



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROFORESTAL

“EFICIENCIA DE UN BIOL ELABORADO A PARTIR DE  
RESIDUOS DE COSECHA EN LA PRODUCCIÓN DEL CACAO  
(*Theobroma cacao L.*), CLON TSH 565 EN UNA PLANTACIÓN  
ORGÁNICA AGROFORESTAL”

Tesis para optar el título profesional de:  
Ingeniera Agroforestal

Presentado por:

Diana Danet Casandra Lucano Lopez (0000-0002-9347-7689)

Asesor:

Julio Cesar Alegre Orihuela (0000-0002-7282-045X)

Lima – Perú

2021

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Lima, 28 de junio 2021.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dra. Susan Mery Medina Canzio
Miembro: Mg. Santiago Hilarión Pastor Soplín
Miembro: Ing. Haydee Miriam Ramos León

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

**"EFICIENCIA DE UN BIOL ELABORADO A PARTIR DE RESIDUOS DE COSECHA EN LA PRODUCCIÓN DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.), CLÓN TSH 565 EN UNA PLANTACIÓN ORGÁNICA AGROFORESTAL"**

Presentada por la/el estudiante/bachiller:

- **Diana Danet Casandra Lucano Lopez**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroforestal

Asesorado por: **PhD. Julio César Alegre Orihuela**

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del estudiante de la carrera de Ingeniería Agroforestal en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) calificar a:

Tesis: <b>Diana Danet Casandra Lucano Lopez</b>		Nota: (15) Quince	
Aprobado(x)	Aprobado - Muy buena ( )	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



**Dra. Susan Mery Medina Canzio**  
Presidente



**Mg. Santiago Hilarión Pastor Soplín**  
Miembro 1



**Ing. Haydee Miriam Ramos León**  
Miembro 2



**PhD. Julio César Alegre Orihuela**  
Asesor

## **I. Dedicatoria:**

Dedicado a Dios por guiarme y protegerme en esta larga travesía, a mi madre por su fortaleza y valentía, gracias por nunca rendirte y por enseñarme a seguir mis sueños a pesar de las adversidades y la falta de dinero, a mi padre y hermano por su apoyo y amor.

Dedicado a todas las personas que me animaron a seguir mis sueños, a Adela Baque y su familia, a la familia Ramírez Alva; por acogirme en su hogar, apoyarme y ser mi familia, estando yo tan lejos de la mía.

## **II. Agradecimientos:**

A la Ing. Norma Luz Alva Souza, Ing. David Moreno, Ing. Juan Arévalo, Ing. Raúl Anguiz, Ing. Héctor Velázquez, Ing. Luis Gomero, a mi asesor Dr. Julio Alegre Orihuela; gracias por sus enseñanzas y apoyo incondicional , a la Cooperativa Agraria Colpa de Loros, al expresidente Ollanta Humala Tasso por crear el programa Nacional de Becas y Crédito Educativo (PRONABEC) que apoya el talento de miles de jóvenes del país en situación de pobreza y a la Universidad Científica del Sur por el financiamiento de esta investigación a través del Concurso de Fondos de Tesis 2019.

## III. ÍNDICE GENERAL

I.	Dedicatoria.....	6
II.	Agradecimientos.....	7
III.	Índice General .....	8
	Resumen .....	9
	Abstract .....	10
	Introducción.....	11
	Materiales y métodos.....	13
	Resultados.....	18
	Discusión.....	24
	Conclusiones.....	28
	Referencias.....	29
IV.	Anexos.....	35

**Eficiencia de un biol elaborado a partir de residuos de cosecha en la producción del cacao (*Theobroma cacao L.*), clon TSH 565 en una plantación orgánica agroforestal.**

*Diana Lucano Lopez, Julio Alegre Orihuela*

Universidad Científica del Sur. Facultad de Ciencias Ambientales.  
Escuela profesional de Ingeniería Agroforestal. Carretera Panamericana  
Sur km 19, Villa El Salvador, Lima, Perú

Autora para correspondencia: [180000095@cientifica.edu.pe](mailto:180000095@cientifica.edu.pe)

## **Resumen**

Se evaluó la calidad y eficiencia de un biol elaborado a partir de residuos de cosecha de cacao sobre un clon de cacao fino de aroma (TSH-565) en una parcela con arreglo agroforestal, ubicada en el distrito de Campo Verde, región Ucayali. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y cinco tratamientos aplicados a nivel de copa de árbol. El tratamiento control consistió en una única aplicación de la fertilización que realiza el productor de 1 kg de gallinaza, 250 g roca fosfórica y 250 g de dolomita, el T1 en la aplicación de biol diluido en agua a una concentración de 10%, T2 al 15%, T3 al 20% y para el T4 se combinó biol al 15% adicionando la fertilización del productor. El biol elaborado posee un alto contenido nutricional de macro y micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg), salinidad y huminas. El contenido de N y K en el suelo no evidenció una variación considerable entre

tratamientos, a excepción del P donde si se observó incrementos. En temporada de sequía solo variables de peso, diámetro (T1 y T2) y cantidad de mazorcas (T4 y T2) fueron significativamente superiores ( $P < 0,05$ ). Con el inicio de lluvias no se evidenció efectos residuales significativos. Los rendimientos más altos para grano seco fueron obtenidos en T1 y T2 con 366 Kg/ha y 380 Kg/ha, siendo los más bajos en el control y T3 con 185 Kg/ha y 249 Kg/ha.

### **Palabras claves**

Agroforestería, fertilización orgánica, residuos de cacao, rendimiento, sequía.

