

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**“CARBONO ALMACENADO Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS
PROPIEDADES DEL SUELO EN DIFERENTES TIPOS DE CULTIVOS EN LA
MICROCUEENCA DEL RIO SUPTE, TINGO MARÍA”**

**TESINA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

PRESENTADO POR:

CAROLYN VERÓNICA BARDALES TURPO

2015

DEDICATORIA

A Dios, la Virgen María y el Divino Niño Jesús; por darme vida, salud y permitirme lograr uno de mis objetivos profesionales.

A mis padres y abuelitos Obdulio Bardales Soto, María Turpo Porras, Julio Turpo Cruz y Esther Porras López; por su entrega y apoyo incondicional durante mi vida universitaria, porque sin ellos no hubiera cumplido este logro y sueño de titularme.

A mi hermana Nataly K.; por su apoyo y el gran afecto que nos une.

A Edwin; por su gran cariño y apoyo incondicional.

A mi tío Pablo Porras López; por sus consejos y apoyo brindado.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Mg. Sc. José Lévano Crisóstomo, por su invaluable asesoramiento en la investigación.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por compartir y transmitirme sus conocimientos en las aulas universitarias.

A los jurados de tesis: Ing. Mg. Sc. Lucio Manrique De Lara Suarez, Ing. Mg. Sc. Ronald H. Puerta Tuesta e Ing. Jaime Torres García, por sus oportunas sugerencias.

A mi gran amigo Romel Ubillus Sernaque, por su apoyo y consejo para seguir adelante y así alcanzar mi meta de ser profesional.

A mis amigas y amigos, por los inolvidables momentos vividos en nuestra etapa universitaria.

RESUMEN

El aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera de la tierra es una preocupación mundial, una forma de mitigar las concentraciones de CO₂ mediante la implementación de cultivos de naranjo, guayabo y bambú, que almacenan el carbono en el suelo, estas actividades del uso de la tierra como la agroforestería, incluyen prácticas que promueven un aumento en el carbono orgánico del suelo. La parcela de investigación se encuentra en el sector de Supte San Jorge, a una distancia de 5.00Km de la ciudad de Tingo María, a una altitud de 680 m.s.n.m.; políticamente se localiza en el departamento Huánuco, provincia Leoncio Prado, distrito Rupa Rupa. Los cultivos evaluados fueron: naranjo, guayabo y bambú, cada uno de los cuales fue evaluado en una parcela de 50 x 10 m. La metodología empleada para la evaluación de la biomasa del suelo, radicular y hojarasca fue la recomendada (ICRAF, 2009). Los resultados obtenidos indican: 1 la cantidad de carbono promedio almacenado en el suelo con cultivo de naranjo fue de 35.99 tc/ha, con cultivo de guayabo de 41.55 tc/ha, con bambú 30.39 tc/ha; 2 la cantidad de carbono promedio almacenado en la raíz del cultivo de naranjo fue 0.20 tc/ha, del cultivo de guayabo 0.19 tc/ha y del cultivo bambú 2.62 tc/ha; 3 la cantidad de carbono promedio almacenado en la hojarasca del cultivo de naranjo fue 118.67 tc/ha, del cultivo de guayabo 212.83 tc/ha y del cultivo de bambú 480.33 tc/ha; 4 la distribución espacial de las variables materia orgánica, textura y pH de la parcela con naranjo muestran un suelo con nivel “bajo o pobre y medio”, “medianamente y ligeramente ácido”, “franco arcilloso arenoso y franco

arcilloso y arcilla arenosa”, respectivamente; 5 la parcela con guayabo muestra un suelo con nivel “medio”, “medianamente y ligeramente ácido”, “franco arcilloso arenoso, franco arcilloso y franco arenoso arcilloso”, respectivamente; finalmente, la parcela con bambú muestra un suelo con nivel “medio y alto o rico”, “fuertemente y medianamente ácido”, “franco arcilloso arenoso, franco arcilloso limoso y arcilla limoso”, respectivamente.

I. INTRODUCCIÓN

El aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera de la tierra es una preocupación mundial y se considera como uno de los seis principales gases que intervienen en el efecto invernadero (GEI) las cuales están contribuyendo en mayor proporción al cambio climático (IPCC, 2000). Las plantas utilizan CO₂ y liberan O₂ durante el proceso de la fotosíntesis; así mismo, almacenan componentes de carbono en sus estructuras leñosas por periodos prolongados, por lo que se les debe considerar como reservas naturales de carbono.

La utilización de los sistemas de información geográfica (SIG) en diversos campos del quehacer humano, se ha incrementado en los últimos años demostrando ser una herramienta muy útil en la toma de decisiones. En la agricultura se ha aplicado en áreas como el control de enfermedades contaminación de suelos, entomología, nematología y fertilidad de suelos así como para la identificación de degradación y pérdida de suelo un serio problema que afecta a muchas familias, debido a que se pierden bastantes áreas agrícolas, baja la cantidad y calidad de los productos y se reduce la producción, siendo únicamente para el autoconsumo.

En particular, la interpolación con análisis geoestadístico se basa en la teoría de las variables regionalizadas y en su dependencia y autocorrelación, bajo un marco de variabilidad espacial, mencionan que la

variación de las características del suelo a través del espacio físico o paisaje, es causada por muchos factores tanto propios del suelo como externos al mismo. Los más estudiados han sido las variaciones internas del suelo causadas por el material parental, como es el caso de cambios litológicos a través de un área determinada. Los cultivos de naranjo, guayabo y bambú, juegan un papel importante en el almacenamiento de carbono en el suelo, estas actividades del uso de la tierra como la agroforestería, incluyen prácticas que promueven un aumento en el carbono orgánico del suelo también pueden tener un efecto positivo en el almacenamiento del mismo. En este contexto la presente investigación plantea las siguientes interrogantes; ¿Cuánto es el carbono almacenado en los cultivos de naranjo, guayabo y bamba en la microcuenca de río Supte? ¿Varía el contenido de carbono almacenado en el suelo de acuerdo a los diferentes cultivos? Por lo tanto se plantea la siguiente hipótesis: “el contenido de carbono almacenado en el suelo varía en relación al cultivo establecido”.

