte de la identidad cultural y un legado transmitido de generación en generación. Sin embargo, la globalización y la demanda de productos estandarizados amenazan con homogenizar las variedades y métodos tradicionales de cultivo, poniendo en riesgo la diversidad genética y cultural del cacao.

El cultivo ha tenido gran relevancia durante los últimos años por su fácil adaptación y producción, favorecido por las diversas zonas agroecológicas que le permiten desarrollarse y generar una buena productividad, además de garantizar excelentes ingresos para los productores que procuran mejorar su calidad de vida (Martínez Atencia, JD, 2022). Por lo que las grandes

empresas chocolateras han comenzado a responder a la presión de los consumidores y las organizaciones no gubernamentales para asegurar que su cacao sea producido de manera ética y sostenible, aunque todavía queda mucho por hacer para transformar toda la industria.

### **El Cacao en Colombia**

El sector del cacao en Colombia ha estado creciendo, con esfuerzos para mejorar la productividad y la calidad a través de programas de mejoramiento y desarrollos tecnológicos. Se han desarrollado y liberado nuevas variedades de alto rendimiento y resistentes a enfermedades (Agudelo-Castañeda et al., 2023). El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, a través de la plataforma Agronet (2022), reporta para el 2014 un total de 154.513 has con una producción de 81.302 toneladas por año, con un promedio de producción de 0.53 toneladas/a, teniendo a los departamentos de Santander, Nariño y Tolima como los que más aportan en la producción nacional del cacao.

En Colombia la producción anual de cacao en grano se obtiene de la explotación de alrededor de 24.500 fincas, con un rendimiento promedio por hectárea cosechada se estima en 450 kilogramos de cacao en grano. La causa del bajo rendimiento obtenido por hectárea actualmente se relaciona con cuatro aspectos que afectan el cultivo: La avanzada edad de las plantaciones sembradas; el tipo de material de propagación utilizado (cacaos híbridos y comunes con bajos niveles de tolerancia a plagas y enfermedades); la baja densidad de árboles en producción por hectárea y; las dificultades para que el agricultor pueda poner en práctica las recomendaciones de manejo integral del cultivo (Fedecacao, 2022).

Según Anthony Myers en Colombia, el cacao es una importante fuente de ingresos para muchas comunidades rurales por lo que desempeña un papel clave en la economía agrícola del país. Tradicionalmente, Colombia no ha sido uno de los principales productores mundiales de

cacao, pero en las últimas décadas, el cultivo de este producto ha cobrado relevancia como una alternativa agrícola sostenible que contribuye al desarrollo de regiones afectadas por el conflicto armado y la pobreza, lo que lo ha llevado a posicionarse como el décimo productor mundial de cacao, con una producción de 65,174 toneladas métricas en 2021, y que se destaca por producir principalmente cacao fino o de aroma, reconocido principalmente por su alta calidad.

El crecimiento de la industria cacaotera en Colombia se ha visto impulsada por programas gubernamentales y de organizaciones internacionales que promueven la sostenibilidad y la producción de cacao como una alternativa viable a cultivos ilícitos. Iniciativas como "Cocoa, Forests and Peace" buscan no solo aumentar la producción de cacao, sino también fomentar prácticas agrícolas sostenibles y proteger los recursos naturales, especialmente en regiones afectadas por conflictos armados (Greenpeace.org)

Además, el sector del cacao en Colombia enfrenta desafíos, como la falta de infraestructura adecuada para el procesamiento postcosecha y la necesidad de una mayor formación técnica para los agricultores. La edad avanzada de muchos productores también plantea un reto para la sostenibilidad a largo plazo del sector, dado que los jóvenes muestran una tendencia a abandonar el campo.

Estos esfuerzos por mejorar la producción y la calidad del cacao colombiano no solo buscan incrementar los ingresos de los agricultores, sino también reducir la huella de carbono y promover un uso más productivo de la tierra, lo cual es crucial para un futuro más sostenible.

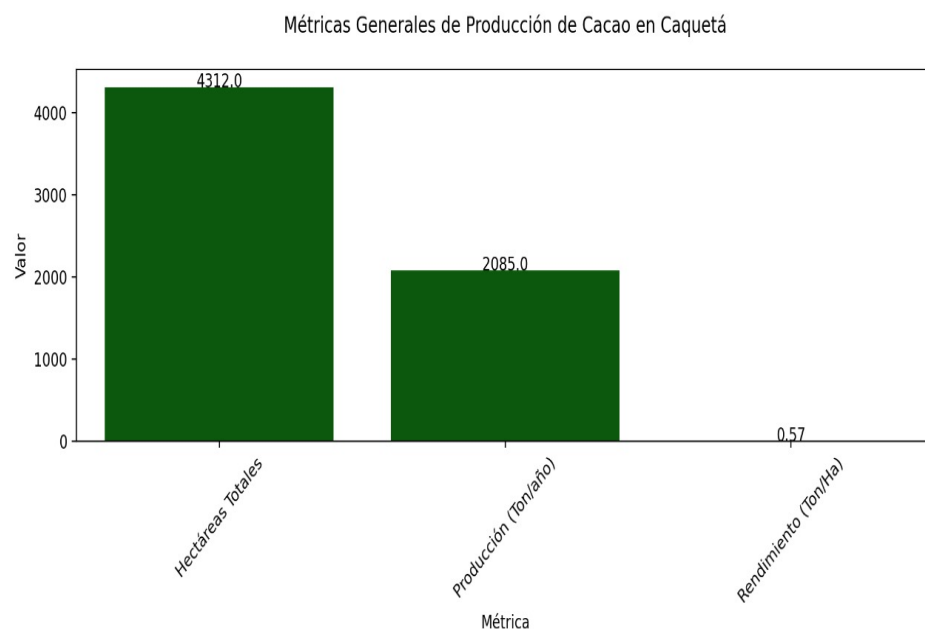
### **El Cacao en el Caquetá**

El departamento de Caquetá, en Colombia, ha emergido como un productor importante de cacao, especialmente en un contexto de postconflicto que busca transformar la región hacia prácticas agrícolas sostenibles y alejadas de cultivos ilícitos. El cacao se ha convertido en un

cultivo estratégico, promovido por iniciativas que fomentan la agroforestería y la certificación orgánica.

### Figura 1

#### *Métricas Generales de Producción de Cacao en el Caquetá*



Según las Evaluaciones Agropecuarias Municipales, EVAS, el departamento de Caquetá cuenta 4.312 hectáreas sembradas de cacao, concentradas su mayoría en los municipios de El Doncello, Florencia, Belén de los Andaquíes, Puerto Rico, El Paujil y San José del Fragua. La producción es aproximadamente de 2.085 toneladas al año y el rendimiento de 0.57 promedio por hectárea (AGRONET, 2024).

En el Departamento los productores cuentan con facilidades para desarrollar la comercialización, se encuentran puntos de acopio de empresas nacionales o en su defecto agentes comercializadores que realizan las transacciones. Con la producción, transformación y comercialización de cacao se ha logrado consolidar este sistema productivo como una alternativa de vida lícita.

## **La Producción de Plántulas en Viveros Utilizando Contenedores**

La producción de plántulas en viveros constituye un componente esencial en la agricultura moderna, pues garantiza la calidad y uniformidad de las plantas en sus etapas iniciales de desarrollo (Pérez & Gómez, 2020). En este contexto, las bolsas plásticas son uno de los contenedores más utilizados, dado su bajo costo y facilidad de manejo (Ramírez, 2019). Sin embargo, su uso masivo ha generado preocupaciones debido al impacto ambiental asociado a los residuos plásticos y su limitada degradación (Ramírez, 2019).

En la búsqueda de alternativas más sostenibles, resultó pertinente realizar estudios de caso los cuales analizaron el uso de diferentes tipos de contenedores, como alternativas biodegradables o reutilizables, y su influencia en la calidad de las plántulas, los costos de producción y los impactos ambientales (Pérez & Gómez, 2020). Dichos estudios aportaron información clave para promover prácticas más responsables y sostenibles en la producción agrícola.

Según Crespo, I., Ramos, D., & García, L. (2022). Indicadores clave de rendimiento en terminales de contenedores y su relación con la sostenibilidad ambiental Un estudio relevante sobre estas alternativas sostenibles en viveros exploró el uso de contenedores biodegradables y reutilizables en la producción de plántulas. Por ejemplo, se evaluaron diferentes materiales como bolsas de polietileno, contenedores biodegradables y reutilizables, analizando su influencia en la calidad morfológica de plántulas de *Gmelina arborea*. Los resultados indicaron diferencias significativas en la altura, diámetro al cuello de raíz, peso seco aéreo y radical, así como en los índices de calidad. Aunque las bolsas de polietileno mostraron mejores atributos en general, los contenedores biodegradables presentaron ventajas ambientales considerables al reducir los residuos plásticos

## **Las Bolsas Plásticas en la Producción de Plántulas**

Las bolsas plásticas han sido tradicionalmente utilizadas en viveros debido a su bajo costo, facilidad de uso y durabilidad. Estas ofrecen un ambiente controlado para el desarrollo de las raíces, permitiendo un mejor control de la humedad y la aireación del sustrato. Además, facilitan el trasplante de las plántulas al campo, ya que las raíces se encuentran protegidas y compactas.

### ***Ventajas de las Bolsas Plásticas***

- **Bajo costo:** Son económicas y fáciles de adquirir.
- **Facilidad de uso:** Su manejo es sencillo y no requiere de herramientas especializadas.
- **Durabilidad:** Pueden reutilizarse varias veces, aunque esto puede reducir su efectividad.
- **Control del sustrato:** Permiten un control preciso de la humedad y la aireación.

### ***Desventajas de las Bolsas Plásticas***

- **Impacto ambiental:** Contribuyen a la contaminación del suelo y los cuerpos de agua al no ser biodegradables.
- **Daño a las raíces:** Si no se realizan las podas de raíces adecuadas, pueden producirse enmarañamientos que dificultan el desarrollo de la planta en el campo.
- **Dependencia de combustibles fósiles:** Su producción requiere de una gran cantidad de energía y recursos no renovables.

### *Alternativas a las Bolsas Plásticas*

Ante los problemas ambientales asociados al uso de bolsas plásticas, se han desarrollado diversas alternativas más sostenibles, como:

- Bolsas biodegradables: Elaboradas a partir de materiales orgánicos que se descomponen naturalmente en el suelo.
- Contenedores de fibra de coco: Son biodegradables y ofrecen un excelente drenaje y retención de humedad.
- Contenedores de papel: Biodegradables y económicos, pero pueden desintegrarse rápidamente si no se manejan adecuadamente.
- Semilleros de cartón: Una opción ecológica y económica, aunque su capacidad de retención de humedad es limitada.

Las bolsas plásticas han sido una herramienta fundamental en la producción de plántulas, pero su impacto ambiental es una preocupación creciente. La búsqueda de alternativas más sostenibles es una necesidad urgente para garantizar la producción de alimentos de manera responsable. Los productores y viveristas deben evaluar las diferentes opciones disponibles, considerando factores como el costo, la disponibilidad, el impacto ambiental y la eficiencia en la producción de plántulas.

Es importante destacar que la elección del contenedor ideal dependerá de diversos factores, como el tipo de cultivo, las condiciones climáticas y los recursos disponibles. La adopción de prácticas agrícolas sostenibles, que incluyan el uso de materiales biodegradables y la reducción de residuos, es fundamental para garantizar la conservación de los recursos naturales y la producción de alimentos saludables para las futuras generaciones.

## **Información Sobre los Contenedores Tipo Pilón a Nivel Mundial.**

Una herramienta fundamental en este proceso son los contenedores tipo pilón, que sirven como el primer hogar para las jóvenes plantas. Estos recipientes, diseñados para facilitar el crecimiento inicial de las plántulas, han evolucionado a lo largo del tiempo, adaptándose a las necesidades y avances de la producción agrícola (Luna, et. Al, 2012).

Se ha demostrado que el uso de sistemas de contención tipo pilón es especialmente ventajoso en la agricultura de precisión, donde se monitorea y optimiza cada componente del cultivo para maximizar el rendimiento, en este contexto, los contenedores tipo pilón permiten un control más preciso sobre las condiciones de crecimiento de las plántulas, desde la cantidad de agua y nutrientes hasta la exposición a la luz. Esto es especialmente importante en cultivos de alto valor, como hortalizas, frutas y plantas ornamentales, donde la calidad del producto final está directamente influenciada por las condiciones de crecimiento durante las primeras etapas de vida de las plantas.

### ***Los Pilones: Características y Funciones***

Los pilones son contenedores individuales, generalmente de forma cilíndrica o cónica, utilizados para albergar el sustrato y la semilla o esqueje. Su diseño permite un adecuado drenaje y aireación, factores esenciales para el desarrollo radicular de las plántulas. Los materiales más comunes para la fabricación de pilones incluyen plástico, fibras de coco y/o palma, papel y otros materiales biodegradables.

Según Orozco (2020), el uso de pilones en la producción de plántulas no solo mejora el desarrollo radicular, sino que también optimiza el manejo del agua y los nutrientes, lo que resulta en plántulas más sanas y vigorosas. Además, se ha demostrado que los pilones elaborados con

sustratos orgánicos, como el compost y el lombricompost, ofrecen propiedades físicas adecuadas, como una buena porosidad, que facilitan el crecimiento de las raíces y la absorción de nutrientes.

## **Figura 2**

### *Pilones en Contenedores Individuales*



### *Ventajas de los Pilones*

**Facilidad de manejo:** Los pilones, debido a su tamaño y forma, facilitan las tareas de siembra, trasplante y manejo en el vivero. Su diseño permite una manipulación sencilla, lo que reduce el tiempo y esfuerzo necesario para estas actividades

**Uniformidad en el crecimiento:** El uso de pilones asegura un desarrollo más homogéneo de las plántulas, ya que garantizan condiciones de cultivo similares para cada individuo. Esto es crucial para lograr un crecimiento uniforme en el campo, lo que facilita el mantenimiento y la cosecha posterior

Reducción de enfermedades: Al utilizar pilones nuevos para cada siembra, se minimiza el riesgo de transmisión de enfermedades del suelo. Esto es especialmente importante en la producción de plántulas, donde la sanidad es fundamental para el éxito del cultivo

Adaptabilidad a diferentes cultivos: Existen pilones de diversos tamaños y formas, lo que permite adaptarlos a las necesidades de diferentes especies vegetales. Esta versatilidad es esencial para optimizar el espacio y los recursos en el vivero, favoreciendo el crecimiento adecuado de cada especie.

### ***Tipos de Pilones y Materiales***

- Pilones de plástico: Son los más comunes debido a su bajo costo y durabilidad. Sin embargo, su impacto ambiental es una preocupación creciente.
- Pilones de fibra de coco y/o palma(s): Biodegradables y con buenas propiedades de retención de humedad, son una alternativa más sostenible.
- Pilones de papel: También biodegradables, son ideales para cultivos de ciclo corto.
- Pilones de materiales biodegradables: Elaborados a partir de residuos orgánicos, ofrecen una solución ecológica y sostenible.

### ***El Impacto Ambiental de los Pilones***

La elección de materiales para la fabricación de pilones tiene un efecto directo sobre el medio ambiente. Los pilones de plástico, al ser no biodegradables, contribuyen a la contaminación del suelo y de los cuerpos de agua. Ya que tanto como la producción y la descomposición de estos plásticos se hace liberación de sustancias tóxicas que afectan gravemente los ecosistemas, alterando la estructura del suelo y contaminando aguas subterráneas.

