

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**“ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DE AGREGADOS EN TRES SISTEMAS DE
USO DE SUELO EN EL SECTOR VENENILLO, DISTRITO RUPA RUPA”**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MENCIÓN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

Presentado por:

RANDY LUIS GONZALES VÁSQUEZ

Tingo María – Perú

2014

DEDICATORIA

A Dios; por la fortaleza de siempre, permitiéndome llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado a valorar cada día más.

A mis queridos padres Luis Guillermo Gonzales Pinedo y Eresvita Vásquez Sánchez; por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, por el valor mostrado para salir adelante, pero más que nada, por su amor

A mis hermanos Rony Luis, Piero, Lyn keiko, Dilema, Nicol, y mi prima Rosa María; porque siempre he contado con ellos, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido; por el apoyo y la amistad.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables que contribuyeron en mi formación profesional.
- A los profesores de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por sus orientaciones académicas.
- Al Ing. M.Sc. José Lévano Crisóstomo , docente de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; por su labor como formador, su amistad, su apoyo desinteresado y supervisión de la presente tesis.
- A mis amigos Rengifo Ruiz Gey, Gaspar Alegre José Luis, García Rosales Joe, Trujillo Salas Wilder Levi, Tineo Estrada Edith, Chávez Etene Carlos, Rodríguez Clemente Henry, Damas Parra Marissela Lucia, quienes comparten conmigo una amistad genuina, fueron mi apoyo durante toda la carrera profesional y en 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. El suelo	3
2.2. Propiedades físicas del suelo.....	4
2.2.1. Textura del suelo.....	4
2.2.2. Porosidad.....	5
2.2.3. Densidad aparente.....	5
2.2.4. Estructura.....	6
2.2.5. Agregados del suelo	7
2.2.6. Estabilidad de agregados.....	7
2.2.7. Resistencia del suelo a la penetración.....	9
2.3. Propiedades químicas del suelo.....	9
2.3.1. Materia orgánica	9
2.4. Factores que afectan la estabilidad estructural	11
2.4.1. Distribución de partículas por tamaño.....	11
2.4.2. Cantidad y clase de arcillas	12
2.5. Investigaciones realizadas	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1. Lugar de ejecución	16
3.2. Características generales de la zona	16
3.2.1. Precipitación	16
3.2.2. Humedad	17

	5
3.2.3. Temperatura	17
3.2.4. Características ecológicas	17
3.2.5. Fisiografía	17
3.2.6. Topografía.....	18
3.2.7. Suelos	18
3.2.8. Hidrografía	19
3.3. Antecedentes de las parcelas en estudio.....	19
3.3.1. Cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	19
3.3.2. Cultivo de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>).....	20
3.3.3. Cultivo de naranja (<i>Citrus sinensis</i>).....	20
3.4. Materiales, insumos y equipos	21
3.4.1. Materiales y equipos de campo	21
3.4.2. Materiales, reactivos y equipos de laboratorio	21
3.5. Diseño no experimental.....	21
3.6. Variables a evaluar.....	22
3.6.1. Variables dependientes.....	22
3.6.2. Variables independientes	22
3.7. Metodología	22
3.7.1. Trabajo de campo	22
3.7.2. Metodología de muestreo	23
3.7.3. Trabajo de gabinete	25
3.8. Análisis estadístico.....	25
IV. RESULTADOS	26
4.1. Estabilidad estructural de los agregados del suelo	26

	6
4.2. Granulometría de los agregados del suelo.....	28
4.3. Materia orgánica.....	30
4.4. Densidad aparente (g/cm ³) de los agregados del suelo.....	32
4.5. Resistencia del suelo a la penetración (kg/cm ²).....	34
V. DISCUSIÓN.....	37
5.1. Estabilidad estructural de los agregados del suelo	37
5.2. Granulometría de los agregados del suelo.....	38
5.3. Materia orgánica.....	39
5.4. Densidad aparente (g/cm ³) de los agregados del suelo	39
5.5. Resistencia del suelo a la penetración (kg/cm ²).....	40
5.6. Relación entre el contenido de materia orgánica, la resistencia y la estabilidad estructural en diferentes sistemas de uso de suelo....	41
VI. CONCLUSIONES	42
VII. RECOMENDACIONES.....	43
VIII. ABSTRACT	44
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXO	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Ubicación geográfica de los sistemas de uso de suelo en estudio....	16
2. Metodología para determinar las variables en estudio.....	23
3. Análisis de varianza respecto al índice de estabilidad estructural de agregados del suelo de los tres sistemas en estudio.....	26
4. Porcentaje de suelo que pasa a través de los diferentes diámetros de tamices de los tres sistemas en estudio.....	28
5. Coeficiente de uniformidad y curvatura de la curva granulométrica de los tres sistemas en estudio.....	30
6. Análisis de varianza respecto al contenido de materia orgánica (%) en el suelo de los tres sistemas en estudio.....	31
7. Análisis de varianza respecto a la densidad aparente del suelo de los tres sistemas en estudio.....	33
8. Análisis de varianza respecto a la resistencia del suelo a la penetración de los tres sistemas en estudio.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Estabilidad estructural de los agregados del suelo de los sistemas de uso en estudio.....	27
2. Curva granulométrica del porcentaje de suelo que pasa a través de los diferentes diámetros de tamices de los sistemas de uso de suelo en estudio.....	29
3. Contenido de materia orgánica (%) en el suelo de los tres sistemas en estudio a través de los estratos de 0 – 5 cm y 5 – 10 cm.....	32
4. Densidad aparente (g/cm ³) del suelo de los tres sistemas en estudio a través de los estratos de 0 – 5 cm y 5 – 10 cm.....	34
5. Resistencia del suelo a la penetración (kg/cm ²) de los tres sistemas en estudio a través de los estratos de 0 – 5 cm y 5 – 10 cm.....	36
6. Limpieza de área a muestrear (cultivo de naranja).....	50
7. Extracción de muestra para evaluar la densidad aparente (cultivo de naranja).....	50
8. Limpieza de área a muestrear (cultivo de plátano).....	51
9. Extracción de muestra para evaluar la densidad aparente (cultivo de plátano).....	51
10. Limpieza de área a muestrear (cultivo de cacao).....	52
11. Extracción de muestra para evaluar la densidad aparente (cultivo de cacao).....	52
12. Disgregado de las muestras.....	53

	9
13. Tamizado de agregado del suelo.....	53
14. Pesado de muestras (cilindros muestreadores).....	54
15. Secado en estufa.....	54
16. Pesado de muestras (estabilidad de agregados).....	55
17. Prueba de estabilidad de agregados.....	55
18. Pesado de muestras para análisis de materia orgánica.....	56
19. Análisis de materia orgánica.....	56

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la estabilidad estructural de agregados del suelo con cultivo de cacao, plátano y naranja; la metodología empleada fue el diseño no experimental transeccional correlacional - causal; debido a que el estudio tuvo como objeto describir las relaciones entre dos o más variables en un momento determinado; se evaluaron las variables: estabilidad estructural, granulometría, resistencia al suelo, densidad aparente, materia orgánica; para determinar el grado de relación entre las variables a evaluar, se realizó el análisis de regresión y correlación simple, así mismo; como indicador de ajuste se utilizó la prueba T de Student ($p \leq 0.05$)

Como resultado del trabajo, se encontró una alta estabilidad estructural de agregados (92.2 %, 96.1 %, 94,7 % para los cultivos de naranja, cacao y plátano respectivamente); concerniente a la granulometría; los suelos con cultivo de cacao y plátano mostraron un coeficiente de uniformidad de gravas bien graduadas, con un coeficiente de curvatura de materiales bien graduados; así mismo, el suelo con cultivo de naranja, presento un coeficiente de uniformidad de arenas graduadas. A medida que se profundiza en el suelo; el contenido de materia orgánica se incrementa, la densidad aparente (g/cm^3) disminuye, existiendo mayor resistencia a la penetración. Finalmente se llegó a la conclusión que en condiciones de selva alta existe una relación directa de la estabilidad estructural respecto a la materia orgánica y la resistencia del suelo a la penetración, siendo mayor en el suelo con cultivo de cacao.

I. INTRODUCCIÓN

La riqueza de la diversidad de los ecosistemas permite un grado de autorregulación y resiliencia considerable frente a presiones internas y externas; siendo incluso en algunos casos perturbaciones periódicas las que aseguran la alta productividad del sistema y regulan la diversidad de sus componentes. La estabilidad de los ecosistemas no es producto de un estado estático sino dinámico y altamente fluctuante (LABRADOR, 1996). Los ecosistemas amazónicos están sufriendo degradación severa desde el final de la década del 60, principalmente por la deforestación y quema, siendo una técnica muy eficiente en la preparación de la tierra. Consecuentemente, pastos extensivos y agricultura de corte – quema son los usos dominantes del suelo en la región.

Es frecuente que se haga hincapié sobre la estructura del suelo como factor que afecta directamente a la planta, pero lo que realmente se altera es la relación de la aireación, agua del suelo, temperatura y compactación y, que en definitiva son estas variables de síntesis lo que influyen directamente sobre el crecimiento y desarrollo vegetal, siendo finalmente la condicionante de los rendimientos (LETEY, 1985).

Frente a una limitada información respecto a la estabilidad estructural de agregados en diferentes sistemas de uso en selva alta se planteó la siguiente interrogante: ¿Cómo influyen los sistemas de uso de suelo en la

estabilidad estructural de agregados? Como hipótesis, se indica; los diferentes sistemas de uso de suelo influyen de manera diferencial en la estabilidad de agregados.

