

**UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO
INSTITUTO TECNOLÓGICO “PUERTO RICO”
SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**



**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA (ESTIÉRCOL
BOVINO Y ASERRÍN) EN EL CRECIMIENTO DEL CACAO
(*Theobroma cacao*) EN LA FASE DE VIVERO.**

Producción Agropecuaria

Autor: Univ. Miguel Iha Cabral
Asesor: Ing. Wilfredo Montaña Teco

PUERTO RICO – PANDO - BOLIVIA
2014

HOJA DE APROBACIÓN

Tesina aprobada el ____ de _____ de _____

Nombres

Firmas

Asesor: _____

Tribunal 1: _____

Tribunal 2: _____

Tribunal 3: _____

DEDICATORIA

A mis padres, a mis hermanos, esposa e hijos; quienes han logrado con mucho sacrificio y dedicación formarme como persona y como profesional.

A la Universidad Amazónica de Pando (templo de sabiduría) por acogerme en sus aulas durante mis años de estudio.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, la salud y mis Padres por las tantas noches de desvelo y entrega incondicional, por sus consejos y orientación que fueron cruciales para la formación de mi persona, por ser la solución en los momentos difíciles, por su comprensión y por creer en mi, gracias por ser mis padres.

A mi tutor de tesina: Ing. Wilfredo Montaña T., por sus consejos y orientaciones en la presente investigación.

A los miembros del tribunal revisor, por sus sugerencias observaciones y correcciones al proyecto e informe final de la investigación.

A los docentes del programa académico Sistema de Producción Agropecuaria, por su paciencia, comprensión y sabios consejos durante mi formación profesional.

Al Instituto Tecnológico Puerto Rico, a su Directora y personal administrativo, por su apoyo durante mi formación y en la elaboración de la presente investigación.

A mis compañeros de la universidad: Por los momentos de amistad compartidos, a lo largo de toda la carrera.

RESUMEN

La presente investigación titulada “EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA (ESTIÉRCOL BOVINO Y ASERRÍN) EN EL CRECIMIENTO DEL CACAO (*Theobroma cacao*) EN LA FASE DE VIVERO” realizada entre los meses de julio a octubre del año 2013, tuvo como objetivos específicos: a) determinar el efecto de la fertilización orgánica sobre el desarrollo de las características morfológicas de las plántula de cacao, b) determinar la mejor dosis de los abonos orgánicos para mejorar la calidad de plántulas de cacao para su trasplante al lugar definitivo; y c) determinar la tasa de mortalidad de plántulas de cacao durante el periodo de estudio.

La investigación se realizó en la comunidad Mandarino, municipio Puerto Rico, provincia Manuripi del departamento Pando; los tratamientos comparados fueron los siguientes: Testigo 100% tierra superficial, A = 80% tierra superficial + 20% estiércol bovino, B = 60% tierra superficial + 40% estiércol bovino, C = 80% tierra superficial + 20% aserrín y D = 60% tierra superficial + 40% aserrín. El diseño experimental empleado fue el de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, cada unidad experimental estuvo compuesta por 20 macetas, de las cuales se evaluaron las 6 plantas centrales. Las variables de respuesta fueron: crecimiento en altura de planta, diámetro de tallo y porcentaje de mortalidad.

Los resultados indican que, el tratamiento o sustrato compuesto por 80% de tierra superficial + 20% de estiércol bovino permitió un mayor crecimiento de las plántulas de cacao en fase de vivero, toda vez que en altura de planta pasó de 4,53 a 15,68 cm con incremento absoluto de 11,15 cm; mientras que en diámetro de tallo paso de 3,58 a 7,40 mm con incremento absoluto de 3,82 mm. Mientras que el tratamiento o sustrato compuesto por tierra superficial + aserrín tuvieron efecto adverso sobre el crecimiento de plántulas de cacao toda vez que tanto la altura de planta como el diámetro de tallo alcanzado al final del experimento fueron inferiores al testigo (100% tierra superficial).

ÍNDICE

	Pág.
Hoja de aprobación	i
Agradecimientos	ii
Dedicatoria	iii
Resumen	iv
Índice	v
Índice de Cuadros	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación	1
1.2. Objetivo general	2
1.3. Objetivos específicos	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Origen y Distribución	3
2.2. Descripción Botánica	3
2.3. Condiciones edafoclimaticas para el cultivo del Cacao	5
2.4. Propagación sexual del cacao	7
2.4. Vivero para la obtención de material vegetal	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Ubicación del área de estudio	15
3.2. Equipos, herramientas y material empleado	15
3.3. Descripción del procedimiento experimental	16
3.4. Metodología empleada en la recolección de datos	18
3.5. Diseño experimental	20

4. RESULTADOS	23
4.1. Altura de planta inicial	23
4.2. Crecimiento en altura	24
4.3. Altura de planta final	25
4.4. Diámetro de tallo inicial	26
4.5. Crecimiento en diámetro	27
4.6. Diámetro de tallo final	28
4.7. Porcentaje de mortalidad	29
5. DISCUSIÓN	30
5.1. Condiciones climáticas	30
5.2. Efecto de los sustratos en el crecimiento del cacao	31
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32
6.1. Conclusiones	32
6.2. Recomendaciones	33
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	34

ÍNDICE DE CUADROS

N°	Título	Pág.
1.	Altura de planta inicial	23
2.	Crecimiento en altura	24
3.	Altura de planta final	25
4.	Diámetro de tallo inicial	26
5.	Crecimiento en diámetro	27
6.	Diámetro de tallo final	28
7.	Porcentaje de mortalidad	29

1. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) fue domesticado por los Mayas y su fruto simbolizó riqueza, poder y origen divino. Actualmente, en Bolivia existen plantaciones cacaoteras en las que predominan los materiales tipo forastero de edad avanzada, los cuales se explotan solos o asociados con diversas especies maderables, frutales u ornamentales mediante un manejo basado en fertilizantes inorgánicos y agroquímicos. Para la renovación de estas plantaciones se requiere propagar nuevas plantas en condiciones de vivero, para lo que se hace necesario disponer de sustratos con buenos niveles de fertilidad, a fin de inducir un rápido y vigoroso desarrollo de las plantas (Aguirre-Medina et al. 2007).

El uso de algunos recursos microbiológicos del suelo se postula como alternativa para nutrir por la vía biológica el cacao. La biofertilización en viveros, entendida como la inoculación microbiana a las plantas, favorece su nutrición manteniendo el equilibrio ecológico del agroecosistema, y reduce costos de producción y pérdidas de plantas (Reganold et al., 1990). Existen evidencias de las bondades de la asociación planta-microorganismo en diferentes cultivos, favoreciendo el incremento del rendimiento y reduciendo el uso de fertilizantes de origen sintético. La inoculación con micorriza arbuscular de plántulas de cafeto (*Coffea arabica* L.); y cítricos redujo hasta en 50% su permanencia en vivero (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000).

1.1. Planteamiento del problema

En nuestro medio, aún no se han realizado investigaciones orientadas a acelerar el crecimiento de las plántulas de esta especie, bajo el efecto de fertilizantes orgánicos. En consecuencia, la presente investigación se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cual es el efecto de la fertilización orgánica en el crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao*), en la fase de vivero?

1.2. Justificación

La información obtenida en la presente investigación podrá ser aplicada por el sector productivo, instituciones del municipio de Puerto Rico y del departamento Pando y ONGs responsables de implementar políticas ambientales y productivas, etc.

1.3. Objetivos

General

Evaluar el efecto de la fertilización orgánica (estiércol bovino y aserrín) en el crecimiento del cacao (*Theobroma cacao*) en la fase de vivero, en la comunidad Mandarinó del municipio Puerto Rico.

