

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE RECURSOS NATURALES**  
**RENOVABLES**



**EVALUACIÓN DE SISTEMAS Y TIEMPOS DE USO SOBRE PROPIEDADES**  
**QUÍMICAS Y ESTABILIDAD ESTRUCTURAL EN EL VALLE DEL BOLSÓN**  
**CUCHARA**

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**MENCIÓN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

Presentado por:

**DAVID EDUARDO MATIAS DURAN**

**2020**





## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS Nº 033-2021-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 03 de enero de 2020, a horas 09:00 p.m. en la Sala virtual Microsof Teams de del Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental para calificar la Tesis titulada:

### **“EVALUACIÓN DE SISTEMAS Y TIEMPOS DE USO SOBRE PROPIEDADES QUÍMICAS Y ESTABILIDAD ESTRUCTURAL EN EL VALLE DEL BOLSÓN CUCHARA”**

Presentado por el Bachiller: **MATIAS DURAN, David Eduardo**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de **“MUY 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 el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 09 de Noviembre de 2021

Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ  
PRESIDENTE

Ing. ERLE OTTO J. BUSTAMANTE SCAGLIONI  
MIEMBRO

Ing. JAIME TORRES GARCÍA  
MIEMBRO



Ing. MSc. JOSÉ LÉVANO CRISÓSTOMO  
ASESOR

## DEDICATORIA

A Dios; por brindarme la vida y la sabiduría para seguir avanzando hacia un futuro mejor.

A mis padres David y Katy por su inmenso amor, dedicación, entrega y apoyo incondicional, brindado durante todo este tiempo de mi formación profesional.

A mi esposa Miluska; por estar ahí cuando más necesité, por hacer de mi un mejor hombre, un excelente esposo y un gran padre, este logro es tuyo mi amor

A mis Hijas Alisson, Camila y Valentina; Son la razón de que me levante cada día a esforzarme por el presente y el mañana, son mi principal motivación.

Como en todos mis logros, en este estuvieron presente.

A mis hermanos Tatiana, Moisés y Josué por enseñarme el valor de la vida.

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables que contribuyeron a mi formación profesional.
- A mi asesor Ing. José LEVANO CRISOSTOMO, por sus incontables orientaciones durante la ejecución y redacción de la investigación.
- A los miembros del jurado de tesis, Dr. Lucio Manrique De Lara Suarez, Ing. Jaime Torres García, Ing. Erle Scaglione, y al Ing. Juan Pablo Rengifo Trigoso.
- A mi Hermano Mg. Peter Coaguila Rodriguez por su empuje a realizar este proyecto.
- Al personal administrativo que labora en la biblioteca y al personal de los laboratorios de Análisis de Suelos e Ingeniería Agrícola, por su colaboración para la ejecución del presente trabajo.
- A todas aquellas personas que en forma directa o indirecta colaboraron en la realización del presente trabajo.

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. Fertilidad de los suelos .....	3
2.1.1. Propiedades químicas de los suelos .....	3
2.2. Estabilidad de agregados .....	14
2.3. Suelos degradados .....	15
2.3.1. Causas de la degradación de los suelos.....	16
2.4. Investigaciones realizadas.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1. Lugar de ejecución .....	19
3.1.1. Antecedentes de la zona de estudio .....	20
3.2. Materiales, insumos y equipos .....	20
3.2.1. Materiales y equipos de campo .....	20
3.2.2. Materiales, reactivos y equipos de laboratorio.....	21
3.3. Metodología .....	21
3.3.1. Hipótesis.....	21

3.3.2.	Variables a evaluar .....	22
3.3.3.	Tipo de investigación.....	25
3.3.4.	Nivel de investigación.....	25
3.3.5.	Método de investigación.....	26
3.3.6.	Diseño de investigación .....	26
3.3.7.	Modelo aditivo lineal .....	26
3.3.8.	Población y muestra .....	27
3.3.9.	Muestreo de suelo .....	28
3.3.10.	Análisis de muestras .....	30
3.4.	Análisis de datos .....	31
IV.	RESULTADOS.....	32
4.1.	Evaluación de propiedades químicas y estabilidad estructural en suelos bajo condiciones de 5, 10, 15 años de uso de suelo .....	32
4.1.1.	Sistema de uso de suelo con bosque secundario .....	32
4.1.2.	Sistema de uso de suelo con cocal .....	35
4.1.3.	Sistema de uso de suelo con ex cocal .....	37
4.2.	Evaluación de propiedades químicas y estabilidad estructural del suelo, entre sistemas de uso .....	39

V. DISCUSIÓN .....	46
VI. CONCLUSIONES.....	49
VII. RECOMENDACIONES .....	50
VIII. ABSTRACT .....	51
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	52
ANEXO.....	57



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Niveles de pH del suelo .....	5
2. Rango de materia orgánica en el suelo .....	6
3. Niveles de contenido de Nitrógeno .....	7
4. Niveles de contenido de fósforo .....	10
5. Niveles de contenido de potasio .....	11
6. Niveles de capacidad de intercambio catiónico .....	13
7. Operacionalización de variables .....	24
8. Distribución de población y muestras .....	28
9. ANOVA y valores promedios de indicadores de calidad del suelo en suelos con bosque secundario. ....	34
10. ANOVA y valores promedios de indicadores de calidad del suelo en suelos con cocal. ....	36
11. ANOVA y valores promedios de indicadores de calidad del suelo en suelos con ex cocal. ....	38
12. ANOVA y valores promedios de indicadores de calidad del suelo evaluado entre sistemas de uso	

.....

40

.....

.....

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Submuestreo del suelo - Sistemático o Regular (ORTEGA, 1999) .....	29
2. Promedio de valores de pH o reacción del suelo evaluado entre sistemas de uso.....	41
3. Promedio de valores de materia orgánica del suelo evaluado entre sistemas de uso .....	42
4. Promedio de valores de nitrógeno disponible evaluado entre sistemas de uso .....	42
5. Promedio de valores de fósforo disponible del suelo evaluado entre sistemas de uso .....	43
6. Promedio de valores de potasio del suelo evaluado entre sistemas de uso .....	44
7. Promedio de valores de capacidad de intercambio catiónico del suelo evaluado entre sistemas de uso .....	44
8. Promedio de valores de estabilidad estructural del suelo evaluado entre sistemas de uso .....	45
9. Extracción de muestras del SUT con cocal de 5 años .....	58
10. Extracción de muestras del SUT con cocal.....	58

11. Extracción de muestras del SUT con ex cocal.....	59
12. Extracción de muestras del SUT con bosque secundario de 5 años .	59
13. Extracción de muestras del SUT con bosque secundario de 10 años	60
14. Extracción de muestras de suelo.....	60

## RESUMEN

La investigación se realizó en parcelas diferenciadas por el tipo de uso de suelo, situado políticamente en el caserío Matapalo, distrito Monzón, provincia Huamalíes – Huánuco; con la finalidad de evaluar el efecto los sistemas (bosque secundario, cocal y ex cocal) y tiempo de uso (5, 10, 15 años) sobre las propiedades químicas y estabilidad estructural del suelo. La investigación fue observacional, prospectivo, transversal, analítico. Se usó el método inductivo - deductivo. El diseño estadístico que se utilizó para las propiedades químicas y estabilidad estructural fue el completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 3x3 para la comparación de los sistemas de uso. Las submuestras de suelos se obtuvieron por medio de la técnica hoyo en forma de V hasta una profundidad de 20 cm.

De los resultados mostrados respecto a la evaluación para indicadores químicos y estabilidad estructural de agregados del suelo con sistema de uso de bosque secundario, ex cocal y cocal por efecto del tiempo, no existieron diferencias estadísticas entre promedios. Sin embargo, a mayor tiempo de uso, los niveles de fertilidad mostraron tendencias crecientes. Por otra parte, de la evaluación entre sistemas de uso, el bosque secundario presentó mayores valores de los indicadores químicos y estabilidad estructural de agregados del suelo respecto a los sistemas de uso con ex cocal y cocal. Concluyéndose que, los sistemas de uso de suelo influyen en la calidad del suelo y estabilidad estructural de agregados.

## I. INTRODUCCIÓN

El impacto del cambio de uso del suelo y consecuentemente la pérdida de la cobertura vegetal es uno de los trascendentales complicaciones que agobian a la humanidad, debido a que estos son la principal procedencia del cambio climático integral y concierne directamente con la calidad del agua, del suelo, biodiversidad, salud humana, urbanización, seguridad en la producción de alimentos, migración transfronteriza, los refugios ambientales, (LÓPEZ, 2006). Por otra parte, el incremento de las actividades agrícolas, sobrepasa la capacidad de resiliencia de los ecosistemas, acarreado como resultados declives fertilidad del suelo, disminución de recursos y deterioro de la calidad de agua (VERA y ROMERO; 2004).

La estabilidad de agregados (EA) calcula la resistencia del suelo a conservar su arreglo espacial y su detrimento se vincula, entre otros, a incrementos en la compactación y erosión del suelo (BATEY, 2009)

El deterioro de la calidad del suelo está aumentando debido a diversas razones, como cambios estructurales, compactación, reducción del contenido de materia orgánica, pérdida de suelo por erosión, reemplazo gradual de áreas de pastoreo, bosques y / o cultivos ilícitos. Por ejemplo, la coca agotando la fertilidad disminuyendo áreas puramente agrícolas.

Hasta los años 70 en el valle del Bolsón Cuchara, el sistema tradicional de producción de coca ampliamente utilizado en la cuenca del monzón incluye el uso de terrazas, trasplante de plántones mediante pozos profundos, abono natural y uso de muy poco a moderado de herbicidas y pesticidas, cultivos relacionados en la etapa inicial, el uso inicial de árboles de sombra, sin fertilizantes inorgánicos. En otras palabras, existía conciencia ambiental. Por lo antes mencionado, se planteó como problema de investigación ¿Cuál será la influencia de los sistemas y tiempos de uso sobre las propiedades químicas y estabilidad estructural del suelo?. Concluyéndose finalmente que, el tipo de sistema y tiempo de uso influyen sobre las propiedades químicas y estabilidad estructural del suelo.

### **Objetivo general**

Evaluar los sistemas y tiempo de uso sobre las propiedades químicas y estabilidad estructural del suelo en el distrito Monzón.

### **Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades químicas (pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, CIC) y estabilidad estructural en suelos con bosque secundario, cocal y ex cocal bajo condiciones de 5, 10, 15 años de uso.
- Contrastar las propiedades químicas (pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, CIC) y estabilidad estructural del suelo, entre sistemas de uso con bosque secundario, cocal y ex cocal.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Fertilidad de los suelos

THURSTON (1997) menciona que Los cultivos en un sistema de agricultura de conservación requieren los mismos nutrientes que en los sistemas agrícolas convencionales. La diferencia radica en el tipo de fertilizante y el tiempo de fertilización, así como en la reducción de las actividades de preparación del suelo que pueden actuar sobre los nutrientes de las siguientes formas: los nutrientes inmóviles se acumularán en la superficie; la agricultura de conservación reduce la mineralización del nitrógeno; durante la descomposición de los residuos de los cultivos, Puede fijar nitrógeno. La aplicación superficial de fertilizante de amoníaco puede acidificar la superficie del suelo.

#### 2.1.1. Propiedades químicas de los suelos

Todos los nutrientes tienen cierta capacidad para migrar en el suelo: el fósforo y el potasio no migran. El nitrógeno es móvil y permanece en la solución del suelo. Cuando ninguna raíz absorbe nitrógeno, el nitrógeno se puede filtrar de la zona de la raíz. Para que las raíces absorban los nutrientes proporcionados en forma de fertilizante, deben disolverse en una solución de suelo húmedo y cerca del suelo (THURSTON, 1997).