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación buscó obtener información referente a conocer el estado de salud del suelo, teniendo como indicador la estabilidad de agregados, los principios y fundamentos físicos que afectan el crecimiento de las plantas. Respecto a este contexto se planteó los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Determinar la estabilidad estructural de agregados en tres sistemas de uso de suelo en el sector Venenillo, distrito Rupa Rupa

Objetivos específicos

- Evaluar la estabilidad estructural de los agregados del suelo con cultivo de cacao, plátano y naranja.
- Determinar la granulometría, densidad aparente y la resistencia a la penetración en suelos con cultivo de cacao, plátano y naranja.
- Determinar la relación entre el contenido de materia orgánica, la resistencia y la estabilidad estructural en suelos con cultivo de cacao, plátano y naranja.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El suelo

El suelo es un sistema abierto, dinámico, coloidal, constituido por tres fases (fase sólida, fase líquida y fase gaseosa). La primera fase está compuesta por los componentes orgánicos e inorgánicos, que a través de distintos arreglos dan lugar a la estructura del suelo. La forma (tipo), el tamaño (clase) y la resistencia (grado) constituyen parámetros para clasificar la estructura de los suelos (QUIROGA y BONO, 2012).

Es aquella que caracteriza al suelo; por ejemplo, la composición química y la estructura física del suelo están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por el tiempo en que ha actuado el intemperismo (desintegración por agentes atmosféricos), por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas a través del tiempo (Sposito 1989; citado por VOLKE *et al.*, 2005).

Casi todos los suelos se forman a partir de roca (llamada roca madre) que es degradada paulatinamente en partículas cada vez más pequeñas por procesos de intemperismo biológico, químico y físico. Otros factores formadores del suelo son: el clima, los organismos vivos, el relieve y el tiempo. Su acción determina la dirección, velocidad y duración de los procesos

formadores. La desintegración de la roca sólida en partículas minerales cada vez más finas y la acumulación de materia orgánica en el suelo requieren un tiempo muy largo, por lo común de miles de años. El suelo se forma de manera continua a medida que se va degradando la roca madre. El espesor del suelo varía desde una película delgada hasta más de 3 metros de profundidad (suelos desarrollados) (PORTA *et al.*, 2003).

2.2. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas del suelo van a determinar los usos para los cuales éstos son adecuados. Son las características responsables del crecimiento de las raíces, la aireación y el drenaje del agua. Las propiedades físicas de un suelo tienen mucho que ver con la capacidad que el hombre les da para muchos 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).

2.2.1. Textura del suelo

La textura de un suelo está determinada por las cantidades de partículas minerales inorgánicas (medidas como porcentajes en peso) de diferentes tamaños (arena, limo y arcilla) que contiene. La proporción y magnitud de muchas reacciones físicas, químicas y biológicas en los suelos están gobernadas por la textura, debido a que ésta determina el tamaño de la

superficie sobre la cual ocurren las reacciones, además de la plasticidad, la permeabilidad, la facilidad para trabajar la tierra, la sequedad, la fertilidad y la productividad que varían dependiendo de la región geográfica (BUCKMAN y BRADY, 1966).

2.2.2. Porosidad

Fracción agua/gases. Los espacios o poros que hay entre partículas sólidas (orgánicas e inorgánicas) del suelo, contienen diversas cantidades de dos componentes inorgánicos clave: el agua y el aire. El agua es el principal componente líquido de los suelos y contiene sustancias minerales, oxígeno (O_2) y bióxido de carbono (CO_2) en disolución, mientras que la fase gaseosa en los suelos está constituida por aire. Dependiendo del contenido de humedad del suelo, los poros se encuentran ocupados por agua o por aire (AGUILERA, 1989).

2.2.3. Densidad aparente

La densidad aparente, es la medida en peso del suelo por unidad de volumen (g/cc), se analiza con suelos secados al aire o secados en la estufa a $110^\circ C$. La densidad aparente está relacionada con el peso específico de las partículas minerales y las partículas orgánicas así como por la porosidad de los suelos. Si se considera cierto volumen de suelo en sus condiciones naturales, es evidente que solo cierta proporción de dicho volumen está ocupada por el material del suelo (AGUILERA, 1989). 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 (WOODING, 1967).

2.2.4. Estructura

MONTENEGRO (1991) indica que la estructura del suelo según tiene influencia en la mayoría de los factores de crecimiento de las plantas, siendo, en determinados casos, un factor limitante en la producción. Una estructura desfavorable puede acarrear problemas en el desarrollo de las plantas, tales como el exceso o deficiencia de agua, la falta de aire, la incidencia de enfermedades, la baja actividad microbiana, el impedimento para el desarrollo de las raíces, etc.; por el contrario, una estructura favorable permitirá que los factores de crecimiento actúen eficientemente y se obtengan, en consecuencia, los mayores rendimientos de las cosechas.

Desde el punto de vista de la estructura del suelo, la agregación está dada por dos fenómenos importantes que son la floculación y la cementación. La floculación se debe a fenómenos electrocinéticos, es decir, se produce cuando partículas cargadas negativamente se acercan lo suficiente a otras de igual carga de tal manera que puedan ser unidas por un puente de carga contraria; al perder estabilidad en el sistema, muchos coloides "floculan"; la cementación, por otra parte, consiste en el enlace mutuo de las partículas floculadas, por acción de diferentes materiales o sustancias, denominadas "cementantes"; materiales orgánicos (humus), coloides inorgánicos (Al, Fe),

carbonatos, óxidos, etc. La formación de agregados estables requiere que las partículas primarias estén firmemente unidas entre sí, que no se dispersen en agua. En otros términos, la formación de agregados incluye tanto la floculación como la cementación.

2.2.5. Agregados del suelo

La agregación del suelo puede asumir diferentes modalidades, lo que da por resultado distintas estructuras de suelo. La circulación del agua en el suelo varía notablemente de acuerdo con la estructura; por consiguiente, es importante que conozca la estructura del suelo donde se propone construir una granja piscícola. Aunque quizás no pueda recopilar toda esta información por cuenta propia, los técnicos especializados del laboratorio de análisis de suelos podrán suministrarla después de examinar las muestras de suelo no alteradas que tome. Le podrán decir si la estructura del suelo es mala o buena (poros/canales capilares, red, etc.). También podrán ofrecerle información sobre el grado de circulación del agua o la permeabilidad (MONTENEGRO, 1991).

2.2.6. Estabilidad de agregados

La estabilidad de agregados es una medida de la vulnerabilidad de los agregados del suelo frente a fuerzas externas destructivas (Hillel, 1982, citado por USDA, 1999). Un agregado consiste de diversas partículas del suelo ligadas entre sí. La fuerza destructiva en este ensayo es el agua corriente. Los agregados que se resisten a las fuerzas del agua son denominados agregados

estables al agua (AEA). En general, cuanto mayor sea el porcentaje de agregados estables tanto menores será la erodabilidad del suelo. Los agregados del suelo son producto de la comunidad microbial del suelo, de los componentes orgánicos y minerales del suelo, de la naturaleza de la comunidad de plantas en la superficie y de la historia del ecosistema. Son importantes con relación al movimiento y almacenaje de agua del suelo, a la erosión, desarrollo radicular y actividad de la comunidad microbial (Tate, 1995; citado por USDA, 1999).

La destrucción de agregados es el primer paso hacia el desarrollo de costras y sellado superficial, los cuales impiden la infiltración del agua e incrementan la erosión. La agregación del suelo puede variar a lo largo de determinados períodos de tiempo, tales como una estación o un año. Los agregados pueden formarse, desintegrarse y re-agregarse periódicamente (Hillel, 1982; citado por USDA, 1999).

El porcentaje de agregados estables al agua indica la cantidad que resiste la perturbación por agua que fluye. En general mayores cantidades de agregados estables son mejores para la calidad del suelo.

Los agregados mejoran la calidad del suelo:

- Protegiendo la materia orgánica, entrampada en los agregados, de la exposición al aire y a la descomposición microbial.
- Haciendo decrecer la erodabilidad del suelo

- Mejorando el movimiento del agua y del aire (los agregados incrementan la cantidad de espacio de poros grandes) mejorando el ambiente físico para el desarrollo radicular mejorando el hábitat de los organismos del suelo.

2.2.7. Resistencia del suelo a la penetración

La compactación de los suelos puede ser evaluada a través de varios parámetros. La medida de la resistencia mecánica a la penetración (RP) es una vía sencilla para detectar los cambios en el perfil que pueden relacionarse con la exploración de las raíces (PIRES DA SILVA *et al.*, 2003). La variación espacial de la RP es más apropiada que la densidad aparente en la determinación de capas limitantes al crecimiento radical, porque presenta mayor sensibilidad en la detección de sectores diferenciados en grados de compactación (JORAJURIA, 2004).

2.3. Propiedades químicas del suelo

2.3.1. Materia orgánica

La materia orgánica del suelo constituye la fracción orgánica que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo así como sustancias producidas por los organismos del suelo. La parte más estable de esta materia orgánica se llama humus, que se obtiene de la descomposición de la mayor parte de las sustancias vegetales o animales

añadidas al suelo. La fracción orgánica del suelo regula los procesos químicos que allí ocurren, influye sobre las características físicas y es el centro de casi todas las actividades biológicas en el mismo, incluyendo la microflora y la fauna (BORNEMISZA, 1982).

La materia orgánica también afecta algunas propiedades físicas muy importantes del suelo como: La estructura del suelo; favoreciendo la formación de agregados individuales, reduciendo la agregación global del suelo y disminuyendo la plasticidad del mismo; el uso más eficiente del agua; se sabe que la materia orgánica mejora la infiltración del agua en el suelo.

MONTENEGRO (1991) menciona que cuando la materia orgánica de las plantas se descompone por acción de los microorganismos y macroorganismos del suelo, sus productos, junto con las secreciones de los organismos vivientes, suministran materiales muy aptos para unir las partículas del suelo entre sí.

Los polisacáridos en particular, parecen favorecer la estabilidad de los agregados naturales; sus moléculas conforman una estructura alargada, lineal y flexible que fomenta el contacto estrecho de las partículas, uniéndolas por llenado del vacío entre ellas.

La acción cementante de los compuestos orgánicos es diferente, ya sea referida a sus cantidades totales, a la composición de los mismos o a los productos resultantes de la humificación. Estos últimos constituyen los

principales agentes cementantes y de conservación de la estructura en los suelos tropicales.

Debe anotarse que la acción orgánica supera la de los óxidos e hidróxidos de Hierro y Aluminio, aun cuando estos determinen la agregación de aquellos horizontes subsuperficiales con altos contenidos de ellos.