Específicos:

- Determinar el efecto de la fertilización orgánica sobre el desarrollo de las características morfológicas.
- Determinar la mejor dosis de los abonos orgánicos para mejorar la calidad de plántulas de cacao para su trasplante al lugar definitivo.
- Determinar la tasa de mortalidad de plántulas de cacao durante el periodo de estudio.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen y Distribución

El origen de esta especie es probablemente la región amazónica (cuenca alta del río Amazonas) y comprende países como Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil. En esta región es donde se presenta la mayor variación de la especie. Se extendió de Sudamérica hasta México, pero no se sabe si su dispersión ocurrió naturalmente o con la ayuda del hombre. Sigue siendo un misterio el cómo llegó a Centro América, donde se ha cultivado por lo menos durante 3,000 años. El cacao se llevó de Brasil a la colonia portuguesa de Príncipe en 1822 y de ahí a Sao Tomé en 1830, ambas en el Golfo de Guinea. Ghana obtiene el cacao en 1879 y por el año de 1951 el oeste de África es el responsable del 60% de la producción mundial. El género *Theobroma* se encuentra en estado natural en los pisos inferiores de las selvas húmedas de América tropical y prospera mejor entre los 18° N y 15° S del Ecuador a una altitud inferior a 1,250 m (Maldonado 2002).

2.2. Descripción Botánica

Vasquez F. (2004), hace la siguiente descripción:

- a. Forma. Arbol de pequeña talla, perennifolio, de 4 a 7 m de altura (cultivado). El cacao silvestre puede crecer hasta 20 m o más.
- b. Copa / Hojas. Copa baja, densa y extendida. Hojas grandes, alternas, colgantes, elípticas u oblongas, de (15) 20 a 35 (50) cm de largo por 4 a 15 cm de ancho, de punta larga, ligeramente gruesas, margen liso, verde oscuro en el haz y más pálidas en el envés, cuelgan de un pecíolo.

- c. Tronco / Ramas. El tronco tiene un hábito de crecimiento dimórfico, con brotes ortotrópicos o chupones. Ramas plagiotrópicas o en abanico. Las ramas primarias se forman en verticilos terminales con 3 a 6 ramillas; al conjunto se le llama "molinillo". Es una especie cauliflora, es decir, las flores aparecen insertadas sobre el tronco o las viejas ramificaciones.
- d. Corteza. Externa de color castaño oscuro, agrietada, áspera y delgada. Interna de color castaño claro, sin sabor.
- e. Flor(es). Se presentan muchas flores en racimos a lo largo del tronco y de las ramas, sostenidas por un pedicelo de 1 a 3 cm. La flor es de color rosa, púrpura y blanca, de pequeña talla, de 0.5 a 1 cm de diámetro y 2 a 2.5 cm de largo, en forma de estrella. Pétalos 5, de 6 mm de largo, blancos o teñidos de rosa, alternos con los sépalos y de forma muy singular: comienzan estrechos en la base, se ensanchan y se hacen cóncavos para formar un pequeño capuchón y terminan en una lígula; sépalos 5, rosas, angostos, puntiagudos, ampliamente extendidos. Las inflorescencias después de producir flores durante varios años se convierten en tubérculos engrosados que reciben el nombre de "cojinetes florales".
- f. Fruto(s). El fruto una baya grande comúnmente denominada "mazorca", carnosa, oblonga a ovada, amarilla o purpúrea, de 15 a 30 cm de largo por 7 a 10 cm de grueso, puntiaguda y con camellones longitudinales; cada mazorca contiene en general entre 30 y 40 semillas dispuestas en placentación axial e incrustadas en una masa de pulpa desarrollada de las capas externas de la testa.
- g. Semilla(s). Semillas grandes del tamaño de una almendra, color chocolate o purpúreo, de 2 a 3 cm de largo y de sabor amargo. No tiene albumen y están recubiertas por una pulpa mucilaginosa de color

blanco y de sabor dulce y acidulado. Todo el volumen de la semilla en el interior está prácticamente ocupado por los 2 cotiledones del embrión. Se les llama vulgarmente "habas" o "granos" de cacao. Ricas en almidón, en proteínas, en materia grasa, lo cual les confiere un valor nutritivo real.

- h. Raíz. El sistema radical se compone de una raíz pivotante que en condiciones favorables puede penetrar más de 2 m de profundidad, favoreciendo el reciclaje de nutrientes y de un extenso sistema superficial de raíces laterales distribuidas alrededor de 15 cm debajo de la superficie del suelo.

2.3. Condiciones edafoclimáticas para el cultivo del Cacao

2.3.1. Precipitación

El cacao es una planta que necesita un adecuado suministro de agua para efectuar sus procesos metabólicos. En términos generales, la lluvia es el factor climático que más variaciones presenta durante el año. Su distribución varía notablemente de una a otra región y es el factor que determina las diferencias en el manejo del cultivo. La precipitación óptima para el cacao es de 1,600 a 2,500 mm distribuidos durante todo el año. Precipitaciones que excedan los 2,600 mm pueden afectar la producción del cultivo de cacao (PROAMAZONIA 2004).

2.3.2. Temperatura

La temperatura es un factor de mucha importancia debido a su relación con el desarrollo, floración y fructificación del cultivo de cacao. La temperatura media anual debe ser alrededor de los 25°C. El efecto de temperaturas bajas se manifiesta en la velocidad de crecimiento vegetativo, desarrollo de fruto y en grado en la intensidad de floración (menor intensidad). Así mismo, controla la

actividad de las raíces y de los brotes de la planta. La temperatura para el cultivo de cacao debe estar entre los valores siguientes: mínima de 23°C, máxima de 32°C y óptima de 25°C. Las temperaturas extremas definen los límites de altitud y latitud para el cultivo de cacao (Ferrera-Cerrato 2001).

La absorción del agua y de los nutrientes por las raíces de la planta del cacao está regulada por la temperatura. Un aspecto a considerar es que a temperaturas menores de 15°C la actividad de las raíces disminuye (Maldonado 2002).

2.3.3. Suelos

El crecimiento y la buena producción del cultivo de cacao no solo dependen de la existencia de las buenas condiciones físicas y químicas en los primeros 30 cm. de profundidad del suelo, donde se encuentra el mayor porcentaje de raíces fisiológicamente activas encargadas de la absorción de agua y nutrientes; sino también de las buenas condiciones físicas y químicas de los horizontes o capas inferiores del suelo que permitan una buena fijación de la planta y un crecimiento sin restricciones de la raíz principal que puede alcanzar hasta los 1.5 metros de profundidad si las condiciones del suelo lo permiten (PROAMAZONIA 2004).

Los suelos más apropiados para el cacao son los aluviales, los francos y los profundos con subsuelo permeable. Los suelos arenosos son poco recomendables porque no permite la retención de humedad mínima que satisfaga la necesidad de agua de la planta. Los suelos de color negrozco son generalmente los mejores puesto que están menos lixiviados. Otra característica es que debe poseer un subsuelo de fácil penetración por parte de la raíz pivotante y una adecuada profundidad, que es una de las características más importantes de los suelos porque contribuye a regular la velocidad de descomposición de la materia orgánica, así como la disponibilidad de los elementos nutritivos (Vásquez 2004).

El cacao se desarrolla eficientemente cuando el pH se encuentra en el rango de 6.0 a 6.5; permitiendo obtener buenos rendimientos. Sin embargo, también se adapta a rangos extremos desde los muy ácidos hasta los muy alcalinos cuyos valores oscilan de pH 4.5 hasta el pH de 8.5, donde la producción es decadente o muy deficiente, en estos suelos se debe aplicar correctivos (Maldonado 2002).

2.4. Propagación sexual del cacao (PROAMAZONIA 2004)

Es el método en el cual se utiliza semilla botánica para la propagación del cacao.

Cuando el cultivo se va a propagar por semilla, es necesario conocer el biotipo y las principales características de las plantas productoras de semillas para que reciban un adecuado tratamiento con la finalidad que estas puedan crecer bien conformadas, uniformes y con alta producción.

