

UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL ACUÍCOLA



**Aplicación de diferentes concentraciones de bioles para el
mejoramiento productivo del cultivo del cacao (*Theobroma cacao*)
en el distrito de Curimaná**

***PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROFORESTAL ACUÍCOLA***

ALEXIS JAVIER ARÉVALO RUIZ

YARINACOCHA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A Dios por sobre todas las cosas, por darme la vida y siempre guiarme en cada paso que doy en mi caminar.

Para mis padres el Sr: Antonio Arévalo Lomas y mi humilde madre la Sra. Enith Ruiz Pizango, por brindarme su gran cariño y forjarme con principios y valores por ende reflejarlo en mi desarrollo como profesional.

A mis demás hermanos Rolando Cesar, Jennifer, Julia, Deysi, por sus cariños y buena vibra para salir adelante.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero reconocimiento y agradecimiento:

A la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia y a los docentes de la Carrera de Ingeniería Agroforestal Acuícola, por su contribución enfocada en el desarrollo sociocultural, económico y ambiental de nuestra región de Ucayali.

A la Municipalidad Distrital de Iparia, por emprender un nuevo rumbo al desarrollo mediante la educación superior Universitaria, mediante su alcalde el señor Pedro Saldaña Balarezo se pudo impulsar y concretizar mis estudios académicos.

Al Comité Central con Desarrollo al Futuro de Curimana, por abrirme las puertas y poder realizar la ejecución del presente trabajo de investigación en sus instalaciones y el apoyo brindado.

A la Ing. MSc. Nadia Panduro Tenazoa, asesora de la presente investigación de tesis, por su cooperación durante la ejecución del presente trabajo de investigación de tesis.

Al Ing. MSc. Pablo Pedro Villegas Panduro, coasesor del presente trabajo de tesis, por guiarme a cada paso en el presente trabajo de tesis y poder convertirle en realidad.

Al Ing. Carlos Lenin Pérez Alvan, por brindarme el apoyo necesario durante el proceso de ejecución de mi tesis.

A mi hermano Franz Gary Arévalo Ruiz, por su constante motivación incondicional a mi persona en los momentos de dilema que se presentaban durante mi trayecto académico.

Para mi hermano Néstor Arévalo Ruiz, por enseñarme sus buenos modales y empatía.

Al Sr. Mario Pasmíño Nava, propietario de la parcela del cultivo de cacao, por cederme y apoyarme en las actividades desarrolladas durante la ejecución de tesis.

INDICE

	Pág.
Dedicatoria.....	2
Agradecimiento.....	3
Índice.....	4
Lista de cuadros.....	6
Lista de figuras.....	8
Resumen.....	9
Abstract.....	10
I. INTRODUCCION.....	11
II. REVISION DE LITERATURA.....	13
2.1. Antecedentes.....	13
2.2. Bases teóricas.....	15
2.2.1. El biol.....	15
2.2.2. El cultivo del cacao.....	21
III. MÉTODOS.....	28
3.1. Ubicación y descripción del área del estudio.....	30
3.2. Condiciones ambientales y edáficas.....	30
3.3. Materiales.....	32
3.4. Procedimiento.....	32
3.5. Variables.....	38
3.6. Población y muestra.....	40
3.7. Tratamiento estadístico.....	41
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	40
4.1. Número de frutos por planta.....	42
4.2. Peso de mazorca.....	43
4.3. Peso de cáscara.....	44
4.4. Peso de semillas con mucilago.....	45
4.5. Peso de 100 granos secos.....	46
4.6. Peso de granos secos por planta.....	48
4.7. Rendimiento por hectárea.....	49
4.8. Análisis costo beneficio.....	51
V. CONCLUSIONES.....	54
VI. RECOMENDACIONES.....	55
VII. BIBLIOGRAFIA.....	56
VIII. ANEXOS.....	60

LISTA DE CUADROS

	Pág.
1. Guía de recomendaciones de fertilización para el cultivo del cacao con 800 plantas/ha. (Zavala, S.f.).....	26
2. Guía de reconocimiento de fertilización para el cultivo del cacao con 1400 plantas/ha. (Zavala, S.f.).....	27
3. Datos climáticos del distrito de Curimaná en los meses de Enero a Agosto del 2018 en los cuales se ejecutó el trabajo de investigación.....	30
4. Resultados del análisis de suelos de la muestra correspondiente a la parcela experimental.....	31
5. Análisis de laboratorio para la muestra de biol preparado.....	36
6. Variables estudiadas.....	38
7. Análisis de varianza.....	41
8. Prueba de promedio de Tukey, para el número de frutos por planta para los tratamientos aplicados.....	42
9. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de mazorcas para los tratamientos aplicados.....	43
10. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de cáscara para los tratamientos aplicados.....	44
11. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de semillas con mucilago para los tratamientos aplicados.....	45
12. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de 100 granos secos para los tratamientos aplicados.....	46
13. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de granos secos por planta para los tratamientos aplicados.....	48
14. Prueba de promedio de Tukey, para el rendimiento por hectárea para los tratamientos aplicados.....	49
15. Costo de aplicación de biol.....	51
16. Costos por tratamiento.....	52
17. Ganancia neta por tratamiento.....	52
En el anexo	
18. Numero de frutos por planta	61

19. Peso de fruto.....	61
20. Peso de cáscara.....	61
21. Peso de semillas con mucilago.....	61
22. Peso de 100 granos secos.....	62
23. Peso de granos secos por planta.....	62
24. Rendimiento por hectárea.....	62
25. Base de datos.....	63

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Condiciones climáticas observadas en el distrito de Curimaná en los meses de Enero a Agosto del 2018.....	31
2. Diseño del campo de estudio.....	33
3. Diseño de la muestra experimental.....	33
4. Número de frutos por planta para los tratamientos aplicados.....	42
5. Peso de mazorca para los tratamientos aplicados.....	44
6. Peso de cáscara para los tratamientos aplicados.....	44
7. Peso de cáscara para los tratamientos aplicados.....	46
8. Peso de 100 semillas secas para los tratamientos aplicados.....	47
9. Peso seco de granos por planta para los tratamientos aplicados.....	48
10. Rendimiento por hectárea para los tratamientos aplicados.....	50
En el anexo	
11. Campo experimental, con plantas de cacao del clon CCN – 51.....	65
12. Planta seleccionada para la evaluación.....	65
13. Limpieza del campo experimental.....	65
14. Preparación y aplicación de los tratamientos estudiados.....	66
15. Herramientas y cosecha de mazorcas de cacao.....	66
16. Mazorcas cosechadas por bloque, tratamiento y repetición.....	67
17. Evaluación de parámetros de productividad.....	67
18. Evaluación de cáscara y semillas con mucilago.....	67

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo estudiar el efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de bioles en el mejoramiento productivo del cultivo del cacao en el distrito de Curimaná, Provincia de Padre Abad, Región Ucayali, para lo cual, se seleccionó una parcela de cacao con plantas de 8 años de instalado, pertenecientes al clon CCN-51, con un distanciamiento de 3 m x 3m, haciendo un total de 1111 plantas/ha. Se distribuyó los bloques y tratamientos con sus respectivas unidades experimentales identificándolos con etiquetas de aluminio. Se procedió a aplicar los tratamientos: T1 = 0% de biol; T2 = 15% de biol; T3 = 20 % de biol; T4 = 25% de biol, se utilizó el Diseño de Bloque Completo al Azar, con 3 bloques y 4 tratamientos, además se aplicó la prueba de comparación múltiple de promedio de Tukey con nivel de significancia= 0.05, concluyéndose que, para el rendimiento del cacao, se observó que los tratamientos con aplicación de biol, generaron mejores promedios en el número de frutos por planta (28 a 30 frutos), peso de mazorca (694.76 a 681.7 g), peso de granos secos por planta (1.689 a 1.628 kg) y rendimiento por hectárea (1.877 a 1.808 ton/ha), no observándose diferencias significativas en el peso de cáscara, peso de semillas con mucilago y peso de 100 granos secos, lográndose rendimientos superiores con aplicación de biol en comparación con el tratamiento sin aplicación de biol, el cual logro un rendimiento de 1.452 ton/ha, y finalmente, para el costo beneficio de la aplicación de biol, los tratamientos con 25% de biol y 20% de biol lograron similar ganancia económica, seguidos del tratamiento con 15% de biol y finalmente el tratamiento con 0% de biol el cual presento la menor ganancia económica.

Palabras clave: Cacao, biol, granos secos, rendimiento, mejoramiento productivo.

ABSTRACT

The research aimed to study the effect of the application of different concentrations of bioles on the productive improvement of cocoa cultivation in the district of Curimaná, Province of Padre Abad, Ucayali Region, for which, a plot of cocoa with plants was selected 8 years of installation, belonging to the CCN-51 clone, with a distance of 3 mx 3m, making a total of 1111 plants / ha. The blocks and treatments were distributed with their respective experimental units identifying them with aluminum labels. The treatments were applied: T1 = 0% of biol; T2 = 15% biol; T3 = 20% biol; T4 = 25% of biol, the Random Complete Block Design was used, with 3 blocks and 4 treatments, in addition the Tukey average multiple comparison test with significance level = 0.05 was applied, concluding that, for the performance of the cocoa, it was observed that the treatments with application of biol, generated better averages in the number of fruits per plant (28 to 30 fruits), weight of cob (694.76 to 681.7 g), weight of dry grains per plant (1,689 to 1,628 kg) and yield per hectare (1,877 to 1,808 ton / ha), not observing significant differences in shell weight, weight of seeds with mucilage and weight of 100 dry grains, achieving higher yields with application of biol compared to treatment without application of biol, which achieved a yield of 1,452 ton / ha, and finally, for the cost benefit of the application of biol, treatments with 25% of biol and 20% of biol achieved a similar economic gain, followed by the work treatment with 15% of biol and finally the treatment with 0% of biol which presented the lowest economic gain.

Keywords: Cocoa, biol, dry grains, yield, productive improvement.

I. INTRODUCCION

La producción de cacao en el Perú hasta la década de los ochenta e inicios de los noventa fue favorable para el productor cacaotero en términos de volúmenes, ampliación de áreas de cultivo y niveles comercializados. Sin embargo, esta producción se vio afectada por la aparición de diferentes enfermedades como la Moniliasis del cacao, la mazorca negra y la escoba de bruja, que generan pérdidas económicas en más del 90% en las áreas cacaoteras a nivel nacional que aunadas a los problemas socio político y de narcotráfico presentes en las zonas productoras, generó un retraso en el desarrollo del cultivo del cacao (Paredes, 2003). Los biofertilizantes son insumos formulados con uno o varios microorganismos, los cuales, de una forma u otra, proveen o mejoran la disponibilidad de nutrientes cuando se aplican a los cultivos (Chávez *et al.*, s.f). Las sustancias que se originan a partir de la fermentación son muy ricas en energía libre, que al ser absorbidas directamente por las hojas tonifican las plantas e impiden el desarrollo de enfermedades y el constante ataque de insectos (Chávez *et al.*, s.f). Mejía (S.f.) indica que desde el año 2001, la producción de cacao en el Perú ha evolucionado favorablemente logrando un crecimiento del 37%. El crecimiento se ha reflejado aún más en los precios y en valor FOB de exportación (puerto de carga convenido), se ha tenido un crecimiento anual de 30% (Mejía, S.f.)

Desde el punto de vista de una agricultura sostenible y respetuosa con el medio ambiente, el uso de biofertilizantes representa una alternativa para limitar el uso de abonos químicos, minimizando si es posible en su totalidad el impacto ambiental y socio-económico que estos producen, mejorando la productividad del cultivo del cacao (Chávez *et al.*, s.f).

La producción orgánica de productos alimenticios es una alternativa que beneficia tanto a productores como a consumidores, los primeros se ven beneficiados porque en sus fincas se reduce considerablemente la contaminación del suelo, del agua y del aire, lo que alarga considerablemente la vida económica de los mismos y la rentabilidad de la propiedad. Los consumidores se ven beneficiados en el sentido que tienen la seguridad de consumir un producto 100% natural, libre de químicos, saludables y de alto valor nutritivo (Llanos, 2013).

La producción de abono foliar bio es una técnica utilizada cuyo objetivo es incrementar y mejorar la calidad de las cosechas; su uso en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, sirviendo para actividades agronómicas como: enraizamiento, acción sobre el follaje, mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, ayudando al aumento de las cosechas (Colque, 2005).

En este sentido, la producción y la aplicación de diferentes concentraciones de bioles en el mejoramiento productivo del cultivo del cacao en el distrito de Curimaná, permitirá potenciar la capacidad productiva del cultivo del cacao, generando un efecto directo sobre el beneficio socioeconómico del productor cacaotero.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de bioles en el mejoramiento productivo del cultivo del cacao en el distrito de Curimaná.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de bioles en el comportamiento productivo del cultivo del cacao en el distrito de Curimaná.
- Determinar el costo beneficio de la aplicación de diferentes concentraciones de bioles en el comportamiento productivo del cultivo del cacao en el distrito de Curimaná.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Duche (2011) en su trabajo de investigación titulado “Evaluación de tres formulaciones de Biol a partir de desechos de aserradero (aserrín de Pigüe, *Pollalesta discolor*), maní forrajero (*Arachis sp.*) y gallinaza en producción de maíz híbrido (7443) Trueno” en el cual se formuló los bioles en botellones de agua, dejando un tiempo prudente para la fermentación propia de estos bio-fermentos. La siembra de esta semilla se realizó a una distancia de 20 cm entre planta y 80 cm entre hilera y una vez cumplido los 120 días el maíz se procede con la cosecha por tratamientos y el respectivo pesaje concluyéndose que la combinación de media libra de aserrín de pigüe, media libra de maní forrajero picado y una libra de gallinaza, secundan en obtener un mejor resultado en la cosecha de un híbrido de maíz, como también las diferentes mezclas de productos en la formación del biol enfoca la producción misma del ensayo. Asimismo, no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo hay una cierta diferencia marcada en la investigación que detalla que el tratamiento 2 sobresale, que en todo caso para productores de recursos económicos medios pueden acceder a estos métodos orgánicos de fertilización que a su vez presenta muy buenas características para la producción en el cultivo de Maíz Trueno.

