

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA



EFFECTO DEL ABONO ORGÁNICO LÍQUIDO BAJO LA TÉCNICA DRENCH

EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y LA PRODUCCIÓN DE CACAO

(*Theobroma cacao* L.) ORGÁNICO EN EL CENTRO POBLADO ALTO

PALCAZÚ

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES-

MENCIÓN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

JOANNA SOLIDHE POTESTA CAYETANO

TINGO MARÍA – PERÚ

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María - Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 17 de Diciembre del 2018, a horas 5:00 p.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

"EFECTO DEL ABONO ORGANICO LIQUIDO BAJO LA TECNICA DRENCH EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y LA PRODUCCION DE CACAO (Theobroma cacao L.) ORGANICO EN EL CENTRO POBLADO ALTO PALCAZÚ"

Presentado por la Bachiller: **POTESTA CAYETANO JOANNA SOLIDHE**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **"BUENO"**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 18 de Enero del 2019.


Ing. **TORRES GARCÍA, Jaime**
PRESIDENTE


Ing. Mg. **OBREGÓN PEÑA, Roberto**
VOCAL


Ing. MSc. **RUIZ CASTRE, Sandro**
VOCAL


Ing. M.Sc. **FLORIDA ROFNER, Nelino**
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA



EFFECTO DEL ABONO ORGÁNICO LÍQUIDO BAJO LA TÉCNICA DRENCH EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y LA PRODUCCIÓN DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) ORGÁNICO EN EL CENTRO POBLADO ALTO PALCAZÚ

Autor : Potesta Cayetano Joanna Solidhe

Asesor : Ing. Nelino Florida Rofner

Programa de investigación : Ciencias básicas

Línea de investigación : Física y Química de Suelos

Eje temático de investigación : Manejo de abonos orgánicos

Lugar de ejecución : Centro Poblado Alto Palcazú

Duración

Fecha de inicio : 22 – 11 – 2016

Termino : 30 – 06 – 2017

Financiamiento: 2869.25 soles

FEDU : No

Propio : si

Otros : No

2018

DEDICATORIA

A Dios; quién supo orientarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desfallecer en los problemas que se presentaban, enseñándome a enfrentar las adversidades sin perder nunca los valores ni desfallecer en el intento.

A mis queridos padres; Diego Potesta Mariño y Juvana Helit Cayetano Mariño; por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles. Me han dado todo lo que soy como persona, mi coraje para lograr mis objetivos.

A mis hermanos, Lesly y Luis por estar siempre presentes, acompañándome en cada paso de mi vida.

A la familia; Arrieta Angulo: Willy, Eloísa, Anthony y Claudia. quienes me brindaron su apoyo durante todo este tiempo; les agradezco por la desinteresada ayuda, y por los bellos momentos que compartimos.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, gracias por haberme permitido formarme, gracias a todos los docentes que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes, fueron ustedes los responsables de realizar su pequeño aporte, que el día de hoy se verá reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.
- A mi asesor el Ing. Nelino Florida Rofner y a mis jurados el Ing. Jaime Torres García, Roberto Obregón Peña y Sandro J. Ruiz Castre, gracias a sus aportes y sugerencias se pudo culminar con éxito la tesis.
- A mis amigos Frits Palomino Vera, Jorge Pinedo Huayanay, Gean Franco Sinti Cometivos, Jhian Marco Tijero Ruiz, Karl Luis Gonzales Ramos y amigas Maydy Calliri Ahuashi y Urquilla Salas Lisbeth Delia del Pilar Noriega Sinti, que fueron y son partícipes de mi formación profesional.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos generales	2
1.2. Objetivos específicos	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Origen del cacao	4
2.2. Distribución del cacao	4
2.3. clasificación taxonómica	5
2.4. Género Theobroma.....	5
2.5. Diversidad y variabilidad genética.....	7
2.5.1. Criollo	7
2.5.2. Forastero.....	8
2.5.3. Trinitario	9
2.5.4. Grupos genéticos en Perú.....	10
2.6. Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de cacao CCN51 (<i>Theobroma cacao</i> L.)	11
2.7. Producción de cacao	12

2.8.	Rendimiento del cacao.....	14
2.9.	Exigencia de suelo por el <i>Theobroma cacao</i> L.....	16
2.10.	Propiedades generales del suelo	17
2.10.1.	Propiedades físicas	17
2.10.2.	Propiedades químicas	19
2.11.	Fertilización.....	22
2.12.	Abono orgánico.....	24
2.13.	Biol.....	25
2.13.1.	Ventajas y desventajas del biol	26
2.13.2.	Desventajas del biol	27
2.13.3.	Efecto de los abonos orgánicos en propiedades físicas del suelo.....	27
2.13.4.	Efecto del abono orgánico sobre propiedades químicas del suelo.....	28
2.14.	Fertilización con la técnica drench	29
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1.	Lugar de ejecución.....	32
3.1.1.	Ubicación	32
3.1.2.	Región de Pasco	32

3.1.3.	Provincia de Oxapampa	33
3.1.4.	Distrito de Palcazú	33
3.1.5.	Clima.....	33
3.2.	Materiales	34
3.2.1.	Material genético	34
3.2.2.	Abono orgánico	34
3.2.3.	Materiales, herramientas y equipos	34
3.3.	Métodos	34
3.3.1.	Enfoque metodológico	34
3.3.2.	Tipo de investigación.....	35
3.3.3.	Tipo de diseño y técnica estadística	35
3.3.4.	Sobre el área experimental y los tratamientos	35
3.3.5.	Muestreo de suelos y registro de datos	36
3.3.6.	Atributos del suelo y metodología de análisis	37
3.3.7.	Preparación del abono orgánico tipo drench	38
3.3.8.	Variables evaluadas	40
IV.	RESULTADOS	41
4.1.	Efecto de los tratamientos en la producción del cacao.....	41

4.2.	Efecto de los tratamientos en los indicadores del suelo	44
V.	DISCUSIÓN	47
5.1.	Efectos de los tratamientos sobre la producción del cacao	47
5.2.	Efectos de los tratamientos sobre los indicadores del suelo	50
VI.	CONCLUSIONES	52
VII.	RECOMENDACIONES	53
VIII.	ABSTRACT	54
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
	ANEXOS	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Formulaciones para fertilización en cacao.....	24
2. Análisis inicial del campo experimental.	36
3. Indicadores y metodología de análisis.....	37
4. Caracterización del fertilizante líquido.	39
5. Producción mensual de cacao según tratamiento.	41
6. Rendimiento por tratamiento en Kg/ha (para 1111 plantas/ha).....	42
7. Análisis de varianza para el rendimiento del cacao.	43
8. Prueba de Duncan para la variable rendimiento.	43
9. Evaluación de indicadores químicos.....	44
10. Análisis de varianza para los indicadores de fertilidad.....	45
11. Prueba de Duncan para MO.....	45
12. Análisis de varianza para los cationes cambiabiles.	46
13. Niveles críticos de pH (relación 2:1).	71
14. Rangos interpretativos para el contenido de materia orgánica (%).	71
15. Rangos interpretativos para el nitrógeno total.	71

16. Rangos interpretativos para el fósforo total.72

17. Rangos interpretativos para potasio (K) intercambiable.72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Detalle de la unidad experimental.	36
2. Efecto de los tratamientos en el rendimiento del cacao.	42
3. Mezcla del estiércol y corrector de agua (reposo 15 días).	63
4. Extracción y colado del fertilizante (después de 15 días).	63
5. Dosificación del EM compost.	64
6. Dilución de la ceniza.	64
7. Mezcla del corrector de agua y la ceniza.	65
8. Aplicando la melaza.	65
9. Colocando el respirometro para dejarlo en reposo por 15 días.	66
10. Preparando los tratamientos para su aplicación.	66
11. Aplicación focalizada sobre el suelo del abono líquido.	67
12. Aplicación a la altura de copa con mochila dosificadora.	67
13. Parcela de cacao sometido a los tratamientos.	68
14. Diseño de la parcela experimental.	68
15. Mapa de ubicación CP. Alto Palcazú.	69
16. Valoración de los resultados de análisis de suelo.	69

17.	Análisis de caracterización del Drench Orgánico.....	70
18.	Resultados del análisis de suelo.	70

RESUMEN

La producción mundial de cacao (*Theobroma cacao* L.) es 485 Kg/ha, el Perú, se encuentra con un nivel de rendimiento medio 650 a 700 Kg/ha, ligeramente por encima de la media mundial. Sin embargo, estamos lejos del rendimiento de Guatemala y Tailandia, en el 2013 han superado los 3 mil y 2,6 t/ha. Por ello, la investigación evaluó el efecto del abono orgánico líquido bajo la técnica drench en las propiedades del suelo y la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico en el centro poblado Alto Palcazú, distrito Palcazú, provincia Oxapampa-Pasco. Se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizado (DBCA) constituidos por cuatro tratamientos y tres repeticiones, donde T₁: testigo absoluto, T₂: 200 mL/planta de abono orgánico líquido (drench), T₃: 400 mL/planta de drench y T₄: 600 mL/planta de drench. Los resultados muestran efectos significativos para $p < 0.1$ en el rendimiento del cacao, el T₃ mostro mejor respuesta al presentar el mayor rendimiento (1 127.66 Kg/ha). Los principales indicadores químicos del suelo, pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ y Al³⁺. no mostraron estadísticamente ($p < 0.05$) efectos significativos, con excepción de la materia orgánica. Concluyendo, que la aplicación del fertilizante líquido orgánico aplicado bajo la técnica drench no mejoro las propiedades del suelo, pero si, produjo un incremento significativo positivo en el rendimiento del cacao.

Palabras clave: Abono orgánico, drench, materia orgánica, rendimiento.

I. INTRODUCCIÓN

El promedio de la producción mundial de cacao (*Theobroma cacao* L.) es 485 Kg/ha, en el caso del Perú, éste se encuentra con un nivel de rendimiento medio 650 a 700 Kg/ha, ligeramente por encima de la media mundial. Sin embargo, estamos lejos del rendimiento de Guatemala y Tailandia, en el 2013 han superado los 3 mil y 2,6 t/ha. En cuanto al rendimiento promedio del cacao por regiones, en el 2015 fue de 720 kilogramos por hectárea, Pasco destaca en primer lugar con 1 154 kg/ha (MINAGRI, 2016). Por lo tanto, es necesario investigar técnicas de fertilización que permitan mejorar estos rendimientos.

En este contexto, diversas instituciones y organismos se encuentran implementando y ejecutando proyectos de cacao (*Theobroma cacao* L.). Al respecto, el Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo, a través de su Programa Selva Central y en cumplimiento de su rol en la generación de desarrollo integral y sostenible en zonas promisorias de la región con potencial productivo agrario, realiza y promueve la inversión pública y privada de la actividad cacaotera en el Valle de Palcazú en la región Pasco, generando empleo y oportunidades económicas para la población rural, y la inclusión de la mujer en estas dinámicas. Mejorando el ingreso y la calidad de vida. Frente a ello, los proyectos consideran la aplicación de abonos orgánicos sólidos y líquidos que tienen importancia en el desarrollo vegetativo de los

cultivos influyendo en el crecimiento y en otras variables agronómicas, por su influencia en variables químicas del suelo (CUENCA, 2016). Los abonos líquidos son útiles para cultivos ya establecidos ya que permite la aplicación en forma muy localizada directo al sitio donde crecen las raíces, como en el caso de muchos cultivos perennes. Por lo tanto, la fertilización bajo la técnica drench puede ser una opción para aplicaciones donde se utilizan dosis bajas y localizadas (VALERIO y MOLINA, 2012).

La investigación se justifica considerando que la fertilización tipo drench no es una técnica usada en el ámbito de la investigación y no se disponen de trabajos que muestren científicamente resultados bajo esta técnica, por lo tanto, los resultados, servirán como base para la toma de decisiones de las instituciones que promueven proyectos productivos y mejorar el rendimiento y con ello la rentabilidad del cultivo de cacao.

Finalmente, la investigación tuvo como problema general ¿en qué medida el abono orgánico aplicado bajo la técnica drench mejorara las propiedades del suelo y la producción del cacao?, y planteó como hipótesis: los abonos orgánicos aplicados bajo la técnica drench, tienen efecto positivo en las propiedades del suelo y la producción del cacao; para demostrarlo se trabajó con los siguientes objetivos:

1.1. Objetivos generales

Evaluar el efecto del abono orgánico líquido bajo la técnica drench en las propiedades del suelo y la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico en el centro poblado Alto Palcazú.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del abono orgánico líquido bajo la técnica drench en el rendimiento de cacao orgánico
- Determinar del abono orgánico líquido bajo la técnica drench en las propiedades físicas (textura) y químicas (pH, MO, N, P, K, Ca, Mg, Al, CIC) del suelo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del cacao

Se dice que el cacao es una especie endémica de América del Sur cuyo centro de origen está localizado en la región comprendida entre las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo, tributarios del río Amazonas (CHESSMAN, 1944; LEÓN, 1968). En esta región se ha encontrado los diversos tipos de frutos, algunos parecidos al criollo, denominados “criollo de montaña” amelonados grandes como el “nacional” del Ecuador angoletas parecidos a los clones “parinaris” y otros tipos de amelonados (SORIA, 1987).