Preferentemente, las semillas deben ser adquiridas de campos productores oficiales. En caso de no contar con campos productores de semillas oficiales, se puede suplir esta carencia haciendo una buena selección de las “plantas madres” a partir de las cuales se obtendrá la semilla. Los pasos para la obtención de semilla son los siguientes:

a) Selección de las “plantas madre”

La enfermedad que más estragos causa en el cacao es la moniliasis, seguido en importancia por la “Escoba de Bruja”. Con la finalidad de controlar y reducir el efecto pernicioso de estas enfermedades se ha encontrado en la tolerancia varietal una vía de solución y se ha contado con métodos bastante simples para seleccionar e identificar el material local tolerante.

En toda plantación de cacao se encuentran árboles con características específicas a las que se denomina “plantas madre”, de donde se obtienen las semillas y varas yemeras que conjuntamente con yemas provenientes de centros de producción o semilleros, servirán como fuente de propagación por injerto en chupones basales y plantones de viveros.

Las “plantas madre” de semilla y de varas yemeras deben ser seleccionadas e identificadas teniendo en cuenta los criterios siguientes:

- Tolerancia a plagas y enfermedades: observar árboles con escasa incidencia de moniliasis y escoba de brujas.
- Buena producción: Al momento de realizar la evaluación el árbol debe contar con más de 50 frutos sanos o producir más de 100 frutos sanos por campaña.

El rango calificativo de las “plantas madre” productoras es el que sigue:

- Mala: Menor de 50 frutos /año.
- Regular: de 51 a 100 frutos /año.
- Buena: 101 a 200 frutos / año.
- Muy buena: superior a los 200 frutos / año
- Tener como mínimo 5 años de producción.
- Ser representativa del tipo o clon.
- Poseer buena estructura (en desarrollo y conformación).

b) Selección del fruto

Cuando la mazorca del cacao alcanza su madurez, las semillas contenidas en su interior están fisiológicamente maduras y dispuestas a germinar, pero si el fruto sobre pasa la madurez se desarrolla la radícula en el interior.

Se deben desechar las mazorcas pequeñas, deformadas por agentes externos como los insectos o la presión de ramas vecinas. Se escogerán mazorcas del tronco de las ramas primarias, pues ellas dan semillas uniformes y más vigorosas las que deben ser manipulados con mucho cuidado evitando el contacto con mazorcas enfermas y evitando los fuertes golpes.

c) Selección de las semillas

Una vez abierta la mazorca se debe evitar dañar a la semilla, escogiendo los granos más vigorosos, que siempre se encuentran en la parte central de la mazorca desechando aquellos que se encuentran en los extremos de la columna placentaria que frecuentemente son más pequeños y adolecen de otros defectos.

d) Conservación de la semilla

Se quita la pulpa a las semillas mediante frotación con cal, arena o aserrín. Luego se deja orear durante ocho horas aproximadamente, para posteriormente desinfectarlas y colocándolas en capas delgadas de aserrín.

e) Obtención de semilla híbrida

Es un método de propagación sexual que ofrece ventajas sustanciales en la obtención de buenos árboles a partir de la semilla híbrida. Para la obtención de semilla híbrida se debe realizar una selección rigurosa de “plantas madres” con las características descritas anteriormente. Una vez escogidos los mejores árboles se realiza el cruce entre ellos empleando la polinización artificial que

es un método muy importante que nos permite obtener las plantas con las características que nos interesa.

2.4. Vivero para la obtención de material vegetal

2.4.1 Ubicación

La ubicación del terreno donde se va a instalar el vivero es de vital importancia para facilitar el manejo de las labores culturales y el control fitosanitario de las plántulas. Se recomienda estar cercanos a una fuente de agua limpia para realizar los riegos en épocas de escasa precipitación (Vinayak y Bagyaraj 1990).

2.4.2 Limpieza y nivelación de terreno

Antes de instalarse el vivero se deben eliminar todas las malezas del área donde se va a ubicar. Es preferible que la topografía del terreno sea plana o en su defecto tenga una ligera inclinación para facilitar el drenaje. Si el terreno presenta irregularidades debe procederse a efectuar la nivelación para que puedan reposar con total comodidad y seguridad las bolsas con los plantones (Sánchez-Espindola et al.1996).

2.4.3 Construcción de semisombras

Para construir viveros temporales se utilizan materiales rústicos disponibles en la zona donde se construirán los mismos. Los postes deben medir 2.50 metros de longitud, de modo que al enterrarlos queden libres 2 metros de la superficie del suelo al techo, distanciados a tres metros uno del otro. El techo se formará con listones de madera, cañabrava, etc. cubierto con hojas de palmeras u otros materiales que permita un 75 - 80 % de sombra inicial, porcentaje óptimo para la germinación de la semilla y el desarrollo de las plantas en su primer período (Ames y Bethlenfalvay 1987).

Este porcentaje de sombra inicial se irá disminuyendo a medida que las plántulas crezcan. Cuando éstas ya se encuentran listas para el transplante, la sombra deberá ser entre 40% a 50% que es la misma que tendrá en el campo definitivo. Las partes laterales de los viveros en lo posible, deben ser tapadas con hojas de palmeras para evitar el daño que puedan causar los animales domésticos o silvestres y proteger el vivero del acceso de personas extrañas al trabajo (Saggin et al. 1992).

Las dimensiones del vivero deben fijarse en función al número de plantas que va a albergar. Se calcula 6.8 metros cuadrados para 500 bolsas. El ancho de las camas donde reposarán las bolsas no debe superar los 1.10 metros para poder manipular las bolsas con suma facilidad cuando se realicen labores de manejo en los viveros. La longitud es variable, de acuerdo al número de plantones. Si se construyen varias camas es necesario dejar pasillos de 0.5 metros de ancho entre sí (Phillips y Hayman 1970).

2.4.4 Preparación del sustrato, llenado y acomodo de bolsas

Para el llenado de las bolsas se utiliza tierra negra virgen, rica en material orgánico, cernida en tamiz para eliminar piedras y otros cuerpos extraños. Para enriquecer el sustrato se adiciona 5 kilogramos de guano de isla a 12.5 carretillas de tierra, volumen que alcanza para llenar 500 bolsas (Maldonado 2002).

Las bolsas de polietileno que se utilizan deben poseer las siguientes características: color negro, espesor de 0.1 milímetros, 20 centímetros de largo, perforaciones bien ubicadas que permitan un excelente drenaje. las bolsas se llenan totalmente y se compacta el sustrato con presiones leves de los dedos de la mano o golpeando con suavidad la base de la bolsa llena contra el suelo (PROAMAZONIA 2002).

Las bolsas se acomodan sobre una superficie completamente uniforme, en filas de doce seguidos de un separador de 8 a 10 centímetros de diámetro que divide una fila de otra. Esta forma de acomodar las bolsas permite que las plantas se desarrollen uniformemente. Debe regarse las bolsas llenas y dejar reposar unos días hasta la siembra para que se descomponga el guano de isla y evitar la muerte de las semillas germinadas o de las plántulas por fototoxicidad. Tampoco debe mantenerse las bolsas llenas por mucho tiempo, sin sombra, por que se compactan (Vásquez 2004).

2.4.5 Obtención de semilla y siembra

En la plantación de cacao por ser un cultivo perenne con una vida útil de producción promedio de 20 años, es muy importante el cuidado selectivo del proceso para obtener las semillas que producirán los patrones. Se eligen las mazorcas maduras y bien constituidas, ubicadas en el tercio superior del tronco donde se encuentran las semillas más grandes para que el patrón crezca vigoroso y sea pronto injertado (Maldonado 2002).

Después de extraídas las semillas de las mazorcas y eliminado el mucílago a través de la frotación con ceniza, aserrín, arena fina, cal apagada o costales de yute, se dispone a orearlas bajo sombra durante 8 horas. Transcurrido este tiempo se las desinfecta con ceniza o cal apagada estando ya aptas para ser sembradas. Para la siembra se coloca una semilla por bolsa en posición horizontal a una profundidad aproximada de 2.5 centímetros y se la cubre con el sustrato (PROAMAZONIA 2002).