2.4. Factores que afectan la estabilidad estructural

2.4.1. Distribución de partículas por tamaño

Entre los múltiples factores que afectan la estabilidad estructural de los suelos tenemos en primer lugar la distribución de partículas por tamaño, la cual constituye una de las características más importantes por cuanto afecta innumerables propiedades de los suelos, entre ellas: la superficie específica, la consistencia, la estructura, la porosidad, la velocidad de infiltración, la conductividad hidráulica, etc.

La distribución de partículas por tamaño, se refiere a las proporciones relativas de arenas, limos y arcillas y, también, a las partículas o fragmentos superiores a 2 mm, hasta llegar a los tamaños de gravillas y gravas o fragmentos de mayor tamaño.

Esta distribución afecta la estabilidad estructural notablemente, por cuanto condiciona la "agregabilidad" o facilidad o tendencia de las partículas a dejarse unir entre sí. Para que las partículas de un suelo puedan unirse entre

sí, se requiere de un cierto porcentaje de partículas finas, muy finas y de tamaño arcilla. Los suelos excesivamente arenosos, y cuando su fracción arena es muy gruesa, > de 2 mm, poseen muy poca "agregabilidad". Por el contrario, cuando los suelos poseen un alto contenido de arcilla, su agregabilidad es alta. No quiere decir esto que tengan estabilidad estructural ya que dichos agregados podrían desbaratarse relativamente fácil en el agua. Cuando el suelo no tiene "agregabilidad", es difícil lograr su estabilidad estructural, como es el caso con suelos formados por arenas gruesas.

Muchos investigadores han llegado a la conclusión de que la textura mejor balanceada corresponde a la de los suelos francos con arcilla entre 10 y 25%, limo entre 28 -50% y arena entre 30-55% (MONTENEGRO, 1991).

2.4.2. Cantidad y clase de arcillas

La cantidad y clase de arcillas tiene un marcado efecto sobre las propiedades del suelo que determinan su estabilidad estructural.

Entre las principales fuerzas que ligan las partículas elementales del suelo podemos destacar aquellas que se originan en los puentes Kaolinita-Calcio-Acido Húmico (Kaolinita-Ca-AH), Illita-Calcio-AcidoHúmico (Illita-Ca-AH) y Montmorillonita-Calcio-Acido Húmico (Montm-Ca-AH). Estas han sido estudiadas por Varadachari, Mondal y Gosh (Soil Science, Marzo 1995), quienes encontraron que a nivel de las partículas de arcilla, los puentes con el ácido húmico se pueden establecer con diverso grado de fortaleza,

dependiendo del catión intermediario, y del grado de saturación de la arcilla con calcio, siendo mayor la ligazón del ácido húmico a través de puentes calcio que a través de puentes de sodio. También encontraron los mencionados autores que la ligazón Illita-Ca-AH es más fuerte que la ligazón Montm-Ca-AH pero que esta última se ve afectada y puede aumentarse dependiendo del grado de dispersión y de otros factores.

2.5. Investigaciones realizadas

COTRINA (2009) evaluó la estabilidad estructural de los agregados del suelo bajo dos sistemas de manejo mejorado de bosque (BMS) y sistema de manejo tradicional (TMS) en el cultivo de cacao, tomando como variables de evaluación el contenido de carbono orgánico, densidad aparente, granulometría y la resistencia a la penetración. Los resultados obtenidos nos muestran que el TMS presenta mayor estabilidad estructural de agregados que el BMS, siendo influenciados por el contenido de carbono orgánico y existiendo mayor exposición solar del suelo, baja densidad y naturaleza del material vegetativo.

MAYER *et al.* (2011) analizaron la influencia del laboreo sobre la estabilidad de los agregados del suelo (Soil Aggregate Stability – SAS) utilizando un método de dispersión ultrasónica con diferentes niveles de energía. Se tomaron muestras de agregados de 2 00 a 250 μm , en tres tipos de suelo del este de Austria: un suelo del tipo Chernozem franco limoso degradado, un Cambisol franco arcilloso y un Cambisol franco arenoso, y sometidos a diferentes tipos de laboreo: laboreo convencional (CT – conventional tillage), laboreo con eliminación mecánica de malas hierbas y sin

laboreo (NT – no tillage), con siembra intercalada en invierno. Los resultados de la estabilidad de los agregados del suelo obtenidos según la norma DIN (Deutsches Institut für Normung) mostraron que la estabilidad disminuía en el siguiente orden: Cambisol franco arcilloso > Cambisol franco arenoso > Chernozem franco limoso. La influencia del tipo de laboreo se observó en el segundo y tercer tipo de los suelos mencionados. La dispersión ultrasónica por amplitudes de baja vibración mostró una estabilidad más alta en suelos del tipo Cambisol. Se observó una influencia significativa del tipo de laboreo sobre la estabilidad de los agregados del suelo (entre 1 y 1.7 J ml⁻¹) en el Cambisol franco arcilloso y el Chernozem degradado, resultando una disminución de la estabilidad de los agregados en el orden siguiente: Cambisol NT > Cambisol CT > Chernozem NT > Chernozem CT. No se observaron diferencias en el Cambisol franco arenoso, porque el nivel de agregación de los macroagregados fue demasiado débil.

CABRIA *et al.* (2002) determinaron el tamaño y estabilidad de agregados y su relación con la conductividad hidráulica saturada en suelos bajo labranza convencional y praderas, los resultados de este trabajo permitieron verificar que la agricultura continua con labranza convencional: (i) modifica la distribución del tamaño de agregados que caracteriza a los sitios con praderas, las proporciones de microagregados aumentan y disminuyen las de macroagregados de gran tamaño. Bajo este sistema de manejo: (ii) disminuye el nivel de agregación y la resistencia al colapso por humedecimiento, (iii) la estabilidad de los macroagregados de menor tamaño y microagregados no es afectada, (iv) el incremento en la proporción de microagregados es

compensado principalmente por una merma en las proporciones de las dos clases de macroagregados de mayor tamaño, y (v) a medida que los suelos se sitúan en las posiciones más bajas del relieve el nivel de agregación disminuye y su estabilidad aumenta,. En los sitios con praderas: (vi) el nivel de agregación de las tres series de suelos no es semejante, pero sí la resistencia al colapso por humedecimiento súbito. En ambos tipos de utilización de tierras la distribución del tamaño de los agregados y su estabilidad pudieron justificarse considerando las variables que intervienen en la formación y estabilidad de agregados jerárquicos, y los efectos que los sistemas de manejo ejercieron sobre el tamaño y la estabilidad de los agregados permitieron interpretar las relaciones entre conductividad hidráulica saturada y diámetro geométrico promedio de los agregados.

GUTIÉRREZ *et al.* (2000) evaluaron la estabilidad de agregados de un Haplustol óxico en diferentes usos. Las situaciones de uso de suelo fueron analizadas en lotes de: sistema de labranza cero en cultivo de maíz (*Zea mays*) con cultivo antecesor de soja, producción de soja (*Glicine max*) con sistema de labranza cero y cultivo antecesor maíz, monocultivo algodónero (*Gossypium hirsutum*) con labranza convencional, monocultivo de girasol (*Helianthus annuus*) con labranza convencional, monocultivo de sorgo (*Sorghum caffrorum*) con labranza convencional y situación natural. Los resultados encontrados muestran que la degradación de la estructura del suelo de la serie Tizón se da en todos los sistemas de producción de cultivos; asimismo en Haplustol óxico, la labranza cero en cultivo secuencial soja-maíz, mejora la estabilidad estructural, en superficie.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó tres parcelas con cultivos de cacao, plátano y naranja; ubicados políticamente en el sector Venenillo, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, región Huánuco. Geográficamente presenta las siguientes coordenadas UTM:

Cuadro 1. Ubicación geográfica de los sistemas de uso de suelo en estudio

Sistemas de uso	Coordenadas UTM		Altura (m.s.n.m.)
	Este	Norte	
Cacao	379624	8995198	589
Plátano	376210	8993558	609
Naranjal	373608	8993101	633

3.2. Características generales de la zona

3.2.1. Precipitación

La estación Meteorológica José Abelardo Quiñonez (Estación Tulumayo) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, hasta diciembre del año 2013 registra una precipitación promedio anual de 2,581.5 mm y varía en

intensidad, duración y frecuencia; muchas veces se manifiestan violentamente en forma de gotas gruesas, de poca duración y en pleno sol.

3.2.2. Humedad

La estación Meteorológica José Abelardo Quiñonez (Estación Tulumayo) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, hasta diciembre del año 2013 registra una Humedad Relativa media anual de 84.3%.

3.2.3. Temperatura

Así mismo, hasta diciembre del año 2013 registra una temperatura máxima de 30.1 °C, temperatura mínima de 20.4 °C y una temperatura promedio de 25.2 °C.

3.2.4. Características ecológicas

Holdrige (1993) citado por Mapa Ecológico del Perú – INRENA (1995), el área estudiada corresponde a la zona de vida de transición: bosque muy húmedo – pre montano Tropical (bmh-PT) a bosque muy húmedo – Subtropical (bmh-S).

3.2.5. Fisiografía

El área de estudio comprende dos extensos territorios: un territorio montañoso colinoso, con características fisiográficas extremas con pendientes muy disectadas, presentando una composición florística particular con muchas

epifitas, aunque también con algunas especies del llano, siendo estructuralmente de dosel bajo con pocas especies arbóreas de gran porte; y el llano amazónico, donde se presentaron una gran diversidad de hábitats y tipos de vegetación, fisiográficamente con relieves suaves y ondulados con predominio de la planicie aluvial (Proyecto Especial Alto Huallaga – PEAH, 2012).

3.2.6. Topografía

La pendiente de la mayor parte del área de estudio tiene un promedio de 15% de inclinación y el relieve es plano ondulado, esto facilita la formación de áreas húmedas o hace que los cauces tributarios presenten cursos bien definidos y no facilitan el desbordamiento de los ríos en épocas de crecidas (INRENA, 1995).