En contraste, los pilones biodegradables se descomponen naturalmente, lo que enriquece el suelo y ayuda a reducir la huella de carbono. Estos materiales, al ser orgánicos, no solo son menos dañinos, sino que también contribuyen a un ciclo de vida más sostenible, promoviendo prácticas agrícolas responsables y respetuosas con el medio ambiente

### ***Tendencias Futuras***

La tendencia actual en la producción de pilones se está orientando hacia el uso de materiales biodegradables y reciclados, con el objetivo de minimizar el impacto ambiental y promover la sostenibilidad. Además, se están desarrollando nuevas tecnologías que permiten fabricar pilones de manera más eficiente y económica.

En conclusión, los pilones son herramientas indispensables en los viveros, ya que facilitan la producción de plántulas de alta calidad. No obstante, es crucial tener en cuenta el impacto ambiental de los materiales utilizados en su fabricación. La elección de pilones biodegradables representa un avance significativo hacia una agricultura más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Diversos estudios han demostrado que el uso de la fibra de coco en la producción de hortalizas en invernaderos, viveros y jardines ha brindado resultados muy positivos. Este material natural se ha posicionado como una alternativa sostenible y eficaz para el cultivo de una amplia variedad de vegetales. Según Quiñonez (2014, citado por Kelly Morales, 2021) la fibra de coco ha ido reemplazando a los sustratos tradicionales compuestos por turbas. Esto debido a que ofrece una mayor precocidad para las plantas sanas y tiene un gran poder de retención de agua y minerales esenciales para las plantas.

En países como Ecuador, se realizó una caracterización del residuo de la fibra de coco como sustrato para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*), en la

provincia de santa elena, se evaluó la germinación dando como resultado que al tercer día comenzaron a emerger con un 45% de efectividad, al día 7 se registró un porcentaje del 97% siendo el sustrato de coco más eficiente para su germinación. También mediante el estudio se le realizo el conteo de hojas verdaderas a partir del día 8 después de la siembra, las cuales fueron aumentando considerablemente al pasar los días. Así como también se realizó la toma de datos de altura de plántulas empezando desde el día 4 con una altura promedio de 1,76 cm y finalizó el día 16 con una altura promedio de 5,52 cm.

## **Materiales y Métodos**

### **Diseño Experimental**

El diseño experimental es esencial en las ciencias agrarias para la investigación y el desarrollo de prácticas y tecnologías nuevas. Los tres tipos principales de diseño son el diseño de parcelas divididas (SPD) para evaluar múltiples factores y sus interacciones, el diseño factorial para analizar combinaciones de tratamientos.

El diseño experimental con bloques completos al azar (DBCA) es una estrategia fundamental en estadística y diseño experimental utilizada para manejar la variabilidad en un experimento al agrupar unidades experimentales similares en bloques (Cochran, W. G., & Cox, G. M., 1957). La idea principal detrás de este diseño es reducir el efecto de la variabilidad no deseada que podría enmascarar el efecto real de los tratamientos que se están evaluando.

### ***Bloques***

Los bloques son conjuntos homogéneos de unidades experimentales que se atribuyen a una o más características que se creen causativas para la respuesta del experimento. Por ejemplo, si se está investigando el impacto de distintas variedades de fertilizantes en plantas, los bloques podrían ser identificados por aspectos como el pH o la textura del suelo. "Los bloques permiten controlar la variabilidad entre unidades experimentales, mejorando así la precisión del experimento", explican Bustamante y Valbuena (2015).

Se supone que la variabilidad entre bloques es menor que la variabilidad dentro de cada bloque por lo que mejora la precisión de la estimación del efecto de los tratamientos, lográndose controlar esta variabilidad de manera que "la correcta implementación de bloques en un diseño

experimental puede llevar a conclusiones más robustas sobre los efectos de los tratamientos aplicados" (Bustamante & Valbuena, 2015).".

### ***Tratamientos***

En el DBCA, cada tratamiento es asignado aleatoriamente dentro de cada bloque. Esto significa que, dentro de cada bloque homogéneo, todos los tratamientos tienen la misma probabilidad de ser asignados a cualquier unidad experimental.

La aleatorización dentro de los bloques ayuda a asegurar que cualquier diferencia observada en las respuestas se debe al tratamiento en sí, y no a alguna otra fuente de variabilidad. Según Mendiburu (s.f.), "los tratamientos están distribuidos al azar en cada bloque" en un DBCA.

### ***Aleatorización***

La aleatorización es un elemento esencial en el diseño de bloques completos (DBCA) porque cuando se asignan los diferentes tratamientos a cada bloque, se minimiza el riesgo de que el diseño se vea afectado por factores incontrolables que podrían introducir errores en los resultados del experimento.

Los bloques garantizan una estimación precisa y confiable del efecto de los tratamientos al eliminar la influencia de los errores sistemático, permitiendo que las conclusiones extrapoladas del análisis sean más sólidas y representativas sobre la verdadera relación entre los tratamientos y las respuestas observadas.

## Metodología

Esta investigación, llevada a cabo durante el primer semestre de 2024, constituye un insumo fundamental para el proceso de propagación de plántulas de cacao en el municipio de Florencia, Caquetá. Este municipio se encuentra ubicado en el departamento de Caquetá, específicamente en las coordenadas geográficas 01°37'03" de latitud norte y 75°37'03" de longitud oeste respecto al meridiano de Greenwich (PDM, 2008). Florencia está situada a 563 kilómetros de Bogotá, la capital de Colombia, con una altitud de 242 metros sobre el nivel del mar. Presenta una temperatura media de 24,8 °C y una precipitación anual promedio de 3.840 mm (PDM, 2012).

El municipio cuenta con un área aproximada de 2.433,6 km<sup>2</sup>, de los cuales el 40 % corresponde al paisaje de la Cordillera por encima de los 900 msnm, área que pertenece a la Reserva Forestal de la Amazonia creada mediante la Ley 2<sup>a</sup> de 1959. Esta información es respaldada por el Plan de Desarrollo Forestal del Departamento del Caquetá (Gobernación del Caquetá, 2021), el cual detalla la importancia de estas zonas de reserva para la conservación de suelos y aguas en la región.

El área restante del municipio se encuentra en el Piedemonte y la Llanura Amazónica, áreas que fueron sustraídas de la Reserva Forestal para propiciar el asentamiento humano y el establecimiento del Distrito de Conservación de Suelos y Aguas del Caquetá. Dentro de este territorio se encuentran resguardos indígenas como Gorgonia (438,14 ha), Honduras (908,53 ha) y San Pablo El Pará (607,79 ha) (Chicunque Ágrede, 2019).

La ciudad de Florencia, conocida como la "Puerta de Oro de la Amazonia Colombiana", limita al norte y noreste con el municipio de La Montañita, al sur con el municipio de Milán, al

occidente con Morelia y Belén de los Andaquíes, y al noroccidente con el departamento del Huila. Presenta un clima cálido y húmedo, con temperaturas que oscilan entre los 22 °C y 32 °C durante todo el año, además de un alto nivel de precipitaciones, especialmente entre marzo y noviembre. El entorno natural está dominado por bosque tropical húmedo, que alberga una rica biodiversidad esencial para la conservación de especies endémicas de flora y fauna. Estas condiciones agroecológicas favorecen actividades agrícolas y ganaderas diversificadas, así como el cultivo de especies como el cacao, que no solo satisface la demanda local, sino que también genera oportunidades de exportación.

El presente estudio se realizó en el vivero administrado por la Gobernación del Caquetá, ubicado en Florencia. Este vivero, que cumple con reglamentación técnica y de calidad, proporciona un entorno controlado y regulado, asegurando prácticas óptimas para el manejo de plántulas. La elección de este vivero se basó en su capacidad para garantizar condiciones ideales para la propagación y el desarrollo saludable de las plantas.

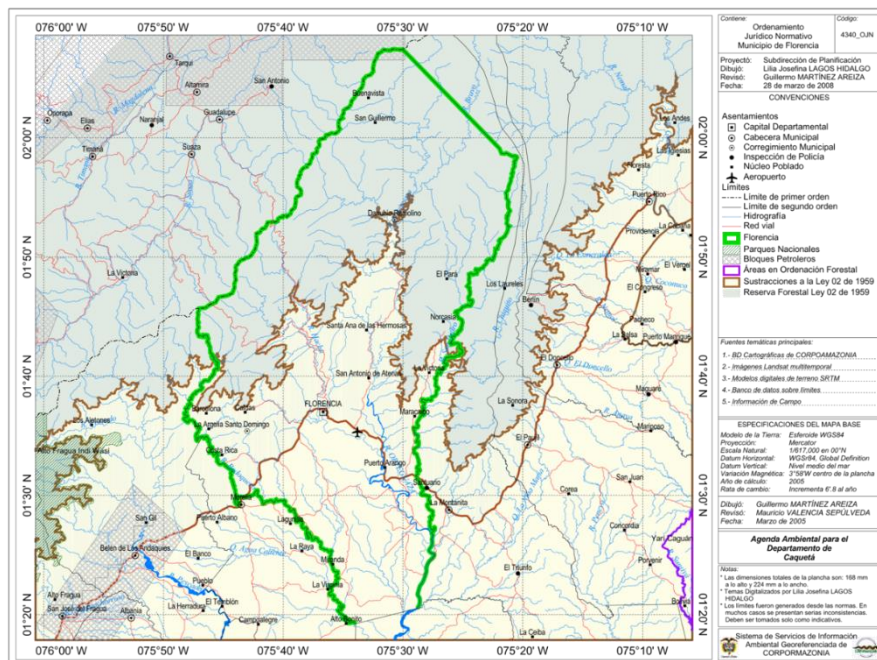
La metodología se diseñó cuidadosamente para abordar los objetivos específicos del estudio. Se adoptó un diseño experimental que permitió la observación y comparación de diferentes técnicas de propagación de plántulas de cacao, seleccionando previamente los métodos a evaluar. Durante el desarrollo del estudio, se llevaron a cabo monitoreos periódicos para recopilar datos relacionados con variables como crecimiento en altura, diámetro del tallo, número de hojas y área foliar.

Los datos recolectados fueron analizados mediante métodos estadísticos apropiados, lo que permitió comparar la eficacia de las técnicas evaluadas. Finalmente, los resultados obtenidos fueron sintetizados para formular conclusiones sobre la efectividad de cada técnica. Se

elaboraron recomendaciones dirigidas a los agricultores locales, orientadas a optimizar el proceso de cultivo y promover el desarrollo sostenible de la producción de cacao en la región.

### Figura 3

Mapa de la región amazónica colombiana.



Nota: Corpoamazonia 2005

### Tipo de Nivel y Trabajo de Investigación

En este estudio, se emplearon técnicas específicas para la recolección de datos que incluyeron la observación directa en campo y la medición precisa de cada planta y tratamiento. Estas mediciones se realizaron considerando una serie de variables agronómicas clave: número de hojas, longitud de la hoja (cm), ancho de la hoja (cm), altura del tallo (cm), diámetro del tallo (mm), duración en días desde la siembra hasta la injertación (días) y costo de producción del material vegetal por tratamiento. Para garantizar la precisión de las mediciones, se utilizaron instrumentos calibrados como cintas métricas y pie de rey.

La metodología de análisis de la información recolectada se fundamentó en un enfoque descriptivo, lo que permitió la caracterización detallada de cada variable. Los datos cuantitativos obtenidos fueron procesados utilizando el software estadístico R, conocido por su robustez en análisis estadísticos y manejo de datos. A través de este programa, se calcularon los promedios de cada variable, lo que facilitó la realización de comparaciones detalladas entre los diferentes tratamientos.

Todo el proceso de recolección y análisis de datos estuvo orientado a obtener información precisa y confiable, asegurando que los resultados reflejaran adecuadamente las condiciones y respuestas observadas en campo.

### **Recolección de Datos**

Para la recolección de datos en este estudio, se utilizaron técnicas específicas que incluyeron la observación directa en campo y la medición precisa de cada planta y tratamiento. Se establecieron las siguientes variables agronómicas clave para su análisis:

- Número de hojas: Contabilización directa de las hojas presentes en cada planta.
- Longitud de la hoja (cm): Medición desde la base hasta la punta de la hoja más larga utilizando cintas métricas.
- Ancho de la hoja (cm): Medición del punto más ancho de la hoja empleando cintas métricas.
- Altura del tallo (cm): Medición desde la base de la planta hasta el punto más alto del tallo usando cintas métricas.
- Diámetro del tallo (mm): Determinación del diámetro en el punto medio del tallo con un pie de rey calibrado.

- Duración en días desde la siembra hasta la injertación (días): Registro del número de días transcurridos desde la siembra hasta el momento de la injertación.
- Costo de producción del material vegetal por tratamiento: Cálculo del costo asociado a la producción del material vegetal para cada tratamiento.

### **Instrumentos de Medición**

Para asegurar la precisión de las mediciones, se utilizaron los siguientes instrumentos calibrados:

Cintas métricas: Para medir longitud y ancho de las hojas, así como la altura del tallo.

Pie de rey: Para medir el diámetro del tallo.

### **Análisis de Datos**

La metodología de análisis de la información recolectada se fundamentó en un enfoque descriptivo, lo que permitió la caracterización detallada de cada variable.

1. **Procesamiento de Datos:** Los datos cuantitativos obtenidos fueron procesados utilizando el software estadístico R, reconocido por su robustez en análisis estadísticos y manejo de datos.
2. **Cálculo de Promedios:** A través de este programa, se calcularon los promedios de cada variable, facilitando la realización de comparaciones detalladas entre los diferentes tratamientos.

### **Garantía de Precisión**

Todo el proceso de recolección y análisis de datos estuvo orientado a obtener información precisa y confiable, asegurando que los resultados reflejaran adecuadamente las

condiciones y respuestas observadas en campo. Para esto, se implementaron prácticas de calibración y verificación regular de los instrumentos de medición, y se siguieron protocolos estándar en la observación y registro de datos.

### **Preselección y Selección de Materiales de *Theobroma Cacao*.**

Se consultaron estudios científicos, reportes técnicos, y experiencias de cultivadores locales. Esta información proporcionó un marco sólido sobre el rendimiento y adaptabilidad del clon IMC-67 en diversas condiciones como patronaje.

El clon IMC-67 fue seleccionado en función de sus características deseables:

- **Alta productividad:** Producción consistente de frutos, que es fundamental para el éxito comercial.
- **Resistencia a Enfermedades:** Capacidad de resistir enfermedades comunes, lo que reduce la necesidad de tratamientos químicos.
- **Calidad del Fruto:** Buena proporción de pulpa y sólidos de cacao, que es crucial para la producción de chocolate de alta calidad.
- **Vigor y Adaptabilidad:** Crecimiento vigoroso y adaptabilidad a diversas condiciones climáticas y tipos de suelo, lo que lo hace versátil para distintas zonas de cultivo.

Se llevaron a cabo evaluaciones en varias fases con comunidades campesinas que ya han manejado este clon en sus predios:

- **Evaluación de Vigor y Salud:** Selección de plantas sanas y vigorosas sin signos de enfermedades o daños severos.

- **Análisis de Compatibilidad:** Pruebas de injertación para asegurar que el clon IMC-67 fuera compatible con diferentes portainjertos.
- **Pruebas de Campo:** Ensayos de injertación para evaluar rendimiento y compatibilidad del clon con diferentes portainjertos.