1.1. Objetivo general

Estimar el carbono almacenado en el suelo y la distribución espacial de las propiedades físicas y químicas en diferentes cultivos en un predio privado en la microcuenca del río Supte.

1.2. Objetivos específicos

- Estimar el carbono orgánico a diferentes profundidades del suelo en plantaciones de naranjo, guayabo y bambú en un predio privado en la microcuenca del río Supte.

- Determinar el contenido del carbono almacenado en la hojarasca del suelo en plantaciones de naranjo, guayabo y bambú.
- Calcular el contenido de carbono almacenado en raíces en plantaciones de naranjo, guayabo y bambú.
- Establecer la distribución espacial de las variables (pH, textura y materia orgánica) mediante el uso del interpolador IDW (Interpolación ponderada por el inverso a la distancia).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Ciclo del carbono

HIPKINS (1984) menciona que el ciclo del carbono es la sucesión de transformaciones que sufre el carbono a lo largo del tiempo. Es un ciclo biogeoquímico de gran importancia para la regulación del clima de la Tierra y en él se ven implicadas actividades básicas para el sostenimiento de la vida. Éste comprende dos ciclos que se suceden a distintas velocidades:

- Ciclo biológico: comprende los intercambios de carbono (CO_2) entre los seres vivos y la atmósfera, es decir, la fotosíntesis, proceso mediante el cual el carbono queda retenido en las plantas y la respiración que lo devuelve a la atmósfera. Este ciclo es relativamente rápido, estimándose que la renovación del carbono atmosférico se produce cada 20 años (HIPKINS, 1984).

- Ciclo biogeoquímico: regula la transferencia de carbono entre la atmósfera y la litosfera (océanos y suelo). El CO_2 atmosférico se disuelve con facilidad en agua, formando ácido carbónico que ataca los silicatos que constituyen las rocas, resultando iones bicarbonato. Estos iones disueltos en agua alcanzan el mar, son asimilados por los animales para formar sus tejidos, y tras su muerte se depositan en los sedimentos. El retorno a la atmósfera se produce en las erupciones volcánicas tras la fusión de las rocas que lo

contienen. Este último ciclo es de larga duración, al verse implicados los mecanismos geológicos. Además, hay ocasiones en las que la materia orgánica queda sepultada sin contacto con el oxígeno que la descomponga, produciéndose así la fermentación que lo transforma en carbón, petróleo y gas natural (HIPKINS, 1984).

En general, las plantas absorben el CO₂ de la atmósfera a través de la fotosíntesis y este compone las materias primas como la glucosa, que participa en procesos fenológicos para la formación de componentes (flores, frutos, follaje, ramas y fuste) del árbol. Estos a su vez proporcionan elementos necesarios para su desarrollo y el crecimiento en altura, diámetro, área basal y diámetro de copa principalmente. El carbono se deposita en follaje, tallos, y sistemas radiculares y, principalmente, en el tejido leñoso de los troncos y ramas principales de los árboles. Estos componentes aportan materia orgánica al suelo y al degradarse dan origen al humus, que a su vez contiene CO₂. Por esta razón "los bosques son considerados importantes reguladores en el nivel de carbono atmosférico" (ORDOÑEZ, 1998).

2.2. Almacenamiento de carbono

ALEGRE *et al.*, (2001) sostiene que el carbono es la unidad principal de la vida del planeta y su ciclo es fundamental para el desarrollo de todos los organismos. El carbono se almacena en compartimientos llamados "depósitos" y circula activamente entre ellos, de estos depósitos, los océanos, son los que almacenan mayor cantidad con 38,000 giga toneladas (Gt = mil millones de toneladas), seguido por el suelo (1,500 Gt), la atmósfera (750 Gt) y

las plantas (560 Gt). Cualquier desequilibrio entre los flujos de entrada y salida se refleja en la concentración del CO₂ atmosférico. La absorción del CO₂ atmosférico por las plantas a través de la fotosíntesis está en equilibrio con la respiración de las plantas y el suelo.

2.3. Carbono en el suelo

El carbono del suelo está presente en la forma orgánica e inorgánica. La forma orgánica equivale a la mayor reserva en interacción con la atmósfera. El carbono orgánico presente en el suelo representa un balance dinámico entre la absorción de material vegetal muerto y la pérdida por descomposición (mineralización). La información sobre stock de carbono en el suelo es importante para la elaboración de la línea de base. Entre tanto, la dinámica del carbono del suelo en el tiempo es difícil de ser estimada y los altos costos de medición muchas veces son incompatibles con los beneficios recibidos por proyectos de pequeñas propiedades rurales (MARQUEZ, 2000).

2.3.1. Papel de los suelos en el ciclo del carbono

El suelo almacena cantidades considerables de carbono, las prácticas que promueven un aumento del carbono orgánico en el suelo también pueden tener un efecto positivo de fijación de carbono (MARQUEZ, 2000).

El IPCC (2000) indica que el carbono del suelo por si solo representa más que el carbono de la biomasa forestal. Tales proporciones de carbono en el suelo dependen de la zona climática; con el máximo de carbono del suelo en las áreas frías boreales y templadas y mínimo en las áreas

tropicales; la causa principal de esta diferencia es la influencia de la temperatura en los índices relativos de producción y descomposición de la materia orgánica.

FISHER *et al.*, (2000) sostiene que en este ciclo, el carbono orgánico del suelo representa la mayor reserva en interacción con la atmósfera y se estima en cerca de 1,500 Pg de carbono a 1 m de profundidad. El carbono inorgánico representa cerca de 1,700 Pg pero es capturado en formas más estables tales como el carbonato de calcio. La vegetación (650 Pg) y la atmósfera (750 Pg) almacenan considerablemente menos cantidades que los suelos. Los flujos entre el carbono orgánico del suelo o terrestre y la atmósfera son importantes y pueden ser positivos bajo la forma de captura o negativos como emisión de CO₂.