3.2.7. Suelos

Presenta suelos que se han desarrollado, principalmente por agentes meteóricos en los distintos tipos de sustratos, distinguiéndose que las áreas de la zona, están cubiertas por suelos sobre una formación sedimentaria e intrusiva. Entonces, de acuerdo a sus características edafológicas, los suelos son aluviales, muy fértiles, muy profundos y ligeramente alcalinos, es decir, estos suelos son aptos para cultivos en limpio como arroz (bajo riego), plátano, frutales, pastos, cacao y especies nativas. Sin embargo, si nos referimos a los suelos que se encuentran alejados de los ríos, en las colinas, encontramos que presentan un bajo contenido de materia orgánica, por ende, son poco fértiles,

más bien tienen aptitud forestal y de protección; que sirven para producir café si se los asocia (Proyecto Especial Alto Huallaga – PEAH, 2012).

3.2.8. Hidrografía

La red hidrográfica del área del estudio está representada por el río Huallaga, que discurren de norte a oeste, recepcionando un número de cauces menores (río Corvina, Santa Martha y quebrada Aserradero), los que conjuntamente con los colectores principales como son los ríos Cuchara, Yurimaguas y la quebrada Picuruyacu, constituye el canal natural para la evacuación de los excedentes de agua, principalmente en la época de mayores precipitaciones (Proyecto Especial Alto Huallaga – PEAH, 2012).

3.3. Antecedentes de las parcelas en estudio

3.3.1. Cultivo de cacao (*Theobroma cacao*)

El sistema de uso de suelo con instalación del cultivo de cacao (*T. cacao*) en estudio, está ubicado en el sector Venenillo, con coordenadas UTM: 379624 (Este); 8995198 (norte); altitud 589 m.s.n.m. Pertenece en situación de posesionaria a la señora Maximina Ventura Córdova, y la extensión del predio abarca 05 hectáreas, conformada en su totalidad por el cultivo de cacao; el método de plantación fue el cuadrado, con distanciamiento de 3 x 3 m; a la fecha el cultivo viene recibiendo su control fitosanitario respectivo, con el asesoramiento del equipo técnico competente de la Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas (DEVIDA).

Como antecedente cronológico, el cultivo lleva instalado aproximadamente 4 años, realizándose anteriormente el cultivo de maíz (*Zea mays*) y/o especies leguminosas (frejol).

3.3.2. Cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*)

El sistema de uso de suelo con instalación del cultivo de plátano (*M. paradisiaca*) en estudio, está ubicado en el sector Venenillo, con coordenadas UTM: 376210 (Este); 8993558 (norte); altitud 609 m.s.n.m. Pertenece en situación de posesionario al señor Oscar Perez Navarro, y la extensión del predio abarca 06 hectáreas, conformada en su totalidad por el cultivo de plátano de la variedad: Isla, Bellaco, Moquicho, el método de plantación fue el cuadrado, con distanciamiento de 2.8 x 2.8 m; con una densidad de siembra de 1276 individuos.

En la actualidad el cultivo viene recibiendo su control fitosanitario respectivo, con el asesoramiento del equipo técnico competente de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Como antecedente cronológico, el cultivo lleva instalado aproximadamente 6 años, realizándose anteriormente la siembra de especies leguminosas (frejol).

3.3.3. Cultivo de naranja (*Citrus sinensis*)

El sistema de uso de suelo con instalación del cultivo de naranja (*C. cinensis*) en estudio, está ubicado en el sector Venenillo, con coordenadas UTM: 373608 (Este); 8993101 (norte); altitud 633 m.s.n.m. Pertenece en situación de posesionario al señor Fermín Berrios Pérez, y la extensión del

predio abarca 01 hectáreas, conformada en su totalidad por el cultivo de cacao; el método de plantación fue el cuadrado, con distanciamiento de 4 x 6 m; con una densidad de siembra de 416 plantas. A la fecha el cultivo viene recibiendo su control fitosanitario respectivo. Como antecedente cronológico, el cultivo lleva instalado aproximadamente 10 años.

3.4. Materiales, insumos y equipos

3.4.1. Materiales y equipos de campo

Wincha de 5 m., libreta de campo, fichas de campo, bolsas plásticas de 1 y 2 kg, martillo, navajas, machete, pala recta, penetrómetro, cámara fotográfica, sistema de posicionamiento global (GPS).

3.4.2. Materiales, reactivos y equipos de laboratorio

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

3.5. Diseño no experimental

Con el objeto describir las relaciones entre dos o más variables en un momento determinado, en función de la relación causa – efecto (causales), el diseño fue no experimental transectorial correlacional - causal (HERNÁNDEZ *et al.*, 2006). De acuerdo a las correlacionales – causales se recolectaron datos y se describieron la relación, siendo el tiempo único, el interés en la relación entre variables.

3.6. Variables a evaluar

3.6.1. Variables dependientes

Las variables dependientes fueron: estabilidad estructural, granulometría, resistencia al suelo.

3.6.2. Variables independientes

Las variables independientes fueron: densidad aparente, materia orgánica.

3.7. Metodología

3.7.1. Trabajo de campo

- **Coordinación con los propietarios de los terrenos a evaluar**

La identificación de las parcelas agrícolas con instalaciones del cultivo de cacao, plátano y naranja., consistió en visitas directas a los terrenos, con fin de verificar que cumplen con las condiciones para realizar la investigación. Posterior a ello, se solicitó el permiso respectivo a los propietarios para realizar la investigación.

- **Muestreo de variables**

Se ubicó y georeferenció las tres parcelas en estudio. El muestreo se realizó en áreas uniformes debidamente identificadas, considerando 10 submuestras tomadas al azar por parcela y por variables a evaluar.

3.7.2. Metodología de muestreo

En el Cuadro 2 se detalla la metodología para determinar las variables a evaluar, considerándose como variables a evaluar la densidad aparente, granulometría, estabilidad estructural de agregados del suelo, resistencia a la penetración, materia orgánica del suelo.

Cuadro 2. Metodología para determinar las variables en estudio.

Variable	Metodología	Tipo de análisis
Densidad aparente	Cilindro	
Granulometría	Tamizado	Físico
Estabilidad estructural	Bouyoucus	
Resistencia al suelo	Penetrómetro	
Materia orgánica	Walkley y Black	Químico

Fuente: GUERRERO, 1996.

– Estabilidad estructural

Se extrajeron muestras si disturbar con pala a profundidades de 0 – 5 cm. Las muestras se secaron al aire bajo sombra, luego se desmenuzó a mano y posteriormente tamizadas (2 mm), en una probeta de 50 ml se colocó 25 g de muestra y se llenó hasta el enrase de 40 ml con agua destilada, dejándose reposar por media hora; transcurrido el tiempo estimado se tomó otra probeta de 50 ml y se colocó 15 g de muestra y se llenó hasta el enrase de

40 ml de solución de cloruro de potasio 1N, y se dejó reposar durante media hora; a continuación se agitaron ambas probetas mediante una varilla de forma vertical y circular, suavemente, por tres veces con intervalos de media hora y se dejaron reposar ambas probetas por espacio de media hora., luego se leyó el volumen de sedimentación de la tierra de cada uno. La diferencia entre ambos volúmenes representa el índice de inestabilidad estructural, que es tanto mayor, cuanto mayor es esa diferencia, considerándose la estructura estable sino hay diferencia de sedimentación de ambas probetas (método de Bouyoucos, Mapa 1986; citado por COTRINA 2009).

– **Resistencia del suelo**

Se ejecutó diez (10) mini calicatas con dimensiones de: 15 cm de lado y 10 cm de profundidad; luego se marcó para diferenciar las profundidades de 0 a 5 y de 5 a 10 cm. Consecuentemente se procedió a dar lectura de la resistencia al suelo con ayuda del penetrómetro, introduciéndose de forma horizontal en los dos puntos diferenciados por profundidades.

– **Granulometría de suelos (método del tamizado)**

Se seleccionó la muestra más representativa posible y luego se dejó al aire libre para hacer fraccionar con el molino de golpe; seguidamente se pesó 100 g de suelo; luego se separó las fracciones, mediante una serie de tamices con diámetros de 3, 2, 1 1/2, 1, 3/4, 1/2, 3/8, 1/4, N° 4, N° 8, N° 10, N° 16, N° 20, N° 30, N° 40, N° 50, N° 80, N° 100, N° 200, para obtener varias fracciones granulométricas de tamaño decreciente; finalmente se sacudió

horizontalmente y/o golpes verticales, mecánicos y manuales, se hizo pasar el suelo por la serie de tamices, de arriba hacia abajo, para luego pesar por separado el suelo retenido en cada malla. El contenido de las partículas que pasó por cada tamiz, se relacionó con la masa inicial:

$$\% \text{ retenido parcial} = \frac{\text{Peso retenido de suelo}}{\text{Peso muestra total}} \times 100$$

3.7.3. Trabajo de gabinete

Las muestras obtenidas en el campo fueron sometidos al análisis físico y químico, cuyo resultado se compararon mediante un análisis estadístico que determinaron la relación entre una y otra variable.

3.8. Análisis estadístico

Para determinar el grado de relación entre las características de variables a evaluar, se realizó el análisis de regresión y correlación simple, así mismo; como indicador de ajuste se utilizó la prueba T de Student a un nivel de significancia del 0.05, para que mediante ello realizar la comparación entre la variable independiente con la variable dependiente y la relación de estos entre sí.

IV. RESULTADOS

4.1. Estabilidad estructural de los agregados del suelo

El índice de estabilidad estructural de agregados en porcentaje de los tres sistemas de uso de suelo en estudio, muestra que estadísticamente no se encontró diferencia significativa (p -valor = 0.7635), a pesar de encontrarse diferencias porcentuales, obteniéndose valores promedios de 92.2 %, 96.1 %, 94,7 % para los cultivos de naranja, cacao y plátano respectivamente. Así mismo, se observa un coeficiente de variación (C.V.) de 11.82 % (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza respecto al índice de estabilidad estructural de agregados del suelo de los tres sistemas en estudio.

