

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CONSERVACION DE
SUELOS Y AGUA**



**EFFECTO DEL BIOL Y ESTIERCOL DE OVINO EN LAS PROPIEDADES DEL
SUELO Y CRECIMIENTO DEL CACAO (*Theobroma cacao L.*) EN EL VIVERO
FORESTAL DE LA FACULTAD DE R.N.R. - UNAS**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

LINDSAY HELEN MAMILOVICH SANCHEZ

TINGO MARÍA - PERÚ

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 18 de Diciembre de 2018, a horas 8:00 p.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“EFECTO DEL BIOL Y ESTIERCOL DE OVINO EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y CRECIMIENTO DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN EL VIVERO FORESTAL DE LA FACULTAD DE R.N.R. - UNAS”

Presentado por la Bachiller: **MAMILOVICH SANCHEZ, Lindsay Helen**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“BUENO”**

En consecuencia, la sustentante queda apta para optar el Título de **INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 05 de Abril de 2019.

Ing. MSc. **JOSÉ LÉVANO CRISÓSTOMO**
PRESIDENTE

Ing. Mg. **ROBERTO OBREGÓN PEÑA**
MIEMBRO

Ing. MSc. **JAIME J. CHAVEZ MATIAS**
MIEMBRO

Dr. **LUCIO MANRIQUE DE LARA SUÁREZ**
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA



EFFECTO DEL BIOL Y ESTIERCOL DE OVINO EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y CRECIMIENTO DEL CACAO (*Theobroma cacao L.*) EN EL VIVERO FORESTAL DE LA FACULTAD DE R.N.R. - UNAS

Autor	: Bach. MAMILOVICH SANCHEZ, Lindsay Helen
Asesor	: Ing. M. Sc. MANRIQUE DE LARA SUAREZ, Lucio
Programa de Investigación	: Ciencias Básicas.
Línea (s) de Investigación	: Física y Química del Suelo.
Eje Temático de Investigación	: Manejo de abonos orgánicos
Lugar de Ejecución	: Vivero Forestal de la F.R.N.R.-UNAS
Duración	Fecha de Inicio : 04 junio del 2018
	Termino : 20 noviembre del 2018
Financiamiento	: Propio

2018

DEDICATORIA

A Dios, por haberme concedido la vida
y salud para lograr mis objetivos,
además de su infinita bondad y amor.
Y porque nunca me desamparo.

A mis dos Madres porque con sus
esfuerzos han formado a la persona
que soy y apoyándome en todo
momento, por sus consejos, sus
valores, por la motivación constante
que me ha permitido ser una persona
de bien, pero más que todo, por su
amor.

A mi hermana que siempre estuvo
presente, acompañándome en todo y
fue motivación para querer
superarme. A mis amigos que siempre
fueron parte de mi formación
profesional.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables – Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua que contribuyeron a mi formación profesional.
- A mi asesor Ing. M Sc, MANRIQUE DE LARA SUAREZ, Lucio por su valiosa colaboración.
- A los miembros del jurado de tesis, Ing. MSc. José LEVANO CRISOSTOMO, Ing. MSc. Jaime CHAVEZ MATIAS e Ing. MSc. Roberto OBREGON PEÑA.
- A mi Mamá y a mi única hermana que sin su apoyo incondicional y sus consejos nunca hubiera logrado todo esto.
- A mi angelita Valentina por enseñarme a luchar ante toda adversidad, a dar todo hasta el último y cumplir mis metas y promesas.

RESUMEN

El presente trabajo de tesis se llevó a cabo en la provincia de Leoncio Prado en el vivero forestal de la Facultad de Recursos Naturales, la preparación del sustrato que se usaría en los plántones fue previamente esterilizada y combinada con guano de isla para que brinde un mejor resultado en la investigación; cuya investigación se basó en la necesidad de conocer cuál de los dos abonos orgánicos (biol y estiércol de ovino) presenta mejores resultados en los plántones de cacao (*Theobroma Cacao* L.), con el objetivo principal de conocer si hay efecto del Biol y Estiércol de ovino en las propiedades del suelo y en el crecimiento de los plántones de cacao CCN-51. Luego de instalar los viveros con los plántones de cacao respectivamente y ordenada con los tratamientos respectivos se realizaron las evaluaciones correspondientes cada 15 días, durante los 6 meses de evaluación. Ya con los análisis concluidos se determinó que el mejor resultado en altura de los plántones de cacao CCN51 lo obtuvo el tratamiento T₄ (Suelo agrícola más biol 1.5 L) con 0.59 cm y el menor lo obtuvo el tratamiento T₅ que es el testigo con 0.44 cm. Y en la determinación de diámetro de tallo obtuvo el mejor resultado el tratamiento T₄ (Suelo agrícola más biol 1.5 L) con un diámetro de 0.71 cm y el menor el tratamiento T₂ que es el testigo con 0.45 cm; tanto en el contenido de número de hojas; el mayor resultado lo obtuvo el tratamiento T₅ (Testigo) con 7.15 unidades y el menor lo obtuvo el tratamiento T₂ con 6.51 unidades; En el contenido de área foliar obtuvo el mejor resultado el tratamiento T₄ (Suelo agrícola más biol 1.5 L) con 174.05 cm² y el menor resultado lo obtuvo el tratamiento T₅ con 126.35 cm². En el

análisis físico la textura no cambio se mantuvo en franco arcilloso, en los análisis químicos, en cuanto al pH el mayor contenido lo obtuvieron el T₁ con 7.35 y T₂ con 7.35 y el menor el T₃ con 7.30, T₄ con 7.10 y T₅ con 7.30; en materia orgánica y nitrógeno el mayor contenido le obtuvo el T₄ con 5.56% y 0.25% respectivamente y el menor el T₄ con 1.95% y 0.09% respectivamente, en fósforo y potasio mayor contenido le obtuvo el T₄ con 15.83 ppm y 364.56 k₂O respectivamente y el menor el T₅ con 10.23 ppm y 257.32 k₂O respectivamente, en la CIC el mayor contenido le obtuvo el T₄ con 12.03 Cmol(+)/kg y el menor el T₅ con 9.75 Cmol(+)/kg. Es por ello que se concluye que el mejor resultado en toda la investigación lo obtuvo el T₄ (Suelo agrícola más biol 1.5 L), lo cual indica que las dosis agregadas al suelo es la mejor opción para la producción de plantones de Cacao CCN-51.

ÍNDICE

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Generalidades sobre el cacao.....	3
2.2. Condiciones edafoclimáticas para el cultivo del cacao.....	3
2.2.1. Precipitación	4
2.2.2. Temperatura	5
2.2.3. Viento	6
2.2.4. Altitud.....	6
2.2.5. Luminosidad	7
2.3. Requerimiento de suelos para el cultivo del cacao	7
2.3.1. Suelo	8
2.3.2. Drenaje	8
2.3.3. pH del suelo.....	8
2.3.4. Materia orgánica.....	9
2.3.5. Topografía	9
2.4. Siembra en el vivero.....	10

2.4.1. Crecimiento de la planta de cacao.....	11
2.4.2. Crecimiento de las raíces del cacao	11
2.4.3. Ventajas de la aplicación de biofertilizantes en los cultivos...	12
2.5. Efectos de la aplicación de los biofertilizantes en el suelo	13
2.6. El Estiércol	14
2.6.1. Utilidad del estiércol.....	14
2.6.2. Ventajas del estiércol.....	14
2.7 Biol	15
2.7.1 Utilidad del biol	16
2.7.2 Ventajas del biol	17
2.7.3 Desventajas del biol.....	18
2.7.4 Tipos de biol	19
2.8. Propiedades físicas del suelo.....	19
2.8.1. Textura del suelo	19
2.9. Propiedades químicas del suelo.....	20
2.9.1. El pH del suelo.....	20
2.9.2. Materia orgánica del suelo.....	22
2.9.3. Nitrógeno del suelo.....	24
2.9.4. Fósforo del suelo	26

2.9.5. Potasio del suelo	27
2.9.6. Calcio y magnesio del suelo	28
2.9.7. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	29
III. MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1. Ubicación del lugar de ejecución.....	31
3.2. Características climatológicas	31
3.3. Componentes en estudio	31
3.3.1. Materiales	31
3.3.2. Equipos.....	32
3.4. Metodología	32
3.4.1. Fase de campo	32
3.4.2. Fase de laboratorio	32
3.4.3. Fase de vivero	32
3.4.4. Parámetros a evaluar	35
3.4.5. Tratamiento en estudio	36
3.4.6. Diseño experimental	37
3.4.7. Modelo aditivo lineal	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38

4.1. Evaluación del efecto del Biol y Estiércol de ovino en diferentes concentraciones.....	38
4.1.1 Altura de Tallo.....	38
4.1.2 Diámetro de Tallo	40
4.1.3 Cantidad de Hojas	42
4.1.4 Área Foliar	44
4.2. Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo	47
4.2.1. Propiedades físicas del suelo	47
4.2.2. Propiedades químicas del suelo	48
V. CONCLUSIONES	55
VI. RECOMENDACIONES.....	57
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Niveles de pH.....	21
2. Niveles de la materia orgánica	24
3. Niveles de contenido de nitrógeno	25
4. Niveles del fósforo.....	27
5. Niveles de contenido de potasio	28
6. Niveles de capacidad de intercambio catiónico para un pH	30
7. Descripción de los tratamientos en estudio.....	36
8. Esquema del análisis de varianza.	37
9. Análisis de varianza para altura de planta (m)	38
10. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para la altura de planta	39
11. Análisis de varianza para diámetro de tallo (cm).....	40
12. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el diámetro de tallo	41
13. Análisis de varianza para número de hojas (unidades).....	43
14. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el número de hojas	43
15. Análisis de varianza para área foliar (cm ²).....	45
16. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para área foliar	46

17. Textura al inicio y final del experimento	48
18. pH al inicio y final del experimento	49
19. Materia orgánica y nitrógeno al inicio y final del experimento	50
20. Fósforo al inicio y final del experimento	51
21. Potasio al inicio y final del experimento	52
22. CIC al inicio y final del experimento	53
23. Promedios de Altura De Planta (m).....	64
24. Promedio de Diámetro De Tallo (Cm)	64
25. Promedio de Cantidad De Hojas (Unidades)	64
26. Promedio de área foliar (cm ²)	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Promedio de la altura de los plantones de cacao.....	39
2. Promedio del diámetro de tallo.....	42
3. Número de hojas obtenidas.	44
4. Número de hojas obtenidas con los diferentes tratamientos.....	46
5. Obtención de abono orgánico (estiércol de ovino).	66
6. Almacenamiento de biol.	66
7. Germinación de semillas de cacao CCN-51.....	67
8. Ubicación de los tratamientos en el área seleccionada.	67
9. Ubicación de bolsas en el área seleccionada.	68
10. Evaluación de los plantones.....	68
11. Medición de altura de plantones.	69
12. Plantones de cacao después de 4 meses de evaluación.....	69

I. INTRODUCCIÓN

La población mundial en la actualidad se desarrolla bajo el cadáver de nuestro planeta y seguirá destruyendo todo lo que pueda, ya las consecuencias del mal uso del bosque y suelo, se está observando, muchos suelos agrícolas ya están perdiendo la capacidad de protección, conservación y producción de cultivos integrales.