2.2. Distribución del cacao

Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI (2016) Indica que el árbol del cacao se cultiva en las regiones tropicales. Es comercialmente cultivada 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. De igual manera, ROMERO (2016), señala que el cacao es una planta estrictamente tropical, se cultiva principalmente a los 10° de latitud de la línea ecuatorial, pero se distribuye a lo largo de los trópicos húmedos hasta los 20° N y 20° S. sin embargo, en algunos casos pueden

encontrarse en latitudes subtropicales, hasta los 23° N y 25°S (PAREDES *et al.*, 2003).

2.3. clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Subfamilia: Sterculioidae

Género y Especie: *Theobroma cacao* L.

Fuente: ROMERO (2016)

2.4. Género Theobroma

La especie más importante comercialmente es *Theobroma cacao* L. El vocablo “Theobroma”, proviene de Theos (dios) y bróma (alimento), o sea “alimento de los dioses” (VÁZQUEZ, 1999). Este género comprende veintidós especies, y todas ellas crecen bajo el dosel de los bosques tropicales lluviosos. Se distribuyen naturalmente desde la región meridional de México, hasta la cuenca del Amazonas, donde se considera su centro de origen y diversidad. Las especies de este género son árboles ramificados con hojas simples y frutos carnosos indehiscentes llamados mazorcas.

VÁZQUEZ (1999), es un árbol de talla pequeña, perennifolio, de cuatro a siete metros de altura cuando es cultivado. El cacao silvestre puede crecer hasta 20 m o más. Es hermafrodita, angiosperma y dicotiledónea. Su tamaño depende mayormente de las condiciones edafoclimáticas en las que se desarrolla. Presenta una copa baja, densa y extendida. Sus hojas coriáceas simples y enteras grandes, alternas, colgantes y elípticas, de 20 a 30 cm de largo por 4 a 15 cm de ancho; de puntas largas, con margen liso, de color verde oscuro en el haz y más pálidas en el envés que cuelgan de un pecíolo (VÁZQUEZ, 1999), el color de sus retoños puede ser rojizo-violeta o verde claro, dependiendo de cada variedad (INTA, 2010).

Sus frutos son bayas grandes (mazorcas), son carnosos, ovalados, amarillos o púrpuras, de 15 a 30 cm de largo por siete a diez centímetros de grueso, puntiagudos y con camellones longitudinales; de 200 a 1000 g de peso c/u (DOSERT *et al.*, 2012). El exocarpio está formado por tejido esponjoso, el mesocarpio es semi leñoso y el endocarpio es carnoso y suave. Cada mazorca contiene en general entre 30 y 50 semillas dispuestas en placentación axial, e incrustadas en una masa de pulpa (mucílago) desarrollada de las capas externas de la testa. El tamaño de una almendra, es de color chocolate, purpureo o blanco, de 2.0 a 3.0 cm de largo y de sabor amargo. No tiene albumen y están recubiertas por una pulpa mucilaginoso de color blanco y de sabor agridulce (Romero 2016). Todo el volumen del interior de la semilla está ocupado por los dos cotiledones del embrión; comúnmente se les llama "granos" de cacao. Son ricas en almidón, proteínas y grasas (VÁZQUEZ, 1999).

2.5. Diversidad y variabilidad genética

La variabilidad genética se refiere la variación en las características heredables dentro de las especies entre poblaciones diferentes. Esta diversidad está relacionada a la adaptabilidad de las especies a su entorno y es por eso importante en los programas de domesticación y mejoramiento genético. Su manejo contribuye a aumentar la resistencia a enfermedades y la tolerancia a las condiciones ambientales desfavorables, así como, a mejorar ciertas habilidades deseables de las especies domesticadas. La variabilidad que presentan los individuos en las poblaciones silvestres o cultivadas constituyen los recursos filogenéticos que son conservados como colección de germoplasma cuya caracterización y evaluación, son impredecibles para los trabajos de mejoramiento genético (CASTRO Y BARTLEY, 1983).

DOSERT *et al.* (2012) señala que las plantas de *Theobroma cacao* L. se dividen en tres grandes grupos botánicos o genéticos: El Criollo, el Forastero y el Trinitario. Esta clasificación se originó en Venezuela hace más de 100 años y no define totalmente la variabilidad de la especie, la mayoría de las formas de cacao cultivadas actualmente alrededor del mundo son híbridos de orígenes diversos que no pueden incluirse completamente en alguno de estos grupos clásicos (ROMERO 2016).

2.5.1. Criollo

Este grupo evolucionó en el norte de Sudamérica y Centroamérica. Se caracterizan por ser árboles delgados con frutos alargados de punta

pronunciada y aguda, con una coloración verde-rojiza. Corresponden a *Theobroma cacao* L. subsp. *Cacao* (DOSERT et al., 2012). Los Criollos son de bajo rendimiento y susceptibles a enfermedades (Romero 2016). Son materiales finos y con mayor suavidad y aroma en comparación con los forasteros, y de estos se obtiene el chocolate de más alta calidad (ARANZAZU et al., 2009). Estudios filogenéticos sugieren que su origen proviene de la Alta Amazonia. El cultivo comercial se desarrolla en las áreas de origen, como México, Venezuela y Colombia. (DOSERT et al., 2012) Representa del 5-10% de la producción mundial de cacao (Rufino, 2008).

2.5.2. Forastero

Son árboles robustos y grandes de hojas pequeñas, provenientes de la Cuenca Amazónica, se dividen en dos grupos (INTA, 2010) Los que son de la parte alta de la cuenca del Amazonas, son frutos de diversas formas y tamaños, con granos de color violeta oscuro. (ii) Los de la región baja del Amazonas, son amelonados y de color amarilló al madurar, de corteza gruesa, granos pequeños y aplanados de color púrpura claro y oscuro. Corresponden a *Theobroma cacao* L. subsp. *sphaelocarpum* (Chev.) Cuatrec. Son tolerantes a las plagas y se adaptan bien a diversos ambientes (INTA, 2010). Dominan la producción mundial con cerca del 80% (ROMERO, 2016; DOSERT *et al.*, 2012).

MINAGRI (2016). Lo considerada 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.

2.5.3. Trinitario

Este grupo presenta una gran variabilidad debido a que se origina de las cruces naturales entre Forasteros del bajo Amazonas y Criollos. Esta hibridación natural generó frutos polimórficos que normalmente son robustos, ahora conocidos como Cundeamor, Angoleta y Calabacillo, sus semillas son de color violeta claro a oscuro. Representa del 10-15% de la producción mundial (ROMERO, 2016; DOSERT *et al.*, 2012).

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, entre otras. 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 (MINAGRI, 2016).

2.5.4. Grupos genéticos en Perú

MINAGRI (2016) señala que en Perú, de acuerdo a la clasificación propuesta por Lachenaud, en 1997 tenemos los siguientes grupos genéticos o germoplásmicos naturales y/o artificiales:

- Criollo
- Forastero del Alto Amazonas o Amazonas
- Forastero del Bajo Amazonas o Guyanas
- Nacional

Además señala que un quinto grupo genético (artificial), corresponde a los cultivares Trinitarios, la distribución de estos grupos genéticos en términos porcentuales a nivel nacional, un 44% de las áreas corresponden al cacao fino (variedades criollo y nativos), es decir 37 119 hectáreas; mientras que el cacao común o corriente, que está conformado por los grupos genéticos CCN-51, corresponde al 53,6% de los cultivos; y el grupo Trinitario y Forastero, con el 2,2% (1 855 hectáreas), ambos grupos (corrientes) suman un total de 47 300 hectáreas (56% del total).

También señala que, la región San Martín es la que presenta mayor área de cultivos de cacao: 28 984 hectáreas (34% del total). De esta, el 90% son plantaciones de cacao de la variedad CCN-51 (26,086 hectáreas) y un 8% de la variedad Criollo y Nativo (2 139 hectáreas). Le sigue en importancia la región Cusco con 21 740 hectáreas (25,6% del total), con 60% de plantaciones

de cacao Criollo y Nativo (13 044 hectáreas) y 8 261 hectáreas de cacao CCN-51 (38%). Asimismo, la región Junín con 9 356 hectáreas de cacao (11% del total), posee el 65% de plantaciones de la variedad Criollo y Nativo (6 081 hectáreas) y el 33% de la variedad CCN-51 (3 087 hectáreas). Otras regiones con importantes plantaciones de cacao de las variedades Criollo y Nativo son Ayacucho (6 149) y Amazonas (4 459) hectáreas respectivamente.

2.6. Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de cacao CCN51 (*Theobroma cacao* L.)

MINAG (2004). Asevera que el crecimiento, desarrollo y la buena producción del cacao están estrechamente relacionados con las condiciones del medio ambiental de la zona donde se cultiva. Es por ello que los factores climáticos influyen en la producción de una plantación; por lo tanto, las condiciones térmicas y de humedad deben ser satisfactorias para el cultivo por ser una planta perenne y que su periodo vegetativo como la época de floración, brotamiento y cosecha está regulado por el clima.

Sobre la temperatura menciona que es un factor de mucha importancia debido a su relación con el desarrollo, floración y fructificación de los cultivos de cacao. El efecto de temperaturas bajas se manifiesta en la velocidad de crecimiento vegetativo, desarrollo de producto y en grado en la intensidad de la floración, así mismo, controla la actividad de las raíces y de los brotes de la planta. La temperatura para el cultivo de cacao esta entre los valores mínima 23°C, máxima de 32 °C y optima de 25 °C. Debe estar

alrededor de los 25° C (MINAGRI, 2016). La temperatura controla el crecimiento y el brote de flores, frutos y raíces; así como la absorción de agua, por debajo de los 15° C la actividad de las raíces disminuye, algunos estudios sugieren que su cultivo de forma comercial no se realice en sitios que alcancen este punto (Romero, 2016). La temperatura mínima absoluta es de 10° C, luego de los cuales la planta empieza a recibir daño (DOSERT *et al.*, 2012).

En cuanto la altitud, el cacao crece mejor en las zonas tropicales cultivándose desde el nivel del mar hasta los 800 m de altitud, sin embargo, en altitudes cercanas al Ecuador las plantaciones desarrollan normalmente en mayores altitudes que van del orden de los 1000 a 1400 m.s.n.m. (ROMERO, 2016; MINAGRI, 2016; MINAG, 2004; PAREDES *et al.*, 2004).

ROMERO (2016) señala que el cacao es una planta con altos requerimientos de agua. Necesita entre 1,600 a 2,500 mm anuales de lluvia. Puede resistir un periodo seco de hasta tres meses (INTA, 2010). El cacao requiere de un ambiente húmedo, que oscile entre el 70% y 80% anual y puede ayudar a cubrir parte de la demanda de agua, reduciendo el estrés de la planta y la evapotranspiración. Este factor no debe ser menor al 60% en estos periodos (INTA, 2010).

2.7. Producción de cacao

La International Cocoa Organization – ICCO (2013); Citado por ROMERO (2016), en su reporte anual 2012/2013, menciona que la producción de cacao en grano a nivel mundial para ese año fue de 3,931 millones de Tm;

la cual disminuyó un 3.7% con respecto a su año anterior. África constituye la mayor región productora de cacao, abarcando el 73% de la cuota mundial total, de la cual, la producción conjunta de Costa de Marfil y Ghana se sitúa en 2,280 millones de Tm, lo que representa el 58% a nivel mundial. En América fue de 618 mil Tm, y para Asia y Oceanía fue de 500 mil Tm. Alrededor del 30-40% de la producción cacaotera mundial se pierde a causa de plagas y enfermedades, y a nivel local, algunos agricultores pueden perder la totalidad de sus cosechas.

