

# PRODUCCIÓN DEL CACAO CCN-51 CON MANEJO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL

EN PADRE ABAD, UCAYALI-PERÚ



*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>



# PRODUCCIÓN DEL CACAO CCN-51 CON MANEJO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL EN PADRE ABAD, UCAYALI-PERÚ

## COLECCIÓN RESULTADO DE INVESTIGACIÓN

**Primera Edición 2021 Vol. 1**

**Editorial EIDEC**

Sello Editorial EIDEC (978-958-53018)

NIT 900583173-1

**ISBN:** 978-958-53472-8-1

**Formato:** Digital PDF (Portable Document Format)

**DOI:** <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

**Publicación:** Colombia

**Fecha Publicación:** octubre 2021

### **Coordinación Editorial**

Escuela Internacional de Negocios y Desarrollo Empresarial de Colombia – EIDEC

Universidad Nacional Agraria de la Selva

Centro de Investigación Científica, Empresarial y Tecnológica de Colombia – CEINCET

Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES

### **Revisión y pares evaluadores**

Centro de Investigación Científica, Empresarial y Tecnológica de Colombia – CEINCET

Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES

### **Entidad Financiadora**

Universidad Nacional Agraria de la Selva



*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*

*ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>*



## **Coordinadores editoriales**

Ing. Nelino Florida Rofner  
**Universidad Nacional Agraria de la Selva**

Roxana Pinilla Duarte  
**Editorial EIDEC**

Dr. Cesar Augusto Silva Giraldo  
**Centro de Investigación Científica, Empresarial y Tecnológica de Colombia – CEINCET – Colombia.**

Dr. David Andrés Suarez Suarez  
**Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES – Colombia.**

El libro **PRODUCCIÓN DEL CACAO CCN-51 CON MANEJO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL EN PADRE ABAD, UCAYALI-PERÚ**, está publicado bajo la licencia de Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0) Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>). Esta licencia permite copiar, adaptar, redistribuir y reproducir el material en cualquier medio o formato, con fines no comerciales, dando crédito al autor y fuente original, proporcionando un enlace de la licencia de Creative Commons e indicando si se han realizado cambios.

**Licencia: CC BY-NC 4.0.**

**NOTA EDITORIAL:** Las opiniones y los contenidos publicados en el libro **PRODUCCIÓN DEL CACAO CCN-51 CON MANEJO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL EN PADRE ABAD, UCAYALI-PERÚ**. Son de responsabilidad exclusiva de los autores; así mismo, éstos se responsabilizarán de obtener el permiso correspondiente para incluir material publicado por parte de la **Editorial EIDEC** y la entidad financiadora de la publicación **Universidad Nacional Agraria de la Selva**.

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
*ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>*

# PRODUCCIÓN DEL CACAO CCN-51 CON MANEJO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL EN PADRE ABAD, UCAYALI-PERÚ

## PRODUCTION OF CACAO CCN-51 WITH ORGANIC AND CONVENTIONAL MANAGEMENT IN PADRE ABAD, UCAYALI-PERÚ

### AUTORES

Nelino Florida Rofner<sup>1</sup>

Llerme Navarro Vásquez<sup>2</sup>

Alex Rengifo Rojas<sup>4</sup>

Javier Nazar Cipriano<sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> Ing. Conservación de suelos y Agua, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Dr. Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional Hermilio Valdizan. Profesor Asociado Investigador, Universidad Nacional Agraria de la Selva, correo electrónico: nelinof@hotmail.com

<sup>2</sup> Ing. Agrónomo, Universidad Nacional Agraria de la Selva, M Sc. Ciencia del Suelo, Universidad Estatal Paulista (UNESP)-Jaboticabal-Brasil, Profesor, Universidad Nacional Agraria de la Selva, correo electrónico: llerme22@gmail.com

<sup>4</sup> Economista, Universidad Nacional Agraria de la Selva. M Sc. Económica con Mención en Proyectos de Inversión, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Profesor Asociado, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Correo electrónico: alrero2002@gmail.com

<sup>5</sup> Ing. Conservación de suelos y Agua, Universidad Nacional Agraria de la Selva, M Sc. Gestión Ambiental, Universidad Nacional de Cajamarca. Profesor Auxiliar, Universidad Nacional Agraria de la Selva, correo electrónico: nazarcj.1@hotmail.com

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>



# Contenido

Índice de tablas.....	9
Índice de figuras.....	10
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUCCIÓN.....	15
<b>1. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
1.1 Manejo del suelo.....	19
1.2 Manejo orgánico.....	19
1.3 Manejo convencional.....	21
1.4 Calidad del suelo y rendimiento.....	23
1.5 Indicadores biológicos del suelo.....	25
1.6 Carbono orgánico (CO).....	31
1.7 Fracciones de la materia orgánica del suelo.....	32
1.8 Cultivo de cacao.....	35
<b>2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>37</b>
2.1 Ubicación.....	37
2.2 Condiciones agroecológicas.....	38
2.3 Enfoque metodológico y análisis de datos.....	38
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38
2.5 Características del área experimental.....	39
2.6 Aplicación de los abonos.....	41
2.7 Evaluación de la calidad del suelo.....	42
2.8 Análisis fisicoquímico de la materia orgánica.....	44
2.9 Muestreo y análisis microbiológicos.....	44
2.10 Evaluación del rendimiento.....	45
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>46</b>
3.1 Rendimiento del cacao.....	46
3.2 Indicadores fisicoquímicos del suelo.....	47
3.3 Indicadores microbiológicos.....	48

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

3.4	Indicadores de calidad física de la materia orgánica (MO)	49
4.	DISCUSIÓN	52
4.1	Rendimiento del cacao	52
4.2	Indicadores físicos del suelo	54
4.3	Indicadores químicos del suelo	55
4.4	Población de microorganismos	57
4.5	Calidad fisicoquímica de la MO	60
5.	CONCLUSIONES	63
6.	ANEXOS	65
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68



# Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables de las investigaciones .....	39
Tabla 2. Referencias para cálculo de dosis de aplicación (1 111 plan/ha) .....	41
Tabla 3. Detalle del compost y NPK a aplicar (1 111 plan/ha/año) .....	42
Tabla 4. Indicadores físicos del suelo.....	42
Tabla 5. Indicadores químicos del suelo .....	43
Tabla 6. Indicadores de calidad de la MO .....	44
Tabla 7. Evaluación de grupos microbianos del suelo .....	45
Tabla 8. Análisis de varianza de indicadores de rendimiento del cacao .....	47
Tabla 9. Análisis de varianza de indicadores físicos del suelo.....	47
Tabla 10. Análisis de varianza de indicadores químicos del suelo .....	48
Tabla 11. Análisis de varianza de los grupos microbianos según tratamiento .....	49
Tabla 12. Pruebas de normalidad y de homogeneidad de varianzas de acuerdo con los indicadores físicos de la materia orgánica a 10 y 20 cm de profundidad .....	50
Tabla 13. Valor promedio y desviación estándar de los indicadores físicos a 10 y 20 cm de profundidad según tratamiento y valor estadístico .....	50
Tabla 14. Pruebas de normalidad y de homogeneidad de varianzas de acuerdo con los indicadores químicos a 10 y 20 cm de profundidad .....	51
Tabla 15. Valor promedio y desviación estándar de los indicadores químicos a 10 y 20 cm de profundidad según tratamiento y valor estadístico .....	52
Tabla 16. Análisis de normalidad de los datos de indicadores fisicoquímicos del suelo según Shapiro-Wilk .....	65
Tabla 17. Análisis de normalidad de los datos fisicoquímicos del suelo según Shapiro-Francia .....	65
Tabla 18. Rendimiento del cacao en los diferentes tratamientos .....	66
Tabla 19. Población de los grupos microbianos del suelo.....	67

# Índice de figuras

Figura 1. Localización del área experimental.....	37
Figura 2. Diseño del campo experimental.....	40
Figura 3. Detalle de la unidad experimental.....	40
Figura 5. Evaluación del rendimiento de granos secos .....	46

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>



# PRODUCCIÓN DEL CACAO CCN-51 CON MANEJO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL EN PADRE ABAD, UCAYALI-PERÚ<sup>3</sup>

## PRODUCTION OF CACAO CCN-51 WITH ORGANIC AND CONVENTIONAL MANAGEMENT IN PADRE ABAD, UCAYALI-PERÚ

Nelino Florida Rofner<sup>4</sup>

Llerme Navarro Vásquez<sup>5</sup>

Alex Rengifo Rojas<sup>4</sup>

Javier Nazar Cipriano<sup>5</sup>

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.<sup>6</sup>

---

<sup>3</sup> Derivado de los proyectos de investigación: Tesis Doctoral “Producción orgánica y convencional en plantación de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) el rendimiento y calidad del suelo, en Nuevo Progreso-Padre Abad – 2018”, Tesis Doctoral “Manejo orgánico y convencional en plantación de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) en el contenido de carbono orgánico y fracciones de la materia orgánica del suelo, en Nuevo Progreso-Padre Abad – 2018”

<sup>4</sup> Ing. Conservación de suelos y Agua, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Dr. Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional Hermilio Valdizan. Profesor Asociado Investigador, Universidad Nacional Agraria de la Selva, correo electrónico: nelinof@hotmail.com

<sup>5</sup> Ing. Agrónomo, Universidad Nacional Agraria de la Selva, M Sc. Ciencia del Suelo, Universidad Estatal Paulista (UNESP)-Jaboticabal-Brasil, Profesor, Universidad Nacional Agraria de la Selva, correo electrónico: llerme22@gmail.com

<sup>4</sup> Economista, Universidad Nacional Agraria de la Selva. M Sc. Económica con Mención en Proyectos de Inversión, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Profesor Asociado, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Correo electrónico: alrero2002@gmail.com

<sup>5</sup> Ing. Conservación de suelos y Agua, Universidad Nacional Agraria de la Selva, M Sc. Gestión Ambiental, Universidad Nacional de Cajamarca. Profesor Auxiliar, Universidad Nacional Agraria de la Selva, correo electrónico: nazarcj.1@hotmail.com

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

**Eidéc**  
EDITORIAL

# PRODUCCIÓN DEL CACAO CCN-51 CON MANEJO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL EN PADRE ABAD, UCAYALI-PERÚ

Nelino Florida Rofner, Llerme Navarro Vásquez, Alex Rengifo Rojas, Javier Nazar Cipriano

## RESUMEN

El libro analiza y sistematiza los resultados de dos trabajos de investigación en línea desarrollada en la misma área experimental, que evalúan los efectos del manejo orgánico y convencional con aplicación de compost y NPK en plantación de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) sobre: *a*) el rendimiento del cacao, *b*) los indicadores de calidad físico-químicas del suelo, *c*) la población de los principales grupos microbianos del suelo, y *d*) la calidad física y química de la materia orgánica del suelo a través de sus fracciones orgánicas.

Metodológicamente las investigaciones fueron de tipo experimental puro, con ajuste estadístico de diseño de bloques completos al azar (DBCA), con cuatro tratamientos: T1 (testigo absoluto), T2 (compost), T3 (NPK) y T4 (50% compost + 50% NPK). El manejo orgánico muestra diferencias favorables entre los tratamientos para los indicadores índice de mazorca, pH, materia orgánica (MO), fósforo (P), capacidad de intercambio catiónico (CIC), aluminio intercambiable ( $Al^{3+}$ ), Carbono orgánico superficial asociada a los minerales (C-MOAM 10) y para el carbono en las huminas a 20 cm (C-HUM20); sin embargo, los diferentes grupos microbianos no presentaron diferencias, mostrando al manejo orgánico como una opción viable para sustituir el uso de fertilizantes químicos y garantizar la sostenibilidad en la producción del cacao en esta región del trópico peruano.

El libro incluye cinco apartados, distribuidos secuencialmente, que permitirán al lector una mejor comprensión, además de captar de manera simple los potenciales efectos observados en el agroecosistema como consecuencia de la aplicación del manejo orgánico y convencional; sistemas de producción que predominan en nuestros tiempos, por lo que, este libro expondrá en el primer apartado los fundamentos teóricos de estos sistemas y luego mostrará la metodología, resultados, discusión y conclusiones de los efectos de su aplicación, esperando generar una visión holística y sistémica de manejo del suelo, adaptados a nuestra realidad.

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

## ABSTRACT

The book analyzes and systematizes the results of two online research works carried out in the same experimental area, which evaluate the effects of organic and conventional management with the application of compost and NPK in cocoa plantation CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) on: a) cocoa yield, b) soil physico-chemical quality indicators, c) the population of the main soil microbial groups, and d) the physical and chemical quality of soil organic matter through its organic fractions.

Methodologically, the research was purely experimental with statistical adjustment of randomized complete block design (DBCA), with four treatments: T1 (absolute control), T2 (compost), T3 (NPK) and T4 (50% compost + 50% NPK). Organic management shows favourable differences between treatments for the indicators cob index, pH, organic matter (OM), phosphorus (P), cation exchange capacity (CEC), exchangeable aluminum (Al<sup>3+</sup>), Surface organic carbon associated with minerals (C-MOAM 10) and for carbon in the humins at 20 cm (C-HUM20); However, the different microbial groups did not show differences, showing organic management as a viable option to substitute the use of chemical fertilizers and guarantee sustainability in cocoa production in this region of the Peruvian tropics.

The book includes five sections, distributed sequentially, which will allow the reader to better understand and grasp in a simple way the potential effects observed in the agroecosystem as a consequence of the application of organic and conventional management. Production systems that predominate in our times, therefore, this book will present in the first section the theoretical foundations of these systems and then show the methodology, results, discussion, and conclusions of the effects of their application, hoping to generate a holistic and systemic vision of soil management adapted to our reality.

**PALABRAS CLAVE:** CCN-51, compost, fracciones de la materia orgánica, indicadores de rendimiento; microorganismos, NPK.

**Keywords:** CCN-51, compost, organic matter fractions, performance indicators; microorganisms, NPK.

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

## INTRODUCCIÓN

El *Theobroma cacao* es un cultivo importante en la economía peruana, también lo es en la provincia Padre Abad, región Ucayali, considerada como productora de hoja de coca y cocaína en décadas pasadas, ahora, gracias al esfuerzo del estado y de los propios productores, de manera individual o agrupada, han logrado sustituir la hoja de coca por cultivos alternativos y el que más éxito alcanzó es el cacao, con 12.3 % de la producción y tercer productor de cacao en el Perú al 2020; de este modo, hoy este cultivo tiene una importancia social y económica para las diferentes comunidades de la región Ucayali y del trópico peruano. Sin embargo, existe una preocupación fundada sobre el medioambiente, ya que los sistemas de producción aplicados incluyen sistemas orgánicos y convencionales; ambos con efectos ambientales discutidos por la comunidad científica.

El cacao (*Theobroma cacao* L.), segundo cultivo más importante en la provincia y a nivel nacional en el 2020 alcanzó una extensión de 219.8 mil hectáreas y una producción de 169.86 mil toneladas, alcanzando un rendimiento de 840 kg/ha, y Huánuco ocupa el 5 lugar en extensión de este cultivo (Florida, 2021). Sin embargo, hay algunos países con alta productividad, como Guatemala y Tailandia, que en 2013 superó los 3 mil y 2.6 mil kg/ha (Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI, 2016). Es probable que los bajos rendimientos del Perú sea la aplicación de sistemas convencionales, que son responsables de la pérdida de productividad, menores rendimientos y mayores problemas ambientales (Torres *et al.*, 2006); también, el manejo aplicado y el genotipo de cacao cultivado.

Los sistemas convencionales tiene sus raíces en el surgimiento del método positivista y el movimiento del pensamiento occidental hacia perspectivas atomistas y mecanicistas, que modificaron el concepto sobre el mundo natural; esta teoría, fue planteada por Norman Borlaug en 1968 y suponen que la producción agrícola puede ser entendida objetivamente sin considerar a los agricultores y su forma de pensar, ni a los sistemas sociales y el agroecosistema que los rodea, el enfoque se basa en: el atomismo, mecanismo, universalismo, objetivismo y monismo, suponen que la agricultura puede ser entendida bajo estos principios. Debido a esto, se dividen en disciplinas y subdisciplinas estudiando las

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

propiedades fisicoquímicas del suelo separadamente de las propiedades biológicas y de la vida que éste mantiene. (Altieri *et al.*, 1999).

En contraposición, la agricultura ecológica sugirió que se tomaran en cuenta los factores fisiológicos y agronómicos que influían en la distribución y adaptación de especies específicas de cultivos, para comprender la interrelación entre una planta de cultivo y su medio ambiente. Este sistema, se enmarca en las ciencias formales y fue propuesta por Klages en 1928 (Altieri *et al.*, 1999). El enfoque de un manejo orgánico integra, optimiza y operativiza la producción del agroecosistema en tres dimensiones sustentables: social, económica y ambiental (Martínez, 2004). Ambos sistemas y enfoques explican claramente los sistemas de producción que predominan en nuestros tiempos, así como la tendencia de nuestra sociedad a hacer uso de un recurso teniendo en cuenta las implicancias en sus tres dimensiones, social, económico y ambiental, por lo que esta investigación toma en cuenta estos fundamentos teóricos para el planteamiento de los parámetros a evaluarse y tener resultados con una visión holística y sistémica adaptados a nuestra realidad.