Técnicamente el cacao es un cultivo de fácil manejo y constituye una alternativa de diversificación importante, por las condiciones agroclimáticas favorables y por la expectativa que los pobladores tienen para establecer plantaciones que resuelvan su precaria economía, razones por la cual resulta de suma importancia promover la instalación de plantaciones de cacao en sistemas agroforestales como una alternativa de diversificación de la producción agropecuaria (ICT, 2014).

En la actualidad, la agricultura se orienta particularmente a la producción orgánica, el uso del estiércol de ovino y bioles en varios cultivos demuestran su efectividad como biofertilizante y biocontrolador de patógenos, el estiércol de ovino y el biol contribuye a una agricultura sostenible y un ambiente más

saludable, entre los beneficios que brinda el Estiércol de ovino y biol se tiene bajo costo de producción, mejorando así las propiedades físicas y químicas (fertilidad) de los suelos (CORCUERA, 2001).

En el presente trabajo se resolvió la interrogante ¿El biol o el Estiércol de ovino en diferentes dosis tendrán el mismo efecto en la producción de plantones de cacao? En base a lo mencionado se plantean los siguientes objetivos para la investigación.

Objetivo general

Determinar el efecto del Biol y Estiércol de ovino en las propiedades del suelo y crecimiento de las plantas de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao L.*) en el Vivero Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables - UNAS.

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del Biol y Estiércol de ovino a diferentes concentraciones en los parámetros, altura, diámetro, área foliar de las plantas de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao L.*).
- Evaluar las propiedades físico – químicas (pH, M.O, N, P, K y CIC) del suelo antes y después de la investigación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades sobre el cacao

El cultivo de cacao es un típico cultivo perenne y pertenece a la familia *Sterculiaceae* cuya principal característica es que sus miembros producen flores y frutas en el tallo y ramas. Es, además, un cultivo que crece y produce en forma adecuada cuando está protegido por la sombra de árboles de otras especies.

Para que el cacao represente un buen negocio para el agricultor, una plantación debe producir entre el quinto o sexto año de establecida, más de 1 000 kg de grano seco por hectárea.

Para lograrlo, no es suficiente que el cultivo se establezca en zonas con condiciones apropiadas de clima y suelo, o sembrar semilla certificada de buena calidad; se requiere también, aplicar en forma oportuna una serie de prácticas sencillas y fáciles de ejecutar, que van a asegurar larga vida de la plantación y producciones rentables (GOMEZ, 2007).

2.2. Condiciones edafoclimáticas para el cultivo del cacao

El crecimiento, desarrollo y la buena producción del cacao están estrechamente relacionados con las condiciones medioambientales de la zona donde

se cultiva. Es por ello que los factores climáticos influyen en la producción de una plantación; por lo tanto, las condiciones térmicas y de humedad deben ser satisfactorias para el cultivo por ser una planta perenne y que su periodo vegetativo como la época de floración, brotamiento y cosecha está regulado por el clima, cuya relación del transcurso climático y el periodo vegetativo nos permite establecer los calendarios agroclimáticos.

Las interacciones que existen entre la planta y el medio ambiente son difíciles de entender para mejorar el medio en que crece el cacao. Como un cultivo de trópico húmedo, el cacao es comercialmente cultivado entre las latitudes 15° N y 15° S del Ecuador. Excepcionalmente se encuentran en las latitudes sub tropicales a 23° N y 25° S (ICT, 2014).

Cuando se define un clima apropiado para el cultivo de cacao generalmente se hace referencia a la temperatura y la precipitación (lluvia), considerados como los factores críticos del crecimiento. Así mismo, el viento, la radiación solar y la humedad relativa afectan muchos procesos fisiológicos de la planta (MORE, 2002).

2.2.1. 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 fluctúa 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 (REUTER, 2006).

2.2.2. 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
- Optima de 25 °C

Las temperaturas extremas definen los límites de altitud y latitud para el cultivo de cacao. 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; temperaturas muy elevadas pueden afectar las raíces superficiales de la planta del cacao limitando su capacidad de absorción, por lo que se recomienda proteger el suelo con la hojarasca existente. Del mismo modo, la rápida descomposición de la materia

orgánica en el suelo a través de la oxidación y en presencia de la humedad está determinada por la temperatura (CRESPO, 1997).

2.2.3. Viento

Es el factor que determina la velocidad de evapotranspiración del agua en la superficie del suelo y de la planta. En las plantaciones expuestas continuamente a vientos fuertes se produce la defoliación o caída prematura de hojas. En plantaciones donde la velocidad del viento es del orden de 4 m/seg y con muy poca sombra, es frecuente observar defoliaciones fuertes, comparativamente, en regiones con velocidades de viento del 1 a 2 m/seg no se observa dicho problema (BERTONI, 2000).

2.2.4. Altitud

El cacao crece mejor en las zonas tropicales cultivándose desde el nivel del mar hasta los 800 metros de altitud. Sin embargo, en latitudes cercanas al ecuador las plantaciones desarrollan normalmente en mayores altitudes que van del orden de los 1 000 a 1 400 msnm. La altitud no es un factor determinante como lo son los factores climáticos y edafológicos en una plantación de cacao. Observándose valores normales de fertilidad, temperatura, humedad, precipitación, viento y energía solar, la altitud constituye un factor secundario (ICT, 2014).

2.2.5. Luminosidad

La luz es otro de los factores ambientales de importancia para el desarrollo del cacao especialmente para la fotosíntesis, la cual ocurre a baja intensidad aun cuando la planta este a plena exposición solar. En la etapa de establecimiento del cultivo de cacao es recomendable la siembra de otras plantas para hacer sombra, debido a que las plantaciones jóvenes de cacao son afectadas por la acción directa de los rayos solares. Para plantaciones ya establecidas, se considera que una intensidad lumínica menor del 50% del total de luz limita los rendimientos, mientras que una intensidad superior al 50% del total de luz los aumenta (BERTONI, 1980).

2.3. Requerimiento de suelos para el cultivo del cacao

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. 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 negruzco son generalmente los mejores puesto que están menos lixiviados (NAVARRO, 2003).

2.3.1. Suelo

Los suelos más apropiados para el cultivo de cacao son los aluviales profundos y fértiles, se adaptan a suelos de textura Arcillo - Arenoso, Arena - Arcilloso (CRESPO, 2007).

2.3.2. Drenaje

Está determinado por las condiciones climáticas del lugar, la topografía, la susceptibilidad del área a sufrir inundación y la capacidad intrínseca del suelo para mantener una adecuada retención de humedad y disponer de una adecuada aireación. Existen problemas de drenaje interno por disposición de texturas en el perfil del suelo. Cuando hay texturas arcillosas en el subsuelo, estas no permiten el rápido movimiento del agua originando procesos de óxido reducción que ocasionan la aparición de moteaduras (CRESPO, 2007).

2.3.3. pH del suelo

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, con una producción decadente o muy deficiente, en estos suelos se debe aplicar correctivos (ICT, 2014).

2.3.4. Materia orgánica

La materia orgánica es uno de los elementos que favorece la nutrición del suelo y a través de ésta a la planta. Su contenido en el suelo influye en las condiciones físicas y biológicas de la plantación. Así mismo, favorece la estructura del suelo posibilitando que éste se desmenuce con facilidad, evita la desintegración de los gránulos del suelo por efecto de las lluvias. Otro factor importante de la materia orgánica es que constituye el alimento del microorganismos del suelo que participan en forma activa en la formación y desarrollo del suelo (REUTER, 2006).

Producto de la descomposición de la materia orgánica en el suelo se obtiene el humus que constituye un depósito de calcio, magnesio y potasio; el contenido de materia orgánica no debe ser menor del 3% para el cultivo de cacao (ARCA, 2000).

2.3.5. Topografía

Es otro elemento importante para el establecimiento de plantaciones de cacao, ya que una topografía accidentada impide la mecanización y la aplicación de técnicas modernas, además que estas zonas están sujetas a la erosión constante por efecto de las lluvias lo cual constituye un problema serio que ocasiona la pérdida de la capa arable del suelo. Con la finalidad de evitar que esto ocurra se deben realizar prácticas de conservación de suelos, como barreras vivas, barreras muertas, siembra a curvas a nivel, coberturas vegetales, etc.

Por lo general, en pendientes mayores al 15% las actividades agrícolas se realizan manualmente; en tanto que en pendientes menores se puede hacer uso de maquinarias y la aplicación de tecnologías moderna. Se ha podido observar que la incidencia de la moniliasis es menor en terrenos con pendientes menores al 15% (ICT, 2014).

2.4. Siembra en el vivero

Cuando el cacao es fresco, es decir se abren las mazorcas ese momento, las semillas tienen el mucílago, lo que dificulta la identificación de la raicilla. Por esta razón algunos proveedores de semillas las lavan y las empacan en bolsas plásticas con agujeros en un medio de aserrín de madera blanca. A los pocos días de sacadas de las mazorcas, las semillas emiten una radícula, que debe tratarse cuidadosamente.

En este caso la semilla se debe depositar con la raicilla hacia abajo, procurando no lastimarla. Si no se puede distinguir la radícula o la raicilla, debido a que los extremos son aparentemente iguales, las semillas deben colocarse horizontalmente, cubriéndolas luego con aserrín.

En el vivero las semillas se siembran en tres formas: en cajas de germinación, en eras o semilleros y en macetas directamente (BRAUDEAU, 1999).

2.4.1. Crecimiento de la planta de cacao

Desde que germina una semilla, conforme pasa el tiempo, la planta va creciendo, sus células se dividen y multiplican y luego se alargan, paralelamente al aumento en tamaño y número, las células sufren modificaciones en la estructura de su protoplasma, en el que aparecen organelos especializados en funciones determinadas, y al fin toda la célula aparece con una serie de estructuras cuya forma está en relación con su función.

2.4.2. Crecimiento de las raíces del cacao

Luego de la germinación de la semilla, el calículo y la radícula del cacao guardan una perfecta proporcionalidad, tanto en su crecimiento en altura y profundidad. Después de veinte días de germinada, el tallo tiene el mismo tamaño que la raíz principal. Pasados setenta días después de la germinación época en que se verifican que quedan dos cotiledones, la relación entre la altura del tallo y la profundidad de la raíz continúa constante.