MINAGRI (2016) señala que en el año 2011 se observó el nivel más elevado de las exportaciones (3,3 millones de toneladas) en circunstancias en que los precios internacionales alcanzan los niveles históricamente más altos debido al aumento de la demanda por encima de la producción; a la disminución de los stocks impactados por los problemas políticos en Costa de Marfil, luego se presentó una caída en la producción mundial, recuperándose en el 2014, se aprecia una recuperación de las exportaciones (21,8 %) con un volumen de 3,3 millones de toneladas, debido al aumento de las exportaciones de Costa de Marfil y Ghana (participan con el 59% de las exportaciones); la presencia de la Unión Europea (UE), cuya participación en las exportaciones mundiales es de 14%, el mismo que es liderado por Holanda y Bélgica. En el 2015 declinan nuevamente las exportaciones mundiales debido a menor volumen exportado por los más importantes proveedores como Costa de Marfil y Ghana por problemas climáticos, sin embargo, los precios van en plena recuperación desde el último trimestre de 2013 hasta el 2015.

En América Latina el cacao es cultivado en Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Venezuela, Perú, México y algunos países de Centroamérica (MINAGRI, 2016; DOSERT et al., 2012; INTA, 2010). La mayor parte de los agricultores cacaoteros son pequeños productores. Más del 90% del cacao en el mundo se origina de esta manera (ICCO, 2013). Respecto a la participación de Perú, en los últimos diez años ha crecido a tasas elevadas, 59 mil toneladas en el 2015, representando alrededor del 2% de las exportaciones mundiales (MINAGRI, 2016).

2.8. Rendimiento del cacao

MINAGRI (2016) el rendimiento mundial de la producción de cacao en grano es en promedio 460 Kg/ha. Sin embargo, existen algunos países con alta productividad, como Guatemala y Tailandia, los cuales en el 2013 han superado los 3 mil y 2,6 mil kilogramos por hectárea, asimismo Santa Lucía con 1,7 mil kilogramos es otro de los países con alta productividad. Otros como Costa de Marfil, que siendo el primer productor mundial ha caído su rendimiento a 580 Kg/ha, Ghana muestra un rendimiento de 520 Kg/ha, Indonesia 430 Kg/ha y han caído alrededor de 350 Kg/ha: Brasil, Ecuador y Nigeria, entre otros, importantes países productores de cacao a nivel mundial.

En el caso de Perú, éste se encuentra con un nivel de rendimiento medio (650 a 700 Kg/ha) aunque por encima del promedio mundial (485 Kg/ha). Con relación a las regiones donde se produce cacao en grano, destacan básicamente las regiones de San Martín con el 43%; Junín con el

18%, Cusco con 9%, Ucayali con 8% y Huánuco con 6%. Estas cinco regiones representan el 84% de toda la producción nacional. Regiones como Ayacucho, Amazonas, Cajamarca, Tumbes, Loreto, Puno y Madre de Dios, también tienen producción de cacao en menores volúmenes. En cuanto al rendimiento promedio del cacao por regiones, en el 2015 fue de 720 kilogramos por hectárea. Entre las regiones que destacan por su elevada productividad tenemos a la región Pasco con 1 154 kg/ha, le sigue Cajamarca con 1 059 kg/ha, la región San Martín rinde 815 kg/ha; Junín, 924 kg/ha y en el caso del Cusco muestra el rendimiento más bajo a nivel nacional con 366 g/ha. (MINAGRI, 2016).

Además, con respecto al rendimiento, SÁNCHEZ *et al.* (2005) destacó al CCN-51 por ser el más tolerante a las enfermedades y observó una amplia variación en el rendimiento, donde en promedio de cuatro años en dos localidades de Ecuador, el clon comercial CCN-51 fue el de mayor rendimiento de cacao seco 1 047, 7 kg/ha. Asimismo, Argüello y Mejía 2000; citados por SÁNCHEZ *et al.* (2005) afirman que los bajos rendimientos que se obtienen en Colombia (500 kg/ha) se deben principalmente a la mala calidad de las semillas utilizadas, constituidos por germoplasma híbrido, semilla común e hijo de híbridos, lo que trae como consecuencia un alto porcentaje de incompatibilidad. Sin embargo, RÚALES *et al.* (2011) utilizando dosis elevadas de diferentes fertilizantes y clones de cacao, el clon CCN – 51 produjo el mayor número de mazorcas con un total de 43,11 mazorcas por árbol; Se encontró 2 613, 2 376 y 2 851 kg/ha al año. Como puede verse el CCN51 presenta una gran variabilidad en el rendimiento, influenciada por diversos factores.

Finalmente, ÁLVAREZ *et al* (2015) afirman que el uso eficaz de los fertilizantes por la planta de cacao podría ayudar no solo a mejorar el rendimiento, sino la calidad del producto, la rentabilidad y la protección del medio ambiente. Sugiere que, se requiere por cada 1 000 kg de grano seco de cacao 20 kg N, 4 kg P y 10 kg K, nutrientes que se toman del suelo con cada cosecha.

2.9. Exigencia de suelo por el *Theobroma cacao* L

MINAG (2004) señala que el cacao requiere suelos muy ricos en materia orgánica, profundos, francos arcillosos, con buen drenaje y topografía regular, con pH que oscilan entre 4.0 – 7.0 factor limitante del suelo en el desarrollo del cacao es la delgada capa húmica. El cultivo de cacao depende de la disponibilidad de agua y los nutrientes del suelo, altas intensidades en suelos pobres y sin fertilizar agotan a las plantas. Se necesita más sombra en suelos pobres y más luz en suelos fértiles; por lo que se estima que cinco horas de brillo solar, son las necesarias para el desarrollo óptimo de este cultivo (INTA, 2010).

De acuerdo a sus exigencias en propiedades físicas, se establece bien en suelos de profundidad: de 0,60 – 1,50 metros. Con una textura del suelo franco, franco-arcilloso, franco arenoso. Asimismo, no es recomendable suelos finos o muy gruesos. Presenta poca tolerancia a suelos arcillosos pesados debido a una baja aireación y filtración del agua. Se observa la porosidad de los suelos de 20%-60% con buena retención de humedad. Un

buen drenaje es esencial y deseable (MINAGRI, 2016). Además, para ROMERO (2016) El terreno más apropiado para el buen desarrollo del cacao es el aluvial, de textura media (francos, francos arcillosos, francos arenosos), con una profundidad mínima de 1.0 m y que sean fáciles de penetrar por la raíz pivotante. Los suelos arenosos no se recomiendan en lugares con periodos secos, deben ser de color oscuro en el horizonte húmico y rojizos en los horizontes inferiores (ser ricos en materia orgánica y estar libres de acumulaciones de hierro). Los sitios donde el plátano crece en abundancia son un buen indicador de un suelo apto para el cultivo de cacao (INTA, 2010).

Finalmente el cacao se desarrolla de manera ideal a una pendiente del 15% pero puede tener rendimientos aceptables hasta con un 30%, en terrenos que no sean muy escarpados, o con prácticas apropiadas de conservación del suelo y del agua presenta buenos rendimientos con un nivel de pH entre los 6.0 y 6.5; aunque puede adaptarse a diferentes niveles, de entre suelos muy ácidos con pH de 4.5 hasta suelos alcalinos con pH de 8.5, con rendimientos muy bajos en la producción (ROMERO, 2016; MINAGRI, 2016; INTA, 2010).

2.10. Propiedades generales del suelo

2.10.1. Propiedades físicas

Las propiedades físicas de un suelo tienen mucho que ver con la capacidad que el hombre le da para diferentes usos. Las características físicas de un suelo en condiciones húmedas y secas para las edificaciones, la

capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la retención de nutrimentos de las plantas, etc. están íntimamente conectados con la condición física del suelo (PORTA *et al.*, 2003).

2.10.1.1. Textura

Las partículas del suelo se conocen como arcilla, limo y arena y cada una se subdivide en fina, media y gruesa. Su fraccionamiento sigue una escala logarítmica con límites entre 0.002 mm, el limo entre 0.002 y 0.063 mm y la arena entre 0.63 y 2 mm. Grava de 2 a 20 mm y piedra mayor de 20 mm. Considerados dentro de este grupo a los agregados estables por efecto de materia orgánica (ZAVALETA, 1992).

2.10.1.2. Densidad aparente

El resto lo constituyen espacios intersticiales que, en condiciones ordinarias de campo, están ocupados en parte por agua y en parte por aire. El peso de la unidad de volumen de suelo con espacios intersticiales es lo que da la densidad aparente. Casi todos los suelos minerales tienen una densidad aparente que varía de 0.4 a 2.0 g/cc. La densidad aparente es importante para estudios cuantitativos de suelo. Los resultados de las densidades aparentes son fundamentales para calcular los movimientos de humedad, los grados de formación de arcilla y la acumulación de los carbonatos en los perfiles de suelo, Los suelos orgánicos tienen muy baja densidad aparente en comparación con los suelos minerales (WOODING, 1967).

2.10.1.3. Densidad real

Un medio de expresión del peso del suelo se manifiesta según la densidad de las partículas sólidas que lo constituye. Normalmente se define como la masa (o peso) de una unidad de volumen de sólidos del suelo y es llamada densidad de la partícula; aunque pueden observarse variaciones considerables en la densidad de los suelos minerales, individuales; la mayor parte de los suelos normales varían entre los límites estrechos de 2.60 a 2.7 g/cc. Debido a que la materia orgánica pesa mucho menos que un volumen igual de sólidos minerales, la cantidad de ese constituyente en un suelo afecta marcadamente a la densidad de partículas. Como consecuencia, los suelos superficiales poseen generalmente una densidad de partículas más baja que la del subsuelo. La densidad más alta en estas condiciones, suele ser de 2.4 g/cc. También se le define como el peso de un volumen conocido comparado con el peso de volumen igual de agua (BUCKMAN y BRADY, 1966).

2.10.2. Propiedades químicas

La química de suelos es la ciencia que estudia las propiedades químicas del suelo y de sus componentes inorgánicos y orgánicos, así como los fenómenos a que da lugar la mezcla de esos componentes. (Bornemisza, 1982). Algunas propiedades químicas del suelo son:

2.10.2.1. Materia orgánica del suelo

La riqueza de los suelos de la selva radica en el contenido de materia orgánica; la presencia de color oscuro es sinónimo de un suelo fértil, es

decir de materia orgánica (CASTAÑEDA, 1997). Hablar de la materia orgánica es hablar del aporte de mayor cantidad cargas negativas en la capacidad de intercambio catiónico, como también es sinónimo del aporte de nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio y otros nutrientes, que influyen en el mejoramiento de la estructura, de la retención de humedad del suelo y en general, de sus propiedades físicas, químicas y biológicas (BENZING, 2001).

La materia orgánica del suelo contiene alrededor de 5% de N total y por lo tanto, es una reserva de N pero el N en la materia orgánica se encuentra formando parte del compuestos orgánicos y no esta inmediatamente disponible para las plantas, debido a que la descomposición ocurre latentemente. En la materia orgánica también están contenidos otros elementos esenciales para la planta como P, Mg, Ca, S y micronutrientes. A medida que la materia orgánica se descompone, estos nutrientes pasan a ser disponibles para la planta en crecimiento (INPOFOS, 1997).

La descomposición de la materia orgánica se llama “mineralización” y la formación de sustancias húmicas “humificación”. La predominancia de uno u otros procesos depende de muchos factores como: la temperatura, precipitación, aireación, textura, minerales amorfos, pH, relación C/N de la materia orgánica, contenido de lignina y la predominancia de bacterias u hongos (BENZING, 2001).

2.10.2.2. pH del suelo

El pH expresa la cantidad de iones (H^+) en suelos como también en solución acuosa es normalmente una fracción muy pequeña de una

equivalente, por litro, se ideó la escala de pH como el logaritmo del recíproco (logaritmo negativo) de la actividad de los iones H^+ en la solución representándose este valor mediante la ecuación:

$$pH = \log. 1/ (H^+)$$

Es la medición electroquímica de la concentración efectiva de los iones H^+ y OH^- de la solución suelo, por medio de un electrodo, inmerso en la suspensión suelo/agua (AREVALO y SANCO, 2002). A $pH = 7$ la concentración de iones de H^+ es igual a la concentración efectiva de los iones OH^- ; un cambio de pH indica cambio en la concentración de iones H^+ y OH^- . Un pH menor que 7 indica que la concentración es ácida y es alcalina si el pH de la solución es mayor que 7 (CEPEDA, 1991 y ZAVALETA, 1992).

2.10.2.3. Capacidad de intercambio catiónico

La capacidad de intercambio catiónico, es una de las características más importantes de un suelo, ya que ésta es la capacidad del suelo de retener cationes cargados positivamente (cationes) y se debe a que el suelo (complejo coloidal) presenta cargas negativas.

Existe una correlación significativa entre las propiedades textura y la capacidad de cambio, aumentando ésta para los suelos de textura fina y disminuyendo para suelos de textura gruesa ya que las arenas y margas arenosas son pobres en arcilla coloidal y casi siempre deficientes en humus (FASSBENDER, 1987).