Sin embargo, HURTADO *et al.*, (2006) manifiesta que en el pasado, el desarrollo de la agricultura fue la principal causa del incremento de la concentración de CO₂ en la atmósfera, pero hoy día, los mayores contribuyentes son la combustión de los combustibles fósiles por parte de la industria y el transporte (6.5 Pg/año). Un hecho importante, es que mientras la deforestación de muchas áreas tropicales produce emisiones de carbono estimadas en 1.5 Pg/año, al mismo tiempo se produce una acumulación en los ecosistemas terrestres de 1.8 a 2 Pg/año. Esto representa lo que es conocido como el carbono faltante en el ciclo: un sumidero que podría estar situado principalmente en la parte norte del hemisferio norte.

Según CALLO (2001), los principales factores que actúan sobre la evolución de la materia orgánica conciernen la vegetación, ingreso de residuos, composición de las plantas, los factores climáticos, condiciones de temperatura y humedad y las propiedades del suelo, textura, contenido y mineralogía de la arcilla, acidez. En los bosques naturales el carbono del suelo está en equilibrio, pero tan pronto como ocurre la deforestación, ese equilibrio es afectado. Actualmente, se estima que cada año son deforestadas entre 15 y 17 millones de ha, sobre todo en los trópicos y que muy a menudo parte del carbono orgánico se pierde dando lugar a una considerable emisión de CO₂. Por lo tanto, donde la deforestación no puede ser detenida, es necesario un manejo correcto para minimizar las pérdidas de carbono. La reforestación, sobre todo en los suelos degradados con bajo contenido de materia orgánica, será una forma importante de secuestro de carbono a largo plazo, tanto en la biomasa como en el suelo.

2.4. Dinámica del carbono orgánico en los suelos

Las existencias de carbono orgánico presente en los suelos naturales, representan un balance dinámico entre la absorción de material vegetal muerto y la pérdida por descomposición (mineralización); en condiciones aeróbicas del suelo, gran parte del carbono que ingresa al suelo es lábil y sola una pequeña fracción (1 %) del que ingresa (55 Pg/año) se acumula en la fracción húmica estable (0.4 Pg/año) (GALLARDO, 2001).

MUHAMMAD (2007) afirma que los diferentes reservorios de carbono que existen en el suelo, tienen distintos tiempos medios de residencia

variando de uno a pocos años, dependiendo de la composición bioquímica; por ejemplo, la lignina es más estable que la celulosa, a décadas o a más de 1000 años (fracción estable). En los ecosistemas de pastizal, gran parte del CO₂ es retenido en el suelo como carbón orgánico, el cual proviene de las raíces, residuos de plantas, organismos vivos y muertos del suelo; éste suministra energía y nutrientes para todas las formas de vida en el suelo. La acumulación de carbono orgánico en el suelo (COS) es un proceso importante para mitigar efectos del cambio climático, debido que el suelo, además de ser un sumidero, es un reservorio de carbono estabilizado.

2.4.1. El papel fundamental de la materia orgánica en los suelos

La materia orgánica del suelo es un indicador clave de la calidad del suelo, tanto en sus funciones agrícolas (producción y economía) como en sus funciones ambientales entre ellas captura de carbono y calidad del aire (SCHLEGEL *et al.*, 2001). La materia orgánica del suelo es el principal determinante de su actividad biológica. La cantidad, la diversidad y la actividad de la fauna del suelo y de los microorganismos están directamente relacionadas con la materia orgánica. La materia orgánica y la actividad biológica que esta genera tienen gran influencia sobre las propiedades químicas y físicas de los suelos (GALLARDO, 2001).

Además, la hojarasca es importante en el funcionamiento del ecosistema, debido que al acumularse en el suelo como un mantillo, sirve de hábitat y alimento a muchos organismos y microorganismos que conforman una red trófica compleja. La agregación y la estabilidad de la estructura del

suelo aumentan con el contenido de materia orgánica. Estas a su vez, incrementan la tasa de infiltración y la capacidad de agua disponible en el suelo así como la resistencia contra la erosión hídrica y eólica. La materia orgánica del suelo también mejora la dinámica y la biodisponibilidad de los principales nutrientes de las plantas (FOLLETT *et al.*, 2001).

2.4.2. Principales consecuencias e impacto de la captura de carbono

La captura de carbono y el aumento de la materia orgánica del suelo tendrán un impacto directo sobre la calidad y la fertilidad de los suelos. Habrá también efectos positivos importantes sobre el ambiente y la resiliencia y la sostenibilidad de la agricultura (KSTATE, 2006).

2.5. Carbono fijado

Se refiere al flujo de carbono de la atmósfera a la tierra producto de la recuperación de zonas (regeneración) previamente taladas, desde pastizales, bosques secundarios hasta llegar al bosque clímax. El cálculo por lo tanto está definido por el crecimiento de la biomasa convertida a carbono (GALLARDO, 2001).

2.6. Carbono no emitido

Se refiere al carbono salvado de emitirse a la atmósfera por un cambio de cobertura. Se fundamenta en un supuesto riesgo que se tiene de eliminación de las plantas y por ende de emisión de carbono. El valor estimado considerado el carbono real y una tasa de podas (GALLARDO, 2001).

2.7. Parámetros técnicos para inventarios

2.7.1. Biomasa abajo del suelo

CHIDIK *et al.*, (2000) manifiesta que la biomasa abajo del suelo hace referencia a las raíces de la vegetación del ecosistema estudiado. Un método sencillo es realizar una estimación conservadora de este valor, basado en valores ya existentes o calculando un porcentaje de la biomasa arriba del suelo. Sin embargo hay varias situaciones en la que es posible medirla y resulta importante.

Existe una variedad de métodos directos e indirectos para estimar la biomasa de raíces. Entre ellos, los más usados son los métodos directos (destructivos y no destructivos), es decir, la excavación de raíces o el muestreo de cilindros del suelo. También, existen métodos indirectos, que se han venido desarrollando en los últimos años como son: uso de cámaras de video, radar, o modelos tridimensionales, pero que presentan limitaciones tanto económicas como de su aplicabilidad práctica (LAPEYRE *et al.*, 2004).