En este período las radículas laterales se distribuyen por toda la superficie de la raíz principal, presentándose bien ramificadas en toda su extensión.

A medida que el tallo crece, la raíz también crece con la misma intensidad hasta el cuarto mes de vida, cuando el tallo toma la delantera sobre la raíz principal (BAUTISTA, 1980).

2.4.3. Ventajas de la aplicación de biofertilizantes en los cultivos

RESTREPO, 2007 menciona que las ventajas y los resultados más comunes que se logran con los biofertilizantes en los cultivos, entre otros, son:

- Utilización de recursos locales, fáciles de conseguir (mierda de vaca, melaza, leche, suero, etc.).
- Inversión muy baja (tanques o barriles de plástico, niples, mangueras, botellas desechables, etc.)
- Tecnología de fácil apropiación por los productores (preparación, aplicación, almacenamiento).
- Se observan resultados a corto plazo.
- El aumento de la resistencia contra el ataque de insectos y enfermedades.
- El aumento de la cantidad, el tamaño y vigorosidad de la floración.
- La eliminación de residuos tóxicos en los alimentos.
- Los ahorros económicos que se logran a corto plazo, por la sustitución de los insumos químicos (venenos y fertilizantes altamente solubles).
- El mejoramiento y la conservación del medio ambiente y la protección de los recursos naturales, incluyendo la vida del suelo.
- El mejoramiento de la calidad de vida de las familias rurales y de los consumidores.

Finalmente, los biofertilizantes economizan energía, aumentan la eficiencia de los micronutrientes aplicados en los cultivos y baratean los costos de producción, al mismo tiempo que aceleran la recuperación de los suelos degradados.

2.5. Efectos de la aplicación de los biofertilizantes en el suelo

Del mismo modo (RESTREPO, 2007) los efectos que se pueden lograr con la aplicación de los biofertilizantes en el suelo, entre otros, son:

- El mejoramiento diversificado de la nutrición disponible del suelo para las plantas.
- El desbloqueo diversificado de muchos nutrimentos que no se encuentran disponibles para los cultivos.
- El mejoramiento de la biodiversidad, la actividad y la cantidad microbológica (eco evolución biológica del suelo).
- El mejoramiento de la estructura y la profundidad de los suelos.
- Aumento de la capacidad del intercambio catiónico (CIC).
- Aumento de la asimilación diversificada de nutrimentos por parte de las plantas.
- Mejoramiento de los procesos energéticos de los vegetales a través de las raíces y su relación con la respiración y la síntesis de ácidos orgánicos.
- Estimulación precoz en la germinación de semillas y aumento del volumen radicular de las plantas.

- Estimula la formación de ácidos húmicos, de gran utilidad para la salud del suelo y los cultivos.

2.6. El Estiércol

MARTINEZ (2010), menciona que entre el 60 y 80% de lo que consume el animal lo elimina como estiércol, que es una mezcla de heces con orines pero también puede estar compuesto por otros muchos elementos, como son las camas, generalmente paja, pero también a veces contiene serrín, virutas de madera, papel de periódico o productos químicos, también suele incluir restos de los alimentos del ganado, así como agua procedente de los bebederos. Es un material que puede ser manejado y almacenado como sólido.

2.6.1. Utilidad del estiércol

El estiércol es un abono orgánico que aumenta el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio del suelo, los cuales se retienen por más tiempo hasta ser aprovechados por los cultivos. Además, aumenta la capacidad que el suelo retenga mejor el agua.

2.6.2. Ventajas del estiércol

Las principales ventajas del estiércol son:

- Amortigua el impacto de las gotas de lluvia al caer sobre el suelo, favoreciendo la infiltración lenta del agua, reduce el escurrimiento, la evaporación, la erosión, amortigua y regula la temperatura del suelo.

- Al descomponerse produce sustancias y aglutinantes microbianos que ayudan a estabilizar la estructura deseable del suelo.
- Aporta al mineralizarse diferentes nutrientes necesarios para la nutrición de las plantas, constituyendo un almacén de cationes intercambiables y aprovechables (K, Ca y Mg).

MARTINEZ, 2010

2.7 Biol

PINO (2005), menciona que el biol es un abono foliar orgánico líquido, preparado a base de estiércol fresco y otros ingredientes orgánicos, los cuales son fermentados en recipientes herméticamente cerrados, donde no debe ingresar aire. El biol por lo general se aplica al follaje (hojas y tallos) de las plantas.

El biol, como fuente orgánica de fitoreguladores a diferencia de los nutrientes, en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, sirviendo para las siguientes actividades agronómicas: enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular), acción sobre el follaje (amplía la base foliar), mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, traducándose todo esto en un aumento significativo de un 50% de la producción de las cosechas.

SUQUILANDA (2011), nos dice que los fertilizantes agroquímicos, están a la mano del agricultor, son cómodos para usar, la producción artificialmente

mejora en tamaño y cantidad; no así el biol, su proceso es demorado, pero su resultado es un abono totalmente orgánico y natural, revitalizador de suelos y un potente estimulador foliar. La producción mejora en cantidad y supera los estándares de calidad por tratarse de un abono natural. El biol a diferencia de otros abonos comerciales, es un fertilizante orgánico, a más de contener los elementos primarios del suelo como nitrógeno, fosforo, potasio, contiene otros minerales importantes compatibles con el suelo y las plantas, generados por la bio-digestión de los animales, los que son transformados en potenciales elementos de fertilización orgánica en el proceso de fermentación, de ahí que este abono da los mejores resultados si es que se lo aplica entre los noventa días de su elaboración.

2.7.1 Utilidad del biol

SUQUILANDA (2011), indica que el biol estimula el crecimiento de las plantas y permite la protección contra las plagas y enfermedades, además ayuda a mantener el vigor de las plantas y soportar eventos extremos del clima. Es especialmente útil, luego de heladas y granizadas.

El biol es un excelente abono foliar que sirve para que las plantas estén verdes y den buenos frutos. El Biol se prepara con diferentes estiércoles que se deben fermentar durante dos a tres meses en un bidón de plástico.

El biol nutre, recupera, reactiva la vida del suelo y fortalece la fertilidad de las plantas. Es un abono que estimula la protección de los cultivos contra el

ataque de insectos y enfermedades y permite sustituir a una gran parte de fertilizantes químicos.

2.7.2 Ventajas del biol

- No contamina el suelo, el agua, el aire, ni los cultivos.
- Revitaliza las plantas que tienen estrés, por el ataque de plagas y enfermedades, sequías, heladas o granizadas, si aplicamos en el momento adecuado. Tiene sustancias (fitohormonas) que aceleran el crecimiento de la planta.
- Provee capacidad para regenerar suelos y ayudar a los fertilizantes tradicionales como el N, P y K a ser absorbidos por la planta, evitando la evaporación y la lixiviación
- El efecto enraizador en banano, cacao, flores y otros cultivos se ha demostrado en gran medida, así como un desarrollo de tallos más largos en la cosecha.
- Permite disminuir el uso de fertilizantes químicos (UREA, D.A.P, Mureato de Potasio) ayudando a mejorar los suelos y bajar los costos de producción.
- Ayuda a quelatizar los minerales para que sean absorbidos por los pelos absorbentes de raíces.
- Aumenta la producción del cultivo al mantener la planta sana.
- Acelera el crecimiento y desarrollo de la plantas.

- Mejora producción y productividad de las cosechas.
- Aumenta la resistencia a plagas y enfermedades (mejora la actividad de los microorganismos benéficos del suelo y ocasiona un mejor desarrollo de raíces, en hojas y en los frutos.
- Aumenta la tolerancia a condiciones climáticas adversas (heladas, granizadas, otros)
- Es ecológico, compatible con el medio ambiente y no contamina el suelo.
- Es económico.
- Acelera la floración
- En trasplante, se adapta mejor la planta en el campo.
- Conserva mejor el NPK, Ca, debido al proceso de descomposición anaeróbica lo cual nos permite aprovechar totalmente los nutrientes.
- El N que contiene se encuentra en forma amoniacal que es fácilmente asimilable.

2.7.3 Desventajas del biol

- El tiempo desde la preparación hasta la utilización es largo.
- En extensiones grandes se requiere de una mochila para aplicar. Cuando no se protege de la radiación solar las mangas (bio-digestores rústicos), tienden a malograrse disminuyendo su periodo de utilidad.

2.7.4 Tipos de biol

La mayoría de los bioles dependen de los insumos con que se cuentan en la zona y el modo en que se utilizara este abono líquido. Los diferentes tipos del biol son:

- a. Biol biocida.- Es muy utilizado para el control de plagas y enfermedades, repeliendo a las plagas y nutriendo a la planta evitando de este modo las enfermedades.
- b. Biol para suelo y hojas. Nutre a la planta y a la vez repone al suelo los nutrientes extraídos por las plantas mejorando la fertilidad del suelo.
- c. Biol abono foliar. Es el más utilizado por los agricultores, ya que nutre directamente vía hojas, contando con el mayor número de macro y micronutrientes que planta requiere para poder producir, acelera el crecimiento de las plantas y mejora e incrementa los rendimientos (MONTESINOS, 2013)

2.8. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas de los suelos textura/estructura, densidad, porosidad, consistencia, temperatura y color son factores dominantes que afectan su uso. Estas propiedades determinan la disponibilidad de oxígeno y la movilidad del agua a través del suelo (ROY *et al.*, 1987).

2.8.1. Textura del suelo

La textura es una importante característica del suelo ya que determina la capacidad de absorción y de almacenamiento del agua, la facilidad de cultivarlo,

la cantidad de aire (vital para el desarrollo radicular), e influenciará la fertilidad. El suelo de arena gruesa tiene una buena aireación para un buen desarrollo radicular y se puede humedecer fácilmente (ROY, *et al.*, 1987).

Por otra parte, la textura del suelo nos puede ayudar a determinar que las propiedades físicas son más difíciles de corregir que las propiedades químicas, de ahí su interés desde el punto de vista de la fertilidad de un suelo (BAZÁN *et al.*, 2000).

2.9. Propiedades químicas del suelo

Las propiedades químicas son estudiadas a fin de mejorar la disponibilidad de los nutrientes para las plantas, evitar toxicidades de elementos y utilizar la población microbiana para mejorar la condición física del suelo (ROY *et al.*, 1987).

2.9.1. El pH del suelo

El pH influye en el suelo en varios aspectos, pero lo más significativo se refiere a la disponibilidad de nutrientes que se encuentra en el suelo (ARVILDO 2009).

El pH influye en la solubilidad del fósforo y de los demás minerales, en suelos alcalinos, hay una gran parte de fósforo insolubilizado y en estos suelos existe mayor riesgo de carencias de este elemento que uno sea ácido o neutro.