Toalombo (2013) estudió la “Aplicación de abonos orgánicos líquidos tipo biol al cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth)”, en los cuales se estudió los siguientes tratamientos: los bioles (B1 con estiércol de bovino, B2 con estiércol de cuy, B3 con estiércol de cerdo) y la frecuencia adecuada de aplicación (A1, cada 7 días, A2, cada 14 días y A3, cada 21 días), concluyéndose que el tipo de biol B2 (biol con estiércol de cuy) y la frecuencia de aplicación de cada 14 días (A2), generaron los mejores resultados en el crecimiento y desarrollo de las plantas, por lo que se incrementó la producción del cultivo, al obtenerse plantas con mayor número de brotes por plantas (6.1 brotes), con mejor número de inflorescencias (11.5 inflorescencias), mayor número de frutos por corimbo (14.6 frutos), por lo que el rendimiento en peso de la fruta mejoro significativamente (45.9 kg); siendo desde el punto de vista agronómico, el tipo de biol y la frecuencia apropiada para la aplicación de este abono liquido orgánico. Del análisis económico se concluyó que el tratamiento B2A3 (aplicación de biol con estiércol de cuy cada 21 días), registró la mayor tasa marginal de retorno del 1100%, por lo que se justifica desde el punto de vista económico la utilización de este tratamiento.

Rodríguez (2011) evaluó la “Aplicación foliar de bioles en el cultivo de cafeto (*Coffea arabica* L.) Variedad Caturra, en etapa de fructificación en la Provincia de El Dorado”, en el cual se comparó el efecto de tres fuentes de bioles a base de estiércol de cuy, estiércol de ganado vacuno, adición de pasto tratado (*Brizantha*) y determinar los grupos de microorganismos presentes en el inóculo anaeróbico. Se utilizó el diseño de Bloques Completamente randomizado, con cuatro tratamientos y cuatro bloques. Los tratamientos foliares fueron aplicados en la fase fenológica de la formación del fruto. Los resultados obtenidos nos indican que el T1, se distinguió por su mayor efecto en las variables del peso de café pergamino al 12% de humedad, rendimiento de grano y catación de café el mismo que se aplicó en una proporción de 1.5 litros de biol con una frecuencia de cada 15 días en seis aplicaciones frecuentes y fue un complemento más para suministrar nutrientes al cultivo que indudablemente no reemplazó en absoluto la nutrición natural del suelo. A nivel de hongos se determinó los siguientes géneros presentes en el inóculo, como el *Penicillium sp.*, *Micogone sp.*, *Fusarium sp.*

Salazar et al. (2012) realizó el trabajo de investigación titulado “Producción de biogás y biol a partir de excretas de ganado: experiencias en la ciudad de Tacna”, en el cual, en la ciudad de Tacna se diseñó, construyó y evaluó el funcionamiento de un biodigestor familiar de 2 m³ tipo manga de polietileno, utilizando adobe en las paredes de la zanja, acolchonado por una manta de sacos y revestido por un cobertor negro lo que ayuda a mantener cálido el sistema; alimentado con estiércol fresco de ganado ovino. El tiempo de retención inicial fue de 30 días, produciendo posteriormente biogás en forma diaria con un promedio de 400 litros/día con un rango de temperatura del biodigestor entre 30 a 40°C oscilando la temperatura ambiente entre 20 y 30°C durante los meses de evaluación. Se cuantificó la producción diaria de biol, resultando en 40 litros/día en promedio y se modificó una cocina de kerosene para comprobar la utilidad del biogás como combustible. Haciendo una exhaustiva investigación y aplicando el método de encuesta directa, se encontró que en Tacna predominan los biodigestores caseros tipo chino de 5m³ de capacidad en promedio, los cuales fueron construidos hace más de quince años atrás y alimentados por excretas de ganado bovino. Aquellos biodigestores estuvieron en operación alrededor de tres años en promedio y actualmente se encuentran destruidos o abandonados por sus respectivos usuarios por diferentes causas, siendo el más común la baja rentabilidad del negocio pecuario el cual a sido reemplazado por la agricultura y además, la falta de personal que se dedique al manejo y mantenimiento del biodigestor. Finalmente se difunde el trabajo de investigación realizada entre la población, demostrando las bondades del biogás y biol

Chávez *et al.* (s.f.) estudió la “Aplicación de biofertilizantes líquidos de producción local y su efecto en la rehabilitación de plantaciones de cacao fino y de aroma”, el cual fue desarrollada en las cinco provincias del litoral ecuatoriano con fincas demostrativas en cada una de ellas. Se aplicaron biofertilizantes líquidos de producción local (producidos por agricultores) en plantaciones de cacao fino y de aroma. Estas plantaciones se caracterizaron por su estado senil y su consecuente mal estado fitosanitario y productivo. Las aplicaciones de estos bioproductos se las realizó por medio de la tecnología electrostática, en dosis de 120 l ha⁻¹ distribuidos en dos aplicaciones quincenales. Se evaluaron sistemáticamente 10 plantas en cada una de las fincas demostrativas. Se evidenció la reducción de mazorcas con *M. pernicioso* de 37% a 5% y de mazorcas con *M. royeri* de 18% a 2%. Las mazorcas sanas se incrementaron de 0,27% a 72% en promedio de árboles evaluados. La clorofila se incrementó durante las aplicaciones del biofertilizante desde un valor SPAD inicial como promedio de 44,7 a un valor final de 47,8. La producción inicial de las fincas demostrativas, que no superaba las 400 lbs ha⁻¹ año, aumentó a 1200 lbs ha⁻¹ año. El efecto combinado de la aplicación de bioles y la realización de podas permitió la disminución significativa de la presencia de moniliasis y escoba de bruja en las plantaciones y el incremento notable de la producción. El aumento de la clorofila sugiere un incremento en la cantidad de nitrógeno y magnesio en las hojas evaluadas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El biol

A. El Biol

Restrepo (2001), indica que el biol es un biofertilizante, fuente de fitoreguladores preparado a base de estiércol muy fresco, disuelto en agua y enriquecido con leche, melaza y ceniza puesto a fermentar por varios días, obteniendo un producto de la descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos.

Colque *et al.* (2005), señalan que la producción de abono foliar biol es una técnica utilizada cuyo objetivo es incrementar y mejorar la calidad de las cosechas su uso en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, sirviendo para actividades agronómicas como: enraizamiento, acción sobre el follaje, mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas,

ayudando al aumento de las cosechas, además en la producción del biol se puede añadir a la mezcla plantas biosidas o repelentes, para combatir insectos plagas.

Promer (2002), indica que el biol se obtiene del proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos. La técnica empleada para lograr este propósito son los biodigestores. Los biodigestores se desarrollaron principalmente con la finalidad de producir energía y abono para las plantas utilizando el estiércol de los animales. Sin embargo en los últimos años, esta técnica está priorizando la producción del bioabono, especialmente del biol.

Basauré (2006), manifiesta que en la agricultura orgánica, una de las alternativas de fertilización foliar son los bioles. Abonos líquidos o bioles son una estrategia que consiste en aprovechar el estiércol de los animales, todo esto sometidos a un proceso de fermentación anaeróbica, dan como resultado un fertilizante foliar que contiene principios hormonales vegetales (auxinas y giberelinas). Investigaciones realizadas, permiten comprobar que aplicados foliariamente a los cultivos en una concentración entre 20 y 50% se estimula el crecimiento, mejora la calidad de los productos e incluso tienen cierto efecto repelente contra las plagas. Estos abonos orgánicos líquidos son ricos en nitrógeno amoniacal, en hormonas, vitaminas y aminoácidos. Estas sustancias permiten regular el metabolismo vegetal y además pueden ser un buen complemento a la fertilización integral aplicada al suelo.

Gomero y Velásquez (1999), sostienen que el biol se obtiene del proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos. La técnica empleada para lograr éste propósito son los biodigestores. El biol es el líquido que se descarga de un digestor y es lo que se utiliza como abono foliar. Es una fuente orgánica de fitoreguladores que permite promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas. Existen diversas formas para enriquecer el biol en el contenido de fitoreguladores así como de sus precursores, mediante la adición de alfalfa picada en un 5% del peso total de la biomasa, también se logra un mayor contenido en fósforo adicionando vísceras de pescado (1 kg/m²).

B. Biol y sus funciones

El Biol es una fuente de fitoreguladores, que se obtiene como producto del proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos, 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 (Pino, 2005) Según Picado, (2005) el biol promueve las actividades fisiológicas y estimula el desarrollo de plantas, sirve para las siguientes actividades agronómicas.

- Estimulan la formación de nuevas raíces o enraizamiento de esquejes.
- Inducen a la floración.
- Inducen a la acción fructificante.
- Estimulan al crecimiento o deteniendo el mismo.
- Aceleran la maduración.

Martín (2003), menciona que la función del biol en el interior de las plantas es, activar el fortalecimiento del equilibrio nutricional como un mecanismo de defensa, a través de los ácidos orgánicos las hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas, minerales, enzimas, co-enzimas carbohidratos, azúcares complejas de relaciones biológicas, químicas, físicas y energéticas que se establece entre las plantas y la vida del suelo.

Domínguez (2000), argumenta que los bioles enriquecidos después de su periodo de fermentación (30-90 días), estarán listos y equilibrados, donde sus efectos pueden ser superiores de 10 a 100.000 veces la cantidad de nutrientes técnicamente recomendados.

C. Ventajas del biol

Se declaran un amplio número de ventajas proporcionadas por un abono líquido orgánico las cuales se detallan a continuación: (Galindo *et al.*, 2007)

- 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.

Además, AEDES (2006), indica que:

- Es un abono orgánico que no contamina el suelo, agua aire ni los productos obtenidos de las plantas.
- Aumenta la fertilidad natural del suelo.
- Es de bajo costo, se emplea recursos locales y se elabora en la parcela.

Álvarez (2010) y AEDES (2006), indican que las desventajas del uso del biol son:

- El tiempo de preparación es largo.
- Cuando no se protege de los rayos solares directos tienden a malograrse.

D. Factores que intervienen en la formación del biol

Bustillo (S.f.) señala que la fermentación de materia orgánica, cuando ocurre sin presencia de oxígeno, se denomina anaeróbica. La fermentación se origina a partir de la intensa actividad de los microorganismos que transforman los materiales orgánicos y producen vitaminas, ácidos y

minerales complejos, indispensables para el metabolismo y perfecto equilibrio nutricional de la planta.

E. Tipos de biol

Restrepo (2007) menciona en su literatura, que la mayoría de los bioles depende de los insumos que se encuentre en la zona y el modo que se utilizara. Este abono liquido presenta diferentes tipos: biol biocida; biol para suelo y hojas, y biol abono foliar.

Colque *et al.* (2005) menciona que el biol, es el más utilizado por los agricultores, ya que nutre a la planta vía hojas, contando con el mayor número de macro y micro nutrientes que la planta requiere para poder producir, acelera el crecimiento de las plantas y mejora e incrementa el rendimiento de las plantas.

ICT- NAS/USDA-AR (2008), mencionan que existen los siguientes bioles:

Aeróbico. Es obtenido a partir de la fermentación aeróbica (o sea en presencia de oxígeno) de estiércol fresco de equino, vacuno o de cuy con agua natural, leche cruda y melaza. Para la preparación se recomienda utilizar un cilindro plástico de 200 litros, en la que se deposita 150 litros de agua natural, 50 kg de estiércol, un litro de leche y un kg de miel o panela; estos materiales se mezclan bien con la ayuda de una pala de madera y diariamente se agita por cinco minutos para facilitar la oxigenación (Rodríguez, 2011).

Anaeróbico. Es obtenido a partir de la fermentación anaeróbica (o sea sin presencia de oxígeno) de estiércol fresco de equino, vacuno o de cuy con agua natural, leche cruda y melaza. Para la preparación se recomienda utilizar un cilindro de plástico de 200 litros, en la que se deposita 150 litros de agua natural, 50 kg de estiércol, un litro de leche y un kg de miel o panela estos productos se mezclan bien y luego se tapa herméticamente. A la tapa del cilindro se le abre un pequeño agujero y se introduce parte de una manguera para permitir la salida de los gases sin dejar entrar el aire, el otro extremo de la manguera se le coloca dentro de una botella con agua para que actúe como válvula de escape del gas que se produce en el interior de un cilindro de plástico. Transcurrido 30 días, mediante filtrado se extrae el

contenido, líquido para ser utilizado como bioestimulante foliar o de suelo; el sustrato sólido restante puede ser utilizado como mulch (Rodríguez, 2011).

F. Insumos

Restrepo (2007), indica que para la preparación del biol, se puede usar cualquier tipo de estiércol y de planta, dependiendo de la actividad ganadera (vacunos, ovinos, camélidos o animales menores) y la diversidad vegetal de nuestra comunidad.