La lenta mineralización de la materia orgánica en la agricultura de conservación libera fósforo y potasio en la corteza superior del suelo. De manera similar, estos nutrientes no se acumularán, porque los cultivos desarrollarán raíces superficiales, las absorberán y movilizarán dentro del contorno. El nitrógeno es móvil y no requiere una forma específica de aplicación. Sin embargo, cuando no llueve o la superficie del suelo no está humedecida, el nitrógeno no se moverá en el perfil y puede perderse debido a la volatilización. Por lo tanto, se recomienda la aplicación de al menos una porción de fertilizante nitrogenado en capas.

#### **2.1.1.1. Reacción del suelo (pH)**

ALDANA y SUNIAGA (2005) Mencionaron que la distribución y características químicas del suelo se han mejorado debido a los efectos de los árboles. La mejora del pH, el porte de reciprocidad catiónico el contenido de nutrientes (que puede aumentar la producción neta de los pastizales) y el uso de bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico pueden mejorar la fertilidad del suelo. Un enfoque integrado para el manejo de suelos ácidos incluye un régimen de suma variable de cal, la utilización de diversidades condescendientes al ácido, uso efectivo de fertilizantes, rotación de cultivos apropiada y estrategias de diversificación de cultivos. El impacto negativo de la acidez del suelo se debe a las particularidades tanto físicas y químicas del suelo. No obstante, si se asegura que el contenido orgánico en el suelo es alto, se puede compensar parcialmente. (KENNET, 2008).

Cuadro 1. Nivel de pH del suelo

Descripción	Rango
Acido Extremo	< a 4.5
Acido Fuerte	4.5 - 5.5
Acido Moderado	5.5 - 6.5
Neutro	6.5 - 7.5
Alcalino Moderado	7.5 - 8.5
Alcalino Fuerte	➤ a 8.5

Fuente: Sistema de clasificación USDA – Laboratorio de suelos UNAS

### 2.1.1.2. Materia orgánica del suelo (MOS)

HARMAND (2003) precisa que la materia orgánica del suelo se define a la parte orgánica del suelo, incluidos los restos animales y vegetales en distintas etapas de disgregación, incluidos los entretrejidos y celdas de los organismos que viven en el suelo, y la materia orgánica (fauna y flora) producida por los habitantes del organismo. En relación con esto, se descubrió que la insuficiencia de fósforo y la sujeción de nitrógeno en restos de vegetaciones con una alta relación C: N pueden ser factores que limitan la mineralización y la producción sostenible. (BODDEY *et ál.*, 2004).

Los microorganismos del suelo que obtienen energía a través del proceso de mineralización pueden obtener este nutriente. El grado de este sumario es importante para las vegetaciones porque puede proporcionar a las vegetaciones complementos como nitrógeno y fósforo

que están unidos químicamente al carbono en forma de sustancias químicas. Dado que su descomposición aporta humus y nutrientes, también ayuda a mejorar la calidad del suelo. En condiciones alternas húmedas y secas, la tasa de mineralización del nitrógeno y el carbono orgánico es a velocidad alta, dado que en condiciones desecadas el grado de mineralización del carbono se realiza con más rápides que del nitrógeno, minimizando su dependencia C:N. (GONZALO, 1987).

Cuadro 2. Rango de materia orgánica en el suelo

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

Fuente: Sistema de clasificación USDA –Laboratorio de suelos UNAS

### 2.1.1.3. El nitrógeno (N)

Debido al contenido de proteínas o azúcar en los cultivos, afectará la calidad y el rendimiento; el N tiene un ciclo muy complicado, porque la forma más grande de almacenamiento de N es el gas, que no se puede utilizar directamente en las fábricas. Por lo tanto, es indispensable para el pasto forrajero y requiere alta concentración, que es una limitación de producción que existe solo en forma de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  en las plantas. El nitrógeno se retiene más en suelos alcalinos en forma de amonio  $\text{NH}_4^+$ , a partir de forma de nitrato  $\text{NO}_3^-$  y nitrito  $\text{NO}_2^-$ , tiene una mayor oscilación y

es difícil de intercambiar. Este elemento puede perderse del sistema a través de los procesos físicos de lixiviación, escorrentía, erosión, volatilización, desnitrificación y quema de desechos. Se aprecia que el N con estos procedimientos puede ser escaso debido a las siguientes razones: a) acción biológica insuficiente; b) uso irrazonable del suelo o pérdida de materia orgánica por erosión; c) condiciones climáticas extremas (GONZALO, 1987).

Cuadro 3. Nivel de contenido de Nitrógeno

Nivel	Nitrógeno (%)
Bajo	< a 0.1
Medio	0.1-0.2
Alto	> a 0.2

Fuente: Sistema de clasificación USDA – Laboratorio de suelos UNAS

El nitrógeno es el factor limitante en los pasturas, la sombra y el ciclo de nutrientes. Al utilizar fertilizantes o biomasa de árboles para proporcionar nuevas contribuciones de nutrientes para mejorar el crecimiento del forraje, se puede aumentar su tasa de utilización. Sin embargo, debe considerarse que independientemente de que existan árboles en el sistema, el ganado a su vez producirá una gran cantidad de excrementos, los cuales serán depositados en el área de descanso y alrededor del canal de consumo de alimentos, convirtiéndose así en un aporte significativo de diversos nutrientes (BODDEY *et ál.*, 2004).

- Manejo del nitrógeno

Los siguientes tres factores pueden evitar que las plantas puedan obtener el nitrógeno del suelo: inmovilización, mineralización y volatilización. (THURSTON, 1997). La inmovilización es causada por la rápida absorción de diferentes formas de nitrógeno (como el nitrato (NO<sub>3</sub>) y la sal de amonio (NH<sub>4</sub>)) por microorganismos para descomponer los residuos de los cultivos y otra materia orgánica. Cuando los microorganismos usan nitrógeno, las plantas no pueden absorberlo hasta que en el instante en que se descompone la materia orgánica, los microorganismos sucumben y de nuevo liberan nitrógeno. La mineralización es el proceso mediante el cual los microorganismos convierten el nitrógeno orgánico de los aminoácidos o proteínas en amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y luego en nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>):



Aunque las plantas tienen la facilidad de consumir las dos formas de nitrógeno, el amoníaco generalmente se convierte rápidamente en nitrato. Puede ser absorbido por las plantas o eliminado del suelo y perderse debido al crecimiento de las plantas. En los primeros días de la agricultura de conservación, el nitrógeno existía especialmente en su forma orgánica (inmovilizado), por lo que no se conseguía el uso en el desarrollo de las plantulas. Dado que el proceso de mineralización inicial

es muy lento, es necesario aplicar adicionalmente nitrógeno para el crecimiento de las plantas como fertilizante. (THURSTON, 1997).

- Acidificación del suelo

El uso de ciertos fertilizantes nitrogenados puede afectar la acidez del suelo. Generalmente, el valor de pH de los cultivos es mejor entre 6 y 7, porque este valor puede maximizar el uso de nutrientes. La aplicación superficial de nitrógeno reduce el pH y, como resultado, reduce el efecto de ciertos herbicidas.

En particular, los fertilizantes amoniacales (como urea, fosfato monoamónico y fosfato diamónico) se convierten rápidamente en nitrato mediante el proceso de nitrificación, liberando ácido, aumentando así la acidez de la capa superior del suelo. Muchos estudios han informado que debido a la fuerte nitrificación, aumenta la acidificación del suelo del sistema a base de leguminosas, seguida de la exportación de excrementos de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{H}_3\text{O}^+$  de las raíces de las leguminosas y productos animales y vegetales.

#### **2.1.1.4. El fósforo (P)**

Si la tierra muestra un pH por encima de 7.5 los fosfatos cálcicos cambian gradualmente a tricálcicos (apatito), acrecentando los fosfatos abstrusos a un régimen del comportamiento del pH, por lo que las fuentes de fósforo nutritivo son efímeras (HOSOKAY, 2005).

Por lo general es el elemento segundo más restrictivo de la producción, su obtención es a partir de minerales y es esencial para el desarrollo de las plantas. Las diferentes formas de iones fosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  o  $\text{HPO}_4^{2-}$  o  $\text{PO}_4^{3-}$ ) son la única forma absorbible de plantas. Existe en pequeñas cantidades en suelos ácidos porque cuando el pH es menor a 6.5, es atraído por iones  $\text{Al}^{3+}$  y  $\text{Fe}^{2+}$  y es retenido. Sin embargo, el P no es fácil de lixiviar (GONZALO, 1987). Una de las principales causas de la degradación y degradación de los pastos es el mal manejo del sistema, debido a la falta de fertilización y al sobrepastoreo para su mantenimiento, especialmente cuando las precipitaciones son escasas. Finalmente, la tasa de crecimiento de la vegetación disminuye debido a la falta de P y N en el suelo. (BODDEY *et ál.*, 2004).

Cuadro 4. Nivel de cuantía de fósforo

Nivel	Fósforo (ppm)
Muy Bajo	> de 5
Bajo	5.1 – 15
Normal	15. 1- 30
Alto	30.1 – 40

Fuente: Sistema de clasificación USDA – Laboratorio de suelos UNAS

La cantidad general de fósforo en la superficie no tiene categoría práctica seguida, pero continuamente se usa como indicador de meteorización. El fósforo total en el suelo cultivado reduce con el aumento de la intensidad de la meteorización (SANCHEZ, 1981). El fósforo es diferente del nitrógeno. El elemento N puede integrarse a la superficie

mediante la fijación bioquímica de microorganismos. El fósforo no es soportado por dichos microorganismos. El fósforo solo proviene de la descomposición del lecho rocoso durante la meteorización, representando alrededor de 0.1. puntos porcentuales sobre la superficie (NAVARRO, 2003).

#### 2.1.1.5. El potasio (K)

Este elemento se presenta mediante la descomposición en el suelo y descomposición de rocas que contienen minerales de potasio. El mineral generalmente considerado como la fuente original de potasio es el feldespato potásico. (NAVARRO, 2003).

Cuadro 5. Nivel de potasio

Nivel	Potasio (kg/ha)
Muy Bajo	menor de 300
Bajo	300-600
Normal	mayor de 600

Fuente: Sistema de clasificación USDA - Laboratorio de suelos UNAS

La cantidad de Dióxido de potasio se sitúa entre el 0,5% y el 3%, y dependiendo de su textura, el contenido de arcilla con nivel mas elevado, en tanto la arcilla y limo-arcilla es de mayor cantidad abundantes que las áreas arenosas y limo-arenosos. En los tejidos de las plantas y las zonas radicales, el potasio se intercambia fácilmente con otros metales,



especialmente metales alcalinos y metales alcalinotérreos (Na, Ca y Mg) (LLANOS, 1984). El potasio es muy eficaz cuando el pH está entre 6 y 7,5, la eficacia del potasio disminuye en medios alcalinos y aumenta cuando el pH es superior a 8,5 (DONAHUE.R 1989).

Este es un componente muy fluido y en altas cantidades en los pétreos que forman la superficie de la tierra, su contingente y comprendido dependen de la existencia y meteorización de feldespato y mica en el material parental. No obstante, no está disponible y las plantas solo pueden absorber el K en la solución. Su suelta o adherencia depende del pH y CCE, porque bajo pH alto (revocado) CEE alto, existe más áreas con disponibilidad mediante el cual se agrada más el potasio, disminuyendo así la pérdida causada por la lixiviación. Asimismo, la propagación solicita bastante H<sub>2</sub>O para ser transportada a las raíces y el desecamiento es limitada. La pérdida de elementos del sistema se produce por limpieza, deterioro de la manto de la superficie terrestre, escorrentías e infiltraciones profundas. (GONZALO, 1987).

#### **2.1.1.6. Capacidad de intercambio catiónico**

NAVARRO (2003) menciona que La capacidad de permuta de los cationes (CEC) es una medida del material (coloide) que retiene los cationes intercambiables. También se puede definir como la carga negativa por unidad de cantidad de coloide neutralizado por intercambio catiónico. Los cationes son iones con carga positiva, mientras que los coloides tienen

carga negativa. La capacidad de intercambio se expresa generalmente en miligramos de equivalente de hidrógeno por 100 gramos de coloide, y su nombre abreviado es miliequivalentes por 100 gramos o meq / 100 gramos. Por definición, se convierte en el peso del elemento que reemplaza al peso atómico del hidrógeno.