**Efficiency of a biol made from harvest residues in the  
production of cocoa (*Theobroma cacao* L.), clone TSH 565  
in an organic agroforestry plantation.**

*Diana Lucano Lopez, Julio Alegre Orihuela*

Universidad Científica del Sur. Facultad de Ciencias Ambientales.  
Escuela profesional de Ingeniería Agroforestal. Carretera Panamericana  
Sur km 19, Villa El Salvador, Lima, Perú

Corresponding author: [180000095@cientifica.edu.pe](mailto:180000095@cientifica.edu.pe)

**Abstract**

The quality and efficiency of a biol made from cocoa harvest residues on a fine aroma cocoa clone (TSH-565) was evaluated in an agroforestry plot located in the district of Campo Verde, Ucayali region. A randomized complete block design was used with three replications and five treatments applied at the canopy level. The control treatment consisted of a unique application of the fertilization made by the producer of 1 kg of poultry manure, 250 g of phosphate rock and 250 g of dolomite, T1 in the application of biol diluted in water at a concentration of 10%, T2 at 15%, T3 at 20% and for T4, biol at 15% was combined with the addition of the fertilization made by the producer. The biol prepared has a high nutritional content of macro and micronutrients (N, P, K, Ca, Mg), salinity and humins.

The N and K content in the soil did not evidence considerable variation between treatments, except for P, where increases were observed.

During the dry season, only weight, diameter (T1 and T2) and number of cocoa pods (T4 and T2) were significantly higher ( $P < 0.05$ ).

With the onset of rains, no significant residual effects were observed.

The highest yields for dry grain were obtained in T1 and T2 with 366 kg/ha and 380 kg/ha, the lowest being control and T3 with 185 kg/ha and 249 kg/ha, respectively.

### **Keywords**

Agroforestry, cocoa waste, drought, organic fertilization, yield.

## Introducción

El grano de cacao es un importante producto agrícola para varios países de América del Sur, especialmente para el Perú debido a que su cultivo es estratégico en la erradicación de la coca en la Amazonia peruana (Ministerio de Agricultura y Riego., 2020). El cacao se produce generalmente en fincas familiares, mediante el sistema de agricultura convencional u orgánico, también como sistema agroforestal (Niether et al., 2019); con un rendimiento promedio nacional y regional para el año 2019 de 820 kg/ha (MINAGRI., 2021).

En el ámbito mundial, el Perú ocupa el segundo lugar en la producción de cacao orgánico, sin embargo, a pesar del incremento de la demanda sostenida de cacao, la producción no crece de la misma manera, principalmente debido al bajo rendimiento (MINAGRI., 2020).

Una de las principales limitaciones en la producción orgánica de cacao es la fertilización, especialmente por su eficacia además de bajo costo, de fácil preparación, y que permita la reutilización de los residuos de la cosecha (Vásquez et al., 2019).

En la producción de cacao se generan diversos residuos derivados de la mazorca; cáscara, pulpa y cubierta de la semilla (Djali et al., 2018); siendo la “cáscara” el principal residuo generado representando en promedio entre el 67 y 76 % del fruto (Campos et al., 2018).

Estos residuos orgánicos contienen nutrientes y compuestos bioactivos, se encuentran en cantidades importantes; la cáscara de cacao contiene altos niveles de potasio (Djali et al., 2018, Picchioni et al., 2020). El mucílago de cacao es bueno para el desarrollo microbiano, contiene una

rica composición de azúcares y minerales. El tratamiento de estos residuos mediante digestión anaeróbica constituye un método eficaz para la elaboración de abonos orgánicos (Vásquez et al., 2019, Acosta et al., 2021).

El biol contribuye a optimizar el crecimiento y desarrollo del cultivo debido a que es una fuente de fitorreguladores que en dosis pequeñas pueden estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas a nivel radicular y foliar, mejorando así la floración y el vigor ; aumentando significativamente las cosechas (Bacca et al., 2020; Urra et al., 2020) y puede ser una práctica muy viable para los productores y una de las alternativas para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, optimizando las variables edáficas y la absorción de nutrimentos (Leandro et al., 2020; Ren et al., 2020).

Como el estudio de bioles y su aplicación en los trópicos es escaso el objeto de la investigación es evaluar la calidad en sus características fisicoquímicas y el efecto sobre el rendimiento de un biol elaborado a partir de residuos de cosecha de cacao sobre un clon de cacao fino de aroma (TSH-565) en una parcela con arreglo agroforestal en Campo Verde, Ucayali.

## **Materiales y métodos**

La investigación se realizó en una parcela orgánica agroforestal con cacao que pertenece al fundo privado Lufe I (UTM 18L 533866 Este, 9068031 Norte) a 159 msnm, de siete años de instalación, establecido en el Caserío la Victoria, distrito de Campo Verde en Ucayali. La precipitación y temperatura promedio anual en la región es de 2000 mm y 25.7 °C.

El área experimental tenía 1.2 ha, de relieve moderadamente ondulado y de caracterización de suelo a una profundidad de 0-20 cm que se muestra en la tabla 1. La producción promedio histórica en los últimos tres años ha oscilado entre 150- 200 kg/ha de grano seco con escasa labor cultural y fertilización del productor.