En general, las prácticas agrícolas como el monocultivo, la mecanización y uso de agroquímicos, degradan la estructura del suelo y conducen a cambios en la fertilidad y calidad del suelo (Stehlíková *et al.*, 2016). Sin embargo, el manejo orgánico mejora el rendimiento, la fertilidad del suelo y optimizan el área (Ahmed *et al.* 2020; Bogunović *et al.* 2019), convirtiéndolos en agroecosistemas sostenibles, produciendo cambios a largo plazo en la calidad de la materia orgánica, y calidad física, química y biológica del suelo (Arévalo, 2014; García *et al.*, 2018; Navarro *et al.*, 2019). Además, en cacao la producción orgánica es una alternativa viable al no mostrar diferencias entre el manejo orgánico y convencional, ya que las investigaciones señalan que, en las primeras cosechas el fertilizante 100 % químico da los mejores resultados, sin embargo, la aplicación de enmiendas orgánicas mejora desde la segunda cosecha, lo que sugiere que los fertilizantes orgánicos superan a los fertilizantes químicos a largo plazo (Abreu *et al.*, 2018; Gómez, 2017; Montes, 2016; Álvarez *et al.*, 2015)

La materia orgánica es un componente muy sensible a la conversión de bosques en sistemas agrícolas, generalmente resulta en la reducción del carbono orgánico total (COT),

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

por el tipo de cultivo, por factores de uso y manejo del suelo (Silva *et al.*, 2015; Rosa *et al.*, 2017). Además, gran parte está representada por sustancias húmicas (SH) y las fracciones que componen las SH: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y humina; que representan entre 85 a 90 % del COT (Navarro *et al.*, 2018). Por lo tanto, toda transformación de ambientes naturales puede comprometer significativamente la calidad del agroecosistema.

El estudio de la materia orgánica del suelo (MOS) en sistemas conservacionistas se hace necesario, porque la dinámica de la MOS puede influir en el balance de carbono (C) del agroecosistema, para identificar estos cambios se requiere una profunda comprensión de los compartimentos de la MOS (Nieder y Bendi, 2008). Por lo tanto, los métodos del fraccionamiento de la MOS son muy importantes, pues, sirven para medir la dinámica del C según el manejo aplicado al suelo y pueden identificar a corto plazo, procesos que estén afectando la calidad de los suelos. (Feller & Beare, 1997; Navarro *et al.*, 2018). La composición de la materia orgánica es el indicador utilizado con más frecuencia para evaluar la calidad del suelo, siendo una mezcla heterogénea de compuestos orgánicos con propiedades diferentes. La separación de sus fracciones puede mejorar la comprensión del papel de la materia orgánica en la sostenibilidad de los agroecosistemas (Galantini & Suñer, 2008).

Las investigaciones destacan la importancia de la actividad microbiológica a través del número, la actividad, y la diversidad de grupos en los sistemas con cacao (Arévalo *et al.*, 2014; Huauya & Huamaní, 2014) que están relacionadas con procesos bioquímicos. Los microorganismos son probablemente los componentes más importantes de la calidad del suelo, donde la sostenibilidad de la producción, la calidad del medio ambiente, la sanidad vegetal y animal están estrechamente relacionados con el ciclo biológico (Arévalo *et al.*, 2014; He *et al.*, 2003). Sin embargo, hay resultados contradictorios sobre el efecto de los microorganismos del suelo (bacterias, levaduras y otros hongos, incluidos los hongos micorrízicos arbusculares) en la dinámica de algunos micronutrientes (Metales), esto debido a la variedad de organismos bajo consideración y sus interacciones tan complejas dentro del suelo (Meter *et al.*, 2019)

Finalmente, al uso de enmiendas orgánicas se le atribuye múltiples beneficios (Abreu *et al.*, 2018; Cortes *et al.*, 2016; Orozco *et al.*, 2016; Firme *et al.*, 2014), contrario al uso de fertilizantes formulados como el N-P-K, que pueden impactar sobre los microorganismos que se encargan de fijar nitrógeno, solubilizar fósforo, formar micorrizas, descomponer la materia orgánica y segregar enzimas y fitohormonas que favorecen al crecimiento vegetal (Abreu *et al.*, 2018; Orozco *et al.*, 2016; Chaves *et al.*, 2013). Además, la capacidad de un cultivo de resistir o tolerar el ataque de insectos plaga y enfermedades está ligada a las propiedades físicas, químicas y particularmente biológicas del suelo (Orozco *et al.*, 2016; Arévalo *et al.*, 2014). Por ello, el contenido de materia orgánica en el agroecosistema y una adecuada actividad biológica, generalmente se traduce en buena fertilidad, así como cadenas tróficas complejas y organismos benéficos abundantes que previenen la infección y proliferación de plagas en los cultivos (Altieri & Nichols, 2008).

En este contexto, el libro analiza el manejo orgánico y convencional en plantación de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L.), con el propósito de medir los verdaderos impactos sobre el rendimiento, calidad fisicoquímica de la materia orgánica y calidad fisicoquímica y biológica del suelo, que nos permita mostrar alternativas de manejo con capacidad de conservar el agroecosistema y que respondan a las condiciones agroecológicas locales.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Manejo del suelo

Las diferentes formas del uso y manejo del suelo son responsables por la entrada de C en el sistema y su salida del suelo para la atmósfera. En los sistemas agrícolas, esa entrada y salida es muy influenciada por la preparación del suelo, especies utilizadas, rotaciones de cultivos, abonado, fertilización, y principalmente por el manejo de los residuos de los cultivos. Por lo tanto, la adopción de prácticas sostenibles en el uso y manejo de los suelos son esenciales para minimizar la pérdida de C fijado en los suelos (Lao, 2017).

Una forma de evaluar o determinar la relación existente entre las prácticas de manejo y la calidad del suelo es a través del monitoreo de sus atributos, principalmente aquellos ligados a su condición física, pues son los que presentan mayor vulnerabilidad a los cambios en el sistema de manejo. Según Dick *et al.* (2009), sostienen que las prácticas específicas para reducir las pérdidas de C en sistemas agrícolas incluyen el manejo orgánico. Consecuentemente, los suelos sobre estos manejos tienden a presentar, a lo largo del tiempo, una mejor calidad física, química y biológica, garantizando la productividad de los cultivos y la conservación del ambiente.

### 1.2 Manejo orgánico

Es un sistema holístico de ordenación de la producción que promueve y mejora la salud del agroecosistema, con inclusión de la biodiversidad, los ciclos y la actividad biológica del suelo, teniendo en cuenta las condiciones regionales y locales (Charvet, 2012). La agricultura orgánica promueve la protección de los suelos y los cultivos a través de prácticas como: reciclado de nutrientes y de materia orgánica (usando compost a base de insumos locales), la rotación de cultivos y el no uso de pesticidas y fertilizantes sintéticos (Cáceres, 2003). Por lo tanto, el manejo orgánico, provee conocimientos y métodos para desarrollar una agricultura que sea ambientalmente adecuada y viable productiva, económica y socialmente.

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

La agricultura orgánica es una forma en la que los seres humanos pueden practicar la agricultura, acercándose en lo posible a los procesos que se desencadenan de manera espontánea en la naturaleza; este acercamiento presupone el uso adecuado de los recursos naturales que intervienen en los procesos productivos, sin alterar su armonía (Charvet, 2012). El término ha llegado a significar muchas cosas, a menudo incorpora ideas sobre un enfoque de la agricultura más ligado al medio ambiente y más sensible socialmente; para Guzmán *et al.* (2012) este modelo aplica conceptos y principios ecológicos para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables.

La teoría que sustenta este modelo de agricultura sugirió que se tomaran en cuenta los factores fisiológicos y agronómicos que influían en la distribución y adaptación de especies específicas de cultivos, para comprender la interrelación entre una planta de cultivo y su medio ambiente. Esta teoría, se enmarca en las ciencias formales y fue propuesta por Klages en 1928, sin embargo, cobró interés e importancia mundial cuando Altieri *et al.* (1999) postula una versión más refinada, la agroecología, como una disciplina que incorpora principios ecológicos básicos para estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas productivos, con enfoque de un desarrollo sostenible.

Los principios de esta teoría según Martínez (2004), toma en cuenta:

- a) **Sustentabilidad**, habilidad de un agroecosistema para mantener su producción, en el tiempo, frente a cambios externos, considerando las limitaciones ambientales, la capacidad de carga de este y presiones socioeconómicas.
- b) **Equidad**, medida de cuán equitativa es la distribución de los productos y ganancias que genera el agroecosistema. La manera de distribuir la productividad de un sistema entre sus beneficiarios.
- c) **Estabilidad**, medida de la constancia de la producción bajo condiciones económicas, ambientales y de gestión cambiantes.
- d) **Productividad**, mide la tasa y cantidad de producción por unidad de tierra o inversión. En términos ecológicos se refiere a la cantidad de rendimiento o producto

final, su maximización tiene que ver con el uso de nuevos insumos de proceso (rotación, asociación, etc.) y no de insumos de producto (agroquímicos).

- e) **Autonomía**, capacidad interna para suministrar los flujos necesarios para la producción, tiene que ver con el grado de integración de los componentes de los agroecosistemas al ambiente externo.

Finalmente, Martínez (2004) precisa que los principios de este enfoque integra, optimiza y operativiza la producción del agroecosistema en tres dimensiones sustentables:

- a) **Social**, necesidad de mantener niveles óptimos de bienestar (presentes y futuros), mediante la autosuficiencia alimentaria, satisfacción de necesidades locales (salud, vivienda, educación), independencia y autonomía, desarrollo endógeno y de pequeñas unidades, participación y toma de decisión.
- b) **Económica**, uso eficiente de bienes, servicios (producción) y distribución equitativa, sin dañar la renovación, reproducción y distribución del agroecosistema; respetando la capacidad de carga del límite biofísico (rendimiento sustentable), dependencia del agroecosistema local (uso de recursos) y consumo (generación de desechos), viabilidad económica y equidad.
- c) **Ambiental**, la extracción de materiales, energía y servicios del agroecosistema requiere de formas ecológicas de apropiación sustentable, donde la tasa de apropiación no sobrepase la capacidad de regeneración del ecosistema apropiado (estabilidad, funciones agroecosistémicas y biodiversidad).

### 1.3 Manejo convencional

Denominada agricultura industrial, es un tipo de producción agropecuaria de alto rendimiento, basada en el uso intensivo de maquinarias de alta productividad e insumos externos como semillas mejoradas, fertilizantes y pesticidas sintéticos (Cáceres, 2003). Este enfoque de la producción agropecuaria también se conoce como agricultura de la Revolución Verde, de altos rendimientos e insumos externos.

Es un modelo de agricultura basada en un conjunto de técnicas y paquetes tecnológicos, con una tendencia a nivel mundial de industrialización de la agricultura al cual Norman Borlaug en 1968 denominó revolución verde; consiste en un modelo implementado en la agricultura a fin de obtener mayores rendimientos. Este modelo nace en Estados Unidos, sustentada en la presencia de eventos climáticos como escasez, sequías, inundaciones y enfermedades; esto resaltó la importancia de la producción alimentaria, promoviendo investigaciones en semillas híbridas, fertilización y manejo de plagas y enfermedades con sustancias químicas sintéticas (Pichardo, 2006).

La teoría que sustenta este modelo de agricultura convencional tiene sus raíces en el surgimiento del método positivista y el movimiento del pensamiento occidental hacia perspectivas atomistas y mecanicistas, que modificaron el concepto sobre el mundo natural; esta teoría, fue planteada por Norman Borlaug en 1968. El enfoque convencional, supone que la producción agrícola puede ser entendida objetivamente sin considerar a los agricultores y su forma de pensar, ni a los sistemas sociales y el agroecosistema que los rodea. Suponen que la agricultura puede ser entendida en forma atomística, o en pequeñas partes. Debido a esto, se dividen en disciplinas y subdisciplinas, estudiando las propiedades físicas del suelo separadamente de las propiedades biológicas y de la vida que éste mantiene (Altieri *et al.*, 1999; Altieri & Nichols, 2008).

Altieri *et al.* (1999) describe los principios de esta teoría y se fundamentan en:

- a) **El atomismo**, postula que las partes pueden ser entendidas aparte de los sistemas en los que ellas están insertas y que los sistemas son simplemente la suma de sus partes.
- b) **El mecanismo**, postula que las relaciones entre las partes de un sistema no cambian, condición necesaria para la predicción y el control.
- c) **El universalismo**, establece como premisa que el mundo que nos rodea puede explicarse por la interacción de un número relativamente pequeño de principios universales.
- d) **El objetivismo**, postula que nuestros valores, formas de conocimiento y acciones, pueden mantenerse aparte de los sistemas que estamos tratando de entender.

- e) **El monismo**, postula que nuestras formas de conocimiento separadas y disciplinarias se fusionan en un todo coherente.

Estos principios sostienen el enfoque convencional de los cultivos, que en nuestro tiempo domina los sistemas de producción en comparación a los sistemas conservacionistas.

#### **1.4 Calidad del suelo y rendimiento**

Es la capacidad de un suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural con manejo para sustentar la productividad de plantas y animales, mantener o aumentar la calidad de su agua, promover la salud de las plantas, de los animales y del hombre (Machado & Mielniczuk, 2009). Para el Servicio de Conservación de los Recursos Naturales (NRCS) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), la calidad del suelo se expresa como la capacidad para desempeñar sus funciones en el momento actual y de la preservación de sus funciones para uso futuro USDA-NRCS 2008 (Machado & Mielniczuk, 2009).

El concepto de calidad del suelo se refiere a la capacidad de éste para producir o ser utilizado sin degradarse ni perder sus funciones ambientales, corresponde a la capacidad del recurso para realizar sus funciones de forma sostenible (Meza *et al.*, 2017). Por lo que, hay una preocupación que reside entre la calidad del suelo y la sustentabilidad agrícola, fundamentada en cinco pilares productividad, seguridad, protección, viabilidad y accesibilidad (Machado & Mielniczuk, 2009).

La discusión sobre calidad de suelo se intensificó en los años 1990, cuando la comunidad científica fue consiente de la importancia del suelo en la calidad ambiental, las publicaciones se preocuparon por la degradación de los recursos naturales, la sustentabilidad agrícola y la función del suelo. Lal y Pierce (1991), fueron los precursores en alertar sobre la relación del manejo de suelo y la sustentabilidad de la agricultura. En este trabajo se utiliza el término calidad de suelo, porque se asocia más con la capacidad productiva basada en el manejo aplicado.

Es importante entender el enfoque de calidad aplicado al suelo y a la producción agrícola, al respecto, el término calidad data del año 1894, planteado por Edwards Deming (llamado el profeta de la calidad) y Armand Feigenbaum amplió el término como calidad total y el rendimiento pertenecen a Frederick Winslow Taylor. Tanto la calidad total y el rendimiento pertenecen a las teorías Administrativas. Usada por primera vez durante la segunda guerra mundial por los Estados Unidos de América (USA). Para inspeccionar la calidad en la fabricación de armamentos, instalando medidas de control al final de cada proceso. También, se utilizó en la reconstrucción de Japón con un enfoque distinto, los controles en las primeras etapas del proceso, lo cual constituye el denominado "Kaysen" japonés. El enfoque de la calidad implica compromiso integral interna y externa, es la gestión de todos y cada una de las partes del proceso de producción y el enfoque de rendimiento implica productividad y competitividad (Medina & Ávila, 2002).

El enfoque teórico de la calidad total consta de dos componentes fundamentales: una filosófica y otra de herramientas estadísticas, según Medina & Ávila, (2002) el enfoque filosófico de la calidad incluye los siguientes principios:

- a) **El mejoramiento de la calidad**, mediante la eliminación de las causas de los problemas en el sistema.
- b) **La persona**, encargada de un trabajo es quien tiene mayor conocimiento acerca de él, toda persona desea tanto ser involucrada como hacer bien su trabajo y toda persona desea sentirse como un contribuyente importante.
- c) **Mejora**, para mejorar un sistema, es mejor trabajar en equipo que trabajar individualmente.
- d) **Proceso**, un proceso estructurado para la solución de problemas con la ayuda de técnicas gráficas conduce a mejores soluciones.
- e) **Técnicas**, las técnicas gráficas para la solución de problemas le permiten a uno ubicarse, saber dónde hay variaciones, la importancia relativa de los problemas a ser resueltos y si los cambios hechos han tenido el impacto deseado.
- f) **Confianza**, la relación adversaria entre el trabajador y la gerencia es contra productiva y anticuada. Es necesario lograr un clima de confianza mutua que garantice el flujo libre de ideas.

g) **Potencial humano**, toda organización tiene “tesoros humanos” escondidos esperando ser descubierto y desarrollado.

Por su parte el enfoque del rendimiento, según Stoner (Medina & Ávila, 2002) tiene los siguientes principios:

- a) **Planeamiento**, sustituir la improvisación por la ciencia, mediante la planeación del método.
- b) **Preparación**, seleccionar científicamente a los trabajadores de acuerdo con sus aptitudes; prepararlos y entrenarlos para producir más y mejor, de acuerdo con el método planeado. Además, preparar también las máquinas y equipos de producción, como también la distribución física y la disposición de las herramientas y materiales.
- c) **Control**, controlar el trabajo para certificar que está siendo ejecutado de acuerdo con las normas establecidas y según el plan previsto.
- d) **Ejecución**, distribuir diferencialmente las atribuciones y las responsabilidades, para que la ejecución del trabajo sea disciplinada.

Los principios que sostienen las teorías de la calidad y el rendimiento fueron trasladados y aplicados a los diferentes procesos productivos, en especial en los sistemas con enfoque convencional, que buscan por sobre todo rentabilidad y altos rendimientos, sin considerar los efectos directos e indirectos sobre el agroecosistema.