Cuadro 6. Niveles de capacidad de intercambio catiónico

Categorías	Rangos (MEQ/100 g)
Baja	menos de 10
Media	10 – 20
Alta	Mas de 20

Fuente: Sistema de clasificación USDA - Laboratorio de suelos UNAS

La capacidad de retener cationes en el suelo, prevenir su lixiviación y retenerlos como reservas de nutrientes de las plantas se denomina capacidad de intercambio catiónico (CIC), expresada en miles de equivalentes por 100 g de suelo. La CIC es variable y está estrechamente relacionada con el contenido de arcilla y materia orgánica del suelo. A medida que aumenta la cantidad de arcilla y materia orgánica, aumenta la CIC. Esta característica también es directamente afectada por el valor del pH, ya que se reduce a medida que aumenta la acidez del suelo. Para obtener el mejor rendimiento, el cacao necesita un suelo con un valor CIC alto, ya que es un signo de buena fertilidad. (NAVARRO, 2003).

## 2.2. Estabilidad de agregados

Se muestra como un régimen de la fragilidad de los incorporados del suelo ante las fuerzas destructivamente extrínsecas (Hillel, 1982, citado por USDA, 1999). El adherido radica en varias partículas de suelo combinadas. El poder destructivo en esta prueba es el agua corriente. El agregado que resiste la energía hidráulica se llama agregado estabilizado por agua (AEA). Generalmente, cuanto mayor es el porcentaje de agregado estable, menor es la erosionabilidad del suelo. Los incorporados del suelo son la producción de la población microbiana en el suelo, la composición orgánica y mineral del suelo, la naturaleza de la población vegetal de la superficie y la historia del ecosistema. Son de gran importancia para el movimiento y almacenamiento del agua de la superficie, la erosión y el crecimiento de raíces y actividades de las comunidades microbianas. (Tate, 1995; citado por USDA, 1999).

La pérdida del agregado es el primera fase para formar una costra y un sello superficial, que puede prevenir la penetración del agua y aumentar la erosión. La acumulación de suelo puede cambiar durante un cierto período de tiempo, como la estación o el año. Los agregados se pueden formar, descomponer y reensamblar regularmente. (Hillel, 1982; citado por USDA, 1999).

El porcentaje de agregado estable en el agua indica la cantidad de resistencia a la interferencia del agua que fluye. Generalmente, una gran cantidad de agregado estable es beneficiosa para la aptitud del suelo.

La calidad del suelo es mejorada por el agregado:

- Proteger la materia orgánica acumulada en el agregado de la exhibición al aire y la descomposición microbiana.
- Reducir la erosión del suelo.
- Mejorar el flujo de agua y aire (los agregados aumentan la cantidad de espacios porosos grandes), mejorar el entorno físico para el desarrollo de las raíces y mejorar el hábitat de los organismos del suelo.

### **2.3. Suelos degradados**

Cuando el suelo está en proporción con sus elementos formadores, extiende a obtener los contextos adecuados para producir una buena biomasa. Si esta equidad se quiebra (regularmente a través de actividades humanas directas o indirectas), provocará cambios en el ecosistema y el régimen del suelo no es lo competentemente fuerte en la resistencia en esta revolución. La progreso natural de la superficie se interrumpe y dominan una cadena de técnicas, lo que resulta en una reducción de la calidad del suelo.

El proceso de degradación del suelo se entiende como una serie de reacciones físicas, químicas o biológicas y sus interacciones que afectan la autorregulación del suelo y su productividad. Como se mencionó anteriormente, en la mayoría de los casos, el factor inicial en el proceso de degradación es la acción humana insuficiente, pero también existen ciertas condiciones naturales

que promueven cambios físicos, químicos y biológicos en el suelo en llamas. Ciertos procesos de degradación. Lo podemos resumir de la siguiente manera: La pérdida de vegetación es una de las causas más importantes del proceso de desertificación. Desde un obvio punto de vista ambiental, así como económico y social, los procesos de degradación anteriores tienen efectos muy graves en las áreas donde actúan. En cualquier caso, es muy difícil evaluar el costo de la degradación desde un punto de vista económico (ANDREU *et al.*, 1998).

### **2.3.1. Causas de la degradación de los suelos.**

En las décadas de 1940 y 1950 se aceleró la eliminación de la vegetación nativa utilizada para el cultivo y posteriormente se abandonaron las tierras improductivas, lo que provocó que enfrentaran graves problemas de erosión. Al analizar una serie de indicadores biológicos de niveles de degradación, se determina que el desperdicio de suelo agrícola conducirá a la pérdida de su calidad biológica y bioquímica. (GARCÍA *et al.*, 1998). El uso de plaguicidas y fertilizantes es indispensable en las prácticas agrícolas actuales, no solo por la difusión de productos más o menos tóxicos a la cadena alimentaria humana, sino también a través del agotamiento paulatino del suelo, porque los microbios asegurarán su composición y su nutrición natural (MOPT.1992).

### **2.4. Investigaciones realizadas**

Comprender el comportamiento dinámico del material orgánico del suelo (MOS) es fundamental en la comprensión del flujo de carbono (C) y nitrógeno (N) en el suelo. La investigación empírica y los modelos de ficción

muestran que la diferencia en la cuantía y calidad de la contribución orgánica al suelo da la diferencia en el dimensión de la "pooles" orgánicos y la diferencia en las tasas de mineralización de carbono y nitrógeno. (% arcilla + limo) influencia en el ciclo del C en el suelo. Como todos sabemos, a pesar de experimentar el mismo aporte de materia orgánica, los suelos arcillosos retienen más MOS que los suelos arenosos (HASSINK, 1994). (VALLEJO *et al.*, 2005 La defensa se da cuando la MOS se adsorbe en la superficie de partículas de arcilla y limo, o cuando está "incrustada" o cubierta por minerales de arcilla. (GOLCHIN *et al.*, 1994) o Cuando están en un micro-agregado, los microorganismos no pueden alcanzarlo. (EYNDEN, 2011).

Los suelos de las áreas tropicales muestran una gran inconsecuencia espacial, por encima de las regiones templadas (RICHTER y BABBAR, 1991). En los boscajes tropicales áridos (BTS), este cambio corresponde al sustrato, la topografía y otros elementos que perturban el progreso del suelo y su boscaje. (JHA y SINGH, 1990). Las permutaciones en el suelo y la flora conducirán a cambios dinámicos en los nutrientes. En una escala espacial más pequeña, se han registrado cambios en la tasa de mineralización de carbono y nutrientes estancados en el suelo BTS de la India, lo que está relacionado con el enfoque en la pendiente. (RAGUBANSHI, 1991); A medida que aumenta la altitud, la actividad biológica disminuye. Además, la geoquímica puede reflejar cambios en la secuencia del terreno concernientes en su altura.

AGBENIN y TIESSEN (1994) y CAMPO *et al.* (2001a) informan que las características mineralógicas cambian a lo largo del talud, cuando la altitud aumenta, las características mineralógicas pueden cambiar el aporte y

disponibilidad de nutrientes. En particular, el suelo en el punto más alto experimentará rejuvenecimiento y material de sedimentación, que se depositará en la parte inferior. Las plantas del Neotrópico y del Paleotrópico son más sensitivos a las permutaciones en la fecundidad del suelo. (WRIGHT, 1992), Se puede presumir que los cambios en el medio de nutrientes a lo largo de la pendiente pueden reflejarse en la forma en que la vegetación usa y controla los nutrientes de acuerdo con la pendiente. En las zonas de 70-150 metros sobre el nivel del mar se registran los cambios en las peculiaridades biogeoquímicas del ecosistema provocados por la altura. El contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo en el suelo disminuye al aumentar la altitud. (SOLIS, 1993). Asimismo, disminuye la producción primaria neta con una altura mayor (MARTÍNEZ y YRÍZAR *et al.*, 1996).

CAMPOS (2003) Al estudiar la disponibilidad y el flujo de nutrientes después de la colonización de los bosques tropicales secos de México, determiné que la concentración de Ca y Mg soluble en el suelo también mostraba un patrón espacial fuerte y significativo, que era 2.6 a 3.1 veces mayor que el de México. La concentración de potasio en la parte más baja de la baja altitud tiende a ser más alta que la de la gran altitud, pero el patrón no es obvio. A medida que disminuye la altitud, las reservas de nutrientes tienden a aumentar significativamente. El contenido de fósforo, calcio y magnesio en suelos a baja altitud es mayor. Sin embargo, a medida que la altitud disminuye, K muestra una tendencia a descender.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

La presente investigación se realizó en parcelas diferenciadas por el tipo de uso de suelo, situado políticamente en el caserío Matapalo, distrito Monzón, provincia Huamalíes - Huánuco. Asimismo, el análisis en gabinete se realiza en el laboratorio de análisis de suelos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de La Selva (UNAS).

El acceso a la zona de influencia desde la localidad de Tingo María es tomando la ruta de Tingo María-Monzón (vía transfronteriza a nivel de carretera asfaltada) hasta llegar a la localidad de Cachicoto, realizando un recorrido de aproximadamente 45 kilómetros. Luego proseguir hacia el pueblo de Matapalo en la margen izquierda del río Monzón. Tomando un bote para cruzar el río, y luego seguir el sendero de 3 km hasta el caserío de Camote, y 2 km hasta el caserío de Matapalo.

La cuenca corresponde a las zonas de vida, bosques muy húmedo-Premontano tropical (bmt-PT); bosque muy húmedo-Tropical (bmh-T); bosque pluvial-Premontano Tropical (bp-PT) y bosque pluvial-Montano Bajo Tropical (bp-MBT). En la cuenca del río Monzón no existen estaciones meteorológicas, pero



por su similitud altimétrica y bioclimática con la estación más cercana en la ciudad de Tingo María es posible inferir que en la localidad de Cachicoto (740 msnm) el patrón climático estaría definido por rangos de temperatura que varían entre los 19.3°C y 29.4°C y un régimen pluvial del orden de los 3,100 mm/anuales. Sobre los 800 m.s.n.m. en la medida que se asciende altitudinalmente los rangos de temperatura disminuyen y los volúmenes de precipitación pluvial se incrementan.

### **3.1.1. Antecedentes de la zona de estudio**

El deterioro de los recursos naturales del Pueblo de Matapalo se refleja en la desaparición de bosques naturales y plantaciones en las últimas décadas, los cuales son causados por su uso irrazonable, ya sea para la adquisición de tierras agrícolas o la producción ilegal de bosques milenarios. Debido a la falta de uso racional y reemplazo de especies (manejo forestal), el resultado no es solo la degradación de los recursos del suelo (esterilidad, reducción de la superficie de cultivo, pastos naturales y áreas protegidas); y la extinción de agua, animales y plantas. Además, ha traído y sigue teniendo graves consecuencias, a saber, la inestabilidad del suelo, arroyos, montañas y taludes de la microcuenca.

## **3.2. Materiales, insumos y equipos**

### **3.2.1. Materiales y equipos de campo**

GPS (Sistema de Posicionamiento Global), cámara digital, mapa de localización, pala plana, guantes de hule, balde grande, etiquetas, cinta adhesiva transparente, tamizador (malla menor a 0,5 cm), bolsas de polietileno, rotulador punta gruesa, papel, lapicero, plumón tinta indeleble.

### **3.2.2. Materiales, reactivos y equipos de laboratorio**

Matraz de Erlenmeyer, vaso de precipitación, probeta graduada, varilla, tamiz, balanza de precisión, estufa, dicromato de potasio, ácido sulfúrico, difenilamina sulfúrica, sal de Mohr y cloruro de potasio.

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Hipótesis**

- Hipótesis nula  $H_0$

Las propiedades químicas y estabilidad estructural del suelo son iguales en los 03 (tres) sistemas de uso de suelos y diferentes tiempos de uso (5, 10 y 15 años) situados en el caserío Matapalo.

$$H_0: E_i = 0$$

$$H_0: U_j = 0$$

- Hipótesis alterna  $H_a$

- Las propiedades químicas y estabilidad estructural del suelo son diferentes en los 03 (tres) sistemas de uso de suelos y diferentes tiempos de uso (5, 10 y 15 años) situados en el caserío Matapalo.