G. Elaboración y tiempo de fermentación del biol

Según Colque *et al.* (2005) la elaboración artesanal del biol, tiene el siguiente proceso:

- Echar el estiércol fresco (40 kg/200 litros) en un tanque, agregar la roca fosfórica (2 kg/ 200 litros), alfalfa picada (2 kg/200 litros), todo esto mezclado con agua, agregando poco a poco secuencialmente la ceniza (2 kg/200 litros), la leche (4 litros/ 200 litros), melaza (10 litros/200 litros) y sal de cocina (60 g/200 litros).
- Al final de la preparación completar con agua a 200 litros de capacidad.
- Una vez lleno el biodigestor taparlo y por un extremo poner un tubo por donde saldrá el biogás, y al final de este tubo colocar una botella de agua para evitar el ingreso de oxígeno durante la fermentación anaeróbica, durante 3 meses (condiciones de sierra).

H. Cosecha del biol

AEDES (2006) sostiene que la cosecha del biol dependerá del clima (temperatura) y del envase utilizado como de la cantidad, en el caso del uso de mangas la cosecha se dará después de tres meses de haber instalado durante este periodo habrá culminado con la descomposición de la materia orgánica e insumos depositados en la manga. La mejor manera para conocer que ya está listo para la cosecha es cuando ha dejado de salir el gas por las mangas el líquido final es de color marrón verde oscuro.

Según Cervantes (2005), los pasos para la cosecha es el siguiente.

- Abrir la tapa del biodigestor y con un balde pequeño, extraer el líquido, que está en la parte superior del bidón.
- Cernir el biol en mallas antes de almacenarlo en depósitos definitivos.
- Extraer la parte sólida, restante en el bidón, que podrá ser usado como abono orgánico.

I. Almacenamiento del biol

Álvarez (2010) indica que el biol cosechado se debe almacenar en envases de plástico herméticamente cerrados, en un lugar bajo sombra, no colocar en lugares soleados, para no correr el riesgo que los envases se revienten. Asimismo, Cervantes (2005), recomienda que el biol es necesario guardar o conservarlo protegiéndolo del sol y sellado herméticamente. Antes de usarlo se debe de agitar para homogeneizarlo.

2.2.2. El cultivo del cacao

A. Origen

La producción mundial está distribuida entre los países de América del Sur, América Central, México, el Caribe, África, Asia y Oceanía; países estos que cuentan con tierras de bosques húmedos tropicales (Batista, 2009).

El cultivo del cacao tuvo su origen en América pero no se puede indicar con precisión el lugar específico ni su distribución. Aún hoy día continúa siendo tema de discusión (Batista, 2009).

Algunos autores indican que el cultivo del cacao se inició en México y América Central y señalan al mismo tiempo que los españoles no lo vieron cultivado en América del Sur cuando arribaron a ese continente, aunque lo encontraron creciendo en forma natural en muchos bosques a lo largo de los ríos Amazonas y Orinoco y sus afluentes, donde aún hoy existen tipos genéticos de mucho valor (Batista, 2009).

B. Taxonomía

Botánicamente, al cacao se le ha asignado la siguiente clasificación:

División: Espermatofita

Clase: Angiosperma

Sub-clase: Dicotiledónea

Orden: Malvales

Familia: Esterculiáceas

Género: Theobroma

Especie: Cacao

Todas las formas cultivadas están contenidas en la especie cacao, la cual ha sido dividida en 2 sub-especies: cacao y sphaerocarpum (Batista, 2009).

C. Descripción botánica

El árbol del cacao normalmente alcanza una altura entre 6 a 8 metros, con excepción del cacao Nacional del Ecuador y del amelonado de África Occidental, los que en ocasiones alcanzan alturas hasta unos 12 metros. La altura del árbol depende de factores ambientales que influyen en el crecimiento. Cultivado con alta luminosidad el tamaño es más reducido que con exceso de sombra (Batista, 2009).

La raíz

En plantas reproducidas por semillas el sistema radicular está compuesto por una raíz principal denominada raíz pivotante o raíz primaria, la cual crece hacia abajo de forma recta. A partir de la raíz pivotante, inmediatamente debajo del cuello, se desarrollan la mayoría de las raíces secundarias a unos 15 a 20 cm de profundidad en la porción superior de la capa de humus. Éstas se extienden en forma horizontal a 5 y 6 metros del tronco del árbol, con raíces laterales que se dividen repetidamente (Batista, 2009).

Tallo y ramas

Las ramas del árbol de cacao, al igual que las de otras especies del género Theobroma, son dimórficas:

- Unas son de crecimiento vertical hacia arriba, denominadas ramas de crecimiento ortotrópico, y constituyen el tallo y/o los chupones;
- Otras son de crecimiento oblicuo hacia fuera, denominadas ramas de crecimiento plagiotrópico (Batista, 2009).

Las plantas de cacao, reproducidas por semillas, desarrollan un tallo principal de crecimiento vertical que puede alcanzar 1 a 2 metros de altura a la edad de 12 a 18 meses. A partir de ese momento la yema apical detiene su crecimiento y del mismo nivel emergen de 3 a 5 ramas laterales. A este conjunto de ramas se le llama comúnmente verticilio u horqueta (Batista, 2009).

El cacao tipo Criollo normalmente desarrolla un verticilio de 3 a 5 ramas laterales, las cuales presentan un espacio bien marcado entre sus puntos de origen. En el cacao Forastero las ramas laterales del verticilio salen de un mismo punto. En ambos casos, cuando el árbol llega a adulto, las bases de las ramas laterales forman un solo anillo (Batista, 2009).

La hoja

Durante su formación, crecimiento y estado adulto, las hojas exhiben pigmentaciones diferentes, cuya coloración varía desde muy pigmentadas hasta poca pigmentación. Generalmente, los tipos de cacao Criollo y Trinitario tienen pigmentación más coloreadas que los del tipo Forastero, los que son de muy poca pigmentación (comportamiento genético). En todos los casos las hojas adultas son completamente verdes, de lámina simple, entera, de forma que va desde lanceolada a casi ovalada, margen entero, nervadura pinada, y ambas superficies glabras. El tamaño de las hojas es variable; lo cual depende de caracteres genéticos y de su posición en el árbol. Las hojas de la periferia que están muy expuestas a la luz solar son más pequeñas que las que están ubicadas en el interior del árbol. Las hojas adultas del cacao Criollo son más grandes que las del cacao Forastero (Batista, 2009).

Inflorescencia

La inflorescencia del cacao es una cima decasiforme, la cual se forma directamente en la madera más vieja del tronco y de las ramas adultas del árbol y, de manera muy específica, en la base de una hoja, alrededor de la cicatriz y de la yema axilar que queda al caer la hoja. La inflorescencia, en su proceso de formación y crecimiento, se transforma en una masa densa que conforme se desarrolla forma un cojín que agrupa entre 40 a 60 flores. Existe una marcada diferencia en el número de flores presente en diferentes

cojines de diferentes árboles, lo cual obedece a caracteres genéticos (Batista, 2009).

La flor

La flor del cacao es hermafrodita, pentámera, de ovario súpero, cuya fórmula floral es: S5, P5, E5+5, + G (5). Esto indica que la flor del cacao está constituida en su estructura floral por 5 sépalos, 5 pétalos; el androceo conformado por 10 filamentos de los cuales 5 son fértiles (estambres) y los otros 5 son infértiles (estaminoides); el gineceo (pistilo) está formado por un ovario súpero con 5 lóculos fusionado desde la base donde cada uno puede contener de 5 a 15 óvulos, dependiendo del genotipo. La polinización del cacao es estrictamente entomófila (Batista, 2009).

El fruto

El fruto de cacao es una drupa normalmente conocido como mazorca. Tanto el tamaño como la forma de los frutos varían ampliamente dependiendo de sus características genéticas, el medio ambiente donde crece y se desarrolla el árbol, así como el manejo en la plantación. Las mazorcas de cacao por sus formas están clasificadas como: Amelonado, Calabacillo, Angoleta y Cundeamor, variando según el tipo o la especie (Batista, 2009).

La semilla

El fruto del cacao puede contener entre 20 a 60 semillas o almendras, cuyo tamaño y forma varían según el tipo genético. La semilla del cacao es más bien un óvulo del interior del ovario de la flor fecundado y desarrollado, que luego de su desarrollo y maduración constituye la mazorca. La semilla del cacao está constituida por dos cotiledones y un embrión que está protegido por ambos cotiledones. El endosperma es sumamente reducido y toma la forma de una membrana conocida como testa, la cual es delgada y coriácea envuelta en su periferia por una pulpa ácida y azucarada que se llama mucílago (Batista, 2009).

D. Requerimientos edafoclimáticos

Los suelos de textura media, o sea los suelos arcillo-arenosos, con un espacio radical de profundidad de 1 m, con buena capacidad de drenaje, donde no ocurran encharcamientos de agua en los períodos de mucha lluvia y donde el pH es de 5.5 a 6.5 son los buenos para cultivar cacao.

El clima debe ser fresco con temperatura promedio al año de entre 24 a 25 °C. (Batista, 2009).

La lluvia debe ser bien distribuida, con un mínimo de 1,200 mm anual. (Batista, 2009).

Los vientos fuertes causan daños al cacao, por lo que es importante evitar el cultivo en zonas donde por naturaleza los vientos son de alta velocidad. En tal caso conviene tener árboles rompe vientos para reducir los efectos. (Batista, 2009).

E. Abonos orgánicos de calidad para el cacao

La extracción de nutrientes por el cultivo de cacao se incrementa rápidamente durante los primeros 5 años después de la siembra y luego de establecerse manteniendo esa tasa de absorción por el resto de vida útil de la plantación. En general, el potasio (K) es el nutriente más absorbido por el cacao, seguido por el nitrógeno (N), calcio (Ca) y magnesio (Mg) (Zavala, S.f.).

La cantidad exacta de nutrientes removidos por un cultivo en particular depende del estado nutricional del árbol. En promedio 1,200 kg de semilla de cacao extraen 35 kg de N, 10 kg P₂O₅, 50 kg de K₂O, 13 kg de CaO y 150 kg de MgO. Además, también se remueven nutrientes en la cáscara de la mazorca que es rica en K. Por otro lado, también se requieren nutrientes para construir el cuerpo del árbol. Todos estos factores deben ser considerados al diseñar una recomendación de fertilización en una plantación de cacao sostenible (Zavala, S.f.).

Cuadro 01. Guía de recomendaciones de fertilización para el cultivo del cacao con 800 plantas/ha. (Zavala, S.f.).

EDAD años	N	P₂O₅ g/planta	K₂O	MgO	S
Disponibilidad baja de nutrientes					
0-1	70	30	55	15	25
1-2	105	45	110	30	50
2-3	140	60	165	45	75
3-4	175	75	220	60	100
>4	210	90	270	75	125
Disponibilidad media de nutrientes					
0-1	40	15	25	8	12
1-2	70	20	50	16	24
2-3	100	30	75	24	36
3-4	125	40	100	32	48
>4	150	50	125	40	60
Disponibilidad alta de nutrientes					
0-1	20	12	25	11	12
1-2	40	12	40	11	12
2-3	60	18	55	15	15
3-4	80	24	70	18	30
>4	100	30	85	20	40

Fuente: Reconocimiento de fertilización (Zavala, S.f.).

Cuadro 02. Guía de reconocimiento de fertilización para el cultivo del cacao con 1400 plantas/ha. (Zavala, S.f.).

EDAD años	N	P₂O₅	K₂O	MgO	S
Disponibilidad baja de nutrientes					
0-1	40	20	35	9	14
1-2	60	30	70	17	29
2-3	80	40	100	26	43
3-4	100	50	126	34	57
>4	120	60	154	43	71
Disponibilidad media de nutrientes					
0-1	23	9	14	6	7
1-2	40	11	29	9	14
2-3	57	17	43	14	21
3-4	71	23	57	18	27
>4	86	29	71	23	34
Disponibilidad alta de nutrientes					
0-1	11	7	14	6	7
1-2	23	7	23	6	7
2-3	34	10	31	9	9
3-4	46	14	40	10	17
>4	57	17	49	11	23

Fuente: Reconocimiento de fertilización (Zavala, S.f.).

Los datos sobre pérdidas de nutrientes y recomendaciones sobre fertilizantes en los cultivos convencionales varían mucho. (Zavala, S.f.).

Pérdida anual de nutrientes del suelo en función de un rendimiento de 1,000 kg/ha. (Zavala, S.f.).

	N (kg)	P (kg)	K (kg)
Semillas	25.2	6.0	19.6
Cáscaras	20.6	2.0	44.5
Total	45.8	8.0	64.1

Otras fuentes indican las siguientes pérdidas en función de 1,000 kg de rendimiento por ha (datos en kg). (Zavala, S.f.).

Rendimiento (por 1000 kg de semilla)	N	P	K
	20	4	10

Fuera de la propia producción no se recomienda emplear fertilizantes externos aunque sean de origen por que no justificarían los gastos. En este sentido, para una explotación con producción rentable sería suficiente fomentar la descomposición de material orgánico resultante de los trabajos de cuidado, siempre que tenga un sistema estratificado (de diferentes niveles), diversos y que tenga alta densidad vegetativa. (Zavala, S.f.).

El cultivo orgánico del cacao requiere de una conservación o incremento de materia orgánica, lo cual soluciona algunos de los problemas de fertilidad, retención adecuada del agua de la lluvia y una buena circulación del aire en el suelo (Batista, 2009).