## 1.5 Indicadores biológicos del suelo

La actividad microbiana se desarrolla en función de factores intrínsecos y extrínsecos al sistema suelo, por lo cual constituye un indicador de la dinámica del suelo y de la salud del recurso, pues una buena actividad microbiana puede ser el reflejo de óptimas condiciones físicas y químicas que permitan el desarrollo de los procesos metabólicos de bacterias, hongos, algas y actinomicetos y de su acción sobre los substratos orgánicos (Mora, 2006). La dimensión biológica del suelo está regulada por factores edáficas fundamentales para la vida (temperatura, humedad, salinidad, oxígeno, coloides orgánicos, exudados y otros), que resultan de la interacción entre las condiciones propias del suelo con las características climáticas estacionales y la vida vegetal y animal presente en el ecosistema (Arévalo, 2014).

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

Los microorganismos del suelo contribuyen a la sustentabilidad de todos los ecosistemas por ser los principales agentes del ciclado de los nutrientes al regular la dinámica de la materia orgánica del suelo, el secuestro de carbono, la emisión de gases de efecto invernadero, la estructuración del suelo, retención de agua, aumento en la eficiencia de adquisición de nutrientes por las plantas y el mantenimiento de la salud vegetal (Correa, 2016). Las investigaciones demuestran que la capacidad de un cultivo de resistir o tolerar el ataque de insectos plaga y enfermedades está ligada a las propiedades físicas, químicas y particularmente biológicas del suelo. Suelos con alto contenido de materia orgánica y una alta actividad biológica generalmente exhiben buena fertilidad, así como cadenas tróficas complejas y organismos benéficos abundantes que previenen la infección (Altieri & Nichols, 2008; Arévalo, 2014).

La mayoría de las especies vegetales en los ecosistemas terrestres establecen relaciones más o menos estrechas con microorganismos rizosféricos que les permiten acceder a nutrientes esenciales para su crecimiento. Entre los numerosos microorganismos que habitan la rizosfera se incluyen las bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno, los hongos de las micorrizas y las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. Sin embargo, su rol natural se ha visto marginalizado debido a modificaciones inducidas por labranzas y el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos, herbicidas y pesticidas (Correa, 2016; Di Ciocco *et al.*, 2014). Por lo tanto, los microorganismos resultan ser más sensibles a cambios en comparación con parámetros fisicoquímicos, convirtiéndose en indicador temprano de la calidad del suelo y puedan anticipar su degradación (Di Ciocco *et al.*, 2014)

La resistencia a la penetración del suelo, la materia orgánica, el pH y el nivel de nutrientes pueden contribuir a explicar el estado de la actividad biológica del suelo. Los microorganismos presentan un interesante potencial como indicadores de alta sensibilidad a los cambios edáficos producidos por las prácticas de manejo agrícola que afectan la estructura y dinámica de algunas poblaciones microbianas, su distribución en el perfil del suelo y los procesos asociados con la descomposición de la materia orgánica y el ciclado de nutrientes (Di Ciocco *et al.*, 2014).

Los principales grupos de importancia para garantizar la sostenibilidad del suelo son:

**a) Hongos**

Los hongos, por su mayor tamaño, pueden observarse sin la ayuda del microscopio y por ello su estudio fue anterior al de las bacterias. En 1675, J. F. Van Starbeck publicó el primer libro exclusivo sobre hongos (*Theatrum Fungorum*). La asociación de los hongos con las raíces de las plantas y su naturaleza simbiótica fue propuesta por Pfeffer en 1877, mientras que en 1885 Franck propuso el término “mycorhiza” para definir tal asociación, la cual se origina de las palabras griegas mycos: hongo y rhiza: raíz. Además, más del 80% de las especies de plantas terrestres, correspondientes al 92% de las familias, establecen relaciones endosimbióticas con hongos (Correa, 2016).

Son los principales agentes de descomposición de la materia orgánica en todos los ambientes ácidos; poseen una red de filamentos o hifas en el suelo y su micelio puede subdividirse en células individuales por medio de paredes transversales o septos, observándose fácilmente en el humus, compost, etc. Una de las principales actividades de los hongos es la descomposición de la celulosa, hemicelulosa, pectinas, almidón, grasas y compuestos de lignina; participan en la formación del humus y contribuyen al reciclaje de nutrientes y a la estabilidad de agregados mediante la degradación de residuos vegetales y animales (Ulacio *et al.*, 1998).

Los hongos del suelo representan los principales grupos funcionales responsables de las enfermedades en plantaciones de cacao, la descomposición de materia orgánica y el reciclaje de nutrientes (Arévalo, 2014). Considerando el papel de descomposición de los hongos, es importante mencionar que estos microorganismos son responsables de la degradación de xenobióticos y contaminantes orgánicos incorporados en el suelo. El mantenimiento de la diversidad del suelo, por tanto, beneficia directamente a la producción (Ulacio *et al.*, 1998).

Producto del manejo, la acidificación del suelo, en general, reduce el número y las actividades de los microorganismos, especialmente de las bacterias, situación aprovechada por los hongos, incrementando su población notablemente, y las bacterias

sensibles a la acidez del suelo y a la toxicidad del aluminio ceden el paso a especies bacterianas tolerantes a estas condiciones (He *et al.*, 2003). Además, la abundancia, actividad y clase depende del contenido de materia orgánica, textura del suelo, pH, temperatura, aireación, entre otros factores (Otero, 2011).

Dentro de los hongos las levaduras son un grupo importante, para Luna & Mesa (2016) las levaduras son hongos unicelulares que representan un puente biológico entre las bacterias y los organismos superiores, pues, a partir de aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fototrópicas, materia orgánica y raíces de plantas, sintetizan sustancias antimicrobiales, fitohormonas y enzimas que promueven la división activa celular y radical, requeridas por las plantas para su crecimiento.

#### **b) Bacterias aerobias mesófilos viables**

Las bacterias son los más numerosos microorganismos que viven libremente en el suelo, sus capacidades autotróficas y heterotróficas no es igualada por otros grupos vivientes del suelo (Huansi, 2011). Estas bacterias sintetizan sustancias útiles de secreciones de raíces, materia orgánica y/o gases dañinos (ácido sulfhídrico) con el uso de luz solar y calor del suelo como fuentes de energía, estas sustancias útiles incluyen aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, los cuales promueven el crecimiento y desarrollo de la planta (Otero, 2011). El número de bacterias presentes en un gramo de suelo abarca desde un millón hasta varios miles de millones, esto debido a las grandes diferencias que existen entre los suelos (Coyne, 2000).

#### **c) Bacterias ácido-lácticas**

Grupo importante en el suelo que producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos, producidos por las bacterias fototrópicas y levaduras. Además, el ácido láctico es un compuesto esterilizante fuerte que suprime microorganismos dañinos y ayuda a la descomposición de materiales como la lignina y la celulosa fermentándolos, removiendo efectos no deseables de la materia orgánica no descompuesta (Otero,

2011). Los estudios de aislamientos de bacterias ácido-lácticas a partir de suelos no son muy numerosos, debido a que requieren de medios ricos en nutrientes. Su importancia en el suelo radica en la capacidad antagónica del ácido láctico, es un compuesto esterilizante fuerte, que suprime microorganismos dañinos y ayuda a la descomposición de materiales como la lignina y la celulosa, ya que son capaces de producir sustancias antimicrobianas como bacteriocinas, antibióticos u otros metabolitos, lo que sugiere que pueden ser utilizadas para el control biológico de enfermedades causadas por otros microorganismos en las plantas (Otero, 2011; Luna & Mesa, 2016).

Las bacterias ácido-lácticas tienen la habilidad de suprimir enfermedades, reducir las poblaciones de nemátodos, controla la propagación y dispersión de fusarium; gracias a ello, induce un mejor ambiente para el crecimiento de los cultivos (Luna & Mesa, 2016). Las bacterias ácido-lácticas son estrictamente fermentativas, crecen a un pH entre 4.8 y 9.6 pueden ser bacilos y cocos Gram positivos, inmóviles, anaerobios aerotolerantes. Producen sustancias parecidas a antibióticos como acidofilina, lactocidina, lactolina y nisina, también, son productores de nistatina (antifúngico) y de ácidos orgánicos como ácido acético, butírico, coproico, propiónico, ácido 4-hidroxi-feniláctico y ácido-3-fenilacético reconocidos como antifúngicos (Otero, 2011).

#### **d) Actinomicetos**

Presentan amplia distribución, se pueden encontrar en superficies rocosas y en suelo rizosféricos, ricos en humus, hojarasca y estiércol, sedimentos marinos. La mayoría de las especies son heterótrofas, aerobios, mesófilas, crecen en un rango de temperatura entre 25°C y 30°C y son poco tolerantes a la acidez, razón por la cual requieren pH neutro para su óptimo crecimiento, aunque crecen en un rango de pH entre 5.0 y 9.0 y su población varía de  $10^6$  a  $10^8$  UFC/g de suelo (Coyne, 2000; González, 2010). En consecuencia, en suelos con un pH inferior a 5.0, pueden encontrarse en raras ocasiones, al igual que en suelos con una alta humedad entre el 85-100% de capacidad de campo, en comparación con suelos que presentan condiciones semiáridas, con una

humedad baja, como los suelos franco-arenosos, son ideales para el desarrollo de estos microorganismos debido a la aireación y poca capacidad para retener agua (González, 2010).

Los actinomicetos son una estructura intermedia entre bacterias y hongos, que pueden coexistir con las bacterias fotosintéticas y producen sustancias antimicrobianas a partir de los aminoácidos y la materia orgánica secretados por éstas (Luna & Mesa, 2016). Dentro de sus características particulares, se encuentra la de producir un olor típico a suelo húmedo debido a la producción de un metabolito denominado geosmina, además presenta una actividad metabólica alta, producen terpenoides, pigmentos y enzimas extracelulares con las que son capaces de degradar la materia orgánica de origen vegetal y animal (Coyne, 2000; Salazar *et al.*, 2014).

Los actinomicetos controlan hongos y bacterias patogénicas y también aumentan la resistencia de las plantas, mediante un mecanismo de producción de antibióticos que provocan inhibición de patógenos del suelo y benefician el crecimiento y la actividad de *Azotobacter* y de las micorrizas (Luna & Mesa, 2016). Son los más numerosos después de las bacterias (Coyne, 2000). Típicamente se pueden encontrar en bosques secundario poco intervenido, población de actinomicetos que llegan a  $5 \times 10^6$  UFC/g suelo (Salazar *et al.*, 2014). Estos microorganismos abundantes en suelo son importantes saprófitos de plantas, capaces de degradar moléculas complejas y sustancias recalcitrantes como celulosa, lignocelulosa, xilano y lignina (OTERO, 2011). Además, han sido considerados potencialmente para la biotransformación y biodegradación de pesticidas con estructuras químicas diferentes (Soriano B & Soriano E, 2010).

Adicionalmente los actinomicetos son capaces de solubilizar fosfatos, cualidad muy importante, ya que el fósforo se encuentra entre un 95-99 % en forma de fosfato insoluble y no puede ser utilizado por las plantas (González, 2010). La falta de fósforo es una de las principales limitantes en el crecimiento vegetal, esta capacidad de los actinomicetos de convertir el fosfato insoluble en soluble se lleva a cabo a través de

procesos de acidificación, quelación y reacciones de intercambio (González, 2010; Soriano B & Soriano E, 2010), entendiendo que las arcillas contribuyen al desarrollo de microagregados que constituyen los microhábitats en donde se desarrollan las poblaciones microbianas (Alvarez, 2014). También se les reconoce por su capacidad de sintetizar auxinas (reguladores de crecimiento vegetal), entre ellas el ácido indol acético (AIA), promotor de crecimiento de raíces y de proliferación de pelos radicales que mejoran la absorción de agua y minerales del suelo, por lo tanto, llevan a un mejor y mayor desarrollo de la planta (Soriano B & Soriano E, 2010).

#### e) **Fijadores de nitrógeno**

Son proteobacterias, ampliamente distribuidas en la naturaleza, desde suelos y pantanos hasta aguas marinas y de desecho, son bacterias muy versátiles debido a su plasticidad metabólica, ya que pueden desarrollarse en condiciones anaeróbicas, foto autotrófica y foto heterotrófica, por medio de la reducción de compuestos inorgánicos u orgánicos, respectivamente. Son bacterias pigmentadas debido a la producción de bacterioclorofila a o b y carotenoides, que les otorgan colores entre púrpura, rojo, café y naranja. Son capaces de fijar nitrógeno molecular, formar ATP y producir vitaminas y otras moléculas orgánicas (Otero, 2011).

### 1.6 **Carbono orgánico (CO)**

La conversión de bosques en sistemas agrícolas resulta en la reducción del CO por el tipo de cultivos, por factores de uso y manejo (Silva *et al.*, 2015; Rosa *et al.*, 2017). Además, gran parte está representada por sustancias húmicas (SH) y las fracciones que componen las SH: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y humina; que representan entre 85 a 90 % del CO total (Navarro *et al.*, 2018), además, toda transformación de ambientes naturales puede comprometer significativamente la calidad y las funciones del suelo. Por lo tanto, el C orgánico del suelo es un componente importante del ciclo global del C, ocupando un 69.8 % del C orgánico de la biosfera. Se estima que desde que se incorporan nuevos suelos a la

agricultura hasta establecer sistemas intensivos de cultivo se producen pérdidas de C orgánico del suelo que fluctúan entre 30 y 50 % del nivel inicial (Bayer *et al.*, 2006).

El C orgánico del suelo es el principal constituyente de la MO del suelo que está formada por la descomposición física, química y biológica de materiales orgánicos que entran al sistema suelo (Hojas caídas, residuos de cultivos, desechos de animales) o que están dentro del suelo (Raíces y biota del suelo). La composición elemental de la MOS en promedio tiene 50 % de C, 40 % de oxígeno y 3 % de N, con pequeñas cantidades de P, K, Ca, Mg y otros elementos como micronutrientes (Lao, 2017). La biota del suelo (Microorganismos y otros) contribuye a la biomasa viviente de la MOS, mezclando e incorporando la materia orgánica a través de procesos físicos y reacciones químicas, que liberan C y nutrientes que regresan al suelo (UNEP, 2012). La dinámica del C orgánico está principalmente influenciada por su estado recalcitrante y disponibilidad para los microorganismos del suelo (Huygens, *et al.*, 2005).

El C almacenado en los suelos tiene un papel importante en los procesos globales de cambio climático, ya que los suelos pueden funcionar como un sumidero o una fuente de CO<sub>2</sub> atmosférico, dependiendo de las circunstancias. De acuerdo con lo anterior, la importancia de las fracciones de C orgánico radica en aquellas fracciones frágiles y de menor peso molecular, que son las que tienen mayor probabilidad de oxidarse al quedar expuestas, mientras que aquellas fracciones estables son más difíciles de liberarse a la atmósfera.; por lo tanto, al obtener los datos de las diferentes fracciones, podemos establecer un valor más aproximado del contenido real capturado por el suelo (Cuervo *et al.*, 2016).

## 1.7 Fracciones de la materia orgánica del suelo

Resultan de la extracción completa de un determinado material orgánico en los suelos, sin alteraciones ni contaminantes. La MO es una mezcla heterogénea de compuestos orgánicos con propiedades diferentes, la separación de sus fracciones por métodos puede mejorar la comprensión del papel de la MO del suelo (Galantini & Suñer, 2008). La obtención de las fracciones es mediante el tipo de fraccionamiento realizado, las cuales son:

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

**a). Físico**

De acuerdo con Dick *et al.* (2009), como resultado de los procesos de adición y pérdida de material orgánico, donde las plantas y los microorganismos desempeñan papel fundamental en esta dinámica. El C se puede acumular en fracciones lábiles o estables de la MOS, lo que puede tener implicaciones en la duración de su efecto sobre las propiedades del suelo. (Reis *et al.*, 2016). Por lo tanto, la MOS puede ser dividida mediante el fraccionamiento físico en dos fracciones, como el C orgánico particulado (COP) y el C asociado a los minerales (COAM), siendo utilizados como indicadores de calidad del suelo, por ser más sensibles a las alteraciones de manejo del suelo. (Kunde *et al.*, 2016).

El COP contribuye aproximadamente de 3 a 20 % del COT del suelo y es compuesto, principalmente, por restos vegetales en varios estados de alteración, presentando partículas mayores que 0,053 mm (Conceição *et al.*, 2015). Esta fracción puede presentarse en elevadas cantidades en la capa más superficial de suelos, por cuenta del mayor aporte de residuos en su superficie. Asimismo, el COP puede presentar mayores cantidades en las capas inferiores a 0,05 m en suelos sobre un manejo convencional (presencia de mecanización agrícola), debido a la incorporación de los residuos en profundidad (Conceição *et al.*, 2014). Por otro lado, el COAM, es responsable por las asociaciones con las arcillas minerales del suelo, es el material orgánico en estado más avanzado de descomposición, presentando partículas < 0,053 mm (Conceição *et al.*, 2014) y en general esta fracción se muestra menos sensible al manejo del suelo, principalmente en corto plazo (Kunde *et al.*, 2016)

**b). Químico**

La MO del suelo puede ser dividida en dos grupos fundamentales: las bio-moléculas y las sustancias húmicas (SH) (Stevenson, 1982). El primer grupo es representado por los carbohidratos, grasas, ceras, proteínas y ácidos nucleicos (Barreto *et al.*, 2008). El segundo comprende a las SH, que pueden ser definidas como una serie de polímeros amorfos de coloración amarillo, marrón a negro, de peso molecular relativamente alto

y formado por reacciones de síntesis secundarias, bióticas y abióticas, generalmente clasificados de acuerdo con su solubilidad en álcali y ácidos (Benites *et al.* 2003).