2.7.2. Hojarasca y materia vegetal muerta

La hojarasca y otra materia vegetal muerta se refieren a vegetación que se encuentra en proceso de descomposición esta fuente de biomasa se mide de dos maneras. La hojarasca en sí, se colecta del suelo, en el área de la parcela donde se midió la vegetación herbácea, teniendo cuidado de colectar toda la capa de materia en descomposición incluyendo el humus y materia vegetal muerta que no esté en proceso de descomposición aún. La otra materia

vegetal muerta se refiere, más que todo, a árboles muertos ya sea en pie o caídos (ALEGRE *et al.*, 2002).

2.7.3. Suelos

IPCC (1996) manifiesta que los suelos son a menudo grandes almacenes de carbono orgánico e inorgánico. El carbono edáfico puede ser determinado efectivamente usando muestras compuestas que representan múltiples parcelas. Esto ayuda a reducir los costos y provee estimados razonables.

2.8. Calculo de la huella del carbono en plantaciones de cítricos

En contraposición a las actividades industriales y urbanas, que causan la mayor parte de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, los cultivos agrícolas; tienen la capacidad de absorber este gas del aire, lo que los hace muy interesantes en lo que se refiere a la mitigación del impacto de los gases de efecto invernadero. Más aún, los cultivos leñosos de hoja perenne, como es el caso de los cítricos son especialmente interesantes, debido que presentan una actividad fotosintética importante que se mantiene a lo largo del año (ALEGRE *et al.*, 2001).

El CO₂ capturado de la atmósfera es incorporado en forma de carbono a su biomasa, y una parte del mismo se suma posteriormente a la materia orgánica del suelo. En contrapartida, las plantaciones agrícolas producen emisiones de CO₂ a la atmósfera, debidas a la respiración de las plantas (respiración autótrofa) y microorganismos del suelo (respiración

heterótrofa), a las que hay que añadir las producidas en las diferentes prácticas agrícolas. Por lo tanto, el cálculo de la huella del carbono en una plantación agrícola se deriva de la estimación del intercambio neto de CO₂ entre la atmósfera y el agroecosistema (ALEGRE *et al.*, 2001).

CALLO (2001) en un estudio realizado en la amazonia peruana, reportó que la mayor cantidad de carbono se encontraba en el suelo. Los sistemas como huerto casero, cítrico y silvopastura almacenaron 196, 193 y 120 t/ha, respectivamente, de los cuales más de 58 % se ubicaba en el suelo. El autor concluyó, además, que los árboles son también un importante reservorio, con 30 % del C.

2.9. Descripción de las especies en estudio

2.9.1. Naranja (*Citrus sinensis*)

Reino	:	<i>Plantae</i>
División	:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	:	<i>Magnoliopsida</i>
Sub clase	:	<i>Rosidae</i>
Orden	:	<i>Sapindales</i>
Familia	:	<i>Rutaceae</i>
Género	:	<i>Citrus</i>
Especie	:	<i>Citrus sinensis</i>

Citrus sinensis el naranjo o naranjo dulce, es un árbol frutal del género citrus, que forma parte de la familia de las rutáceas. Se trata de un árbol de porte mediano aunque en óptimas condiciones de cultivo llega hasta los 13 m de altura, perenne, de copa grande, redonda o piramidal, con hojas ovales de entre 7 a 10 cm de margen entero y frecuentemente estipuladas y ramas en ocasiones con grandes espinas (más de 10 cm) (ARAUJO, 1999).

El naranjo es un árbol de tamaño mediano, de tres a cinco metros de altura, con copa redondeada y ramas regulares. Un solo tronco, derecho y cilíndrico, verdoso primero y gris después. Las ramas aparecen a un metro, poco más o menos, del suelo. Las hojas son perennes, medianas y alargadas, con base redondeada y terminadas en punta (ARAUJO, 1999).

Las flores aparecen en las axilas de las hojas, solitarias o en racimos. Puede reproducirse por germinación de una semilla, por trasplante de una estaca o por acodo, es decir, partiendo de una raíz. En cualquier caso ha de transcurrir un cierto tiempo en el vivero o plantel antes de pasar al huerto o naranjal (ROMAN, 1999).

2.9.1.1. Cultivos y usos del *Citrus sinensis*

Se multiplican por injerto sobre pies más resistentes. Prosperan mejor en suelos fértiles, bien drenados, de tipo limo-arenoso, no debiéndoles faltar el riego. Sus frutos se consumen en fresco o en forma de zumos. De las flores se obtienen aceites esenciales utilizados en perfumería. Existen numerosas variedades (ARAUJO, 1999).

2.9.2. Guayabo (*Psidium guayaba*)

Reino	: <i>Plantae</i>
División	: <i>Magnoliophyta</i>
Clase	: <i>Magnoliopsida</i>
Sub clase	: <i>Rosidae</i>
Orden	: <i>Myrtales</i>
Familia	: <i>Myrtaceae</i>
Género	: <i>Psidium</i>
Especie	: <i>Psidium guayaba</i>

En especies como las pertenecientes a la familia de las *Mirtáceas*, ocurre oxidación de compuestos fenólicos. Esta oxidación, que dificulta la formación de raíces es observada por el oscurecimiento del tejido, ocurriendo en gran intensidad en la base de la estaca .Es considerado como un frutal promisorio, ya sea porque presenta importantes cualidades organolépticas, destacándose su sabor dulce acidulado y su aroma, inconfundible y delicado, que lo destinan esencialmente al consumo en fresco (FACHINELO *et al.*, 1992).

También se presta a numerosas formas de elaboración, ya exploradas comercialmente en otros países, entre las cuales se destacan los jugos y el vino, puros o cortados con jugos de otras frutas o pudiendo ser aprovechado bajo varios procesos caseros, entre los cuales aparecen las

jaleas, el guayabo cristalizado, el guayabo deshidratado, las mermeladas, la compota y los licores (MIELKE *et al.*, 1993).

2.9.2.1. Cultivos y usos del *Psidium guayaba*

Comestible (fruta, bebidas, dulces): El fruto se consume fresco o en conserva (jaleas, mermeladas, miel) y jugos en vinos y bebidas refrescantes (MIELKE *et al.*, 1993).

Artesanal (madera): Madera muy compacta se utiliza en carpintería y torneado. Se usa para la elaboración de juguetes, jirones e implementos agrícolas, mangos para herramientas.