La escala del pH va desde valores de 0 a 14, pero en los suelos se han encontrado valores entre 3.5 y 10. Los suelos con pH inferiores a 4.5 presentan óxidos de hierro, aluminio y otros óxidos metálicos; en el Cuadro 2, se observan los niveles de pH en los suelos propuesto por (AREVALO. 2002; JACKSON. 1982 y ZAVALETA. 1992)

Cuadro 1. Niveles de pH

NIVELES DE pH DEL SUELO	
DESCRIPCION	RANGO
Extremadamente ácido	Menor de 4.5
Fuertemente ácido	4.6 – 5.4
Moderadamente ácido	5.5 – 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Moderadamente alcalino	7.4 – 8.5
Fuertemente alcalino	Mayor de 8.5

Fuente: JACKSON (1982).

El pH óptimo para el desarrollo de las plantas está dado entre los valores de pH de 6.5 y 7.5; pH mayores o menores a este rango traerán consigo problemas por toxicidad. Los que presentan pH menores o igual a 5.0, indican que tienen deficiencia en elementos como: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} o como también pueden tener efectos que estén volviendo tóxico al suelo como: Zn^{2+} , Al^{3+} , Ni^{2+} , etc.

2.9.2. Materia orgánica del suelo

La materia orgánica contribuye al crecimiento vegetal mediante sus efectos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, presenta las siguientes funciones:

- Biológica, ya que afecta profundamente las actividades de organismos de microflora y microfauna.
- Física y físico - química promueve una buena estructura del suelo, por lo tanto mejorando la labranza, aireación y retención de humedad e incrementando la capacidad amortiguadora y de intercambio de los suelos, la CIC de la materia orgánica y de los silicatos laminares se incrementa conforme se incrementa el pH, pero la CIC de la materia orgánica del suelo se incrementa más rápido con el pH que la de los silicatos laminares.

Entre los procesos químicos de más importancia, se mencionan los siguientes:

- El suministro de elementos nutritivos por la mineralización; en particular, la liberación de nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes disponible para las plantas (CEPEDA, 1991).
- La materia orgánica del suelo amortigua el pH del suelo en los límites entre ligeramente ácido, neutro y alcalino; causado por la adición de enmiendas y/o fertilizantes, además sirve como depósito de elementos

químicos para el desarrollo de las plantas. La descomposición de la materia orgánica produce CO_2 , NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} y es fuente de elementos nutritivos para el crecimiento de las plantas, además incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo. La materia orgánica acelera la formación de tejidos radiculares por acción del ácido indol – acético y giberélico.

- Contribuye a la productividad del suelo y actúa como depósito de nutrientes. Reduce los efectos de compactación, contribuye a mejorar la estructura del suelo y aumenta la tasa de infiltración de agua y la tolerancia a los efectos nocivos de los herbicidas y otros biosidas, además es fuente de energía y nutrientes para los microorganismos del suelo (CEPEDA, 1991).

La materia orgánica contribuye no solo al crecimiento vegetal sino, que es fuente de energía y carbono de toda la microflora presente en los suelos, entendiendo que son ellos los responsables del proceso de mineralización es necesario conocer que para desarrollar este proceso necesitan de ciertos nutrientes tales como el carbono y nitrógeno (GOMERO, 1999).

2.9.2.1. Composición de la materia orgánica del suelo

La materia orgánica del suelo es una sustancia muy compleja, de naturaleza variable y de origen diverso. Contienen un número variable de materiales

cuyos porcentajes varían de acuerdo a la clase de residuos de plantas o animales y de su estado de descomposición. Como materiales son:

- Carbohidratos, que incluyen azúcares, almidones, celulosa, que contribuyen del 1 al 28% de la materia orgánica y minerales como calcio, fósforo, azufre, hierro, magnesio y potasio (CEPEDA, 1991).

Cuadro 2. Niveles de la materia orgánica

Niveles de Materia Orgánica	
Nivel	Contenido (%)
Bajo o pobre	menos de 2
Medio	2 – 4
Alto o rico	mayor de 4

Fuente: JACKSON (1982).

2.9.3. Nitrógeno del suelo

El nitrógeno es uno de los elementos principales para la vida. Es esencial para la vida de las plantas porque estimula el crecimiento por encima del suelo, y contribuye al brillante color verde característico de las plantas saludables, aunque el nitrógeno molecular (N_2) compone el 78% de la atmósfera, ésta forma de nitrógeno no puede usarse por los animales ni por la mayoría de las plantas en la fabricación de aminoácidos y proteínas esenciales (GOMERO, 1999).

El nitrógeno se encuentra en distintas formas en el suelo, aunque es absorbido por las plantas y microorganismos como nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+), puede encontrarse en muy diversos estados de oxidación y reducción, entre las ganancias de nitrógeno en el suelo se pueden considerar las fijaciones los abonos de origen orgánico (estiércoles) y los residuos de cosecha, las pérdidas de nitrógeno más significativas son: la extracción por los cultivos, lixiviación, volatilización, desnitrificación y fijación de amonio (NAVARRO, 2003).

Un aspecto muy importante con respecto al comportamiento del nitrógeno en el suelo, es su relación con el pH, cuando del amonio pasa a nitrato (nitrificación), se liberan iones H^+ lo que genera acidez en el suelo, por esta razón, la mineralización de la materia orgánica y el suministro de fuentes de nitrógeno amoniacales, incrementa la acidez, si la planta no absorbe el amonio directamente (ZAVALETA, 1992).

Cuadro 3. Niveles de contenido de nitrógeno

Niveles de contenido total de Nitrógeno	
Nivel	Nitrógeno (%)
Bajo	menos de 0.1
Medio	0.1 – 0.2
Alto	Mayor de 0.2

Fuente: JACKSON (1982).

2.9.4. Fósforo del suelo

El fósforo es un elemento esencial para la vida, las plantas lo necesitan para crecer y desarrollar su potencial genético. Lamentablemente el fósforo no es abundante en el suelo y generalmente no se encuentra en forma disponible para la planta. La disponibilidad de este elemento depende del tipo de suelo, según esté, una pequeña o gran parte del fósforo total puede estar “fijado” (no disponible) en los minerales del suelo. Esto significa que la planta no puede absorberlo (ARVILDO, 2009).

En la naturaleza, el fósforo forma parte de las rocas y los minerales del suelo. Las fuentes de fósforo como nutrimento para las plantas son los fertilizantes minerales y los fertilizantes orgánicos.

Las plantas absorben únicamente el fósforo que está en la solución del suelo en forma de HPO_4^{2-} (ión fosfato monoácido) y H_2PO_4^- (ión fosfato diácido). Cualquier fertilizante ya sea de origen orgánico o mineral debe transformarse primero en esas formas químicas antes de ser utilizado por el cultivo (GOMERO, 1999).

El fósforo, luego del nitrógeno, es el macronutriente que en mayor medida limita el rendimiento de los cultivos. Interviene en numerosos procesos bioquímicos a nivel celular y se lo considera un nutriente esencial para las plantas.

La única entrada de este elemento al sistema proviene del agregado de fertilizantes fosfatados, mientras que las salidas pueden por extracción en los granos cosechados, erosión, escurrimiento, lixiviación (de escasa importancia) (NAVARRO, 2003).

Cuadro 4. Niveles del fósforo

Niveles de contenido total de Fósforo	
Nivel	Fósforo (ppm)
Muy bajo	menos de 5
Bajo	5.1 – 15
Normal	15.1 – 30
Alto	30.1 – 40

Fuente: JACKSON (1982).

2.9.5. Potasio del suelo

El potasio es uno de los tres nutrientes minerales que necesitan las plantas en mayor cantidad. Las plantas absorben el potasio que se encuentra en la solución del suelo en forma del catión K^+ . La cantidad de K en la solución del suelo está en función de la liberación del potasio intercambiable, generalmente localizado alrededor de las partículas de arcilla. Los cultivos extraen grandes cantidades de potasio del suelo para su crecimiento y desarrollo y como es de esperarse, la falta de éste elemento, influye negativamente en el rendimiento y calidad del cultivo.

El abastecimiento de K en el suelo es limitado, aun los suelos que contienen arcillas ricas en este mineral no pueden suplirlo indefinidamente. Es un error creer que en suelos que por naturaleza son ricos en K, adicionar este elemento a los cultivos es innecesario. El potasio extraído por los cultivos debe de regresarse al suelo para no disminuir la fertilidad del mismo; cuando el agricultor saca de la parcela o campo la cosecha, se está llevando consigo el K fuera del sistema agrícola (GOMERO, 1999).

Cuadro 5. Niveles de contenido de potasio

Niveles de contenido total de Potasio	
Nivel	Potasio K₂O/ha (ppm)
Muy bajo	menos de 300
Bajo	300 – 600
Normal	Más de 600

Fuente: JACKSON (1982).

2.9.6. Calcio y magnesio del suelo

En muchos suelos la principal fuente de calcio para las planta es el calcio intercambiable y el calcio de minerales fácilmente meteorizables (como carbonatos). Del mismo modo pasa con el magnesio, el Ca²⁺ y Mg²⁺ intercambiable son removidos por las plantas y es factible de lavarse, este pool es repuesto a partir del Ca²⁺ y Mg²⁺ mineral por la meteorización de los minerales como dolomita, hornablenda y serpentina (ARVILDO, 2009)

Algunos suelos también proveen al contenido de Ca^{2+} y Mg^{2+} intercambiable a partir del Ca^{2+} y Mg^{2+} que se encuentra en las interlamina de ciertas arcillas de tipo 2:1 (Ca^{2+} y Mg^{2+} lentamente disponible).

Los principales caminos de pérdidas y ganancias para mantener un nivel de suficiencia o disponibilidad es el lavado y posteriormente la erosión, y son principalmente reemplazados por la adición de enmiendas cálcicas (GOMERO, 1999).

2.9.7. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Los cationes de mayor importancia con relación al crecimiento de las plantas son el calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), amonio (NH_4^+), sodio (Na^+) e hidrógeno (H^+). Los primeros cuatro son nutrientes y se encuentran involucrados directamente con el crecimiento de las plantas. El sodio y el hidrógeno tienen un pronunciado efecto en la disponibilidad de los nutrientes y la humedad. En los suelos ácidos, una gran parte de los cationes son hidrógeno y aluminio en diversas formas (ARVILDO, 2009).

También contribuyen a la CIC las clases, cantidades y combinaciones de los minerales arcillosos y las cantidades de materia orgánica y su estado de descomposición. Los cationes no son retenidos con las mismas energías de enlace. Los sitios de intercambio de la materia orgánica, solo enlazan en forma débil a los

cationes. Las arcillas con gran capacidad de intercambio tienden a enlazar los cationes bivalentes como el Ca^{2+} y el Mg^{2+} , con más energía que el K^{+} esta característica pueden afectar la disponibilidad de los nutrientes. Los suelos con arcillas caoliníticas tienen una menor energía de enlace y, por lo tanto, para un nivel analítico determinado o un porcentaje de saturación de un elemento se mostrará una disponibilidad relativa mayor (GOMERO, 1999).