Las semillas inducidas a germinado son enterradas en terreno húmedo, de preferencia bajo sombra, durante cinco días al final de los cuales dejan ver su raíz. Para sembrarlas se las introduce verticalmente con la raíz abajo en un hoyo pequeño practicado en el sustrato de la bolsa (Vásquez 2004).

2.4.6 Mantenimiento de viveros

PROAMAZONIA (2002), establece que los principales cuidados que se requieren para mantener los viveros adecuadamente son los siguientes:

El regado diario de los plántones en horas de la mañana en temporada de sequía, es una labor que el agricultor no debe descuidar por ningún motivo. El agua tiene que bañar bien las hojas y la tierra contenida en la bolsa.

- Eliminar en forma manual las malezas que se van desarrollando, para evitar competencia por nutrientes con la planta.
- Es necesario separar a otro lugar las plantas que hayan muerto, las muy débiles, las mal formadas y las raquíticas.
- Cuando los plántones tengan entre 60 a 70 días de edad, estas serán llevados a campo definitivo.
- El entorno del vivero debe permanecer libre de malas hierbas.

2.4.7 Control fitosanitario

Maldonado (2002), indica que la nueva corriente mundial interesada por la agricultura orgánica de alimentos libres de tóxicos, evita en lo posible el uso de fungicidas y pesticidas en el control de plagas y enfermedades de los plántones en viveros. En ese sentido, es recomendable únicamente hacer una buena desinfección al interior de las bolsas con ceniza o cal apagada antes de llenarlas.

2.4.8 Crecimiento en macetas

Vásquez 2004, señala que las existen diferentes opciones para el uso de bolsas:

a) Bolsas de 0.15 mm x 20 cm. x 30 cm.

Bolsas con estas dimensiones deben tener perforaciones en el tercio inferior para evitar el “encharcamiento” que pueda causar daño al plantón. Los plantones se pueden mantener hasta aproximadamente los siete meses de edad, tiempo en el cual adquieren el tamaño del “diámetro de un lápiz”, indicador que advierte de la urgencia de ser injertado con el clon que se desea propagar. Luego de tres meses de ser injertados, estos deben ser trasladados a campo definitivo.

b) Bolsas de 0.15 mm x 12 cm x 15 cm.

Al igual que en el caso anterior, estas bolsas deben tener perforaciones en el tercio inferior para evitar “encharcamiento”. Los plantones pueden ser injertados a partir de la semana de germinación. A esta práctica se le denomina “injerto en fosforito”. También pueden injertarse cuando tengan dos meses de edad fecha que coincide cuando deben ser trasladados a campo definitivo.

La ventaja de utilizar bolsas de estas características es que facilita las actividades de trasplante por lo reducido de su tamaño y poco peso, lo que permite disminuir considerablemente los costos de instalación.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

La presente investigación se realizó en un predio privado de propiedad del tesista, geográficamente ubicado en la siguiente jurisdicción:

Comunidad : Mandarinino
Municipio : Puerto Rico
Provincia : Manuripi
Departamento : Pando



Fotografía N° 1. Ubicación del área experimental

3.2. Equipos, herramientas y material empleado

Los equipos y materiales a utilizar son los siguientes:

3.2.1. Equipos y herramientas

- Carretilla
- Cámara fotográfica digital
- Calibrador
- Cinta métrica
- Pala
- Lampa
- Azadón
- Martillo

- Estacas de 4 x 4 cm.
- Clavos
- Regadera
- Rastrillo
- Machete
- Hojas de motacú trenzadas

3.2.2. Material para substratos

Tierra superficial de bosque

Estiércol bovino en descomposición

Aserrín en descomposición

3.2.3. Material de gabinete.

Material de escritorio

Computadora

Tinta de impresora

Memoria extraíble

3.2.4. Material vegetal

El material vegetal que se utilizó son plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) previamente producidos en el semillero en la misma propiedad.

3.3. Descripción del procedimiento experimental

3.3.1. Obtención del material vegetal

El material vegetal a emplear en la presente investigación constituyen las semillas de cacao obtenidos del Instituto Tecnológico Puerto Rico, los mismos que fueron sembradas directamente en las bolsitas o masetas con los sustratos que son el objeto de estudio en la presente investigación.

3.3.2. Semi-sombra

Las unidades experimentales se ubicaron en la semi-sombra construida de estacas de 2 x 2 pulgadas x 2.5 m de altura, a cada 3 metros de distancia,

recubiertas por hojas de motacú trenzadas que permite el ingreso de 75% de la luz solar.

3.3.3. Preparación de los sustratos orgánicos

La tierra superficial empleada en la preparación de sustratos fue obtenida del bosque circundante, para la preparación de las mezclas se limpió un área de 4x4 metros de superficie aproximadamente. Una vez obtenida la tierra superficial se procedió al preparado de los sustratos con los diferentes materiales orgánicos (estiércol bovino y aserrín).

Obteniéndose los siguientes substratos por tratamiento:

Tratamiento A	80% tierra superficial + 20% estiércol bovino
Tratamiento B	60% tierra superficial + 40% estiércol bovino
Tratamiento C	80% tierra superficial + 20% aserrín.
Tratamiento D	60% tierra superficial + 40% aserrín.
Tratamiento T	Testigo (Tierra de bosque)



Fotografía N° 2. Preparación de sustratos

3.3.4. Llenado de las bolsas

Para el llenado de todas las bolsas, primeramente se procedió al mezclado de la tierra superficial y todos los sustratos orgánicos. Una vez preparado todos los diferentes tipos de sustratos orgánicos se realizó el llenado de las bolsas.



Fotografía N° 3. Llenado de bolsitas

3.3.5. Riegos

Esta actividad se realizó manualmente con una regadera común, utilizando el agua del tanque de la comunidad, la frecuencia del riego durante el periodo seco fue de un riego por día, en los horarios de 7:30 a 8:30 a.m.

3.4. Metodología empleada en la recolección de datos

3.4.1. Altura de la planta:

Se midió la altura desde el nivel del suelo hasta el ápice del talluelo, cada 7 días, hasta que las plántulas alcanzaron una altura adecuada para ser trasladadas al sitio definitivo. Esta medición se efectuó en 9 plántulas centrales de cada unidad experimental.



Fotografía N° 3. Medición de la altura de Planta

3.4.2. Diámetro del tallo

Con la ayuda del calibrador se midió el diámetro del tallo, conjuntamente con la medición de la altura de planta, esta medición también se realizó a 9 plantines centrales por unidad experimental.



Fotografía N° 4. Medición del diámetro de tallo

3.4.3. Porcentaje de Mortalidad

Cada 10 días se efectuó el recuento de plantas vivas y muertas, luego por regla de tres simple se determinó el porcentaje de mortalidad.