## **Análisis de la Información para la Toma de Datos**

### ***Diseño experimental***

El diseño experimental utilizado fue el Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA), con cuatro repeticiones y 8 tratamientos. Los tratamientos corresponden a los tipos de contenedores (en bolsa o biodegradables con o sin fertilizante) utilizados, así:

T0: Pilón tradicional (Testigo)

T1: Pilón de sustrato de fibra coco (RV-CA-005 80 x 160mm)

T2: Pilón de sustrato de fibra de palma (RV-CA-005 80 x 160mm)

T3: Pilón de sustrato de fibra coco (RV-FO-006 50 x 190 mm)

T4: Pilón de sustrato de fibra de palma (RC-FO-007 50 x 190mm)

T5: Pilón de sustrato de fibra coco (RV-CA-005 80 x 160mm) + Plan Nutricional

T6: Pilón de sustrato de fibra de palma (RV-CA-005 80 x 160mm) + Plan Nutricional

T7: Pilón de sustrato de fibra coco (RV-FO-006 50 x 190 mm) + Plan Nutricional

T8: Pilón de sustrato de fibra de palma (RC-FO-007 50 x 190mm) + Plan Nutricional

Cada tratamiento consta de 10 unidades en evaluación, es decir, en total 40 unidades por tratamiento (4 repeticiones o bloques).

### ***Análisis de la Información***

En el contexto del estudio sobre la selección de materiales de *Theobroma cacao* y el uso del clon IMC-67 para patronaje, se realizó un análisis exhaustivo de diversas variables agronómicas. Este análisis se llevó a cabo utilizando técnicas descriptivas y herramientas estadísticas avanzadas para garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados.

#### **Variables Analizadas.**

Las variables analizadas en este estudio fueron:

- Número de Hojas
- Largo de la Hoja (cm)
- Ancho de la Hoja (cm)
- Altura del Tallo (cm)
- Diámetro del Tallo (mm)
- Duración desde la Siembra hasta la Injertación (días)
- Costo de Producción del Material Vegetal por Tratamiento

#### **Recolección y Validación de Datos.**

Se recopilaron datos de campo mediante observación directa y medición precisa de cada planta y tratamiento. Se utilizaron instrumentos calibrados como cintas métricas y pie de rey para asegurar la exactitud de las mediciones. Los datos recolectados se ingresaron en bases de datos estructuradas, verificando la consistencia y eliminando posibles errores de registro.

## **Procesamiento de Datos con Software Estadístico R**

Los datos cuantitativos fueron procesados utilizando el software estadístico **R**. Este software, conocido por su robustez en análisis de datos y su capacidad para manejar grandes volúmenes de información, permitió el cálculo de estadísticas descriptivas, tales como:

- Promedios: Se calcularon los promedios de cada variable para entender las tendencias generales y comparaciones entre tratamientos.
- Desviaciones Estándar: Para evaluar la variabilidad dentro de cada conjunto de datos.
- Análisis de Varianza (ANOVA): Para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos.

## **Análisis Descriptivo**

Se realizó un análisis descriptivo de las variables, el cual incluyó:

- Número de Hojas: Se evaluó el número medio de hojas por planta, indicando el vigor vegetativo de cada tratamiento. Esto permitió identificar qué tratamientos favorecían un mayor desarrollo foliar.
- Largo y Ancho de la Hoja (cm): Se analizaron estas dimensiones para caracterizar el tamaño de las hojas, lo cual es un indicador del área fotosintética disponible para la planta.
- Altura del Tallo (cm) y Diámetro del Tallo (mm): Estos parámetros fueron clave para evaluar el crecimiento estructural de las plantas, ayudando a determinar qué tratamientos promovían un crecimiento más robusto.
- Duración desde la Siembra hasta la Injertación (días): Este análisis identificó la rapidez con la que las plantas alcanzaron el estado adecuado para la injertación, permitiendo

comparar la eficiencia del desarrollo entre diferentes tratamientos.

- **Costo de Producción del Material Vegetal por Tratamiento:** Se analizaron los costos asociados a cada tratamiento para evaluar su viabilidad económica.

### **Comparación entre Tratamientos**

Se realizaron comparaciones detalladas entre los diferentes tratamientos para identificar cuáles ofrecían los mejores resultados en términos de crecimiento y costo. Se utilizaron gráficos y tablas para ilustrar las diferencias en las variables clave.

- **Número de Hojas y Dimensiones de la Hoja:** Los tratamientos que promovieron un mayor número de hojas y dimensiones mayores fueron considerados más efectivos para el crecimiento vegetativo.
- **Altura y Diámetro del Tallo:** Los tratamientos que resultaron en tallos más altos y gruesos fueron identificados como más eficaces para el crecimiento estructural.
- **Duración de la Siembra a la Injertación:** Se evaluaron los tratamientos que permitieron una injertación más temprana, lo cual es ventajoso para acelerar el proceso de cultivo.
- **Costo de Producción:** Se compararon los costos para determinar la relación costo-beneficio de cada tratamiento.

## Resultados y Análisis

### Evaluación Agronómica de Diseños de Pilonos

En cada uno de los tratamientos y bloques se había planificado evaluar 10 plántulas, lo que daba un total de 40 plántulas por tratamiento. Esta cantidad fue seleccionada para asegurar la validez estadística de los resultados obtenidos y para permitir una evaluación robusta de las variables de crecimiento y desarrollo de las plántulas. Sin embargo, durante el transcurso del periodo experimental, se presentaron tasas de mortalidad promedio que oscilaron entre 0% y 88%, lo que representó un desafío significativo para el análisis final de los datos.

Particularmente, el tratamiento 6 (T6), que consistía en la combinación de pilonos RV-CA-003 y un plan nutricional específico, mostró la tasa de mortalidad más alta entre todos los tratamientos evaluados. En promedio, la mortalidad en T6 alcanzó un alarmante 88%, y lo que resulta aún más crítico es que en el bloque 1 de este tratamiento se registró una mortalidad del 100%. Esto implica que ninguna de las plántulas en dicho bloque logró sobrevivir hasta el final del periodo experimental, lo que podría sugerir una incompatibilidad o efecto adverso del plan nutricional utilizado en conjunto con los pilonos RV-CA-003.

Debido a esta elevada mortalidad en el T6, se tomó la decisión de excluir este tratamiento del análisis de las variables de crecimiento y desarrollo. Este enfoque fue necesario para evitar que los resultados fueran sesgados o distorsionados por la alta mortalidad, y para asegurar que las conclusiones derivadas del estudio fueran representativas y aplicables a las plántulas que sí sobrevivieron en los demás tratamientos.

### ***Posibles Causas de la Alta Mortalidad en el T6***

La alta mortalidad en el tratamiento 6 (T6) puede atribuirse principalmente a un exceso de nutrientes en el plan nutricional aplicado. Una cantidad excesiva de nutrientes puede causar toxicidad en las plántulas, dañando las raíces y otras partes de la planta, lo que resulta en su muerte.

Otro factor que pudo haber contribuido es un desbalance nutricional en la fórmula del plan nutricional. Si la proporción de nutrientes no estaba bien equilibrada, podría haber causado deficiencias o toxicidades que afectaron negativamente el crecimiento y supervivencia de las plántulas.

Además, factores como la calidad del sustrato, las condiciones de riego, la luz y la temperatura también pueden influir en cómo las plántulas responden a los tratamientos nutricionales. Si alguno de estos factores no se controló adecuadamente, pudo haber exacerbado los efectos negativos del plan nutricional.

### ***Exclusión del T6 en el Análisis de Datos***

Debido a la alta mortalidad observada en el tratamiento 6, se decidió excluir este tratamiento del análisis de las variables de crecimiento y desarrollo. Esta decisión se basó en que, con una tasa de mortalidad del 88%, los datos del T6 serían poco representativos y podrían afectar negativamente los resultados generales del estudio. Además, al eliminar T6, la variabilidad de los datos se reduce, lo que permite un análisis más preciso y confiable de los otros tratamientos.

## Resultados Obtenidos por Variable Analizada.

### *Altura de las plantas*

El análisis de varianza realizado para el diseño experimental de bloques al azar, que incluyó ocho tratamientos diferente, reveló que existen diferencias significativas en la altura promedio de las plántulas cuando se consideran los bloques, pero no cuando se comparan entre tratamientos. Este resultado se destaca en la Tabla 1, donde se observa un valor de ( $P < 0,05$ ) asociado al efecto de los bloques, lo que indica que las diferencias en altura son atribuibles principalmente a la variabilidad entre los bloques y no tanto a los tratamientos específicos aplicados.

### **Tabla 2**

#### *Análisis de Varianza de la Altura de Cacao en Vivero*

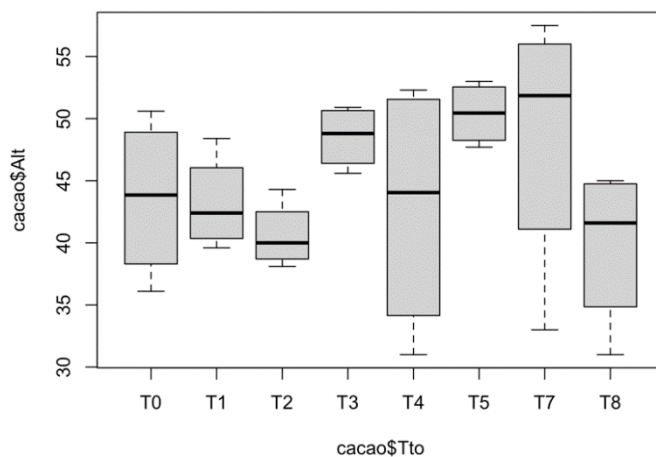
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Significancia
Bl	3	323,9	107,97	3,16	0,0462	*
Tto	7	438,6	62,65	1,83	0,1338	
Residuals	21	718,4	34,21			

De la tabla anterior se desprende que los bloques contribuyeron significativamente a la variación observada en la altura de las plántulas, sugiriendo que las condiciones específicas de cada bloque (como la ubicación, el microclima, o la calidad del suelo) tuvieron un impacto considerable en el crecimiento de las plantas. Por el contrario, la falta de significancia estadística en la variación entre tratamientos ( $P = 0,1338$ ) sugiere que las diferencias en altura entre los diferentes tratamientos no fueron lo suficientemente marcadas como para considerarse estadísticamente significativas en este experimento.

En términos generales, cuando se consideraron todas las plántulas sin discriminar por tratamiento, la altura promedio fue de  $44,3 \pm 3,88$  cm. Estos resultados son visualizados de manera más detallada en la Figura 2, que presenta diagramas de cajas y bigotes para cada tratamiento, permitiendo una comparación visual directa de la variabilidad de la altura dentro de y entre los tratamientos.

#### Figura 4

*Comparación de la Altura de las Plántulas de Cacao Bajo Diferentes Pilonos*



En la Figura 2 se presenta una comparación de la altura de las plántulas de cacao cultivadas bajo diferentes tratamientos, que incluyen distintos tipos de pilones. Los resultados reflejan una variabilidad considerable en las alturas alcanzadas por las plántulas según el tratamiento aplicado

Los tratamientos T7, T5 y T3 se destacan al mostrar los valores más altos de altura, lo que sugiere que estos tratamientos fueron más efectivos en promover el crecimiento vertical de las plántulas en comparación con los demás. En contraste, algunos tratamientos, como T8 y T4, presentaron un rango de altura más bajo, lo que indica un rendimiento menos favorable en términos de crecimiento

Para esta variable se destacan los tratamientos 7T, T5 y T3, con los valores más altos una varianza de  $44 \pm 1,16$ .

El hecho de que algunas plántulas de cacao se sembraron en diferentes tipos de pilones, y que estos pilones no se sometieron a la misma presión de sustrato debido a la manipulación manual, pudo haber influido en la variabilidad de los resultados. La inconsistencia en la compactación del sustrato puede afectar la capacidad de adsorción y retención de agua, elementos cruciales para el crecimiento de las plántulas.

Una menor retención de agua en algunos pilones podría haber llevado a un crecimiento más lento en comparación con aquellos pilones que mantuvieron una hidratación más uniforme. Esto resalta la importancia de la uniformidad en la preparación de los pilones para asegurar que todas las plantas reciban condiciones de crecimiento similares, lo cual es fundamental para obtener resultados más precisos y confiables en estudios comparativos.

A pesar de estas variaciones, los resultados sugieren que las plántulas cultivadas en los diferentes tipos de pilones evaluados compiten favorablemente con las cultivadas en pilones tradicionales. Esto indica que, con una adecuada manipulación y compactación del sustrato, los nuevos pilones podrían ser una alternativa viable y efectiva para la propagación del cacao. Esto es especialmente relevante para los productores que buscan métodos más eficientes y potencialmente más sostenibles que los métodos tradicionales.

### ***Diámetro del Tallo***

Los resultados del análisis de varianza indicaron que el diámetro de las plantas varió significativamente ( $P < 0.05$ ) como se puede observar en la tabla 2.

**Tabla 3***Análisis de Varianza del Diámetro de Tallos de Cacao*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Significancia
Bl	3	0,396	0,132	0,455	0,717	
Tto	7	25,53	3,65	12,56	3,03E-06	***
Residuals	21	6,10	0,29			

La prueba de separación de medias de Tukey ayudó a determinar qué tratamientos produjeron diámetros de tallos mayores y menores. Según esta prueba, los tratamientos T1, T5 y T2 tuvieron los diámetros de tallo más grandes, con un promedio de cerca de 8 mm. Estos tratamientos crearon condiciones ideales para el crecimiento del tallo, ya que este tamaño de diámetro indica un desarrollo fuerte y saludable de las plántulas. Por otro lado, los tratamientos T3, T8 y T4 tuvieron los diámetros más pequeños, con diámetros promedio de aproximadamente 6,2 mm. Estas diferencias podrían estar relacionadas con la composición y manejo de los tratamientos, que posiblemente no brindaron las condiciones nutricionales o estructurales necesarias para un crecimiento adecuado del tallo.

**Tabla 4**

*Promedios  $\pm$  Desviación Estándar del Diámetro de plántulas de Cacao*

Tratamiento	Diámetro (mm)	Significancia**
T1: RV-CA-005	8,5 $\pm$ 0,18	a
T5: RV-CA-005 + PN*	8,4 $\pm$ 0,64	ab
T2: RV-CA-003	7,3 $\pm$ 0,33	abc
T0: Pilón tradicional	7,2 $\pm$ 0,67	bc
T7: RV-FO-006 + PN	7,1 $\pm$ 0,42	bc
T3: RV-FO-006	6,7 $\pm$ 0,38	cd
T8: RV-FO-004 + PN	6,2 $\pm$ 0,73	cd
T4: RV-FO-004	5,8 $\pm$ 0,55	d

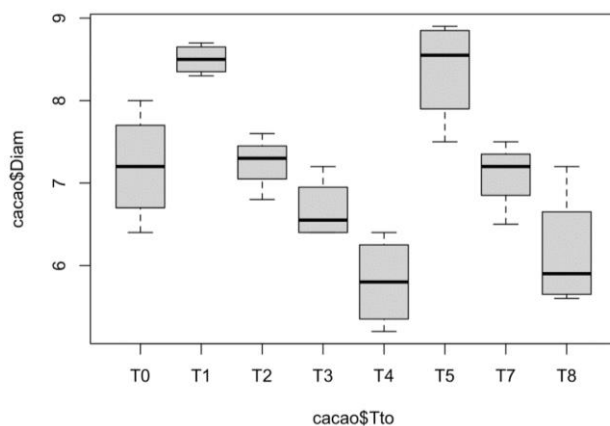
\* PN = plan nutricional ( )

\*\* Promedios con letras distintas son significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) según una prueba de Tukey.