Profundidad	Sistema de uso de suelo		
	Naranjal (%)	Cacaotal (%)	Platanal (%)
0 -5 cm	92.2 a	96.1 a	94.7 a
E.E.	0.23	0.33	0.51
C.V.		11.82	
p-valor		0.7635	

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

El índice de estabilidad estructural de los agregados del suelo, se detalla mejor gráficamente (Figura 1).

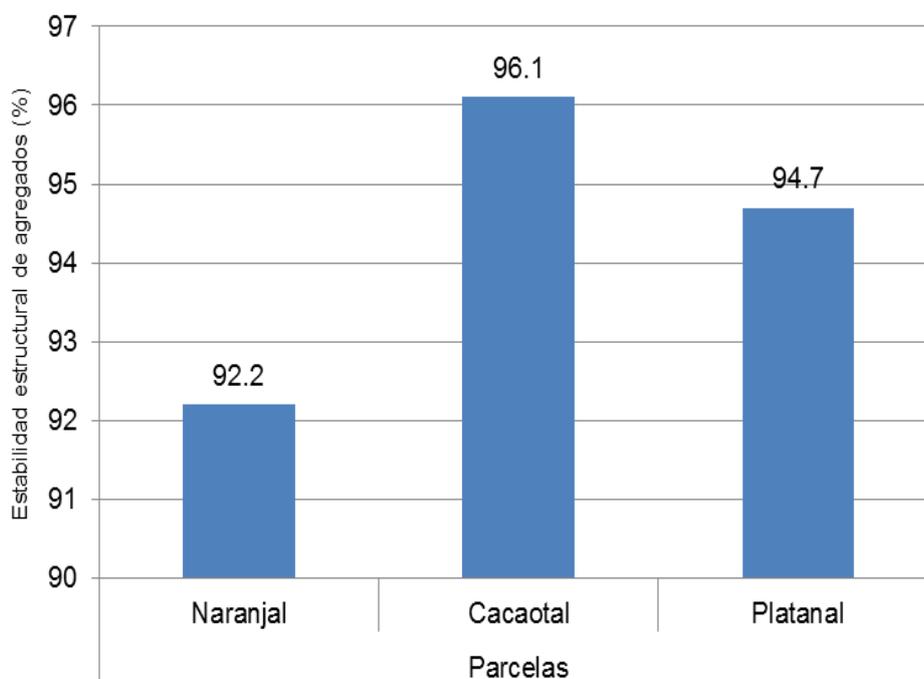


Figura 1. Estabilidad estructural de los agregados del suelo de los sistemas de uso en estudio.

En los resultados de las comparaciones del índice de estabilidad estructural de los agregados del suelo de los sistemas en estudio, se observa que el sistema de uso de suelo con instalación del cultivo de cacao presenta mayor porcentaje (96.1 %) caracterizándose en un suelo con mayor estabilidad estructural de agregados, sucedido por el suelo con cultivo de plátano (94.7 %), finalmente el suelo con cultivo de naranja presenta menor inestabilidad estructural (92.2%) siendo este suelo con características de poseer mayor inestabilidad de agregados, respecto a los dos sistemas de uso de suelo en estudio (Figura 1).

4.2. Granulometría de los agregados del suelo

El porcentaje de suelo que pasa a través de los diferentes diámetros de tamices y su clasificación de acuerdo al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S. Dep. de Agricultura), se muestra a continuación (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje de suelo que pasa a través de los diferentes diámetros de tamices de los tres sistemas en estudio

Tamices		Porcentaje que pasa (%)			Clasificación de suelo
Ø	(mm)	Cacaotal	Naranjal	Platanal	
1/4"	6.35	100.00	100.00	100.00	Grava fina
Nº 4	4.76	100.00	99.91	100.00	
Nº 8	2.38	99.94	99.69	99.28	Arena muy gruesa
Nº 10	2.00	98.77	99.48	98.21	
Nº 16	1.19	97.67	98.51	95.42	Arena gruesa
Nº 20	0.84	94.60	97.41	91.18	Arena fina
Nº 30	0.59	89.99	96.05	86.08	
Nº 40	0.43	83.74	92.95	79.98	
Nº 50	0.30	74.32	87.22	72.32	Arena muy fina
Nº 80	0.18	60.60	75.65	63.01	
Nº 100	0.15	44.08	66.62	49.98	
Nº 200	0.07	23.32	40.96	29.22	Limo
Fondo	0.01	0.00	0.00	0.00	

El porcentaje de suelo que pasa a través de los diferentes diámetros de tamices de los tres sistemas de uso de suelo, se detalla mejor gráficamente (Figura 2).

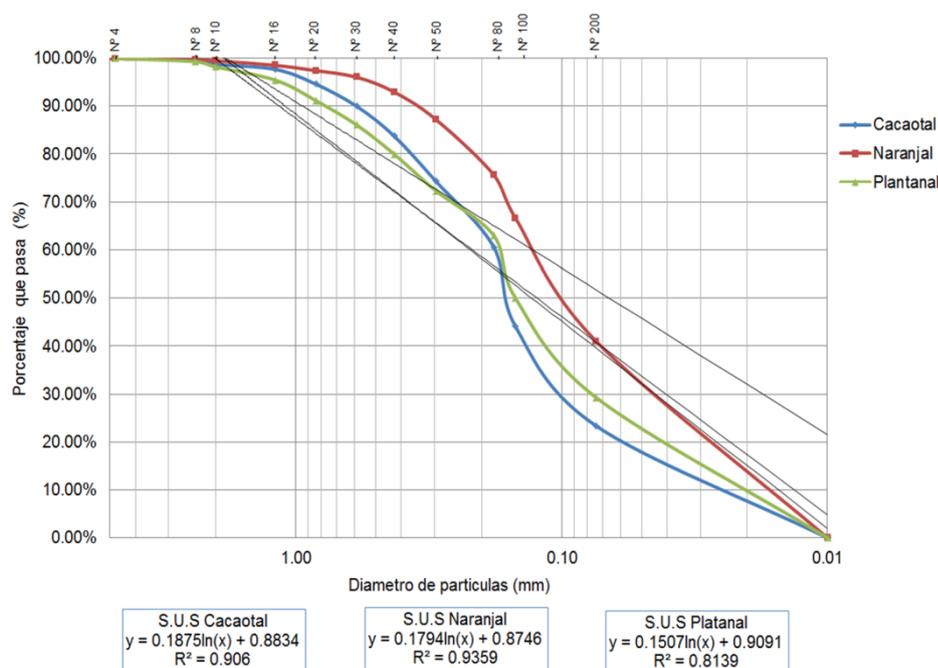


Figura 2. Curva granulométrica del porcentaje de suelo que pasa a través de los diferentes diámetros de tamices de los sistemas de uso de suelo en estudio.

La curva granulométrica analiza el comportamiento de las partículas de los sistemas de uso de suelo en estudio, de ella se observa que el suelo con cultivo de cacao, se ajusta a la curva logarítmica $y=0.1875 \ln(x) + 0.8834$, con $R^2 = 0.906$. Mientras que el suelo con cultivo de naranja, se ajusta a la curva logarítmica $y=0.1794 \ln(x) + 0.8746$, con $R^2 = 0.9359$. Finalmente, el suelo con cultivo de plátano se ajusta a la curva logarítmica $y=0.1507 \ln(x) + 0.9091$, con $R^2 = 0.8139$ (Figura 2).

Cuadro 5. Coeficiente de uniformidad y curvatura de la curva granulométrica de los tres sistemas en estudio

Sistema de uso de suelo	Porcentaje (%)			C.U.	C.C.
	D10	D30	D60		
Cacaotal	0.025	0.11	0.108	4.32	4.48
Platanal	0.021	0.075	0.106	5.04	3.56
Naranjal	0.016	0.04%	0.102	6.37	0.77

C.U.: Coeficiente de uniformidad

C. C.: Coeficiente de curvatura

De acuerdo a los resultados obtenidos, los sistemas de usos de suelo con instalación de cacao y plátano presentan un coeficiente de uniformidad inmersa al rango de gravas bien graduadas, respecto al coeficiente de curvatura se caracterizan en materiales bien graduados. Mientras que, el sistema de uso de suelo con instalación de naranja, presenta un coeficiente de uniformidad característico de arenas graduadas.

4.3. Materia orgánica

El resultado de la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) realizadas a los tres sistemas de usos de suelo (Naranjal, cacaotal, platanal), muestran que no existe diferencia significativa (p-valor = 0.4572, 0.4645, 0.2131 respectivamente) en relación al contenido de materia orgánica a través de los estratos de 0 – 5 cm y 5 – 10 cm. El análisis de varianza muestra un coeficiente de variación (C.V.) de 57.38 %, 31.88 %, 22.49 % respectivamente; mientras

que los promedios mostrados fueron 1.66 %, 2.01 % para el cultivo de naranja, mientras que, 3.07 %, 3.41 % para el cultivo de cacao, y finalmente 2.58 %, 2.26 % para el cultivo de plátano (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de varianza respecto al contenido de materia orgánica (%) en el suelo de los tres sistemas en estudio

Profundidad	Contenido de M. O. - Parcelas		
	Naranjal	Cacaotal	Platanal
0 -5 cm	1.66 a	3.07 a	2.58 a
5 - 10 cm	2.01 a	3.41 a	2.26 a
C.V.	57.38 %	31.88 %	22.49 %
p-valor	0.4572	0.4645	0.2131

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

No existe diferencia estadística (p-valor = 0.4572, 0.4645, 0.2131 respectivamente) en relación al contenido de materia orgánica a través de los estratos de 0 – 5 cm y 5 – 10 cm, realizadas a los tres sistemas de usos de suelo (Naranjal, cacaotal, platanal). Se observa que la materia orgánica en el suelo se incrementa a medida que se profundiza en él, este comportamiento se da en los suelos con cultivo de naranja y cacao, mientras que, ocurre lo contrario en el suelo con instalación de plátanos (Figura 3).

Respecto al contenido de materia orgánica entre los sistemas de usos de suelo, del grafico de observa que, existe un mayor contenido de

materia orgánica en el suelo con cultivo de cacao, sucedido por el cultivo de plátano y naranja.