Estudios más recientes han demostrado que la MO en la fracción pesada asociada al material sedimentado (arena, limo y arcilla) comprende aproximadamente 80 % del COT y están presentes en ella las fracciones estables denominadas SH. Las SH son químicamente muy similares, pero las fracciones pueden ser diferenciados unos de otros por el color, peso molecular, presencia de grupos funcionales, grado de polimerización y el contenido de C, oxígeno (O<sub>2</sub>), hidrogeno (H), nitrógeno (N) y azufre (S). Las SH son divididas mediante el fraccionamiento químico de la MO en tres fracciones con diferentes propiedades fisicoquímicas: ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) y humina (HUM). Las SH contribuyen alrededor del 85 – 90 % de COT y son el principal componente de la MOS, que consta con grandes reservas orgánicas del suelo (Stevenson, 1982).

La distribución de C orgánico en las tres fracciones de las SH depende del tipo de suelo, vegetación y manejo empleado (Stevenson, 1982). El preparo intensivo del suelo, la quema de sus residuos y la manutención de cultivos con baja incorporación de residuos vegetales promueven la degradación de sus propiedades químicas y físicas del suelo (Barreto *et al.*, 2008). Las SH destacan en muchas investigaciones, ya que representan la principal reserva de C en el suelo y aun integran con la atmosfera modificando la cantidad de CO<sub>2</sub>, dependiendo del uso y manejo adoptado (Benites *et al.*, 2003). La necesidad de estudiar los cambios de la materia orgánica bajo diferentes situaciones y usarlos como herramienta de diagnóstico y monitoreo, ha llevado a definir compartimentos o fracciones conceptuales. En este sentido, el fraccionamiento de la MOS es una herramienta importante para el estudio de las diferentes prácticas de manejo en la agricultura, permite detectar diferencias en los contenidos y calidad de las fracciones orgánicas diferenciándoles en fracciones físicas y químicas (Roscoe & Machado, 2002).

## 1.8 Cultivo de cacao

El árbol del cacao se cultiva en las regiones tropicales, entre 15° al norte y 15° al sur de la línea ecuatorial. Sin embargo, se puede encontrar hasta las latitudes subtropicales entre 23°26' (límite del Trópico de Cáncer) al norte y 23°26' (límite del Trópico de Capricornio) al sur de la línea ecuatorial. El rango de temperatura promedio anual va de 23° a 30° C, siendo el óptimo de 25° C. Se cultiva desde el nivel del mar hasta los 1200 msnm, siendo el óptimo de 500 a 800 msnm. Asimismo, necesita humedad relativa anual promedio entre 70 % y 80 % (MINAGRI, 2016).

Desde el punto de vista botánico o genético, la especie *Theobroma cacao* se clasifica en:

- a) **Criollo**, tiene su origen en América Central precolombina. Primera variedad conocida en Europa introducida por los primeros colonizadores. Actualmente se cultiva en México, Guatemala y Nicaragua en pequeñas cantidades; así como en Venezuela, Colombia, Perú, islas del Caribe, Trinidad, Jamaica e isla de Granada. Fuera de nuestro continente, se señalan cultivos en Madagascar, Java e islas Comores (MINAGRI, 2016).

Son árboles débiles, de lento crecimiento, bajo rendimiento y más susceptibles a enfermedades y plagas que otras variedades. Sin embargo, su fruto se caracteriza por ser dulce y producir un chocolate de menor amargor y de mejor calidad. Su sabor es delicado, suave y complejo, y su aroma es intenso, lo hacen un tipo de cacao exclusivo y demandado en los mercados más exigentes del mundo. Solo representa entre el 5 % al 8 % de la producción mundial, en la medida que su cultivo es muy difícil, propenso a plagas: esta situación ha influido en la limitada propagación e incluso disminución de sus áreas de cultivo (Huera & Nieto, 2018; Minagri, 2016; Romero, 2016).

- b) **Forastero**, originario de la Alta Amazonía, es el de mayor producción en los países de África y Asia, es resistente y poco aromático, se usa para mezclar y dar cuerpo al chocolate. Introducido por los europeos en los territorios colonizados. Considerado

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

como el cacao ordinario nativo de Brasil, Perú, Bolivia y Colombia, se cultiva principalmente en: Perú, Ecuador, Colombia, Brasil, Guayanas y Venezuela. Se ha expandido hacia el África Occidental (Costa de Marfil, Ghana, Camerún y Santo Tomé) y, posteriormente, hacia el sudeste asiático. Estas dos últimas regiones actualmente representan entre el 80% al 85% de toda la producción mundial. Tiene una gran potencia aromática, pero sin finura ni diversidad de sabores. Sin embargo, tienen un excelente rendimiento, cosecha precoz, árbol vigoroso y resistente a las enfermedades. (MINAGRI, 2016; Romero, 2016; Enríquez, 2010).

c) **Trinitario**, híbrido entre el Criollo y el Forastero, originario de la isla Trinidad nunca se ha encontrado en estado silvestre. Se diseminó en América Latina y El Caribe y fue introducido en África alrededor del 1850. Es más aromático que el Forastero y más resistente que el Criollo. Representa entre el 10% al 15% de la producción mundial. Entre las variedades híbridas se puede clasificar un promedio de 50 tipos entre las que sobresalen las variedades Guayaquil, Ceilán, Patastillo, Lagarto, Blanco Marfil, Uranga, Porcelana, Matina, Pajarito, Sánchez, CCN-51, entre otras (Minagri, 2016).

d) **Clon CCN-51**

Una variedad importante es el cacao CCN-51, un cacao convencional obtenido en Naranjal, provincia de Guayas en Ecuador, en el año 1965, por el agrónomo Homero Castro Zurita. Su denominación CCN alude a Colección Castro Naranjal y su numeración como 51 al número de cruces realizados para obtener la variedad deseada. Este cacao ha adquirido gran popularidad entre los agricultores por tener características de alta productividad por hectárea y tolerancia a las enfermedades, pero no tiene aroma (Ávila & Cuenca, 2014). Es auto compatible al no necesitar de polinización cruzada para su fructificación; de cultivo precoz al iniciar su producción a los dos años; resistente a plagas y enfermedades; fácilmente adaptable a diversas zonas tropicales; y poseer un alto porcentaje de grasa (54%) haciéndolo muy cotizado por la industria. Por el lado contrario, no cuenta con las características del cacao fino de aroma al tener un sabor ácido y astringente (MINAGRI, 2016).

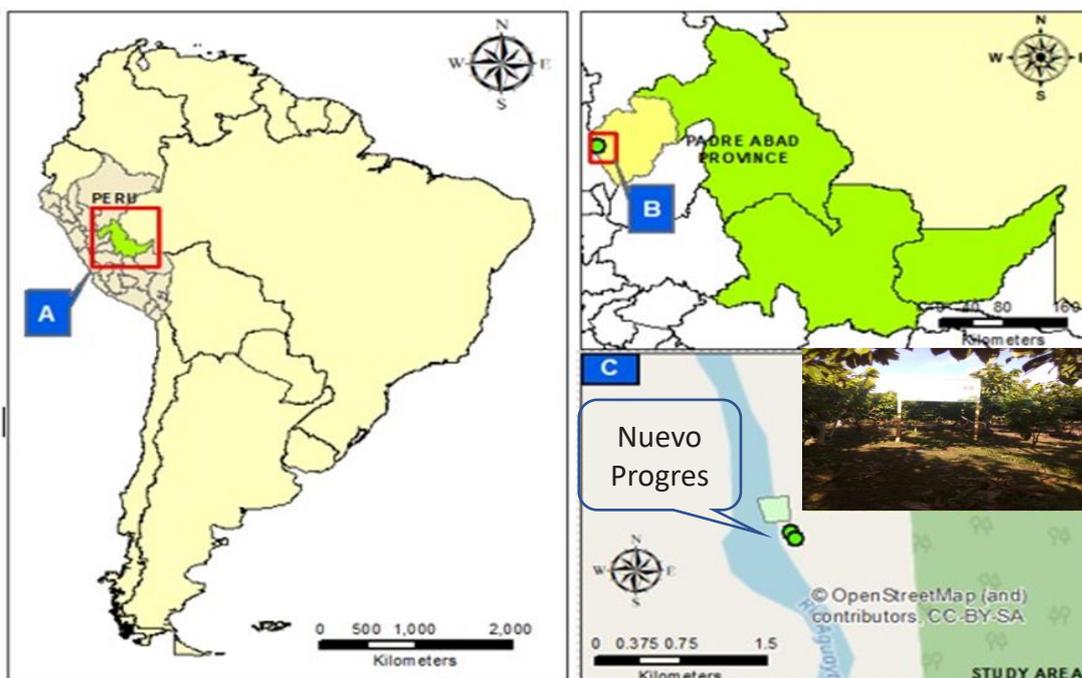
Además, expresa que estos atributos genéticos junto a la implementación de buenas prácticas de manejo de la plantación han permitido que este clon exprese en mejor forma su potencial productivo, según Huera & Nieto (2018), el clon CCN-51 es destacado por su alta productividad, en algunas haciendas debidamente tecnificadas ha llegado a superar los 2 300 kg por hectárea, con un índice de mazorcas de 17.64 mazorcas por kilo de cacao seco, el índice de semillas es de 1.45 g por semilla seca y fermentada y el índice de semillas por mazorca, es de 45 semillas por mazorca.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Ubicación

Las investigaciones se desarrollaron en el fundo Florida & Cárdenas (Figura 1), ubicadas en las coordenadas geográficas  $-8^{\circ} 54' 24''$  y  $75^{\circ} 29' 38''$ , de propiedad del primer autor, políticamente, el centro poblado de Nuevo Progreso pertenece al distrito y provincia de Padre Abad (Figura 1), región Ucayali-Perú.

*Figura 1. Localización del área experimental*



Fuente. Elaborado por los autores

## 2.2 Condiciones agroecológicas

El centro poblado de Nuevo Progreso se encuentra a orillas del río Aguaytía, distrito y provincia de Padre Abad. Según Holdridge (2000) Padre Abad pertenece al ecosistema de bosque muy húmedo - Premontano Tropical (bmh-PT) y según Pulgar (2014) pertenece a la ecorregión Omagua o selva baja. Las condiciones climatológicas corresponden a una zona tropical con régimen bimodal, las mayores precipitaciones se producen entre los meses de septiembre-abril y la temporada seca desde los meses mayo-agosto, presentan una precipitación media anual de 2 500 mm, temperatura media anual de 26,5°C y humedad relativa promedia de 84 %.

## 2.3 Enfoque metodológico y análisis de datos

Es una investigación aplicada, porque se recurrió a las ciencias biológicas y del suelo para solucionar el problema del rendimiento, la calidad física, química y microbiológica del suelo y calidad de la MO, en el proceso de producción del cacao. Asimismo, corresponde a un nivel de investigación experimental puro, porque, se manipuló la variable independiente, (compost, NPK y compost + NPK) y se midió la variable dependiente (rendimiento, indicadores fisicoquímicos del suelo y de la materia orgánica y la población de microorganismos) en una plantación de cacao, que se comparó con un testigo absoluto.

El trabajo es experimental, con ajuste estadístico de bloque completo al azar (DBCA) constituidos por cuatro tratamientos y cuatro repeticiones con un total de 16 unidades experimentales. Se utilizó la técnica estadística de análisis de varianza (ANVA), para probar la hipótesis a un nivel de significancia de 5 % para repeticiones y tratamiento y para las comparaciones múltiples de las medias, la prueba de amplitudes de Tukey a un nivel de significancia del 5 %. Para el procesamiento de datos se usó el programa IBM-SPSS 25.0

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La Tabla 1, describe la operacionalización de las variables evaluadas, la técnica usada, así como los instrumentos de recolección de los datos y análisis estadístico correspondiente.

**Tabla 1. Operacionalización de variables de las investigaciones**

Variable	Tipo	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento	Prueba y técnica estadística
Producción	Cuantitativo	Orgánico	Compost a razón de 3,000 kg/ha	Bibliográfica: a) análisis de contenido  b) Fichaje	Fichas de investigación, contenido, transcripción, resumen y comentario  Autor(es), año, título, revista, volumen, paginas	Paramétrica y estadísticos descriptivos
Producción	Cuantitativo	Inorgánico	NPK (84-35-161)	Bibliográfica: a) análisis de contenido  b) Fichaje	Fichas de investigación, contenido, transcripción, resumen y comentario  Autor(es), año, título, revista, volumen, paginas	Paramétrica y estadísticos descriptivos
Rendimiento	Cuantitativo	Productividad	Índice de mazorcas y kg de almendra/ha	Observación	Libretas de campo	Paramétrica, pruebas de normalidad, análisis de varianza y estadísticos descriptivos
Calidad del suelo y de la materia orgánica	Cuantitativo	Propiedades del suelo	Físicos, químicos y biológicos	Observación en laboratorio	Libretas de campo y los reportes de análisis de suelos	Paramétrica, pruebas de normalidad, análisis de varianza y estadísticos descriptivos

Fuente: elaborado por los autores

## 2.5 Características del área experimental

Corresponde a una plantación de cacao criollo injertado con yemas del clon CCN-51, con una edad de cuatro años de instalación, el distanciamiento entre filas y plantas es de 3 m, el terreno presenta una pendiente suave de 2-4 % aproximadamente, de terraza alta no

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

inundable. En ella, se implementaron los proyectos de tesis doctoral y de pregrado de manera paralela como parte de una línea de investigaciones desarrollada por el primer autor.

El diseño experimental (Figura 2 y 3) estuvo constituido por cuatro tratamientos T1: testigo absoluto, T2: compost, T3: NPK y T4: compost más NPK y cuatro repeticiones, las unidades experimentales fueron de 9 x 6 m que incluyen 6 plantas de cacao y un área por unidad experimental de 54 m<sup>2</sup> hacen un total de 1 287 m<sup>2</sup>.

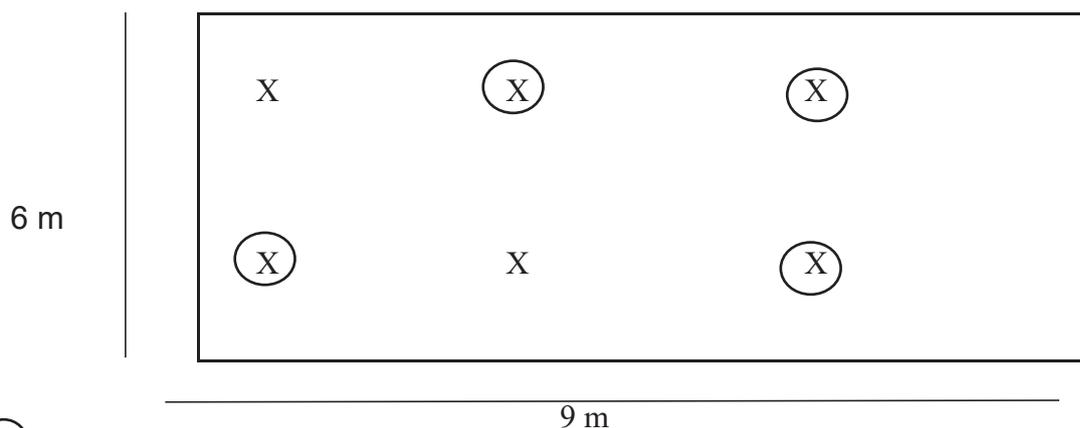
**Figura 2. Diseño del campo experimental**

	T1	T3	T4	T2
B1	X X X	X X X	X X X	X X X
	X X X	X X X	X X X	X X X
	T2	T4	T3	T1
B2	X X X	X X X	X X X	X X X
	X X X	X X X	X X X	X X X
	T4	T2	T1	T3
B3	X X X	X X X	X X X	X X X
	X X X	X X X	X X X	X X X
	T3	T1	T2	T4
B4	X X X	X X X	X X X	X X X
	X X X	X X X	X X X	X X X

T1, T4 son los tratamientos, B1, B4 son las repeticiones y X son plantas de cacao a ser evaluadas en cada unidad experimental (parcela)

Fuente: Elaborado por los autores

**Figura 3. Detalle de la unidad experimental**



⊗ planta seleccionada para ser evaluada. X planta no seleccionada

Fuente: Elaborado por los autores

Respecto a la población, estuvo constituida por dos subpoblaciones: la primera que permitió medir el rendimiento del cacao, se tuvo 96 plantas establecidas de cacao CCN-51 y para evaluar la calidad del suelo y de la materia orgánica, y la población microbiana en el suelo, se tuvo un área de 1 287 m<sup>2</sup> de tierras en Nuevo Progreso. Con respecto a la muestra, de la población de 96 plantas de cacao, se tomó una muestra de 64 plantas (4 plantas por unidad experimental) en 1 287 m<sup>2</sup> de terreno para evaluar el rendimiento del cacao. El Tipo de muestreo fue probabilístico en la forma de muestreo aleatorio simple porque cualquiera de las plantas y suelo de la población pudo ser tomada como parte de la muestra.

## 2.6 Aplicación de los abonos

Se realizó en función del análisis de suelo, se extrajo una muestra compuesta del área experimental, siguiendo los lineamientos de la Soil Survey Staf (2014). Los parámetros fisicoquímicos fueron analizados en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Con base a estos resultados se calculó (Tabla 2) la cantidad indicada de compost (según ficha técnica) y NPK (bajo la forma de urea, superfosfato triple y cloruro de potasio).