Cuadro 6. Niveles de capacidad de intercambio catiónico para un pH mayor de 5.5

Niveles de CIC	
Nivel	CIC (meq/100 g de suelo)
Bajo	menos de 12
Medio	12 – 20
Alto	mayor de 20

Fuente: JACKSON (1982).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del lugar de ejecución

El proyecto de investigación se llevó a cabo en el vivero forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables – UNAS, del Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, de la Región de Huánuco con las Coordenadas Geográficas 8972165 – 394741.

3.2. Características climatológicas

La ciudad de Tingo María se ubica a una altitud de 660 m.s.n.m, con una temperatura media mensual de 25° C; y con una precipitación media anual de 3300 mm.

3.3. Componentes en estudio

3.3.1. Materiales

Bolsas plásticas para vivero de 6x10x12, semillas de cacao CCN51 (*Theobroma cacao*), marcadores, regaderas, carretilla, pala, un bidón de plástico de 10 litros con tapa hermética, agua, manguera transparente, fertilizante orgánico foliar, regla milimetrada, machete.

3.3.2. Equipos

Cámara digital, vernier digital, balanza digital, GPS.

3.4. Metodología

3.4.1. Fase de campo

3.4.1.1. Obtención del fertilizante orgánico

La obtención del abono orgánico (estiércol de ovino), se obtuvo del predio Carlos Maby y el biol (guano de isla) se adquirió del vivero forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables.

3.4.2. Fase de laboratorio

3.4.2.1. Análisis del sustrato

Se tomó 01 muestra del sustrato extraído (500g), previamente tamizado, que se llevó al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.4.3. Fase de vivero

Se realizó la instalación de una cama almaciguera, cuyas dimensiones serán de 2 metros de largo por 1 metro de ancho. Para ello se empleará materiales como bambú, alambres, wincha, etc.

3.4.3.1. Preparación del sustrato para germinación

Se empleó aserrín de madera blanca en proceso de descomposición como sustrato de la cama almaciguera, esparciéndola en toda el área de la cama y tendrá una profundidad de 5 a 10 cm.

3.4.3.2. Obtención de semillas de cacao

Se adquirió de la parcela Lucia en Jasintillo 4km de carretera Tingo María – Bella, donde se pudo observar las características de un suelo arcilloso. Donde se cultiva el clon de cacao CCN51 con una antigüedad de 7 años.

3.4.3.3. Acondicionamiento del vivero

Se realizó la limpieza de malezas del área de experimentación; luego se agregó una capa de arena fina sobre la superficie, para brindar mayor estabilidad a las bolsas.

3.4.3.4. Preparación del sustrato

El sustrato que se empleó para los plántones será extraído del mismo vivero, previamente tamizado.

3.4.3.5. Desinfección del sustrato

La desinfección del sustrato se realizó aplicando Dazomet, para ello se tuvo que humedecer el sustrato y aplicar 80 g del producto por metro cuadrado, se cubre por 5 días, se removió varias veces y se espera de 10 a 15 días para sembrar.

3.4.3.6. Llenado de bolsas

Para esta actividad se usaron bolsas de polietileno de color negro de 6x10x2, luego llenar dichas bolsas de forma manual con el sustrato extraído dando pequeños golpes contra el suelo y compactando el contenido de las bolsas con una pequeña presión con los dedos.

3.4.3.7. Labores culturales

3.4.3.7.1. Deshierbo

Durante la fase de germinación y la fase de vivero se tuvo que extraer las plantas invasoras de forma manual que se presenten alrededor de la planta deseada; ya que compiten por el agua y los nutrientes, esta actividad será realizada interdiaria.

3.4.3.7.2. Riego

El riego se realizó durante la fase de almácigo y la fase de vivero; sobre todo en las épocas de sequía. En temporadas de lluvias no es necesario regar las plantas; pero si debemos tener un buen drenaje para evitar el encharcamiento del agua y la proliferación de hongos y enfermedades.

3.4.3.7.3. Control fitosanitario

Se aplicó cada 15 días extracto de ajo (*Allium sativum* L.), para reducir el daño por enfermedades. Se preparará colocando 100 gramos en medio litro de agua, macerando por 24 horas y diluidos en 15 litros de agua antes de cada aplicación.

3.4.4. Parámetros a evaluar

Se evaluaron los siguientes parámetros:

3.4.4.1. Altura de planta

Se tomaron evaluaciones cada 15 días después de la primera aplicación, para ello se hizo uso de una regla milimetrada. Las lecturas se realizaron desde el cuello hasta el ápice de las plántulas, en el último brote, hasta cumplir los 3 meses de edad.

3.4.4.2. Diámetro del tallo

Este parámetro fue evaluado cada 15 días después de la primera aplicación durante 3 meses; para ello se utilizará un vernier digital. Las medidas fueron tomadas a 3 cm del ras del sustrato de la plántula.

3.4.4.3. Tasa de crecimiento

Se determinaron a través de la medición periódica y constante cada 15 días, de los parámetros evaluados anteriormente.

3.4.4.4. Número de hojas

Se evaluaron el número total de hojas que brotaron al final del experimento.

3.4.4.5. Área foliar

Dicho parámetro se realizó a través del dibujo de silueta de las hojas en papel milimetrado, contabilizando el área en mm².

3.4.5. Tratamiento en estudio

Se realizó 5 tratamientos con 10 plantas/ 4 repetición y su respectivo testigo, haciendo un total de 200 plantas.

- T1: Sustratos, suelo agrícola más estiércol de ovino relación (2:1)
- T2: Sustratos, suelo agrícola más estiércol de ovino relación (3:1)
- T3: Suelo agrícola más 1.0 L de biol/20 L (La aplicación será cada 15 días durante los 6 meses de evaluación)
- T4: Suelo agrícola más 1.5 L de biol/20 L (La aplicación será cada 15 días durante los 6 meses de evaluación)
- T5: Testigo

Cuadro 7. Descripción de los tratamientos en estudio

Tratamiento	Relación	Sustrato
T1	(2:1)	suelo agrícola + estiércol de ovino
T2	(3:1)	suelo agrícola + estiércol de ovino
T3	Biol	suelo agrícola más biol 1.0 L
T4	Biol	Suelo agrícola más biol 1.5 L
T5	(Testigo)	Suelo agrícola

3.4.6. Diseño experimental

El diseño que se empleó en el experimento es el diseño completamente al azar (DCA), constituido por 5 tratamientos y 4 repeticiones.

Cuadro 8. Esquema del análisis de varianza.

Fuente de variación		Grados de libertad
Tratamiento	t - 1	4
Error experimental	t (r - 1)	145
Total	tr - 1	149

3.4.7. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Es la respuesta obtenida en el i - ésimo tratamiento proveniente del j – ésima repetición

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i – ésimo tratamiento

E_{ij} = Efecto del error experimental

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación del efecto del Biol y Estiércol de ovino en diferentes concentraciones.

4.1.1. Altura de Tallo

Se cumple por ANVA, que existe evidencia estadística altamente significativa (p valor <0.05), donde la altura de tallo de los plantones de cacao, está directamente influenciado, por la aplicación de los abonos orgánicos, en todos los meses que fueron evaluados, como se muestra en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Análisis de varianza para altura de planta (m)

Altura de planta (m)				
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Sig.
Tratamientos	4	0.0494	0.0123	S
Error experimental	15	0.0057	0.0003	
Total	19	0.0551		
C.V.: (%)	3.76	S: Significativo		

El Cuadro 10 y Figura 01, muestran que el tratamiento T₄ con promedio en altura de 0.59 cm es el que superan en altura a T₃ y T₁ (0.54 cm y 0.53 cm), de acuerdo a la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) expresa diferencias significativas

estadística de comportamiento entre ellas; esto quiere decir que el T₄ con promedio en altura de 0.59 cm presenta el mayor valor en altura de los plántones de cacao CCN51.

Cuadro 10. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para la altura de planta entre tratamientos

Altura de planta (m)		
Tratamientos	Promedio	Significación
T ₄	0.59	A
T ₃	0.54	a b
T ₁	0.53	B
T ₂	0.50	B
T ₅	0.44	C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

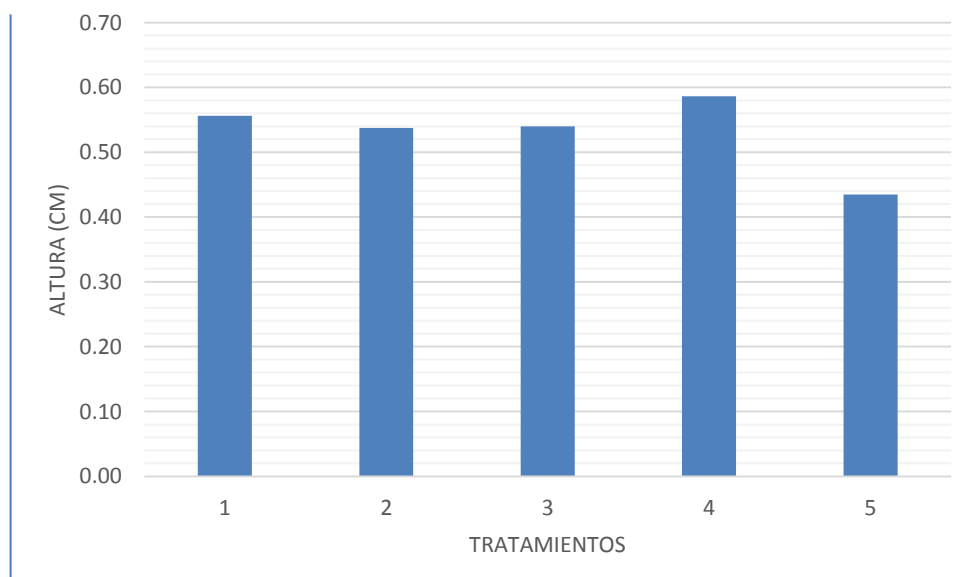


Figura 1. Promedio de la altura de los plántones de cacao.

En el Figura 01, se observa que el T₄ presenta un mejor resultado en comparación a los demás tratamientos; el tratamiento T₄ (suelo agrícola más 1.5L de biol) presento un mejor avance en todo el tiempo de las evaluaciones en lo que corresponde altura de planta. Como lo menciona PINO (2005), que el biol, como fuente orgánica de fitorreguladores a diferencia de los nutrientes, en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas. La diferencia que existe entre el T₃ y T₄ es mínima en la altura de planta, porque los dos tratamientos obtuvieron cierto porcentaje de biol a diferencia de el T₁ y T₂ que tuvieron concentraciones de estiércol.