Tabla 1: Características físicas y químicas del suelo en el sitio experimental (0-20 cm profundidad). Caserío la Victoria en Campo Verde, Ucayali

Parámetros	Niveles	Observaciones
pH (1:1)	4	Altamente ácido
C.E dS/m	0.05	Sin sales
CaCO <sub>3</sub> %	0.00	Sin carbonatos
M.O.%	1.30	Bajo
N %	0.07	Bajo
P ppm	3.5	Bajo
K ppm	22	Bajo
Textura	Franco	De buen drenaje
C.I.C meq/100g	5.44	Baja

#### *Elaboración del Biol*

Se usó materiales e insumos propios de la región (tabla 2). En un tanque se incorporó los insumos hasta obtener una mezcla homogénea que se cerró herméticamente y luego de 60 días a temperatura ambiente el biol obtenido se dosificó y se aplicó a 1 l por planta cada 15 días al suelo a

nivel de copa de árbol solo durante tres meses consecutivos en la temporada de sequía (figura 2).

Tabla 2. Componentes usados para la elaboración del biol. Caserío la Victoria en Campo Verde, Ucayali

Materiales	Insumos
1 tanque plástico hermético de 200 l	30 kg de estiércol
1 manguera para gas (2 m)	100 l de agua
1 botella de 2 l	250 g de levadura
	4 kg de azúcar
	32 kg de residuos de cosecha de cacao (60% mazorca y 40% mucilago)
	5 kg de gallinaza
	5 kg de roca fosfórica
	5 kg de dolomita



Figura 2. Proceso de elaboración, cosecha y aplicación de biol. Caserío la Victoria en Campo Verde, Ucayali. A. Incorporación de residuos de la cosecha del cacao y otros insumos (mazorcas, jugos de cacao y estiércol vacuno, etc.). B. Mezcla de insumos y estrujado de las mazorcas hasta trozos más pequeños. C. Cosecha de biol luego de 60 días en condiciones anaeróbicas. D. Aplicación de biol dosificado al cacao a nivel de copa de árbol.

### *Variables evaluadas para rendimiento de cacao*

El rendimiento se calculó mediante el peso de mazorca, peso de semillas por mazorca, diámetro y longitud de mazorcas, número de granos por mazorca y número de mazorcas cosechadas. En temporada de sequía y con el inicio de las lluvias. En grano seco se halló el índice de grano (IG), índice de mazorca (IM) y rendimiento de cacao, según la metodología usada por Estivarez y Maldonado (2019) y Puentes et al., (2014).

### *Tratamientos y diseño experimental*

Las evaluaciones se realizaron durante un periodo de cinco meses en el año 2020, en la temporada de sequía con aplicaciones consecutivas de biol y la única fertilización que realiza el productor. En los inicios de la temporada de lluvias se evaluó los efectos residuales de esta fertilización para cada uno de los cinco tratamientos en un total de 120 plantas de cacao del clon TSH 565.

El tratamiento control consistió en una única aplicación de la fertilización del productor de 1 kg de gallinaza, 250 g roca fosfórica y 250 g de dolomita, el T1 en la dilución de 2 litros (l) de biol con 20 l de agua, para el T2 3 l de biol con 20 l de agua, T3 con 4 l de biol con 20 l de agua y para el T4 se combinó 3 l de biol con 20 l de agua y la fertilización del productor.

Se empleó un diseño de bloques completos al azar bajo un criterio observado en el campo de tres niveles de pendiente 6%, 8% y 10% en la distribución de plantas del clon TSH 565 en el área experimental. Se realizó tres repeticiones y cinco tratamientos, haciendo un total de 15 unidades experimentales y cada uno constituido por ocho árboles de

cacao. Los datos obtenidos se sometieron a prueba de normalidad de Lilliefors y de homogeneidad de varianza de Cochran (en número de mazorcas cosechadas en inicio de lluvias se realizó una transformación de datos aplicando raíz cuadrada). Posteriormente los datos se analizaron en el programa SISVAR versión 5.8 mediante un análisis de varianza y comparación de medias por Tukey.

## **Resultados**

### *Sobre la fertilidad del suelo*

Al final del experimento el análisis de macronutrientes en el suelo tras el abonamiento con bioles, combinado (T4) y fertilización del productor realizado a una profundidad de 0- 20 cm indica valores muy bajos de K con contenidos que fluctuaron de 15 (T2, T4) a 17 ppm (T1, T3, Control). El P en los tratamientos con solo bioles fueron bajos T1 (7.5 ppm), T2 (7.0 ppm), T3 (6.3 ppm) pero el combinado (T4) (15.6 ppm) y Control (15.3 ppm) presentaron un gran incremento con respecto a los tratamientos con biol debido a la aplicación de fuentes fosforadas de baja solubilidad como la roca y dolomita.

En % N total todos los tratamientos presentaron igual contenido (0.10 ppm), siendo un valor inestable ya que puede tener diferentes composiciones de fuentes solubles disponibles como nitratos o amonio, con diferentes tasas de mineralización que no se determinaron en este estudio, además, de la influencia de factores ambientales.

*Sobre la calidad del biol*

Del preparado de 200 L se obtuvo 60 kg de residuo sólido y un extracto líquido de 120 l altamente ácido (pH=4.40) y salinidad elevada, un alto contenido nutricional de macro y micronutrientes como materia orgánica, N, P, K, Ca, Mg, Na, huminas y bajo contenido de Cd (Tabla 4).

Tabla 4: Parámetros fisicoquímicos del biol utilizado en este experimento.