2.10.2.4. Nutrientes

Los nutrientes vegetales son aquellos elementos químicos que en mayor o menor proporción son necesarios para el desarrollo de las plantas, y que en general éstas toman del suelo por las raíces, y del aire por las hojas. Por tanto, el correcto desarrollo de un cultivo dependerá del contenido nutricional del suelo. Pero la cantidad de nutrientes a añadir al suelo no depende solo del estado químico del suelo sino también de factores como el clima local, la estructura física, la existencia de cultivos previos y presentes, actividad microbiológica, etc. Por tanto, con una evaluación es posible saber la cantidad de fertilizantes a añadir (ZAVALA, 2007).

2.11. Fertilización

Las plantas son organismos autótrofos que requieren de diversos compuestos que estén presentes en la solución del suelo para desarrollar sus funciones; estos son los macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg y S; y los micronutrientes: Fe, Cu, Zn, Mn, B y Cl (GLIESSMAN, 2002). Los suelos se consideran fértiles cuando además de contener todos los elementos requeridos por las plantas, estos se encuentran disponibles para ser absorbidos; y el suelo cuenta con las características físicas y químicas necesarias, como la textura, la profundidad, la capacidad de almacenamiento y el pH. Cuando alguno de estos nutrientes escasea se limita el desarrollo de las plantas y su rendimiento, por lo tanto, el uso de insumos que provean o restauren estos nutrimentos, es importante para la agricultura. A este proceso se le conoce como fertilización

(FAO, 2002). La cantidad de fertilizante necesaria para un cultivo, está en función de las condiciones edafoclimáticas y agroecológicas del sitio en cuestión (FAO, 2002). Sin embargo, el uso indiscriminado de fertilizantes, especialmente los nitrogenados, puede causar la eutrofización de lagos y ríos debido al escurrimiento, afectando severamente a los organismos y puede alcanzar niveles tóxicos para el ser humano. Otro ejemplo es el óxido de nitrógeno que no es producido por la desnitrificación microbiana, cuya aplicación puede afectar la capa de ozono y alterar los niveles de pH del suelo (RODRÍGUEZ *et al.*, 1984).

Picha (2003); citado por TOALOMBO (2013) detalla que el uso de los fertilizantes está supeditado a los análisis de suelo y foliares. En general, la cantidad de materia orgánica en el suelo debe ser alta, al igual que la de elementos como el fósforo y el potasio. La relación Ca:Mg:K (2:1:1) debe mantenerse, ya que estos elementos, junto con el boro, son fundamentales para el control de enfermedades. La aplicación de los fertilizantes puede hacerse utilizando varios métodos, dentro de los cuales se distinguen el de banda lateral, media luna, corona, chuzo (6 a 12 huecos a 20-30 centímetros y 5-10 centímetros de profundo), fertiirrigación o vía foliar.

En el caso del cacao, al igual que con los demás cultivos, las recomendaciones de fertilización deben hacerse después de realizar un análisis del suelo. Para la fertilización química, pueden utilizarse formulaciones compuestas; el INTA (2010) hace las siguientes recomendaciones:

Cuadro 1. Formulaciones para fertilización en cacao.

Edad/años	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S
0-1	23	9	14	6	7
1-2	40	11	29	9	14
2-3	57	17	43	14	21
3-4	71	23	57	18	27
Mayor de 4	86	29	71	23	24

Fuente: "Manual para el cultivo de cacao" INTA (2010); Citado por Romero (2016).

Por su parte, PAREDES *et al.* (2004) recomienda la elaboración de distintos fertilizantes orgánicos para el cultivo de cacao. Abonos orgánicos sólidos como la composta y el bocashi; y biofertilizantes líquidos (algunos de tipo foliar); elaborados en su mayoría con residuos biológicos de la misma parcela, estiércol, melaza y algunos minerales. Este tipo de abono debe aplicarse dos veces al año: una aplicación al principio y otra final de las lluvias, en una proporción de 4 kg por árbol (LÓPEZ *et al.*, 2011).

2.12. Abono orgánico

Los abonos orgánicos forman parte de un sistema de producción orgánica, al respecto, OIRSA (2003); citado por Toalombo (2013), define agricultura orgánica como un sistema de producción integral que promueve y mejora la salud del agro ecosistema, utilizando insumos naturales, maximiza el

reciclaje de nutrientes y evita el uso de productos derivados de combustibles fósiles, tales como fertilizantes y plaguicidas químicos.

Los abonos orgánicos son el producto de un proceso biológico en el cual la materia orgánica es degradada en un material relativamente estable, que es obtenido por la descomposición o fermentación de desechos de origen animal o vegetal, la mayoría de los abonos se lleva a cabo bajo condiciones anaeróbicas (BALAGUER, 1999).

También hay fertilizantes de la línea de los bioles y bioactivadores orgánicos del suelo formulados a base de ácidos alginico, ácidos húmicos, fulvicos enriquecidos con aminoácidos y micronutrientes quelatados para ser aplicados en la etapa inicial del cacao, fertilizantes promotores de la formación de nuevas raíces y mejoramiento de la estructura del suelo e incremento de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y del complejo arcillo húmico (CUEVA, 2013).

2.13. Biol

El biol es un biofertilizante, fuente de fito reguladores preparado a base de estiércol muy fresco, disuelto en agua y enriquecido con leche, melaza y ceniza puesto a fermentar por varios días, obteniendo un producto de la descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos (Restrepo, 2001; citado por TOALOMBO, 2013). La producción del biol es una técnica utilizada para incrementar y mejorar la calidad de las cosechas, en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las

plantas como: enraizamiento, acción sobre el follaje, mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, ayudando al aumento de las cosechas, además en la producción del biol se puede añadir a la mezcla plantas biosidas o repelentes, para combatir insectos plagas (COLQUE *et al.*, 2005).

En la agricultura orgánica, el biol es una alternativa de fertilización. Abonos líquidos o bioles son una estrategia que consiente en aprovechar el estiércol de los animales, todo esto sometidos a un proceso de fermentación anaeróbica, dan como resultado un fertilizante foliar que contiene principios hormonales vegetales como auxinas y giberelinas (Basaure, 2006; Citado por TOALOMBO, 2013). Investigaciones realizadas, permiten comprobar que aplicados foliarmente a los cultivos en una concentración entre 20 y 50% se estimula el crecimiento, mejora la calidad de los productos e incluso tienen cierto efecto repelente contra las plagas. Estos abonos orgánicos líquidos son ricos en nitrógeno amoniacal, en hormonas, vitaminas y aminoácidos. Estas sustancias permiten regular el metabolismo vegetal y además pueden ser un buen complemento a la fertilización integral aplicada al suelo (TOALOMBO, 2013)

2.13.1. Ventajas y desventajas del biol

Para COLQUE *et al.* (2005) el uso del biol, acelerar el crecimiento y desarrollo de las plantas, aumenta la resistencia a plagas y enfermedades, aumenta la tolerancia a condiciones climáticas adversas (heladas, granizadas,

otros). En el trasplante, se adapta mejor la planta en el campo, conserva mejor el NPK, Ca, debido al proceso de la descomposición anaeróbica lo cual permite aprovechar totalmente los nutrientes y el N que contiene se encuentra en forma amoniacal lo cual es fácilmente asimilable.

Además, AEDES (2006) indica que es un abono orgánico que no contamina el suelo, agua aire ni los productos obtenidos de las plantas, Aumenta la fertilidad natural del suelo, es de bajo costo, se emplea recursos locales y se elabora en la parcela.

2.13.2. Desventajas del biol

Para ÁLVAREZ (2010) y AEDES (2006), indican que las desventajas del uso del biol Puede ser el tiempo de preparación y cuando no se protege de los rayos solares directos tienden a malograrse.

2.13.3. Efecto de los abonos orgánicos en propiedades físicas del suelo

SAMANIEGO (2006), menciona las siguientes propiedades físicas:

- El abono orgánico por su color oscuro, absorben más las radiaciones solares, con lo que el suelo adquiere más temperatura y se pueden absorber con mayor facilidad los nutrientes
- Mejora la estructura del suelo, haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos.

- Mejora la permeabilidad del suelo, ya que influye en el drenaje y aireación de este
- Disminuye la erosión del suelo, tanto de agua como de viento.
- Aumenta la retención de agua en el suelo, por lo que absorbe más el agua cuando llueve o se riega, y retienen durante mucho tiempo el agua en el suelo durante el verano.
- Cuanto más homogéneo sea el tamaño de las partículas de los materiales que se utilizan en los abonos, mejor será la calidad del producto final.

2.13.4. Efecto del abono orgánico sobre propiedades químicas del suelo

BALAGUER (1999). Indica que los abonos orgánicos tienen la capacidad de influenciar en las siguientes propiedades químicas:

- Los abonos orgánicos aumentan el poder tampón del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de este.
- Aumentan también la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que aumentamos la fertilidad.
- En el intercambio suelo – planta, uno a dos centenares de millones de bacterias en cada gramo de suelo, pueden vivir de las sustancias del suelo y de excreciones radiculares entregando a su vez nutrientes.

- El propio calor acelera el proceso de descomposición y deviene en la destrucción de los microorganismos adversos.

2.14. Fertilización con la técnica drench

LOLI (2012) señala que Drench significa Mojado y es considerada como una técnica de fertilización que consiste en la aplicación de los fertilizantes de uso tradicional mezclado y disuelto en agua en la zona de las raíces absorbentes, sobre la superficie del suelo, a diferencia de la técnica del FERDIN que es inyectada. El resultado de esta aplicación se observa en el crecimiento y desarrollo de los brotes, el color intenso del follaje, así como la producción la misma que es igual o superior a la obtenida con una fertilización tradicional.

La técnica drench permite la aplicación de enmiendas y fertilizantes ya sean orgánicos o químicos, tipo bioles (fermentados) o frescos. Al respecto encontramos algunas investigaciones sobre el uso de esta técnica.

VALERIO y MOLINA (2012) basado en que la cal líquida es ideal para uso en cultivos de cero o mínima labranza y para cultivos ya establecidos donde la cal sólida no podría incorporarse con maquinaria. La cal líquida permite la aplicación de la enmienda en forma muy localizada directo al sitio donde crecen las raíces, como en el caso de muchos cultivos perennes. Puede ser una opción para aplicaciones en drench alrededor de las plantas. Por ello, evaluó el efecto de la cal, como enmienda líquida para el control de la acidez de suelo y para mejorar el rendimiento del cultivo del arroz en Costa Rica. Los

resultados del análisis de suelo posterior a la cosecha del arroz, estadísticamente no mostró diferencias significativas entre tratamientos para las variables de fertilidad. Sin embargo, el Ca y la CICE del suelo fueron ligeramente modificadas. La aplicación de enmiendas líquidas incrementó el rendimiento del arroz en forma significativa, mejoró levemente el contenido de Ca en el suelo y otras variables de rendimiento como el número de granos y el peso de 1000 granos.

También, ARAYA *et al.* (2015) a través de la fertilización tipo drench, evaluó el uso de fertilizantes líquidos con Si, Ca y Mg, sobre el crecimiento del sorgo (*Sorghum bicolor*) en un Ultisol bajo invernadero. Las aplicaciones de Ca y de Mg incrementaron de manera significativa el crecimiento y la absorción de nutrimentos del sorgo. El carbonato de calcio promovió los valores más altos de biomasa seca y de absorción de N, P, Ca, S, Cu, Zn, Mn y B. Las fuentes de Si no tuvieron efectos significativos sobre la biomasa del sorgo, a excepción del silicato de K con Ca y Mg en dosis de 4 ml. pote⁻¹, que además produjo un incremento significativo en la absorción de K. El carbonato de calcio y el óxido de magnesio incrementaron significativamente el pH, disminuyeron la acidez y el Al intercambiable, y aumentaron los contenidos de Ca o Mg en el suelo.