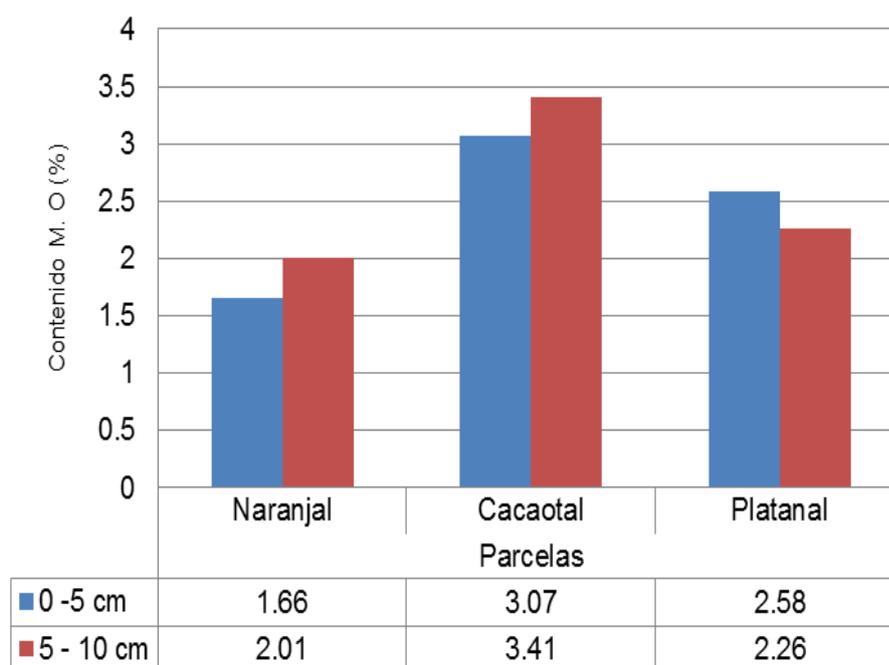


Figura 3. Contenido de materia orgánica (%) en el suelo de los tres sistemas en estudio a través de los estratos de 0 – 5 cm y 5 – 10 cm

4.4. Densidad aparente (g/cm^3) de los agregados del suelo

Los resultados de la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) realizadas a los tres sistemas de usos de suelo (Naranjal, cacaotal, platanal), muestra que no existe diferencia significativa ($p\text{-valor} = 0.3251, 0.4089, 0.2254$ respectivamente) en relación a la densidad aparente (g/cm^3) del suelo a través de los estratos de 0 – 5 cm y 5 – 10 cm; el análisis de varianza muestra un coeficiente de variación (C.V.) de 9.12 %, 10.21 %, 12.04 % respectivamente; mientras que los promedios mostrados fueron 1.53 y 1.47 g/cm^3 para el cultivo

de naranja, mientras que, 1.56 y 1.50 g/cm³ para el cultivo de cacao, finalmente 1.48 y 1.39 g/cm³ para el cultivo de plátano (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de varianza respecto a la densidad aparente del suelo de los tres sistemas en estudio

Profundidad	Parcelas		
	Naranjal	Cacaotal	Platanal
0 -5 cm	1.53 a	1.56 a	1.48 a
5 - 10 cm	1.47 a	1.50 a	1.39 a
C.V.	9.12	10.21	12.04
p-valor	0.3251	0.4089	0.2254

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

No existe diferencia estadística (p-valor = 0.3251, 0.4089, 0.2254 respectivamente) en relación a la densidad aparente (g/cm³) en el suelo a través de los estratos de 0 – 5 cm y 5 – 10 cm, realizadas a los tres sistemas de usos de suelo (Naranjal, cacaotal, platanal). Se observa que la densidad aparente (g/cm³) en el suelo disminuye a medida que se profundiza en el horizonte del suelo, este comportamiento se da en los tres sistemas de uso de suelo en estudio; respecto densidad aparente (g/cm³) en el suelo, entre los sistemas de usos de suelo, del grafico de observa que, existe mayor densidad aparente en el suelo con cultivo de cacao, sucedido por el cultivo de naranja y plátano (Cuadro 7).

La densidad aparente (g/cm^3) del suelo a través de los estratos de 0 – 5 cm y 5 – 10 cm en los tres sistemas de uso de suelo, se detalla mejor gráficamente (Figura 4).

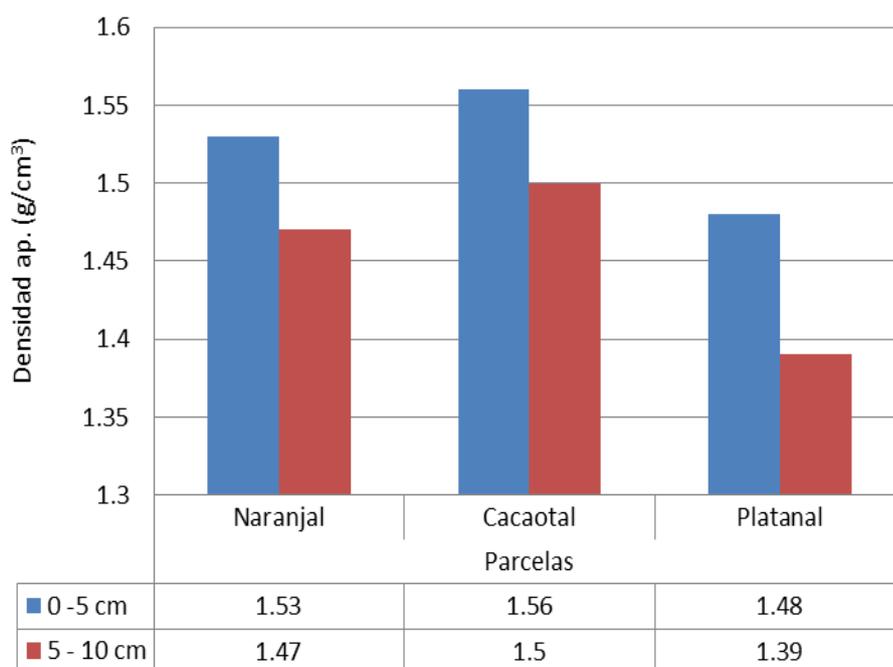


Figura 4. Densidad aparente (g/cm^3) del suelo de los tres sistemas en estudio a través de los estratos de 0 – 5 cm y 5 – 10 cm

4.5. Resistencia del suelo a la penetración (kg/cm^2)

Los resultados de la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) realizadas a los tres sistemas de usos de suelo (Naranjal, cacaotal, platanal), muestra que solo existe diferencia significativa ($p\text{-valor} = 0.1167, 0.0064$) en relación a la resistencia del suelo a la penetración (kg/cm^2) a través de los estratos de 0 – 5 cm y 5 – 10 cm respecto a los cultivos de cacao y plátanos. El análisis de varianza muestra un coeficiente de variación (C.V.) de 10.96 %, 11.2 % y 7.28

% respectivamente en los sistemas de uso de suelo con cultivo de naranja y plátanos; mientras que los promedios mostrados fueron 1.98 y 2.26 kg/cm² para el cultivo de naranja, mientras que, 2.00 y 2.17 kg/cm² para el cultivo de cacao, finalmente 1.89 y 2.09 kg/cm² para el cultivo de plátano (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis de varianza respecto a la resistencia del suelo a la penetración de los tres sistemas en estudio

Profundidad	Parcelas		
	Naranjal	Cacaotal	Platanal
0 -5 cm	1.98 a	2.00 a	1.89 a
5 - 10 cm	2.26 b	2.17 a	2.09 b
C.V.	10.96	11.2	7.28
p-valor	0.0167	0.1208	0.0064

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

A pesar de existir diferencia significativa a través de los estratos de 0 – 5 y 5 – 10 cm; en los sistemas de uso con instalación del cultivo de naranja y plátanos, se observa una mayor resistencia a la penetración a medida que se profundiza en el suelo, este comportamiento sucede en los tres sistemas de uso en estudio; respecto a la resistencia del suelo a la penetración (kg/cm²) entre los sistemas de usos, del grafico de observa que, existe una mayor resistencia en el suelo con cultivo de cacao, sucedido por el cultivo de naranja y plátano.

La resistencia del suelo a la penetración (kg/cm^2) a través de los estratos de 0 – 5 cm y 5 – 10 cm en los tres sistemas de uso de suelo, se detalla mejor gráficamente (Figura 5).

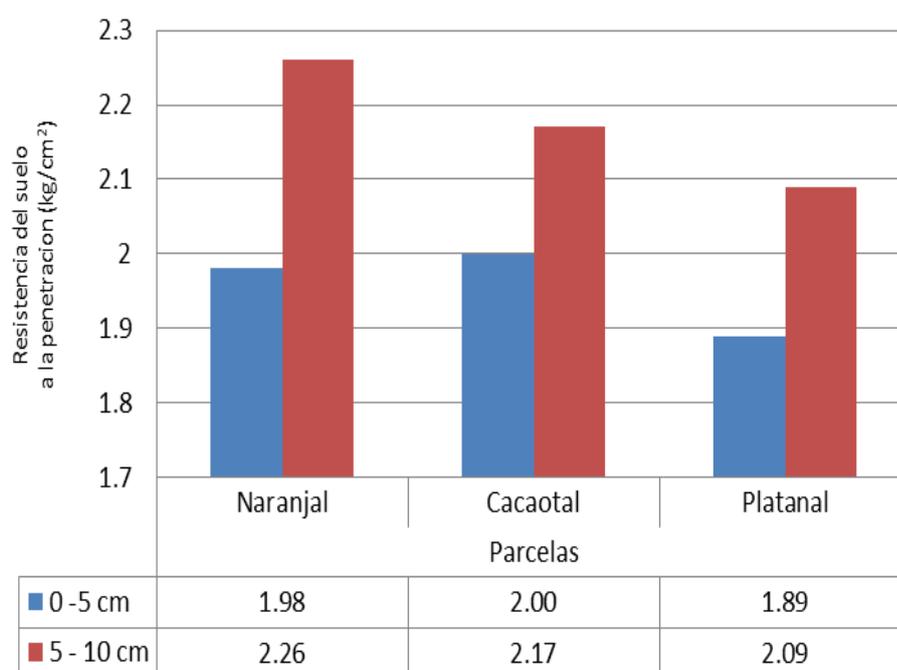


Figura 5. Resistencia del suelo a la penetración (kg/cm^2) de los tres sistemas en estudio a través de los estratos de 0 – 5 cm y 5 – 10 cm