Caserío la Victoria en Campo Verde, Ucayali

Indicadores	Valor
pH	4.40
C.E (dS/m)	11.80
Solidos totales (g/l)	20.45
M.O (g/l)	10.82
N (mg/l)	2184.00
P (mg/l)	249.61
K (mg/l)	1578.00
Ca (mg/l)	592.00
Mg (mg/l)	338.00
Na (mg/l)	300.00
Ácido húmico (%/v)	0.04
Ácido fúlvico (% /v)	0.29
Huminas (%/v)	0.53
Cd (mg/l)	0.03

*Sobre el rendimiento*

Después de la aplicación de la única fertilización del productor (Control), combinado (T4) y aplicaciones continuas de biol durante tres meses en la temporada de sequía se evidencia diferencias significativas entre tratamientos para peso de mazorca, diámetro y número de mazorcas cosechadas, pero no se evidenció el efecto de bloques, la pendiente resulto no tener influencia que haya generado variabilidad sobre las variables de rendimiento (tabla 5).

Tabla 5: Análisis de varianza para las variables asociadas al rendimiento durante la temporada de sequía. Caserío la Victoria en Campo Verde, Ucayali

Factor de variación	de	Cuadrados medios					
		peso gl mazorca (g)	peso grano (g)	diámetro (cm)	longitud (cm)	N° Semillas	N° Mazorcas cosechadas
Bloques	2	3251.23 <sup>ns</sup>	9.14 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>	3.32 <sup>ns</sup>	3.26 <sup>ns</sup>
Tratamientos	4	8108.67*	394.76 <sup>ns</sup>	0.25*	1.34 <sup>ns</sup>	0.64 <sup>ns</sup>	16.23*
Residuo	8	1079.51	141.86	0.01	1.05	15.64	1.93
CV%		7.06	11.32	1.67	5.78	10.31	15.56

\*indica diferencia estadística a un nivel significancia del 5%.

La prueba de comparación entre medias de Tukey muestra una mejor respuesta para peso de mazorca y diámetro de T2 (535.98 g y 8.23 cm) seguido por los tratamientos T1 (492.49 g y 7.94 cm), control (447.82 g y

7.84 cm) y T3 (453.71 g y 7.72 cm), obteniendo con el tratamiento combinado (T4) los valores más bajos (397.21 g y 7.45 cm).

En el acumulado de mazorcas cosechadas se muestra una notable diferencia ( $P < 0,05$ ), siendo el combinado (T4) (12 mazorcas) el de mejor respuesta seguido por T2 (10 mazorcas), T3 (9 mazorcas), T1 (9 mazorcas) y el tratamiento control (5 mazorcas). Otras variables evaluadas no presentaron diferencias (Tabla 6).

Tabla 6: Variables asociadas al rendimiento después de la aplicación de la fertilización del productor, combinado (T4) y aplicaciones continuas de biol durante la temporada de sequía. Caserío la Victoria en Campo Verde, Ucayali

Tratamientos	peso mazorca (g)	peso de semillas (g)	diámetro (cm)	longitud (cm)	N° Semillas	N° mazorcas cosechadas
Control	447.82 <sup>ab</sup>	103.66 <sup>a</sup>	7.84 <sup>b</sup>	17.82 <sup>a</sup>	39 <sup>a</sup>	5 <sup>b</sup>
T1	492.49 <sup>a</sup>	108.65 <sup>a</sup>	7.94 <sup>ab</sup>	18.06 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>	9 <sup>ab</sup>
T2	535.98 <sup>a</sup>	120.31 <sup>a</sup>	8.23 <sup>a</sup>	18.57 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>
T3	453.71 <sup>ab</sup>	105.28 <sup>a</sup>	7.72 <sup>bc</sup>	17.53 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>	9 <sup>ab</sup>
T4	397.21 <sup>b</sup>	88.35 <sup>a</sup>	7.45 <sup>c</sup>	16.77 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
C.V. (%)	7.06	11.32	1.67	5.78	10.31	15.56

Valores con letras iguales en la misma columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

Después de la finalización de las aplicaciones con biol y con el inicio de la temporada de lluvias, no se evidenció efectos residuales significativos

entre tratamientos, ni la influencia de bloques (tabla 7), no obstante, la prueba de comparación de medias de Tukey muestra que los tratamientos T2 y combinado (T4) presentaron una ligera mejora en todas las variables estudiadas, seguidos por los tratamientos T1, T3 y control (tabla 8).

Tabla 7: Análisis de varianza tras el cese de las aplicaciones con biol y con el inicio de la temporada de lluvias. Caserío la Victoria en Campo Verde, Ucayali

Factor de variación	de	Cuadrados medios					
		peso gl mazorca (g)	peso grano (g)	diámetro (cm)	longitud (cm)	N° Semillas	N° Raíz Mazorcas
Bloques	2	662.39 <sup>ns</sup>	233.47 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	0.00 <sup>ns</sup>	4.91 <sup>ns</sup>	0.26 <sup>ns</sup>
Tratamientos	4	1928.74 <sup>ns</sup>	76.99 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	0.64 <sup>ns</sup>	16.21 <sup>ns</sup>	0.54 <sup>ns</sup>
Residuo	8	3700.12	248.85	0.06	0.93	8.50	1.59
CV%		13.67	14.76	3.47	5.53	8.01	42.43

\*indica diferencia estadística a un nivel significancia del 5%.