H1:  $E_i \neq 0$  para al menos algún  $i$

H1:  $U_j \neq 0$  para al menos algún  $j$

### **3.3.2. Variables a evaluar**

Las variables independientes y dependientes consideradas en la presente investigación fueron:

#### **3.3.2.1. Variables independientes**

Las variables independientes fueron:

- Sistemas de uso de la tierra (SUT).
- Diferentes tiempos de uso de sistemas (DSU)

#### **3.3.2.2. Variables dependientes**

Las variables dependientes fueron:

- Propiedades químicas
- Estabilidad estructural del suelo

### **3.3.2.3. Definición operativa de variables**

En Cuadro 7, se detalla la operacionalización de las variables en estudio.

Cuadro 7. Operacionalización de variables

Variables	Definición	Indicadores	Instrumentos	Escala
Independientes				
Sistemas	Áreas determinadas de terreno para el uso de diferentes sistemas.	- Bosque secundario - Cocal - Ex cocal,	Área en m <sup>2</sup>	Variable continua
Tiempos de uso	Tiempo de uso del Sistema	- 5 año - 10 años - 15 años	Área en m <sup>2</sup>	Variable continua
Dependientes				
Propiedades químicas	Son los parámetros que describen la composición del suelo.	- M.O. - pH. - N - P - K - CIC	- Materia orgánica (C y N orgánico) - Reacción del suelo o pH - Nitrógeno Total - Fósforo disponible - Potasio disponible - C.I.C	Variable continua
Estabilidad estructural	Son los parámetros que describen las características del suelo.	Estabilidad estructural	Bouyoucus	Variable continua

### 3.3.3. Tipo de investigación

La finalidad de la investigación fue (BERNAL, 2006):

- Observacional

No hubo intervención de los investigadores, los datos reflejaron la evolución natural del evento y excedieron los deseos de los investigadores.

- Prospectivo

Los datos recopilados necesarios para la investigación son obtenidos a propósito del estudio (primarios). Por lo tanto, puede controlar la desviación de la medición.

- Transversal

Todas las variables se miden en una sola ocasión; por tanto, al comparar, son muestras independientes.

- Analítico

El análisis estadístico es al menos bivariado, porque propone y contrasta hipótesis, su nivel más básico establece conexiones entre factores.

### 3.3.4. Nivel de investigación

El estudio es explicativo porque explica el comportamiento de una variable en función de otras variables. Dado que son estudios de causalidad, deben estar controlados y deben cumplir con otros estándares de causalidad. El

control estadístico es multivariado para excluir asociaciones aleatorias, accidentales o falsas entre variables independientes y dependientes. (CARRASCO, 2005)

### 3.3.5. Método de investigación

Se utiliza el método de deducción por inducción. Porque nuestros resultados se generalizan de una muestra específica a la población de investigación por inducción; por inferencia, obtenemos una muestra representativa de la población general (CARRASCO, 2005)

### 3.3.6. Diseño de investigación

El diseño estadístico para las propiedades químicas y la estabilidad estructural es completamente aleatorio (DCA), utilizando un arreglo factorial de 3x3 para comparar los sistemas de uso de suelos.

### 3.3.7. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + U_i + (RU)_{ii} + e_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Se refiere a la variable respuesta propiedades químicas (pH, M.O, N, P, K y CIC) y estabilidad estructural del suelo

$\mu$  = Media general

$R_i$  = Efecto de los sistemas de uso ( $i = 1, 2$  y  $3$ )

$U_i$  = Efecto de los tiempos de uso ( $j = 5, 10$  y  $15$  años)

$(RU)_{ii}$  = Efecto de la interacción entre los factores sistemas de uso y tiempos de uso.

$e_{ijk}$  = Error experimental.

### **3.3.8. Población y muestra**

#### **3.3.8.1. Población**

La población en este estudio fueron las muestras de los suelos de las parcelas en estudio.

#### **3.3.8.2. Muestra**

Para determinar el tamaño muestral se realizó muestreo directo o muestreo experto, y el tamaño muestral se determinó a partir del sistema de uso de suelos claramente definido y definido de acuerdo con el plano territorial; se obtuvieron 01 muestras compuestas a nivel superficial (0-20 cm de la capa superior del suelo) Cada muestra consta de veinte submuestras (MAYHUA y COL, 2008) dependiendo de este la fiabilidad de los resultados en las posteriores evaluaciones.

Para la investigación se consideró un total de 27 (veinte y siete) muestras compuestas: 3 sistemas de uso, con 3 tratamientos y 3 repeticiones, los mismos que se detallan en el Cuadro 2 (distribución de la población y muestras consideradas en el presente estudio).



Cuadro 8. Distribución de población y muestras.

	Población		N° de muestras
	01 ha.	5 años	3
Bosque secundario	01 ha.	10 años	3
	01 ha.	15 años	3
	01 ha.	5 años	3
Cocal	01 ha.	10 años	3
	01 ha.	15 años	3
	01 ha.	5 años	3
Ex cocal	01 ha.	10 años	3
	01 ha.	15 años	3
	01 ha.	5 años	3
Total	9.0 has.		27

### 3.3.9. Muestreo de suelo

El muestreo fue diseñado de acuerdo al tamaño y uniformidad de cada parcela a estudiar. Sobre la base del seguimiento del patrón geométrico específico especificado, se utiliza un muestreo sistemático o un muestreo convencional. Para este estudio se ha asignado una red de formas geométricas rectangulares. A partir del primero, siga este patrón para tomar muestras a intervalos regulares. (ORTEGA, 1999). Se utilizó la técnica del hoyo en V para obtener submuestras de suelo con una profundidad de 20 cm. Mezclarlos y homogenizarlos de las 20 submuestras de cada unidad de muestreo, y tomar de

ellos 01 kg, que representa la muestra compuesta. técnica desarrollada por MAYHUA y COL (2008) y ORTEGA (1999).

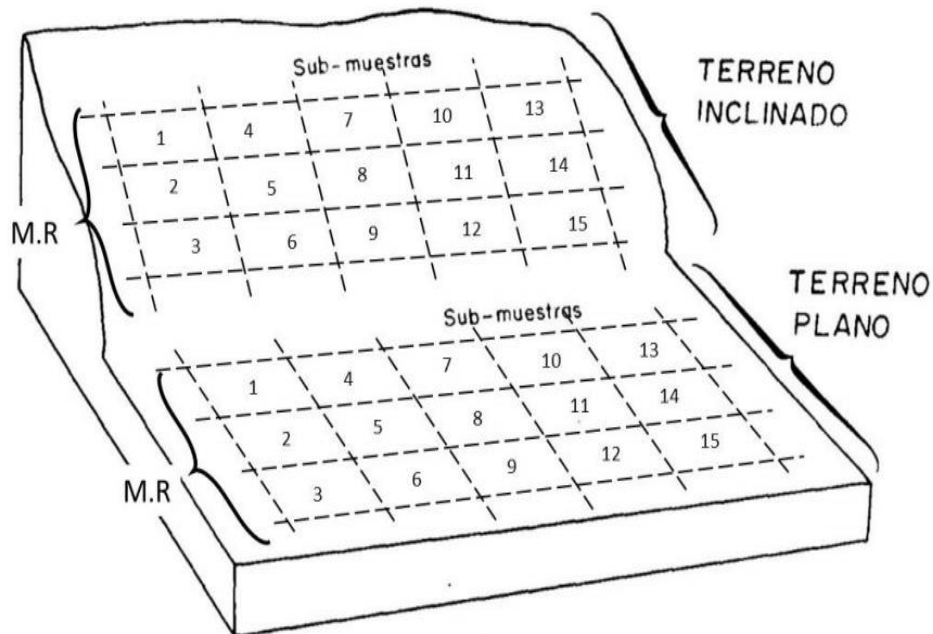


Figura 1. Submuestreo del suelo - Sistemático o Regular (ORTEGA, 1999)

Para la obtención de muestras de suelos se siguió la siguiente metodología:

### 3.3.9.1. Obtención de muestras de suelos

Una vez seleccionados los puntos a muestrear, primero se extraen las submuestras. Para ello, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Se procedió a eliminar la cobertura vegetal, limpiando la cobertura del suelo y eliminando todo lo que sea restos de vegetación, luego.

- Con la ayuda de la palana se efectuó cortes de hoyo de forma de V hasta una profundidad de 20 cm. para extraer el suelo y separar un Kg. Aproximadamente para luego llenar a un balde limpio de tamaño grande una cantidad de 20 submuestras
- Una vez obtenido las submuestras, se trituraron y homogenizaron los aglomerados hasta un tamaño de aproximadamente de 1 cm.
- Se homogenizo muy bien para obtener una muestra representativa (muestra compuesta) aproximadamente de 01 Kg.
- Luego de obtener la muestra representativa se procedió a embolsar y consignar los datos relevantes en las etiquetas a cada muestra.
- Las herramientas y materiales se limpiaron después de cada extracción, repitiendo los procedimientos hasta obtener la cantidad necesaria de muestras de suelos por parcelas en estudio.

### **3.3.10. Análisis de muestras**

Todas las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva., donde se realizó el análisis químico y estabilidad estructural del suelo. En el Anexo 2 se resume las propiedades químicas medidas y los métodos de análisis seguidos en cada una de las muestras.

#### – **Estabilidad estructural**

Se extrajo la muestra sin disturbar con pala a una profundidad de 0-5 cm. Secamos al aire la muestra en un lugar fresco, luego trituramos a a mano, luego tamizamos (2 mm), se puso 25 g de muestra en una probeta graduada de 50 ml y llenamos con agua destilada hasta el nivel de 40 ml, dejamos reposar media hora; una vez estimado, Cuando haya transcurrido el tiempo, tomamos otra probeta de 50 ml, pusimos 15 g de muestra, llenamos con 40 ml de solución de cloruro de potasio 1N y dejamos reposar media hora. Luego las dos muestras se agitaron vertical y circularmente a través de la varilla, agitando tres veces en un intervalo de media hora, las dos muestras se dejaron reposar durante media hora, y luego la cantidad de sedimentación del suelo de cada muestra fue uno. Si no hay diferencia en el asentamiento de las dos muestras, considerando la estabilidad estructural, la diferencia entre los dos volúmenes representa un índice de inestabilidad estructural, y cuanto mayor es la diferencia, mayor es el margen en ambas probetas. (método de Bouyoucos, Mapa 1986; citado por COTRINA 2009)

#### **3.4. Análisis de datos**

Para procesar la información generada por el análisis químico y la estabilidad estructural de las muestras de suelo, se analizaron mediante análisis de varianza utilizando (SAS 2009 versión 9.1), y los valores medios se compararon mediante la prueba de Tukey. El nivel de significancia es 5%.

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1. Evaluación de propiedades químicas y estabilidad estructural en suelos bajo condiciones de 5, 10, 15 años de uso de suelo**

#### **4.1.1. Sistema de uso de suelo con bosque secundario**

Para el análisis de varianza (ANOVA) a un 95% de significancia no existió razón suficiente para aceptar diferencia significativa entre los años de evaluación para los indicadores químicos y estabilidad estructural del suelo con sistema de uso de bosque secundario (Cuadro 9). Por otra parte, respecto a los niveles de fertilidad del suelo, se determinó que, los valores de pH fluctúan en el rango de 5.35 a 5.56 siendo suelos fuertemente ácidos a moderadamente ácido; sin embargo, se evidencia niveles medios de materia orgánica para suelos con 15 años (3.88%), y niveles altos para suelos de 5 y 10 años (4.62% y 4.04% respectivamente); consecuentemente, niveles medios de nitrógeno disponible se determinaron para las tres etapas de evaluación con valores en el rango de 0.12% a 0.15%; nivel bajo de fósforo en el suelo para las parcelas de 15 y 10 años (11.83 ppm a 14.34 ppm respectivamente) y nivel normal para la parcela de 5 años (19.22 ppm). Referente a los niveles de potasio en el suelo, estos presentan niveles bajos con valores que van de 407 kg/ha a 563 kg/ha.