V. DISCUSIÓN

5.1. Estabilidad estructural de los agregados del suelo

COTRINA (2009) determinó que el sistema de manejo mejorado de bosque, presenta mayor estabilidad estructural de agregados que el sistema de manejo tradicional con cultivo de cacao, asumiendo que están influenciados por el contenido de carbono orgánico y existiendo mayor exposición solar del suelo, baja densidad y naturaleza del material vegetativo; corroboramos lo mencionado por el autor, ya que de los resultados obtenidos; el suelo con instalación del cultivo de cacao presentó mayor estabilidad, sucedido por el suelo con cultivo de plátano y naranja, siendo este último característico por poseer mayor inestabilidad de agregados; se asume que este comportamiento esta influencia por la cantidad de hojarasca que incorpora cada cultivo, siendo en mayor cantidad el cultivo de cacao. Así mismo pudo ocurrir (TATE, 1995) debido a que los agregados del suelo son producto de la comunidad microbial, como consecuencia de los componentes orgánicos y minerales del suelo, de la naturaleza, y de la comunidad de plantas; por lo que se asume la alta estabilidad de agregados a la descomposición de la materia orgánica de las plantas y por acción de los microorganismos y macroorganismos del suelo, sus productos, junto con las secreciones de los organismos vivientes, suministran materiales muy aptos para unir las partículas del suelo entre sí.

La destrucción de agregados es el primer paso hacia el desarrollo de costras y sellado superficial, los cuales impiden la infiltración del agua e incrementan la erosión (HILLEL, 1982). Estos factores pueden haber influenciado en la formación del suelo, evidenciándose en el suelo con cultivo de cacao quien recibe mayor incorporación de hojarasca en la superficie a diferencia de los dos sistemas en estudio; incrementando la estabilidad estructural de agregados.

5.2. Granulometría de los agregados del suelo

La agricultura continua con labranza convencional modifica la distribución del tamaño de agregados, las proporciones de microagregados, aumentan y disminuyen las de macroagregados de gran tamaño (CABRIA *et al.*, 2002). Corroboramos lo mencionado por el autor, debido que a pesar de que los suelos con cultivo de cacao, plátano mostraron un coeficiente de uniformidad inmersa al rango de gravas bien graduadas, con un coeficiente de curvatura característico de materiales bien graduados, mientras que el sistema de uso de suelo con instalación de naranja, presentó un coeficiente de uniformidad característico de arenas graduadas; se asume esta características al gran aporte de la hojarasca al suelo y el material parental de formación del suelo (Aluvial), tal como menciona MONTENEGRO (1991) quien refiere que la distribución de partículas por el tamaño es uno de los factores que afectan la estabilidad estructural de los suelos, por cuanto condiciona la facilidad o tendencia de las partículas a dejarse unir entre sí.

5.3. Materia orgánica

La materia orgánica del suelo constituye la fracción orgánica que la descomposición de los residuos vegetales, siendo la fracción orgánica del suelo regulada por los procesos químicos que allí ocurren, influyendo sobre las características físicas y es el centro de casi todas las actividades biológicas en el mismo, incluyendo la microflora y la fauna (BORNEMISZA, 1982). Corroboramos lo mencionado por el autor, ya que a pesar que la prueba estadística no encontró diferencia significativa en relación al contenido de materia orgánica a través de los estratos de 0 – 5 cm y 5 – 10 cm, realizadas a los tres sistemas de usos de suelo, numéricamente se observó que la materia orgánica en suelo se incrementa a medida que se profundiza en él, siendo diferente este comportamiento en el suelo con cultivo de plátano. Así mismo, se observa que existe un mayor contenido de materia orgánica en el suelo con cultivo de cacao, sucedido por el cultivo de plátano y naranja; esta diferencia en aporte de materia orgánica al suelo puede haber ocurrido por la mayor contribución de materia seca (hojarasca) al suelo del cultivo de cacao con respecto al suelo con cultivo de naranja y plátano.

5.4. Densidad aparente (g/cm³) de los agregados del suelo

La densidad aparente está relacionada a las partículas orgánicas así como por la porosidad de los suelos (AGUILERA, 1989). Refutamos lo mencionado por el autor, ya que a través de los estratos de 0 – 5 cm y 5 – 10 cm, se observa que la densidad aparente disminuye a medida que se

profundiza en el horizonte del suelo, este comportamiento se da en los tres sistemas de uso de suelo en estudio; así mismo, entre los sistemas de usos en estudio se observa que existe mayor densidad aparente en el suelo con cultivo de cacao, sucedido por el cultivo de naranja y plátano; siendo inversamente proporcional al contenido de materia orgánica, ya que a medida que se profundiza en el suelo se incrementa la materia orgánica, se asume este comportamiento al aporte de materia orgánica que se da en primer estrato.

5.5. Resistencia del suelo a la penetración (kg/cm²)

La variación espacial de la resistencia a la penetración es más apropiada que la densidad aparente en la determinación de capas limitantes al crecimiento radical (JORAJURIA y COLLAZO, 2004). Corroboramos lo mencionado por el autor, ya que a pesar de existir diferencia significativa a través de los estratos de 0 – 5 y 5 – 10 cm en los sistemas de uso con instalación del cultivo de naranja y plátano, se observa una mayor resistencia a la penetración a medida que se profundiza en el suelo, este comportamiento sucede en los tres sistemas de uso en estudio; así mismo, esto ocurre con respecto a la densidad aparente, siendo menor a medida que se profundiza en el suelo. Estos factores son cruciales en el crecimiento radicular de las plantas, por lo que a mayor resistencia del suelo a la penetración, es un índice de compactación que está ligado a la disponibilidad de nutrientes, formación de coloides del suelo y agregados del suelo; esto se asume al mayor aporte de materia vegetal en el primer estrato del suelo.

5.6. Relación entre el contenido de materia orgánica, la resistencia y la estabilidad estructural en diferentes sistemas de uso de suelo.

Un sistema de manejo tradicional presenta mayor estabilidad estructural de agregados que el manejo mejorado de bosque, siendo influenciados por el contenido de carbono orgánico y existiendo mayor exposición solar del suelo, baja densidad y naturaleza del material vegetativo (COTRINA 2009). Corroboramos lo mencionado por el autor, ya que el suelo con instalación del cultivo de cacao presentó mayor estabilidad, sucedido por el suelo con cultivo de plátano y naranja; guardando relación directa con contenido de materia orgánica, densidad aparente y resistencia a la penetración para cada uno de las variables independientes en estudio.

VI. CONCLUSIONES

1. El suelo con instalación del cultivo de cacao en comparación con los otros suelos presentó mayor estabilidad estructural de agregados, esto debido a la influencia directa de la materia orgánica; así mismo el contenido de materia orgánica se incrementó a medida que se profundiza en el suelo, siendo de mayor concentración en el suelo con cultivo de cacao, esta diferencia de concentración de materia orgánica con los otros suelos, se debe al mayor aporte de hojarasca de la planta al suelo y a su posterior incorporación.
2. La densidad aparente y la resistencia a la penetración es mayor a medida que se profundiza en el horizonte del suelo, este comportamiento es mayor en el suelo con cultivo de cacao a diferencia de los otros suelos.
3. Existe una relación directa de la estabilidad estructural, materia orgánica y la resistencia del suelo a la penetración respecto al suelo con cultivo de cacao.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar monitoreo de la estabilidad estructural de suelos con cultivo de cacao, plátano y naranja, relacionado con las variables de tiempo, tipo de cobertura y parámetros climáticos.
2. Utilizar coberturas vegetales de especies leguminosas (*Arachis pintoii*, *Pueraria phaseoloides*) a fin mejorar la estabilidad estructural de los suelos.
3. Incentivar el uso de coberturas vegetales, por parte de los agricultores con el objetivo de mejorar o mantener las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Como: Estructura, pH, materia orgánica y microorganismos del suelo.

VIII. ABSTRACT

STRUCTURAL STABILITY OF THREE ADDED IN LAND USE SYSTEMS IN VENENILLO SECTOR, RUPA RUPA DISTRICT

This research paper entitled aimed to determine the structural stability of soil aggregates with cultivation of cocoa, bananas and orange; the methodology used was not experimental sectoral correlational design - causal; because the study was to describe the relationship between two or more variables at a given time; The variables were evaluated: structural stability, particle size, soil resistance, bulk density, organic matter; to determine the degree of relationship between variables to assess regression analysis and simple correlation was conducted himself; as an adjustment Student's t-test ($p \leq 0.05$) was used. As a result of labor, high structural stability of aggregates (92.2%, 96.1%, 94.7% for orange crops, cacao and banana respectively) it was found; concerning gradation; soils with cultivation of cacao and banana showed a uniformity coefficient of well graded gravel, with a coefficient of curvature of well graded materials; Likewise, the ground orange crop, presented a uniformity coefficient graded sands. As she delves into the ground; the organic matter content increases, the bulk density (g/cm^3) decreases, existing greater penetration resistance. Finally it was concluded that in high jungle there is a direct relationship between the structural stability to organic matter and soil resistance to penetration was higher in the soil with cultivation of cocoa.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILERA, N. 1989. Tratado de Edafología de México, Tomo I. Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México. 143 p.
- BORNEMISZA, E. 1982. Introducción a la Química de Suelos. Universidad de Costa Rica. Secretaría General de la Organización de los Estados Unidos Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. San José, Costa Rica. 47 p.
- BUCKMAN, H., BRADY, C. 1966. The Nature and Properties of Soils. The Macmillan company. 590 p.
- CABRIA, F., CALANDRONI, M., MONTERUBBIANESI, J. 2002. Tamaño y estabilidad de agregados y su relación con la conductividad hidráulica saturada en suelos bajo labranza convencional y praderas. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Buenos Aires. Ciencia del Suelo 20 (2): 80 p.
- CALZADA, J. 1983. Métodos estadísticos para la investigación. Ed. Jurídica S.A. 3 ed. Lima, Perú. 643 p.
- COTRINA, H. 2009. Índice de estabilidad estructural de agregados en suelos ácidos, bajo dos sistemas de uso en el cultivo de cacao. Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables mención

Conservación de Suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 61 p.