*Nota:* Se aprecian los resultados de las mediciones del diámetro por tratamiento.

**Figura 5**

*Distribución del Diámetro de las Plántulas de Cacao en Diferentes Pilones*



En el estudio realizado, se observó una notable diferencia en el crecimiento de plantas al considerar el tamaño de los contenedores y el tipo de sustrato utilizado. Específicamente, se encontró que los mayores valores fueron obtenidos por los tratamientos T1 y T5, sin diferencias estadísticamente significativas entre ambos. También podemos deducir que el uso de contenedores más grandes, combinado con sustrato de coco, favoreció un desarrollo más rápido en las etapas iniciales del crecimiento de las plantas. Esto se debe a que los contenedores más grandes ofrecen un mayor espacio para el desarrollo de las raíces, permitiendo un acceso más eficiente a los nutrientes y agua proporcionados.

El sustrato de coco se destacó por su capacidad para retener humedad y proporcionar una buena aireación, lo que contribuyó al crecimiento acelerado observado en las fases iniciales del desarrollo. Su estructura ligera y fibrosa permite un drenaje adecuado y evita la compactación, beneficiando el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes.

Es importante señalar que esto no implica que el sustrato de palma sea de mala calidad. De hecho, cada tipo de sustrato tiene características específicas que pueden ser beneficiosas en diferentes contextos de cultivo. Sin embargo, en este estudio en particular, se observó que el sustrato de coco permitió un inicio de crecimiento más rápido.

En la imagen adjunta, se pueden observar diferentes tipos de pilones que fueron evaluados durante el experimento. Estos pilones representan distintas etapas de crecimiento, influenciadas por las variables de tamaño del contenedor y tipo de sustrato. La evaluación de estos pilones proporcionó datos importantes que respaldan la hipótesis de que contenedores más grandes y sustratos de alta calidad, como el coco, pueden mejorar el crecimiento inicial de las plantas.

**Figura 6**

*Comparación de Pilonos con Distintos Sustratos y Tamaños de Contenedor.*



Este estudio destaca la importancia de seleccionar el contenedor o pilón adecuado para el cultivo de plantas, ya que cada uno tiene características únicas que afectan su desempeño. Factores como la capacidad de retención de agua y el manejo del contenedor en su disposición final juegan un papel crucial en el desarrollo y la salud de las plantas. Tomar decisiones informadas sobre estos aspectos es esencial para asegurar un crecimiento óptimo y sostenible en el jardín o huerto.

***Número de Hojas***

El análisis de varianza presentado en la Tabla muestra diferencias significativas en el número promedio de hojas entre los diferentes tratamientos ( $P < 0,05$ ). Los tratamientos T7, T5 y T3 mostrarán el mayor número promedio de hojas al aplicar la prueba de separación de medios de Tukey, alcanzando un valor cercano a los 15 cm, como se muestra en la Tabla 4. Este resultado indica que, en comparación con los otros tratamientos, estos tratamientos promueven un crecimiento foliar superior.

**Tabla 5**

*Comparación de Pilonos con Distintos Sustratos y Tamaños de Contenedor.*

	D					
	f	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Significancia
Bl	3	13,07	4	1	0,39371	
Tto	7	156,95	22,4	5	0,00122	**
Residuals	21	87,63	4			

Por otro lado, los tratamientos T3, T1, T2, T8, T4 y T0 no evidenciaron diferencias significativas entre sí, registrando promedios alrededor de 12 cm. Este hallazgo indica que, a pesar de la aplicación de distintos sustratos y tamaños de contenedor, no se lograron incrementos notables en el número de hojas en estos tratamientos en comparación con los más efectivos (T7, T5 y T3). De este modo, los resultados apuntan a que ciertos tratamientos específicos pueden tener un impacto considerable en la promoción del desarrollo foliar, mientras que otros no generan un efecto estadísticamente significativo.

**Tabla 6**

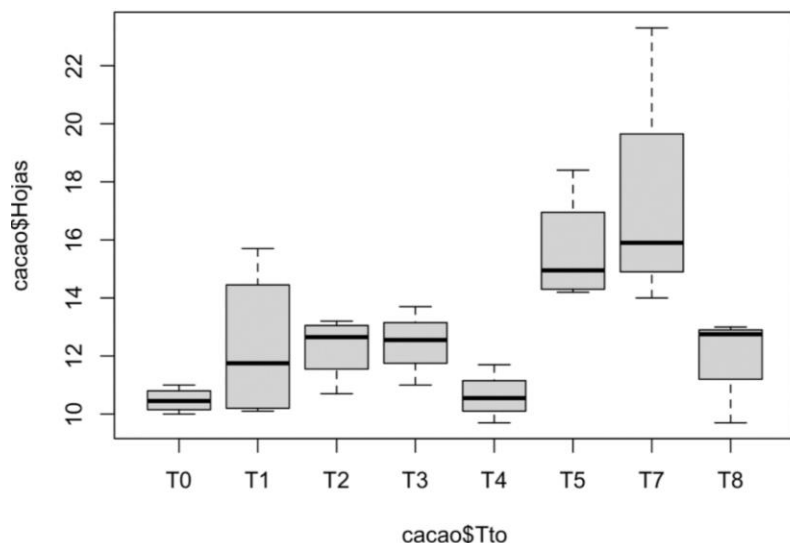
*Promedios  $\pm$  Desviación Estándar del Número de Hojas de las Plántulas de Cacao*

Tratamiento	Num hojas	Significancia
T7: RV-FO-006 + PN	17,3 $\pm$ 4,12	a
T5: RV-CA-005 + PN*	15,6 $\pm$ 1,94	ab
T3: RV-FO-006	12,5 $\pm$ 1,11	abc
T1: RV-CA-005	12,3 $\pm$ 2,66	bc
T2: RV-CA-003	12,3 $\pm$ 1,12	bc
T8: RV-FO-004 + PN	12,1 $\pm$ 1,57	bc
T4: RV-FO-004	10,6 $\pm$ 0,82	c
T0: Pilon tradicional	10,5 $\pm$ 0,43	c

**Figura 1**

*Número de hojas en las plántulas de cacao bajo diferentes*

*tratamientos*



En la gráfica, se observa que las diferencias en el tamaño y la forma de las hojas no fueron significativamente representativas entre los distintos tratamientos aplicados. Esto puede atribuirse al hecho de que todas las plantas recibieron una manipulación de riego uniforme y estuvieron expuestas a la misma cantidad de luz. Sin embargo, se notaron pequeñas variaciones entre los grupos, lo que sugiere que, a pesar de las condiciones controladas, otros factores no medidos podrían haber influido en el desarrollo de las hojas. Estos resultados subrayan la complejidad de las interacciones entre las variables ambientales y el crecimiento de las plantas.

### ***Largo de Hojas***

El análisis de varianza presentado en la Tabla 6 muestra diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en los promedios del largo de hojas entre tratamientos. Los promedios se presentan en la Tabla 7.

**Tabla 7***Análisis de Varianza del Largo de Hojas de Cacao*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Significancia
Bl	3	2,17	0,722	0,739	0,54	
Tto	7	83,28	11,90	12,19	06	***
Residuals	21	20,5	0,976			

La Tabla 7 muestra un análisis de varianza que muestra diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el largo de las hojas de las plántulas de cacao entre los diferentes tratamientos. Estos hallazgos demuestran la gran influencia que tienen los diversos tratamientos en el desarrollo foliar, que es un componente crucial de la fotosíntesis y, por lo tanto, para el crecimiento y la fuerza de las plántulas.

**Tabla 8***Promedios  $\pm$  Desviación Estándar del Largo de Hojas de Plántulas de Cacao*

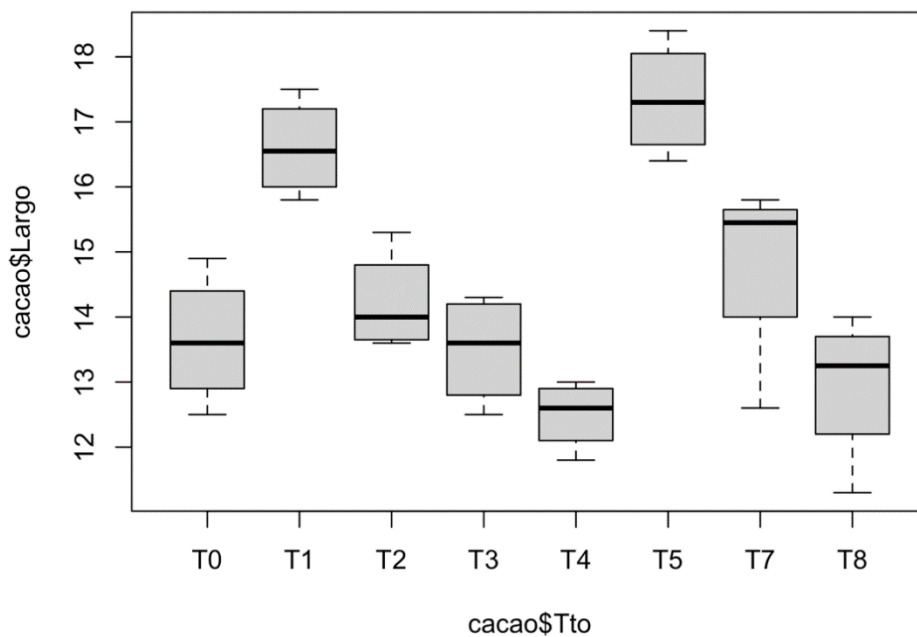
Tratamiento	Largo (cm)	Significancia
T5: RV-CA-005 + PN*	17,4 $\pm$ 0,88	a
T1: RV-CA-005	16,6 $\pm$ 0,75	ab
T7: RV-FO-006 + PN	14,8 $\pm$ 1,49	bc
T2: RV-CA-003	14,2 $\pm$ 0,78	c
T0: Pílon tradicional	13,6 $\pm$ 1,01	c
T3: RV-FO-006	13,5 $\pm$ 0,84	c
T8: RV-FO-004 + PN	12,9 $\pm$ 1,16	c
T4: RV-FO-004	12,5 $\pm$ 0,53	c

El largo de las hojas fue similar en los tratamientos T5 y T1 con un promedio de 17 cm, por otro lado, los tratamientos T7, T2, T0, T3, T8 y T4, aunque mostraron valores de largo de hojas estadísticamente inferiores al T5 y T1, no presentaron diferencias significativas entre sí, con un promedio general de 14 cm. Esta falta de diferenciación podría indicar que estos tratamientos, ya sea por la composición de los pilones o la ausencia de un plan nutricional, no proporcionaron las condiciones óptimas necesarias para maximizar el crecimiento foliar.

Es notable que los tratamientos con pilones convencionales, como T0, no lograron resultados competitivos en comparación con los tratamientos con pilones mejorados o complementados con un plan nutricional. Esto demuestra la importancia de optimizar tanto los insumos nutricionales como el tipo de sustrato para mejorar el crecimiento de las plántulas de cacao.

### Figura 8

*Largor de las Hojas en las Plántulas de Cacao Cultivadas en Diferentes Pilones*



### *Ancho de las Hojas*

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 7 indica que existen diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el promedio del ancho de las hojas entre los diferentes tratamientos aplicados. La información detallada en la Tabla 8 refuerza esta

#### **Tabla 9**

##### *Análisis de Varianza del Ancho de Hojas de Cacao*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Significancia
					0,167	
Bl	3	1,37	0,4558	2	4	
					0,002	
Tto	7	8,41	12,01	5	1	**
Residuals	21	5,15	0,2451			

El ancho promedio de las hojas de los tratamientos T5, T1, T2, T0 y T7 fue de alrededor de 6,0 cm, como se muestra en la Tabla 8, lo que indica que estos tratamientos permitieron un desarrollo foliar más amplio. Estos resultados muestran una tendencia hacia la homogeneidad en el ancho de las hojas dentro de estos tratamientos, lo que podría indicar que los factores aplicados no introdujeron cambios significativos en esta característica de crecimiento específica

Por otro lado, los tratamientos T8 y T4 tuvieron los anchos promedio más pequeños, aproximadamente 5 cm. Aunque estos valores no difieren significativamente de los obtenidos en los tratamientos T2, T0, T7 y T3, sí muestran una ligera disminución en el ancho de las hojas, lo que podría estar relacionado con las condiciones particulares de estos tratamientos. Es importante destacar que, a pesar de la reducción notada, la diferencia no fue lo suficientemente

significativa. Esto sugiere que otros factores no considerados en este análisis pueden haber influido en la variabilidad del ancho de las hojas.

**Tabla 10**

*Promedios  $\pm$  Desviación Estándar del Ancho de Hojas de Plántulas de Cacao*

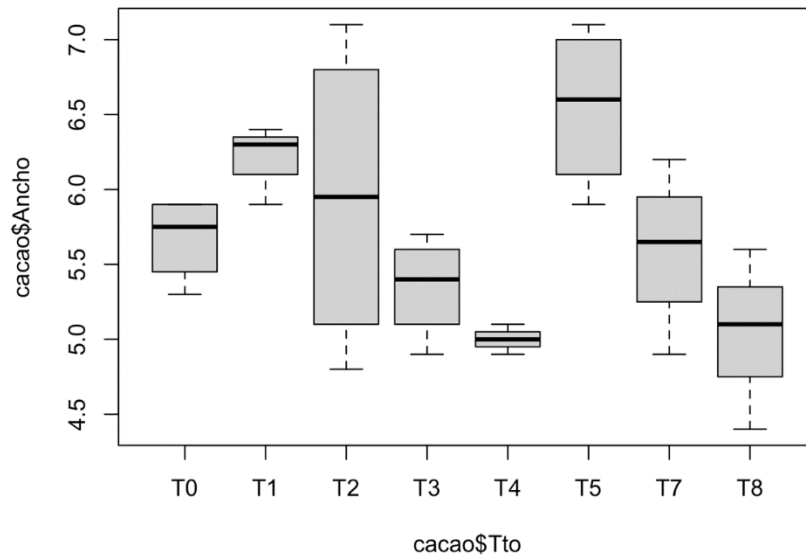
Tratamiento	Ancho (cm)	Significancia
T5: RV-CA-005 + PN*	6,6 $\pm$ 0,55	a
T1: RV-CA-005	6,2 $\pm$ 0,22	ab
T2: RV-CA-003	5,9 $\pm$ 1,04	abc
T0: Pilón tradicional	5,7 $\pm$ 0,29	abc
T7: RV-FO-006 + PN	5,6 $\pm$ 0,54	abc
T3: RV-FO-006	5,4 $\pm$ 0,34	bc
T8: RV-FO-004 + PN	5,1 $\pm$ 0,49	c
T4: RV-FO-004	5,0 $\pm$ 0,08	c

La Tabla 9 presenta los promedios y desviaciones estándar del ancho de hojas de plántulas de cacao bajo distintos tratamientos con la cual podemos deducir que el tratamiento T5 (RV-CA-005 + PN) se destaca con un ancho promedio de 6,6 cm, significativamente superior a los demás, lo que indica que usar un programa nutricional específico es especialmente eficaz. El tratamiento T1 (RV-CA-005) demostró un buen desempeño con un promedio de 6,2 cm, aunque ligeramente menos que el T5.

Por otro lado, los tratamientos T8 (RV-FO-004 + PN) y T4 (RV-FO-004) tuvieron las hojas más cortas en promedio, con 5,1 cm y 5,0 cm, respectivamente, lo que indica que no fueron tan efectivos para aumentar el ancho de las hojas.