Una plantación de cacao con una buena nutrición es capaz de soportar mejor las adversidades del clima los insectos, las enfermedades y algunos patógenos del suelo, desarrollar mejor el potencial genético de su genoma y dar un producto de alta calidad. El cultivo orgánico del cacao requiere de una conservación o incremento de materia orgánica, lo cual soluciona algunos de los problemas de fertilidad, retención adecuada del agua de la lluvia y una buena circulación del aire en el suelo (Batista, 2009).

Los purines (orinas de animales) deben ser manejados con mucho cuidado, pues en algunos casos dependiendo del origen de ellos pueden tener elementos pesados o causar un poco de acidez en los suelos, lo cual debe ser neutralizado (Suquilanda, 2001). Sin embargo se sabe que estos purines son muy buenos abonos manejados correctamente (Vega *et al*, 2001).

Cada material básico da diferentes resultados, debe averiguarse cuál es la fórmula que se ha obtenido del abono, con un análisis químico, para ver como complementar con otros abonos orgánicos que se disponga tanto para el suelo, como los foliares (Restrepo, 2001).

Restrepo (2001), recomienda una serie de bioles y otros tipos de abonos que pueden ser utilizados en cacao, pero que no han sido probados por el

autor o al menos no ha tenido conocimiento de su aplicación, sin embargo por la composición y la forma de prepararlos, podrían dar buenos resultados.

III. METODOS

3.1. Ubicación y descripción del área del estudio

La investigación se realizó en los campos de producción de cacao del Comité Central con Desarrollo al Futuro de Curimaná, ubicado en el distrito de Curimana, provincia de Padre Abad, Región Ucayali, situado a 18 L 539715.58 m E, 9071140.65 m S y a una altitud de 151 m.s.n.m.

El trabajo de investigación se desarrolló durante los meses de Enero a Setiembre del 2018.

3.2. Condiciones ambientales y edáficas

El cuadro 3, muestra los datos climáticos registrados en el distrito de Curimaná en los meses en los cuales se desarrolló el trabajo de investigación.

Cuadro 3. Datos climáticos del distrito de Curimaná en los meses de Enero a Agosto del 2018, en los cuales se ejecutó el trabajo de investigación.

Fecha	T° máxima (°C)	T° Media (°C)	T° mínima (°C)	Pp. (mm)
Enero	31.48	26.155	20.83	143.3
Febrero	31.63	26.445	21.26	67.3
Marzo	31.64	26.635	21.63	199.4
Abril	31.07	25.82	20.57	61.5
Mayo	31.98	26.355	20.73	80.4
Junio	32.81	26.625	20.44	126.4
Julio	32.89	26.46	20.03	99.2
Agosto	32.45	26.3	20.15	65.8

Fuente: SENAMHI-Estación El Maronal

En el cuadro 3, se observa el comportamiento climático observado en los meses en los cuales se desarrolló el trabajo de tesis, en los cuales tanto la temperaturas máxima, media y mínima no tuvieron fluctuaciones significativas, manteniéndose estables durante los meses de evaluación, resaltando que en cuanto a la precipitación pluvial, desde enero a agosto, presento rangos de 61.5 a 199.4 mm, los cuales son rangos muy bajos de precipitación pluvial, como se muestra en la siguiente figura.

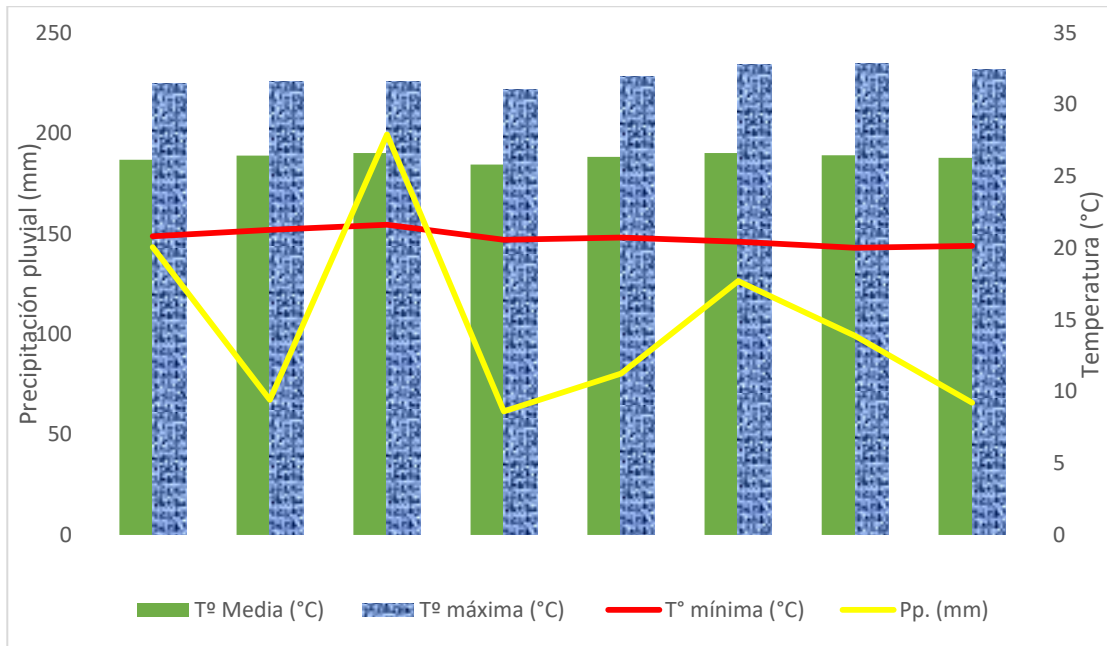


Figura 1. Condiciones climáticas observadas en el distrito de Curimaná en los meses de Enero a Agosto del 2018.

El cuadro 4, muestra los resultados del análisis de suelo de la parcela experimental de cacao.

Cuadro 4. Resultados del análisis de suelos de la muestra correspondiente a la parcela experimental.

Muestra	Análisis mecánico			Textura	pH	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	Cd ppm	Pd ppm
	Arena %	Arcilla %	Limo %								
1	27.2	24.4	48.4	Franco	7.16	3.02	0.14	7.83	160.43	0.05	2.15

CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe
15.82	12.4	2.64	0.64	0.14	0	0	0

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos – Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Observando el cuadro 4, muestra el resultado del análisis de suelos de la muestra correspondiente a la parcela experimental, en la cual, el suelo presenta una textura franco, con un pH 7.16 (neutro), un contenido regular de materia orgánica (3.02), un contenido promedio de P (7.83) y un buen contenido de K (160.43), y contenidos promedios de Ca, Mg.

3.3. Materiales

El material experimental estuvo constituido por una plantación de cacao de 8 años de instalado, correspondientes al clon CCN – 51, a un distanciamiento de 3 m x 3 m, ubicados en el distrito de Curimaná.

Para la ejecución del trabajo de investigación se utilizaron diversos materiales de campo como: Machete marca Gavilán, tijeras de podar marca Stanley, Moto mochila de aspersión marca Husqvarna, Wincha marca Stanley, baldes de 20 litros, jarra medidora de 1 litro, etiquetas de aluminio, plumón marcador, balanza gramera digital de 0.01 de precisión (marca Kambor), bolsas de plástico de 2 kilos. Asimismo se utilizó el biol.

3.4. Procedimiento.

3.4.1. Ubicación y georreferenciación de la parcela experimental

- Se procedió a seleccionar una parcela de producción de cacao con plantas de 8 años de instalado, pertenecientes al clon CCN-51.
- Las plantas de cacao se instalaron a un distanciamiento de 3 m x 3m, haciendo un total de 1111 plantas/ha.
- Con la ayuda de un GPS Garmin, se procedió a georreferenciar la parcela experimental.

3.4.2. Identificación de los bloques, tratamientos en la parcela experimental

- De acuerdo al croquis propuesto, se procedió a seleccionar las plantas por unidad experimental, tratamiento y bloques.
- Se utilizaron etiquetas de aluminio, para identificar las plantas pertenecientes a los bloques, tratamientos, y dentro de ellos, las plantas a evaluarse.

BIII	BI	BII
T4 R4	T1 R3	T3 R1
T1 R4	T2 R3	T4 R1
T2 R4	T3 R3	T1 R1
T3 R4	T4 R3	T2 R1

Figura 2. Diseño del campo de estudio.

Donde:

T= Tratamientos

B= Bloques

R= Repeticiones

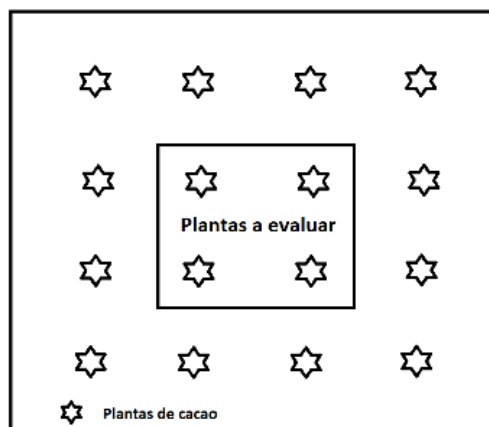


Figura 3. Diseño de la muestra experimental.

3.4.3. Procedimiento de preparación de los microorganismos eficientes

Materiales

- 8 litros de leche
- 500 ml de cultivo de yogurt

- 8 litros de melaza de caña de azúcar
- 500 g de levadura de pan
- 500 g de arroz cocinado para el cultivo de microorganismos obtenidos en bosque (elaboración de 12 vasos de cultivo)
- Galonera de plástico de 50 litros de boca angosta
- 1 metro de malla mosquitera plástica
- 25 unidades de vasos descartable de cerveza
- Ligas de plástico
- Licuadora

Procedimiento

- Se cocinó el arroz en agua y se dejó enfriar
- Se colocó el arroz cocinado en vasos descartables y se cubrió las bocas de los vasos con malla mosquitera plástica, ajustada con una liga.
- Se colocó los vasos preparados en el suelo de una plantación de cacao silvestre, de tal manera que la malla mosquitera y el arroz cocinado entren en contacto con el suelo o la hojarasca y luego fueron tapados, y dejados en el campo por un espacio de 6 días.
- Transcurrido los 6 días, se colectó los vasos descartables de campo, para ser trasladados en baldes para el procedimiento de preparación de los microorganismos eficientes.
- Los 12 vasos descartables con los crecimientos microbianos, fueron licuados y el contenido licuado fue agregado en un balde con agua sin cloro.
- Para activar las levaduras, se pesó 500 g de levaduras liofilizadas más 1 litro de agua tibia sin cloro más 12 cucharadas de azúcar, se homogenizó y se esperó a que se inicie la formación de espuma, luego se agregó las levaduras activadas al balde.
- Se agregó 8 litros de leche más 500 ml de cultivo de yogurt natural (Bacterias lácticas) al balde.
- Luego se agregó el contenido del balde a la galonera de 50 litros.
- Se agregó 8 litro de melaza al balde y se procedió a homogenizar la mezcla agregando agua sin cloro.
- Se agregó todo el contenido del balde a la galonera de 50 litros
- Se completó el contenido de la galonera con agua sin cloro hasta alcanzar 25 litros.
- Se colocó una tela en la boca de la galonera y se aseguró con ligas

- Se dejó fermentar por un espacio de 20 días para luego utilizarlo en la preparación del biol.

3.4.4. Recolección de insumos para la preparación del biol

- Se procedió a recolectar los insumos antes mencionados para la preparación del biol, días antes de la preparación de la mezcla, con excepción de la leche y el estiércol de vacuno, ya que estos insumos deben ser frescos.
- Los ingredientes que se utilizaron fueron los siguientes:
 - 40 kg de estiércol de vaca fresca
 - 4 litros de suero de leche
 - 10 litros de melaza
 - 4 litros de microorganismos eficientes
 - 2 kg de follaje amasisa (*Erythrina spp.*)
 - 2 kg de ceniza vegetal
 - Agua para una capacidad total de 200 litros

3.4.5. Procedimiento de preparación del biol

- Se realizó la mezcla de los componentes del biol, iniciándose con el estiércol de vaca fresca, la leche, la melaza, los microorganismos eficientes, la amasisa, la ceniza vegetal.
- Se agregó progresivamente agua sin cloro, para facilitar la homogenización de la mezcla.
- Con la ayuda de un listón de madera, se procedió a batir la mezcla para mejorar la homogenización de los componentes.
- Con la ayuda de un taladro, se procedió a realizar un agujero del grosor de la manguera, la cual debe fijarse a la tapa del tanque con la ayuda de silicona líquida, la cual quedó hermética.
- Se agregó agua hasta llegar a la capacidad a preparar, la cual fue de 200 litros.
- Se aseguró la tapa de manera hermética, y se aseguró con el suncho de seguridad.
- La manguera se sumergió en una botella descartable, colgada al tanque, de tal manera que permita la salida de los gases que se formaran dentro del tanque, y al mismo tiempo no permita el ingreso de oxígeno al interior y así mantener las condiciones de fermentación anaerobia.

- Se acondicionó el tanque de fermentación en un lugar fresco y abierto, protegido del sol.
- El proceso de fermentación duró 45 días.

3.4.6. Cuidados en la producción del biol

- Se mantuvo condiciones anaeróbicas evitando el ingreso de oxígeno al interior del tanque.
- Se cuidó que el nivel del agua de la botella descartable este siempre sobre la salida de la manguera.
- Asimismo, se extrajo una muestra del biol preparado, para el análisis de laboratorio correspondiente el cual se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 5. Análisis de laboratorio para la muestra de biol preparado.