Medicinal (hoja, flor, corteza, fruto, raíz): La planta tiene las siguientes propiedades y acciones: antisecretoria, antimicrobial, bactericida, cicatrizante, emenagoga, hipoglucémida, laxativa, nutritiva, espasmo lítica.

2.9.3. Bambú (*Guadua angustifolia*)

Reino	: <i>Plantae</i>
División	: <i>Magnoliophyta</i>
Clase	: <i>iliopsida</i>
Orden	: <i>Poales</i>
Familia	: <i>Poaceae</i>
Género	: <i>Guadua</i>

Especie : *Guadua angustifolia*

Planta rizomatosa, perenne, algo trepadora, erecta en la base. Cañas de 6-20 m de altura (raramente 30 m). Láminas foliares linear-lanceoladas, desiguales en tamaño. Sinflorescencia aglomerada, bractífera; de 5–10 cm de largo; laxa; con brácteas glumáceas subtendidas; con brotes axilares en la base de las espiuillas; pseudoespiuillas glabras, oblongolanceoladas; lema abrazando a la palea. Florece una sola vez en su vida, crece 15 a 20 m en 120 días; su diámetro máximo 2 dm, se aprovecha entre 4 a 5 años de plantado; su altitud ideal es entre los 400 y 1200 msnm; en suelos areno-limosos, arcillosos, profundos; y la T° entre 18 y 28 C°, con una precipitación superior a 1.200 mm y una humedad relativa de al menos 80 % (FRANCIS e INFANTE, 2003).

2.9.3.1. Descripción morfológica de la *G. angustifolia*

Según LONDOÑO y PRIETO (1983), las características morfológicas son:

Culmos o cañas: de color verde oscuro, rectas de 18 - 25 m altura, de 12 - 16 cm. de diámetro, arqueado apicalmente, entrenudos huecos. Presentan abundantes ramas alternas, laterales en la parte basal y ramas caedizas en la zona apical, con espinas grandes y curvadas ubicadas solamente en los nudos de las ramas primarias (2 espinas de 2.5 cm. de largo en promedio) y ramas secundarias (3 - 4 espinas de 0.5 - 1.5 cm. de largo). La pared de la caña tiene un espesor de 2 – 3 cm., siendo aproximadamente 11.5

cm. el diámetro promedio del orificio del culmo. Presenta un rizoma paquimorfo, simpodial, no hace mata muy compacta o tupida por lo que se deja extraer las cañas fácilmente. Aproximadamente crece de 5 - 10 culmos por metro cuadrado.

Nudos: con una sola yema, consistente de una banda de 3 - 4.5 cm. de ancho bien notoria, de color blanco - beige que rodea todo el nudo del culmo haciendo contraste con el color verde de las cañas, especialmente en los culmos jóvenes. La distancia entre los nudos es de 15 - 25 cm. en la base de la caña aumentando esta distancia en los entrenudos superiores.

Hojas: deciduas, alternas, de 15 - 24 cm. de longitud y de 2 - 3.5 cm. de ancho en la parte media, con presencia de 4 - 10 indumentos finos (4 - 1.0 mm) de color blanquecino ubicados en la base del pecíolo de las hojas.

Brácteas: poco durables o persisten en las cañas, de 50 - 80 cm. de longitud y 32 - 40 cm. de ancho en la base, con abundante indumento de color marrón oscuro en la parte externa e interna, siendo más denso en la parte superior de la bráctea.

Brotos: con hojas caulinares de color marrón pardo, abundantes pelos hirsutos muy pequeños en la parte externa que se adhieren al cuerpo cuando hacemos contacto. La parte interna es lisa, brillante y glabra. Crece en promedio 7.6 cm/día.

2.9.3.2. Descripción morfológica de la *G. angustifolia*

Según LONDOÑO y PRIETO (1983), pueden utilizarse en cercas, artesanía, vigas, postes, soleras, construcciones en general, etc.

2.10. Interpolación espacial

La interpolación es un procedimiento matemático utilizado para determinar el valor de un atributo en una localización precisa a partir de valores del atributo obtenidos de puntos vecinos ubicados al interior de la misma región. A la estimación del valor de un atributo en lugares fuera de la región cubierta por las observaciones se le llama extrapolación. Se utiliza la interpolación para transformar un número finito de observaciones obtenidas de ubicaciones geográficas precisas, en un espacio continuo de manera que el patrón espacial presentado por las observaciones puntuales pueda ser comparado con los patrones espaciales de los valores generados (VILCHEZ, 2000).

2.10.1. Interpolación ponderada por el inverso a la distancia (IDW)

El método de interpolación de medias móviles ponderadas por la distancia es ampliamente usado en la modelización de superficies. Se basa en la idea intuitiva de que las observaciones más cercanas deben tener más peso en la determinación del valor interpolado en un punto determinado. Se trata de un método exacto y local que estima el valor de la variable Z en un punto no muestral. Probablemente el mayor problema que presenta este método es que los valores interpolados son medias ponderadas que siempre toman valores entre el máximo y el mínimo de los puntos muestrales, lo que reduce su

eficacia para modelizar las cotas más altas o bajas de una superficie topográfica, en caso de que estas cotas no pertenezcan al conjunto de puntos muestrales. El método de la distancia inversa (IDW) se apoya en el concepto de continuidad espacial, con valores más parecidos para posiciones cercanas que se van diferenciando conforme se incrementa la distancia. El uso de este algoritmo ha sido empleado en la representación de variables con continuidad espacial, como las medidas, los mapas de pendientes y orientaciones a partir de la altitud, o estimaciones de la población de colonias de pingüinos (AGUILAR *et al.*, 2001).

2.11. Análisis físicos y químicos del suelo

El suelo es un cuerpo natural que conforma el hábitat de bacterias, hongos, levaduras, virus y plantas superiores, entre otros, que sirve para la alimentación de los animales y del hombre a través de los ciclos tróficos. El suelo y los microorganismos mantienen los sistemas ecológicos, debido que aportan componentes químicos y minerales (como resultado de la biodegradación); y complejos orgánicos como ácidos húmicos y fúlvicos, enzimas, vitaminas, hormonas y antibióticos; además, albergan una rica reserva genética (ANAYA *et al.*, 1977).