**Figura 9**

*Achura de las Hojas en las Plántulas de Cacao Sembradas en los Diferentes Pilonos*



### **Efectos de los Pilonos Biodegradables con Fertilización**

La tabla 10 a continuación, presenta una comparación de diferentes tratamientos aplicados a plantas de cacao (*Theobroma cacao*, clon IMC-67) en condiciones de vivero en el municipio de Florencia, Caquetá. Los tratamientos incluyen el uso de pilones tradicionales, pilones específicos de RaizVer, y la adición de un plan nutricional (PN). Se evalúan varias métricas de crecimiento: número de hojas, altura, diámetro, largo y ancho de las plantas.

**Tabla 11***Análisis de Todas las Variables de las Plántulas de Cacao*

Tratamiento	Num hojas	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Largo (cm)	Ancho (cm)
T0: Pilón tradicional	10,5	43,6	7,2	13,7	5,7
T1: RV-CA-005	12,3	43,2	8,5	16,6	6,2
T2: RV-CA-003	12,3	40,6	7,3	14,2	6,0
T3: RV-FO-006	12,5	48,5	6,7	13,5	5,4
T4: RV-FO-004	10,6	42,9	5,8	12,5	5,0
T5: RV-CA-005 + PN*	15,6	50,4	8,4	17,4	6,6
T6: RV-CA-003 + PN	11,2	41,2	7,3	16,2	6,0
T7: RV-FO-006 + PN	17,3	48,6	7,1	14,8	5,6
T8: RV-FO-004 + PN	12,1	39,8	6,2	13,0	5,1
<b>Promedio</b>	<b>12,7</b>	<b>44,3</b>	<b>7,2</b>	<b>14,6</b>	<b>5,7</b>

Los datos indican que los tratamientos con un plan nutricional (marcados con "+ PN") tienden a mostrar mejores resultados en varias métricas de crecimiento, como el número de hojas, altura, largo y ancho de las plantas. Sin embargo, los efectos sobre el diámetro son menos claros, con algunos tratamientos sin plan nutricional mostrando resultados similares o superiores. La desviación estándar para la altura sugiere una variabilidad significativa en los resultados, posiblemente debido a diferencias en la respuesta de las plantas a los tratamientos o a condiciones ambientales no controladas.

Los datos revelan que los tratamientos que incorporan un plan nutricional (indicados con "+ PN") tienden a producir mejores resultados en diversas métricas de crecimiento, como el

número de hojas, la altura, el largo y el ancho de las plantas. Esta tendencia sugiere que el plan nutricional desempeña un papel crucial en el desarrollo general de las plantas de cacao. Sin embargo, en cuanto al diámetro, los resultados no son tan concluyentes. Algunos tratamientos sin plan nutricional alcanzan valores similares o incluso superiores, lo que sugiere que otros factores también influyen en esta variable específica. La considerable variabilidad observada en la altura, reflejada en la desviación estándar, podría estar relacionada con respuestas individuales de las plantas a los diferentes tratamientos o con condiciones ambientales no completamente controladas.

### ***Hojas de Plantas***

La Tabla 12 muestra un análisis detallado del número de hojas de las plantas de cacao (*Theobroma cacao*, clon IMC-67) en condiciones de vivero en Florencia, Caquetá. Esta tabla muestra una comparación importante entre dos condiciones de manejo: una sin la implementación de un plan nutricional y otra con su implementación. Esta distinción es crucial porque permite evaluar de manera precisa el impacto del plan nutricional en el desarrollo foliar de las plantas, proporcionando información valiosa para la optimización de las prácticas agronómicas en viveros.

**Tabla 12**

*Hojas de plantas de cacao (, clon IMC-67) con Diferentes Tratamientos de Pilonos*

Tratamientos	Plan Nutricional		Promedio
	Sin Plan Nutr.	Con Plan Nutr.	
Tradicional	11		11
RV-CA-005	12	16	14
RV-CA-003	12		12
RV-FO-006	13	17	15
RV-FO-004	11	12	12
Promedio	12	15	13

### *Análisis de la Tabla*

#### **Tratamientos sin Plan Nutricional.**

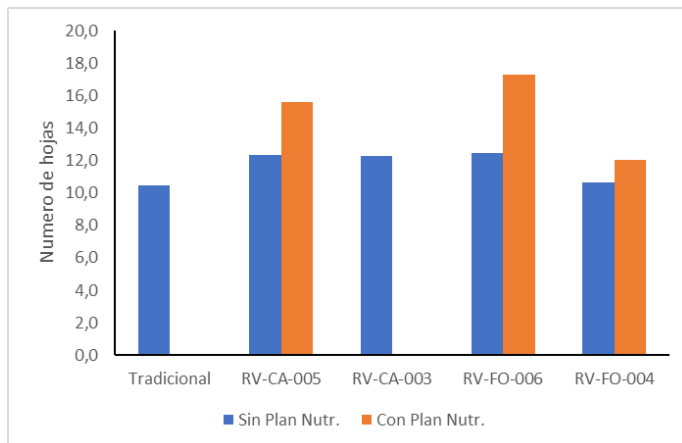
Los tratamientos bajo condiciones sin plan nutricional muestran valores relativamente consistentes, con un promedio general de 12 hojas. El tratamiento "Tradicional" y "RV-FO-004" tienen el valor de 11 hojas respectivamente, lo que sería el menor valor de hojas obtenido, mientras que los tratamientos "RV-CA-005" y "RV-CA-003" tienen un promedio de 12 hojas, y "RV-FO-006" tiene 13 hojas, siendo estos los valores más altos en cantidad de hojas.

#### **Tratamientos con Plan Nutricional.**

Cuando se implementa un plan nutricional, se observa un aumento en el número de hojas en varios tratamientos, alcanzando un promedio de 15 hojas. Destacan los tratamientos "RV-CA-005" y "RV-FO-006" con 16 y 17 hojas respectivamente, lo que indica una respuesta positiva al plan nutricional. En cambio, el tratamiento "Tradicional" se mantiene en 11 hojas, sin diferencias entre las condiciones con o sin plan nutricional.

## Figura 10

*Efecto de Diferentes Planes Nutricionales en el Número de Hojas.*



A la hora de la verificación de la siguiente grafica podemos observar que para esta primera variable se identifica que el mayor número de hojas se obtuvieron con los pilones con plan nutricional, más sin embargo la gráfica evidencia que la implementación de un plan nutricional puede tener un impacto positivo en el crecimiento foliar de las plantas de cacao, aunque la respuesta puede variar según el tipo de tratamiento aplicado.

### *Variable Altura de Planta*

La Tabla 12, muestra los datos de altura de plantas de cacao (*Theobroma cacao*, clon IMC-67) sometidas a diferentes tratamientos de pilones en condiciones de vivero en el municipio de Florencia, Caquetá. La tabla compara dos condiciones de manejo: con y sin un plan nutricional.

**Tabla 13***Altura (cm) de Plantas de cacao (IMC-67) en Condiciones de Vivero*

Tratamientos	Plan Nutricional		Promedio
	Sin Plan Nutr.	Con Plan Nutr.	
Tradicional	43,6		43,6
RV-CA-005	42,5	50,4	46,4
RV-CA-003	40,6	41,2	40,9
RV-FO-006	48,5	48,6	48,5
RV-FO-004	42,9	39,8	41,3
Promedio	43,6	45,0	44,3

**Tratamientos sin Plan Nutricional.**

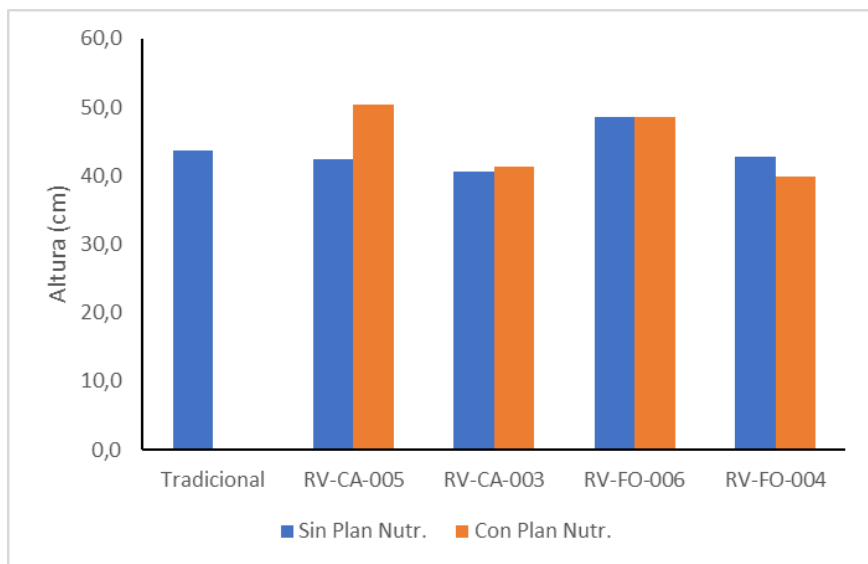
Bajo condiciones sin plan nutricional, las plantas muestran una variación en la altura, con un promedio general de 43,6 cm. El tratamiento "RV-FO-006" alcanzó la mayor altura con 48,5 cm, mientras que "RV-CA-003" registró la altura más baja con 40,6 cm. Los tratamientos "Tradicional", "RV-CA-005", y "RV-FO-004" presentaron alturas de 43,6 cm, 42,5 cm y 42,9 cm respectivamente.

**Tratamientos con Plan Nutricional.**

Con la implementación de un plan nutricional, la altura de las plantas mostró ligeros incrementos en algunos tratamientos. El tratamiento "RV-CA-005" alcanzó una altura de 50,4 cm, destacándose como el más alto bajo este manejo. El tratamiento "RV-FO-006" se mantuvo estable con 48,6 cm, mientras que el tratamiento "RV-CA-003" tuvo un incremento mínimo a 41,2 cm. Por otro lado, el tratamiento "Tradicional" y "RV-FO-004" no mostraron incrementos notables, con 43,6 cm y 39,8 cm respectivamente.

**Figura 11**

*Influencia de los Diferentes Planes Nutricionales en la Altura de las Plántulas de Cacao.*



Al analizar la gráfica, se puede identificar claramente una tendencia en la altura promedio de las plantas de cacao bajo diferentes condiciones de tratamiento, con lo que también se pudo deducir que todas las plantas tenían una altura promedio de 44,3 cm. También que la aplicación del plan nutricional tuvo un efecto beneficioso, aunque modesto, en el crecimiento de las plantas, ya que las plantas que recibieron el plan de nutrición alcanzaron una altura promedio de 45,0 cm, mientras que las plantas que no lo hicieron alcanzaron una altura promedio de 43,6 cm.

Este aumento promedio de 1,4 cm, aunque pequeño, indica que el plan nutricional ayudó al crecimiento de las plantas, posiblemente proporcionando un suministro más equilibrado de nutrientes esenciales que promueven el desarrollo.

### ***Variable Diámetro por Planta***

La Tabla 14 presenta un análisis detallado del diámetro del tallo en plantas de cacao (*Theobroma cacao*, clon IMC-67) que han sido sometidas a diferentes tratamientos de pilones en

condiciones de vivero, específicamente en el municipio de Florencia, Caquetá. Este análisis compara dos enfoques de manejo clave: la aplicación de un plan nutricional frente a la ausencia del mismo, lo que permite evaluar de manera precisa el efecto de dicho plan en el desarrollo del grosor del tallo.

**Tabla 14**

*Diámetro (mm) de Plántas de cacao (clon IMC-67) en Condiciones de Vivero*

Tratamientos	Plan Nutricional		Promedio
	Sin Plan Nutr.	Con Plan Nutr.	
Tradicional	7,2		7,2
RV-CA-005	8,5	8,4	8,4
RV-CA-003	7,3	7,3	7,3
RV-FO-006	6,7	7,1	6,9
RV-FO-004	5,8	6,2	6,0
Promedio	7,1	7,2	7,1

#### **Tratamientos sin Plan Nutricional.**

En ausencia de un plan nutricional, los diámetros de las plantas varían, con un promedio general de 7,1 mm. El tratamiento "RV-CA-005" presentó el mayor diámetro con 8,5 mm, seguido del "Tradicional" y "RV-CA-003" con 7,2 mm y 7,3 mm respectivamente. Los tratamientos "RV-FO-006" y "RV-FO-004" registraron los diámetros más pequeños, 6,7 mm y 5,8 mm respectivamente.

En ausencia de un plan nutricional, se observó una variación en los diámetros de las plantas de cacao que dieron un promedio general de 7,1 mm. El tratamiento "RV-CA-005" se destacó por presentar el mayor diámetro en su tallo, el cual alcanzando los 8,5 mm, mostrando una respuesta favorable de esta plántula en específico a las condiciones estándar de manejo en el

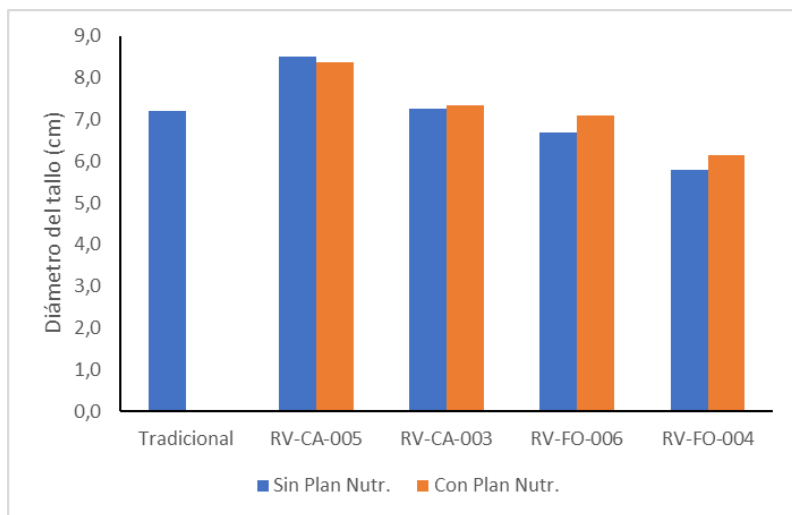
vivero. Por el contrario, los tratamientos "RV-FO-006" y "RV-FO-004" mostraron los diámetros más reducidos, con valores de 6,7 mm y 5,8 mm respectivamente, este último resultado indica una menor eficacia de estos tratamientos en promover el engrosamiento del tallo, posiblemente debido a limitaciones en la disponibilidad o absorción de nutrientes en ausencia de un plan nutricional. Los tratamientos "Tradicional" y "RV-CA-003" presentaron diámetros similares de 7,2 mm y 7,3 mm respectivamente, lo cual sugiere una estabilidad en el crecimiento del tallo bajo estas condiciones de manejo.

### **Tratamientos con Plan Nutricional.**

Con la implementación del plan nutricional, los diámetros de las plantas experimentaron ligeras variaciones como lo fue con el tratamiento "RV-CA-005", que inicialmente tenía el mayor diámetro, pero llegó a experimentar una disminución hasta quedar en 8,4 mm, lo cual sigue siendo un valor alto en comparación con otros tratamientos, pero se deduce que en este caso el plan nutricional no proporcionó un beneficio adicional. Por otro lado, el tratamiento "RV-FO-006" mostró un incremento en el diámetro del tallo a 7,1 mm, lo que podría indicar una mejora en la absorción de nutrientes bajo este régimen. Los tratamientos "Tradicional" y "RV-CA-003" no mostraron cambios notables, manteniéndose en 7,2 mm y 7,3 mm, respectivamente, lo que sugiere que estos tratamientos tienen un comportamiento consistente en términos de desarrollo del tallo. Finalmente, el tratamiento "RV-FO-004", aunque mostró un aumento a 6,2 mm, continuó siendo el tratamiento con el diámetro más bajo, lo que podría señalar limitaciones inherentes a este tratamiento.