N°	Código	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)	pH (H ₂ O)
1	Biol	0.85	0.10	0.13	0.04	0.37	4.74

K,Ca, Mg: Digestión Vía Húmeda; K,Ca, Mg: Método del EAA; N: Metodo Micro Keldahl; pH: Muestra/agua 1:2.5

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, plantas y abonos del INIA-Estación Experimental Agraria Pucallpa.

3.4.7. Aplicación del biol

- La utilización del biol se realizó filtrando el contenido y colocando en las bombas de mochila de 25 litros, para su aplicación en campo de acuerdo a los tratamientos a estudiarse y antes se consideró una prueba en blanco.
- La aplicación de los tratamientos se realizó desde el 7 de enero del presente año 2018, posteriormente las actividades de aplicación de las concentraciones de biol se hizo todos los 7 de cada mes y terminando con la actividad el mes de junio.

Cálculos de aplicación de concentraciones de bioles:

No de plantas por hectárea: 1111 plantas

Cantidad de agua para una ha: 200 L agua

Tempo de aplicación de los 200 L agua: 6 horas x 60 min= 360 min

Entonces:

1111 = 8 mochilas de agua = 25 L/mochilas
1111 Plantas / 8 mochilas=139 plantas/mochilas

Cantidad de litros de agua para 48 plantas que constituyen un tratamiento.

Si 25 L agua -----139 plantas
X-----48 plantas
X= 8.63 L agua

Tratamiento 2 de biol al 15%

Si 25 L agua----- 100%
X-----15 %
X= 3.75 Biol
3.75/2= 1.87 Biol usado por mochila

Tratamiento 3 de biol al 25%

Si 25 L agua-----100%
X= 20%
X= 5 L biol

5/2= 2.5 litros de biol

Tratamiento 3 de biol al 25%

Si 25 agua-----100%
X-----25%
X= 6.25 L Biol
6.25/ 2= 3.125 litros de biol

3.4.8. Evaluación de parámetros

- Las evaluaciones de los parámetros de rendimiento se realizó a la cosecha de los frutos, lo cual se tuvo dos cosechas, esta actividad se llevó a cabo haciendo uso de una balanza gramera digital, considerando el peso de los frutos de cada muestra por cada tratamiento, así mismo se pesó las cascaras de los frutos, pesó de las semillas en fresco con mucilago y

finalmente se determinó el peso en seco de las 100 semillas por cada tratamiento.

3.4.9. Labores culturales

Para esta actividad se utilizó una desbrozadora, mediante esta máquina se realizó el desmalezado de la parcela, esto en dos oportunidades, la primera en, marzo (inicio del trabajo experimental) y la última en el mes de julio (término de la cosecha).

Así mismo en una oportunidad se hizo la poda de los árboles, mediante el uso de una herramienta manual como la tijera de podar. Dicha Actividad se ejecutó en el mes de marzo (inicio del trabajo experimental).

3.5. Variables

3.5.1. Variable

Las variables estudiadas se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 6. Variables estudiadas.

Variables	Definición	Dimensión	Indicador	Inst. de medición
Variables independientes				
Concentraciones de bioles	Proporción de biol.	T1:0%	Litros	Litros
		T2:15%	Litros	Litros
		T3:20%	Litros	Litros
		T4:25%	Litros	Litros
Variables dependientes				
Rendimiento	Proporción que rinde entre el producto o el resultado obtenido y los medios utilizados,	- Número de frutos/planta - Peso promedio de fruto/planta - Peso de cáscara/fruto	cantidad kg kg	Contómetro Balanza gramera Balanza gramera

		- Peso de semillas + mucílago/fruto	kg	Balanza gramera
		- Peso de semillas sin mucílago/fruto	kg	Balanza gramera
		- Peso de 100 semillas secas	kg	Balanza gramera
		- Rendimiento por hectárea	ton	Cálculo
Costo beneficio	Es la división del costo entre los ingresos,	- Costo de la preparación y aplicación del biol	- Costo de la preparación y aplicación del biol	Programa Excel
		- Incremento de rendimiento del cacao	- Incremento de rendimiento del cacao	Programa Excel
		- Relación costo	- Relación costo/beneficio	Programa Excel
Variables intervinientes				
Condiciones climáticas del campo de cultivo	Son factores físicos que van a intervenir en el campo de cultivo	Temperatura -Humedad relativa -Precipitación -Intensidad lumínica	C ^o Lux	Termómetro ambiental Fotómetro

3.5.2. Operacionalización de variables

A. Rendimiento: La evaluación del rendimiento se realizó en la cosecha de las mazorcas, teniéndose en cuenta las siguientes dimensiones de la variable:

- **Numero de frutos/planta:** se procedió a contar el número de frutos por planta, al momento de la cosecha.
- **Peso promedio de fruto/planta:** con la ayuda de una balanza de precisión, se procedió a pesar los frutos colectados, en el momento de la cosecha

- **Peso de cáscara/fruto:** con la ayuda de una balanza de precisión, se procedió a pesar la cáscara por fruto
- **Peso de semilla con mucilago/fruto:** se procedió a pesar la semilla con mucilagos por fruto.
- **Peso de 100 semillas secas:** se procedió a pesar las semillas secas, después de la etapa de fermentación.
- **Rendimiento por hectárea:** teniendo en cuenta el número de frutos por hectárea y el peso por fruto, se procedió a calcular el rendimiento por hectárea en toneladas.

B. Costo beneficio: La evaluación del costo beneficio se realizó al final de la investigación, teniéndose en cuenta las siguientes dimensiones de la variable:

- **Costo de la preparación y aplicación del biofertilizante:** se procedió a obtener este resultado a la hora de empezar a ejecutar cada tratamiento
- **Incremento del rendimiento de cacao:** teniendo en cuenta el número de frutos por planta y el peso por fruto, se procedió a calcular el rendimiento por hectárea en toneladas.
- **Relación costo/beneficio:** se realizó el costo de producción, se calculó la ganancia por producción de frutos y restando la ganancia de frutos entre el costo de producción, se obtuvo la ganancia neta por tratamiento.

3.6. Población y muestra

Población: La población estuvo constituida por todas las plantas de cacao instaladas en una hectárea (1111 plantas/ha).

Muestra: Las plantas de cacao a evaluar fueron de 48 plantas por tratamiento, haciendo un total de 192 plantas en total.

Unidad de análisis: La unidad experimental estuvo constituida de 16 plantas, en los cuales se obtuvo 48 plantas por tratamiento, por 4 tratamientos.

3.7. Tratamiento estadístico

El diseño estadístico utilizado corresponde a un Diseño de Bloques Completamente Al Azar (BCA), con un nivel de confianza de 95%, el cual contó con 3 bloques, 4 tratamientos y 48 repeticiones por tratamiento haciendo un total de 192 unidades experimentales.

Para el análisis se utilizara un análisis de varianza, modelo univariante (ANOVA, al 95% de confiabilidad). Se utilizó la prueba de promedios de Tukey, cuando existieron diferencias significativas.

Modelo matemático

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$$

Y_{ij} = respuesta.

μ = Medida general de los tratamientos

B_i = efecto del Bloque

T_j = efecto del tratamiento

E_{ij} = efecto del error experimental

Cuadro 7. Análisis de varianza.

F.V.	GL
Bloque	$(b - 1) = 2$
Tratamiento	$(t - 1) = 3$
Error	$(r - 1) t = 6$
Total	$(r \times t) - 1 = 11$

Tratamientos

Los tratamientos estudiados fueron los siguientes:

T1 = 0% de biol (Testigo)

T2: 15% de biol

T3: 20% de biol

T4: 25% de biol

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Número de frutos por planta

El cuadro 8, muestra la prueba de promedios de Tukey, para el número de frutos por planta.

Cuadro 8. Prueba de promedio de Tukey, para el número de frutos por planta para los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Descripción	No de frutos/planta
1	0% de biol	23.0 b
2	15% de biol	28.6 a
3	20% de biol	30.0 a
4	25% de biol	30.0 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Para el número de frutos por planta, se realizó el análisis de varianza para el bloque (ver anexo 16), en el cual, se determinó que no existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre bloques. Para el análisis de varianza para el tratamiento, (ver anexo 16) se determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados ($p \geq 0.05$), al realizar la prueba de promedios de Tukey, que se muestra en el cuadro 8, se demuestra que, los tratamientos con aplicación de biol, fueron superiores en cuanto al promedio de numero de frutos por planta en comparación con el tratamiento sin aplicación de biol, los mismos que no mostraron diferencias significativas entre ellos ($p \leq 0.05$), como se muestra en la siguiente figura.

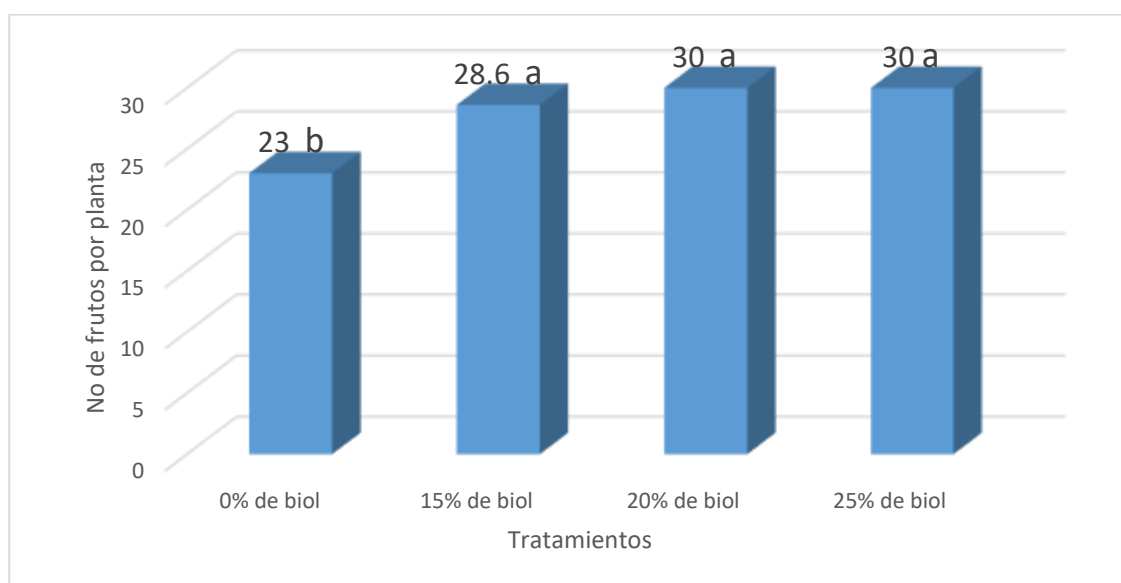


Figura 4. Número de frutos por planta para los tratamientos aplicados.

Al respecto, Warnars and Oppenoorth (2014) mencionan que *“la aplicación del biol puede aumentar significativamente el rendimiento y el tamaño del plátano, las plantas de plátano incrementan su rendimiento en un 4,69% en comparación con un suelo sin tratamiento”*.

Warnars and Oppenoorth (2014) también mencionan que *“la aplicación de biol en el algodón puede resultar en un rendimiento considerablemente mayor, en comparación con el uso de estiércol de granja. El aumento promedio del rendimiento se sitúa alrededor del 24% en comparación con la parcela de control, sugiriendo pulverizar con biol húmedo el algodón con una aplicación de 154,5kg/ha”*.

Estas afirmaciones concuerdan con el efecto de aumento de número de mazorcas registradas en los tratamientos de aplicación de bioles en comparación con el testigo.

4.2. Peso de mazorca

El cuadro 9, muestra la prueba de promedios de Tukey, para el peso de mazorcas.

Cuadro 9. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de mazorcas para los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Descripción	Peso de mazorca (g)
1	0% de biol	665.83 b
2	15% de biol	681.7 ab
3	20% de biol	694.76 a
4	25% de biol	685.56 ab

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Para el peso de mazorcas, se realizó el análisis de varianza para el bloque (ver anexo 17), en el cual, se determinó que no existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre bloques. Para el análisis de varianza para el tratamiento, (ver anexo 17) se determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados ($p \geq 0.05$), al realizar la prueba de promedios de Tukey, que se muestra en el cuadro 9, se demuestra que, el tratamiento con aplicación de 20% de biól presento el mejor promedio de peso de mazorca, el cual no muestra diferencias significativas con respecto a los tratamientos con aplicación de 15% y 25%, los mismos que no muestran diferencias significativas con respecto al tratamiento con 0% de biol, el mismo que si muestra diferencias significativas con respecto al tratamiento con 20% de biol, como se muestra en la siguiente figura.