Tabla 8: Variables asociadas al rendimiento tras el cese de las aplicaciones con biol y con el inicio de la temporada de lluvias. Caserío la Victoria en Campo Verde, Ucayali

Tratamientos	peso mazorca (g)	peso de semillas (g)	diámetro (cm)	longitud (cm)	N° Semillas	Raíz cuadrada del N° Mazorcas cosechadas
Control	436.84 <sup>a</sup>	100.29 <sup>a</sup>	7.50 <sup>a</sup>	16.86 <sup>a</sup>	33 <sup>a</sup>	2.52 <sup>a</sup>
T1	427.93 <sup>a</sup>	104.44 <sup>a</sup>	7.49 <sup>a</sup>	17.46 <sup>a</sup>	37 <sup>a</sup>	3.27 <sup>a</sup>
T2	473.92 <sup>a</sup>	110.34 <sup>a</sup>	7.57 <sup>a</sup>	18.15 <sup>a</sup>	36 <sup>a</sup>	3.54 <sup>a</sup>
T3	417.04 <sup>a</sup>	106.08 <sup>a</sup>	7.36 <sup>a</sup>	17.56 <sup>a</sup>	37 <sup>a</sup>	2.66 <sup>a</sup>
T4	469.40 <sup>a</sup>	113.26 <sup>a</sup>	7.63 <sup>a</sup>	17.62 <sup>a</sup>	40 <sup>a</sup>	2.85 <sup>a</sup>
C.V. (%)	13.67	14.76	3.47	5.53	8.01	42.43

Valores con letras iguales en la misma columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

Con relación al rendimiento de grano seco, este fue mayor en el tratamiento T2 con 380 Kg/ha seguido por el tratamiento T1 (366 Kg/ha) y combinado (T4) (271 kg/ha) los menores rendimientos se obtuvieron con los tratamientos control y T3 con 185 Kg/ha y 249 Kg/ha respectivamente.

Asimismo, en las características físicas del grano seco, el mayor índice de grano (IG) lo obtuvo el tratamiento T2 (1.20) seguido por el tratamiento T1 (1.06), T3 (1.07), T4 (1.03) y Control (1.02). Con respecto al índice de

mazorca, T2 presentó un valor de 21, seguido de T1, T3 y control (24), el mayor IM se presentó en T4 (26) para producir 1 kg de grano seco.

## **Discusión**

Los niveles de K y N del suelo fueron constantes, sin embargo, los niveles de P sí variaron, siendo mayores en el Control y tratamiento combinado (T4) y esto se puede deber a factores climáticos que influyen la disminución en la tasa mineralización de N y P, causando inmovilización y pérdidas por volatilización (Hunter et al., 2021). Asimismo, estos suelos ácidos tropicales tienen alto porcentaje de saturación de aluminio que también limita la absorción del P contenido en la enmienda de roca a pesar de su incremento en el suelo ya que se mueve por difusión (Rogerio et al., 2020).

Los cambios de humedad del suelo causan también pérdidas del nitrógeno por procesos de lixiviación y presentan variaciones en el nitrógeno asimilable en forma de nitratos o amonio, causando que la planta no tenga las mismas reservas entre los tratamientos y genere respuestas no claras.

Esta respuesta a la fertilización en la sequía se relaciona con variables de rendimiento para el tratamiento control que presentó los valores más bajos; condicionado a la disponibilidad de agua en el suelo para una mejor solubilidad de los nutrientes y absorción para la planta (Hunter et al., 2021).

Además, se sabe que en condiciones de baja humedad las poblaciones microbianas del suelo relacionados a la mineralización de N y P disminuyen. En ese sentido Ren et al., 2020 reportan una mayor abundancia de un gran número de genes microbiales funcionales claves que están implicados en los ciclos de C, N y P. Esta amplia diversidad de comunidades microbianas del suelo está asociadas a la aplicación de abonos líquidos producto de la digestión anaeróbica que genera una relación directa con la dosis óptima de aplicación (Urrea et al., 2020).

Esto se relaciona con la cantidad de mazorcas cosechadas en los tratamientos Combinado (T4) y T2, siendo estos los más significativos. El biol combinado con la enmienda sólida muestra ser más eficaz en solubilizar la roca fosfórica para liberar P disponible, presumiblemente al contenido de ácidos orgánicos en el biol y a un mejoramiento en las condiciones del pH del suelo. Sobre esta respuesta Mwangi et al., 2020 explicó que el 44 % de la solubilización de rocas fue causado por el pH y presencia de ácidos orgánicos, además el biol contiene un 50% de N en formas amoniacales y un 60 % de P en forma inorgánica que después de su aplicación al suelo es rápidamente asimilado por la planta. Esta mayor transferencia de macro y micronutrientes por el biol en comparación con abonos a base de rocas fue explicada por Rogério et al., 2021 además de su contribución a mejorar las cosechas (Bacca et al., 2020).

Otro beneficio del biol es generar una mayor resistencia y eficiencia de las plantas de cacao al déficit hídrico durante la sequía. Esto se refuerza con las diferencias significativas de los tratamientos con solo biol sobre

algunas características del fruto de cacao como peso de la mazorca y diámetro que están influenciados ambientalmente y esto ocurre, por el predominio genético propio del Clon TSH 565 (Kunikullaya et al., 2018).

Con el inicio de la temporada de lluvias no se reporta algún efecto residual significativo sobre ninguna variable de rendimiento, posiblemente porque el biol solo se aplicó solo durante tres meses consecutivos durante la estación seca, esto sugiere que la eficiencia del biol está condicionado a su aplicación continua y prolongada. En otros estudios han reportado incrementos importantes sobre el rendimiento y el suelo tras la aplicación de abonos líquidos solo durante largos periodos de tiempo (Antoneli et al., 2019). Además, es posible que el abonamiento a base de rocas no sea eficiente en condiciones de bajas precipitaciones o de poca intensidad.

Por otra parte, los rendimientos en grano seco fueron superiores en tratamientos con solo bioles, concentraciones de 10 y 15 % tuvieron una mayor respuesta y efecto. Esto concuerda con lo reportado por Cotrina et al., 2020 en donde se señala un efecto positivo de biol a dosis del 10%.