4.1.2. Diámetro de Tallo

Del Cuadro 11, para la prueba realizada en el parámetro de diámetro de los plantones del cacao, con diferente relación de abonos, presenta un 2.52% de coeficiente de variación (CV), esto indica que los datos están es un rango de buena homogeneidad.

Cuadro 11. Análisis de varianza para diámetro de tallo (cm)

Diámetro de tallo (cm)				
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Sig.
Tratamientos	4	0.1982	0.0495	S
Error experimental	15	0.0027	0.0001	
Total	19	0.2010		
C.V.: (%)	2.52	S: Significativo		

El Cuadro 12 y Figura 2, muestran que el tratamiento T₄ con promedio en diámetro es de 0.71 cm es el que superan en promedio en diámetro a T₃ y T₁ (0.60 cm y 0.47 cm), de acuerdo a la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) expresa diferencias significativas estadística de comportamiento entre ellas; esto quiere decir que el T₄ con promedio en diámetro de 0.71 cm presenta el mayor valor en diámetro de los plantones de cacao CCN51, indicando que el Tratamiento 4 es la adecuada y el menor promedio en diámetro lo presenta el T₂ (0.45 cm).

Cuadro 12. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el diámetro de tallo entre tratamientos

Diámetro de tallo (cm)		
Tratamientos	Promedio	Significación
T ₄	0.71	A
T ₃	0.60	B
T ₁	0.47	C
T ₅	0.46	C
T ₂	0.45	C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

En el figura 02, nos muestra que el tratamiento T₄ obtuvo mejores resultados respecto a los demás tratamientos, lo cual quiere decir que el tratamiento T₄ (Suelo agrícola más biol 1.5 L) obtuvo mejor respuesta en la investigación.

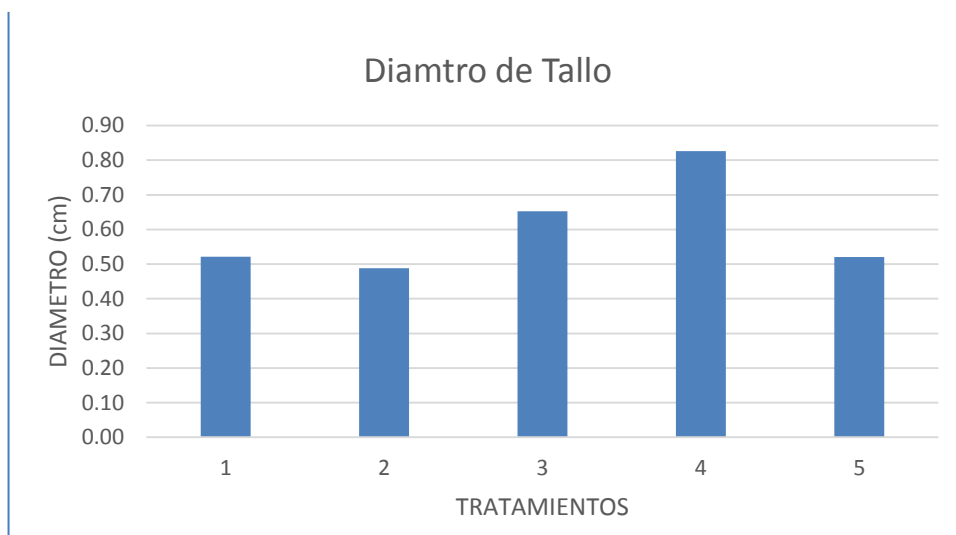


Figura 2. Promedio del diámetro de tallo.

En el figura 02, se observa que el T_4 presenta mejores resultados en lo que respecta a diámetro de tallo; es decir a medida que pasan los días hace efecto las concentraciones de suelo agrícola más 1.5L de biol que contiene el T_4 . MARTINEZ (2010), menciona que el estiércol es un abono orgánico que aumenta el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio del suelo, los cuales se retienen por más tiempo hasta ser aprovechados por los cultivos. Todo lo mencionado antes de los beneficios del estiércol para las plantas no se pudo constatar porque el tiempo de descomposición del estiércol es mayor a la del biol (liquida).

4.1.3. Cantidad de Hojas

Del Cuadro 13, para la prueba realizada en el parámetro de Cantidad de hojas, con diferente relación de abonos, presenta un 3.26 % de coeficiente de variación (CV), esto indica que los datos están es un rango de buena homogeneidad.

Cuadro 13. Análisis de varianza para número de hojas (unidades)

Cantidad de hojas (unidades)				
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Sig.
Tratamientos	4	1.8000	0.4500	S
Error experimental	15	0.7500	0.0500	
Total	19	2.5500		
C.V.: (%)	3.26	S: Significativo		

El Cuadro 14 y Figura 3, muestran que el tratamiento T₅ con promedio de hojas es de 7.15 unidades es el que superan en promedio en número de hojas a T₄ y T₃ (7.10 und y 7.00 und), de acuerdo a la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) expresa diferencias significativas estadística de comportamiento entre ellas; esto quiere decir que el T₅ con promedio de numero de hojas de 7.15 unidades presenta el mayor valor en número de hojas de los plántones de cacao CCN51.

Cuadro 14. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el número de hojas entre tratamientos

Cantidad de hojas (m)		
Tratamientos	Promedio	Significación
T ₅	7.15	a
T ₃	7.10	a
T ₄	7.00	a
T ₁	6.95	a
T ₂	6.51	b

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

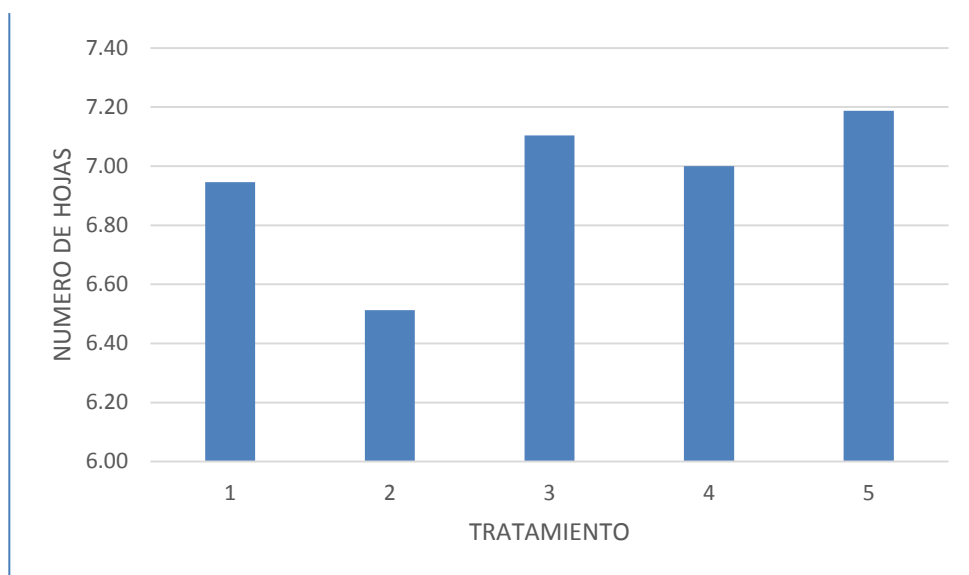


Figura 3. Número de hojas obtenidas.

En el figura 03, se observa que existe una pequeña diferencia en el número de hojas en los plantones de cacao entre los tratamientos T_3 y T_5 los cuales presentan más de 7 hojas por plantones. Siendo el T_5 el tratamiento testigo, donde no se agregó ningún tipo de concentraciones de biol o estiércol y se obtuvo buenos resultados en el número de hoja. Tal vez existe algún factor externo que no se pudo controlar (el contacto del biol al ser roseado a los demás tratamientos), lo que causó que el testigo muestre diferencias entre los tratamientos con concentraciones de biol y estiércol respectivamente.

4.1.4. Área Foliar

Del Cuadro 15, para la prueba realizada en el parámetro de Cantidad de hojas, con diferente relación de abonos, presenta un 1.30 % de coeficiente de

variación (CV), esto indica que los datos están es un rango de buena heterogeneidad.

Cuadro 15. Análisis de varianza para área foliar (cm²)

Área foliar (cm²)				
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Sig.
Tratamientos	4	4907.29	1226.82	S
Error experimental	15	53.05	3.54	
Total	19	4960.34		
C.V.: (%)	1.30	S: Significativo		

El Cuadro 16 y Figura 4, muestran que el tratamiento T₄ con promedio en área foliar es de 174.5 cm², es el que supera en promedio a los demás tratamiento como son T₃ y T₁ (171.70 cm²), de acuerdo a la prueba de Duncan (α =0.05) expresa diferencias significativas estadísticas de comportamiento entre ellas; esto quiere decir que el T₄ con promedio en área foliar de 174.5 cm² presenta el mayor valor en área foliar de los plantones de cacao CCN51, indicando que el Tratamiento 4 es la adecuada y el menor promedio en área foliar lo presenta el T₅ (126.35 cm²).

Cuadro 16. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para área foliar entre tratamientos

Área foliar (cm ²)		
Tratamientos	Promedio	Significación
T ₄	174.05	a
T ₃	141.70	b
T ₁	141.70	b
T ₂	141.35	b
T ₅	126.35	c

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

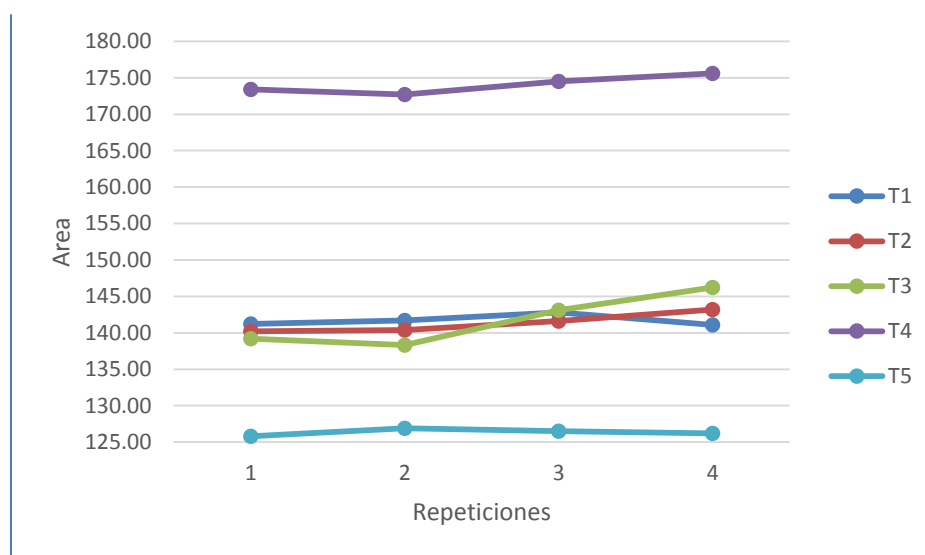


Figura 4. Número de hojas obtenidas con los diferentes tratamientos.