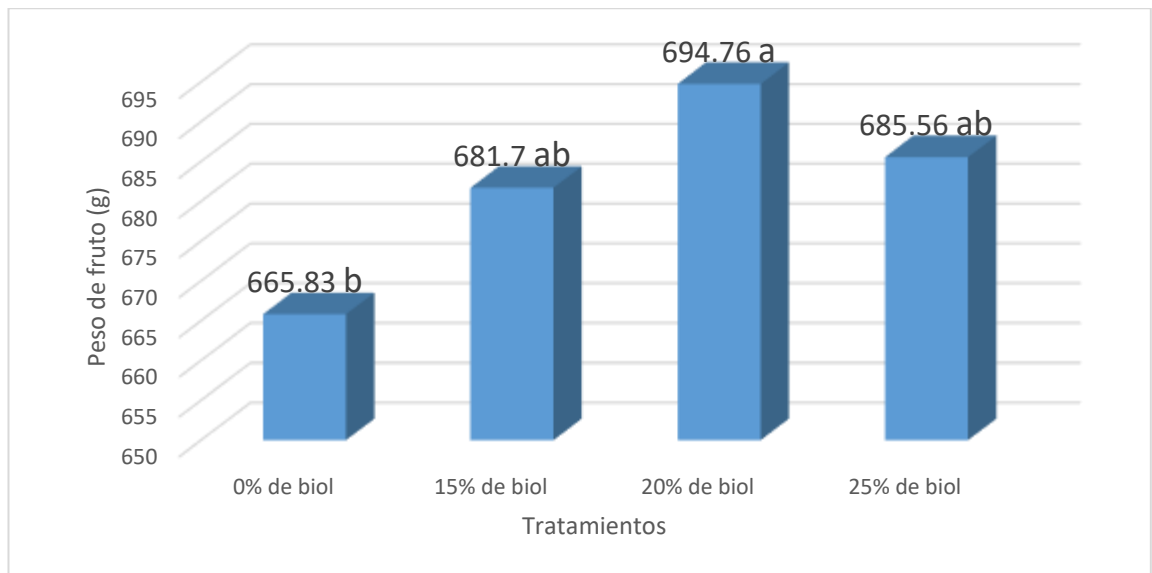


Figura 5. Peso de mazorca para los tratamientos aplicados.

Al respecto, Rendón (2013) menciona que *“el biol es un abono líquido, que constituye una fuente de fitorreguladores provenientes de la descomposición de los residuos animales y vegetales, en condiciones anaeróbicas, los cuales actúan como un bioestimulante orgánico en pequeñas cantidades, siendo capaz de promover el crecimiento y desarrollo de las plantas”*. Asimismo Restrepo, citado por Zhañay (2016) indica que *“el biol es un abono líquido el cual posee una cantidad de energía equilibrada y mineral, siendo fuente natural de fitorreguladores”*.

Lo manifestado anteriormente confirma el efecto promotor de crecimiento y mejorador de rendimiento del biol sobre el cultivo de cacao, el cual ve incrementado el peso de las mazorcas en comparación con el tratamiento sin aplicación de biol.

4.3. Peso de cáscara

El cuadro 10, muestra la prueba de promedios de Tukey, para el peso de cáscara.

Cuadro 10. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de cáscara para los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Descripción	Peso de cáscara (g)
1	0% de biol	356.97 a
2	15% de biol	307.90 a
3	20% de biol	487.23 a
4	25% de biol	460.43 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Para el peso de cáscara, se realizó el análisis de varianza para el bloque (ver anexo 18), en el cual, se determinó que no existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre bloques. Para el análisis de varianza para el tratamiento, (ver anexo 18) se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados ($p \leq 0.05$), al realizar la prueba de promedios de Tukey, que se muestra en el cuadro 10, se demuestra que, no existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados ($p \leq 0.05$), como se muestra en la siguiente figura.

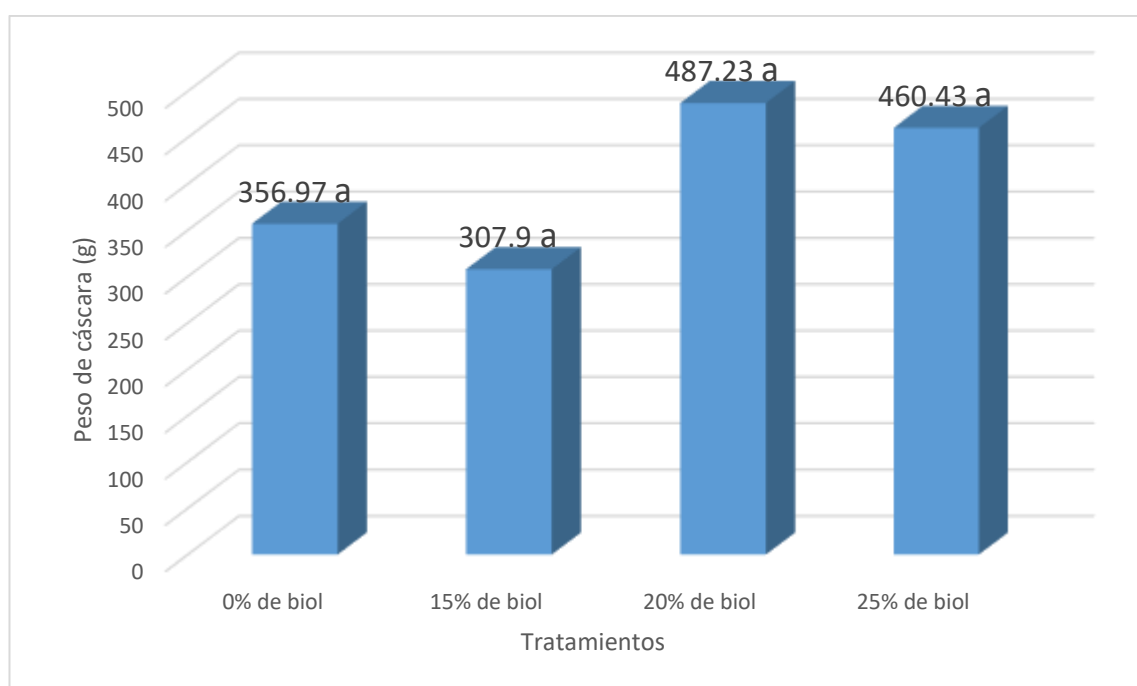


Figura 6. Peso de cáscara para los tratamientos aplicados.

4.4. Peso de semillas con mucilago/fruto

El cuadro 11, muestra la prueba de promedios de Tukey, para el peso de semillas con mucilago/fruto.

Cuadro 11. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de semillas con mucilago/fruto (45 semillas) para los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Descripción	Peso de semillas con mucilago/fruto (g)
1	0% de biol	192.4 a
2	15% de biol	234.07 a
3	20% de biol	218.37 a
4	25% de biol	132.97 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Para el peso de semillas con mucilago/fruto, se realizó el análisis de varianza para el bloque (ver anexo 19), en el cual, se determinó que no existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre bloques. Para el análisis de varianza para el tratamiento, (ver anexo 19) se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados ($p \leq 0.05$), al realizar la prueba de promedios de Tukey, que se muestra en el cuadro 11, se demuestra que, no existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados ($p \leq 0.05$), como se muestra en la siguiente figura.

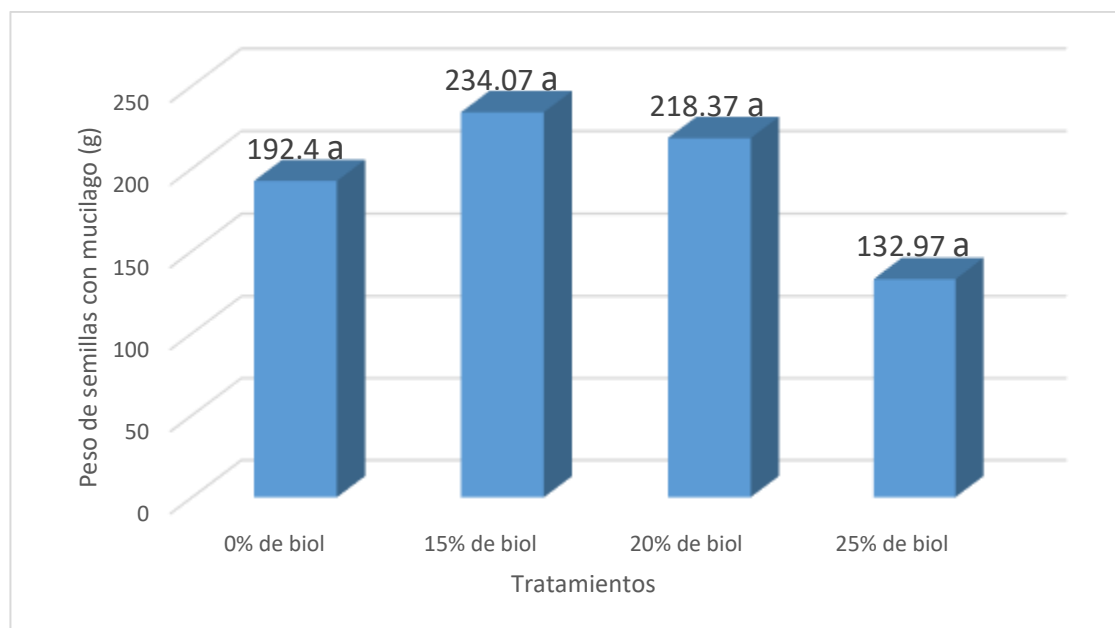


Figura 7. Peso de semillas con mucilago/fruto (45 semillas) para los tratamientos aplicados.

Pérez et al. (2017) menciona que el clon CCN – 51, presenta un número de 45 semillas por fruto en promedio, asimismo, el mismo autor afirma que un fruto de cacao CCN – 51 tiene 0,210 kg de peso de semilla fresca, con mucilago, lo cual corrobora el peso obtenido en el trabajo de investigación, en los cuales se observa que el tratamiento con 15% de biol supera a lo reportado por Pérez et al. (2017), siendo el tratamiento con 25% de biol el que presentó el menor promedio.

4.5. Peso de 100 granos secos

El cuadro 12, muestra la prueba de promedios de Tukey, para el peso de 100 granos secos.

Cuadro 12. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de 100 granos secos para los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Descripción	Peso de 100 granos secos	
			(g)
1	0% de biol		156.83 a
2	15% de biol		159.00 a
3	20% de biol		161.16 a
4	25% de biol		163.66 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Para el peso de 100 granos secos, se realizó el análisis de varianza para el bloque (ver anexo 19), en el cual, se determinó que no existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre bloques. Para el análisis de varianza para el tratamiento, (ver anexo 19) se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados ($p \leq 0.05$), al realizar la prueba de promedios de Tukey, que se muestra en el cuadro 12, se demuestra que, no existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados ($p \leq 0.05$), como se muestra en la siguiente figura.

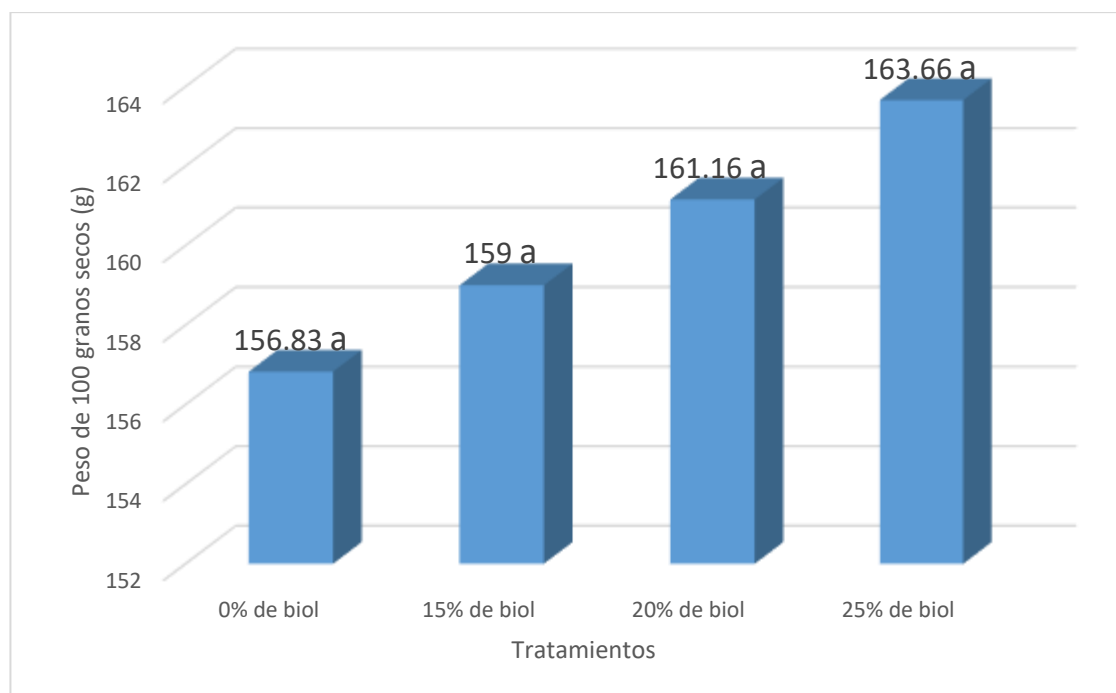


Figura 8. Peso de 100 granos secos para los tratamientos aplicados.

Al respecto, Cedeño (2011), indica que el clon CCN 51 presenta mazorcas grandes y 8 mazorcas pueden generar un rendimiento de 453 g de grano seco de cacao.

Álvarez (2010) indica que *“el biol complementa la nutrición de las plantas para asegurar mayor rendimiento de producción, incrementando también la calidad de los cultivos, asegurar una mejor calidad de los productos en su presentación, durabilidad, manipulación y conservación, además de mayor peso en kilogramos por unidad de superficie y ofrecer alimentos libres de residuos químicos”*, lo cual reafirma lo observado en los tratamientos con aplicación de bioles en cacao, el cual muestra un aumento progresivo del peso de los granos.

4.6. Peso de granos secos por planta

El cuadro 13, muestra la prueba de promedios de Tukey, para el peso de granos secos por planta.