**Tabla 2. Referencias para cálculo de dosis de aplicación (1 111 plan/ha)**

Parámetro	Nivel medio referencia DS 017-2009-AG	Nivel de calculo	Dosis	Dosis parcial g/plan. (por aplicación)
Nitrógeno	0.1-0,2 %	0.15	84	54.78
Fosforo	7-14 ppm	16	35	52.10
Potasio	100-240 ppm	120	161	96.66

Fuente. Elaborado por los autores

La referencia para calcular se hizo en base al nivel medio de NPK fijado por DS 017-2009-AG, Reglamento de clasificación de suelos por capacidad de uso mayor del Perú (Tabla

3). La aplicación total se realizó en tres etapas (enero-mayo y setiembre) y en contorno a la altura de copa de la planta.

**Tabla 3. Detalle del compost y NPK a aplicar (1 111 plan/ha/año)**

Tratamiento	Compost Kg/ha	Compost kg/planta	N (urea) g/planta	P g/planta	K g/planta
T1	0	0	0	0	0
T2	3 000	2.7	0	0	0
T3	0	0	164.36	156.3	289.9
T4	1 500	1.35	82.15	78.15	144.95

Fuente. Elaborado por los autores

## 2.7 Evaluación de la calidad del suelo

Se realizó a 60 días después de la tercera aplicación de los tratamientos (noviembre), bajo los lineamientos de la Soil Survey Staf (2014). Para ello se utilizó azadón recto para no dañar el sistema radical del cacao en cada tratamiento y repetición; la Tabla 4 y 5, muestra los indicadores y métodos utilizados en su determinación.

**Tabla 4. Indicadores físicos del suelo**

Indicadores físicos	Método de su determinación
Resistencia a la penetración	Método directo (penetrómetro de cono)
Textura del suelo	Hidrómetro de Bouyoucos
Densidad aparente	Método del cilindro

Fuente. Elaborado por los autores

**Tabla 5. Indicadores químicos del suelo**

Indicadores químicos	Método de su determinación
Materia Orgánica	Walkley y Black
pH	Electrométrico
Nitrógeno	Micro Kjeldahl
Fosforo disponible	Olsen modificado
Potasio disponible	Acetato de amonio
Calcio disponible	Acetato de amonio
Magnesio disponible	Acetato de amonio
Conductividad eléctrica	Electrométrico
Capacidad de intercambio catiónico	Acetato de amonio

Fuente: Elaborado por los autores

El muestreo propiamente consistió en extraer en cada planta seleccionada una submuestra a 0.2 m de profundidad, posteriormente se mezcló con las submuestras de las 4 plantas sometidas a evaluación, formando una muestra compuesta por cada unidad experimental, 16 en total (Figura 4), lo cual se llevó para su análisis en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), aplicando los protocolos de Bazán (2017)

**Figura 4. Preparación de muestras de suelo**



Fuente: Elaborado por los autores

## 2.8 Análisis fisicoquímico de la materia orgánica

Se realizó el fraccionamiento físico de la materia orgánica según Cambardella y Elliot (1992), el fraccionamiento mediante el método granulométrico de la materia orgánica particulada (MOP) y el de la materia orgánica asociada a los minerales (MOAM) y el fraccionamiento químico de los ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas (HU), según el método propuesto por Swift (1996). Los indicadores evaluados con su respectivo método de determinación, se detalla en la Tabla 6. Los análisis se realizaron en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

*Tabla 6. Indicadores de calidad de la MO*

Indicadores	Método de su determinación
Materia orgánica particulada (MOP)	Separación por granulometría
Materia orgánica asociado a los minerales (MOAM)	Separación por granulometría
Ácido fúlvico (AF)	Solubilidad diferencial ácido - álcali
Ácido húmico (AH)	Solubilidad diferencial ácido - álcali
Humina (HUM).	Solubilidad diferencial ácido - álcali

Fuente: Elaborado por los autores

## 2.9 Muestreo y análisis microbiológicos

El muestreo se realizó con el mismo procedimiento para determinar la calidad del suelo y se llevó para su análisis al laboratorio de microbiología y biotecnología de la UNAS. los pasos seguidos para la extracción de muestras de suelo y análisis microbiológicos se describen:

- La muestra se tomó a nivel de la proyección de la copa del árbol de cacao.
- En cada sitio de muestreo se removió la hojarasca fresca (1-3 cm) de un área de 40 cm x 40 cm.
- Se extrajo aproximadamente 100 a 200 g de suelo y se colocó en bolsas de polietileno, libre de impurezas, en la cual se marcó el tratamiento y la profundidad de muestreo

d) Se realizó el secado en la estufa a 103°C/24h, se eliminó los restos de materia orgánica fresca (reciente) y la grava o piedras, pues estos materiales no se incluyen en el análisis.

Finalmente, de esta muestra compuesta y seca se realizó la caracterización microbiológica (Tabla 7) a partir del proceso de diluciones seriadas (Baldani, 2007; Salazar *et al.*, 2014), para el aislamiento se toman 10 g de suelo en 90 ml de agua peptonada (AP) 0,1%, a partir de esta dilución inicial se preparan diluciones sucesivas tomando cada vez un mililitro de solución y adicionando 10 ml de AP hasta alcanzar la dilución deseada. En este caso se midió en diluciones 10<sup>-3</sup>.

**Tabla 7. Evaluación de grupos microbianos del suelo**

Indicadores microbiológicos	Medios de cultivo
Aerobios viables	Plate count + manitol 1%
Actinomicetos	Agar actinomyces + glicerina
Lactobacillus	Agar roboso
Fungi, mohos y levaduras	Agar sabouraud glucosado 4% + ceftriaxona
Fijadores de nitrógeno	Agar osha

Fuente: Elaborado por los autores

## 2.10 Evaluación del rendimiento

Se evaluó el rendimiento realizando la colecta manual de mazorcas en las cuatro plantas de cacao, previamente seleccionadas e identificadas, por tratamiento y repetición, teniendo en total 16 unidades experimentales y 64 plantas evaluadas. Se realizó el procedimiento común de cosecha, fermentado y secado y se registró el peso seco (Figura 4) por cada unidad experimental de manera mensualizada, la evaluación inicio en febrero del 2018 y concluye en enero del 2019. El rendimiento se encontró calculando el acumulado y proyectándolo para una densidad de 1 111 plantas/ha.

*Figura 4. Evaluación del rendimiento de granos secos*



Fuente: Elaborado por los autores

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Rendimiento del cacao

La Tabla 8, muestra el análisis de varianza de los indicadores de rendimiento del cultivo de cacao. En relación, al rendimiento de granos secos al comparar entre los tratamientos no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas; sin embargo, en comparación análoga para el índice de mazorca se puede evidenciar que existen diferencias con el 5% y 1% de nivel de significancias estadísticas. Aunque, no se hayan evidenciado diferencias para el caso del rendimiento de grano secos, el valor promedio de producción por hectárea referido al T2 es mayor respecto a los demás tratamientos experimentales y testigo; también T2, representa el menor valor promedio cotejado con los demás tratamientos en cuanto al índice de mazorca en referencia.

**Tabla 8. Análisis de varianza de indicadores de rendimiento del cacao**

Indicadores	Tratamientos				Estadísticos	
	T1	T2	T3	T4	SEM	Sig.
Índice de mazorca	15.60±0.5ab	12.83±2.3a	20.36±3.1c	16.22±1.7b	52.441	0.002**
Grano seco (kg/ha)	860.41±412a	1 125.13±439a	1 080.1±674a	1 057±296a	2711511.8	0.865

SEM= Error estándar de la media, Sig.= Significancia

Fuente: Elaborado por los autores

### 3.2 Indicadores fisicoquímicos del suelo

Los resultados descritos en la Tabla 9, producto de la comparación entre los tratamientos mediante el estadístico del análisis de varianza de los indicadores de densidad aparente (Da) en estratos de 0,0-0,10 m como de 0,10-0,20 m y para la resistencia a la penetración (Rp) de acuerdo con los estratos señalados, no podemos atribuirles que exista alguna diferencia estadísticamente significativa para  $p < 0,05$ . Esto demuestra que la variable en cuestión tiene igual efecto con la aplicación (o tratamiento experimental) y sin la aplicación (o tratamiento control) de los abonos.

**Tabla 9. Análisis de varianza de indicadores físicos del suelo**

Indicadores	Tratamientos				Estadísticos	
	T1	T2	T3	T4	SEM	Sig.
Da10 (g/c <sup>3</sup> )	1.36±0.05a	1.41±0.03a	1.372± 0.07a	1.4± .050a	0.132	0.892
Da20 (g/c <sup>3</sup> )	1.43±0.08a	1.53±0.104a	1.43±0.092a	1.5±0.053a	0.089	0.27
Rp10 (Kg/cm <sup>2</sup> )	1.13±0.18a	0.96±0.1a	1.02±0.15a	0.91±0.25a	0.391	0.381
Rp20 (Kg/cm <sup>2</sup> )	1.82±0.19a	1.53±0.19a	1.73±0.19a	1.58±0.19a	0.459	0.193

Fuente: Elaborado por los autores

Los indicadores de la Tabla 10, se pueden agrupar de dos formas de acuerdo con el 1% y 5% de significancia estadística de acuerdo con la aplicación del análisis de varianza. El primer grupo, conformado por pH, MO, P, CICE y Al, podemos atribuirlos con respecto a la

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
 ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

comparación entre los tratamientos aplicados para cada indicador que existen suficientes evidencias para aseverar que hay diferencias a un valor de  $p < 0,01$  con excepción de MO, pero a un valor de  $p < 0,05$  las diferencias son incuestionable. El segundo grupo, formado por K, Ca, Mg, AC y Sal, al comparar entre los tratamientos para indicador se concluye que no existen suficientes pruebas para rechazar la hipótesis nula; lo que indica, el comportamiento es exactamente igual con o sin la aplicación de los abonos (o con tratamiento experimental y tratamiento control).

**Tabla 10. Análisis de varianza de indicadores químicos del suelo**

Indicadores	Tratamientos				Estadísticos	
	T1	T2	T3	T4	SEM	Sig.
pH	4.11±0.09a	4.39±0.14bc	4.26±0.07ab	4.42±0.07c	0.112	0.003**
MO %	2.32±0.37a	4.13±1.15b	4.41±1b	3.86±0.64b	8.522	0.019*
P (ppm)	9.38±0.84a	10.10±0.51a	10.61±0.28a	8.68±0.56a	4.05	0.004**
K (ppm)	139.5±8.96a	145.25±24.4a	146.75±10.84a	131.5±10.91a	2729.5	0.498
Ca (Cmol/kg)	2.62±0.24a	2.62±0.21a	2.33±0.14a	2.52±0.08a	0.373	0.125
Mg (Cmol/kg)	1.38±0.21a	1.45±0.24a	1.25±0.06a	1.46±0.08a	0.324	0.288
Al (Cmol/kg)	3.92±0.08b	3.28±0.45a	3.02±0.07a	3.31±0.25a	0.843	0.003**
CICe Cmol/kg	9.45±0.27c	8.78±0.81bc	7.87±0.36a	8.60±0.4ab	3082	0.007**
BC %	42.21±2.12a	46.39±3.43a	45.51±1.55a	46.44±1.71a	64.809	0.075
AC %	57.8±2.12a	53.62±3.43a	54.5±1.54a	53.56±1.71a	64.809	0.075
Sal %	41.44±1.04a	37.34±3.19a	38.4±1.39a	38.48±1.48a	46.303	0.061

Fuente: Elaborado por los autores

### 3.3 Indicadores microbiológicos

Un análisis numérico a los resultados de la Tabla 11, podemos demostrar que la presencia de Lactobacillus y de Fijadores de nitrógeno fueron los que presentaron el menor valor promedio comparados a los demás indicadores. Así mismo, al ordenar los valores promedios de forma descendente entre los tratamientos por cada indicador, encontramos que existe una relación positiva entre Lactobacillus y Actinomicetos, siendo T2 (compost) como el primer tratamiento y secuencialmente, se ubica el T4 (compost + NPK), luego T1

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
 ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

(tratamiento de control) y finalmente T3 (NPK). Por otro lado, el indicador Fungi casi no ha mostrado valores diferentes entre los tratamientos, lo que si ocurre para Aerobios y Fijadores de nitrógeno. De acuerdo con el estadístico del análisis de varianza, no existen diferencias entre los tratamientos para cada indicador microbiano, por lo que no existe efecto como resultado de la experimentación.

**Tabla 11. Análisis de varianza de los grupos microbianos según tratamiento**

Indicadores	Tratamientos				Sig.
	T1	T2	T3	T4	
Aerobios viables	41250±11191	51500±22292	48500±2815 0	45250±23570	0.989
Lactobacillus	250±500	750±957	250±500	500±577	0.674
Actinomicetos	65250±18154	106000±33078	60000±2181 4	68500±11536	0.469
Fungi	2500±646	3000±1414	2500±957	2500±646	0.974
Fijadores de nitrógeno	2000	3333±882	1250±250	1750±479	0.163

T= tratamiento 1. 2. 3 y 4, Sig.= Significancia

Fuente: Elaborado por los autores

### 3.4 Indicadores de calidad física de la materia orgánica (MO)

La tabla 12, muestra el ajuste de los datos de los indicadores físicos a una función de distribución normal es evidente de acuerdo con los valores críticos de Z, según los estadísticos de Shapiro-Wilk como Shapiro-Francia, bajo la condición de la hipótesis nula de que la serie de datos son normales al 1 %, o 5 %, o 10 % de significancia estadística (o error tipo I). Así mismo, entre las varianzas de los tratamientos de los indicadores son homogéneas de acuerdo con el valor del estadístico de Levene's con excepción de COT (%) 20 al 10 % de significancia estadística es heterogénea. Adicionando, la prueba de Bartlett's, el indicador de C-MOAM10 nos muestra una heterogeneidad en la varianza entre los tratamientos al 5% de significancia estadística.

**Tabla 12. Pruebas de normalidad y de homogeneidad de varianzas de acuerdo con los indicadores físicos de la materia orgánica a 10 y 20 cm de profundidad**

<b>Prueba de normalidad</b>						
Estadístico	C-MOP10	C-MOAM10	COT(%)10	C-MOP20	C-MOAM20	COT(%)20
Shapiro-Wilk	-2.050	-0.1230	-0.076	1.204	-0.812	-0.747
Shapiro-Francia	-1.749	-0.3120	-0.697	1.024	-0.533	0.033
<b>Prueba de homogeneidad de varianza con <math>gl_1=3</math> y <math>gl_2=12</math></b>						
Levene's	1.73	1.560	2.00	1.21	1.52	2.69*
Bartlett's	2.46	3.92**	0.98	0.88	1.45	1.48

$gl_1$  son los grados de libertad del numerador y  $gl_2$  grados de libertad del denominador, C-MOP Carbono de la materia orgánica particulada, C-MOAM Carbono orgánico asociada a los minerales, COT Carbono orgánico total, \*\*\*  $p<0.01$ , \*\*  $p<0.05$  y \*  $p<0.10$

Fuente: Elaborado por los autores

De acuerdo con los valores obtenidos en la Tabla 13, en la fracción física, solo se atribuye una diferencia estadística al 1% de significancia estadística entre los tratamientos del indicador C-MOAM10, de acuerdo con el análisis de varianza.

**Tabla 13. Valor promedio y desviación estándar de los indicadores físicos a 10 y 20 cm de profundidad según tratamiento y valor estadístico**

Indicador	Tratamiento				Valor estadístico	
	T1	T2	T3	T4	DSE	F-Fisher
<b>Fraccionamiento físico a 10 y 20 cm de profundidad</b>						
C-MOP10	0.99 ± 0.11	0.97 ± 0.10	0.45 ± 0.14	0.89 ± 0.25	0.3667	1.94
C-MOP20	0.42 ± 0.16	0.58 ± 0.13	0.33 ± 0.16	0.30 ± 0.04	0.2852	0.76
C-MOAM10	1.40 ± 0.14	1.99 ± 0.24	2.50 ± 0.14	1.86 ± 0.33	0.3417	7.06***
C-MOAM20	0.51 ± 0.20	0.99 ± 0.27	0.95 ± 0.12	0.75 ± 0.07	0.3070	2.06
COT(%)10	2.39 ± 0.18	2.96 ± 0.16	2.95 ± 0.18	2.75 ± 0.54	0.5192	1.06
COT(%)20	0.93 ± 0.29	1.57 ± 0.25	1.29 ± 0.25	1.06 ± 0.05	0.4552	1.54

DSE= Desviación estándar del error, media ± desviación estándar, C-MOP Carbono de la materia orgánica particulada, C-MOAM Carbono orgánico asociada a los minerales, COT Carbono orgánico total, \*\*\*  $p<0.01$ , \*\*  $p<0.05$  y \*  $p<0.10$

Fuente: Elaborado por los autores

### 3.5 Indicadores de calidad química de la materia orgánica (MO)

Según la Tabla 14, evidencia que los valores de Z, tanto en el estadístico Shapiro-Wilk como Shapiro-Francia los datos de los indicadores químicos se ajustan a una función de distribución normal. Esta condición, nos permite utilizar el análisis de varianza para observar si existe diferencia estadística entre los tratamientos y bloques. En el mismo sentido, si comparamos las varianzas entre los tratamientos de los indicadores químicos a 10 y 20 cm de profundidad, se concluye aceptando la hipótesis nula: las varianzas son homogéneas entre los tratamientos de los indicadores, con excepción de C-HUM20 al 5% y C(AH)20 al 10% del error de tipo I, de acuerdo con el estadístico de Levene's y C-HUM20 al 10% del error de tipo I, de acuerdo con el estadístico de Bartlett's.