Correspondiente a la estabilidad estructural, las parcelas en estudio presentan una alta estabilidad de agregados (85.60 a 92.32%).

Cuadro 9. ANOVA y valores promedios de indicadores de calidad del suelo en suelos con bosque secundario.

Tiempo	Valores promedios de indicadores químicos de calidad del suelo ( $\bar{X} \pm e.e.$ )						
	pH	Materia orgánica	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	CIC	Est. estructural
SC	0.07	0.92	1.4E-03	84.66	37175.17	160.23	68.84
C.M	0.04	0.46	6.8E-04	42.33	18587.58	80.22	34.42
Error	1.12	0.12	2.9E-03	225.63	10315.73	35.40	21.94
F	0.19	3.88	0.24	0.19	1.80	2.26	1.57
G.L	2	2	2	2	2	0.1852	2
5 años	5.35 $\pm$ 0.15 a	4.62 $\pm$ 0.46 a	0.15 $\pm$ 0.08 a	19.22 $\pm$ 0.46 a	407.24 $\pm$ 23.46 a	13.20 $\pm$ 0.46 a	85.60 $\pm$ 0.46 a
10 años	5.56 $\pm$ 0.24 a	4.04 $\pm$ 0.04 a	0.12 $\pm$ 0.00 a	14.34 $\pm$ 0.04 a	563.59 $\pm$ 32.04 a	19.06 $\pm$ 0.04 a	88.19 $\pm$ 0.04 a
15 años	5.49 $\pm$ 0.04 a	3.88 $\pm$ 0.03 a	0.14 $\pm$ 0.08 a	11.83 $\pm$ 0.03 a	501.31 $\pm$ 43.03 a	23.50 $\pm$ 0.03 a	92.32 $\pm$ 0.03 a
p-valor	0.8280	0.0830	0.7965	0.8336	0.2439	0.1852	0.2831
C.V. (%)	7.91	8.22	38.86	9.36	20.70	32.01	5.28

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), según prueba de Tukey.

#### 4.1.2. Sistema de uso de suelo con cocal

A un 95% de probabilidad de ocurrencia, para el análisis de varianza (ANOVA) no existió razón suficiente para aceptar diferencia significativa entre los años de evaluación para los indicadores químicos y estabilidad estructural de los suelos con plantación de cocal. Mientras que, los coeficientes de variación obtenidos por las distintas variables en estudio muestran que las distancias al cuadrado de los datos observados son poco distantes a la media o relativamente homogéneo.

Por otra parte, respecto a los niveles de fertilidad del suelo, se determinó que, los valores de pH fluctúan en el rango de 4.35 a 4.71 siendo suelos extremadamente ácidos a moderadamente ácido; con niveles medios de materia orgánica para suelos de 10 años (2.13%) y 15 años (2.20%), mientras que los suelos con 5 años presentaron tenores bajos (1.00%); niveles bajo de nitrógeno, mostrados por los suelos de 5 y 10 años, con valores encontrados en el rango de 0.05% a 0.09%. correspondiente a los valores de fósforo y potasio, estos presentaron niveles bajos para los tres años de evaluación. De la resistencia que tienen las partículas del suelo al estar en contacto con el agua o con una solución dispersante como el hexametáfosfato de sodio, los resultados obtenidos de estabilidad estructural del suelo por efecto de diferentes años o etapas de evaluación, se determinó que los suelos con cultivo de coca muestran una baja estabilidad del agregado por lo que pueden influir en las propiedades físicas y químicas de los suelos (Cuadro 10).



Cuadro 10. ANOVA y valores promedios de indicadores de calidad del suelo en suelos con cocal.

Tiempo	Valores promedios de indicadores químicos de calidad del suelo ( $\bar{X} \pm e.e.$ )						
	pH	Materia orgánica	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	CIC	Est. estructural
SC	0.20	2.73	0.01	2.89	2366.00	0.04	20.24
C.M	0.10	1.36	3.7E-04	1.44	1183.00	0.02	10.12
Error	0.07	1.23	3.3E-03	1.56	8125.67	0.26	6.56
F	1.54	1.11	1.13	0.93	1.15	0.09	1.54
G.L	2	2	2	2	2	2	2
5 años	4.46 $\pm$ 0.06 a	1.00 $\pm$ 0.16 a	0.05 $\pm$ 0.02 a	7.67 $\pm$ 0.36 a	304.67 $\pm$ 52.65 a	7.26 $\pm$ 0.46 a	44.63 $\pm$ 1.46 a
10 años	4.35 $\pm$ 0.18 a	2.13 $\pm$ 0.24 a	0.09 $\pm$ 0.02 a	8.67 $\pm$ 0.74 a	343.67 $\pm$ 49.04 a	7.41 $\pm$ 0.04 a	43.47 $\pm$ 1.32 a
15 años	4.71 $\pm$ 0.24 a	2.20 $\pm$ 0.33 a	0.12 $\pm$ 0.03 a	9.00 $\pm$ 0.83 a	330.67 $\pm$ 44.03 a	7.41 $\pm$ 0.03 a	47.07 $\pm$ 1.35 a
p-valor	0.2880	0.3902	0.3830	0.8336	0.8675	0.9191	0.2880
C.V. (%)	5.68	6.50	6.55	9.36	27.62	6.89	5.68

*Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), según prueba de Tukey.*

#### **4.1.3. Sistema de uso de suelo con ex cocal**

A un 95% de probabilidad de ocurrencia, para el análisis de varianza (ANOVA) solo existió razón suficiente para aceptar diferencia significativa entre los años de evaluación para los valores de pH y estabilidad estructural de los suelos con ex cocal. Asimismo, los coeficientes de variación obtenidos por las distintas variables en estudio muestran que las distancias al cuadrado de los datos observados son relativamente distantes a la media estadística.

Respecto al pH, a pesar de existir diferencias estadísticas entre los años de evaluación, los suelos muestran pH con valores encontrados en el fuertemente ácido, referente a los tenores de materia orgánica y nitrógeno, estos muestran una tendencia creciente de rangos bajos a medios a medida que se incrementa el tiempo de evaluación. Los valores de fósforo y potasio se encontraron en el rango de bajo (fósforo) y muy bajo (potasio). Correspondiente a la capacidad de intercambio catiónico, los suelos en estudio muestran valores bajo. Finalmente, los valores obtenidos de estabilidad estructural del suelo muestran niveles medios estabilidad del agregado por lo que pueden influir en las propiedades físicas y químicas de los suelos (Cuadro 11).

Cuadro 11. ANOVA y valores promedios de indicadores de calidad del suelo en suelos con ex cocal.

Tiempo	Valores promedios de indicadores químicos de calidad del suelo ( $\bar{X} \pm e.e.$ )						
	pH	Materia orgánica	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	CIC	Est. estructural
SC	0.30	2.62	4.5E-03	6.05	2168.21	69.01	51.29
C.M	0.15	1.31	2.2E-04	3.03	1084.10	34.50	25.64
Error	0.03	0.65	2.7E-03	3.69	3977.94	16.53	4.68
F	5.48	2.02	0.82	0.82	0.27	2.09	5.48
G.L	2	2	2	2	2	2	2
5 años	4.92 $\pm$ 0.11 a	1.93 $\pm$ 0.31 a	0.10 $\pm$ 0.11 a	8.33 $\pm$ 0.16 a	329.33 $\pm$ 23.46 a	7.33 $\pm$ 0.46 a	63.92 $\pm$ 1.46 a
10 años	4.49 $\pm$ 0.09 b	2.27 $\pm$ 0.21 a	0.08 $\pm$ 0.06 a	6.33 $\pm$ 0.15 a	318.67 $\pm$ 32.04 a	7.79 $\pm$ 0.04 a	58.37 $\pm$ 1.32 b
15 años	4.58 $\pm$ 0.24 b	3.21 $\pm$ 0.24 a	0.13 $\pm$ 0.04 a	7.17 $\pm$ 0.26 a	292.40 $\pm$ 43.03 a	13.42 $\pm$ 0.03 a	59.54 $\pm$ 1.35 b
p-valor	0.0442	0.2140	0.4842	0.4844	0.7704	0.2051	0.0442
C.V. (%)	3.57	32.63	15.65	26.39	20.12	42.74	3.57

*Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), según prueba de Tukey.*

#### **4.2. Evaluación de propiedades químicas y estabilidad estructural del suelo, entre sistemas de uso**

En el cuadro 12, se aprecia que para el análisis de varianza (ANOVA) existe razones suficientes para aceptar diferencias significativas entre los promedios de las variables pH, materia orgánica, fósforo, potasio, capacidad de intercambio catiónico y estabilidad estructural de agregados del suelo.

Consecuentemente, generando la prueba de Tukey concluimos que el sistema de uso con bosque secundario presenta mayores valores de los indicadores químicos y estabilidad estructural del suelo respecto a los demás sistemas de uso en estudio. Los mismo que a partir de la Figura 2, son detallados por indicador de calidad del suelo en estudio.

Cuadro 12. ANOVA y valores promedios de indicadores de calidad del suelo evaluado entre sistemas de uso

Tiempo	Valores promedios de indicadores químicos de calidad del suelo ( $\bar{x} \pm e.e.$ )						
	pH	Materia orgánica	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	CIC	Est. estructural
SC	4.63	29.30	0.01	322.14	176049.55	160.98	8889.86
C.M	2.31	14.65	0.01	161.07	88024.78	80.49	4444.93
Error	1.43	12.40	0.05	136.87	52788.68	171.77	692.14
F	38.74	28.36	2.88	28.24	40.02	11.25	154.13
G.L	2	2	2	2	2	2	2
Bosque	5.47 $\pm$ 0.01 a	4.18 $\pm$ 0.31 a	0.14 $\pm$ 0.01 a	15.13 $\pm$ 0.21 a	490.85 $\pm$ 23.46 a	13.27 $\pm$ 0.46 a	88.70 $\pm$ 1.84 a
Ex coccal	4.66 $\pm$ 0.05 b	2.46 $\pm$ 0.21 b	0.10 $\pm$ 0.02 a	7.28 $\pm$ 0.32 b	313.52 $\pm$ 32.04 b	9.50 $\pm$ 0.04 b	56.61 $\pm$ 1.35 b
Cocal	4.54 $\pm$ 0.03 b	1.69 $\pm$ 0.24 c	0.09 $\pm$ 0.01 a	8.47 $\pm$ 0.14 b	326.32 $\pm$ 43.03 b	7.36 $\pm$ 0.03 b	45.06 $\pm$ 1.07 c
p-valor	<0.0001	<0.0001	0.0754	<0.0001	<0.0001	0.0004	<0.0001
C.V. (%)	5.00	25.88	42.24	23.20	12.44	26.64	8.33

*Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), según prueba de Tukey.*

En la Figura 2, se puede apreciar los valores promedios de pH en los sistemas de uso de suelo. El valor más bajo se observa en los sistemas de uso con suelos ex cocal y cocal, con valores encontrados en el rango de 4.55 a 4.66 (fuertemente ácido), el valor más alto se aprecia en el sistema de uso con bosque de 5.47 (fuertemente ácido).