Cuadro 13. Prueba de promedio de Tukey, para el peso de granos secos por planta para los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Descripción	Peso de granos secos por planta (kg)
1	0% de biol	1.307 b
2	15% de biol	1.628 a
3	20% de biol	1.684 a
4	25% de biol	1.689 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Para el peso de granos secos por planta, se realizó el análisis de varianza para el bloque (ver anexo 21), en el cual, se determinó que no existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre bloques. Para el análisis de varianza para el tratamiento, (ver anexo 21) se determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados ($p \geq 0.05$), al realizar la prueba de promedios de Tukey, que se muestra en el cuadro 13, se demuestra que, los tratamientos con aplicación de biol fueron superiores en cuanto al promedio de peso de granos secos por planta en comparación con el tratamiento sin aplicación de biol, los mismos que no mostraron diferencias significativas entre ellos ($p \leq 0.05$), como se muestra en la siguiente figura.

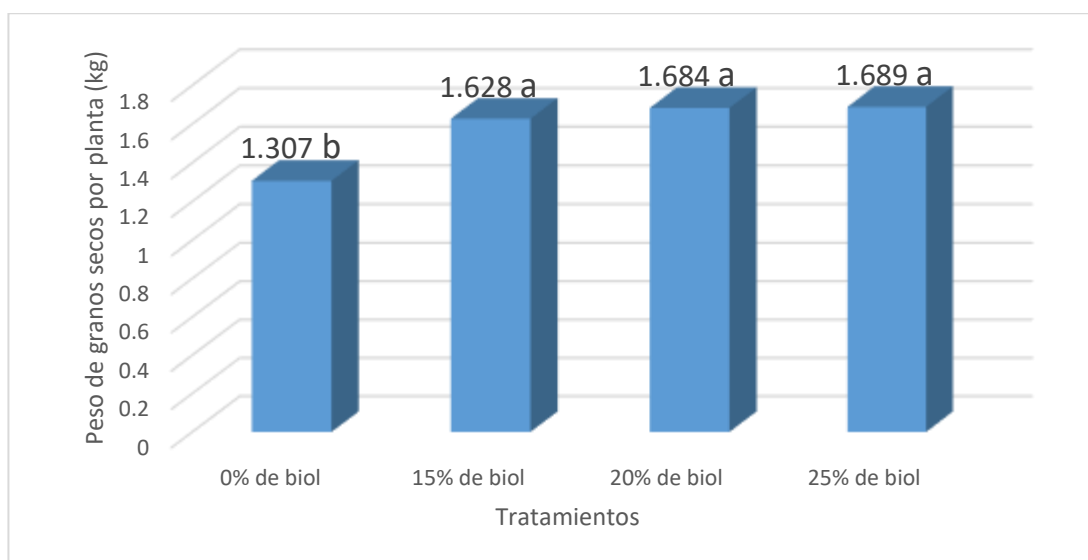


Figura 9. Peso de granos secos por planta para los tratamientos aplicados.

Al respecto, Cedeño (2011), indica que el clon CCN 51 presenta semillas grandes de 1.4 g a 1.5 g.

Pérez (2007) afirma que *“la respuesta del cultivo de camu camu a la aplicación de bioles en forma foliar, utilizando diferentes tipos de bioles (biol vacaza, biol ovinaza y biol cuyaza) más un testigo (control) para mejorar el rendimiento de frutos/ha, género como respuesta en el incremento de rendimiento por hectárea y peso de frutos por planta con la aplicación del tratamiento biol ovinaza, con un promedio de rendimiento de fruto de 15,4 ton/ha, superando al testigo, con un rendimiento de 8,53 ton/ha”*. Lo cual demuestra que la aplicación de biol, mejora el rendimiento por planta, como sucede con el rendimiento por planta de granos secos de cacao, el cual supero al testigo.

4.7. Rendimiento por hectárea

El cuadro 14, muestra la prueba de promedios de Tukey, para el rendimiento por hectárea.

Cuadro 14. Prueba de promedio de Tukey, para el rendimiento por hectárea para los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Descripción	Rendimiento/ha (ton)
1	0% de biol	1.452 b
2	15% de biol	1.808 a
3	20% de biol	1.871 a
4	25% de biol	1.877 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey $p \leq 0.05$

Para el rendimiento por hectárea, se realizó el análisis de varianza para el bloque (ver anexo 22), en el cual, se determinó que no existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre bloques. Para el análisis de varianza para el tratamiento, (ver anexo 22) se determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados ($p \geq 0.05$), al realizar la prueba de promedios de Tukey, que se muestra en el cuadro 14, se demuestra que, los tratamientos con aplicación de biol fueron superiores en cuanto al promedio de rendimiento por hectárea en comparación con el tratamiento sin aplicación de biol, los mismos que no mostraron diferencias significativas entre ellos ($p \leq 0.05$), como se muestra en la siguiente figura.

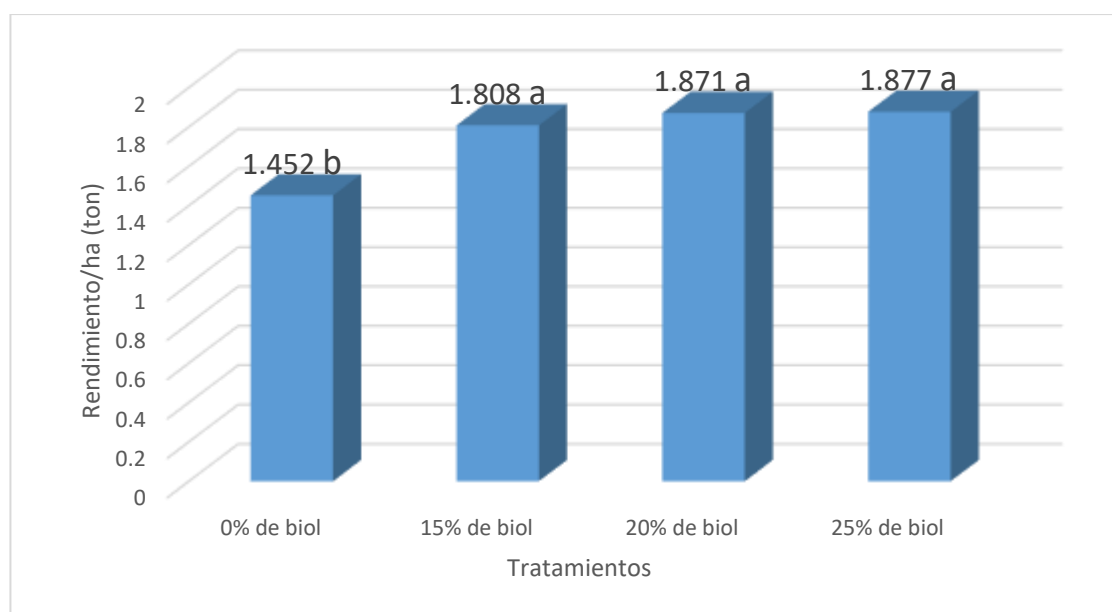


Figura 10. Rendimiento por hectárea para los tratamientos aplicados.

Puga (2017) indica que *“El proceso de elaboración y utilización del abono orgánico (biol) en el cultivo de cacao, es elaborado a partir del estiércol de los animales y residuos vegetales, cabe destacar que no existe una fórmula única para su elaboración, pues eso depende de la disponibilidad de los residuos orgánicos y su fermentación. Con recomendaciones a nivel de viveros se aplica al follaje en dosis de 1 litro de biol + 19 litros de agua (5%), en frecuencias quincenales, mientras que en plantaciones establecidas, se recomienda aplicar 6 litros de biol + 14 litros de agua (30 %), con frecuencias de aplicación en época de lluvias cada 30 días”.*

Chávez et al. (s.f.) indica que *“aplicaron biofertilizantes líquidos de producción local (producidos por agricultores) en plantaciones de cacao fino y de aroma. Las aplicaciones de estos bioproductos se las realizó por medio de la tecnología electrostática, en dosis*

de 120 l ha⁻¹ (0.108 litros/planta) distribuidos en dos aplicaciones quincenales. Se evidenció la reducción de mazorcas con *M. pernicioso* de 37% a 5% y de mazorcas con *M. roreri* de 18% a 2%. Las mazorcas sanas se incrementaron de 0,27% a 72% en promedio de árboles evaluados. La producción inicial de las fincas demostrativas, que no superaba las 400 lbs ha⁻¹ año (181.2 kg/ha/año), aumentó a 1200 lbs ha⁻¹ año (543.6 kg/ha/año)". Al respecto, lo indicado con Chávez et al (S.f.), bajo las condiciones del distrito de Curimaná, los tratamientos con aplicaciones de biol, lograron rangos de producción de grano seco/ha de 1.808 a 1.877 ton/ha, lo cual supera ampliamente a lo reportado por el autor antes mencionado, los mismos que superan al tratamiento sin aplicación de biol por un margen de más de 400 kg/ha, demostrando que la aplicación de biol en el cultivo del cacao genera una mejora sustancial en el rendimiento del cultivo.

4.8. Análisis costo beneficio

Se estimó el costo de preparación de campo experimental, elaboración del biol y su aplicación, el cual se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 15. Costo de preparación de campo experimental, elaboración del biol y su aplicación.

Detalles	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Precio Total (S/.)
Materiales usados en campo				
Aceite 2 Tiempo	Unidad	6	4	24
Gasolina	Galón	4	12	48
Subtotal				72
Labores de aplicación de bioles				
Desbroce de parcela	Jornal	2	30	60
Poda del cultivo	Jornal	1	30	30
Aplicación de biol	Jornal	7	30	210
Subtotal				300
Costo preparación de biol 200 litros				
Estiércol de vaca fresca	Litro	40	1	40
Suero de leche	Litro	4	3	12
Melaza	Litro	10	1	10
Follaje de Amasisa	Kg	2	2	4
Ceniza vegetal	Kg	2	1	2
Microorganismos eficientes	Soles	10	5.95	59.5
Subtotal				127.5
Costo preparación de microorganismos eficientes				
Arroz	Kg	1	3	3

Suero de leche	Litro	4	4	16
Levadura	Kg	1	15	15
Follaje de amasisa	Kg	5	1	5
Melaza	Litro	10	2	20
Jornal	Soles	2	30	60
Subtotal				119
COSTO TOTAL				618.5

El cuadro 15, muestra el costo de aplicación de biol en la parcela experimental, en el cual, se preparó los microorganismos eficientes, en una cantidad total de 20 litros, el cual tuvo un costo de 119 soles, generándose un costo de 5.95 Soles por litro. Asimismo se preparó el biol, en una cantidad total de 200 litros, el cual tuvo un costo de 127.5 Soles por 200 litros, haciendo un total de 0.64 Soles por litro de biol.

Para los materiales usados en campo, se tuvo un monto de 70 soles, el cual se dividió entre los cuatro tratamientos, haciendo un monto de 17.5. Para las labores de aplicación de biol, se desmalezó y se podó a todas las unidades experimentales, lo cual hace un monto de 90 Soles, el cual se divide entre los cuatro tratamientos, haciendo un monto de 22.5 Soles y en cuanto a la aplicación del biol, solo se considera a los tratamientos con aplicación de biol, excluyéndose al tratamiento sin aplicación de biol, haciendo un total de 210 soles, dividido entre tres tratamiento hace un monto de 70 soles.

El siguiente cuadro muestra el costo de aplicación de biol por tratamiento

Cuadro 16. Costo de aplicación de biol por tratamiento.

Tratamiento	Descripción	Cantidad de biol por aplicación	Cantidad aplicada total	Costo de aplicación de biol (0.64 soles/litro de biol)	Costo de aplicación de bioles	Costo total
1	0% de biol	0	0	0	40.0	40.5
2	15% de biol	1.87	13.09	8.3	110	118.3
3	20% de biol	2.5	17.5	11.2	110	121.2
4	25% de biol	3.125	21.875	13.9	110	123.9

El cuadro 16 muestra la cantidad de biol total aplicado en las 7 oportunidades en campo, por tratamiento, y el costo total de biol en soles, asimismo se muestra el costo de aplicación del biol por tratamiento y el costo final de la aplicación del biol, en el cual, se resalta que el tratamiento sin aplicación de biol es más barato que los tratamientos con aplicación de biol.

El cuadro 17 muestra la ganancia neta por tratamiento

Cuadro 17. Ganancia neta por tratamiento.