GARBANZO *et al.* (2016) evaluaron el efecto de 3 enmiendas líquidas en la fertilidad de un Ultisol, cultivado con maíz bajo condiciones de invernadero. La aplicación causó cambios positivos en la fertilidad del suelo al aumentar el pH, disminuir la acidez intercambiable y la saturación de acidez, e

incrementar el contenido de Ca al final del experimento, con diferencias significativas entre tratamientos. Las enmiendas líquidas presentaron una reacción muy rápida en la neutralización de la acidez intercambiable y en el pH, pero su efecto residual fue de corto plazo con excepción de la enmienda en polvo mojable (producto comercial) que controló muy bien la acidez durante todo el período el ensayo. Las enmiendas líquidas favorecieron el crecimiento del maíz, el peso seco de la biomasa total, la longitud y densidad de raíces, condiciones que muestran que podrían ser una opción de manejo de la acidez del suelo en situaciones donde se necesita una reacción inmediata de la enmienda.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación

La investigación se realizó en la localidad del centro poblado “Alto Palcazú”,

Región : Pasco

Provincia : Oxapampa

Distrito : Palcazú

Capital del distrito : Iscozacín

3.1.2. Región de Pasco

Se encuentra ubicada en la parte central del territorio nacional, al este de la cordillera occidental abarca zonas andinas y de selva amazónica, comprende los sectores de la cuenca alta y media de los ríos Pichis Palcazú. Su capital la ciudad de Cerro de Pasco, es la más alta del mundo (4,368 m.s.n.m.) su territorio conforma el nudo de Pasco, donde tiene su origen los más importantes ríos que drenan al Amazonas, tales como el Marañón, en dirección noreste; Huallaga, al norte; Pachitea al noreste; Perene al este y Mantaro al sureste.

3.1.3. Provincia de Oxapampa

Se ubica al este de la región Pasco, limita por el norte con la región Huánuco, por el este con la región Ucayali, por el sur con la región de Junín y por el oeste con la provincia de Pasco.

La provincia posee una superficie territorial de 18,673.79 km que representa al 73.8% del área total de la región Pasco.

3.1.4. Distrito de Palcazú

Su capital es Iscozacín, este distrito es denominado distrito “Eco turístico” por su ubicación en el país, posee enormes recursos naturales y turísticos de interés nacional e internacional. Está ubicado en la Provincia de Oxapampa, entre las majestuosas Cordilleras Yanachaga Chemillen, San Matías y San Carlos. Geográficamente se encuentra entre las coordenadas 11°12'30" latitud sur y 74°41'15" longitud oeste en referencia al meridiano de Greenwich. Su capital Iscozacín se ubica a 330 m.s.n.m.

3.1.5. Clima

Húmedo y cálido con temperaturas medias de 23°C a 24°C. La temperatura en el Distrito de Palcazú varía entre 20°C y 30°C, de acuerdo a las épocas climatológicas bien definidas (seca y lluviosa). Así podríamos señalar que desde Palcazú, Puerto Mayro, Río Negro, Codo Pozuzo, varía de 3100 mm/año en año seco a 5700 mm/año en año (SENAMHI 2014).

3.2. Materiales

3.2.1. Material genético

- Plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN-51
- Muestra de suelo

3.2.2. Abono orgánico

- Abono orgánico líquido (corrector de agua, EM, compost, guano de isla y melaza caña)

3.2.3. Materiales, herramientas y equipos

- GPS Garmín 76 CSx
- Cámara fotográfica.
- Cinta métrica 50 metros
- Mochila de fumigar
- Tijera podadora
- Laptop

3.3. Métodos

3.3.1. Enfoque metodológico

La investigación se ejecutó en un periodo de 8 meses, en una plantación de cacao de la variedad CCN-51 de 4 años de instalación a una

densidad de siembra de 3 x 3 m, sin manejo tecnificado. A lo largo de estos meses, el trabajo de investigación desarrolló actividades en cumplimiento de los objetivos planteados.

3.3.2. Tipo de investigación

Es una investigación aplicada, porque se acudió a las ciencias biológicas y del suelo para solucionar el problema del rendimiento y la calidad del suelo en la producción del cacao. Asimismo, corresponde a un nivel de investigación experimental, porque se manipuló la variable independiente, (abono orgánico líquido) y se midió la variable dependiente (rendimiento y atributos químicos del suelo) en una plantación de cacao, que se comparó con un testigo absoluto.

3.3.3. Tipo de diseño y técnica estadística

Corresponde a un diseño experimental, con arreglo DBCA constituidos por cuatro tratamientos y tres repeticiones con un total de 12 unidades experimentales. Se utilizó las técnicas estadísticas de ANDEVA, para probar la hipótesis a un nivel de significancia de 5% para repeticiones y tratamiento y para la comparación de las medias la prueba de amplitudes de Duncan a un nivel de significancia del 5 %. Para el procesamiento de los datos se usó el programa IBM SPSS 25.

3.3.4. Sobre el área experimental y los tratamientos

El diseño experimental está constituido por cuatro tratamientos T₁: testigo absoluto, T₂: 200 mL/planta de abono orgánico líquido (drench), T₃: 400

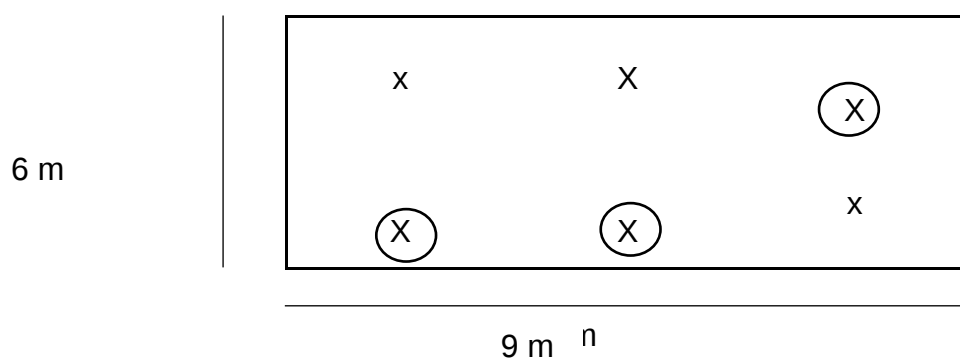
mL/planta de drench y T₄: 600 mL/planta de drench y tres repeticiones, las unidades experimentales son de 9 x 6 m que incluyen 6 plantas de cacao de 4 años de instalación y una densidad de siembra de 3 x 3 m, de ella se evaluaron 3 plantas al azar. El análisis inicial del suelo muestra:

Cuadro 2. Análisis inicial del campo experimental.

Indicadores físicos y químicos de la parcela experimental													
Tex	pH	MO	N	P	K	Ca	Mg	Al	H	CICe	BC	AC	S Al
Arc.	4.12	1.97	0.1	1.42	148	1.06	0.13	4.71	1.19	7.09	16.8	83.2	66.4

Arc.: Arcilloso.

El área por unidad experimental fue 54 m² que hacen un total de 648 m². La unidad experimental se detalla en la siguiente figura.



Leyenda: (X) planta seleccionada para ser evaluada y x planta no seleccionada

Figura 1. Detalle de la unidad experimental.

3.3.5. Muestreo de suelos y registro de datos

El muestreo de los suelos se realizó en cada unidad experimental, a través de un muestreo al azar a 20 cm de profundidad, extrayéndose cinco

submuestras para obtener una muestra compuesta de 1 kg y ser analizadas en el laboratorio.

Para determinar el rendimiento de la producción, se realizó la extracción de mazorcas de cacao y el respectivo proceso de fermentación y secado del grano con una periodicidad mensual, registrándose el peso por cada tratamiento y repetición correspondiente.

3.3.6. Atributos del suelo y metodología de análisis

Cuadro 3. Indicadores y metodología de análisis.

Propiedades del suelo	
Indicadores químicos	Método de su determinación
Materia Orgánica	Método de Walkley y Black
pH	Método electrométrico
Nitrógeno total	Método de materia orgánica
Fosforo disponible	Método de olsen modificado
Potasio disponible	Método del acetato de amonio
Calcio disponible	Método del acetato de amonio
Magnesio disponible	Método del acetato de amonio
Conductividad eléctrica	Método del conductímetro
Capacidad de intercambio catiónico	Método del acetato de amonio

3.3.7. Preparación del abono orgánico tipo drench

a) Materiales

- 1 cilindro de plástico con tapa hermética de 120 litros
- 2 costales de yute
- 1.5 m manguera
- 1 botella de 625 mL

b) Insumos

- 0.5 kg/ Lt. Corrector de agua
- 1 saco de guano de isla
- 5 Kg de ceniza
- 1 Lt EM activado
- 3 kg melaza de caña

c) Activación de EM – Compost

En balde o galón de 20 litros:

- Llenar 18 litros de agua
- Adicionar 1 litro de melaza y remover
- Adicionar 1 litro de EM–compost
- Tapar y dejar activar por 6 días y luego extraer 1 litro para preparar el drench.

d) Preparación del fertilizante líquido

Consistió en:

- colocar el saco de guano en 100 L de agua
- Adicionar el corrector de agua dejar en reposo por 15 días, monitorear el proceso.
- Transcurrido los 15 días, filtrar el contenido con el costal de yute
- Al filtrado, se le adicionó la ceniza, melaza y ME, dejando en reposo unos 15 días adicionales, para luego extraer las dosis indicadas para cada tratamiento y realizar la aplicación del fertilizante líquido (también llamado biol) por la técnica drench (aplicación sobre la superficie).
- Del fertilizante líquido preparado se colocó en una mochila dosificadora de 25 L en una proporción de 50%, de acuerdo a la sugerencia de TOALOMBO (2013) y a partir de este se aplicó dosificaciones de 0 mL para el T1, 200 mL para T2, 400 mL para T3 y 600 mL para T4 en cada planta de cacao.

Cuadro 4. Caracterización del fertilizante líquido.

Muestra	pH	M.O. (g.L ⁻¹)	Mg.L ⁻¹					
			N	P	K	Ca	Mg	Na
Drench orgánico	7.12	7.86	1754.4	852.568	2222.7	1207	397.72	365.2

3.3.8. Variables evaluadas

a) Variable independiente

Abono orgánico líquido (tipo drench).

b) Variable dependiente

Producción de cacao.

Indicadores químicos del suelo.

IV. RESULTADOS

4.1. Efecto de los tratamientos en la producción del cacao

En el cuadro se muestra la producción mensual y el rendimiento en Kg/ha de los diferentes tratamientos aplicados, observándose que las medias de los tratamientos con los fertilizantes orgánicos son superiores al testigo.

Cuadro 5. Producción mensual de cacao según tratamiento.

								Kg/ha/ 1111 plantas**
Tratamiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Promedio (g)*	
BI	T1	x	250	250	250	45	75	870
	T2	32	150	123	159	200	210	874
	T3	65	86	89	220	300	270	1030
	T4	50	101	252	214	443	460	1520
BII	T1	x	100	350	19	300	180	949
	T2	45	74	350	282	340	300	1391
	T3	37	100	650	780	820	840	3227
	T4	80	146	275	510	480	520	2011
BIII	T1	x	x	280	278	120	290	968
	T2	29	64	87	450	500	440	1570
	T3	x	188	1150	1315	1125	1100	4878
	T4	43	200	452	400	620	1600	3315

*corresponde la suma de tres plantas evaluadas por cada tratamiento, por mes; ** proyección del rendimiento para 1111plantas/ha; x no se registró mazorcas maduras.

Cuadro 6. Rendimiento por tratamiento en Kg/ha (para 1111 plantas/ha).

Bloque	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
B1	322.19	323.67	381.44	562.91
B2	351.45	515.13	1195.07	744.74
B3	358.48	581.42	1806.49	1227.66
Media (Kg/ha)	344.04	473.41	1127.66	845.10

El comportamiento creciente de la producción, producto del efecto de la aplicación de los tratamientos, puede observarse con mayor propiedad en la figura.

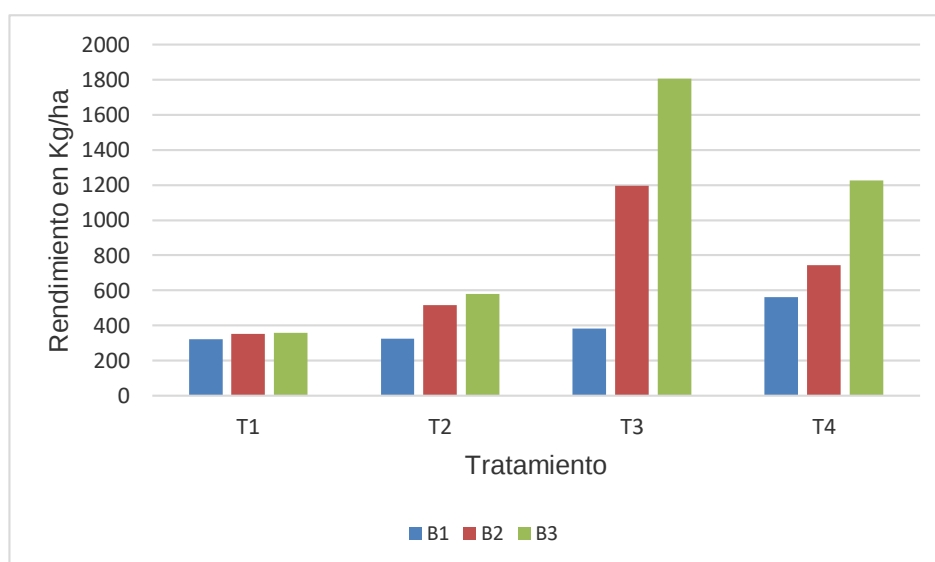


Figura 2. Efecto de los tratamientos en el rendimiento del cacao.