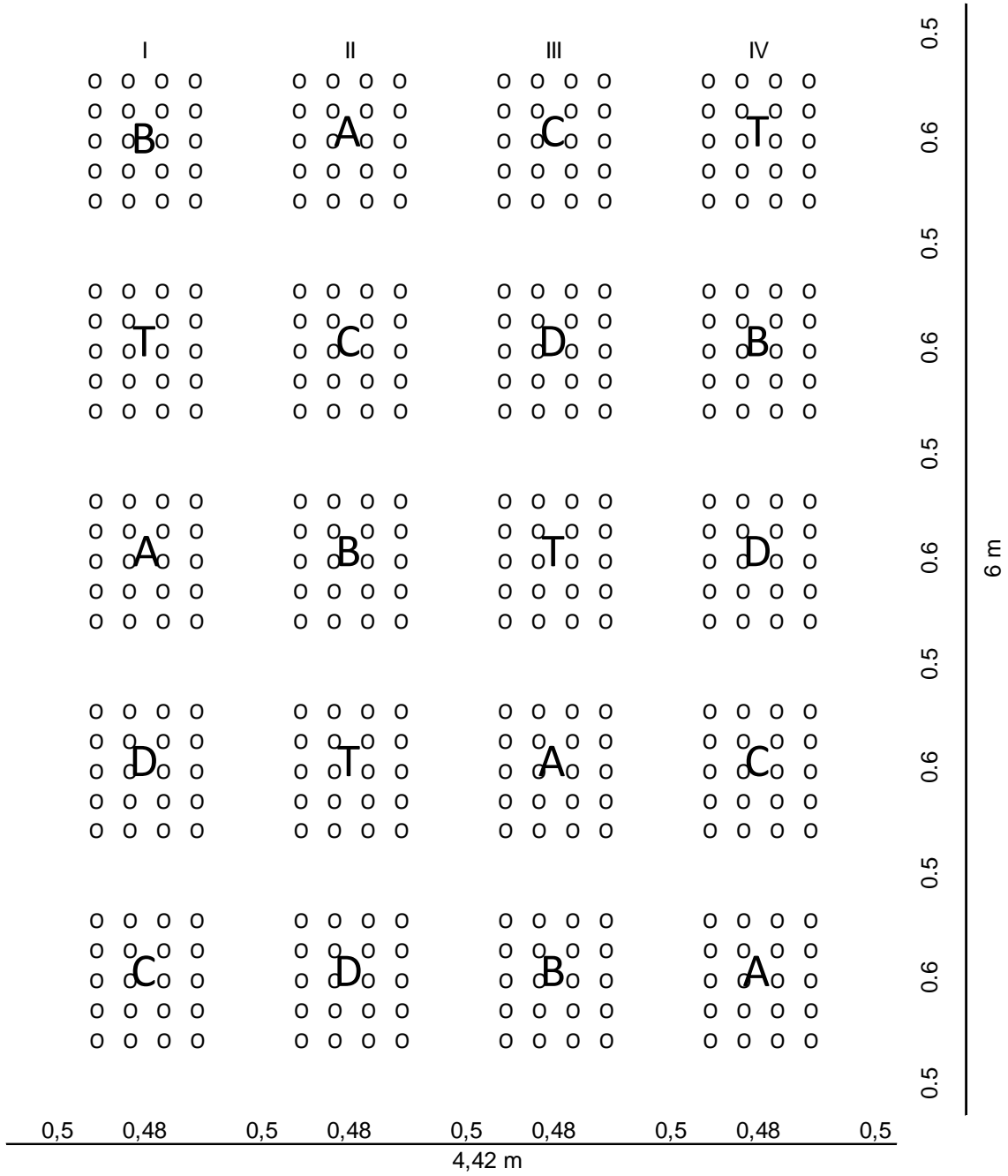
Fotografía N° 5 Registro del número de plantas muertas

3.4. Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue “Bloques al azar” con las siguientes características:

Tratamientos	5
Repeticiones	4
Nº unidades experimentales	20
Tamaño de la unidad experimental	0,288 m ² (0,48 m x 0,60 m)
Nº de plantas por unidad experimental	20
Nº de plantas a evaluar por unidad Exper.	6
Número total de plantines	400
Separación entre tratamientos	0,5 m
Separación entre repeticiones	0,5 m
Área total del experimento	26,52 m ² (6 m x 4,42 m)
Área efectiva del experimento	5,76 m ² (0.288 m ² x 20)

CROQUIS DE CAMPO



Tratamientos

- A = 80% tierra negra + 20% estiércol bovino
- B = 60% tierra negra + 40% estiércol bovino
- C = 80% tierra negra + 20% aserrín
- D = 60% tierra negra + 40% aserrín
- T = 100% tierra negra



Fotografía N° 6. Ubicación de las unidades experimentales

4. RESULTADOS

4.1. Altura de Planta Inicial

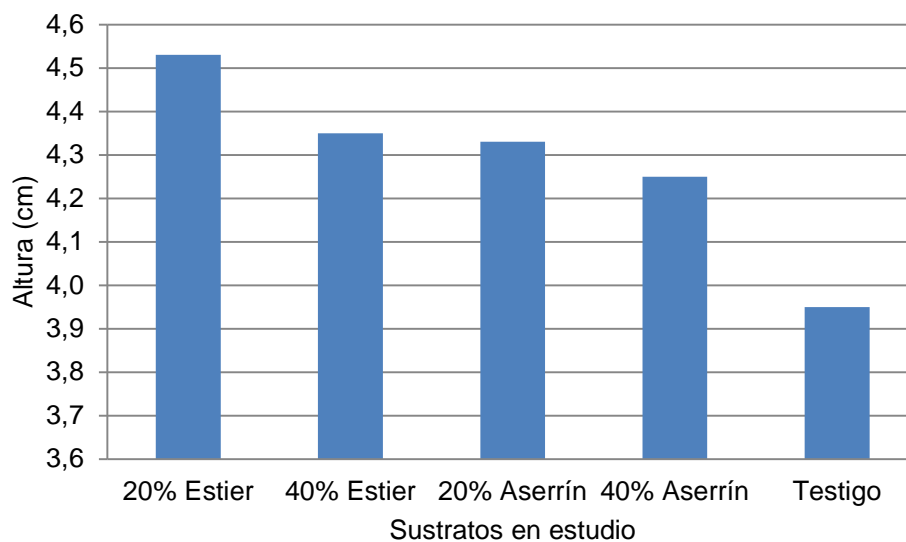
La altura de planta inicial presentó un promedio general de 4,28 cm y varió desde 3,8 cm hasta 5,2 cm. El tratamiento 20% de estiércol bovino registró la mayor altura de planta, mientras que la menor altura se observó en el testigo.

Cuadro N° 1. Altura de planta inicial (cm)

Tratamientos	Repeticiones				Prom.
	I	II	III	IV	
20% Estier bov	4,3	4,8	3,8	5,2	4,53
40% Estier bov	4,5	3,5	4,2	5,2	4,35
20% Aserrín	4,3	4,5	4,5	4,0	4,33
40% Aserrín	3,8	4,0	4,7	4,5	4,25
Testigo	3,8	3,2	3,8	5,0	3,95
Promedio	4,14	4,00	4,20	4,78	4,28

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 1 Altura de planta inicial



4.2. Crecimiento en altura de planta

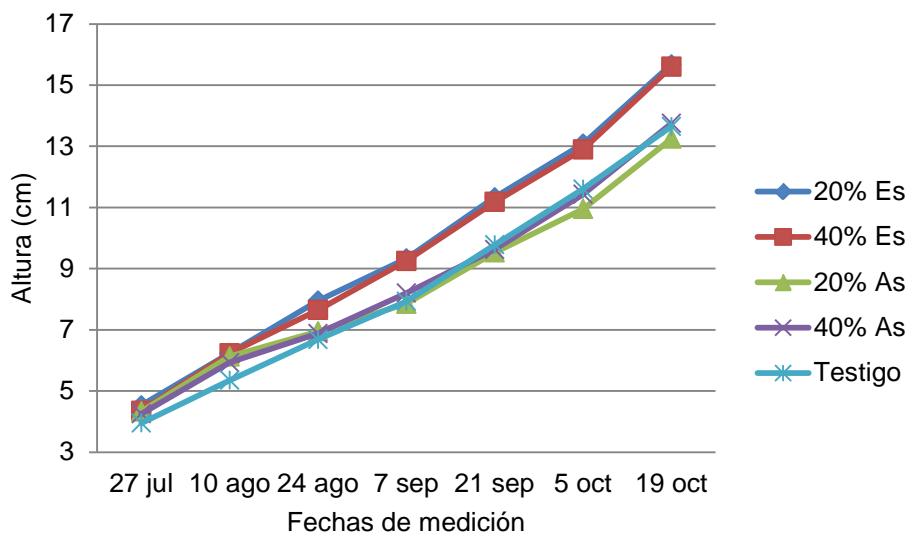
En las seis mediciones efectuadas, la altura de planta registró crecimientos que variaron desde 9,50 cm en el tratamiento 40% de aserrín hasta 11,25 cm en el tratamiento 40% de estiércol bovino. En el gráfico N° 2 se observa que el crecimiento fue sostenido durante todo el periodo de investigación.