**Figura 12**

*Efecto de Diferentes Planes Nutricionales en el Diámetro de las Plántulas de Cacao.*



La revisión de la siguiente gráfica nos muestra los datos, y sugieren que la influencia del plan nutricional sobre el diámetro del tallo es limitada, con variaciones mínimas entre los tratamientos. El tratamiento "RV-CA-005" se destacó con los mayores diámetros, mientras que "RV-FO-004" mostró consistentemente los diámetros más bajos, independientemente del plan nutricional. Esto sugiere que factores adicionales, más allá del plan nutricional, podrían estar influyendo en el desarrollo del diámetro del tallo en estas plantas de cacao.

### ***Variable Largos por Planta.***

La Tabla 15 ofrece información sobre la longitud de las plantas de cacao (*Theobroma cacao*, clon IMC-67) sometidas a diversos tratamientos de pilones en condiciones de vivero en el municipio de Florencia, Caquetá. En este análisis, se comparan dos escenarios: la presencia y ausencia de un plan nutricional.

**Tabla 15**

*Largo (cm) de Plantas de Cacao (clon IMC-67) en Condiciones de Vivero*

Tratamientos	Plan Nutricional		Promedio
	Sin Plan Nutr.	Con Plan Nutr.	
Tradicional	13,7		13,7
RV-CA-005	16,6	17,4	17,0
RV-CA-003	14,2	16,2	15,2
RV-FO-006	13,5	14,8	14,2
RV-FO-004	12,5	13,0	12,7
Promedio	14,2	15,3	14,8

### **Tratamientos sin Plan Nutricional.**

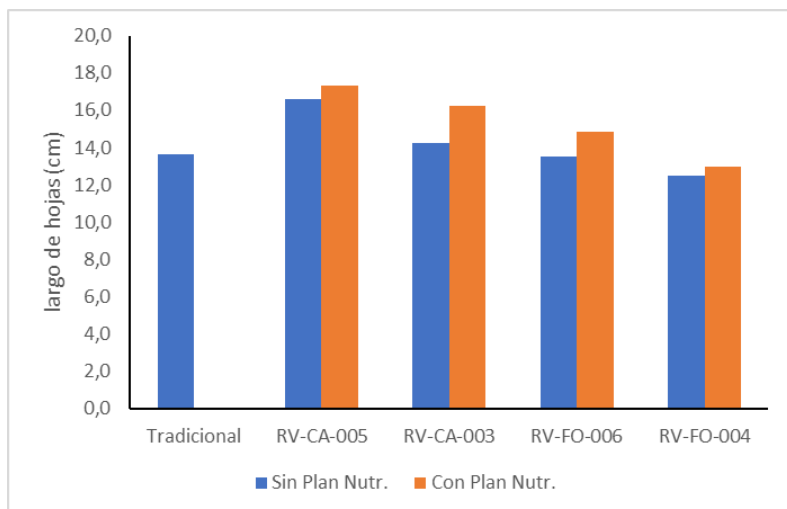
En condiciones sin plan nutricional, los largos de las plantas varían, con un promedio general de 14,2 cm. El tratamiento "RV-CA-005" tuvo el mayor largo con 16,6 cm, mientras que los tratamientos "Tradicional" y "RV-CA-003" presentaron largos de 13,7 cm y 14,2 cm respectivamente. Los tratamientos "RV-FO-006" y "RV-FO-004" registraron los largos más pequeños, 13,5 cm y 12,5 cm respectivamente.

### **Tratamientos con Plan Nutricional.**

Con la implementación de un plan nutricional, los largos de las plantas aumentaron en varios tratamientos. "RV-CA-005" mostró el mayor largo con 17,4 cm, seguido de "RV-CA-003" con 16,2 cm. El tratamiento "RV-FO-006" también vio un incremento, alcanzando 14,8 cm, mientras que "RV-FO-004" tuvo un aumento menor a 13,0 cm. El tratamiento "Tradicional" no mostró diferencias en el largo, manteniéndose en 13,7 cm.

### **Figura 13**

*Influencia de los Planes Nutricionales en el Largor de las Plántulas de Cacao.*



La gráfica anteriormente presentada nos destaca la importancia de implementar un plan nutricional ya que puede tener un impacto significativo y beneficioso en el crecimiento de las plantas de cacao. Con el resultado se ha observado un aumento significativo en los tratamientos "RV-CA-005" y "RV-CA-003", lo que indica que estos tratamientos son particularmente eficaces.

Este fenómeno puede estar relacionado con una mejor disponibilidad de nutrientes esenciales, lo que a su vez ayuda a que las plantas crezcan mejor. Al proporcionar a las plantas un suministro adecuado de nutrientes, se optimizan los procesos fisiológicos que son esenciales para su desarrollo, lo que resulta en un crecimiento más fuerte y saludable.

### ***Variable de Ancho de la Planta***

La siguiente tabla nos muestra los datos obtenidos del ancho de las plantas de cacao (*Theobroma cacao*, clon IMC-67), que fue sometido bajo diferentes tratamientos de pilones en condiciones de vivero en el lugar de estudio, es de destacar que la tabla nos muestra la comparación de dos condiciones de manejo; una que es con un plan nutricional y otra que no difiere ningún plan nutricional.

**Tabla 16***Ancho (cm) de Plantas de Cacao (clon IMC-67 en Condiciones de Vivero*

Tratamientos	Plan Nutricional		Promedio
	Sin Plan Nutr.	Con Plan Nutr.	
Tradicional	5,7		5,7
RV-CA-005	6,2	6,6	6,4
RV-CA-003	6,0	6,0	6,0
RV-FO-006	5,4	5,6	5,5
RV-FO-004	5,0	5,1	5,0
Promedio	5,6	5,8	5,7

**Tratamientos sin Plan Nutricional.**

En condiciones sin un plan nutricional, el ancho de las plantas de cacao varió notablemente, con un promedio de 5,6 cm, siendo el tratamiento RV-CA-005 es más destacable entre los evaluados con un ancho de 6,2 cm. Este hallazgo indica que esta plántula en particular responde de manera favorable a las condiciones estándar del vivero, lo que podría estar relacionado con su genética y adaptabilidad al entorno.

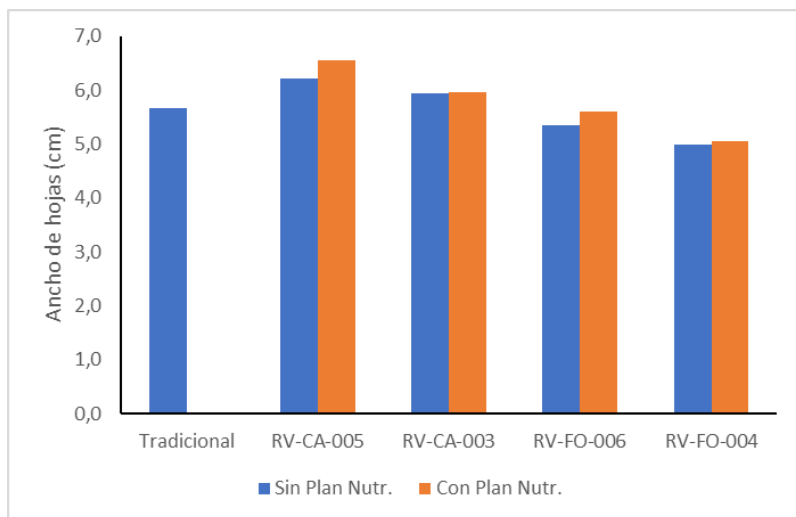
En comparación, el tratamiento "RV-CA-003" que tiene un ancho de 6,0 cm, que indica un desempeño sólido, aunque un poco menos que el de "RV-CA-005". Sin embargo, los tratamientos "Tradicional", "RV-FO-006" y "RV-FO-004" mostraron un ancho más pequeño de 5,7 cm, 5,4 cm y 5,0 cm, respectivamente. Estos resultados demuestran que las variaciones en los tratamientos particulares pueden influir significativamente en el desarrollo del ancho de las plantas en ausencia de un plan nutricional.

### Tratamientos con Plan Nutricional.

En la mayoría de los tratamientos con plan nutricional las plantas aumentaron ligeramente su ancho, alcanzando un promedio de 5,8 cm. Se destaca una vez más el tratamiento "RV-CA-005" ya que vuelve a tener el ancho más grande que es de 6,6 cm, lo que confirma su eficacia. También tenemos los incrementos menores de "RV-CA-003" y "RV-FO-006" que alcanzaron apenas los 6,0 cm y 5,6 cm, respectivamente. Sin embargo, "RV-FO-004" persistió con un ancho más bajo de 5,1 cm, lo que indica una respuesta limitada al plan nutricional. Es importante destacar que el tratamiento "Tradicional" no mostró cambios y permaneció constante en 5,7 cm, lo que indica que se aplicó el plan.

**Figura 14**

*Influencia de los Planes Nutricionales en el Ancho de las Plántulas de Cacao*



La figura 14 muestra los resultados obtenidos, permitiendo identificar patrones significativos en cuanto a la influencia del plan nutricional sobre el ancho de las plantas de cacao. Los datos recopilados indican que, aunque la aplicación de un plan nutricional aumenta un poco el tamaño de las plantas, su impacto general es relativamente pequeño en comparación con las características inherentes y específicas de cada tratamiento evaluado.

Es importante destacar que el tratamiento "RV-CA-005" se posicionó como el que presentó el mayor ancho en ambas condiciones, tanto con y sin el plan nutricional. Este resultado podría indicar una combinación efectiva entre las condiciones de manejo y la genética de esta plántula, lo que le permite maximizar el uso de los recursos disponibles para su desarrollo.

En contraste, el tratamiento "RV-FO-004" mostró los valores más bajos de ancho en ambos escenarios, lo que sugiere que otros factores inherentes a este tratamiento podrían ser más determinantes que la nutrición adicional proporcionada por el plan nutricional. Esto resalta la importancia de considerar la interacción entre los diversos factores que influyen en el crecimiento de las plantas, tales como las características genéticas, las condiciones ambientales y las prácticas de manejo.

## Costo de Producción de los Pilones

### Descripción de los Pilones

#### *Pilón de Fibra de Coco:*

El pilón de fibra de coco es un sustrato ampliamente utilizado en la agricultura por sus excelentes propiedades físicas y químicas. A continuación, se presenta una descripción detallada de los diferentes tipos de pilones de fibra de coco, junto con sus características y beneficios.

**Tabla 17**

#### *Pilones de Fibra de Coco*

Tipo de Pilón	Dimensiones (mm)	Peso (g)	Costo (Pesos)	Observaciones
Fibra de Coco	80x160	481	1.650	Pilón con alta retención de agua y buena aeración para el manejo de raíces.
Fibra de Coco	50x190	272	850	Excelente retención de agua, comportamiento óptimo en el cultivo.



## **Descripción y Beneficios**

El pilón de fibra de coco es conocido por sus múltiples beneficios en la agricultura, especialmente en la germinación y el desarrollo inicial de plántulas. Sus principales características incluyen:

### ***Alta Retención de Humedad***

La fibra de coco tiene una excelente capacidad para retener agua, lo que es crucial para mantener un ambiente húmedo y constante alrededor de las raíces de las plantas. Esto ayuda a reducir la frecuencia de riego y asegura que las plantas reciban una hidratación adecuada.

### ***Buena Aireación***

La estructura porosa de la fibra de coco favorece la aireación en la zona radicular. Una buena aireación es esencial para el intercambio de gases, lo que ayuda a prevenir problemas de encharcamiento y enfermedades relacionadas con la falta de oxígeno en las raíces.

### ***Peso Ligero***

Comparado con otros tipos de sustratos, la fibra de coco es relativamente ligera, lo que facilita el transporte y manejo. Esto no solo reduce los costos logísticos, sino que también hace más sencillo el manejo de las plantas, especialmente en sistemas de producción a gran escala.

### ***Sostenibilidad***

La fibra de coco es un subproducto natural y renovable del procesamiento del coco, lo que lo convierte en una opción ecológica y sostenible en comparación con otros sustratos que pueden ser más perjudiciales para el medio ambiente.

En pocas palabras se puede decir que el pilón de fibra de coco se destaca como una opción superior para el sustrato de cultivos debido a su capacidad de retención de humedad,

buena aireación, y estabilidad química. Su ligereza y facilidad de transporte lo convierten en una opción económica y eficiente, especialmente cuando se consideran los costos logísticos. Además, su naturaleza sostenible agrega un valor adicional, haciéndolo ideal para prácticas agrícolas modernas y responsables.

### **Pilón de Fibra de Palma**

El pilón de fibra de palma es una alternativa económica a otros tipos de sustratos, como la fibra de coco. Aunque presenta algunas desventajas en términos de propiedades físicas y químicas, puede ser una opción viable dependiendo del contexto y las necesidades específicas del cultivo.

**Tabla 18***Resultados del Pilón de Fibra de Palma*

Tipo de Pilón	Dimensiones (mm)	Peso (g)	Costo (Pesos)	Observaciones
Fibra de Palma	80x160	581	600	Requiere un manejo cuidadoso para una adecuada aireación y retención de agua.
Fibra de Palma	50x190	292	850	A pesar de problemas iniciales, las plántulas tuvieron un desarrollo significativo.

***Descripción y Beneficios***

El pilón de fibra de palma se caracteriza por las siguientes propiedades y consideraciones:

**Costo Atractivo.** Uno de los principales atractivos de la fibra de palma es su bajo costo en comparación con otros sustratos como la fibra de coco. Esto puede ser un factor decisivo para los agricultores con restricciones presupuestarias.

**Propiedades Físicas y Químicas.** La fibra de palma tiene una retención de agua y capacidad de aireación menores que las de la fibra de coco. Esto significa que puede ser necesario un manejo más cuidadoso para asegurar un ambiente óptimo para el desarrollo radicular. La compresión y el manejo del pilón son críticos para evitar el encharcamiento y asegurar un flujo de aire adecuado.

**Peso y Logística.** El peso de los pilones de fibra de palma es comparable al de los pilones de fibra de coco, lo que implica costos de transporte similares. Sin embargo, debido a su calidad inferior, podría ser necesario utilizar una mayor cantidad de pilones para alcanzar resultados equivalentes, lo que incrementaría los costos totales.

**Desempeño en vivero.** Aunque se han reportado problemas iniciales con el uso de pilones de fibra de palma, como la menor retención de agua y la aireación, en algunos casos, las plántulas han mostrado un desarrollo significativo. Esto indica que, con un manejo adecuado, es posible obtener resultados positivos

**Viabilidad Económica.** La elección de la fibra de palma puede estar influenciada por consideraciones de costo, especialmente en situaciones donde el presupuesto es un factor limitante. A pesar de sus limitaciones, puede ser una opción viable para cultivos que no requieran condiciones de sustrato tan estrictas.

En conclusión, el pilón de fibra de palma ofrece una opción económica en el mercado de sustratos, con un costo inicial más bajo que otros materiales como la fibra de coco. Sin

embargo, esta reducción de costos viene acompañada de desafíos en términos de manejo y rendimiento, lo que podría aumentar los costos totales si se requiere una mayor cantidad de pilones para alcanzar los mismos resultados.