De acuerdo al Cuadro 5 y la Figura 2 se aprecia una tendencia positiva de incremento en la producción. Sin embargo, en el Cuadro 06 se observa que estadísticamente para $p < 0.05$ no hay un efecto significativo entre

los tratamientos aplicados y la variable rendimiento. Sin embargo, del mismo cuadro 07 se observa que si hay efecto significativo para $p < 0.1$ entre los tratamientos y el rendimiento, pues se tiene una significancia de 0.089.

Cuadro 7. Análisis de varianza para el rendimiento del cacao.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	1312108.314	3	437369.438	3.100	0.089
Bloque	75329.363	2	37664.682	0.215	0.868
Error	1128661.021	8	141082.628		
Total	17796606.917	11			

Como hay efecto significativo para $p < 0.1$ entre los tratamientos y el rendimiento, en el Cuadro 8, en la prueba de homogeneidad de Duncan se puede observar las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Cuadro 8. Prueba de Duncan para la variable rendimiento.

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
Tratamiento 1	3	342.4333	
Tratamiento 2	3	476.4967	476.4967
Tratamiento 3	3	766.0967	766.0967
Tratamiento 4	3		1205.1900

4.2. Efecto de los tratamientos en los indicadores del suelo

Los indicadores evaluados (Cuadro 9) en los diferentes tratamientos no muestran variaciones considerables en comparación con la producción.

Cuadro 9. Evaluación de indicadores químicos.

Trat.	pH	MO	N	P	K	Ca	Mg	Al	H	ClCe	BC	AC	S Al
BI-T1	4.40	2.60	0.11	3.40	170	1.04	0.16	4.50	1.43	7.13	16.83	83.17	63.11
BI-T2	4.40	2.60	0.11	4.20	175	1.15	0.18	3.92	1.38	6.63	20.06	79.94	59.13
BI-T3	4.50	2.80	0.12	4.70	187	1.19	0.19	3.58	1.47	6.43	21.46	78.54	55.68
BI-T4	4.50	2.60	0.12	3.90	179	1.15	0.12	1.15	0.12	2.54	50.00	50.00	45.28
BII-T1	4.00	2.30	0.10	3.63	166	1.24	0.15	5.72	1.34	8.45	16.45	83.55	67.69
BII-T2	4.10	2.20	0.10	3.24	184	1.19	0.11	1.19	0.11	2.60	50.00	50.00	45.77
BII-T3	4.20	2.40	0.11	4.10	190	1.18	0.11	3.89	1.45	6.63	19.46	80.54	58.67
BII-T4	4.20	2.40	0.11	3.50	189	1.12	0.14	3.57	1.40	6.23	20.22	79.78	57.30
BIII-T1	4.20	2.00	0.09	3.12	158	1.06	0.13	4.71	1.29	7.19	16.55	83.45	65.51
BIII-T2	4.20	2.10	0.10	3.21	178	1.20	0.16	3.70	1.29	6.35	21.42	78.58	58.27
BIII-T3	4.30	2.20	0.10	3.95	179	1.18	0.19	3.38	1.49	6.24	21.96	78.04	54.17
BIII-T4	4.30	2.20	0.10	3.10	180	1.19	0.14	3.46	1.52	6.31	21.08	78.92	54.83

El análisis estadístico (Cuadro 10) muestra que no existe diferencia significativa para $p < 0.05$ entre los tratamientos y los indicadores del suelo evaluados, con excepción de la MO, que muestra diferencia para $p < 0.1m$, con una significancia de 0.061.

Cuadro 10. Análisis de varianza para los indicadores de fertilidad.

Variable	pH			MO			P			K		
	CM	F	Sig.	CM	F	Sig.	CM	F	Sig.	CM	F	Sig.
Origen												
Tratamiento	0.036	1.638	0.278	0.140	4.308	0.061	0.263	0.859	0.511	5.19	0.03	0.99
Bloques	0.010	0.450	0.658	0.016	0.487	0.637	0.079	0.259	0.780	5.33	0.03	0.97
Error	0.022			0.033			0.306			163.11		

Solo la MO muestra diferencia significativa para $p < 0.1$ (Cuadro 10), y en la prueba de Duncan (Cuadro 11) se visualizan las medias para los grupos y dos subconjuntos homogéneos

Cuadro 11. Prueba de Duncan para MO.

Prueba de Duncan ($p < 0.1$)			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
Tratamiento 4	3	2.1667	
Tratamiento 3	3	2.2667	
Tratamiento 2	3	2.3667	2.3667
Tratamiento 1	3		2.6667

Los cationes cambiables y demás indicadores evaluados no mostraron estadísticamente diferencias significativas para $p < 0.05$ y $p < 0.1$ (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de varianza para los cationes cambiables.

Var.	Ca ²⁺			Mg ²⁺			Al ³⁺			% SAI		
FV	CM	F	Sig.	CM	F	Sig.	CM	F	Sig.	CM	F	Sig.
Trat.	0.005	1.297	0.36	0.002	8.741	0.01	1.205	0.559	0.66	35.738	0.586	0.65
Bloq	0.001	0.248	0.79	0.001	3.815	0.09	1.026	0.476	0.64	18.881	0.309	0.75
Error	0.004			0.000			2.155			61.028		

Var.: Variable; FV: fuente de variación; Trat.: Tratamiento

V. DISCUSIÓN

5.1. Efectos de los tratamientos sobre la producción del cacao

Los resultados (Cuadro 04 y 05) sobre el rendimiento del cacao, en una plantación con distanciamiento de 3x3 y 1111 plantas, presenta una media de 344.04 Kg/ha para el T1 (testigo absoluto), 473.41 Kg/ha para T2, 1127.66 Kg/ha para T3 y 845.10 Kg/ha para el T4. Al respecto, los análisis estadísticos (Cuadro 06) muestran que no hay un efecto significativo entre los tratamientos aplicados y la variable rendimiento para $p < 0.05$. Sin embargo, se observa que hay efecto significativo para $p < 0.1$, pues se tiene una significancia de 0.089.

Al respecto, el cacao CCN-51 pertenece al grupo de los trinitarios (MINAGRI, 2016) y es una variedad híbrida producto de cruas naturales entre forasteros del bajo Amazonas y criollos (ROMERO, 2016). En la actualidad el cacao común o corriente, que está conformado por los grupos genéticos CCN-51, que ha adquirido gran popularidad entre los agricultores por tener características de alta productividad y representa el 53.6% de los cultivos a nivel nacional (MINAGRI, 2016). Es la razón por la que la zona donde se realizó este trabajo los agricultores prefiere al CCN-51.

Los resultados muestran el rendimiento del testigo (344.04 Kg/ha). De acuerdo a lo señalado por el MINAGRI (2016), este valor se encuentra por

debajo del rendimiento medio a nivel mundial de 485 Kg/ha y realizando una comparación con los demás departamentos de nuestro país estaría por debajo de la producción media nacional (650 a 700 Kg/ha), incluso por debajo de la región Cusco, que muestra el rendimiento más bajo a nivel nacional con 366 kg/ha. También de acuerdo a lo reportado por SÁNCHEZ *et al.* (2005) en Ecuador 1 047, 7 kg/ha. En general el rendimiento del testigo es bajo.

Por lo tanto, este bajo rendimiento puede estar relacionada a varios factores entre ellos:

- a) La mala calidad de las semillas utilizadas, constituidos por germoplasma híbrido, semilla común e hijo de híbridos, lo que trae como consecuencia un alto porcentaje de incompatibilidad tal como lo afirma Argüello y Mejía (2000); citados por SÁNCHEZ *et al.* (2005), quienes explican los bajos rendimientos que se obtienen en Colombia (500 kg/ha) por esta razón.
- b) La calidad de los suelos, el cacao requiere suelos muy ricos en materia orgánica, profundos, francos arcillosos, con buen drenaje y topografía regular, con pH que oscilan entre 4.0 – 7.0, tal como lo señala MINAG (2004), asimismo, para ROMERO (2016) el terreno más apropiado para el buen desarrollo del cacao es el aluvial, de textura media (francos, francos arcillosos, francos arenosos), con una profundidad mínima de 1.0 m y que sean fáciles de penetrar por la raíz pivotante. De acuerdo al análisis, el suelo en estudio presenta textura arcillosa con un pH 4.12, bajo en P, K, Ca, Mg y elevada acidez cambiante, condiciones no favorables según los autores citados.

c) Finalmente la falta de un plan de fertilización, considerando la baja calidad del suelo en estudio. ÁLVAREZ *et al* (2015) afirman que el uso eficaz de los fertilizantes por la planta de cacao podría ayudar no solo a mejorar el rendimiento, sino la calidad del producto, la rentabilidad y la protección del medio ambiente y PAREDES *et al.* (2004) recomiendan la elaboración de distintos fertilizantes orgánicos para el cultivo de cacao. Abonos orgánicos sólidos como la composta, el bocashi y biofertilizantes líquidos elaborados con residuos de la misma parcela, estiércol, melaza y algunos minerales

La aplicación del fertilizante líquido bajo la técnica drench muestra un notable incremento en el rendimiento, 473.41 Kg/ha para T2, 1127.66 Kg/ha para T3 y 845.10 Kg/ha para el T4. En el caso del T3 y T4, ambos se encuentran por encima del rendimiento medio (650 a 700 Kg/ha) señalado por el MINAGRI (2016). Este comportamiento, coincide con la afirmación de Álvarez *et al.* (2015), que la fertilización mejora el rendimiento. Además, la aplicación de fertilizantes líquidos bajo la técnica drench tiene efectos positivos para diferentes cultivos. Este efecto es contrastado por LOLI (2012), señala que los efectos de esta técnica de aplicación se observan en el crecimiento y desarrollo de los brotes, el color intenso del follaje, así como la producción, la misma que es igual o superior a la obtenida con una fertilización tradicional.

También VALERIO y MOLINA (2012) encontró efectos positivos con la técnica drench, al evaluar el efecto de la cal, como enmienda líquida para el control de la acidez del suelo y para mejorar el rendimiento del cultivo del arroz en Costa Rica, la aplicación incrementó el rendimiento del arroz en

forma significativa. También, ARAYA *et al.* (2015) a través de la fertilización tipo drench, evaluó el uso de fertilizantes líquidos con Si, Ca y Mg, sobre el crecimiento del sorgo (*Sorghum bicolor*) en un Ultisol bajo invernadero. Las aplicaciones de Ca y de Mg incrementaron de manera significativa el crecimiento y la absorción de nutrimentos del sorgo. Finalmente, no se encontró antecedentes de esta técnica para el cultivo de cacao, pero queda demostrada su capacidad para mejorar la producción en diferentes cultivos.

5.2. Efectos de los tratamientos sobre los indicadores del suelo

El análisis estadístico (Cuadro 09) muestra que no existe diferencia significativa para $p < 0.05$ entre los tratamientos y los indicadores del suelo evaluados (pH, P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} y % SAI) con excepción de la MO, que muestra diferencia para $p < 0.1$, con una significancia de 0.061. Si bien, los tratamientos presentaron efectos significativos el rendimiento, al parecer no causa los mismos efectos en el suelo.

Este comportamiento coincide con las afirmaciones de LOLI (2012), que los efectos de esta técnica de aplicación se observan en el crecimiento y desarrollo de los brotes, el color intenso del follaje, pues no hace ninguna aseveración si causa una alteración significativa positiva en los indicadores del suelo. Igual que COLQUE *et al.* (2005) señala que la aplicación de fertilizantes líquidos es una técnica utilizada para incrementar la calidad de las cosechas, en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas como: enraizamiento, acción sobre el

follaje, mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas. Al respecto, VALERIO y MOLINA (2012) evaluó el efecto de enmienda líquida para el control de la acidez de suelo y para mejorar el rendimiento del cultivo del arroz en Costa Rica. Los resultados estadísticamente no mostraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables de fertilidad. Sin embargo, el Ca y la CICE del suelo fueron ligeramente modificadas.