Los rendimientos obtenidos en esta investigación están muy bajos comparado con otros estudios sobre fertilización del clon TSH 565 en la que se reportan rendimientos entre 900 a 2000 Kg/ha (Rosas et al., 2019).

El suelo utilizado en este experimento era fuertemente ácido. Esta condición, junto con la baja concentración de nutrientes, CIC y la producción promedio histórica de los últimos tres años, respalda un

rendimiento del cultivo muy bajo. El rendimiento final de la cosecha probablemente dependa de un amplio rango de factores específicos del sitio (manejo, clima, etc.) y autoincompatibilidad del clon TSH 565 (Enrique et al., 2021., Rosas et al., 2019).

Los índices evaluados mostraron diferentes respuestas, el mayor índice de grano lo obtuvo el tratamiento T2 con 1.20 con un mejor indicador de calidad física del grano ya que 1 g es el mínimo valor para la industria del chocolate. Las normas técnicas establecidas en Colombia para granos de cacao son de 0,99 – 0,90 g (Ruales et al., 2011). Con respecto al IM todos los tratamientos a excepción del T2 presentaron valores por encima de lo reportado por Puentes et al., 2014 y Ruales et al., 2011 lo que significa un mayor número de mazorcas para producir 1 kg de grano seco.

#### *Calidad del biol*

El biol elaborado a partir de residuos de cosecha de cacao es de mayor contenido de macro y micronutrientes y bajo contenido de Cd (Sturmer et al, 2020) comparado con otros abonos orgánicos líquidos comerciales y artesanales desarrollados. Esto se relaciona con los valores de macro y micronutrientes reportados por Coaguila et al., 2019 de un biol elaborado en un biodigestor de geomembrana. En otros reportes Garavito y Gomero 2020 encontraron menores niveles a los de esta investigación en el contenido de huminas y K que fue preparado en un biol a base de residuos de trucha. También se presentó una buena solubilidad del P en el contenido del biol con altos contenidos de P, CE, Ca, Mg ya que se originan de fuentes fosfatadas como la roca fosfórica, dolomita y la dieta

de sales del ganado vacuno (Kongor et al., 2018). En este sentido Dionisi et al., 2020 reportó valores similares de CE a los de este estudio de un biol elaborado con residuos porcinos que estuvieron en función de la dieta alimenticia.

## **Conclusiones**

Los mayores rendimientos se obtuvieron con dosis de biol en concentraciones del 10% y 15%, esto sugiere que la fertilización del productor puede ser reemplazada sin que esto involucre pérdidas en los componentes de rendimiento.

Con el inicio de las lluvias no se evidenció efectos residuales significativos en el rendimiento entre los tratamientos con biol y la fertilización del productor.

El biol elaborado posee un alto contenido nutricional de macro y micronutrientes con alta salinidad y bajo contenido de Cd, pero su efecto está condicionado a la dosis y aplicación continua.

El efecto combinado de la aplicación de biol y abono a base de rocas fosfatadas contribuye a la solubilidad y disponibilidad de los nutrientes para las plantas de cacao.

Los resultados muestran que no hubo cambios significativos en el contenido de K y N a la profundidad de 0-20 cm del suelo, pero si hubo incrementos en el P disponible por acción de las rocas ya se puede mantener en el suelo y tener efecto residual.

## Referencias

Acosta, N., Duh Kang, I., Rabaey, K., & De Vrieze, J. (2021). Cow manure stabilizes anaerobic digestion of cocoa waste. *Waste Management*, *126*, 508–516. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.02.010>

Antoneli, V., Mosele, A. C., Bednarz, J. A., Pulido-Fernández, M., Lozano, J., Keesstra, S. D., & Rodrigo, J. (2019). Effects of applying liquid swine manure on soil quality and yield production in tropical soybean crops (Paraná, Brazil). *Sustainability*, *11*. <https://doi.org/10.3390/su11143898>

Bacca, A., Ceretta, C. A., de Souza, M., Schneider, R., Avelar, P., Telles, L., Marchezan, C., Garlet, L. P., & Brunetto, G. (2020). Residual and immediate effect after 16 applications of organic sources on yield and nitrogen use efficiency in black oat and corn. *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, *44*, 1–15. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20190013>

Campos, R., Nieto, K. H., & Oomah, D. (2018). Cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk: Renewable source of bioactive compounds. *Trends in Food Science and Technology*, *81*, 172–184. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.022>

Coaguila, P., Bardales, R., & Zeballos, O. (2019). Digestatos procedentes de la obtención de biogás a partir de purines vacunos en la producción de cebolla en zonas áridas. *Scientia Agropecuaria*, *10*, 119–124. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.13>

Cotrina Cabello, G. G., Masgo Sanchez, L. N., Tumbay Ambrocio, Y. Y., Alejos Patiño, I. W., Córdova Mendoza, P., & Patiño Rivera, A. R. (2020).

Efectos del biol y súper biol en la producción agroecológica de la lechuga (*lactuca sativa*) variedad seda en el centro poblado de Chinchopampa – Chaglla – Pachitea – Huánuco. *Journal of the Academy*, 3, 17–31.

<https://doi.org/10.47058/joa3.2>

Dionisi, C. P., Mignone, R. A., Rubenacker, A. I., Pfaffen, V., Bachmeier, O., Campitelli, P. A., Yudi, L. M., & Juarez, A. V. (2020). Monitoring of physicochemical parameters of soils after applying pig slurry. Analysis of its application in short and long periods in the province of Córdoba, Argentina. *Microchemical Journal*, 159.