SUQUILANDA, 2011, menciona que los fertilizantes agroquímicos, están a la mano del agricultor, son cómodos para usar, la producción artificialmente mejora en tamaño y cantidad; no así el biol, su proceso es demorado, pero su resultado es un abono totalmente orgánico y natural, revitalizador de suelos y un

potente estimulador foliar, como podemos observar en la imagen 04, donde nos muestra que el tratamiento T4 (Suelo agrícola más biol 1.5 L) obtuvo mejores resultados respecto a los demás tratamiento, y ratificando lo mencionado por el autor.

Como menciona MONTESINOS, 2013, que la mayoría de los bioles dependen de los insumos con que se cuentan en la zona y el modo en que se utilizara este abono líquido. El Biol para suelo y hojas, nutre a la planta y a la vez repone al suelo los nutrientes extraídos por las plantas mejorando la fertilidad del suelo; Como podemos observar en todos los estudios, los tratamientos donde se agregó el biol obtuvieron mejores resultados respecto al estiércol de ovino que no se quedó muy distante en los resultados.

4.2. Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo

4.2.1. Propiedades físicas del suelo

4.2.1.1. Textura

El Cuadro 17 nos muestra el análisis de textura al inicio y final del experimento, donde se observa que no hubo cambios en ninguno de los tratamientos.

Cuadro 17. Textura al inicio y final del experimento

Tratamientos	Relación	Sustrato	Textura	
			Inicio	Final
T1	(2:1)	suelo agrícola + estiércol de ovino	Fr. Ar	Fr. Ar
T2	(3:1)	suelo agrícola + estiércol de ovino	Fr. Ar	Fr. Ar
T3	Biol	Suelo agrícola + Biol 1.0 L	Fr. Ar	Fr. Ar
T4	Biol	Suelo agrícola + Biol 1.5 L	Fr. Ar	Fr. Ar
T5	Testigo	Suelo agrícola	Fr. Ar	Fr. Ar

Según el triángulo textural los resultados se enmarcan en la misma clase textural, éste comportamiento coincide con BAZÁN *et al.* (2000), la textura del suelo nos puede ayudar a determinar que las propiedades físicas son más difíciles de corregir que las propiedades químicas, de ahí su interés desde el punto de vista de la fertilidad de un suelo.

4.2.2. Propiedades químicas del suelo

4.2.2.1 pH del Suelo

El Cuadro 18 nos muestra el pH del suelo al inicio y final del experimento, donde se observa que en el Tratamiento 1 y 2 hubo incremento de pH en ambos de 7.20 a 7.40 que se encuentra en el rango de moderadamente alcalino, pero en los tratamientos 3, 4 y 5 que es el testigo hubo un incremento del pH del

suelo. Los tratamientos 3 y 5 ascendieron de 7.20 a 7.30 para el tratamiento 4 descendió de 7.20 a 7.10 ambos tratamientos se encuentran en el rango de neutro.

Cuadro 18. pH al inicio y final del experimento

Tratamientos	Relación	Sustrato	pH	
			Inicio	Final
T1	(2:1)	suelo agrícola + estiércol de ovino	7.20	7.40
T2	(3:1)	suelo agrícola + estiércol de ovino	7.20	7.40
T3	Biol	Suelo agrícola + Biol 1.0 L	7.20	7.30
T4	Biol	Suelo agrícola + Biol 1.5 L	7.20	7.10
T5	Testigo	Suelo agrícola	7.20	7.30

GOMERO (1999), señala que la materia orgánica del suelo amortigua el pH del suelo en los límites entre ligeramente ácido, neutro y alcalino; causado por la adición de enmiendas y/o fertilizantes, además sirve como depósito de elementos químicos para el desarrollo de las plantas. Asimismo el pH óptimo para el desarrollo de las plantas está dado entre los valores de pH de 6.5 y 7.5; pH mayores o menores a este rango traerán consigo problemas por toxicidad (FASSBENDER, 1987).

4.2.2.2 Materia orgánica y nitrógeno

El Cuadro 19 nos muestra el porcentaje de materia orgánica y nitrógeno del suelo al inicio y final del experimento, donde se observa lo siguiente:

En el tratamientos 4 se dio un incremento en los niveles de materia orgánica de 5.56 % y nitrógeno 0.25% ambos se encuentran en un nivel alto, es el que supera a los tratamientos T1 con un contenido de materia orgánica de 5.00% y nitrógeno de 0.22% se encuentran en un nivel alto, el tratamiento T3 con un contenido de materia orgánica de 4.15% con un nivel alto y nitrógeno de 0.19% con un nivel medio, el tratamiento T2 obtuvo un contenido de materia orgánica de 4.70% y nitrógeno de 0.21% con un nivel medio y con menor promedio lo obtuvo el Tratamiento T5 en materia orgánica de 1.95% y nitrógeno de 0.09% ambos con un nivel bajo.

Cuadro 19. Materia orgánica y nitrógeno al inicio y final del experimento

Tratamientos	Relación	Materia Orgánica (%)		Nitrógeno (%)	
		Inicio	Final	Inicio	Final
T1	(2:1)	1.04	5.00	0.05	0.22
T2	(3:1)	1.04	4.70	0.05	0.21
T3	Biol	1.04	4.15	0.05	0.19
T4	Biol	1.04	5.56	0.05	0.25
T5	Testigo	1.04	1.95	0.05	0.09

Entre las ganancias de nitrógeno en el suelo se pueden considerar los abonos de origen orgánico (estiércoles) y los residuos de cosecha NAVARRO (2003). Aumenta el contenido de la materia orgánica en el suelo, mejorando la retención de agua y mejorando la trabajabilidad del suelo (MAU, 2006).

La velocidad y el equilibrio de los procesos de transformación de la materia orgánica depende de la actividad de los microorganismos, que a su vez viene condicionada por los factores de la temperatura, humedad, aireación del suelo, contenido de nitrógeno (NAVARRO, 2003).

4.2.2.3 Fósforo

En el Cuadro 20, se observa que los tratamientos 1, 2, 3, 4 y 5, presentan un incremento de fósforo, el mayor contenido de fósforo en el suelo lo presenta el tratamiento 4 con 15.83 ppm se encuentra en un nivel normal, a diferencia de los demás tratamientos y el menor contenido de fósforo lo presenta el tratamiento 5 con 10.23 ppm que es el testigo con un nivel bajo.

Cuadro 20. Fósforo al inicio y final del experimento

Tratamientos	Relación	Sustrato	Fósforo (ppm)	
			Inicio	Final
T1	(2:1)	suelo agrícola + estiércol de ovino	9.50	14.85
T2	(3:1)	suelo agrícola + estiércol de ovino	9.50	14.72
T3	Biol	Suelo agrícola + Biol 1.0 L	9.50	13.45
T4	Biol	Suelo agrícola + Biol 1.5 L	9.50	15.83
T5	Testigo	Suelo agrícola	9.50	10.23

En el tratamiento 4 el incremento de fósforo se debe a que a medida que incrementa el contenido de Biol, aumenta la disponibilidad de nutrientes N, P,

K (SIEVERDING, 1991). Las fuentes de fósforo como nutrimento para las plantas son los fertilizantes minerales y los fertilizantes orgánicos (ARVILDO, 2009).

4.2.2.4 Potasio

En el Cuadro 21, se observa que los tratamientos 1, 2, 3, 4 y 5, presentan un incremento de potasio, el mayor contenido de potasio en el suelo lo presenta el tratamiento 4 con 364.56 k₂O que se encuentra en un nivel alto a diferencia de los demás tratamientos y el menor contenido potasio lo presenta el tratamiento 5 con 257.32 k₂O que es el testigo que se encuentra en un nivel muy bajo de contenido de potasio.

Cuadro 21. Potasio al inicio y final del experimento

Tratamientos	Relación	Sustrato	Potasio (k ₂ O)	
			Inicio	Final
T1	(2:1)	suelo agrícola + estiércol de ovino	243.52	324.06
T2	(3:1)	suelo agrícola + estiércol de ovino	243.52	320.23
T3	Biol	Suelo agrícola + Biol 1.0 L	243.52	290.21
T4	Biol	Suelo agrícola + Biol 1.5 L	243.52	364.56
T5	Testigo	Suelo agrícola	243.52	257.32

El incremento que se observa en los niveles del potasio se debe a que la materia orgánica del suelo es una sustancia muy compleja, de naturaleza variable, de origen diverso y contienen minerales como calcio, fósforo, azufre, hierro, magnesio y potasio (CEPEDA, 1991).

4.2.2.5 Capacidad de Intercambio Catiónico

En el Cuadro 22, se observa que los tratamientos 1, 2, 3 y 4 presentan un incremento de CIC, el mayor contenido de CIC en el suelo lo presenta el tratamiento 4 con 12.03 Cmol(+)/kg se encuentra en un nivel medio, a diferencia de los demás tratamientos y el menor contenido de CIC lo presenta el tratamiento 5 con 9.75 Cmol(+)/kg que es el testigo con un nivel bajo.

Se dio un incremento de calcio en los tratamientos 1, 2, 3, 4 y 5 el mayor lo obtuvo el tratamiento 4 con 9.17 y menor el tratamiento 5 con 7.93, en el contenido de magnesio hubo incremento en los tratamientos 1, 2, 3, 4 y 5 el mayor lo obtuvo el tratamiento 4 con 1.82 y el menor lo presenta el tratamiento 5 con 1.34, en el contenido de potasio se dio un incremento en los tratamientos 1, 2, 3, 4 y 5 el mayor lo obtuvo el tratamiento 4 con 0.98 y el menor el tratamiento 5 con 0.45, en el contenido de sodio se dio un incremento en los tratamientos 1, 2, 3, 4 y 5 el mayor fue en el tratamiento 4 con 0.06 y el menor fue el tratamiento 5 con 0.03.

Cuadro 22. CIC al inicio y final del experimento

Trat.	CIC		Ca		Mg		K		Na		Bas. Camb.	
	Inic.	Final	Inic.	Final	Inic.	final	Inic.	final	Inic.	final	Inic.	Final
T ₁	9.45	11.03	7.90	8.17	1.04	1.42	0.48	0.90	0.03	0.06	100.00	100.00
T ₂	9.45	11.22	7.90	8.59	1.04	1.61	0.48	0.96	0.03	0.06	100.00	100.00
T ₃	9.45	10.66	7.90	8.25	1.04	1.48	0.48	0.88	0.03	0.05	100.00	100.00
T ₄	9.45	12.03	7.90	9.17	1.04	1.82	0.48	0.98	0.03	0.06	100.00	100.00
T ₅	9.45	9.75	7.90	7.93	1.04	1.34	0.48	0.45	0.03	0.03	100.00	100.00

Es necesario agregar que la materia orgánica es fuente de elementos nutritivos para el crecimiento de las plantas, además incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo (CEPEDA, 1991). También contribuyen a la CIC las clases, cantidades y combinaciones de los minerales arcillosos y las cantidades de materia orgánica y su estado de descomposición (GOMERO, 1999).