GUERRERO, A. 1996. El suelo, abonos y la fertilización de los cultivos. 2º reimpresión. España. Editorial Aedos S.A. 206 p.

GUTIÉRREZ, N., VENIALGO, C., GUTIÉRREZ, J. 2000. Estabilidad de agregados de un Haplustol óxico en diferentes usos. Conservación y Manejo de Suelos - Facultad de Cs. Agrarias - UNNE. Chaco, Argentina. 4 p.

INRENA 1995. Mapa Ecológico del Perú (guía explicativa). Oficina Nacional de Evaluación d los Recursos Naturales. Lima, Perú. 146 p.

JORAJURIA, A., COLLAZO, D. 2004. La resistencia a la penetración como parámetro mecánico del suelo. En: Filgueira, R. y Micucci, F. EDULP (eds.). Metodologías físicas para la investigación del suelo: penetrometría e infiltrometría. 43 p.

LABRADOR, J. 1996. La materia orgánica en los agrosistemas. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Ed. Mundi-Prensa. 174 p.

LETEY J. 1985. Relationship between soil physical properties and crop produccion. Advances in soil Sciencie. 294 p.

MAYER, M., SCHOMAKERS, J., MENTLER, A., DEGISCHER, N., BLUM, W. 2011. Medición de la estabilidad de agregados de suelo utilizando

vibración ultrasónica de baja intensidad. Spanish Journal of Soil Science – SJSS. Volumen 1: 19 p.

MONTENEGRO, G. 1991. Interpretación de las propiedades Físicas del Suelo. En: Seminario-Taller "Fundamentos para la interpretación de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas para riego". Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá D.E. Colombia. 57 p.

PIRES DA SILVA, A.; INHOFF, S. y CORSI, M. 2003. Evaluation of soil compaction in an irrigated short duration grazing system. Soil & Tillage Research. 83 p.

PORTA, J., LÓPEZ, M., ROQUERO, C. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente, Ediciones Mundi-prensa. Tercera edición España. 929 p.

PEAH, 2012. Manual de Formulación de proyecto (Asistencia técnica personalizada) Formulación de proyectos – Dirección de estudios. 30 de abril del 2012. 35 p.

QUIROGA, A., BONO, A. 2012. Manual de fertilidad y evaluación de suelos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA. La Pampa, Argentina. 162 p.

USDA. 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Departamento de agricultura de los Estados Unidos. 88 p.

VOLKE, T., VELASCO, J., DE LA ROSA, D. 2005. Suelos Contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. Secretaria de Medio ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. México. 31 p.

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

ANEXO

Anexo 1. Panel fotográfico



Figura 6. Limpieza de área a muestrear (cultivo de naranja)



Figura 7. Extracción de muestra para evaluar la densidad aparente (cultivo de naranja)



Figura 8. Limpieza de área a muestrear (cultivo de plátano)



Figura 9. Extracción de muestra para evaluar la densidad aparente (cultivo de plátano)



Figura 10. Limpieza de área a muestrear (cultivo de cacao)



Figura 11. Extracción de muestra para evaluar la densidad aparente (cultivo de cacao)



Figura 12. Disgregado de las muestras



Figura 13. Tamizado de agregado del suelo



Figura 14. Pesado de muestras (cilindros muestreadores)



Figura 15. Secado en estufa



Figura 16. Pesado de muestras (estabilidad de agregados)



Figura 17. Prueba de estabilidad de agregados



Figura 18. Pesado de muestras para análisis de materia orgánica



Figura 19. Análisis de materia orgánica

Anexo 2. Resultados de análisis de suelos I



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Recursos Naturales Renovables



Laboratorio de Análisis de Suelos

“Año del Promoción de la Industria Responsable y del Compromiso Climático”

ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA, DENSIDAD APARENTE, RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

SOLICITANTE : Bach. GONZALES VASQUEZ, Randy Luis
 LUGAR : Caserío Venenillo – Suelos con cultivos (Cacao, plátano, naranja)
 FECHA : 19-8-2014

N°	Estrato	Parcela	(1)	(2)	(3)	N°	Estrato	Parcela	(1)	(2)	(3)	N°	Estrato	Parcela	(1)	(2)	(3)
M01	m1	P1	1	1.6	2.1	M21	m1	P3	2.08	1.5	2	M41	m2	P2	4.48	1.45	2.2
M02	m1	P1	1.2	1.42	1.86	M22	m1	P3	2.5	1.61	1.9	M42	m2	P2	2.92	1.43	1.8
M03	m1	P1	1.2	1.62	1.95	M23	m1	P3	2.08	1.64	2.1	M43	m2	P2	2.56	1.56	2.3
M04	m1	P1	1	1.77	2.2	M24	m1	P3	2.24	1.22	1.8	M44	m2	P2	2.92	1.43	2.2
M05	m1	P1	4	1.57	2.3	M25	m1	P3	3.36	1.49	1.8	M45	m2	P2	3.2	1.53	2.1
M06	m1	P1	1.4	1.54	1.7	M26	m1	P3	2.2	1.34	1.7	M46	m2	P2	2.76	1.44	2.3
M07	m1	P1	2	1.38	2.1	M27	m1	P3	3	1.42	1.8	M47	m2	P2	3.84	1.42	2.5
M08	m1	P1	1.92	1.45	1.8	M28	m1	P3	2.9	1.77	2.1	M48	m2	P2	4.7	1.85	1.7
M09	m1	P1	1.56	1.45	1.8	M29	m1	P3	2.99	1.57	1.9	M49	m2	P2	1.68	1.49	2.4
M10	m1	P1	1.28	1.53	2	M30	m1	P3	2.4	1.28	1.8	M50	m2	P2	5.04	1.37	2.2
M11	m1	P2	3.52	1.6	1.8	M31	m2	P1	1	1.53	2.3	M51	m2	P3	2.56	1.54	2.1
M12	m1	P2	2.56	1.37	1.7	M32	m2	P1	1	1.23	1.95	M52	m2	P3	2.12	1.17	2.2
M13	m1	P2	2.56	1.22	2.1	M33	m2	P1	4	1.57	2.2	M53	m2	P3	1.12	1.32	2.3
M14	m1	P2	3.84	1.49	1.9	M34	m2	P1	2.9	1.45	2.5	M54	m2	P3	2.84	1.64	2.1
M15	m1	P2	2.28	1.58	2.2	M35	m2	P1	1.2	1.45	2.8	M55	m2	P3	3.27	1.22	2.2
M16	m1	P2	4.48	1.75	1.8	M36	m2	P1	4	1.58	1.9	M56	m2	P3	2.2	1.49	1.9
M17	m1	P2	3.2	1.59	2.4	M37	m2	P1	2	1.38	2.4	M57	m2	P3	1.9	1.63	2.1
M18	m1	P2	3.84	1.5	1.9	M38	m2	P1	1.4	1.28	2.2	M58	m2	P3	2	1.31	2.2
M19	m1	P2	3.36	1.82	2.1	M39	m2	P1	1.16	1.47	2.1	M59	m2	P3	1.8	1.23	2
M20	m1	P2	1.01	1.66	2.1	M40	m2	P1	1.48	1.77	2.2	M60	m2	P3	2.8	1.32	1.8

Naranjal = P1 Cacaotal = P2 Platanal = P3

- (1) : Materia orgánica (%)
 (2) : Densidad aparente (g.cm-3)
 (3) : Resistencia a la penetración (kg/cm2)

Nota: Muestras Proporcionadas por el interesado.

.....
 Ing° José D. LEVANO CRISOSTOMO
 Jefe del Laboratorio de Suelos

Anexo 3. Resultados de análisis de suelos II



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Recursos Naturales Renovables



Laboratorio de Análisis de Suelos

"Año del Promoción de la Industria Responsable y del Compromiso Climático"

ANALISIS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL, GRANULOMETRIA

SOLICITANTE : Bach. GONZALES VASQUEZ, Randy Luis
 LUGAR : Caserío Venenillo – Suelos con cultivos (Cacao, plátano, naranja)
 FECHA : 26-8-2014

N° Muestra	Estabilidad de suelos			Granulometría				
	Diferencia (cm)	N° Muestra	Diferencia (cm)	Tamices		Sistema de uso de suelo		
MN01	9,1	MN16	10,35	Ø	(mm)	cacao	naranja	plátano
MN02	9,4	MN17	8,00	1/4"	6.35	100.00%	100.00%	100.00%
MN03	9,00	MN18	8,40	N° 4	4.76	100.00%	99.91%	100.00%
MN04	8,5	MN19	8,90	N° 8	2.38	99.94%	99.69%	99.28%
MN05	8,7	MN20	9,30	N° 10	2.00	98.77%	99.48%	98.21%
MN06	8,00	MN21	11,60	N° 16	1.19	97.67%	98.51%	95.42%
MN07	10,2	MN22	9,5	N° 20	0.84	94.60%	97.41%	91.18%
MN08	9,8	MN23	9,4	N° 30	0.59	89.99%	96.05%	86.08%
MN09	9,2	MN24	7,5	N° 40	0.43	83.74%	92.95%	79.98%
MN10	10,3	MN25	10,2	N° 50	0.30	74.32%	87.22%	72.32%
MN11	11,10	MN26	11,50	N° 80	0.18	60.60%	75.65%	63.01%
MN12	11,00	MN27	6,7	N° 100	0.15	44.08%	66.62%	49.98%
MN13	9,6	MN28	10,4	N° 200	0.07	23.32%	40.96%	29.22%
MN14	9,30	MN29	8,2	Fondo	0.01	0.00%	0.00%	0.00%
MN15	10,10	MN30	9,7					

Nota: Muestras Proporcionadas por el interesado.

.....
 Ing° José D. LEVANO CRISOSTOMO
 Jefe del Laboratorio de Suelos