<https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105545>

Djali, M., Setiasih, I. S., & Rindiantika, T. S. (2018). Chemical characteristics, phytochemicals and cacao shell toxicity changes during the processing of cocoa beans. *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 6, 103–114.

Enrique, M., Arnulfo, O., Dubón, A., Henrique, T., Ribeiro, C., Javier, F., & Chalfun-Junior, A. (2021). Sexual compatibility in cacao clones drives arrangements in the field leading to high yield. *Scientia Horticulturae*, 287.

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110276>

Estivarez, M., & Maldonado, C. (2019). Criterios de selección para cacao nacional boliviano (*Theobroma cacao L.*), en Alto Beni-Bolivia. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 6, 29–36.

[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182019000200005&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182019000200005&script=sci_abstract&tlng=es)

Garavito, O., & Gomero, L. (2020). Relación entre la producción de biogás y biol a partir de restos de trucha y estiércol vacuno. *South Sustainability*, 1, 1–8. <https://doi.org/10.21142/ss-0101-2020-008>

Hunter, M. C., Kemanian, A. R., & Mortensen, D. A. (2021). Cover crop effects on maize drought stress and yield. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 311. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107294>

Kongor, J. E., Boeckx, P., Vermeir, P., Van de Walle, D., Baert, G., Afoakwa, E. O., & Dewettinck, K. (2019). Assessment of soil fertility and quality for improved cocoa production in six cocoa growing regions in Ghana. *Agroforestry Systems*, 93. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0253-3>

Kunikullaya, G. A., Suresh, J., Balakrishnan, S., Kumar, M., Jeyakumar, P., Kumaravadivel, N., & Jegadeeswari, V. (2018). Estimation of variability parameters for certain quantitative traits in cocoa (*Theobroma cacao* L.) genotypes. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 9, 1538–1544. <https://doi.org/10.5958/0975-928X.2018.00190.4>

Leandro, D., Ferreira, R., Rodrigues, V., Da Ros, C. O., Bison, M., Márcia, G., & Cherubin, M. (2020). Changes in soil chemical and physical properties in pasture fertilised with liquid swine manure. *Scientia Agricola*, 77(5). <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2019-0017>

Ministerio de Agricultura y Riego. (2020). *Observatorio de Commodities*. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1026014/Commodities\\_arroz\\_abr-jun\\_2020.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1026014/Commodities_arroz_abr-jun_2020.pdf)

Ministerio de Agricultura y Riego. (n.d.). *Perfil Productivo y Competitivo de los Principales Cultivos del Sector*. Recuperado el 28 de septiembre del 2021 de:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYzE2YzA3YWUtZGZiZi00NDFmLTliYWYtOTI1MTU5MWQ2YjQzIiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9>

Mwangi, E., Ngamau, C., Wesonga, J., Karanja, E., Musyoka, M., Matheri, F., Fiaboe, K., Bautze, D., & Adamtey, N. (2020). Managing phosphate rock to improve nutrient uptake , phosphorus use efficiency , and carrot yields. *Journal of Soil and Science and Plant Nutrition*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s42729-020-00217-x>

Niether, W., Schneidewind, U., Fuchs, M., Schneider, M., & Armengot, L. (2019). Below- and aboveground production in cocoa monocultures and agroforestry systems. *Science of the Total Environment*, 657, 558–567. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.050>

Picchioni, F., Warren, G. P., Lambert, S., Balcombe, K., Robinson, J. S., Srinivasan, C., Gomez, L. D., Faas, L., Westwood, N. J., Chatzifragkou, A., Charalampopoulos, D., & Shaw, L. J. (2020). Valorisation of natural resources and the need for economic and sustainability assessment: The case of cocoa pod husk in Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, 12. <https://doi.org/10.3390/su12218962>

Puentes, Y. J., Menjivar, J. C., Gómez, A., & Aranzazu, F. (2014). Absorción y distribución de nutrientes en clones de cacao y sus efectos

en el rendimiento. *Acta Agronómica*, 63(2), 145–152.

<https://doi.org/10.15446/acag.v63n2.40041>

Ren, T., Yu, X., Liao, J., Du, Y., Zhu, Y., Jin, L., Wang, B., Xu, H., Xiao, W., Chen, H. Y. H., Jin, F., & Ruan, H. (2020). Application of biogas slurry rather than biochar increases soil microbial functional gene signal intensity and diversity in a poplar plantation. *Soil Biology and Biochemistry*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107825>

Ruales, J., Burbano, H., & Ballesteros, W. (2011). Efecto de la fertilización con diversas fuentes sobre el rendimiento de cacao (*Theobroma cacao L.*). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 28, 81–94.

Rogério, R., Fernandez-Marcos, M. L., Cocco, S., Ruello, M. L., Weindorf, D. C., Cardelli, V., & Corti, G. (2018). Assessment of Potential Nutrient Release from Phosphate Rock and Dolostone for Application in Acid Soils. *Pedosphere*, 28(1), 44–58. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60437-5](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60437-5)

Rogério, C., Ceretta, C. A., Riveros, N., Tiecher, T. L., Stefanello, D. silva, De Conti, L., Giroto, E., Avelar, P., Fagan, R., Scopel, G., Marchezan, C., & Brunetto, G. (2021). Forms of nitrogen and phosphorus transfer by runoff in soil under no-tillage with successive organic waste and mineral fertilizers applications. *Agricultural Water Management*, 248. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106779>

Rosas, G., Puentes, Y. J., & Menjivar, J. C. (2019). Efecto del encalado en el uso eficiente de macronutrientes para cacao (*Theobroma cacao L.*) en

la Amazonia Colombiana. *Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 20, 5–16.