Cuadro N° 2. Crecimiento en altura de planta (cm)

Fechas de medición	Tratamientos				
	20% Estier	40% Estier	20% Aserrín	40% Aserrín	Testigo
27 Jul	4,53	4,35	4,33	4,25	3,95
10 Ago	6,23	6,23	6,13	5,93	5,35
24 Ago	7,95	7,65	6,95	6,88	6,68
7 Sep	9,33	9,25	7,85	8,20	7,93
21 Sep	11,33	11,18	9,53	9,63	9,78
5 Oct	13,08	12,90	10,95	11,43	11,60
19 Oct	15,68	15,60	13,25	13,75	13,65
Crecim. abs	11,15	11,25	8,92	9,50	9,70

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 2. Crecimiento en altura de planta (cm)



4.3. Altura de Planta Final

La altura de planta final presentó un promedio general de 11,99 cm y varió desde 10,0 cm hasta 13,8 cm. El tratamiento 20% de estiércol bovino registró la mayor altura de planta, mientras que la menor altura se observó en el tratamiento 20% de aserrín.

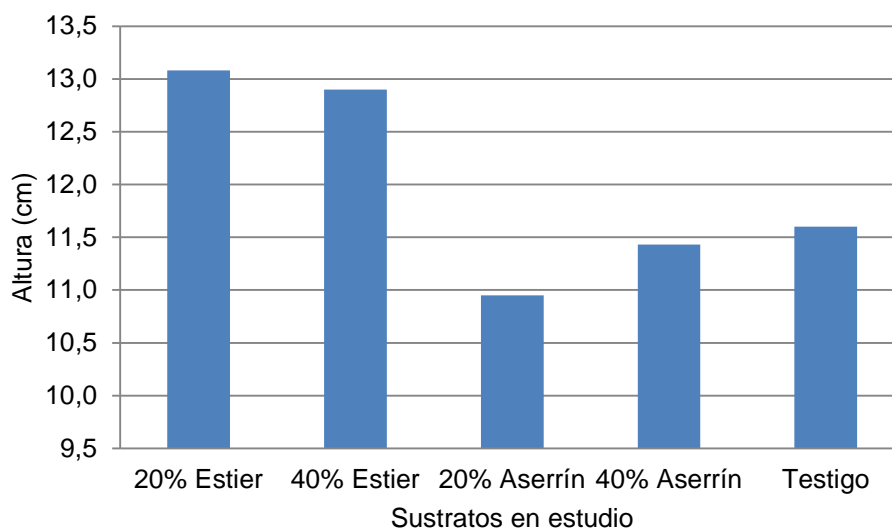
En resumen, el estiércol bovino tuvo efectos favorables, mientras que el aserrín tuvo efecto adverso en el crecimiento de plántulas de cacao.

Cuadro N° 3. Altura de planta final (cm)

Tratamientos	Repeticiones				Prom.
	I	II	III	IV	
20% Estier bov	13,4	12,3	13,8	12,8	13,08
40% Estier bov	13,8	13,0	11,6	13,2	12,90
20% Aserrín	12,0	10,0	10,8	11,0	10,95
40% Aserrín	10,8	12,2	10,0	12,7	11,43
Testigo	10,7	10,7	12,2	12,8	11,60
Promedio	12,14	11,64	11,68	12,50	11,99

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 3 Altura de planta final



4.4. Diámetro de tallo Inicial

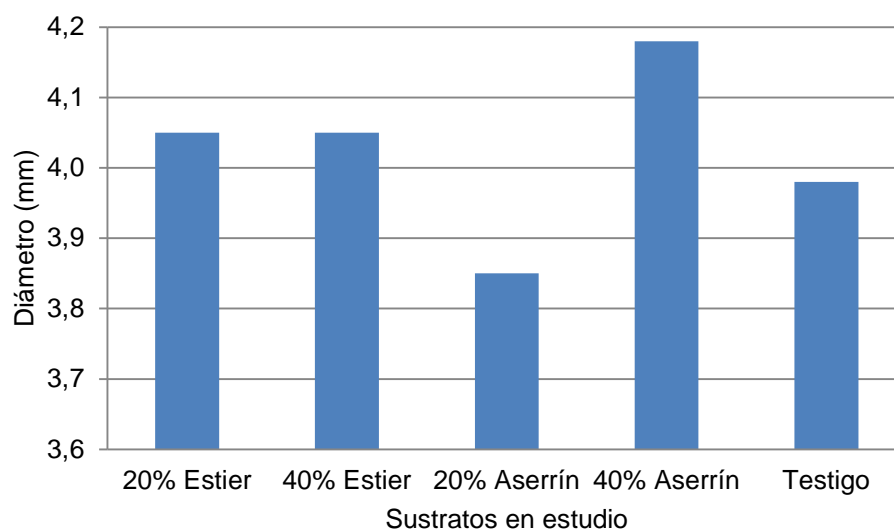
El diámetro de tallo inicial presentó un promedio general de 4,02 mm y varió desde 3,6 mm hasta 4,5 mm. El tratamiento 40% de aserrín registró el mayor diámetro de tallo, mientras que el menor diámetro se observó en el tratamiento 20% aserrín.

Cuadro N° 4. Diámetro de tallo inicial (mm)

Tratamientos	Repeticiones				Prom.
	I	II	III	IV	
20% Estier bov	4,2	3,8	4,2	4,0	4,05
40% Estier bov	4,0	4,2	4,2	3,8	4,05
20% Aserrín	4,0	3,7	3,7	4,0	3,85
40% Aserrín	4,5	4,0	4,0	4,2	4,18
Testigo	3,8	4,0	4,5	3,6	3,98
Promedio	4,10	3,94	4,12	3,92	4,02

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4 Altura de planta inicial



4.5. Crecimiento en diámetro

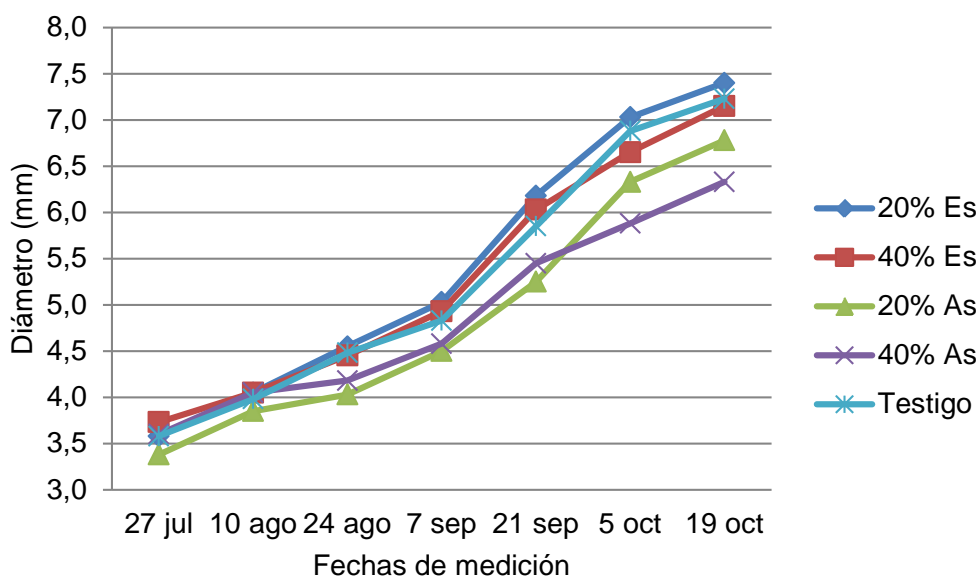
En las seis mediciones efectuadas, el diámetro de tallo registró crecimientos que variaron desde 2,73 cm en el tratamiento 40% de aserrín hasta 3,82 cm en el tratamiento 20% de estiércol bovino. En el gráfico N° 5 se observa que el crecimiento registró variaciones significativas en el periodo de estudio.