**Tabla 14. Pruebas de normalidad y de homogeneidad de varianzas de acuerdo con los indicadores químicos a 10 y 20 cm de profundidad**

Prueba de normalidad								
Estadístico	C-HUM10	C(AH)10	C(AF)10	COT(%)10	C-HUM20	C(AH)20	C(AF)20	COT(%)20
Shapiro-Wilk	0.670	0.700	-1.509	1.275	0.512	0.525	-0.488	0.248
Shapiro-Francia	-0.073	0.265	-0.245	0.632	0.058	0.254	-0.525	0.684
Prueba de homogeneidad de varianza con $gl_1=3$ y $gl_2=12$								
Levene's	0.28	1.60	1.59	2.32	4.44**	2.72*	1.15	1.12
Bartlett's	0.61	0.73	0.31	0.51	2.77*	2.27	0.25	1.11

$gl_1$  son los grados de libertad del numerador y  $gl_2$  y grados de libertad del denominador, C-HUM Carbono en las huminas, C(AH) Carbono en ácidos húmicos, C(AF) Carbono en ácidos fúlvicos, COT Carbono orgánico total\*\*\*  $p<0.01$ , \*\*  $p<0.05$ , y \*  $p<0.10$

Fuente: Elaborado por los autores

La Tabla 15, muestra las medias y el análisis de varianza para los diferentes indicadores químicos de la materia orgánica según tratamientos, se encontró diferencias en el fraccionamiento químico del indicador C-HUM20, pero con una relevancia al 10% de significancia estadística, en los demás indicadores no se observa diferencias.

**Tabla 15. Valor promedio y desviación estándar de los indicadores químicos a 10 y 20 cm de profundidad según tratamiento y valor estadístico**

Indicador	Tratamiento				Valor estadístico	
	T1	T2	T3	T4	DSE	F-Fisher
Fraccionamiento químico a 10 y 20 cm de profundidad						
C-HUM10	0.92 ± 0.16	1.10 ± 0.16	0.87 ± 0.10	1.03 ± 0.12	0.3073	0.51
C-HUM20	0.47 ± 0.17	0.61 ± 0.13	0.44 ± 0.04	0.23 ± 0.01	0.3485	2.93*
C(AH)10	0.01 ± 0.001	0.04 ± 0.029	0.02 ± 0.007	0.08 ± 0.067	2.7756	1.57
C(AH)20	0.03 ± 0.02	0.01 ± 0.001	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.004	2.8159	2.42
C(AF)10	1.47 ± 0.09	1.82 ± 0.25	1.83 ± 0.37	1.64 ± 0.42	0.4703	0.53
C(AF)20	0.72 ± 0.20	0.96 ± 0.27	0.83 ± 0.22	0.79 ± 0.06	0.3351	0.36
COT(%)10	2.39 ± 0.18	2.96 ± 0.16	2.71 ± 0.30	2.75 ± 0.54	0.5192	1.06
COT(%)20	1.22 ± 0.22	1.57 ± 0.25	1.29 ± 0.25	1.04 ± 0.07	0.3338	1.76

DSE= Desviación estándar del error y media ± desviación estándar, C-HUM Carbono en las huminas, C(AH) Carbono en ácidos húmicos, C(AF) Carbono en ácidos fúlvicos, COT Carbono orgánico total \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05 y \* p<0.10

Fuente: Elaborado por los autores

## 4. DISCUSIÓN

### 4.1 Rendimiento del cacao.

Los resultados de la Tabla 7, presenta las medias para la variable índice de mazorca, con 20,36 para NPK (T3), 16,22 para compost+NPK (T4), 15,6 para testigo (T1) y 12,83 mazorcas/kg de cacao para compost (T2), encontrándose diferencias estadísticas entre los tratamientos para esta variable (Tabla 07). Además, las medias para el rendimiento de almendras, presenta 1 125 kg/ha para compost (T2), 1 080 para NPK (T3), 1 057 para compost+NPK (T4) y 860,4 kg/ha para el testigo (T1), no encontrándose diferencias entre los tratamientos para esta variable.

El índice de mazorca es un indicador que expresa el número de mazorcas por unidad de peso, permitiendo tener una mejor interpretación del comportamiento de los tratamientos. El trabajo encontró que la aplicación del NPK (T3) presento el índice más alto, es decir, mayor número de mazorcas para obtener 1 kg de almendra, lo cual no es muy favorable; en

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
 ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

contraste, el compost (T2) presentó el menor índice de mazorca, indicando un menor número de mazorcas para obtener 1 kg de almendras, esto es muy favorable para el productor, refleja que el compost mejoró el tamaño de los frutos y granos y aumentó el rendimiento por mazorca. Este comportamiento de los fertilizantes químicos ya ha sido advertido por Montes (2016) al aplicar fosfato di amónico+ sulfato de amonio 60+40 kg/ha, reporta un índice de 25,16 mazorcas/kg, que refleja un bajo rendimiento por mazorca.

Estadísticamente los tratamientos no presentan diferencias para el rendimiento en almendras, siendo el compost (T2) el que mayor rendimiento presentó, hay dos cosas para destacar en función a este resultado: primero, explica el comportamiento del índice de mazorcas del T2 (menor índice) y segundo, los tratamientos que contienen compost, tanto el T2 y el T4 tienen el mismo comportamiento que la fertilización con NPK. Aunque los resultados en general son relativamente mayores al de Castro (2015) en CCN – 51, en el fundo Santa Rosita en Irazola-Padre Abad, encontró rendimiento de almendras de 607,61 kg/ha; también, son superiores a los rendimientos medios para nuestro país, 820 kg/ha y por encima del promedio mundial de 485 kg/ha (Florida, 2021). Como explicar este alto rendimiento en almendras, según Recalde *et al.* (2012) el clon CCN51 desarrolla el sumidero de nutrientes y otros compuestos temprano en el ciclo de crecimiento lo que asegura rendimientos más altos, pues al segundo año de producción con gallinaza encontró 428 kg/ha, en nuestro caso la parcela evaluada se encuentra en su tercer año de producción.

La producción orgánica o combinada con la química es realmente una alternativa viable, nuestro resultado así lo muestra, no presentan diferencias estadísticas y las referencias contrastan este comportamiento; al respecto, Huera (2018) aplicando Full cacao (orgánico + químico) presentó rendimientos de almendra seca de 2 727,45 kg/ha y 1 982,05 kg/ha para biocompost; también, Gómez (2017) encontró rendimientos de 1 350 kg/ha para la fertilización química y 1 270 kg/ha para el orgánico; Montes (2016) con fosforo diatómico + sulfato de amonio (30+40 kg/ha), obtuvo 1 539,0 kg/ha; Álvarez *et al.* (2015) encontraron respuestas similares entre los tratamientos químico y orgánico, con promedios de 2 730 kg/ha para convencional y 2 521,43 para orgánico y Ludeña (2015) en Jaén encontró rendimientos de 1 298,3 Kg/ha con tratamiento orgánico y microelementos. Finalmente, Abreu *et al.*

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

(2018) afirman que en las primeras cosechas el fertilizante químico al 100 % da los mejores resultados, sin embargo, la aplicación de humus mejora a partir de la segunda cosecha, lo que hace suponer que los abonos orgánicos superan a los químicos a largo plazo.

Es necesario no exagerar con el uso excesivo de los fertilizantes, así Sánchez *et al.* (2005) aplicó fertilización con NPK 50, 100, 200 y 400 % adicional a la dosis de laboratorio, la producción del testigo fue estadísticamente igual a la del resto de los tratamientos. Si bien, el cultivo de cacao tiene un potencial de extracción de nutrientes que se traduce en buenos rendimientos, pero cuando se sobrepasa ese límite provoca un desbalance nutricional y consecuentemente bajos rendimientos (Puentes *et al.*, 2014). Además, hay que tener en cuenta el clon, el CCN-51 es altamente productivo y rentable (Carrión, 2012). Además, según Puentes *et al.* (2014) el CCN-51 presenta mayor rendimiento que otros clones con solo 25 % adicional de NPK al contenido natural del suelo, dosis adicionales pueden presentar rendimientos negativos a la fertilización (Alvarado, 2016), situación observada en el T2 del trabajo, ya que el compost tiene una composición nutricional baja y presentó el mayor rendimiento. En este contexto, la base de las dosis de NPK aplicadas en este trabajo se justifica en Puentes *et al.* (2016) quienes encontraron menor capacidad de producción de grano seco de cacao por unidad de nutriente a medida que la dosis fuera más alta, el cual sugiere que a mayor dosis disminuye la eficiencia fisiológica de uso de nitrógeno, fósforo y potasio de los clones. Por ello, solo se aplicó el diferencial entre el nivel del análisis con el nivel medio recomendado para un suelo fértil.

#### 4.2 Indicadores físicos del suelo

En la Tabla 08, se presenta las medias para la  $D_a$ , en estratos de 0,0 a 10 cm el compost (T2) alcanza una media de  $1,41 \text{ g/cm}^3$ , 1,4 para compost+NPK (T4), 1,37 para NPK (T3) y  $1,36 \text{ g/cm}^3$  para el testigo (T1); en estratos de 10 a 20 cm se encontró 1,53 para compost (T2), 1,5 para compost+NPK (T4) y  $1,43 \text{ g/cm}^3$  para el testigo (T1) y para NPK (T3), no encontrándose diferencias estadísticas entre los tratamientos para los estratos evaluados (Tabla 08) y se consideran suelos con  $D_a$  aceptable ( $1,4 \leq D_a < 1,6 \text{ g/cm}^3$ ) e ideal ( $D_a < 1,4 \text{ g/cm}^3$ ) según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación-FAO (2012).

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

Asimismo, con respecto a la Rp en estratos de 0,0 a 10 cm se tienen medias de 1,13 para el testigo (T1), 1,02 para NPK (T3), 0,96 para compost (T2) y 0,91 Kg/cm<sup>2</sup> para compost+NPK (T4) y en estratos de 10 a 20 cm se tienen medias de 1,82 para el testigo (T1), 1,73 para NPK (T3), 1,58 para compost+NPK (T4) y 1,53 Kg/cm<sup>2</sup> para compost (T2), no encontrándose diferencias entre los tratamientos en ambos estratos y se consideran a estos suelos como suaves (1-2 Kg/cm<sup>2</sup>) según Hosokay (2012).

Los resultados corresponden a un año de evaluación, ambos indicadores no presentan diferencias estadísticas; resultados similares fueron encontrados por García *et al.* (2018) con Da de 1,52 g/cm<sup>3</sup> para labranza reducida y 1,27g/cm<sup>3</sup> para labranza de conservación, y Gracia (2012) encontró cambios no significativos en las propiedades físicas del suelo, frente a la aplicación de compost. Estas referencias evidencian que los cambios en las propiedades físicas del suelo no se producen a corto plazo, sin embargo, los cambios se producen a largo plazo, al respecto, Arévalo (2014) en sistemas de producción de cacao agroforestal y convencional, en un periodo de 10 años de evaluaciones, encontró medias estadísticamente diferentes en las propiedades físicas del suelo. Aunque, a corto plazo pueden encontrar diferencias si se aplican grandes cantidades, como Ramírez *et al* (2015) aplicaron dosis de 9 t de humus de lombriz y 60 t de estiércol, encontraron efecto significativo en las propiedades físicas del suelo. De acuerdo con las referencias, los resultados del trabajo resultan coherentes, ya que se aplicó 3 t de compost y se evaluó durante un año.

### 4.3 Indicadores químicos del suelo

Los resultados de la Tabla 9, presenta diferencias estadísticas significativas para los indicadores químicos pH, MO, P, Al y CICE. Además, según la Tabla 06, el pH alcanzó medias de 4,11 en el testigo (T1) a 4,42 en compost+NPK (T4); MO 2,32 en el testigo (T1) a 4,41 % en NPK (T3); P 8,68 para compost+NPK (T4) a 10, 61 ppm para NPK (T3); Al 3,02 para NPK (T3) a 3,92 Cmol/kg en el testigo (T1) y la CICE de 7,87 en NPK (T3) a 8,78 Cmol/kg en el compost (T2). El comportamiento de los resultados al primer año de evaluaciones nos indica, que el compost y la combinación con el NPK tuvo un mayor efecto en el pH y la CICE y el NPK presentó los mayores efectos sobre el P y la MO. Según FAO

(2012), estos valores corresponden a un suelo con niveles de pH fuertemente ácido, MO media a alta, P medio, CICE bajo y alto nivel de Al.

El comportamiento de los tratamientos con compost en el T2 y T4 de elevar los niveles de pH y CICE han sido evidenciados por otros autores entre ellos, Torres (2018) aplicando gallinaza y vacaza incremento los valores de pH de 4,58 a 4,83 y CIC de 3,35 a 4.26  $\text{Cmol}^{(+)}/\text{kg}$ ; Alvarado (2016) aplicando abono orgánico e inorgánico evidenció efecto significativo sobre las variables de pH, materia orgánica, y fósforo; Ramírez *et al.* (2015) con dosis de 9 t de humus de lombriz y 60 t de estiércol, encontró efecto positivo e incrementó los contenidos de P, K, Ca, Mg y de la MO, y un aumento sensible del pH; Gracia (2012) aplicó diferentes compost de residuos sólidos urbanos y encontró cambios en el contenido de MO y macro y micronutrientes; Orozco & Muñoz (2012) el tratamiento con 1,362 g de gallinaza incrementó el pH, CICE y la MO; Orozco & Thienhaus (1997) encontró tendencias de aumento de la MO, pH y disminución del Al. Estas referencias corroboran el potencial que tiene el compost para mejorar estos indicadores químicos.

Según la Tabla 9, el compost (T2) y compost+NPK (T4) presentaron las medias más altas de pH, coincidentemente presentan los valores más altos en el rendimiento del cacao entre los tratamientos evaluados; esto evidencia que los rendimientos están relacionadas al aumento de pH, así lo confirma Ramírez *et al.* (2015) al aplicar 9 t de humus de lombriz y 60 t de estiércol, encontró un aumento sensible del pH, lo que incremento la producción similar al fertilizante químico; resultados contrarios se pueden encontrar con aplicación de tratamientos químicos, según Orozco & Thienhaus (1997) se provoca acidificación del suelo. El pH del T3 (NPK) en esta investigación son menores que el T2 y T4 los rendimientos también muestran el mismo comportamiento, lo que confirma la relación del rendimiento con el pH, independiente del incremento de la MO, CICE y la reducción del Al. Sin embargo, algunos trabajos muestran efectos positivos del NPK, Soto (2015) aplicó NPK e incremento los niveles de MO, P, K, CICE y Bases cambiables, aumentaron conforme aumentó la dosis de NPK, esto no es sostenible en el tiempo, según Alvarado (2016) y Puentes *et al.* (2014) el CCN-51 presenta mayor rendimiento con dosis bajas, el exceso de NPK al contenido natural

del suelo, pueden presentar a largo plazo rendimientos negativos a la fertilización, por la disminución del pH y el incremento de la acidez cambiante.

#### 4.4 Población de microorganismos

**Aerobios viables.** Los resultados del recuento en placa (Tabla 11) muestran una población para las bacterias aerobias viables de 51, 500 UFC/g de suelo para el T2, 48, 500 para T3, 45, 250 para T4 y 41, 250 para T1, equivalente a una población de  $10^4$  UFC/g de suelo. Según Coyne (2000), el número de bacterias presentes en un gramo de suelo abarca desde un millón hasta varios miles de millones, esto debido a las grandes diferencias que existen entre los suelos. Evidentemente, los resultados del trabajo se encuentran por debajo de esta cifra.

Sin embargo, algunas investigaciones reportan valores similares, entre ellos, Huansi (2011), en bosque sin prácticas agronómicas encontró una media de 6' 075, 000 UFC/g y en evaluación a los 3 días de la quema 982, 000 UFC/g, este último está en el rango de  $10^5$ . También, Pahuara & Zúñiga (2001) en la rizosfera de pastura asociada Rye-grass/trébol en zona altoandina del Perú, encontró que las poblaciones de bacterias mesófilas oscilaron de  $10^5$  a  $10^7$  UFC/g. Aunque algunas investigaciones reportan valores más altos como el de Otero (2011) en el caso de las bacterias totales del suelo todas las muestras presentaron concentración de  $10^7$  UFC/g de suelo y Argüello & Moreno (2014) en suelos ácidos con cacao encontraron poblaciones de microorganismos de  $3 \times 10^8$  bacterias/g, para suelos de pH 5.32 y  $4 \times 10^6$  bacterias/g, para suelos de pH 5.42. condiciones muy parecidas con nuestro trabajo.

**Lactobacillus.** La población media de los lactobacillus (Tabla 11) fue de 1000 UFC/g para T1, T3 y T4 y de 1500 UFC/g para T2; están en el rango de  $10^3$ . Los estudios de aislamientos de bacterias ácido-lácticas a partir de suelos no son muy numerosos, debido a que requieren de medios ricos en nutrientes, sin embargo, algunos autores reportan la presencia en suelos (Otero, 2011).

Al respecto, Luna y Mesa (2016) señala que su presencia en el suelo es muy importante, por la capacidad antagonica del ácido láctico, es un compuesto esterilizante fuerte, que suprime microorganismos dañinos y ayuda a la descomposición de materiales como la lignina y celulosa. según Otero (2011) son capaces de producir sustancias antimicrobianas como bacteriocinas, antibióticos u otros metabolitos, lo que sugiere que pueden ser utilizadas para el control biológico de enfermedades causadas por otros microorganismos en las plantas y mejorar el rendimiento de los cultivos.