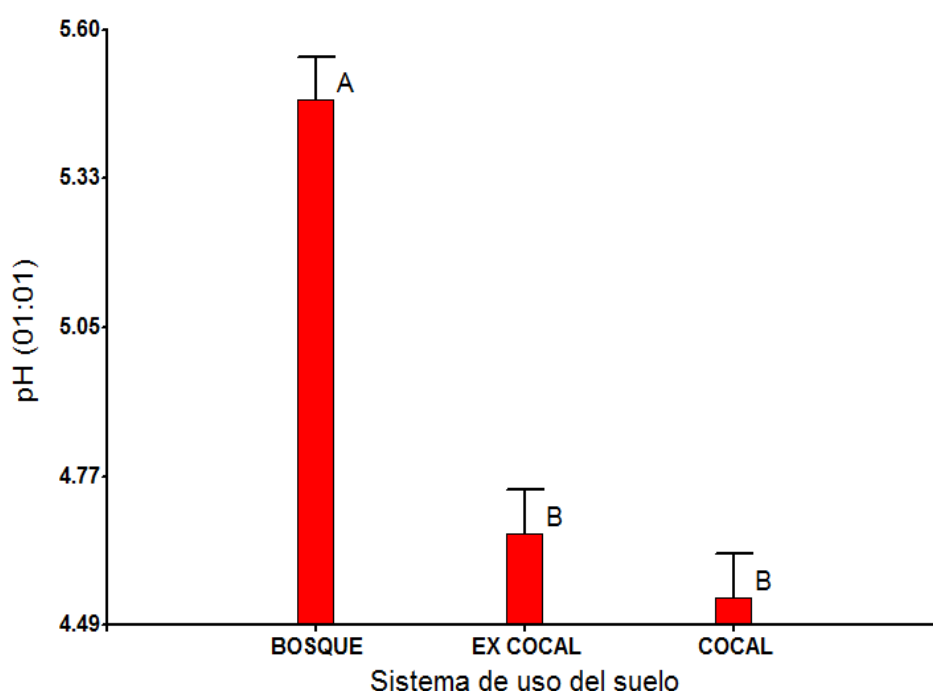


Figura 2. Promedio de valores de pH o reacción del suelo evaluado entre sistemas de uso

En la Figura 3, se aprecia los valores promedios del contenido de materia orgánica en porcentaje en los sistemas de uso de suelo. El contenido más bajo se observa en el sistema de uso con suelo con cocal, con valores encontrados en el rango de tenores bajos (1.69%), el valor más alto se aprecia en el sistema de uso con bosque con 4.18%. Mientras que los suelos con ex cicales mostraron tenores intermedios o de niveles medios (2.46%):

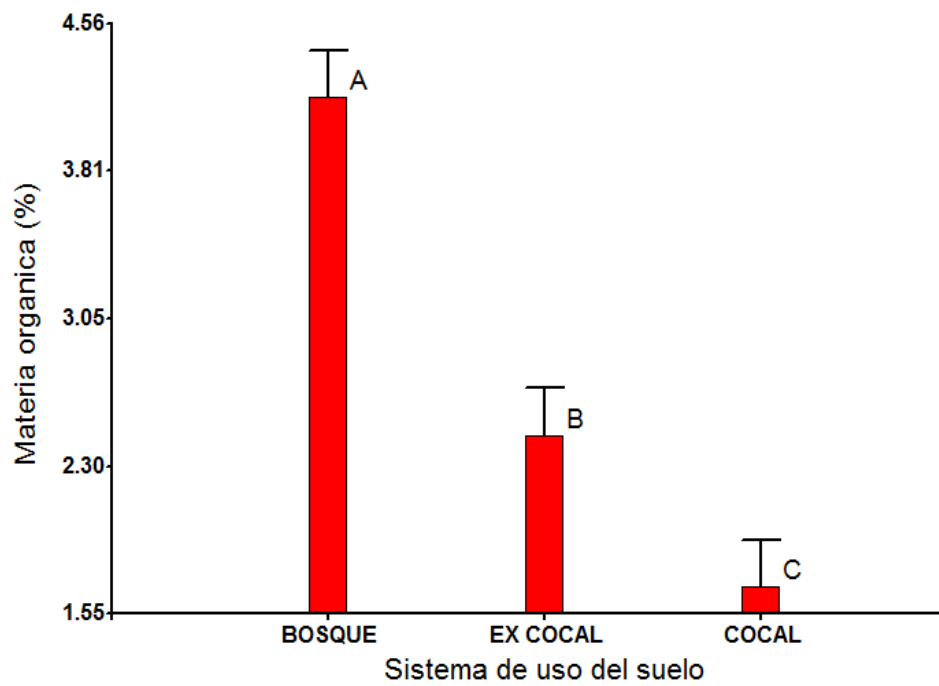


Figura 3. Promedio de valores de materia orgánica del suelo evaluado entre sistemas de uso

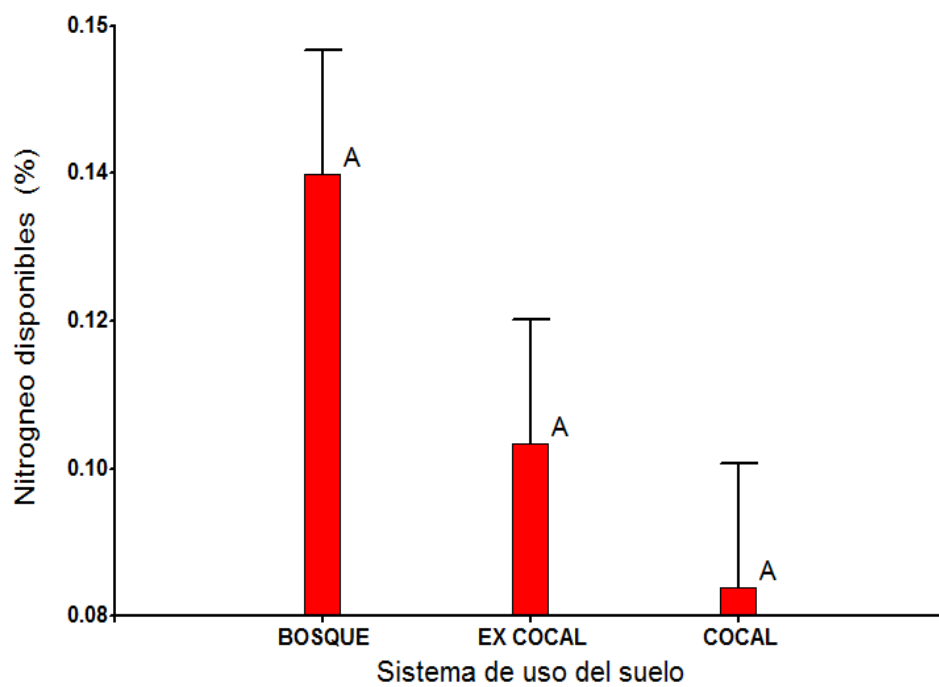


Figura 4. Promedio de valores de nitrógeno disponible evaluado entre sistemas de uso

En la Figura 5, se aprecia los valores promedios del contenido de fósforo en ppm en los sistemas de uso de suelo. El contenido más bajo se observa en los sistemas de uso con suelos ex cocal y cocal, con valores encontrados en el rango de tenores bajos, el valor más alto se aprecia en el sistema de uso con bosque con 15.13 ppm.

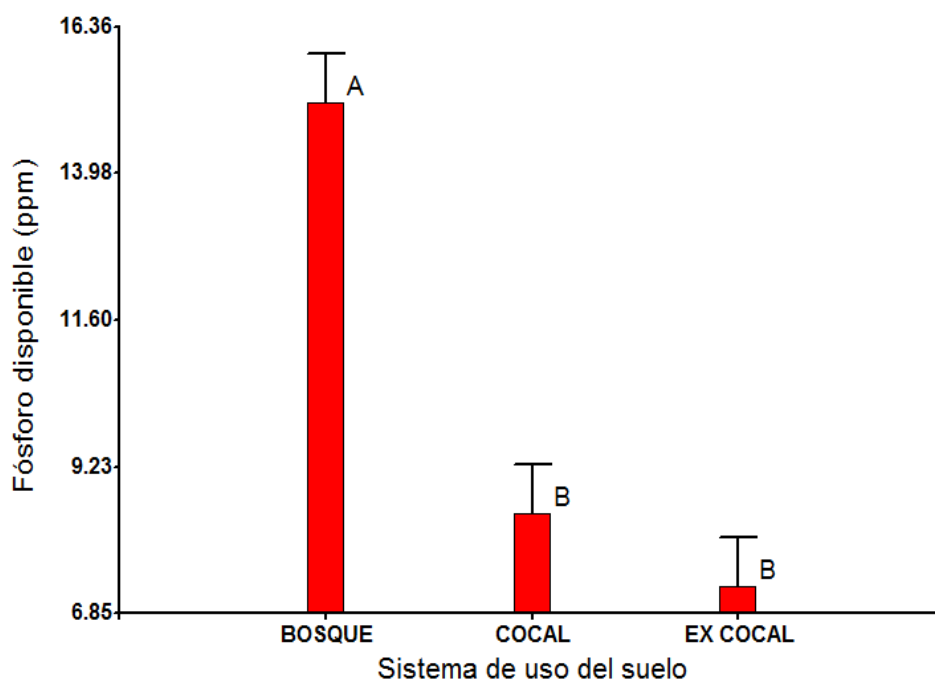


Figura 5. Promedio de valores de fósforo disponible del suelo evaluado entre sistemas de uso

En la Figura 6, se aprecia los valores promedios del contenido de potasio en kg/ha de suelo en los sistemas de uso de suelo. El contenido más bajo se observa en los sistemas de uso con suelos ex cocal (313.52 kg/ha) y cocal (326.32 kg/ha), con valores encontrados en el rango de tenores bajos, el valor más alto se aprecia en el sistema de uso con bosque con 490.85 kg/ha.



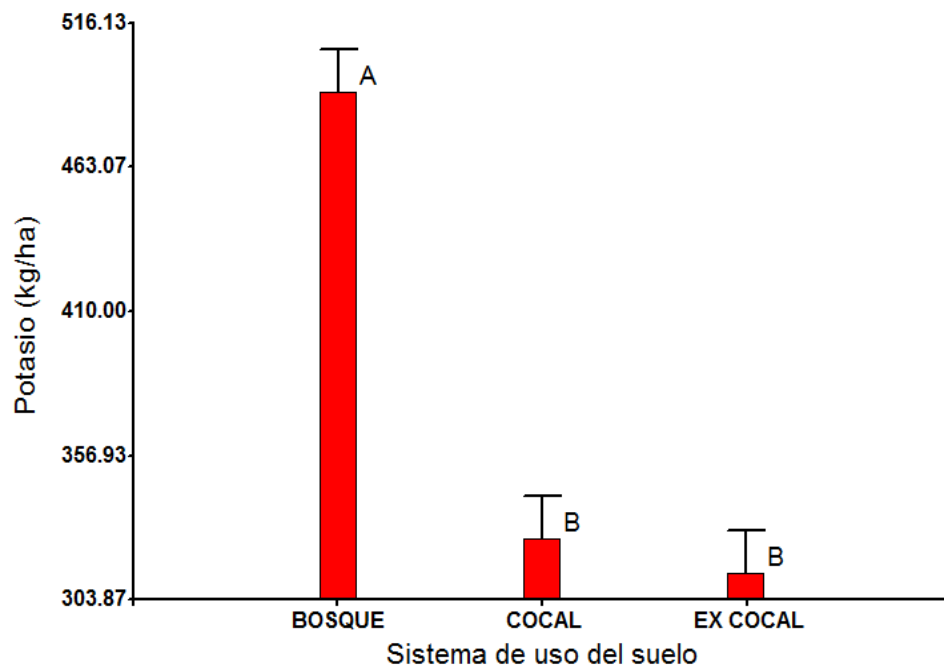


Figura 6. Promedio de valores de potasio del suelo evaluado entre sistemas de USO