Cuadro N° 5. Crecimiento en diámetro de tallo (mm)

Fechas de medición	Tratamientos				
	20% Estier	40% Estier	20% Aserrín	40% Aserrín	Testigo
27 Jul	3,58	3,73	3,38	3,60	3,58
10 Ago	4,05	4,05	3,85	4,05	3,98
24 Ago	4,55	4,45	4,03	4,18	4,48
7 Sep	5,03	4,93	4,50	4,58	4,83
21 Sep	6,18	6,03	5,25	5,45	5,85
5 Oct	7,03	6,65	6,33	5,88	6,88
19 Oct	7,40	7,15	6,78	6,33	7,23
Crecim. abs	3,82	3,42	3,40	2,73	3,65

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 5. Crecimiento en diámetro de tallo



4.6. Diámetro de tallo final

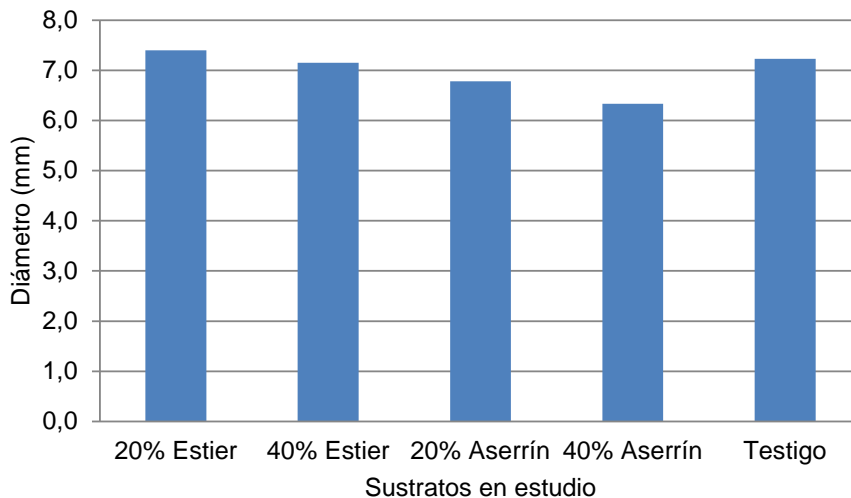
El diámetro de tallo final presentó un promedio general de 6,98 mm y varió desde 6,0 mm hasta 8,2 mm. El tratamiento 20% de estiércol bovino registró la mayor el mayor diámetro de tallo al final, mientras que el menor diámetro se observó en el tratamiento 40% de aserrín. En resumen, el estiércol bovino tuvo efectos favorables, mientras que el aserrín tuvo efecto adverso en el crecimiento en diámetro de las plántulas de cacao.

Cuadro N° 6. Diámetro de tallo final (mm)

Tratamientos	Repeticiones				Prom.
	I	II	III	IV	
20% Estier bov	7,5	8,2	6,5	7,4	7,40
40% Estier bov	8,0	6,3	7,0	7,3	7,15
20% Aserrín	6,0	6,3	7,6	7,2	6,78
40% Aserrín	5,6	6,9	6,1	6,7	6,33
Testigo	7,6	6,5	7,4	7,4	7,23
Promedio	6,94	6,84	6,92	7,20	6,98

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 6 Diámetro de tallo final



4.7. MORTALIDAD DE PLANTAS

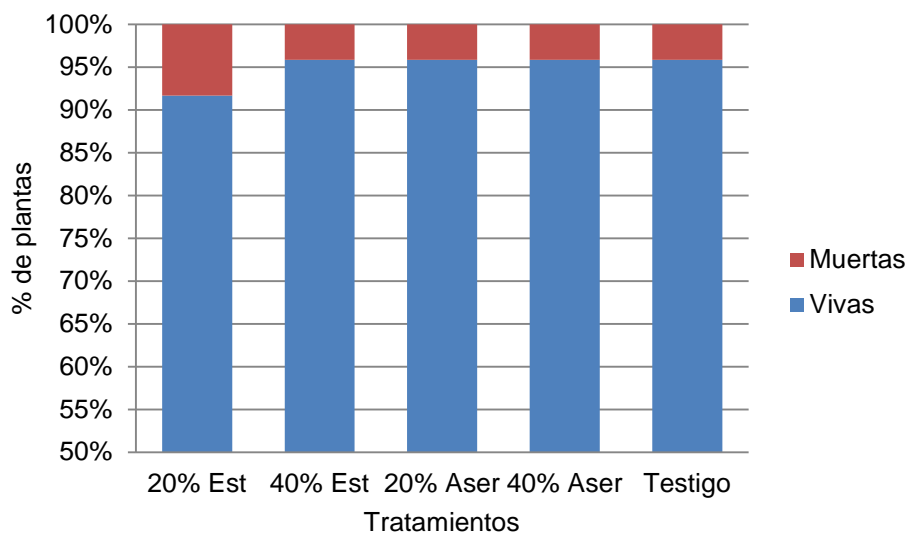
En el cuadro N° 7, se detalla el número de plantas vivas y muertas así como el porcentaje de mortalidad en cada tratamiento. Los resultados indican que la mayor mortalidad (8,3%) se registró en el tratamiento 20% de Aserrín, mientras que en los demás tratamientos la mortalidad fue homogénea con 4,2%.

Cuadro N° 7. Tasa de mortalidad

Tratamientos	PI Vivas	PI Muertas	Total	% mortalidad
20% Estier bov	22	2	24	8,3%
40% Estier bov	23	1	24	4,2%
20% Aserrín	23	1	24	4,2%
40% Aserrín	23	1	24	4,2%
Testigo	23	1	24	4,2%
Total	114	6	120	5,0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 7. Porcentaje de mortalidad de plantas



5. DISCUSIÓN

5.1. Factores climáticos

Según (Amazonía 2004), el cacao es una planta que necesita un adecuado suministro de agua para efectuar sus procesos metabólicos. En términos generales, la lluvia es el factor climático que más variaciones presenta durante el año. Su distribución varía notablemente de una a otra región y es el factor que determina las diferencias en el manejo del cultivo. La precipitación óptima para el cacao es de 1,600 a 2,500 mm distribuidos durante todo el año. Precipitaciones que excedan los 2,600 mm pueden afectar la producción del cultivo de cacao.

Por su parte (Ferrera-Cerrato 2001), afirma que la temperatura es un factor de mucha importancia debido a su relación con el desarrollo, floración y fructificación del cultivo de cacao. La temperatura media anual debe ser alrededor de los 25°C. El efecto de temperaturas bajas se manifiesta en la velocidad de crecimiento vegetativo, desarrollo de fruto y en grado en la intensidad de floración (menor intensidad). Así mismo, controla la actividad de las raíces y de los brotes de la planta. La temperatura para el cultivo de cacao debe estar entre los valores siguientes: mínima de 23°C, máxima de 32°C y óptima de 25°C. Las temperaturas extremas definen los límites de altitud y latitud para el cultivo de cacao.

Finalmente (Maldonado 2002), señala que la absorción del agua y de los nutrientes por las raíces de la planta del cacao está regulada por la temperatura. Un aspecto a considerar es que a temperaturas menores de 15°C la actividad de las raíces disminuye.

El área de estudio tiene un clima tropical húmedo cálido, donde la temperatura promedio es de 25,4°C y varía desde 23,6°C en el mes de junio hasta 26,4°C en el mes de octubre, la precipitación pluvial es de 1834 mm al año, los meses más secos son junio y julio con precipitaciones menores a 30 mm, mientras que los meses más lluviosos van de diciembre a febrero con precipitaciones superiores a 200 mm mes (ZONISIG, 1997), estas características hacen que la

región presente condiciones favorables para el crecimiento del cacao en fase de vivero.