Es crucial que los agricultores consideren no solo el costo inicial del sustrato, sino también el rendimiento y la eficiencia a largo plazo. En algunos casos, la fibra de palma puede ser una opción aceptable, pero se deben tomar precauciones adicionales para manejar adecuadamente el sustrato y asegurar el desarrollo saludable de las plantas.

### **Pilón Tradicional**

El pilón tradicional es un tipo de sustrato utilizado históricamente en la agricultura, nos centramos especialmente en los pilones del sistema de cultivo como el cacaotero. Se compone de una mezcla de suelo de vega, cascarilla de arroz, cal agrícola y materia orgánica. A pesar de su uso extendido, presenta ciertas limitaciones en términos de costo y manejo.

**Tabla 19**

*Resultados Obtenidos con el Pilón Original*

Tipo de Pilón	Dimensiones (mm)	Peso (g)	Costo (Pesos)	Observaciones
Pilón tradicional	80x300	2244	2.500	Uso común en sistemas cacaoteros, alto peso y costo elevado, a comparación con los otros 2 pilones (coco y palma).



*Nota:* Datos recolectados de experiencias locales y tradicionales en el uso de este tipo de sustrato.

## **Descripción y Beneficios**

El pilón tradicional ofrece ciertas ventajas y desafíos, los cuales son cruciales para su consideración en proyectos agrícolas:

***Composición y Nutrientes.*** Este pilón se compone de una mezcla rica en nutrientes, debido a los componentes como suelo de vega, cascarilla de arroz, cal agrícola y materia orgánica. Esto puede proporcionar un suministro constante de nutrientes a las plantas, lo cual es beneficioso para su crecimiento y desarrollo.

***Peso y Logística.*** Con un peso de 2244 gramos, el pilón tradicional es significativamente más pesado que los pilones de fibra de coco y fibra de palma. Este alto peso no solo incrementa los costos de transporte debido a la necesidad de vehículos más grandes y robustos, sino que también puede dificultar el manejo durante el proceso de plantación y cultivo.

***Costo.*** El costo del pilón tradicional es considerablemente más alto (2,500 pesos), lo que representa una inversión significativa en comparación con las alternativas de fibra de coco y palma. Este alto costo puede ser un obstáculo para muchos agricultores, especialmente aquellos con recursos limitados.

***Viabilidad Económica.*** Aunque ofrece beneficios en términos de nutrientes, el costo total, que incluye tanto el precio del pilón como los costos de transporte, lo hace menos viable económicamente para muchos agricultores. Esto es particularmente cierto cuando se consideran las alternativas más ligeras y económicas.

## Comparación con Pilonos de Fibra de Coco, Fibra de Palma y Pilon Tradicional

**Tabla 20**

*Balance Comparativo de los Pilonos de Fibra de Coco, Fibra de Palma y Pilon Tradicional*

Aspecto	Pilón de Fibra de Coco	Pilón de Fibra de Palma	Pilón Tradicional
Dimensiones (mm)	80x160 / 50x190	80x160 / 50x190	80x300
Peso (g)	481 / 272	581 / 292	2244
Costo (Pesos)	1,650 / 850	600 / 850	2,5
Beneficios	Alta retención de agua, buena aireación, pH neutro	Económico, requiere manejo cuidadoso	Rica en nutrientes, alto costo y peso
Desventajas	Mayor costo inicial	Menor retención de agua y aireación	Alto costo total, difícil manejo logístico

## **Conclusión de La Comparación**

### **Pilón de Fibra de Coco**

Ofrece un equilibrio entre costo, manejo y eficiencia, siendo adecuado para una amplia variedad de cultivos debido a su retención de agua y buena aireación. Aunque tiene un costo inicial más alto, su ligereza y propiedades químicas lo hacen ideal para sistemas de producción eficientes.

### **Pilón de Fibra de Palma**

Es una opción más económica, pero con limitaciones en la calidad del sustrato. Su manejo requiere atención para asegurar la retención de agua y aireación adecuadas. A pesar de su bajo costo inicial, podría resultar en mayores costos a largo plazo debido a la necesidad de más material.

### **Pilón Tradicional**

Aunque es nutritivo, su alto costo y peso lo hacen menos atractivo desde una perspectiva económica. Los costos de transporte y manejo logístico lo limitan a situaciones específicas donde los beneficios nutricionales justifican el gasto adicional.

La elección del tipo de pilón depende de las prioridades del agricultor, como el costo inicial, las necesidades nutricionales de los cultivos y los recursos disponibles para manejar el sustrato. Sin embargo, al considerar las propiedades de cada pilón y su impacto en los costos de transporte, se determina que el pilón de fibra de coco es la opción más viable. Su peso ligero, alta

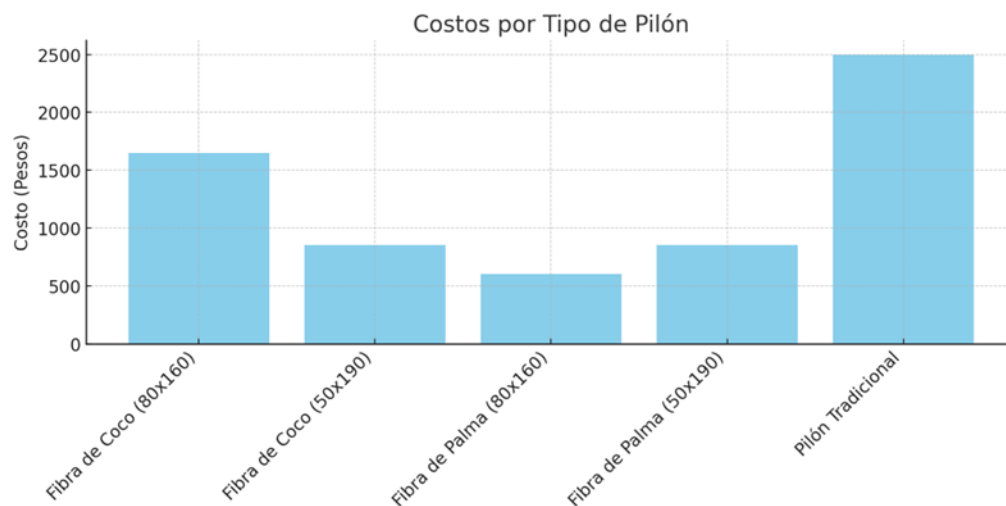
eficiencia y capacidad de retención de humedad lo convierten en una inversión inteligente para los agricultores.

En contraste, el pilón tradicional es menos viable económicamente debido a su alto costo inicial y mayores costos de transporte. Comparativamente, los pilones de fibra de coco y fibra de palma ofrecen opciones más rentables, siendo el de fibra de coco el más beneficioso a largo plazo, a pesar de su mayor costo inicial, debido a sus beneficios significativos en términos de rendimiento y eficiencia. La elección del sustrato adecuado debe considerar tanto el costo inicial como los costos totales y el rendimiento esperado en los cultivos.

En la siguiente grafica podemos observar los costos por pilones.

### Figura 15

*Comparación de los Precios por los Diferentes Pilones de Cacao.*



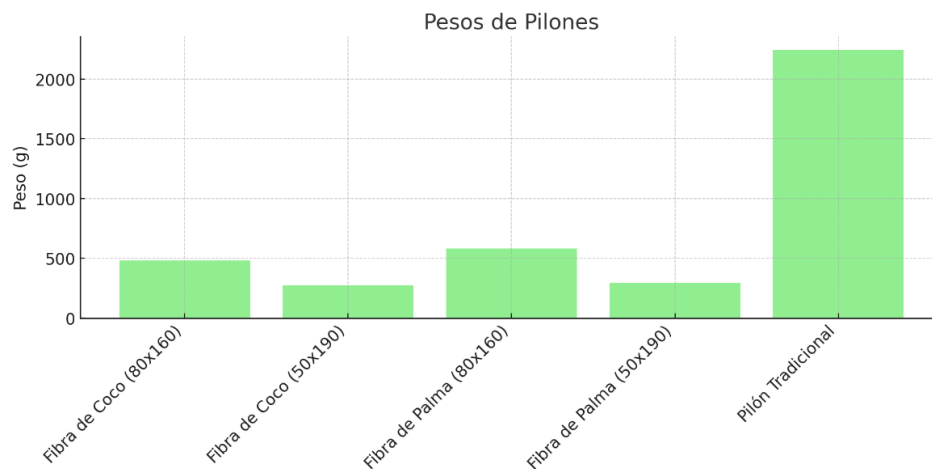
En esta gráfica, se pueden observar los costos estimados para cada tipo de pilón evaluado, donde se destaca que el pilón tradicional presenta un notable incremento en comparación con los pilones de fibra de coco y fibra de palma (RaizVer). Esta diferencia refleja los mayores costos asociados con el peso y manejo del pilón tradicional, que incluye no solo el

costo inicial del sustrato sino también los costos adicionales de transporte y logística. La gráfica resalta cómo el peso y el tamaño del pilón tradicional contribuyen a un aumento significativo en los gastos, haciendo que los pilones de fibra de coco y palma sean opciones más económicas y prácticas para los agricultores.

Para la siguiente grafica observamos por peso de pilón:

**Figura 16**

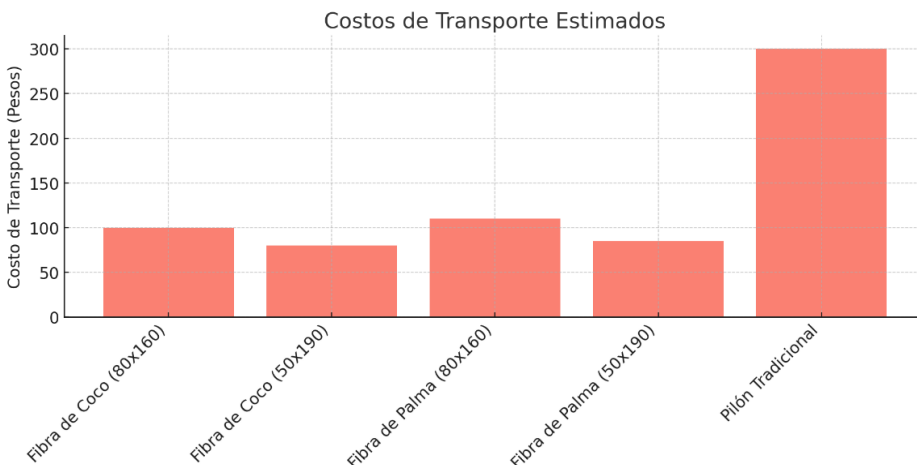
*Pesos(g) de los Diferentes Pilonos de Cacao*



Al observar la gráfica, se ve que el pilón tradicional tiene un peso notablemente mayor, alcanzando los 2000 gramos, en comparación con el pilón RaizVer, que es mucho más ligero. Este aumento en el peso del pilón tradicional puede generar mayores costos y desafíos logísticos en su manejo y transporte.

**Figura 17**

*Comparación del Costo de Transporte que Abarca cada Pilón de Cacao*



Al analizar los costos de transporte estimados para los diferentes tipos de pilones, las gráficas revelan que el pilón tradicional, debido a su mayor peso y tamaño, incurre en costos de movilización significativamente más altos. Este incremento no solo se refleja en el transporte vehicular, sino también en el proceso de manejo y disposición final del material vegetal.

Para las comunidades campesinas, que a menudo realizan el transporte de los pilones de manera manual o con recursos limitados, el peso elevado del pilón tradicional representa un desafío considerable. La movilización de estos pilones puede resultar en costos adicionales y un esfuerzo físico significativo, lo que puede dificultar la adopción de esta opción para el cultivo.

Además, las familias campesinas enfrentan dificultades en el proceso de cargue y disposición final del material. Muchos productores rurales optan por no utilizar el pilón tradicional debido a las complicaciones y gastos asociados con su manejo. Esta carga adicional puede desincentivar a las comunidades campesinas de adoptar este tipo de pilón, afectando su viabilidad en contextos de cultivo a pequeña escala.

En contraste, pilones más ligeros, como el RaizVer, no solo presentan menores costos de transporte, sino que también facilitan el proceso de manejo para las comunidades campesinas. Esto hace que sean una opción más accesible y práctica para los productores rurales, quienes a menudo buscan soluciones que minimicen el esfuerzo y los gastos asociados con el cultivo.

A continuación, presento unos registros fotográficos que muestran cómo una familia campesina realiza el traslado del material vegetal. Estas imágenes ilustran el proceso desde el punto final donde llega la malla vial, hasta el inicio del traslado manual y en caballos hacia el destino final

### **Figura 18**

#### *Traslado de los Pilonos de Cacao*



Los registros fotográficos presentados a continuación destacan la relevancia del peso de los pilones en el proceso de manejo de los cultivos, además la implicación activa de toda la familia en estas prácticas agrarias, dado que tanto las esposas como los hijos contribuyen al transporte como al siembra del material vegetal. Esta colaboración familiar se fomenta por el trabajo en equipo, pero también es esencial para la eficacia del proceso agrícola, ya que el elevado peso de los pilones tradicionales supone un reto importante, haciendo que su transporte sea una tarea difícil y exigente.

Como se puede observar en las imágenes, el transporte de estos pilones se realiza principalmente de manera manual y con la ayuda de equinos, lo que añade una carga adicional al trabajo agrícola. Esta situación resalta la necesidad de buscar soluciones que faciliten el manejo de los pilones, ya que la dificultad en su transporte no solo afecta la eficiencia del trabajo, sino que también puede impactar la productividad general del cultivo. En este contexto, es fundamental considerar alternativas que reduzcan el peso de los pilones o que mejoren las técnicas de transporte, permitiendo así un manejo más ágil y efectivo en el proceso de siembra y cuidado de los cultivos.

## Conclusiones y Recomendaciones

La investigación ha demostrado que el uso de pilones más ligeros, como los de fibra de coco y palma, ofrece ventajas significativas en comparación con los pilones tradicionales que superan los 2000 gramos. Estos pilones más ligeros no solo reducen los costos de transporte, lo cual es crucial para las familias que utilizan métodos manuales o de transporte animal, sino que también facilitan el manejo y mejoran la eficiencia en el cultivo. Además, el uso de materiales biodegradables en la fabricación de estos pilones contribuye al cuidado del medio ambiente, alineándose con prácticas agrícolas sostenibles.

El estudio también ha demostrado que el tipo de sustrato y el tamaño del contenedor tienen un gran impacto en el crecimiento inicial de las plantas. El uso de contenedores más grandes junto con el sustrato de coco, en particular, resultó en un desarrollo más rápido en las etapas iniciales debido a su capacidad para retener humedad, proporcionar aire y evitar la compactación. En este estudio, el sustrato de coco se destacó por sus beneficios específicos en el arranque del crecimiento de las plántulas, aunque el sustrato de palma también tiene ventajas en otros contextos.

Asimismo, se ha evidenciado la importancia de utilizar pilones inertes, que son fundamentales para el manejo y la aplicación adecuada de los nutrientes requeridos por las plantas. Estos pilones facilitan una mejor administración de los nutrientes, contribuyendo al crecimiento óptimo de las plántulas y a una mayor eficiencia en la fertilización. En este sentido, se identificó que los pilones inertes proporcionan un entorno controlado que permite a las plántulas desarrollarse de manera autónoma, minimizando la interferencia de malezas y evitando la presencia de especies no deseadas que pudieran afectar el crecimiento en el vivero.