Tratamiento	Descripción	Producción de grano por planta (kg)	Total de producción por tratamiento (kg grano seco)	Ganancia		
				económica por tratamiento (precio de grano = S/. 8.00)	Costo de aplicación del biol	Ganancia neta (S/.)
1	0% de biol	1.307	62.736	502	40.5	461
2	15% de biol	1.628	78.144	625	118.3	507
3	20% de biol	1.684	80.832	647	121.2	525
4	25% de biol	1.689	81.072	649	123.9	525

El cuadro 17 muestra la producción de grano seco por planta y la producción de grano seco de las 48 plantas que constituyen el total de las tres unidades experimentales que tiene cada tratamiento, a esta cantidad de grano seco por tratamiento, se le multiplica por el precio actual del kg de grano seco de cacao, el cual es S/. 8.00, dando una ganancia económica, al cual se le restará el costo de aplicación total de biol, generando la ganancia neta, en el cual, los tratamientos con 25% de biol y 20% de biol lograron similar ganancia económica, seguidos del tratamiento con 15% de biol y finalmente el tratamiento con 0% de biol el cual presentó la menor ganancia económica.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

1. Para el rendimiento del cacao, se observó que los tratamientos con aplicación de biol, generaron mejores promedios en el número de frutos por planta (28 a 30 frutos), peso de mazorca (694.76 a 681.7 g), peso de granos secos por planta (1.689 a 1.628 kg) y rendimiento por hectárea (1.877 a 1.808 ton/ha), no observándose diferencias significativas en el peso de cáscara, peso de semillas con mucilago y peso de 100 granos secos, lográndose rendimientos de 1.808 a 1.877 ton/ha, superiores al tratamiento sin aplicación de biol, el cual logro un rendimiento de 1.452 ton/ha.
2. Para el costo beneficio de la aplicación de biol, los tratamientos con 25% de biol y 20% de biol lograron similar ganancia económica, seguidos del tratamiento con 15% de biol y finalmente el tratamiento con 0% de biol el cual presento la menor ganancia económica.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente:

1. Aplicar biol a 20% o 25%, para mejorar el rendimiento del cultivo del cacao.
2. Evaluar el comportamiento de la aplicación del biol en el período lluvioso.
3. Aplicar biol enriquecido con microelementos más microorganismos eficientes y determinar su comportamiento en el mejoramiento productivo del cultivo del cacao.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. AEDES (Asociación Española de Empresas de Serigrafía e Impresión Digital, PE). 2006. Manual de elaboración de abono foliar biol. (en línea). Consultado el 17 de may 2017. Disponible en: [http://assets00.grou.ps/0F2E3C/wysiwyg_files/FilesModule/ingenieriaagronomica/20101007130815-zobjbencyianbldyg/Abonos foliares biologicos 1 .pdf](http://assets00.grou.ps/0F2E3C/wysiwyg_files/FilesModule/ingenieriaagronomica/20101007130815-zobjbencyianbldyg/Abonos_foliares_biologicos_1_.pdf)
2. ALCÍVAR, J; LOOR, M. 2016. Respuesta del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) a la poda y fertilización orgánica y química. Calceta. Ecuador.
3. ÁLVAREZ, F. 2010. Preparación y usos del biol. Soluciones prácticas. Imprenta y Librería Vega. Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú: 2010-02444. Disponible en: <http://www.funsepa.net/soluciones/pubs/Njc0.pdf>
4. BASAURE, P. 2006. Abono líquido. (en línea). Consultado 17-mayo- 2017. Disponible en www.cepac.org.bo/moduloscafe/.../Conf%20Biofermentadores.pdf
5. BATISTA, L. 2009. El cultivo de cacao. Guía técnica. Centro para el desarrollo agropecuario y forestal, Inc. Primera publicación. Santo Domingo, República Dominicana.
6. BUSTILLOS, R. S.f. Preparación y Uso de Fertilizantes y Fungicidas Orgánicos, SV. (en línea). Consultado 20 de may 2017. Disponible en: http://confras.com/documentos_b/Operativos/Serie%20de%20Campesino%20a%20Campesino-3.pdf
7. CEDEÑO AMADOR, S. 2011. La revolución del cacao CCN – 51 en el Ecuador. CMAA Internacional Cocoa Conference. Industrial Agrícola Cañas C.A. Nassau, Bahamas. Disponible en: <http://appcacao.org/descargas/seminario2011/Revoluci%F3n%20del%20Cacao%20CCN-51%20en%20Ecuador%202011%20%20Marzo.pdf>
8. CHÁVEZ, E., LEÓN, R., RUIZ, O., AVEROS, C., PERALTA, E. (S.f.). Aplicación de biofertilizantes líquidos de producción local y su efecto en la rehabilitación de plantaciones de cacao fino y de aroma. Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE), Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Guayaquil, Ecuador. Consultado.2º may.2017. Disponible en: <http://studylib.es/doc/4827349/aplicaci%C3%B3n-de-biofertilizantes-l%C3%ADquidos-de-producci%C3%B3n-loc>
9. CERVANTES, M. 2005. Ing. Téc. Agrícola y Profesor Titular del Centro de Formación Profesional Agraria E.F.A. CAMPOMAR. (2005).
10. COLQUE, T; RODRIGUEZ, D; MUJUCA, A; CANAHUA, A; APAZA, V; Y JACOPSEN, S. 2005. Producción de biol abono líquido natural y ecológico. Estación Experimental ILLPA – Puno, PE. (en línea) Consultado el 14 de feb 2012. Disponible en:

file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/PRODUCCI%C3%93N%20DE%20BIOL%20(1).pdf

11. DOMÍNGUEZ, V. 2000. Abonos, guía práctica de fertilización. Octava Edición. Editorial Mundi Prensa. Madrid .España.
12. DUCHE, J.C. 2011. Evaluación de tres formulaciones de Biol a partir desechos de aserradero (aserrín de Pigüe, *Pollalesta discolor*), maní forrajero (*Arachis sp*) y gallinaza en producción de maíz híbrido (7443) Trueno. Ingeniería Agropecuaria. Universidad Estatal Amazónica.
13. GALINDO, C. JERÓNIMO, E. 2007. Los abonos líquidos fermentados y su efectividad en plántulas de papaya (*Carica papaya* L.) Universidad EARTH Las Mercedes de Guácimo, Limón, Costa Rica. Consultado.23 may.2017.Disponible en: file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/v3.1-01_Galindo_Jer%C3%B3nimo.pdf
14. GOMERO, L; VELÁSQUEZ, H. 1999. Manejo Ecológico de Suelos: Conceptos, experiencias y técnicas. Ed. RAAA. Lima, Perú. Consultado.23.may. 2017.Disponible en:http://www.cepes.org.pe/pdf/manejo_ecologico_de_suelos.pdf
15. ICT- NAS/USDA-AR. 2008. Manual para la producción orgánica del cacao Tomo uno 43 – 45 págs.
16. HARO. 2013. Aplicación de biol enriquecido con microorganismos eficientes para la producción limpia de brócoli (*Brassica oleracea var. Italica*) Híbrido Legacy. Marco Rubén Darío Haro Lara.Amabato .Ecuador.
17. LLANOS, CH; CASTILLO, H. 2013. Incidencia de microorganismos eficientes más abonos orgánicos en el comportamiento agronómico del cultivo de Cebolla (*Allium cepa*) en el Cantón la Maná. Quevedo – Ecuador.
18. MARTÍN, F. 2003. La Fertilización en la Agricultura Ecológica. (en línea). Consultado el 26 de may 2017.Disponible en www.agroinformacion.com.
19. MEJÍA POLANCO, J.A. (S.f.) Cacao sostenible: visión del cacao peruano para los próximos 10 años. Asociación Peruana de Productores de Cacao APPCACAO.
20. PAREDES, M. 2003. Manual del cultivo del cacao.Consultado.19.jun.2017. Perú. Disponible en: <http://www.infocafes.com/descargas/biblioteca/215.pdf>
21. PÉREZ ESPEJO, A. M. 2007. Efecto de la fertilización foliar orgánica a base de bioles en la producción de camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. Mc Vaugh) en un Entisols de Pucallpa. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Ucayali. Disponible en: <http://www.iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/PUBL1249.pdf>
22. PÉREZ GARCÍA, G.A., FREILE ALMEIDA, J.A. 2017. Adaptabilidad de clones promisorios de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.), en el cantón Arosemena Tola de

- Ecuador. Revista Centro Agrícola. Vol.44, No.2, abril-junio, 44-51, 2017. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v44n2/cag06217.pdf>
23. PICADO, J. 2005. Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos, Movimiento agroecológico de América Latina y el Caribe Editado por: Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense. San José, Costa Rica, 2005. Disponible en: http://cedeco.or.cr/files/Abonos_organicos.pdf
 24. PINO, C. 2005. Determinación de la mejor dosis de Biol en el cultivo de (*Musa sapientum*) Banano, como alternativa a la fertilización foliar Química. Escuela Superior del Litoral. Centro de Investigación Científica y tecnológica (CICYT).
 25. PROMER. 2002. El biol (en línea). Consultado .17.may-2017. Disponible en: http://redi.uta.edu.ec/bitstream/123456789/969/1/Tesis_009agr.pdf
 26. PUGA VERA, E.A. 2017. Proceso de elaboración y utilización del abono orgánico (biol) en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L). Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Babahoyo – Los Ríos – Ecuador. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/3313/1/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000084.pdf>
 27. RENDÓN, A. 2013. Elaboración de abono orgánico tipo biol partir de estiércol de codorniz enriquecido con alfalfa y roca fosfórica para elevar su contenido de nitrógeno y fósforo. Tesis de grado.
 28. RESTREPO, J. 2001. Abonos Orgánicos Fermentados Experiencias de Agricultores en Centroamérica y Brasil. IICA, Costa Rica, 114p. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A7936e/A7936e.pdf>
 29. RESTREPO, J., GÓMEZ, J., ESCOBAR, R. 2014. Utilización de residuos orgánicos en la agricultura. Fundación para la Investigación y el Desarrollo Agrícola (FIDAR). ISBN: 978-958-694-133-4. Cali, Colombia. Disponible en: https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/56825/Residuos_Organicos_Agricultura_FIDAR.pdf?sequence=1
 30. RODRÍGUEZ, T. 2011. Aplicación foliar de bioles en el cultivo de cafeto, (*Coffea arabica* L.) variedad caturra, en etapa de fructificación en la provincia de El Dorado. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Académico Profesional de Agronomía. Tarapoto, Perú. Consultado.28.may.2017.<http://tesis.unsm.edu.pe/jspui/bitstream/11458/401/1/Tenix%20Rodriguez%20Vargas.pdf>
 31. SALAZAR, J.L., AMUSQUIVAR, C., LLAVE, J.J., RIVASPLATA, C. 2012. Producción de biogás y biol a partir de excretas de ganado: experiencias en la ciudad de Tacna. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna, E.A.P. de Física. XIX Simposio

VIII. ANEXOS

Cuadro 18. Numero de frutos por planta.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	2	0.66666667	0.33333333	0.33	0.7290
TRAT	3	100.25000000	33.41666667	33.42	0.0004
Error	6	6.00000000	1.00000000		
Corrected Total	11	106.91666667			

C.V. = 3.58

Cuadro 19. Peso de fruto.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	2	1394.9216667	697.4608333	7.45	0.0237
TRAT	3	1311.4666667	437.1555556	4.67	0.0520
Error	6	562.0183333	93.6697222		
Corrected Total	11	3268.4066667			

C.V. = 1.41

Cuadro 20. Peso de cáscara.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	2	23921.171667	11960.585833	1.43	0.3108
TRAT	3	64670.546667	21556.848889	2.58	0.1495
Error	6	50226.368333	8371.061389		
Corrected Total	11	138818.086667			

C.V. = 22.69

Cuadro 21. Peso de semillas con mucilago.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	2	22273.340000	11136.670000	1.46	0.3035
TRAT	3	17777.670000	5925.890000	0.78	0.5472
Error	6	45640.460000	7606.743333		
Corrected Total	11	85691.470000			

C.V. = 44.85

Cuadro 22. Peso de 100 granos secos.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	2	6.54166667	3.27083333	0.07	0.9328
TRAT	3	77.16666667	25.72222222	0.55	0.6646
Error	6	278.95833333	46.49305556		
Corrected Total	11	362.66666667			

C.V. = 4.25

Cuadro 23. Peso de granos secos por planta.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	2	0.00305267	0.00152633	0.46	0.6490
TRAT	3	0.29892033	0.09964011	30.35	0.0005
Error	6	0.01969667	0.00328278		
Corrected Total	11	0.32166967			

C.V. = 3.63

Cuadro 24. Rendimiento por hectárea.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	2	0.00375317	0.00187658	0.46	0.6501
TRAT	3	0.36875467	0.12291822	30.33	0.0005
Error	6	0.02431883	0.00405314		
Corrected Total	11	0.39682667			

C.V. = 3.63

Cuadro 25. Base de datos.

Bloq.	Trat.	No de frutos/planta	Peso de fruto/planta	Peso de cáscara/fruto	Peso de semillas + mucílago/fruto	Peso de 100 semillas secas	Kg de grano seco/planta	Rendimiento ton/ha
1	1	22	650.0	409.3	222.2	152	1.246	1.384
1	2	29	660.1	276.3	379.5	166	1.642	1.824
1	3	30	692.5	403.0	187.5	165.5	1.670	1.856
1	4	30	676.7	322.5	104.0	159.5	1.670	1.856
2	1	24	667.5	252.3	132.8	159	1.373	1.526
2	2	27	687.5	259.3	131.8	152	1.543	1.714
2	3	30	678.5	488.4	118.9	166	1.713	1.903
2	4	30	686.7	581.3	150.7	165.5	1.685	1.872
3	1	23	680.0	409.3	222.2	159.5	1.302	1.447
3	2	30	697.5	388.1	190.9	159	1.699	1.887
3	3	30	713.3	570.3	348.7	152	1.670	1.856
3	4	30	693.3	477.5	144.2	166	1.713	1.903

IX. ICONOGRAFIA



Figura 11. Campo experimental, con plantas de cacao del clon CCN – 51.



Figura 12. Planta seleccionada para la evaluación.

Figura 13. Limpieza del campo experimental.





Figura 14. Preparación y aplicación de los tratamientos estudiados.



Figura 15. Herramientas y cosecha de mazorcas de cacao.



Figura 16. Mazorcas cosechadas por bloque, tratamiento y repetición.



Figura 17. Evaluación de parámetros de productividad.



Figura 18. Evaluación de cáscara y semillas con mucilago.