Por lo tanto, los resultados encontrados se ajustan a las referencias. Sin embargo, cuando el fertilizante líquido es a base de algún fertilizante de alta concentración, entonces si se aprecia efecto en el rendimiento y en algunos indicadores del suelo. Al respecto, ARAYA *et al.* (2015) a través de la fertilización tipo drench, evaluó el uso de fertilizantes líquidos con Si, Ca y Mg, sobre el crecimiento del sorgo (*Sorghum bicolor*) en un Ultisol bajo invernadero. Las aplicaciones de Ca y de Mg incrementaron de manera significativa el crecimiento y la absorción de nutrimentos del sorgo. Además, produjo un incremento significativo en la absorción de K. El carbonato de calcio y el óxido de magnesio incrementaron significativamente el pH, disminuyeron la acidez y el Al intercambiable, y aumentaron los contenidos de Ca^{2+} o Mg^{2+} en el suelo. Igualmente, GARBANZO *et al.* (2016) evaluaron el efecto de 3 enmiendas líquidas en la fertilidad de un Ultisol, cultivado con maíz bajo condiciones de invernadero. La aplicación causó cambios positivos en la fertilidad del suelo al aumentar el pH, disminuir la acidez intercambiable y la saturación de acidez, e incrementar el contenido de Ca al final del experimento, con diferencias significativas entre tratamientos.

VI. CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados y los resultados que la investigación encontró, se concluye:

1. Que la aplicación del fertilizante líquido orgánico bajo la técnica drench, presenta efectos positivos en el rendimiento del cacao.
2. Los tratamientos no mostraron efectos significativos en los principales indicadores químicos del suelo, a excepción de la materia orgánica.
3. Finalmente, la aplicación del fertilizante líquido orgánico bajo la técnica drench no mejoró las propiedades del suelo, con excepción de la materia orgánica, pero si, produjo un incremento significativo positivo en la producción.

VII. RECOMENDACIONES

Basado en los resultados de esta investigación y con el objetivo de que las futuras investigaciones sobre el tema optimicen la aplicación de la técnica drench, se recomienda:

1. Emplear fertilizantes líquidos orgánicos, aplicados bajo la técnica drench, extendiéndose esta técnica para mejorar diversos problemas de la salud del suelo (baja fertilidad, acidez, etc.).
2. Para condiciones de suelo ácido como en esta investigación, aplicar bajo la misma técnica (drench) un encalado previo, para permitir corregir el pH y mejorar la disponibilidad de los nutrientes.
3. Investigar la aplicación combinada de fertilizantes líquidos a base de químicos y orgánicos, para evaluar la respuesta frente a la producción y a la variación de los indicadores de calidad del suelo.
4. Para obtener resultados que mejoren los indicadores del suelo realizar la aplicación de abonos tradicionales y adicionar fertilizantes orgánicos líquidos con la técnica drench para mejorar integralmente el sistema de uso del suelo

VIII. ABSTRACT

The world production of cocoa (*Theobroma cacao* L.) is 485 Kg / ha, Peru, has an average yield level of 650 to 700 Kg / ha, slightly above the world average. However, we are far from the performance of Guatemala and Thailand, in 2013 they have exceeded 3 thousand and 2.6 t / ha. Therefore, the research evaluated the effect of liquid organic fertilizer under the drench technique on soil properties and the production of organic cocoa (*Theobroma cacao* L.) in the Alto Palcazú town, Palcazú district, Oxapampa-Pasco province. A completely randomized block design (DBCA) consisting of four treatments and three repetitions was used, where T1: absolute control, T2: 200 mL / plant of liquid organic fertilizer (drench), T3: 400 mL / plant of drench and T4: 600 mL / drench plant. The results show significant effects for $p < 0.1$ in cocoa yield, T3 showed better response when presenting the highest yield (1 127.66 Kg / ha). The main chemical indicators of soil, pH, P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} and Al^{3+} . did not show statistically ($p < 0.05$) significant effects, except for organic matter. Concluding, that the application of the organic liquid fertilizer applied under the drench technique did not improve the properties of the soil, but it did produce a significant positive increase in the yield of the cocoa.

Keywords: Organic fertilizer, drench, organic matter, yield.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEDES (Asociación Española de Empresas de Serigrafía e Impresión Digital, PE). 2006. [Internet]. Manual de elaboración de abono foliar biol. [Consultado el 16 de agosto del 2018]. Disponible en: www.aedes.com.pel.2010.

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. 2015; 16(2):307-314. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v16n2/v16n2a12.pdf>.

ARAYA, M.A., CAMACHO, M.E., MOLINA, E., CABALCETA, G. 2015. Evaluación de fertilizantes líquidos con silicio, calcio o magnesio sobre el crecimiento del sorgo en invernadero. Agronomía Costarricense 39(2):47-59. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v39n2/0377-9424-ac-39-02-00047.pdf>.

BALAGUER, F. 1999. Los abonos orgánicos 1era edición editorial R. Vicente. Madrid, España. 35 p.

BENITO, S. J.A. 1991. Tecnificación del cacao en la amazonia peruana. Fundación para el desarrollo de la amazonia peruana (FUNDEAGRO). Lima, Perú. 156 p.

- BUCKMAN, H., BRADY N. 1966. The Nature and Properties of Soils. The Macmillan company. 590 p.
- CASTAÑEDA, P. 1997. Manual técnico cafetalero. Convenio ADEX-USAD. Lima, Perú. 162 p.
- CASTRO, G., BARTETLEY, B. 1983. Caracterizados dos recursos genéticos de cacaueiro. Folha, fruto e semestre de selección de bahía dos series SIC e SIAL. Teobroma (B). p. 263-273.
- CEPEDA, D. 1991. Química de Suelos. 2 ed. Trillas S.A., México. 167 p.
- CHESSMAN, E.E. 1944 fertilizacion and enbryogenyn (theobroma cacao L) Ann. Of. Bot. 41(161). p. 107-127.
- COLQUE, T., RODRIGUEZ, D., MUJUCA, A., CANAHUA, A., APAZA, V., JACOPSEN, S. 2005. [Internet]. Producción de biol abono líquido natural y ecológico. Estación Experimental ILLPA – Puno, PE. [Consultado el 14 de agosto 2018]. Disponible en: www.quinoa.life.ku.dk.
- CUENCA, C.D.M. 2016. Estudio de la fertilización orgánica sobre algunas propiedades químicas del suelo y el desarrollo fenológico del cultivo de café. [Tesis] Universidad de Católica de Loja. 69 p. [Consultado el 06 de agosto 2018]. Disponible en: <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/15930/1/CUENCA%20CAPA%20DIEGO%20MAURICIO.pdf>
- CUEVA, B.A. 2013. Cacao sombreamiento - Agroforesteria nutrición – fertilización – fisiología. Universidad Nacional de San Martín. Facultad de

ciencias agrarias. Tarapoto – Perú. Texto universitario N° 03: 54 pp.

Disponible en: <http://iiap.org.pe/Archivos/Convenio/Proyecto/69.pdf>.

DOSERT, N., ROQUE J., CANO A., LA TORRE M. y WEIGEND M. 2011. Hoja Botánica Cacao: *Theobroma cacao* L. Lima, Perú: Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C. 20p. Disponible en: http://www.botconsult.com/downloads/Hoja_Botanica_Cacao_2012.pdf

FASSBENDER, H. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. IICA, San José, Costa Rica.

GARBANZO, L.G., MOLINA, R.E., CABALCETA, A.G. 2016. Efecto de la aplicación de enmiendas líquidas en el suelo y en el crecimiento de maíz bajo condiciones de invernadero. Agronomía Costarricense 40(2): 33-52. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v40n2/0377-9424-ac-40-02-00033.pdf>

INPOFOS. 1997. Manual internacional de fertilidad de suelo. patash & phophate institute. Quito, Ecuador, 144 p.

INTA (Ed.). 2010. Guía Tecnológica del Cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.). 4 ed. Managua, Nicaragua.

LEÓN, J. 1968 fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. IICA. San José, Costa Rica. p. 375-127.

LOLI, F.O. 2012. Análisis de suelos y fertilización en el cultivo de café. Guía técnica UNALM-Agrobanco. Tocache San Martin -Peru. 2012: 28. [Citado el 14 de agosto 2018]. Disponible en: <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/011-c-cafe.pdf>

MINISTERIO DE AGRICULTURA-MINAG. 2004. Cultivo tecnológico de cacao.

Ministerio de agricultura programa para el desarrollo de la amazonia proamazonia. Perú. 83 p.

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. 86 p.

ORGANISMO INTERNACIONAL REGIONAL DE SANIDAD AGROPECUARIA-

OIRSA. 2003. Proyecto regional de fortalecimiento de la vigilancia fitosanitaria en cultivos de exportación no tradicionales: Buenas Prácticas Agrícolas en Mora Orgánica. [Consultado el 10 agosto 2018].

Disponible en: <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/bibliotecavirtual/buenaspracticasmoraorganica.pdf>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA

AGRICULTURA - FAO 2002. Los fertilizantes y su uso. [Consultado el 12 de setiembre 2018]. 83 p. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>

PAREDES, A., MONTERO, P. 2003. Manual de cultivo del cacao. Ministerio de

Agricultura Perú - Programa para el desarrollo de la Amazonia PROAMAZONIA. 100 p. Disponible en: <http://www.infocafes.com/descargas/biblioteca/215.pdf>

RESTREPO, J. 2001. Abonos Orgánicos Fermentados Experiencias de

Agricultores en Centro América y Brasil. IICA, Costa Rica. 114 p.

Disponible en: <http://www.motril.es/fileadmin/areas/medioambiente/ae/presentacion/documentos/ABONOSORG%C3%81NICOSFERMENTADOS.pdf>

ROMERO, H. 2016. Evaluación ecomorfológica de cacao (*Theobroma cacao* L.) sometido a distintas fertilizaciones, en la comunidad de nuevo Ojital, municipio de Papantla, Veracruz. [Tesis]. Universidad Veracruzana. 2016: 109. [Citado el 15 de agosto 2018]. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Desktop/paucar/EVALUACIÓN%20ECOMORFOLÓGICA%20DE%20CACAORomeroHernandezEsteban.pdf>

RUALES, J., BURBANO, H., BALLESTEROS, W. 2011. Efecto de la fertilización con diversas fuentes sobre el rendimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.). Rev. Cie. Agri. 28(2): 81-94: disponible en: <http://www.Dialnet-EfectodelafertilizacioncondiversasfuentessobreElRe-5104094.pdf>

SAMANIEGO, R. 2006. Efecto de producción orgánica y convencional de chile de la capsicum annum bajo invernadero sobre el componente de la planta suelo [en línea] (<http://bco.catie.ac.cr>, pagina virtual, setiembre de 2017).

SÁNCHEZ, L., PARRA, D., RINCÓN, J. 2005. Rendimiento de una plantación comercial de cacao ante diferentes dosis de fertilización con NPK en el sureste del estado Táchira, Venezuela. Rev. Bioagro. 17(2): 119-122. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612005000200008

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA – SENAMHI.

2014. [Internet]. segunda campaña de aforos en el ámbito de la región Huánuco, comprendiendo las cuencas de los ríos Huallaga, Monzón, Chinchao y Pachitea. [Consultado el 10 de agosto de 2018]. Disponible en: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/pe_105.pdf

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN-SAGARPA. 2012. Subíndice de Uso Sustentable del Suelo – Metodología de Cálculo. Componente: Línea de Base del Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales. 58 p.

SORIA, J.V. 1987. Informes sobre los hallazgos de plantas de cacao criollo en latinoamericana y México. I foro internacional. Cacao FUPAD. San José costa rica. p. 1-10.

TOALOMBO, Y.M.C. 2013. Aplicación de abonos orgánicos líquidos tipo biol al cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth). [Tesis] Universidad Técnica de Ambato 2013: 92. [Citado el 10 de agosto 2018]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6490/1/Tesis-4%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20->

VALERIO, J., MOLINA E. 2012. Evaluación de una fuente de enmienda líquida en el rendimiento del arroz en un ultisol de la zona norte de Costa Rica. Agronomía Costarricense 36(1):89-96. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v36n01_089.pdf

VÁZQUEZ, Y., MUÑOZ A. B., SILVA. A., DÍAZ M.G. SÁNCHEZ D. C. 1999. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración

ecológica y la reforestación. Proyecto J-084, Instituto de Ecología, Universidad Autónoma de México²⁷

WOODING, G. 1967. Los suelos, su origen, constitución y clasificación. Ediciones Omega S.A. Barcelona. McGraw-Hill Interamericana quinta edición 2005 impreso en México. p. 731-739

ZAVALA, S.W. 2007 factores edáficos, nutrición mineral y fertilización de cacao. Diplomado en cultivos tropicales; Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, Perú. 163 p.

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

ANEXOS

Anexo A: Panel de fotografías



Figura 3. Mezcla del estiércol y corrector de agua (reposo 15 días).