**Actinomicetos.** La población media de actinomicetos (Tabla 11) fue de 106, 000 UFC/g de suelo para T2 (Compost), 68, 500 para T4, 65, 250 T1 y 60, 000 UFC/g de suelo para T3 (NPK), estos valores se encuentran en un rango de  $10^4$  a  $10^5$ . Según Coyne (2000), son los más numerosos después de las bacterias con poblaciones que varían de  $10^6$  a  $10^8$  UFC/g de suelo. nuestros resultados son menores a este rango, sin embargo, Salazar *et al.* (2014) encontraron, valores similares en bosques secundarios poco intervenido, la población de actinomicetos llega a  $5 \times 10^6$  UFC/g suelo. también, Argüello & Moreno (2014) en suelos ácidos con cacao encontraron poblaciones de microorganismos de  $23 \times 10^5$  actinomicetos/g, para suelos de pH 5.32 y  $8 \times 10^5$  actinomicetos/g para suelos de pH 5.42. este último coincide con nuestros resultados.

Para Otero (2011) estos microorganismos, son importantes saprófitos de plantas, capaces de degradar moléculas complejas y sustancias recalcitrantes como celulosa, lignocelulosa, xilano y lignina y en suelos con un pH inferior a 5.0, pueden encontrarse en raras ocasiones, esto explicaría la población relativamente baja encontrada, pues por un lado los suelos del área experimental tienen un pH de 4.24, pero, tiene textura franco arenoso; que según González (2010) los suelos franco arenosos, son ideales para el desarrollo de estos microorganismos debido a la aireación y poca capacidad para retener agua.

Adicionalmente los actinomicetos son capaces de solubilizar fosfatos, cualidad muy importante, ya que el fósforo entre un 95-99% no puede ser utilizado por las plantas (González, 2010) y su capacidad de sintetizar auxinas, promotor de crecimiento de raíces y

de proliferación de pelos radicales que mejoran la absorción de agua y minerales del suelo, por lo tanto, llevan a un mejor y mayor desarrollo de la planta (Soriano B & Soriano E, 2010).

**Fungi.** Los resultados muestran (Tabla 11) una población de 3,000 UFC/g de suelo para el T2, y 2,500 para T1, T3 y T4, encontrándose en un rango de  $10^3$ . Para, Otero (2011) la abundancia, actividad y clase, depende del contenido de materia orgánica, textura del suelo, pH, temperatura, aireación, entre otros factores, los fungi se encuentran ubicados en el tercer lugar con  $10^5 - 10^6$  UFC/g de suelo, valor superior a nuestros resultados.

Sin embargo, los mismos resultados de Argüello y Moreno (2014) en suelos ácidos con cacao encontraron poblaciones de  $6 \times 10^4$  UFC/g de fungi para suelos de pH 5.32 y  $8 \times 10^4$  UFC/g para suelos de pH 5.42, valores parecidos al nuestro, También, Pahuara & Zúñiga (2001) en la rizosfera de pastura asociada Rye-grass/trébol en zona altoandina del Perú, encontró la población de fungi de  $10^4$  a  $10^6$  UFC/g. sin embargo, Otero (2011) en su trabajo, los recuentos obtenidos para fungi filamentosos se encuentran en concentración de  $10^6$  UFC/g de suelo, muy superior a lo encontrado en esta investigación.

**Fijadores de nitrógeno.** Los resultados (Tabla 11) muestran una población media de 3,333 UFC/g de suelo para T2, 2,000 para T1, 1,750 para T4 y 1,250 UFC/g para T3, mostrándose una vez más que la aplicación de compost (T2) incremento la población de fijadores de nitrógeno, en comparación del T3 (NPK) quien presento los valores más bajos incluso en comparación con el testigo. Su población es reducida así lo muestra Pahuara & Zúñiga (2001) En la rizosfera de pastura asociada Rye-grass/trébol en zona altoandina del Perú, encontró que las poblaciones de fijadores de nitrógeno oscilaron de 10, 000 a 40, 000 UFC/g. sin embargo, a pesar de encontrarse en números muy bajos en los suelos son muy importantes, pues para Otero (2011) son capaces de fijar nitrógeno molecular, formar ATP y producir vitaminas y otras moléculas orgánicas. Lo que se traduce en una mejora en general de cualquier tipo de cultivo.

En general las evaluaciones microbiológicas muestran que la aplicación de compost presento los mayores efectos sobre la población de los diferentes grupos microbianos y la

aplicación del NPK (T3) mostro efectos contrarios pues presento los menores promedios. Hay que destacar que las poblaciones encontradas son menores a las referencias, esto se explica teniendo en cuenta el tipo de suelo que presenta el área experimental, suelo fuertemente ácido (pH 4.24), bajo en MO (1.97 %), bajo en P (3.54 ppm), bajo en K<sup>+</sup> (62.47 ppm), alto en Al<sup>3+</sup> (4.4 Cmol (+) /kg) además de 50.9 % de acidez cambiante y 42.25% de saturación de aluminio.

Según, Otero (2011); González, 2010; Coyne (2000) la abundancia, actividad y clase de microorganismo, depende del contenido de materia orgánica, textura del suelo, pH, temperatura, aireación, entre otros factores. La actividad microbiana se desarrolla en función de factores intrínsecos y extrínsecos al sistema suelo, pues una buena actividad microbiana puede ser el reflejo de óptimas condiciones físicas y químicas que permitan el desarrollo de los procesos metabólicos de bacterias, hongos, algas y actinomicetos (Mora, 2006).

#### 4.5 Calidad fisicoquímica de la MO

El suelo bajo aplicación de fertilizante químico (T3) presentó menores contenidos de C-MOP en ambos estratos, en caso del tratamiento orgánico T2, presento los mayores valores en C-MOAM y COT en ambos estratos evaluados. Respecto a los indicadores químicos, el carbono en las huminas (C-HUM) presento los menores valores en la superficie con aplicación del tratamiento químico (T3), en caso de C(AH) el tratamiento orgánico (T2 y T4) presento los valores más altos en la superficie y C(AF) tanto el orgánico y el químico presentaron los valores más altos, en ningún caso se presentó diferencias significativas.

Este resultado es corroborado por Loss *et al.* (2016), al evaluar en un oxisol (Latosolo Vermelho- Amarelo. SiBCS) en bosque nativo, pastos, sistema convencional y labranza cero, los niveles más altos de C-HUM se encontraron en pastos y bosques, los niveles más bajos de C-HUM se encontraron en sistemas convencionales en la capa de 0.0-0.10 m. Sin embargo, los resultados de C-HUM y C(AF) son contrario a lo reportado por Barreto *et al.* (2008) al comparar tres sistemas de uso, bosque Atlántico nativa, cacao y pastoreo, observaron que el pastoreo proporcionó los mayores contenidos de C-HUM,

atribuyeron los resultados al efecto del sistema radicular de las gramíneas que contribuyen a elevar y mantener los aportes de carbono.

Por su parte, Silva *et al.* (2015), atribuye la permanencia del C-HUM a su insolubilidad y su resistencia a la biodegradación, ocasionada por la formación de complejos metálicos estables como los complejos arcillo-húmicos. También, Rosa *et al.* (2017) al evaluar alteraciones en los valores de la MOS y en las sustancias húmicas en un Oxisol cultivado con plantas de cobertura en rotación con maíz y soja en la capa de 0.10 m, mostró dominio de carbono en C-HUM en todos los tratamientos y que está relacionado a la mayor estabilidad de esta fracción. Por lo tanto, el resultado atípico de esta investigación es producto no solo del tipo de cultivo, sino también a la influencia que tiene el tipo de suelo del área experimental, ácido, con alta toxicidad de aluminio y niveles bajos de su mayoría de indicadores fisicoquímicos del suelo.

El T2 con aplicación de compost presentó mejores condiciones que el tratamiento convencional (T3), indicando mayor capacidad de recuperación del carbono orgánico del suelo en relación con este tratamiento. Al respecto, Loss *et al.* (2016), atribuye la disminución del COT en sistemas convencionales a la oxidación microbiana de los materiales orgánicos previamente protegido en los agregados del suelo que son destruidos por el cultivo y la adopción de sistemas de gestión utilizando la rotación de cultivos y la perturbación mínima del suelo puede aumentar los niveles de fertilidad del suelo y las fracciones de sustancias húmicas.

Los contenidos de COT, C-HUM y C-AF en el tratamiento bajo aplicación de fertilizante químico (T3) fueron inferiores a los observados en el suelo bajo tratamiento orgánico (T2) (Tabla 14). Estos resultados indican que los niveles decrecieron. El tratamiento químico inicialmente acelera la descomposición de la MO del suelo, favoreciendo mayores pérdidas de carbono. Son varios los trabajos que observan mayores valores de carbono orgánico en suelo con vegetación nativa en relación con los sistemas de usos anuales con manejo convencional (Navarro *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2015; Loss *et al.*, 2016; Rosa *et al.*, 2017).

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

Los mayores contenidos de C(AF) en relación con los niveles del suelo bajo tratamiento orgánico, se atribuyen a la transformación de las macromoléculas húmicas como humina y ácidos húmicos en ácidos fúlvicos, como consecuencia de la incorporación de compost, que puede haber provocado la ruptura de las SH en moléculas menores. Resultados similares fueron obtenidos por Cunha *et al.* (2001), al estudiar el impacto del manejo convencional del suelo en la región del Cerrado, los autores observaron que la preparación del suelo proporcionó un aumento de los C(AF) y la disminución de C(AH).

Por lo tanto, en el tratamiento orgánico con aplicación de compost hubo mayor contribución en la formación de SH del suelo, en relación con el tratamiento convencional con aplicación de NPK (T3). Esto es corroborado por Sales *et al.* (2017), en sistemas de manejo labranza cero y labranza convencional, con tres rotaciones de cultivos diferentes y un control. El manejo del suelo con labranza cero tenían mayores contenidos de carbono especialmente aquellos cultivados con maíz y sorgo en la capa 0.00-0.10 m, atribuyendo el aumento del carbono en esta capa a las raíces profundas del maíz. En general, se observó predominio de C(AF), C-HUM en el suelo en relación con las fracciones de C(AH) en el estrato superficial tanto en el tratamiento orgánico como en el convencional, indicando mayor grado de humificación del carbono en el suelo (Stevenson, 1994).

Probablemente los resultados no tuvieron una trascendencia que se esperaba, ya que fue aceptada la hipótesis nula, esto, probablemente al corto tiempo de efecto que tuvo en el suelo, pues se realizó la colecta de las muestras en menos de un año, por lo cual se recomienda futuras investigaciones en el área para ver en el tiempo su efectividad de los sistemas.

## 5. CONCLUSIONES

La aplicación del manejo orgánico y el convencional, no presenta diferencias sobre la variable rendimiento, la media más favorable presentó el tratamiento con compost (T2), considerándolo como altos de acuerdo con los rendimientos medios para el Perú y del promedio mundial.

No se encontró diferencias para las propiedades físicas del suelo; la densidad aparente en estratos de 0,0-10 y 10-20 cm se consideran suelos con densidad aceptable e ideal según la FAO (2012); asimismo, la resistencia a la penetración en ambos estratos se considera como suelos suaves según Hosokay (2012). Existe diferencias estadísticas significativas para las propiedades químicas del suelo, en los indicadores pH, MO, P, Al y CICE; el compost (T2) y la combinación con el NPK (T4) tuvo efecto positivo en el pH y la CICE.

No se encontró diferencias al efecto de los diferentes tratamientos y los diferentes grupos microbianos. La población media de bacterias aerobias viables es equivalente a una población de  $10^4$  UFC/g de suelo, los lactobacillus están en el rango de  $10^3$  UFC/g de suelo, la población media de actinomicetos se encuentra en un rango de  $10^4$  a  $10^5$  UFC/g de suelo, los fungi en un rango de  $10^3$  UFC/g y la población de fijadores de nitrógeno en un rango de  $10^3$  UFC/g suelo. Considerado como suelos con baja población de microorganismos.

Los indicadores físicos de la materia orgánica no presentan diferencias, excepto, para carbono asociada a los minerales a 10 cm (C-MOAM10) y carbono en las huminas (C-HUM20) de 10 a 20 cm de profundidad. El suelo bajo aplicación de fertilizante químico (T3) presentó menores contenidos de carbono en la materia orgánica particulada (C-MOP) en ambos estratos, en caso del tratamiento orgánico T2, presento los mayores valores de carbono orgánico asociado a los minerales (C-MOAM) y de carbono orgánico total (COT) en ambos estratos evaluados.

Los indicadores químicos de la MO, el carbono en las huminas (C-HUM) presento los menores valores en la superficie con aplicación del tratamiento químico (T3), en caso de

C(AH) el tratamiento orgánico (T2 y T4) presento los valores más altos en la superficie y C(AF) tanto el orgánico y el químico presentaron los valores más altos, en ningún caso se presentó diferencias. En general, se observó predominio de C(AF), C-HUM en el suelo en relación con las fracciones de C(AH) en el estrato superficial tanto en el tratamiento orgánico como en el convencional, resultado atípico frente a investigaciones desarrolladas en otros tipos de cultivos.

En general las evaluaciones muestran que la producción orgánica con aplicación de compost (T2) presentó los mayores efectos sobre el rendimiento del cacao, la calidad del suelo y de la materia orgánica, y sobre la población de los diferentes grupos microbianos. Asimismo, la aplicación del NPK (T3) mostró efectos contrarios, pues presentó los menores promedios en comparación con el T2 y al tratamiento control (T1). Por lo que, el manejo orgánico es una alternativa viable para el área en estudio, al mostrar efectos positivos en casi todos los indicadores evaluados y superar al tratamiento 100 % químico, aunque en algunos indicadores no se hayan encontrado diferencias.

## 6. ANEXOS

**Tabla 16. Análisis de normalidad de los datos de indicadores fisicoquímicos del suelo según Shapiro-Wilk**

Variable	Obs	Shapiro-Wilk W test			
		W	V	z	Prob>z
Da 0,0-0,10 m	16	0,89609	2,105	1,479	0,06961
Da 0,10-0,20 m	16	0,9714	0,579	-1,084	0,86082
Rp 0,0-0,10 m	16	0,98871	0,229	-2,931	0,99831
Rp 0,10-0,20 m	16	0,95967	0,817	-0,401	0,65588
Mazorca	16	0,91026	1,818	1,187	0,11752
Rendimiento	16	0,94754	1,063	0,121	0,45169
pH	16	0,96958	0,616	-0,961	0,83179
MO	16	0,98336	0,337	-2,159	0,98457
P	16	0,91929	1,635	0,977	0,1643
K	16	0,91637	1,695	1,048	0,14742
ClCe	16	0,93548	1,307	0,532	0,29726
Ca	16	0,92936	1,431	0,712	0,23815
Mg	16	0,91977	1,626	0,965	0,16723
Al	16	0,87474	2,538	1,85	0,03216*
BC	16	0,9598	0,814	0,408	0,6582
AC	16	0,9598	0,814	-0,408	0,6582
SAI	16	0,96488	0,712	-0,676	0,75034

**Tabla 17. Análisis de normalidad de los datos fisicoquímicos del suelo según Shapiro-Francia**

Variable	Obs	Shapiro-Francia W' test for normal data			
		W'	V'	z	Prob>z
Da 0.0-0.10 m	16	0.91549	1.907	1.143	0.1265
Da 0.10-0.20 m	16	0.98218	0.402	-1.612	0.94651
Rp 0.0-0.10 m	16	0.98721	0.289	-2.199	0.98606
Rp 0.10-0.20 m	16	0.96827	0.716	-0.591	0.72282
Indice de	16	0.91325	1.958	1.189	0.11716
Rendimiento	16	0.94959	1.138	0.228	0.40964
pH	16	0.99439	0.127	-3.658	0.99987

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
 ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

MO	16	0.9963	0.084	4.393	0.99999
P	16	0.92527	1.687	0.925	0.1774
K	16	0.90373	2.173	1.374	0.08477
ClCe	16	0.95424	1.033	0.057	0.47725
Ca	16	0.92771	1.632	0.867	0.1931
Mg	16	0.98429	0.355	-1.836	0.96679
Al	16	0.90104	2.234	1.422	0.07744
BC	16	0.96434	0.805	-0.384	0.64954
AC	16	0.96434	0.805	-0.384	0.64954
SAI	16	0.97467	0.572	-0.989	0.83878

**Tabla 18. Rendimiento del cacao en los diferentes tratamientos**

Tratamiento	Repetición	Kg/ha	Media ± DS
T1	R1	1061.64	860.405±411.63
	R2	1335.17	
	R3	605.91	
	R4	438.9	
T2	R1	1533.18	1125.13±438.89
	R2	1360.64	
	R3	530.56	
	R4	1076.14	
T3	R1	2037.35	1080.1±673.73
	R2	1032.98	
	R3	745.48	
	R4	504.59	
T4	R1	1349.23	1056.955±296.4
	R2	1273.73	
	R3	774.28	
	R4	830.58	

DS=desviación estándar de la media

**Tabla 19. Población de los grupos microbianos del suelo**

Tratamiento	Grupos microbianos (UFC /g) según tratamiento				
	Aerobios viables	Lactobacillus	Actinomicetos	Fungi (Mohs y levaduras)	Fijadores de nitrógeno
T1R1	42 000	*	92 000	4 000	2 000
T1R2	10 000	*	14 000	1 000	*
T1R3	62 000	1 000	90 000	3 000	2 000
T1R4	51 000	*	65 000	2 000	2 000
T2R1	22 000	*	109 000	1 000	3 000
T2R2	110 000	1 000	172 000	7 000	5 000
T2R3	62 000	2 000	128 000	3 000	2 000
T2R4	12 000	*	15 000	1 000	*
T3R1	8 000	*	62 000	3 000	1 000
T3R2	131 000	1000	121 000	5 000	2 000
T3R3	37 000	*	28 000	1 000	1 000
T3R4	18 000	*	29 000	1 000	1 000
T4R1	66 000	1000	80 000	4 000	2 000
T4R2	9 000	*	54 000	2 000	1 000
T4R3	102 000	*	95 000	3 000	3 000
T4R4	4 000	1000	45 000	1 000	1 000

\*No se observó crecimiento. T= tratamiento 1. 2. 3 y 4. R= repetición 1. 2. 3 y 4.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, C., Araujo, C., Rodríguez, J., Valdivia, Á., Fuentes, A. y Pérez, H. (2018). Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en *Capsicum annum*. *Revista Centro Agrícola*, 45(1), 52-61. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v45n1/cag071118.pdf> .