Los resultados del análisis de las variables de crecimiento, como la altura de las plantas, el diámetro del tallo y el número de hojas, han demostrado diferencias significativas entre los

tratamientos. En cuanto a la altura, se observaron diferencias significativas por bloque, pero no hubo diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que la preparación uniforme de los pilones es esencial para garantizar condiciones de crecimiento similares. Los tratamientos que utilizaron pilones más grandes y sustrato de coco mostraron un crecimiento más rápido, lo que indica que estas condiciones pueden ser favorables para la propagación del cacao.

Es esencial prestar atención a la creación de planes nutricionales para el cultivo para así mismos evitar problemas de toxicidad y desequilibrio que puedan afectar el crecimiento de las plántulas, por lo que se recomienda realizar pruebas de equilibrio nutricional, que nos sirvan para reducir los factores que pueden afectar negativamente el desarrollo de las plantas, se requiere un control riguroso de las condiciones experimentales, como la calidad del sustrato, el riego, la luz y la temperatura.

Los productores deben recibir capacitación continua sobre la gestión de nutrientes y el uso adecuado de pilones y sustratos para maximizar el rendimiento de sus cultivos. Se recomienda la implementación de programas de capacitación que incluyan métodos de manejo sostenibles, métodos de riego eficientes y métodos de control de enfermedades y plagas. Esto no solo mejorará el crecimiento y la salud de las plántulas, sino que también promoverá una agricultura más sostenible, beneficiando a las comunidades que dependen de estos cultivos.

Finalmente, se recomienda realizar estudios adicionales para explorar más a fondo las interacciones entre diferentes tipos de sustratos y pilones, así como su impacto en el crecimiento de diversas especies de plantas. Esta investigación continua permitirá seguir mejorando las prácticas de cultivo y adaptarlas a las necesidades específicas de los productores, asegurando un futuro más sostenible y productivo en la agricultura.

### Referencias Bibliográficas

- Abad Berjón, M.; Noguera Murray, P. & Carrión Benedito, C. (2004). Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: Tratado de cultivo sin suelo. Ed. Mundi Prensa. Barcelona, España. p. 113-159. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=860892>
- Agudelo-Castañeda, GA, Antolinez-Sandoval, EY, Báez-Daza, EY, Jaimes-Suárez, YY, & Romero-Guerrero, G. (2023). Nuevas variedades de cacao seleccionadas en Colombia. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342023000300315](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342023000300315)
- Argout, X., Martin, G., Droc, G. et al. (2017). El genoma del cacao criollo v2.0: una versión mejorada del genoma para estudios genéticos y genómicos funcionales. BMC Genomics, 18, 730. <https://doi.org/10.1186/s12864-017-4120-9>
- Bailey, D.A.; Bilderback, T. & Bir, D. (1999). Water consideration for container production of plants. In: <https://utia.tennessee.edu/publications/wp-content/uploads/sites/269/2023/10/PB1836.pdf> . Consultado: 1/05/2016.
- Bailey, D.A.; Fonteno, W.C. & Nelson, P.V. (2005). Greenhouse, substrate and fertilization. North Carolina State University. In: <https://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/floriculture/plugs/ghsubfert> . pdf. Consultado: 1/05/2016.
- Bernárdez, A & Valenzuela, O. (2016). Calidad de agua de riego subterránea con fines de riego en el noreste de la provincia de Buenos Aires. 3er Encuentro de Investigadores en

Formación de Recursos Hídricos. Ezeiza, Buenos Aires. Libro de resumen.

[https://www.ina.gob.ar/ifrh-2016/RESUMENES\\_IRFH2016.pdf](https://www.ina.gob.ar/ifrh-2016/RESUMENES_IRFH2016.pdf)

Cavins, T.K.; Whipker, B.E.; Fonteno, W.C.; Harden, B.; McCall, I. & Gibson, J.L. (2000).

Monitoring and Managing pH and EC Using the PourThru Extraction Method. In:

[https://studylib.net/doc/14882470/monitoring-and-managing-ph-and-ec-using-the-](https://studylib.net/doc/14882470/monitoring-and-managing-ph-and-ec-using-the-pourthru-extr.pdf)

[pourthru-extr.pdf](https://studylib.net/doc/14882470/monitoring-and-managing-ph-and-ec-using-the-pourthru-extr.pdf). Consultado: 07/11/2016.

Chicunque Agreda, S. P. (2019). DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL.

[https://repositorio.artesanasdecolombia.com.co/bitstream/001/5375/1/INST-](https://repositorio.artesanasdecolombia.com.co/bitstream/001/5375/1/INST-D%202019.%2045.pdf)

[D%202019.%2045.pdf](https://repositorio.artesanasdecolombia.com.co/bitstream/001/5375/1/INST-D%202019.%2045.pdf) .

Cubillos Bojacá, A. F., Tarazona Díaz, M. P., & GARCÍA MUÑOZ, M. C. (2017). ESTUDIO DE LOS CAMBIOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DURANTE LA MADURACIÓN DEL CACAO.

[https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/2847/andres%20](https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/2847/andres%20felipe%20bojaca%20tesis.pdf?sequence=10&isAllowed=y#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20y%20desarrollo%20del,est%C3%A1%20regulado%20por%20el%20clima.)

[0felipe%20bojaca%20tesis.pdf?sequence=10&isAllowed=y#:~:text=La%20producci%C](https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/2847/andres%20felipe%20bojaca%20tesis.pdf?sequence=10&isAllowed=y#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20y%20desarrollo%20del,est%C3%A1%20regulado%20por%20el%20clima.)

[3%B3n%20y%20desarrollo%20del,est%C3%A1%20regulado%20por%20el%20clima.](https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/2847/andres%20felipe%20bojaca%20tesis.pdf?sequence=10&isAllowed=y#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20y%20desarrollo%20del,est%C3%A1%20regulado%20por%20el%20clima.)

Crespo, I., Ramos, D., & García, L. (2022). Indicadores clave de rendimiento en terminales de contenedores y su relación con la sostenibilidad ambiental: Aplicación al sistema portuario español. *ResearchGate*.

[https://www.researchgate.net/publication/358081481\\_Indicadores\\_clave\\_de\\_rendimiento](https://www.researchgate.net/publication/358081481_Indicadores_clave_de_rendimiento_en_terminales_de_contenedores_y_su_relacion_con_la_sostenibilidad_ambiental_Aplicacion_al_sistema_portuario_espanol)

[\\_en\\_terminales\\_de\\_contenedores\\_y\\_su\\_relacion\\_con\\_la\\_sostenibilidad\\_ambiental\\_Aplic](https://www.researchgate.net/publication/358081481_Indicadores_clave_de_rendimiento_en_terminales_de_contenedores_y_su_relacion_con_la_sostenibilidad_ambiental_Aplicacion_al_sistema_portuario_espanol)

[acion\\_al\\_sistema\\_portuario\\_espanol](https://www.researchgate.net/publication/358081481_Indicadores_clave_de_rendimiento_en_terminales_de_contenedores_y_su_relacion_con_la_sostenibilidad_ambiental_Aplicacion_al_sistema_portuario_espanol)

De Boodt, M & Verdonck, O. (1972). The physical properties of the substrates in horticulture.

Acta Horticulturae, 26:37-44.

<https://www.scielo.br/j/oh/a/YTYZ66L8dcFSYrkvvPzBMvB/>

Jamid, MB y Sandra, VA (2015). Modelo experimental con bloques aleatorios simples y análisis multivariado para el mejoramiento de procesos orgánicos en la agroindustria.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-81602015000100003&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-81602015000100003&script=sci_abstract&tlng=es).

Kalvatchev, Z., Domingo, G. y Guerra, FR (1998). Teobroma cacao. Un nuevo enfoque para nutrición y salud. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3233588.pdf>

Luna, Tara; Landis, Thomas D.; Dumroese, R. Kasten (2012). Contenedores: Aspectos técnicos, biológicos y económicos. In: Contardi, L.; Gonda, H., coord. Producción de plantas en viveros forestales. Buenos Aires: Consejo Federal de Inversiones; Comodoro Rivadavia: Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco UNPSJB; Comodoro Rivadavia: Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico, Argentina. p. 78-85.

<https://research.fs.usda.gov/treearch/45742>.

Martínez Atencia, JD, Novoa Yáñez, RS, Martínez Botello, DH, Espinosa Carvajal, MR, Martínez Reina, AM, Grandett Martínez, LM, Contreras Santos, JL, & Rodríguez Pinto, MD (2022). Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el departamento de Sucre.

<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4115458?show=full>

Melgarejo, L. M., Hernández, M. S., Barrera, J. A., & Carrillo, M. (2006). Oferta y potencialidades de un banco de germoplasma del género *Theobroma* en el

enriquecimiento de los sistemas productivos de la región amazónica. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- Sinchi, Universidad Nacional de Colombia.

<https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/theobroma.pdf>.

Mendiburu, F. (s.f.). Diseño de bloques completos al azar: DBCA. Recuperado de

<http://tarwi.lamolina.edu.pe/~fmendiburu/index-filer/academic/metodos1/covariancia.pdf>

Morales Gonzabay, K. A., Ramírez Flores, L., Quevedo Pinos, N., Arzube Mayorga, M., &

Drouet Candell, A. (2021). CARACTERIZACIÓN DEL RESIDUO DE LA FIBRA DE

COCO COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE

TOMATE (*Lycopersicon esculentum*), EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA.

<https://repositorio.upse.edu.ec/>

National Geographic España. (2024, August 23). National Geographic.

<https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2023/09/el-origen-del-cacao-y-su-fascinante-historia>.

Orozco, L. A., Pérez Monzón, F. R., & Castillo, G. I. A. (2019). SUSTRATOS LOCALES

PARA LA PRODUCCIÓN DE PILONES DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.), EN

DOS LOCALIDADES DEL DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.

[https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Informes%20Finales%20IICA-](https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Informes%20Finales%20IICA-CRIA%202020/8%20TOMATE%20OCCIDENTE/Sustratos%20pilones-CUSAM-Alfredo%20Orozco/CRIA%20SUSTRATO.pdf)

[CRIA%202020/8%20TOMATE%20OCCIDENTE/Sustratos%20pilones-CUSAM-](https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Informes%20Finales%20IICA-CRIA%202020/8%20TOMATE%20OCCIDENTE/Sustratos%20pilones-CUSAM-Alfredo%20Orozco/CRIA%20SUSTRATO.pdf)

[Alfredo%20Orozco/CRIA%20SUSTRATO.pdf](https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Informes%20Finales%20IICA-CRIA%202020/8%20TOMATE%20OCCIDENTE/Sustratos%20pilones-CUSAM-Alfredo%20Orozco/CRIA%20SUSTRATO.pdf).

Puustjärvi, V. (1994). La turba y su manejo en Horticultura. Ediciones de Horticultura, S.L.,

Reus. p. 123. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2599526>

Tan TYC, Lim XY, Yeo JHH, Lee SWH, Lai NM. (2021). The Health Effects of Chocolate and Cocoa: A Systematic Review. *Nutrients*. 13(9):2909. doi: 10.3390/nu13092909. PMID: 34578786; PMCID: PMC8470865. <https://www.etherasstudio.com/post/cocoa-nutrition-and-benefits>

Valenzuela, O.R. (2005). Propiedades físicas y químicas de los materiales más utilizados en la producción de plantas en contenedores de Argentina. Seminario Internacional: preparación y manejo de sustratos en plantas. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Libro de resumen. [https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/6737/INTA\\_CRBsAsNorte\\_EEASanPedro\\_Garcia\\_LM\\_Manejo\\_sustratos\\_cultivo\\_contenedor.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/6737/INTA_CRBsAsNorte_EEASanPedro_Garcia_LM_Manejo_sustratos_cultivo_contenedor.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Valenzuela, O.R.; Gallardo, C.S.; Barrera, M.C & Vence, L.B. (2015). Reproducibilidad de diferentes métodos de medir variables físicas en sustratos para plantas. *Investigaciones Agropecuarias*, 12(1): 1-8. <https://scebe98a22cbf984c.jimcontent.com/download/version/1441722394/module/10909513957/name/VALENZUELA%20et%20al.%202015.pdf>

Vence, L.B. (2008). Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas. *Ciencias del suelo*, 26(2):105-114. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4353213>

Vence, L.B; Valenzuela, O.R.; Svartz, H.A & Conti, M.E. (2013). Elección del sustrato y manejo del riego utilizando como herramienta las curvas de retención de agua. *Ciencias del Suelo*, 31(2): 153-164. [https://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol\\_31n2/153-164%20p%E2%80%A0gs%20Vence%20et%20al%202013.pdf](https://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_31n2/153-164%20p%E2%80%A0gs%20Vence%20et%20al%202013.pdf)

Zhiñin-Quezada, H., Narváez-Manchay, E., Merino-Gálvez, B., & Pucha-Cofrep, D. (2020).

Diversidad anatómica de cinco biotipos de la especie *Theobroma cacao* (cacao) en la región sur de Ecuador. *Revista Investigación Agraria*.

[https://www.researchgate.net/profile/Darwin-Pucha-](https://www.researchgate.net/profile/Darwin-Pucha-Cofrep/publication/351013595_Diversidad_anatomica_de_cinco_biotipos_de_la_especie_Theobroma_cacao_cacao_en_la_region_sur_de_Ecuador/links/60c0fa60299bf1949f445ddc/Diversidad-anatomica-de-cinco-biotipos-de-la-especie-Theobroma-cacao-cacao-en-la-region-sur-de-Ecuador.pdf)

[Cofrep/publication/351013595\\_Diversidad\\_anatomica\\_de\\_cinco\\_biotipos\\_de\\_la\\_especie](https://www.researchgate.net/profile/Darwin-Pucha-Cofrep/publication/351013595_Diversidad_anatomica_de_cinco_biotipos_de_la_especie_Theobroma_cacao_cacao_en_la_region_sur_de_Ecuador/links/60c0fa60299bf1949f445ddc/Diversidad-anatomica-de-cinco-biotipos-de-la-especie-Theobroma-cacao-cacao-en-la-region-sur-de-Ecuador.pdf)

[\\_Theobroma cacao cacao en la region sur de Ecuador/links/60c0fa60299bf1949f445](https://www.researchgate.net/profile/Darwin-Pucha-Cofrep/publication/351013595_Diversidad_anatomica_de_cinco_biotipos_de_la_especie_Theobroma_cacao_cacao_en_la_region_sur_de_Ecuador/links/60c0fa60299bf1949f445ddc/Diversidad-anatomica-de-cinco-biotipos-de-la-especie-Theobroma-cacao-cacao-en-la-region-sur-de-Ecuador.pdf)

[ddc/Diversidad-anatomica-de-cinco-biotipos-de-la-especie-Theobroma-cacao-cacao-en-](https://www.researchgate.net/profile/Darwin-Pucha-Cofrep/publication/351013595_Diversidad_anatomica_de_cinco_biotipos_de_la_especie_Theobroma_cacao_cacao_en_la_region_sur_de_Ecuador/links/60c0fa60299bf1949f445ddc/Diversidad-anatomica-de-cinco-biotipos-de-la-especie-Theobroma-cacao-cacao-en-la-region-sur-de-Ecuador.pdf)

[la-region-sur-de-Ecuador.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Darwin-Pucha-Cofrep/publication/351013595_Diversidad_anatomica_de_cinco_biotipos_de_la_especie_Theobroma_cacao_cacao_en_la_region_sur_de_Ecuador/links/60c0fa60299bf1949f445ddc/Diversidad-anatomica-de-cinco-biotipos-de-la-especie-Theobroma-cacao-cacao-en-la-region-sur-de-Ecuador.pdf)