El suelo como cuerpo natural dinámico se comporta como un sistema abierto. Está sometido a la acción de diversas fuerzas externas que actúan sobre él generando cambios, a veces imperceptibles, pero siempre constantes, que buscan mantener un equilibrio dinámico entre el cuerpo suelo y los agentes del medio. Conocer estas relaciones, interpretarlas y generar

recomendaciones cónsonas con la realidad agropecuaria de Venezuela constituyen el manejo de suelos (AMEZQUITA, 1989).

2.11.1. Materia orgánica

La materia orgánica del suelo (MO) es considerada un indicador de salud del mismo y su efecto positivo sobre la sostenibilidad del sistema productivo ha sido ampliamente documentado. Para un determinado ambiente, los niveles de MO más elevados se encuentran en pastizales naturales, y cuando estos sistemas son cultivados, se produce una rápida caída de la MO seguida por una declinación más lenta hasta un nuevo estado estable. El nivel de MO en dicho estado va depender del clima, suelo y del manejo del mismo (labranzas, rotaciones, secuencias de cultivos agrícolas, fertilización) (DUCHAUFOR, 1984).

La intensificación de la actividad agrícola y la falta de rotaciones con pasturas ha producido un deterioro de los niveles de MO, los que en algunos casos, dependiendo del tipo de suelo y textura, presentan sólo el 50% de su nivel original lo que explica la respuesta generalizada al agregado de nitrógeno (N), en menor medida a azufre (S) y el desencadenamiento de problemas ambientales como la erosión de los suelos (VELASCO, 1981).

La materia orgánica (MO), además de ser un indicador de la fertilidad del suelo, mejora la estructura edáfica, la cual, a su vez, influye en la formación de micro y macro agregados, la continuidad de poros hacia la superficie y la infiltración de agua a todo el perfil. Por otra parte, mejora a las

condiciones de los suelos minerales; en los arenosos incrementa la capacidad de retención de agua y de nutrimentos, mientras que en los arcillosos los hace menos pesados y mejora su labranza (DUCHAUFOR, 1984).

La MO actúa como la reserva principal de nutrimentos del suelo y permite que las partículas se agrupen en forma de agregados además, reduce considerablemente la erosión del, aumenta su fertilidad (por el contenido de humus), mejor a la estructura e incrementa la captación de humedad. La descomposición de residuos de plantas y animales en el suelo constituye un proceso biológico básico en el que el carbono (C) es recirculado hacia la atmósfera como dióxido de carbono (CO_2), el nitrógeno (N) es hecho disponible como amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-) y otros elementos asociados (P, S, y varios micronutrientes) aparecen en la forma requerida por las plantas superiores (MACIAS, 2002).

En este proceso algo del C es asimilado dentro del tejido microbiano (la biomasa del suelo) y parte es convertido en humus. Parte del humus nativo es mineralizado simultáneamente, en consecuencia el contenido total de materia orgánica es mantenido a un nivel estable característico del suelo y del manejo del sistema. La materia orgánica (MO) es uno de los constituyentes más importantes de los suelos. Su identificación y cuantificación permite clasificar suelos, evaluar su fertilidad y estimar el peligro de erosión, entre otras cualidades (URBANO, 1989).

Los compuestos húmicos pueden tener una vida media de cientos a miles de años (dataciones con C). Los restos orgánicos se transforman muy

rápidamente comparados con la fracción mineral, por ello la velocidad de formación del horizonte A es mayor que la de los horizontes subsuperficiales. La velocidad de descomposición depende del tipo de resto vegetal aportado y de las condiciones del medio edáfico (pH, H⁰, T⁰, disponibilidad de nitrógeno, oxigenación, etc.) (MARTINEZ et al., 2008).

2.11.2. Textura

La textura representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición. En geología, el término textura aplicado a las rocas, tiene sentido diferente, designa el modo en que los elementos constituyentes de la roca se agrupan en el espacio confiriéndole su conformación general (ALAKUKKU, 1997).

La textura del suelo es la proporción relativa por tamaños de partículas de arena, limo y arcilla; las cuales al combinarse permiten categorizar al suelo la clases texturales. Consiste en la determinación de los porcentajes de arena, limo y arcilla presentes en la fracción mineral del suelo (BECERRA *et al.*, 2005).

- **Arena:** se consideran las partículas comprendidas entre 2 y 0.05 mm de diámetro.

- **Limo:** se consideran las partículas comprendidas entre 0.05 y 0.002 mm de diámetro.

- **Arcilla:** se consideran las partículas comprendidas con diámetros menores que 0.002 mm.

Las fracciones gruesas, arena y grava, cuando no están cubiertas de arcilla y limo carecen prácticamente de plasticidad y de tenacidad. Su capacidad de retener agua es escasa y debido a los grandes espacios entre sus partículas separadas, el paso del agua gravitacional es rápido. Facilita así el drenaje y el eficaz movimiento del aire. Los suelos en los que predominan la arena o la grava, por esto, son de carácter abierto poseen un buen drenaje y aireación y no ofrecen resistencia al laboreo (ALAKUKKU, 1997).

Las partículas de arcilla normalmente son laminares como la mica, y si se humedecen son muy plásticas. Cuando se moja la arcilla con una cantidad adecuada de agua, se expande y se vuelve pegajosa. Las partículas de limo tienden a ser irregulares, distintas en forma y raras veces lisas o pulidas. Son en su mayoría partículas microscópicas, siendo el cuarzo el mineral dominante (GONZALEZ, 1979).

La dominancia de fracciones finas en un suelo, le determina una textura que tiende a retardar el movimiento del agua y aire. Un suelo así será altamente plástico y fuertemente adhesivo cuando esté demasiado mojado, y será pesado y convertido en terrones al secarse, a menos que se trabaje

adecuadamente. La expansión y contracción suele ser grande, al mojarse y secarse alternativamente y la capacidad de retener agua de los suelos de textura fina es alta en general. Como tales se llaman suelos pesados por sus cualidades de difícil laboreo, en contraste marcado con los livianos, de fácil laboreo, los suelos arenosos. Sin embargo, suelos de textura fina pueden poseer buenas características de drenaje y aireación, si tienen una buena estructura (GONZALEZ, 1979).