Ahmed A., Aref I., Alshahrani T. (2020): Investigating the variations of soil fertility and *Sorghum bicolor* L. physiological performance under plantation of some *Acacia* species. *Plant, Soil and Environment*, 66: 33–40.

Altieri, M. & Nicholls C. (2008). Suelos saludables, plantas saludables: la evidencia agroecológica. Suelos vivos. LEISA *Revista de Agroecología*, 24, 6-8. [http://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-24-numero-2/1865-suelos\\_saludables-plantas-saludables-la-evidencia\\_agroecologica](http://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-24-numero-2/1865-suelos_saludables-plantas-saludables-la-evidencia_agroecologica)

Altieri, M., Hecht, S., Liebman, M., Magdoff, F., Norgaard, R. y Sikor, T. (1999) Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo. Editorial Nordan–Comunidad. Recuperado de <https://www.agroecologia.net/agroecologia-bases-cientificas-para-una-agricultura-sustentable/>

Alvarado, M. C. (2016). Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica, en el rendimiento de un clon de cacao (*Theobroma cacao*, l) y en la fertilidad del suelo (Tesis de pregrado) Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Álvarez, F., Rojas, J. & Suárez, J. (2015). Contribución de esquemas de fertilización orgánica y convencional al crecimiento y producción de *Theobroma cacao* L. bajo arreglo agroforestal en Rivera Huila, Colombia. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu*, 16(2), 307-314. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v16n2/v16n2a12.pdf>

Arévalo, G. E. (2014) Dinámica de los indicadores de calidad del suelo en el manejo de sistemas agroforestales con cacao. (Tesis de doctorado) Universidad Nacional Agraria la Molina. Perú.

Argüello, N. A., Moreno, L. Y. (2014). Evaluación del potencial biofertilizante de bacterias diazótroficas aisladas de suelos con cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Acta Agron.* 63 (03): 238 – 245

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

Baldani, V. (2007). Aislamiento, colonización e identificación de bacterias diazotróficas en plantas de arroz (*Oryza sativa*). En: Segundo curso internacional microorganismos promotores del crecimiento vegetal: rizobacterias y solubilizadores o movilizadores de fosfatos. Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia–IBUN.

Barreto, A. C., Freire, M. B., Nacif, P. G., Araújo, Q. R., Freire, F. J. & Inácio, E. S. (2008). Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. *R. Bras. Ci. Solo.* 32(04): 1471-1478. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n4/a11v32n4.pdf>

Bazan T. (2017): Procedures Manual for Soil and Water Analysis for Irrigation Purposes. Lima, La Molina National Agrarian University, National Institute of Agrarian Innovation. Recuperado de: [http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual\\_de\\_procedimientos\\_de\\_los.pdf](http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf)

Bogunović I., Kovács P.G., Đekermati I., Kisić I., Balla I., Birkás M. (2019): Long-term effect of soil conservation tillage on soil water content, penetration resistance, crumb ratio and crusted area. *Plant, Soil and Environment*, 65: 442–448

Cambardella, C.A., E.T., Elliot. 1992. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 777-783. <https://doi.org/10.2136/sssaj1992.03615995005600030017x>

Carrión, S. J. (2012). Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN-51, Jama-Manabí. (Tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito. Ecuador.

Castro, C. (2015). Evaluación de la fenología reproductiva y dinámica de producción del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN–51, en el distrito de Irazola. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía. Ucayali Perú.

Cuervo, B.E., Reyes, G., y Perez, D. (2016). Determinación de las fracciones de carbono orgánico en el suelo del páramo La Cortadera, Boyacá. *Ingenio Magno*, 139–149

Cunha, T. J., Macedo, J. R., Ribeiro, L. P., Palmieri, F., Freitas, P. L. & Aguiar, A. C. (2001). Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob cerrado. *Cienc. Rural.* 31(01):27-36. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/cr/v31n1/a05v31n1.pdf>

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

Conceição, P.C., Boeni, M., Bayer, C., Dieckow, J. & Salt, J.C. (2015). Eficiência de Soluções Densas no Fracionamento Físico da Matéria Orgânica do Solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39:490-497. DOI: 10.1590/0 1000683rbc20140447

Cortes, P., Bravo, R., Martin, P. y Menjivar, F. (2016). Extracción secuencial de metales pesados en dos suelos contaminados (Andisol y Vertisol) enmendados con ácidos húmicos. *Acta Agronómica*, 65(3), 232-238. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n3.44485>

Coyne, M. (2000). Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio. Editorial Paraninfo ITP an International Thomson Publishing Company. Madrid España. pp 416.

Decreto Supremo N° 017-2009-AG. Aprueban Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor. Recuperado de <http://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-reglamento-clasificacion-tierras-capacidad-uso-mayor>

Feller, C., Beare, M.H. (1997). Physical control of soil organic matter dynamics in the Tropics. *Geoderma* 79: 69-116.

Firme, L.P., Alvarez, V. F. y Rodellab, A. A. (2014). Solo contaminado com cádmio: Extratibilidade do metal e cinética química de degradação da matéria orgânica de torta de filtro. *Quim. Nova*, 37(06): 956-963. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140173>

Florida, N. (2021). Cadmium in soil and cacao beans of Peruvian and South American origin. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín* 74(2): 9499-9515. Doi: <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n2.91107>

Galantini, J. A., & Suñer, L. (2008). Soil organic matter fractions: analysis of Argentine soils. *Agriscientia*. 25(1): 41-55

García, D., Cárdenas, J. y Silva, A. (2018). Evaluación de sistemas de labranza sobre propiedades físico-químicas y microbiológicas en un inceptisol. *Rev.Cienc. Agr.* 35(1), 16-25. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.79>.

Gómez, A. (2017). Validación de dos opciones de fertilización en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). (Tesis de pregrado) Universidad de Guayaquil, Ecuador.

González, Y. T. (2010). Los actinomicetos: Una visión como promotores de crecimiento vegetal. [Tesis]. Pontificia Universidad Javeriana. 37pp. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8665/tesis618.pdf;sequence=1>

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

Gracia, F. J. (2012). Efectos de los compost sobre las propiedades del suelo: evaluación comparativa de compost con separación en origen y sin separación en origen. (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Cartagena. Colombia. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/60425637.pdf>

He, Z., Yang, X., Baligar, V. y Calvert, D. (2003). Microbiological an biochemical indexing systems for assessing quality of acid soils. *Advances in Agronomy*, 78, 89-133. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(02\)78003-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(02)78003-6)

Holdridge, R.L. 2000. Ecología basada en zonas de vida. Quinta reimpresión. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) San José- Costa Rica, 216 pp.

Hosokay, O. M. (2012). Calidad de suelos en diferentes sistemas de uso en Supte San Jorge - Tingo María. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú.

[http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/BazanManual\\_de\\_procedimientos\\_de\\_los.pdf](http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/BazanManual_de_procedimientos_de_los.pdf)

Huansi, P. A. T. (2011). Evaluación de la microflora del suelo durante el proceso de preparación tradicional de una chacra, en un bosque secundario de Zungarococha, Iquitos, Perú. [Tesis]. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 69pp. Disponible en: <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2017/T-577-57-H83.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Huauya, M. y Huamaní, H. (2014). Macrofauna edáfica y metales pesados en el cultivo de cacao, *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) *The Biologist* (Lima), 12(01), 45-55. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4754850>

Huera, M. P. (2018). Respuesta del cacao a la aplicación del fertilizante “full cacao” en comparación con la fertilización convencional en Pangua. (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador. Ecuador

Loss, A., Gervasio, P. M., Mendes, C. E., Beutler, S. J. & Cássia, P. M. (2016). Soil fertility, humic fractions and natural abundance of  $^{13}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}$  in soil under different land use in Paraná State. Southern Brazil. *IDESIA*. 34(01): 27-38. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v34n1/art04.pdf>

Ludeña, D. V. (2013). Efecto de la fertilización orgánica y microelementos en el rendimiento de cacao CCN51 (*Theobroma cacao L.*) en Jaén. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú.

Luna, F. M., Mesa R. J. R. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista científica Agroecosistemas*. 4(02): 31-40. Disponible en: <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>

Martínez, C. (2004). Fundamentos de la Agroecología. *Ciencias Sociales*, 103-104, 93-102. Recuperado de [https://revistacienciasociales.ucr.ac.cr/images/revistas/RCS103\\_104/07MARTINEZ.pdf](https://revistacienciasociales.ucr.ac.cr/images/revistas/RCS103_104/07MARTINEZ.pdf)

Meter, A., Atkinson, R.J. & Laliberte, B. (2019). Cadmium in Cacao from Latin America and the Caribbean – A Review of Research and Potential Mitigation Solutions. Bioersivity International, Rome, July 2019. recuperated of [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/102353/Cadmium\\_review\\_Meter\\_2019.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/102353/Cadmium_review_Meter_2019.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI. (2016). Estudio del cacao en el Perú y en el mundo; Situación Actual y Perspectivas en el Mercado Nacional e Internacional al 2015. MINAGRI-DGPA-DEEIA. Recuperado de <http://www.minagri.gob.pe/portal/monitoreo-agroclimatico/cacao-2016>

Montes, M. M. (2016). Efectos del fosforo y azufre sobre el rendimiento de mazorcas, en una plantación de cacao (*Theobroma cacao l.*) CCN-51, en la zona de Babahoyo. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador.

Mora, J. 2006. La actividad microbiana: un indicador integral de la calidad del suelo. *Revista Luna Azul*. Universidad de Caldas, Manizales - Colombia

Navarro V., Rofner N.F., Vasquez L.N. (2019): Physical attributes and organic matter of oxisols in sugar cane production systems. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21: 89–99

Navarro, V. L., Florida, R. N. & Navarro, V. M. (2018): Sustancias húmicas y agregación en oxisol (Rhodic Eutrudox) con pasto brachiaria y otros sistemas de uso. *Livestock Research for Rural Development*. 30, Article #137. <http://www.lrrd.org/lrrd30/8/nelino30137.html>

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

Navarro, V. Corá, E. J. & Junior, S. G. (2013). Influence of soil use on organic carbon and humic substances of an Oxisol in tropical systems. In: Functions of Natural Organic Matter in Changing Environment. Xu et al. Eds. Zhejiang University Press and *Springer Science*. pp. 401-405. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-5634-2\\_73](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-5634-2_73)

Nieder, N., Benbi, D. K. (2008). Carbon and nitrogen in the terrestrial environment. Springer Science + Business Media B. V. 430 pp.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2012).. Subíndice de Uso Sustentable del Suelo. SAGARPA. Recuperado de [http://smye.info/rn/ind\\_fin/suelos/Documento\\_metodologico\\_suelos.pdf](http://smye.info/rn/ind_fin/suelos/Documento_metodologico_suelos.pdf)

Orozco, C., Valverde, F., Martínez, T., Chávez, B. & Benavides, H. (2016). Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con manzano biofertilizado. *Terra Latinoamericana*, 34(4): 441-456. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n4/2395-8030-tl-34-04-00441.pdf>

Orozco, R. & Muñoz, R. (2012). Efecto de abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de la mora (*Rubus adenotrichus*) en dos zonas agroecológicas de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 25(1), 16-31. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4835576.pdf>

Orozco, M. y Thienhaus, S. (1997). Efecto de la gallinaza en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en desarrollo. *Agronomía Mesoamericana*, 8(1), 81-92. Recuperado de [http://www.mag.go.cr/rev\\_mesov08n01\\_081.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_mesov08n01_081.pdf)

Otero, J. V. (2011). Aislamiento, Selección e Identificación de Actinomicetos, Bacterias Fotosintéticas No Sulfurosas y Bacterias Ácido Lácticas con Potencial Biofertilizante, a Partir de Suelos Asociados al Cultivo de Plátano en la Costa Atlántica Colombiana. [Tesis]. Universidad Nacional de Colombia. 161pp. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5324/1/vanessaoterojimenez.2011.pdf>

Pahuara, H. D., Zúñiga, D. D. (2001). Efecto del fosforo sobre la población microbiana en suelos con pasturas en la zona altoandina de Junin. *Ecología Aplicada*. 1(01): 57-64. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/ECOLAPL/Art%C3%ADculo%209.pdf>

Puentes, Y., Menjivar, J. y Aranzazu, F. (2014). Eficiencia en el uso de nitrógeno, fosforo y potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Bioagro*, 26(2), 99-106. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/857/85731100004.pdf>

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

Pulgar, V. J. (2014). Las ocho regiones naturales del Perú. *Revista da Rede Brasileira de História da Geografia e Geografia Histórica Terra Brasilis* (Nova Série) 3, 1-20. <https://doi.org/10.4000/terrabrasilis.1027>

Ramírez, J. F., Fernandez, Y., González, P. J., Salazar, X., Iglesias, J. M. y Olivera, Y. (2015). Influencia de la fertilización en las propiedades físico-químicas de un suelo dedicado a la producción de semilla de *Megathyrsus maximus*. *Pastos y Forrajes*, 38(4), 393-402. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v38n4/pyf02415.pdf>

Recalde, M., Carrillo, M., Sánchez, J. y Moreno, R. (2012). Manejo de la nutrición del cultivo de cacao en la región de Santo Domingo – etapa de establecimiento del huerto. *Revista de Investigación Científica*, 3, 95-104. <https://doi.org/10.29019/tsafiqui.v0i3.224>

Rosa, D. M., Pereira, N. L., Mauli, M. M., Piccolo, L. G. & Palczewski, P. F. (2017). Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. *Revista Ciência Agronômica*. 48(02): 221-230. <http://www.scielo.br/pdf/rca/v48n2/1806-6690-rca-48-02-0221.pdf>

Sales, P. R., Facco, P. R., Figueiredo, P. A., Alves, M. J. & Koitik, M. (2017). Organic matter fractions of an irrigated oxisol under no-till and conventional tillage in the brazilian semi-arid region. *Rev. Caatinga. Mossoró*. 30(02): 303– 312. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/rcaat/v30n2/1983-2125-rcaat-30-02-00303.pdf>

Salazar, L. A. M., Ordoñez, G. C. A., Hernández, S. D., Castaño, P. L. M., Peña. P. K., Rodríguez, N. J. & Bueno, L. L. (2014). Actinomicetos aislados del suelo del Jardín botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira. *Scientia et Technica*, 19 (02), 223 -229. Recuperado de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/8397/5794>

Sánchez, F., Luis E.; Parra, D., Gamboa, E. & Rincón, J. (2005). Rendimiento de una plantación comercial de cacao ante diferentes dosis de fertilización con NPK en el sureste del estado Táchira, Venezuela. *Bioagro*, 17(2), 119-122. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/857/85717208.pdf>

Silva, B. C, Teixeira, R. B., Wendling, B. & Alves, C. D. (2015). Agregação do solo, carbono orgânico e emissão de CO<sub>2</sub> em áreas sob diferentes usos no Cerrado, região do Triângulo Mineiro. *Rev. Ambient. Água*. 10(01): 660-675. <http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v10n3/1980-993X-ambiagua-10-03-00660.pdf>

*Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*  
ISBN: 978-958-53472-8-1 DOI: <https://doi.org/10.34893/nq1t-sa12>

Silva, R. P. & Fernandes, C. (2014). Soil uses during the sugarcane fallow period: influence on soil chemical and physical properties and on sugarcane productivity. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 38(2), 575-584. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000200022>

Soil Survey Staff. (2014). Keys to Soil Taxonomy, 10th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC. [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_052172.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052172.pdf)

Soriano, B., Soriano E. 2010. Degradación de pesticidas por Actinomicetos. *UCV Scientia*. 2(01): 34-37. Disponible en: <file:///C:/Users/Downloads/Dialnet-DegradacionDePesticidasPorActinomicetos-6181506.pdf>

Soto, D.H. (2015). Efecto de tres niveles de fertilización con npk en una plantación establecida de palma aceitera (*eiaeisguineensis*, jacq)" en Aguaytia. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ucayali. Perú.

Stevenson, F. J. (1994). Humus chemistry: genesis. composition. reactions. 2nd Edition. For John Wiley. New York. p 496.

Stehlíková, I., Madaras, M., Lipavský, J. & Šimon T. (2016): Study on some soil quality changes obtained from long-term experiments. *Plant, Soil and Environment*, 62: 74–79.

Swift, R. S. (1996). Method for extraction of IHSS soil fulvic and humic acids. In: Sparks D L. Page A L. Helmke P A. Loeppert R H. Soltanpour P N. Tabatabai M A. Johnston C T. y Summer M E 1996. Methods of soil analysis: Chemical methods. Madison. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Part 3. P: 1018-1020.

Torres, D., Florentino, A., y López, M. (2006). Indicadores e Índices de calidad del suelo en un ultisol bajo diferentes prácticas de manejo conservacionista en Guárico, Venezuela. *Bioagro*, 18(2), 123-128. Recuperado de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612006000200002](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612006000200002).