5.2. Efecto de los sustratos en el crecimiento de cacao

Según Aguirre-Medina *et al.* (2007), la biofertilización del cacao en vivero con los microorganismos utilizados, solos o combinados, favorece el desarrollo y la asignación de materia seca de los componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento de la planta. Los órganos con mayor efecto fueron la raíz y la lámina foliar. La respuesta del cacao a los microsimbiontes en el suelo tratado y sin tratar sugiere la interacción con otros microorganismos en la inducción de su desarrollo vegetal. La mayor respuesta de las plántulas de cacao a la biofertilización en suelo tratado, se indujo con *Glomus intraradices*, solo o en combinación con *Azospirillum brasilense* en el suelo no tratado. En general, las plantas inoculadas presentaron en el tejido vegetal los valores más altos de N₂, P y Ca₂₊ en suelo no tratado en comparación con el testigo.

En la presente investigación, el sustrato compuesto de 80% de tierra superficial + 20% de estiércol bovino, dio lugar a una mejor emergencia y crecimiento de las plántulas de cacao, toda vez que durante el periodo de estudio con este tratamiento se alcanzó una altura de 13,08 cm y un diámetro de tallo de 7,40 mm. Mientras que el aserrín en las dosis de 20% y 40% tuvo efectos adversos en el crecimiento de las plántulas de cacao, toda vez que la altura final de la planta fue de 10,95 y 11,43 cm respectivamente, inferior al testigo (100% tierra superficial) que alcanzó una altura de 11,60 cm. Similar situación ocurrió con el crecimiento en diámetro de tallo, toda vez que al final del experimento las dosis de 20% y 40% de aserrín solo alcanzaron valores de 6,68 y 6,33 mm inferior al alcanzado por el testigo que fue 7,23 mm.

También se observó una mortalidad global del 5% (6 plantas de 120), la mayor mortalidad se observó en el tratamiento 80% de tierra superficial + 20% de estiércol bovino. Sin embargo esta tasa de mortalidad no es significativo toda vez que resultados de otras investigaciones reportan tasas de mortalidad similar o aún superior.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

Los resultados obtenidos y la comparación con la bibliografía especializada, nos permiten efectuar las siguientes conclusiones:

- El área de estudio, donde la temperatura promedio es de 25,4°C y varía desde 23,6°C en el mes de junio hasta 26,4°C en el mes de octubre, la precipitación pluvial es de 1834 mm al año, los meses más secos son junio y julio con precipitaciones menores a 30 mm, mientras que los meses más lluviosos van de diciembre a febrero con precipitaciones superiores a 200 mm mes, hacen que la región presente condiciones favorables para el crecimiento del cacao en fase de vivero.
- En promedio en los tres meses de crecimiento en vivero la altura de planta pasó de 4,28 cm a 11,99 con un incremento absoluto de 7,71 cm, mientras que el diámetro de tallo pasó de 4,02 a 6,98 mm con un incremento absoluto de 2,96 mm.
- El tratamiento o sustrato compuesto por 80% de tierra superficial + 20% de estiércol bovino permitió un mayor crecimiento de las plántulas de cacao en fase de vivero, toda vez que en altura de planta pasó de 4,53 a 15,68 cm con incremento absoluto de 11,15 cm; mientras que en diámetro de tallo paso de 3,58 a 7,40 mm con incremento absoluto de 3,82 mm.
- El tratamiento o sustrato compuesto por tierra superficial + aserrín tuvieron efecto adverso sobre el crecimiento de plántulas de cacao toda vez que tanto la altura de planta como el diámetro de tallo alcanzado al final del experimento fueron inferiores al testigo (100% tierra superficial).
- La tasa de mortalidad registrada (5%) no fue significativo, aunque en mayo proporción en el tratamiento 20% de estiércol bovino, toda vez que fue inferior a las registradas en otras investigaciones.

6.2. Recomendaciones

De manera preliminar, a la conclusión de la presente investigación el autor se permite efectuar las siguientes recomendaciones:

- A los productores interesados en producir plántulas de cacao en las condiciones agroecológicas del municipio de Puerto Rico, se recomienda emplear el tratamiento 80% de tierra superficial + 20% de estiércol bovino haber obtenido rendimiento superior a la otra variedad.
- Desarrollar nuevas investigaciones empleando otros sustratos como la cáscara de castaña en descomposición, estiércol de aves, turba o materia orgánica de las orillas del río, etc.
- Continuar con la investigación, es decir con el trasplante al sitio definitivo, tanto en monocultivo como parte de sistemas agroforestales donde se emplee el cacao.
- Difundir los resultados de la presente investigación entre los interesados e instituciones públicas y ONGs responsables del desarrollo productivo en el Municipio y en el Departamento.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Aguirre-Medina J. F; Mendoza-López, A; Cadena-Iñiguez J. y Avendaño-Arrazate, C. H. (2007). Efecto de la biofertilización en vivero del cacao. México.
2. Alarcón A, Ferrera-Cerrato R (2000) Biofertilizantes: Importancia y utilización en la agricultura. Agric. Tec. Mex. 26: 191-203.
3. Ames RN, Bethlenfalvay G (1987) Localized increase in nodule activity but no competitive interactions of cowpea rhizobia due to pre-establishment of vesicular-arbuscular mycorrhiza. New Phytol. 106: 207-215.
4. González-Chávez MC, Ferrera-Cerrato R (1996) Efecto de diferentes dosis de inóculo endomicorrízico en la dinámica de crecimiento de *Citrus volkamericana*. En Pérez-Moreno
5. Ferrera-Cerrato R (2001) Agroecología y Desarrollo Sostenible. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp. 374-376.
6. Maldonado F (2002). Informe de Mercado Cacao Silvestre (*Theobroma cacao*). La Paz, Bolivia. pp. 4-18.
7. Phillips JM, Hayman DJ (1970) Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Br. Mycol. Soc. 55: 158-161.
8. PROAMAZONIA Programa para el Desarrollo de la Amazonia (2004). Manual del cultivo del cacao. Ministerio de Agricultura. Perú. pp. 9-21.
9. Reganold JP, Papendick RI, Parr JF (1990) Sustainable agriculture. Sci. Am. 262: 111-120. Rovira AD, Bowen GD, Foster

10. Saggi OJ, Siqueira JO, Colozzi-Filho A, Oliveira E (1992) A infestação do solo com fungos micorrízicos no crescimento post-transplante de mudas de cafeeiro não micorrizadas. Rev. Bras. Cienc. Solo 16: 39-46.
11. Sánchez-Espindola ME, González-Chávez MC, Ferrera-Cerrato R (1996) Manejo de micorriza arbuscular en plantas de papaya. En Pérez-Moreno J, Ferrera-Cerrato R (Eds.) Agroecología y Desarrollo Sostenible. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp. 405-407.
12. Sieverding E (1989) Ecology of VAM fungi in tropical agrosystems. Agr. Ecosyst. Env. 29:369-390.
13. Siqueira JO, Colozzi-Filho A, Saggi OJ, Guimarães TG, Oliveira E (1993) Crescimento de mudas e produção do cafeeiro sob influencia de fungos micorrízicos e superfosfato. Rev. Bras. Cienc. Solo 17: 53-60.
14. Vasquez F. (2004). Trabajos de Investigación en Cacao (*Theobroma cacao* L.) en la finca Bulbuxya. Fausac, Guatemala.
15. Vinayak K, Bagyaraj DJ (1990) Vesicular-arbuscular mycorrhizae screened for Troyer Citrange. Biol. Fertil. Soil. 9: 311-314.
16. ZONISIG 1997. Zonificación Agroecológica y Socioeconómica del Departamento Pando. Prefectura del departamento Pando con la Cooperación de la Embajada de los Países Bajos. La Paz, Bolivia.