Para determinar el tipo granulométrico o clase textural de un suelo, se recurre a varios métodos. Se utilizan cada vez más los diagramas triangulares, siendo el triángulo de referencia un triángulo rectángulo o un triángulo equilátero. Se usa actualmente, de un modo casi unánime, un triángulo equilátero. Cada uno de sus lados a un eje graduado de 10 en 10, de 0 a 100, sobre el cual se transporta la cantidad del elemento que representa; en general un lado del triángulo corresponde a la arcilla, el otro al limo, el tercero a la arena; el triángulo se utiliza cuando se dispone del análisis granulométrico de un suelo, su tenor en arcilla, en limo y en arena, determina un punto que se sitúa en el triángulo, en el interior de una casilla, y que permite identificarlo y darle un nombre asimilándolo a la clase textural representada (BECERRA *et al.*, 2005).

2.11.3. pH

El pH es una propiedad química del suelo que tiene un efecto importante en el desarrollo de los seres vivos (incluidos microorganismos y plantas). La lectura de pH se refiere a la concentración de iones hidrógeno

activos (H^+) que se da en la interface líquida del suelo, por la interacción de los componentes sólidos y líquidos. La concentración de iones hidrógeno es fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo. El grado de acidez o alcalinidad de un suelo es determinado por medio de un electrodo de vidrio en un contenido de humedad específico o relación de suelo-agua, y expresado en términos de la escala de pH. El valor de pH es el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrógeno, que se expresa por números positivos del 0 al 14. Tres son las condiciones posibles del pH en el suelo: la acidez, la neutralidad y la alcalinidad. Para la determinación del pH se utiliza el método potenciométrico (BERTSEH, 1995).

El método potenciométrico o electroquímico para medir pH de un suelo es el más utilizado. Con este método se mide el potencial de un electrodo sensitivo a los iones H^+ (electrodo de vidrio) presentes en una solución problema; se usa como referencia un electrodo cuya solución problema no se modifica cuando cambia la concentración de los iones por medir, que es generalmente un electrodo de medicamentos o de $Ag/AgCl$ (AMEZQUITA, 1989).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La parcela en estudio se localiza en el sector Supte San Jorge en el predio San Carlos Maby, a una distancia de 5.00 km. de la ciudad de Tingo María; su acceso es por la parte derecha de la carretera a San Juan de Tulumayo (Anexo A).

3.2. Ubicación geográfica

La parcela de encuentra ubicada en la región geográfica de Ceja de Selva o región natural Selva Alta o Rupa Rupa, en las coordenadas 394475 E y 8973386 N, a una altitud de 680 m.s.n.m.

3.3. Ubicación política

Región	: Huánuco.
Provincia	: Leoncio Prado.
Distrito	: José Crespo y Castillo
Sector	: Supte San Jorge

3.4. Ubicación ecológica

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de HOLDRIGE (1987), la zona de estudio se encuentra dentro de la zona ecológica: bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh. PT).

3.5. Características generales de la zona

3.5.1. Clima

El clima característico es de trópico húmedo. La temperatura media anual es de 24°C, y las precipitaciones sobrepasan los 2,630 mm/año (ESTACIÓN TULUMAYO – UNAS, 2013).

3.5.2. Fisiografía

La fisiografía que presenta el área de estudio presenta en su mayoría zonas de planicie y colinas bajas con zonas de suelos accidentados propios de la selva alta, con suelo con aptitudes agronómicas (VASQUEZ *et al.*, 2008).

3.5.3. Flora

La diversidad y variedad de la flora y vegetación, en el territorio del predio San Carlos Maby, se debe a la complejidad del modelado fisiográfico, resultado de las influencias de los factores geográficos (geología, hidrografía,

suelos y clima), los cuales proveen el sustrato para el desarrollo de adaptaciones por parte de las especies vegetales, así como la fauna asociada.

La diversidad vegetal incluye especies sin flores (como: algas, hongos, musgos y helechos) y con flores; que prosperan en forma de hierbas, enredaderas, lianas, arbustos, arboles, epífitas y parásitas, ocupando los más diversos nichos ecológicos en quebradas, encañadas, grietas rocosas y acumulaciones de suelos entre las pendientes, definiendo hábitats complejos (VASQUEZ *et al.*, 2008).

3.6. Materiales y equipos

3.6.1. Materiales de campo

Balanza, bolsas de papel, bolsas plásticas, cinta métrica, cilindros de Uhland, costales de polietileno de 50 kg, dimensionador de 0,5 m x 0,5 m, libreta de campo, machetes, plumón indeleble, lapiceros, pala recta, barreno, rafia, wincha de 30 y 50 m.

3.6.2. Equipos de campo

Receptor GPS (Sistema de Posición Geográfica), cámara fotográfica digital.

3.6.3. Equipos de gabinete

Balanza analítica, laptop, estufa, equipos de laboratorios de suelos.

3.7. Metodología

La investigación se ejecutó en tres fases: fase de campo, fase de laboratorio y fase de gabinete.