[https://doi.org/10.21930/rcta.vol20\\_num1\\_art1247](https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num1_art1247)

Stürmer, B., Pfundtner, E., Kirchmeyr, F., & Uschnig, S. (2020). Legal requirements for digestate as fertilizer in Austria and the European Union compared to actual technical parameters. *Journal of Environmental Management*, 253. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109756>

Urra, J., Mijangos, I., Epelde, L., Alkorta, I., & Garbisu, C. (2020). Impact of the application of commercial and farm-made fermented liquid organic amendments on corn yield and soil quality. *Applied Soil Ecology*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103643>

Vásquez, Z.S., de Carvalho Neto, D.P., Pereira, G.V.M., Vandenberg, L.P.S., et al., (2019). Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. *Waste Manage.* 90, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.030>

## IV. Anexos

### 1. Evidencia del envío a revista

10/10/21 9:38

Gmail - [ACAG] Confirmación manuscrito recibido



Diana Danet <dianalucanolopez@gmail.com>

#### [ACAG] Confirmación manuscrito recibido

John Jairo Cardozo Vásquez, Ph.D <actaagronomica\_pal@unal.edu.co>  
Para: Diana Danet Casandra Lucano Lopez <dianalucanolopez@gmail.com>

10 de octubre de 2021, 09:35

Diana Danet Casandra Lucano Lopez:

Esta es una respuesta automática generada indicando que su manuscrito titulado: "Eficiencia de un biol elaborado a partir de residuos de cosecha en la producción del cacao (*Theobroma cacao* L.), clon TSH 565 en una plantación orgánica agroforestal. " ha sido recibido por el cuerpo editorial de Acta Agronómica.

La oficina editorial lo contactará con un número de referencia de su manuscrito y posteriores detalles del debido proceso de revisión en curso.

Gracias por someter su trabajo a nuestra revista.

Los mejores deseos,

Cuerpo Editorial Acta Agronómica

URL del manuscrito: [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/authorDashboard/submission/98940](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/authorDashboard/submission/98940)  
Nombre de usuario/a: danetdiana

John Jairo Cardozo Vásquez, Ph.D  
Acta Agronómica

**Aviso legal:** El contenido de este mensaje y los archivos adjuntos son confidenciales y de uso exclusivo de la Universidad Nacional de Colombia. Se encuentran dirigidos sólo para el uso del destinatario al cual van enviados. La reproducción, lectura y/o copia se encuentran prohibidas a cualquier persona diferente a este y puede ser ilegal. Si usted lo ha recibido por error, infórmenos y elimínelo de su correo. Los Datos Personales serán tratados conforme a la Ley 1581 de 2012 y a nuestra Política de Datos Personales que podrá consultar en la página web [www.unal.edu.co](http://www.unal.edu.co). Las opiniones, informaciones, conclusiones y cualquier otro tipo de dato contenido en este correo electrónico, no relacionados con la actividad de la Universidad Nacional de Colombia, se entenderá como personales y de ninguna manera son avaladas por la Universidad.

<https://mail.google.com/mail/u/0?ik=d516e17545&view=pt&search=all&permmsgid=msg-f%3A1713243706672473538&simpl=msg-f%3A17132437066...> 1/1

2. Copia de resolución directoral de aprobación del proyecto de tesis



3. Descripción de tratamientos

Tabla 9: Dosificación de biol por tratamiento

<i>Tratamientos</i>	<i>Concentración de biol</i>	<i>Dosis</i>	<i>Frecuencia de aplicación</i>
<i>Control</i>	0%	única aplicación de 1 Kg de gallinaza, 250 g roca fosfórica y 250 g de dolomita	0 días
T1	10%	2:20 de biol	Cada 15 días/3 meses
T2	15%	3:20 de biol	Cada 15 días/3 meses
T3	20%	4:20 de biol	Cada 15 días/3 meses
T4	15%	3:20 de biol y única aplicación de 1 Kg de gallinaza, 250 g roca fosfórica y 250 g de dolomita	Cada 15 días/3 meses

4. Diseño y esquema de la Investigación

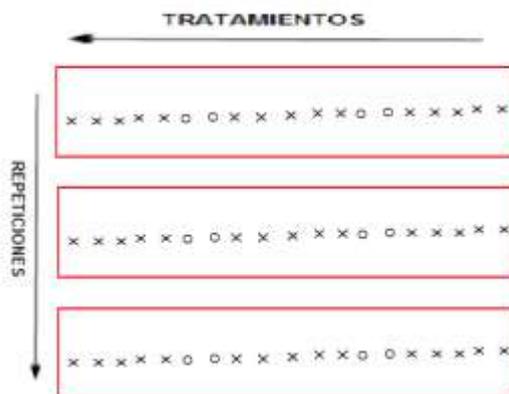


Figura 3: Diseño del proceso de Investigación. X son plantas de cacao a ser evaluadas en cada unidad experimental y o representan a los individuos que no se le aplicará ningún tratamiento, pues será el área de transición entre cada tratamiento.

<b>B1</b>	<b>control</b>	<b>T2</b>	<b>T1</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>B2</b>	<b>T4</b>	<b>T3</b>	<b>control</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
<b>B3</b>	<b>T2</b>	<b>T4</b>	<b>T1</b>	<b>T3</b>	<b>control</b>

Figura 4: Distribución de los tratamientos por bloque (B), T1 biol al 10%, T2 al 15 %, T3 al 20%, T4 combinado y control.