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos y resultados obtenidos en la presente investigación se concluye que:

1. El mejor resultado en altura de los plantones de cacao CCN51 lo obtuvo el tratamiento T₄ (Suelo agrícola más biol 1.5 L) con 0.59 cm y el menor el obtuvo el tratamiento T₅ que es el testigo con 0.44 cm.
2. En el diámetro de tallo obtuvo el mejor resultado el tratamiento T₄ (Suelo agrícola más biol 1.5 L) con un diámetro de 0.71 cm y el menor el tratamiento T₂ que es el testigo con 0.45 cm.
3. El contenido de numero de hojas; el mayor resultado lo obtuvo el tratamiento T₅ (Testigo) con 7.15 unidades y el menor lo obtuvo el tratamiento T₂ con 6.51 unidades.
4. El contenido de área foliar obtuvo el mejor resultado el tratamiento T₄ (Suelo agrícola más biol 1.5 L) con 174.05 cm² y el menor resultado lo obtuvo el tratamiento T₅ con 126.35 cm².

5. En el análisis físico la textura no cambio se mantuvo en franco arcilloso, en los análisis químicos, en cuanto al pH el mayor contenido lo obtuvieron el T₁ con 7.35 y T₂ con 7.35 y el menor el T₃ con 7.30, T₄ con 7.10 y T₅ con 7.30; en materia orgánica y nitrógeno el mayor contenido le obtuvo el T₄ con 5.56% y 0.25% respectivamente y el menor el T₅ con 1.95% y 0.09% respectivamente, en fósforo y potasio mayor contenido le obtuvo el T₄ con 15.83 ppm y 364.56 k₂O respectivamente y el menor el T₅ con 10.23 ppm y 257.32 k₂O respectivamente, en la CIC el mayor contenido le obtuvo el T₄ con 12.03 Cmol(+)/kg y el menor el T₅ con 9.75 Cmol(+)/kg.
6. El mejor resultado en toda la investigación lo obtuvo el tratamiento 4 (Suelo agrícola más biol 1.5 L), lo cual indica que las dosis agregadas al suelo es la mejor opción para la producción de plantones de Cacao CCN-51.

VI. RECOMENDACIONES

1. Repetir el experimento con diferentes dosis de biol y/o abono orgánico, a fin de observar el comportamiento de otras especies.
2. Utilizar sustratos disponibles en la zona y de bajo costo.
3. Realizar una investigación con mayores proporciones del contenido de Biol. Y estiércol de ovino.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARÉVALO, G. 2002. El cultivo de sachá inchi en la amazonía. Instituto de investigación agraria, Proyecto suelos tropicales. Lima, Perú. 68 p.

ARÉVALO, L. y SANCO, M. 2002. Manual de Laboratorio para Análisis Físico Químico del Suelo. S.I. ICRF – CHEMONICS. 48 p.

ARCA, B. 2000. Cultivo de Cacao en la Amazonia Peruana. Editorial Fimart S.A.C.Lima – Perú. 32 p.

BAZÁN, R., ROMERO C., VALENCIA, M., NAZARIO, J., GARCÍA, S., 2000. Guía de Prácticas de Edafología. Departamento de Suelos. Universidad Nacional Agraria La Molina. 49 p.

BAUTISTA, F. 1980, Influencia del tamaño de semilla, a los 30 y 60 días de la siembra, en el vigor del plantón de cacao (*Theobroma cacao L.*). En Tingo María. Tesis Ing. Agrónomo. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la selva. 100 p.

- BERTONI, V. y JUÁREZ, G. 1980. *Theobroma cacao* L. Sterculacea. [En línea]: INFOJARDIN(<http://articulos.infojardin.com/Frutales/fichas/cacao/cacaotermino/theobroma-cacao.htm>, dptos. 15 Ene. 2011).
- BRAUDEAU, J. 1981. El cacao. Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales. Blume Distribuidora, S. A. Casas Grandes N° 69 México. 296 p.
- CEPEDA, D. 1991. Química de Suelos. 2° Ed. México. Editorial Trillas S.A. 85 p.
- CRESPO, D. 1997. Cultivo y beneficio del cacao CCN 51. 1^{ra} ed. Guayaquil, Ecuador. Edit. El Conejo. 62 p.
- FAO. 2002. Los fertilizantes y su uso. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFA). 77p.
- FASSBENDER H. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA, 422 p.
- FUNEZ, R., TREJO, A. y PINEDA. A. 2004. Manual técnico. Un enfoque de manejo integrado para el sostenimiento de la fertilidad de los suelos y la nutrición de los cultivos. Centro de investigación y capacitación “Jesús Aguilar Paz” La Fe, Ilima, Santa Barbara. 2004. 36 p. [En línea]: CAFÉ HONDURAS (http://www.cafedehonduras.org/ihcafe./administrador/aa_archivos//documentos/manual_tecnico; dptos14 Ene. 2011).

- GÓMEZ, M.E.J. 2004. Monografía y cultivo de sachá inchi, oleaginosas promisorias para la diversificación productiva en el trópico. 1ª edición. Corporación Colombiana de Investigación agropecuaria CORPOICA. Colombia.
- GÓMEZ, M. 1967. Áreas potenciales para el desarrollo del cultivo de cacao en el estado Mérida. Selección de suelos para cacao. Boletín sobre suelos N° 5. F.A.O. Roma. 77 p.
- GÓMEZ, F. 2001. Evaluación del bocashi como sustrato para semilleros en la Región Atlántica de Costa Rica. 84 p.
- GOMERO, O. 1999. Manejo ecológico de suelos; conceptos, experiencias y técnicas. Lima, Perú. 95 p.
- HENRÍQUEZ, S. 2010. Manejo y uso de fertilizantes a base de magnesio. Lima, Perú. 45 p.
- ICT. 2014. Cacao: manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la Amazonia peruana. Chiclayo, Perú. 184 p.
- MANCO, E. 2006. Cultivo de sachá inchi. Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Investigación y Extensión, INIA. San Martín, Perú. 11 p.

- MARTINEZ, E., LOPEZ, M., ORMEÑO, E., CARLOS, A. 2010. Manual teórico-práctico: Los biofertilizantes y su uso en la agricultura. Editorial Prado S.A. de C.V. México D.F, México. 50 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2012, cultivo de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), Boletín técnico. Lima, Perú. 20 p.
- MONTESINOS, D. 2013. Uso de lixiviado procedente de material orgánico de residuos de mercados para la elaboración de biol y su evaluación como fertilizante para pasto. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Maestría en Agroecología y ambiente. 59 p.
- MORE, M. 2002. Inducción e injertación de brotes ortotrópicos con fines de renovación en el cacaotero (*Theobroma cacao* L.). Tesis UNAS.
- MORENO, J. 2001. Evaluación del bocashi y micorriza VAM en el desarrollo del plátano Curare Enano en vivero. Zamorano. Honduras. 68 p.
- NAVARRO, G. 2003. Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales en la vida vegetal. 2° Ed. Mundi Prensa. España. 76 p.
- PINO, C. 2005. Determinación de la mejor dosis de biol en el cultivo de (*Musa sapientum*) banano, como alternativa a la fertilización foliar. Ecuador. 87 p.

PROYECTO PERUBIODIVERSO – PPB. 2009. Manual de producción de sachá inchi, para el biocomercio y la agroforestería sostenible. Cooperación alemana para el desarrollo (GTZ). Ministerio de comercio exterior y turismo. 1 era edición. Lima, Perú. 52 p.

RESTREPO, J. 2007. Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca. Manual práctico: ABC de la agricultura orgánica y panes de piedra. 1 era edición. Editorial Feriva S.A. Cali, Colombia. 108 p.

REUTER, F. 2006. Manual de Manejo de cacao, Proyectos de Cultivos tropicales, [En línea]: INFOAGRO (<http://www.infoagro.com/herbaceos/industriasles/cacao.asp>; dptos 20 Ene. 2011).

ROY, S., RAYMOND, H. y JOHN, L. 1987. Propiedades físicas y químicas del suelo. Editorial prentice/hall internacional. p. 624.

SUQUILANDA, M. 2011. El biol, Fito-estimulante orgánico. Cultivos Controlados. Revista Agropecuaria Internacional. Ecuador. 114 p.

POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE. “Manual de Fertilidad de los suelos”. Primera edición en español. Oct. de 1988.

ZAVALETA, G. 1992. Edafología. El suelo en relación con la Producción. Consejo Nacional de Concentración y Tecnología. CONCYTEC. Lima-Perú.

ANEXOS

Cuadro 23. Promedios de Altura De Planta (m)

Tratamiento	Repetición			
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
T ₁	0.53	0.53	0.53	0.53
T ₂	0.53	0.49	0.49	0.50
T ₃	0.50	0.55	0.56	0.56
T ₄	0.58	0.57	0.62	0.57
T ₅	0.45	0.42	0.43	0.44

Cuadro 24. Promedio de Diámetro De Tallo (Cm)

Tratamiento	Repetición			
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
T ₁	0.48	0.47	0.46	0.48
T ₂	0.45	0.46	0.45	0.45
T ₃	0.61	0.59	0.59	0.60
T ₄	0.73	0.71	0.69	0.70
T ₅	0.46	0.49	0.46	0.44

Cuadro 25. Promedio de Cantidad De Hojas (Unidades)

Tratamiento	Repetición			
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
T ₁	6.62	7.35	6.83	6.98
T ₂	6.42	6.40	6.45	6.78
T ₃	6.87	7.13	7.25	7.17
T ₄	6.93	6.92	7.25	6.90
T ₅	6.92	7.32	7.47	7.05

Cuadro 26. Promedio de área foliar (cm²)

Tratamiento	Repetición			
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
T ₁	141.20	141.70	142.80	141.10
T ₂	140.20	140.40	141.60	143.20
T ₃	139.20	138.30	143.10	146.20
T ₄	173.40	172.70	174.50	175.60
T ₅	125.80	126.90	126.50	126.20



Figura 5. Obtención de abono orgánico (estiércol de ovino).



Figura 6. Almacenamiento de biol.



Figura 7. Germinación de semillas de cacao CCN-51.



Figura 8. Ubicación de los tratamientos en el área seleccionada.



Figura 9. Ubicación de bolsas en el área seleccionada.



Figura 10. Evaluación de los plantones.



Figura 11. Medición de altura de plantones.



Figura 12. Plantones de cacao después de 4 meses de evaluación.