Figura 4. Extracción y colado del fertilizante (después de 15 días).

En la segunda etapa de la preparación el guano diluido y reposado por 15 días se filtra y se adiciona el resto de los insumos, para dejarlo por 15 días más y luego aplicar con la bomba dosificadora.



Figura 5. Dosificación del EM compost.



Figura 6. Dilución de la ceniza.



Figura 7. Mezcla del corrector de agua y la ceniza.



Figura 8. Aplicando la melaza.



Figura 9. Colocando el respirometro para dejarlo en reposo por 15 días.



Figura 10. Preparando los tratamientos para su aplicación.



Figura 11. Aplicación focalizada sobre el suelo del abono líquido.



Figura 12. Aplicación a la altura de copa con mochila dosificadora.



Figura 13. Parcela de cacao sometido a los tratamientos.



Figura 14. Diseño de la parcela experimental.

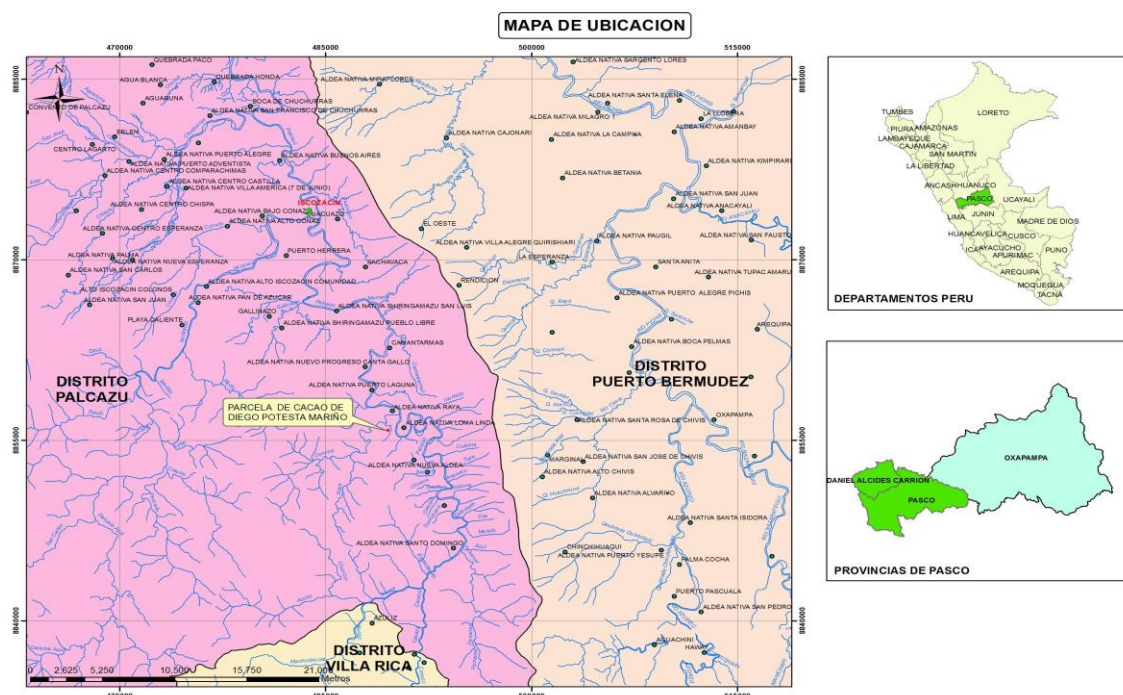


Figura 15. Mapa de ubicación CP. Alto Palcazú.

LASA TINGO MARÍA
Laboratorio de análisis de Suelos y Agua
A.V. Asunción Saldaña Lt. 34 Telf: 999250084 – 969655735 Correo: Lasatingomaria@gmail.com

SOLICITANTE: **POTESTA CAYETANO Joanna** FECHA ANÁLISIS: **13-ene-2017**
PROCEDENCIA: **Pasco, Oxapampa, Palcazú** CULTIVO: **Cacao** CODIGO DE MUESTRA: **M90**
REFERENCIA: **Muestra Proporcionada por el Interezado** EDAD DEL CULTIVO:
CÓDIGO REGIONAL: REGIÓN: **Pasco** CLIMA: **1** MUESTRA Nº: **M1**

RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DE SUELO

ANÁLISIS DE FERTILIDAD												
	PH	M.O (%)	N Total	Fósforo (p.m.m.)	K ₂ O (p.m.m.)	Aluminio (meq/100 g)	Potasio (meq/100g)	Calcio (meq/100g)	Magnesio (meq/100g)	Sodio (meq/100g)	H ⁺ (meq/100g)	% Bases Cambiables
RESULTADO	4.12	1.97	0.10	1.42	148.00	4.71		1.06	0.13		1.19	16.78
VALORACIÓN	Extremadamente ácido	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Possible toxicidad Al. Encalar. Corroborar con otros criterios.	x	Bajo	Bajo	x	x	Alto

ELEMENTOS MENORES							OTRAS DETERMINACIONES				
	Br	Cu	Mn	Fe	Zn	Mo	CIC (meq/100 g)	C.E. (mmhos/cm)	CIC efectiva (meq/100 g)	% de Saturación de Al respecto a CIC efectiva	% Acidez Cambiable
RESULTADO									7.09	66.43	83.22
Valoración	x	x	x	x	x	x	x	x	-	Tóxico para la mayoría de plantas	-

RELACIONES ENTRE CATIONES					TEXTURA				
	Ca / Mg	Mg / K	Ca / K	(Ca + Mg) / K	(Ca+Mg+K) / Al	% DE ARCILLA	% DE LIMO	% DE ARENA	CLASE TEXTURAL
RESULTADO	8.15	x	x	x	0.25	46	22	32	Arcilloso
Valoración	Deficiencia de Mg	x	x	x	Hay necesidad de encalar. Este				

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUA
LASA TINGO MARÍA E.I.R.L.
Dr. José Wilfredo Zavala Solorzano
JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUA
LASA TINGO MARÍA E.I.R.L.
ARIZA SAGINO Daniel Andre
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 16. Valoración de los resultados de análisis de suelo.



ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DEL DRENCH ORGÁNICO

Solicitante : POTESTA CAYETANO JOANNA.
 Distrito : PALCAZU.
 Provincia : OXAPAMPA.
 Departamento : PASCO.

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DEL DRENCH ORGÁNICO DESCRIPCIÓN								
Muestra	pH	M.O (g/L)	N (mg/L)	P (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)
M-01	7.12	7.86	1754.40	852.57	2222.70	1207.00	397.72	365.20

Tingo María, 15 de Enero del 2017

LAS TINGO MARIA EIRL.
 Dr. José Wilfredo Zavala Solorzano
 JEFE DE LABORATORIO

LAS TINGO MARIA
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUA
 ARIZA SABINO Daniel Andre
 REPRESENTANTE LEGAL

Oficina Tingo María: Asunción Saldaña Lt 34
 Teléfono de consultas: #999250084, #943909888, #988094215
 FUIO: 062284134
 Correo: lasatingomaria@gmail.com

Figura 17. Análisis de caracterización del Drench Orgánico.



LASA TINGO MARÍA

Laboratorio de análisis de Suelos y Agua

A.V. Asunción Saldaña Lt. 34 Telf: 999250084 – 96965735 Correo: Lasatingomaria@gmail.com

RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DE SUELO

Procedencia:.....
 Departamento PASCO.
 Provincia OXAPAMPA
 Distrito PALCAZU

Solicitante: POTESTA CAYETANO Joanna

Distrito		PALCAZU																							
Número de Muestra		CE	ANÁLISIS MECÁNICO				pH	CO ₂ Ca	M.O.	N	P	K ₂ O	CAMBIABLES me/100 g												
Laborat.	Campo	mmh/cm	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura	1:1	%	%	%	ppm	kg/ha	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CiCe	Bas.Cam %	%	%	%	
91	BI-T0		26.0	28.0	46.0	Arcilloso	4.4		2.6	0.11	3.40	170	1.04	0.16				4.50	1.43	7.13	16.83	83.17	63.11		
92	BI-T1		25.0	28.0	46.0	Arcillosa	4.4		2.6	0.11	4.20	175	1.15	0.18				3.92	1.38	6.63	20.06	79.94	59.13		
93	BI-T2		27.0	28.0	45.0	Arcillosa	4.5		2.8	0.12	4.70	187	1.19	0.19				3.58	1.47	6.43	21.46	78.54	55.68		
94	BI-T3		25.0	28.0	47.0	Arcillosa	4.5		2.6	0.12	3.90	179	1.15	0.12				1.15	0.12	2.54	50.00	50.00	45.28		
95	BII-T0		26.0	30.0	44.0	Arcilloso	4.0		2.3	0.10	3.63	166	1.24	0.15				5.72	1.34	8.45	16.45	83.55	67.69		
96	BII-T1		25.0	29.0	46.0	Arcilloso	4.1		2.2	0.10	3.24	184	1.19	0.11				1.19	0.11	2.60	50.00	50.00	45.77		
97	BII-T2		26.0	29.0	45.0	Arcilloso	4.2		2.4	0.11	4.10	190	1.18	0.11				3.89	1.45	6.63	19.46	80.54	58.67		
98	BII-T3		25.0	30.0	45.0	Arcillosa	4.2		2.4	0.11	3.50	189	1.12	0.14				3.57	1.40	6.23	20.22	79.78	57.30		
99	BIII-T0		31.0	23.0	46.0	Arcillosa	4.2		2.0	0.09	3.12	158	1.06	0.13				4.71	1.29	7.19	16.55	83.45	65.51		
100	BIII-T1		30.0	25.0	45.0	Arcillosa	4.2		2.1	0.10	3.21	178	1.20	0.16				3.70	1.29	6.35	21.42	78.58	58.27		
101	BIII-T2		27.0	27.0	46.0	Arcillosa	4.3		2.2	0.10	3.95	179	1.18	0.19				3.38	1.49	6.24	21.96	78.04	54.17		
102	BIII-T3		28.0	27.0	45.0	Arcillosa	4.3		2.2	0.10	3.10	180	1.19	0.14				3.46	1.52	6.31	21.08	78.92	54.83		

Para: % Bases Cambiables= Ca+Mg+K+Na/CiCe X 100

Para: % Ácidos Cambiables= Al+H/CiCe X 100

Observaciones: Muestras proporcionadas por el interesado

Fecha: Tingo María, 20 de Junio. del 2017

LAS TINGO MARIA EIRL.
 Dr. José Wilfredo Zavala Solorzano
 JEFE DE LABORATORIO

LAS TINGO MARIA
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUA
 ARIZA SABINO Daniel Andre
 REPRESENTANTE LEGAL

Figura 18. Resultados del análisis de suelo.

Anexo B: Rangos de clasificación de las propiedades químicas de los suelos

Cuadro 13. Niveles críticos de pH (relación 2:1).

Clasificación	pH
Fuertemente ácido	$\text{pH} < 5.0$
Moderadamente ácido	$5.0 \leq \text{pH} < 6.5$
Neutro	$6.5 \leq \text{pH} < 7.3$
Medianamente alcalino	$7.3 \leq \text{pH} < 8.5$
Fuertemente alcalino	$\text{pH} \geq 8.5$

Fuente: SAGARPA (2012).

Cuadro 14. Rangos interpretativos para el contenido de materia orgánica (%).

Clasificación	% MO
Muy bajo	$\text{MO} < 0.5$
Bajo	$0.5 \leq \text{MO} < 1.5$
Medio	$1.5 \leq \text{MO} < 3.5$
Alto	$3.5 \leq \text{MO} < 6.0$

Fuente: SAGARPA (2012).

Cuadro 15. Rangos interpretativos para el nitrógeno total.

Clasificación	% N total
Muy bajo	$\text{N} < 0.05$
Bajo	$0.05 \leq \text{N} < 0.10$
Medio	$0.10 \leq \text{N} < 0.15$
Alto	$0.15 \leq \text{N} < 0.25$
Muy Alto	$\text{N} \geq 0.25$

Fuente: SAGARPA (2012).

Cuadro 16. Rangos interpretativos para el fósforo total.

Clase	P (mg*kg ⁻¹)
Bajo	$P < 5.5$
Medio	$5.5 \leq P < 11$
Alto	$P \geq 11$

Fuente: SAGARPA (2012).

Cuadro 17. Rangos interpretativos para potasio (K) intercambiable.

Clase	K (Cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹)
Muy bajo	$K < 0.2$
Bajo	$0.2 \leq K < 0.3$
Medio	$0.3 \leq K < 0.6$
Alto	$K \geq 0.6$

Fuente: SAGARPA (2012).