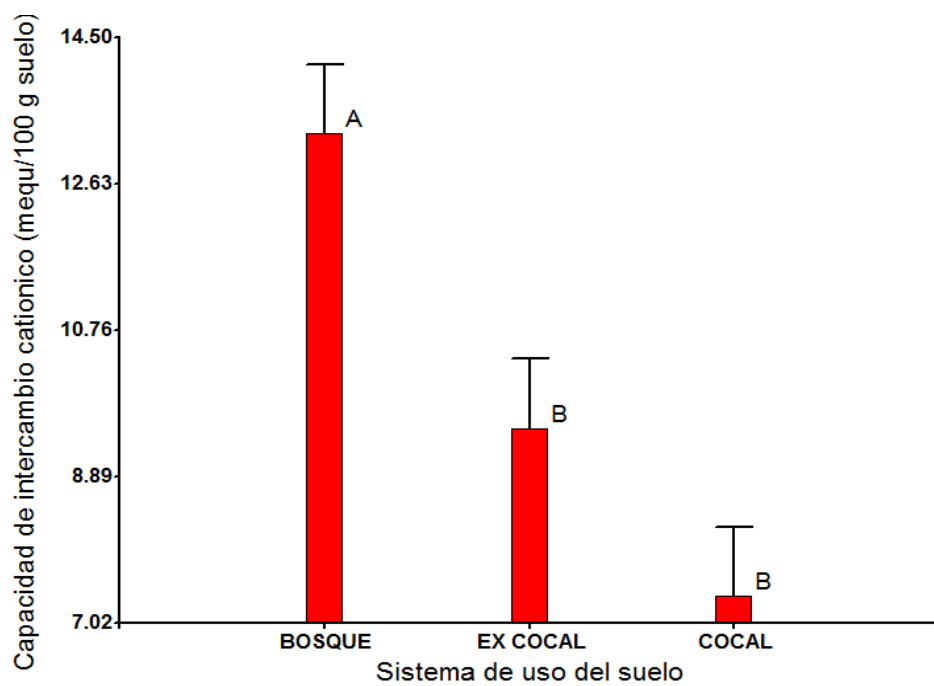


Figura 7. Promedio de valores de capacidad de intercambio catiónico del suelo evaluado entre sistemas de uso

En la Figura 7, se aprecia los valores promedios de capacidad de intercambio catiónico (miliequivalente/100 g suelo) en los sistemas de uso de suelo. Los valores más bajos se obtuvieron en los sistemas de uso con suelos cocal (7.36 miliequivalente/100 g suelo) y ex cocal (9.50 miliequivalente/100 g suelo); mientras que el valor más alto se aprecia en el sistema de uso con bosque con 13.27 miliequivalente/100 g suelo.

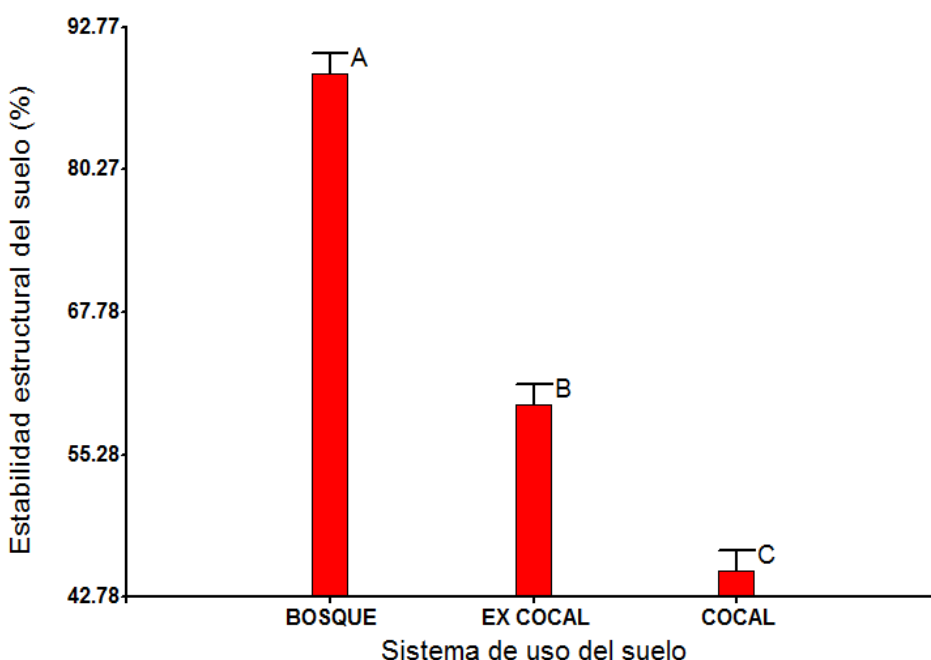


Figura 8. Promedio de valores de estabilidad estructural del suelo evaluado entre sistemas de uso

En la Figura 8, se aprecia los valores promedios de estabilidad estructural del suelo en los sistemas de uso. Los valores más bajos se observaron el sistema de uso con suelo con cocal, con 45.06%, el valor más alto se aprecia en el sistema de uso con bosque con un 88.70%. Mientras que, los suelos con ex cicales mostraron valores intermedios con 56.61%.

## V. DISCUSIÓN

De los resultados mostrados respecto a la evaluación para los indicadores químicos y estabilidad estructural del suelo con sistema de uso de bosque secundario, ex cocal y cocal por efecto del tiempo (Cuadro 9, 10 y 11), no existió diferencias estadísticas entre promedios. Sin embargo, a mayor tiempo, los niveles de fertilidad para los suelos con bosque indicaron que los valores de pH incrementan de fuertemente ácidos a moderadamente ácido; niveles medios de materia orgánica para suelos con 15 años, y altos para 5 y 10 años; niveles medios de nitrógeno para las tres etapas de evaluación; nivel bajo de fósforo para 15 y 10 años y nivel normal para 5 años, niveles bajos de potasio en el suelo. Finalmente, presentan una alta estabilidad de agregados.

Los niveles de fertilidad del suelo con cocal, determinó que, los valores de pH fluctúan de suelos extremadamente ácidos a moderadamente ácido; niveles medios de materia orgánica para 10 años, 15 años, y tenores bajos para 5 años; niveles bajo de nitrógeno, mostrados por suelos de 5 y 10 años; los valores de fósforo y potasio, fueron bajos para las tres etapas de evaluación. La estabilidad estructural del suelo con cultivo de coca muestra una baja estabilidad. Finalmente, los suelos con ex cocal, mostraron un pH con valores fuertemente ácido; niveles bajos y medios de materia orgánica y nitrógeno, con tendencia creciente a medida que se incremente el tiempo de evaluación; valores de fósforo

y potasio en el rango de bajo (fósforo) y muy bajo (potasio); los valores de estabilidad estructural muestran niveles medios.

Los resultados obtenidos en la presente investigación nos muestran que a pesar de la inexistencia de diferencias estadísticas entre promedios de los indicadores en estudio, el grado de fertilidad expone un incremento en los tres sistemas de uso, este comportamiento es atribuido a que los nutrientes muestran una significativa movilidad en el suelo, sin embargo es preciso recalcar que los suelos de selva alta son característicos de presentar altas precipitaciones, problemas de escorrentía, lixiviación, exceso de saturación de aluminio ( $Al^{+3}$ ) y manganeso ( $Mn^{2+}$ ) (THURSTON, 1997).

Los niveles medios y altos de materia orgánica sumados a la capacidad de intercambio del suelo mejoran las condiciones de estabilidad del suelo, siendo contrastados por los resultados obtenidos en la presente investigación. Esto indica que la materia orgánica vegetal descompuesta por la acción de los microorganismos del suelo y los organismos macroscópicos, sus productos y las secreciones de los organismos vivos proporcionan materiales muy adecuados para unir las partículas del suelo entre sí, generando una elevada estabilidad estructural e incrementando los indicadores fisicoquímicos y biológicos del suelo. Siendo corroborado por Hillel, 1982, citado por USDA, 1999. Al mencionar que la estabilidad estructural de los agregados, se puede medir la vulnerabilidad de los agregados del suelo al poder destructivo, debido a que la cementación de los compuestos orgánicos es diferente, lo que se atribuye a la cantidad total, composición o producto del humus. Este último es el principal

agente cementante y agente de mantenimiento estructural del suelo. Por lo tanto, cuanto mayor sea el porcentaje de agregado estable, menor será la erodabilidad del suelo.

En el cuadro 12, se aprecia que existe razones suficientes para aceptar diferencias significativas entre los promedios de las variables pH, materia orgánica, fósforo, potasio, capacidad de intercambio catiónico y estabilidad estructural de agregados del suelo. De ello, el sistema de uso con bosque secundario presento mayores valores de los indicadores químicos y estabilidad estructural de agregados del suelo respecto a los sistemas de uso con ex cocal y cocal. El comportamiento de la calidad del suelo en los sistemas evaluados es atribuido a los rasgos característicos de suelos ácidos, por presentar altas precipitaciones, altas concentraciones de aluminio soluble ( $Al^{+3}$ ) y manganeso ( $Mn^{2+}$ ) pueden llegar a niveles tóxicos para las plantas; de igual manera, cambian la población y actividades de los microorganismos que interfieren con la mineralización de la materia orgánica y la transformación de nitrógeno y azufre.

Los resultados muestran que la composición arbórea del bosque secundario influyen significativamente sobre las propiedades químicas del suelo (materia orgánica, pH, nitrógeno, materia orgánica, la capacidad de intercambio) (ALDANA y SUNIAGA, 2005), por efecto del aporte material senescente de los árboles al suelo y la descomposición del mismo, generando aporte de material orgánico al suelo.

## VI. CONCLUSIONES

1. No existió diferencias estadísticas entre los promedios de los indicadores químicos y estabilidad estructural de agregados por efecto de los sistemas de uso con bosque secundario, cocal y ex cocal bajo condiciones de diferentes tiempos de uso (5 años, 10 años y 15 años). Sin embargo, de acuerdo a los rangos de fertilidad del suelo, se evidencio que a mayor tiempo de uso, los indicadores de calidad del suelo mostraron tendencias crecientes.
2. El sistema de uso con bosque secundario presento mayores valores de los indicadores químicos y estabilidad estructural de agregados del suelo respecto a los sistemas de uso con ex cocal y cocal. Concluyéndose que, los sistemas de uso de suelo influyen en la calidad del suelo y estabilidad estructural de agregados.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. En posteriores investigaciones considerar la ubicación geográfica, formación geológica de la zona de estudio como factores influyentes en la calidad del suelo en sistemas de uso de la tierra.
2. Para posteriores investigaciones considerar variables biológicas (microorganismos y macroorganismos), ambientales del suelo y estrato arbóreo, con la finalidad de evaluar el efecto del componente arbóreo de los sistemas de uso sobre los indicadores de calidad del suelo.
3. Concientizar el manejo sostenible de los sistemas de uso con la finalidad de mermar el impacto antropogenico sobre la calidad del suelo.
4. Proveer a los propietarios de las parcelas con ex cocal, técnicas de recuperación de suelos a través de especies leguminosas fijadoras de nitrógeno (kudzu, maní forrajero, pino chuncho, entre otros).

**EVALUATION OF SYSTEMS AND TIMES OF USE ON CHEMICAL  
PROPERTIES AND STRUCTURAL STABILITY IN THE VALLE DEL BOLSÓN  
CUCHARA**

**VIII. ABSTRACT**

The investigation was carried out in plots differentiated by the type of land use, located politically in the village of Matapalo, district of Monzón, province of Huamalíes - Huánuco; to evaluate the effect of the systems (secondary forest, cocal and ex cocal) and the time of use (5, 10, 15 years) on the chemical properties and structural stability of the soil. The research was observational, prospective, transversal, analytical. The inductive-deductive method was used. The statistical design that was used for chemical properties and structural stability was the completely random (DCA) with a 3x3 factorial arrangement for the comparison of the use systems. The soil subsamples were obtained by the technique of V-shaped holes at a depth of 20 cm. From the results shown with respect to the evaluation of the chemical indicators and the structural stability of the soil aggregates with the system of secondary use of the forest, excocal and cocal due to the effect of time, there were no statistical differences between the averages. However, in a longer period of use, fertility levels showed increasing trends. On the other hand, based on the evaluation between the use systems, the secondary forest presented higher values of the chemical indicators and the structural stability of the soil aggregates with respect to the use systems with ex cocal and cocal. Concluding that, land use systems influence soil quality and structural stability of aggregates.



## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGBENIN, T., TIESSEN W. 1994 Relaciones Hídricas de suelo y plantas. Centro Regional de Ayuda Técnica. Ciudad de México, México. 227 p.
- ALDANA, J., SUNIAGA, P. 2005. Manual de sistemas silvopastoriles. Disponible en línea: ([http://avpa.ula.ve/docuPDFs/libros\\_online/ /articulo11-s3.pdf](http://avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/ /articulo11-s3.pdf). Consultado el 01 de Noviembre).
- ANDREU, V., IMESON, A. RUBIO, J. 1998. Temporal changes in soil aggregates and water erosion after a wild-fire in a Mediterranean. 44 p.
- BATEY, T. 2009. Soil compaction and soil management: a review. Soil use Manage.–345 p.
- BERNAL, L. 2006. Jack pine site quality in relation to soil and topography in north central Ontario. Canadian Journal of Forestry Research (Can.) 18: 297 - 305.
- BODDEY, R., MACEDO, R., TARRÉ, R., PEREIRA, J., URQUIAGA, S., 2004. Nitrogen cycling in Brachiaria pastures. Ecosys. Environ. 403 p.
- CAMPO, O., MATHESON, A., COTTERILL, P. 2001. Utility of genotype x environment interactions. Proceedings of a Seminar Hheld 19-22 October 1987. Canberra, Australia. 174 p.

- CAMPOS, L. 2003. Estudio Económico de Café Orgánico – Región Chatina. Oaxaca, México. 95 p.
- CARRASCO, Y. 2005. The Nature and Properties of Soils. The Macmillan company. 590 p.
- DONAHUE, R. 1989. Tratado de Edafología de México, Tomo I. Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México. 143 p.
- EYNDEN, M. 2011. Effects of fire history on species richness and carbon stocks in a Peruvian puna grassland, and development of allometric equations for biomass species. Norwegian University of Life Sciences.
- GARCIA, L., ROE, A., ALEXANDER, R., ANDREWS, M. 1998. Abeto regeneración prácticas en las montañas rocosas. EE.UU. 115 p.
- GOLCHIN, P., COLEMAN, E. 1994. Nutrient Cycling in Pastures. Disponible en línea: (<http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/.pdf>). Consultado el 08 de Noviembre de 2008).
- GONZALO, 1987. Suelos y Ecosistemas Forestales con énfasis en América Tropical. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 447 p.
- HARMAND, H., BLANCHART, E., SKIBA, U., HÉNAULT, C. 2003. Changes in carbon stock and greenhouse gas balance in a coffee (*Coffea arabica*) monoculture versus an agroforestry, in Costa Rica. 110 p.

- HASSINK, A. 1994. Recuperación de terrenos degradados con aplicación de abonos verdes, compost y dolomita. Tesis para optar el Grado de Magíster Scientiae - U.N.A.L.M. Lima, Perú. 132 p.
- HOSOKAY, R. 2005. Cambio Climático y desarrollo. San José, CR. PNUD-Yale School of Forestry and Environment Studies, 465 p.
- JHA, W., SINGH, Q. 1990. "La ciencia del suelo y su manejo". Editorial Thompson. España. Madrid
- KENNET, N. 2008. Química de suelos. Instituto Interamericano de cooperación de la Agricultura. Ed. Interamericana, México DF. 142 p.
- LLANOS, A. 1984. A classification for extant ferns". *Taxon* 55(3), 705-731.
- LÓPEZ, G. 2006, Patrones de cambio de uso del terreno en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Tesis para obtener el grado de doctorado en ciencias, México: Universidad Autónoma de México. 124 p.
- MARTINEZ, W., ARÁNZAZU, H., VALENCIA, M., ARCILA, P., ARIAS, C., BOLAÑOS, B. (1996). Cultivo de plátano. Manual técnico del cultivo de plátano. Manizales, Colombia: Editores S.A. 124 p.
- MAYHUA y COL, 2008. Manual de laboratorio para análisis físicoquímico de suelos. ICRAF. Lima, Perú. 56 p.

- MOPT, L. 1992. Influencia del uso del suelo en las propiedades del suelo y de elementos en los bosques montañosos del Sur del Ecuador. Informe de los resultados del periodo 1997 – 1999. Loja, Ecuador. 184 p
- NAVARRO, D. 2003 “Botánica de los Cultivos Tropicales”. 1era Edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. San José, Costa Rica. 445 p.
- ORTEGA, S. 1999. Los cafetales y su papel en la captura de carbono In: Un servicio ambiental aún no valorado en Veracruz. Veracruz, México. 65 p.
- RAGUBANSHI, E. 1991. “Química agrícola”: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. 2da edición. Ediciones Mundi-prensa. España. 486 p.
- RICHTER, L., BARBBAR, G. 1991. Impacto del aprovechamiento forestal en la biomasa y carbono de bosques naturales de Nueva Quesada. Facultad de ciencia, Tecnología y ambiente. Managua – Nicaragua. 37 p.
- SANCHEZ, Q. 1981. Nutrición vegetal. Fertilización de los cultivos: Estimación del requerimiento de fertilizantes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. 473 p.
- SOLIS, E. 1993. El suelo en relación con la producción. Ed. 1era. CONCYTEC. Lima, Perú. 486 p.

- THURSTON, L. 1997. Environmental and plant ecology. Chichester, U.K. Willey. 487 p.
- USDA, 1999. Extraction method for measuring soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*. 70 p.
- VERA, P. ROMERO, O. 2004. Change detection techniques, *International Journal of Remote Sensing*, 24: 2407 p.
- WRIGHT, L. 1992. Fertilización de suelos. Caritas Huacho. Huacho, Perú. 65 p.

**ANEXO**

## Anexo 1. Actividades de campo



Figura 9. Extracción de muestras del SUT con cocal de 5 años



Figura 10. Extracción de muestras del SUT con cocal



Figura 11. Extracción de muestras del SUT con ex cocal



Figura 12. Extracción de muestras del SUT con bosque secundario de 5 años





Figura 13. Extracción de muestras del SUT con bosque secundario de 10 años



Figura 14. Extracción de muestras de suelo

## Anexo 2. Determinación de propiedades físicas químicas y biológicas

- Determinación del pH (Método del potenciómetro) Relación 1:1

Se pesó 10 g de suelo, luego se agregó 10 ml de agua destilada. Posteriormente se agitó por espacio de 15 minutos, se dejó reposar unos minutos.

Finalmente se realizó las lecturas con el Peachimetro digital (lectura directa) previamente calibrada.

- Materia orgánica (método de Walkley y Black)

Pesar 1 g de suelo y depositarlo en un Erlenmeyer de 250 ml, agregar 10 ml. de dicromato de potasio 2N y añadir 10 ml. de ácido sulfúrico Q.P 96 %. Mezclar para homogenizar la solución y dejar reposar por 2 horas a más, llevar a volumen de 100 ml con agua destilada, tomar 20 ml. De esta solución en un vaso de precipitado para titularlo; agregar 2 a 3 gotas de indicador de difenil-amina. Titular con sal de Mohr 0.2 N.

El cambio de color verde oscuro a verde brillante indica el final de la titulación; anotar el gasto de la solución de Mohr, paralelo a esto realizar un blanco (sin muestra).

$$\% \text{ M.O.} = \frac{(a - bf) 0.003 \times 1.724}{P} \times 100$$

a = ml de bicromato de potasio utilizado.

b = ml de sal ferrosa o sal de Mohr gastado (gasto de titulación).

0.003 = Factor del carbón.

1.724 = Factor de Van Vammelen.

p = peso de muestra de suelo.

- Fósforo disponible (Método de Olsen Modificado)

Pesar 2 g de suelo y colocarlo en el vaso de precipitación para luego agregar 20 ml de bicarbonato de sodio 0.5 M (pH 8.5) y carbón libre de fósforo (lavado), agitar por 10 minutos y filtrar.

Del filtrado tomar 3ml, agregar 10 ml de molibdato de amonio, luego se procede a agregar 0.01g de ácido ascórbico por muestra y mezclar inmediatamente.

Se torna de color azul cuando hay fósforo en la muestra y por ultimo leer en el espectrofotómetro a una banda de 660 nm, después de 5 minutos.

- Potasio disponible (Método de ácido sulfúrico 6N)

Pesar 2.5 g de suelo, depositarlo en un vaso de plástico, agregar 25 ml de ácido sulfúrico 6 N, luego agitar por espacio de 10 minutos.

Posteriormente filtrar lo obtenido, de este filtrado hacer diluciones en tubo de ensayo 1/10, 1/100, 1/1000. Tomar lectura en el espectrofotómetro de Absorción Atómica.

- Determinación de la CIC efectiva para suelos con Acetato

Se pesó 5 gramos de suelo, agregar 50 ml de KCl 1N. Agitar por espacio de 15 minutos, luego filtrar con papel filtro.

- Determinación de bases cambiables (Ca + Mg) Método del Versenato

Del filtrado anterior se tomó 10 ml, luego se agregó 5 ml de solución tampón complejo (Buffer). Luego se agregó 1 o 2 gotas de indicador dicromo negro tornándose a rojo vino. Finalmente titular con EDTA 0.01 M hasta que vire a color azul.

$\text{Cmol c. de Ca + Mg} = \text{Gasto de titulación.}$

- Determinación del Ca

De la solución anterior se tomó 10 ml. Se agregó 2 mL de NaOH 6N. Luego se agregó como indicador purpurato de amonio tornándose rosado, luego se Tituló con EDTA hasta virar a violeta. Finalmente se anotó el gasto.

- Determinación de la acidez cambiante (Al + H)

De la solución anterior se tomó 10 ml. Se agregó como indicador 1-2 gotas de fenolftaleína, se tituló con NaOH 0.01 N hasta virar a rosado.

Cmol c. de Al + H = Gasto de titulación

- Determinación del Al

Se decoloró la muestra anterior con unas gotas de HCl 0.01 M hasta cambiar de color (incoloro). Se retituló agregando a cada muestra 10 ml de fluoruro de sodio 4% tornándose púrpura. Se tituló con ácido clorhídrico 0.01 M hasta cambio de color (incoloro).

Cmol c. de Aluminio = Gasto de titulación.

Cálculos de CICE:

CICE (Cmol c /100 gr. de suelo) = Cmol c Bases Cambiables + Cmol c Acidez Cambiable.

(Fuente: Departamento de suelos de la Estación Experimental Agrícola la Molina-1984).

- Determinación de carbono y nitrógeno microbiano (biomasa microbiana)

Para someter los suelos a una atmósfera de cloroformo se ubicaron cuatro beakers de 50 ml conteniendo 15 g de suelo, tamizados por malla de 2

mm en una desecadora para vacío de plástico, que contenía dos beakers con 25 ml de cloroformo libre de etanol con perlitas de vidrio y un beaker con 25 ml de H<sub>2</sub>O destilada. Para provocar la atmósfera de cloroformo la desecadora se conectó por medio de una manguera plástica a una bomba eléctrica de vacío y se provocó vacío hasta observar la ebullición del cloroformo en el interior de los beakers por espacio de dos minutos, la llave de la desecadora se cerró y se desconectó la manguera de la bomba de vacío, y se incubó a temperatura ambiente (28°C) durante 24 h. Una desecadora con un contenido similar al descrito anteriormente, excepto que no contenía los beakers con cloroformo fue incubada al unísono y las muestras de suelo ubicadas en esta segunda desecadora fueron consideradas muestras controles.

Después de pasado 24 a 28 horas el cloroformo fue evacuado de la desecadora por repetida evacuación del mismo empleando para ello la bomba de vacío.

Para realizar la extracción de los nutrientes provenientes de la biomasa microbiana del suelo, los 15 g de suelo se pasaron a un erlenmeyer de 200 ml de capacidad e inmediatamente después fue añadida a los frascos 60 ml de una solución de sulfato de potasio 0,5 M (87.14 g/l), los cuales fueron sometidos a agitación vertical entre 35 y 40 minutos, el extracto de suelo fue filtrado empleando papel de filtro Watman No. 42, las muestras controles fueron sometidas al mismo procedimiento.