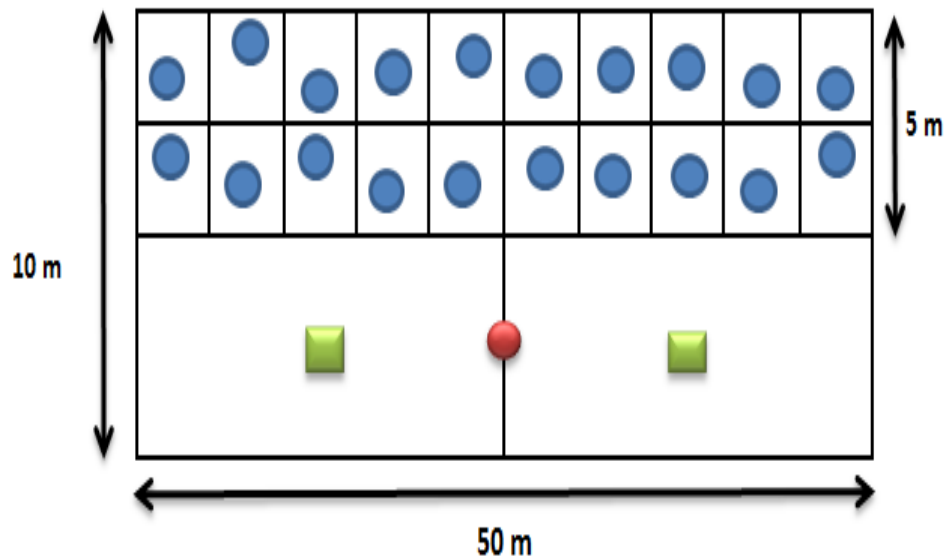
3.7.1. Fase de campo

La metodología empleada para la evaluación de biomasa del suelo, radicular y hojarasca en las parcelas de naranjo, guayabo y bambú fue la recomendada por el Centro Internacional de Investigación en Agroforestería (ICRAF, 2009).

3.7.1.1. Diseño del muestreo

Se delimitó los espacios muestrales mediante un diseño estratificado de muestreo al azar, para ello se trabajó con tres (03) parcelas de 500 m², (50 m x 10 m), dentro de ella se estableció una sub parcela de 50 m x 5 m para el muestreo de hojarasca que se dividió en 20 partes por igual (MACDICKEN, 1997).

Para el muestreo de carbono orgánico y raíces se estableció dos sub parcelas de 25 m x 10 m, dentro de ellos se delimito dos (02) parcelas de 1 m² ubicadas al azar dentro de las parcelas.



- Puntos de muestreo de densidad aparente.
- Punto de muestreo al azar de hojarasca.
- Puntos de muestreo al azar de suelo y raíces.

Figura 1. Esquema general de muestreo.

3.7.1.2. Obtención de las muestras de suelo

En las parcelas En las parcelas de 10 m x 50 m se eligió al azar dos (02) sub parcelas de 1 m² para realizar las calicatas de 0.30 m x 0.30 m x 0.30 m de profundidad. Posteriormente se definió las profundidades de muestreo en los siguientes rangos: 0 m – 0.1 m; 0.1 m – 0.2 m, 0.2 m – 0.3 m para la obtención de las muestras de suelo según el esquema de la Figura 2. Por cada rango se tomó con la ayuda de un barreno una muestra de suelo de 500 g. aproximadamente (ICRAF, 2009).

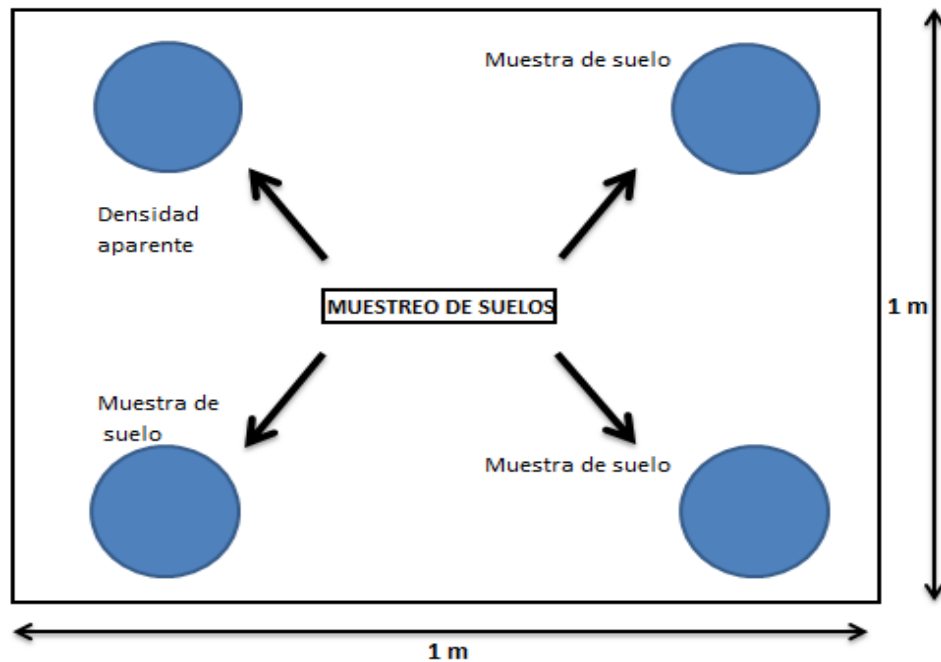


Figura 2. Diagrama de muestreo de carbono almacenado en el suelo y raíces.

Las muestras fueron correctamente identificadas y enviadas al laboratorio para la cuantificación de carbono orgánico en el suelo (COS).

3.7.1.3. Obtención de muestras para el cálculo de densidad aparente

En las mismas profundidades y sub parcelas establecidas para el muestreo de carbono orgánico en el suelo, se procedió a introducir un cilindro de volumen conocido con la ayuda de un martillo; luego se extrajo el cilindro lleno de suelo, cuidando con no dañar la muestra que se encuentra dentro de ella. Se procedió a extraerse el suelo contenido en el cilindro y se depositaron en bolsas plásticas para llevar al laboratorio para su análisis (MACDICKEN, 1997).

3.7.1.4. Obtención de las muestras de hojarasca

Se cuantificó en base a las hojas, flores, frutos, semillas y fragmentos de estos, ramitas y material leñoso menores a 2 cm de longitud. Se colectó toda la hojarasca de una área de 0.25 m^2 ($0.50 \text{ m} \times 0.50 \text{ m}$), establecidas de manera aleatoria dentro de la subparcela temporal de $50 \text{ m} \times 10 \text{ m}$, luego se dividió en parcelas de $5 \times 5 \text{ m}$, donde en cada una de ellas se colocó el cuadrante para la obtención de una muestra. Se registró el peso fresco total por cada 0.25 m^2 , en los casos donde el peso de la muestra fue elevado, se extraera una submuestra de 200 g; ésta se colocó en una bolsa plástica debidamente codificada para ser llevada al laboratorio para su respectivo análisis (MACDICKEN, 1997).

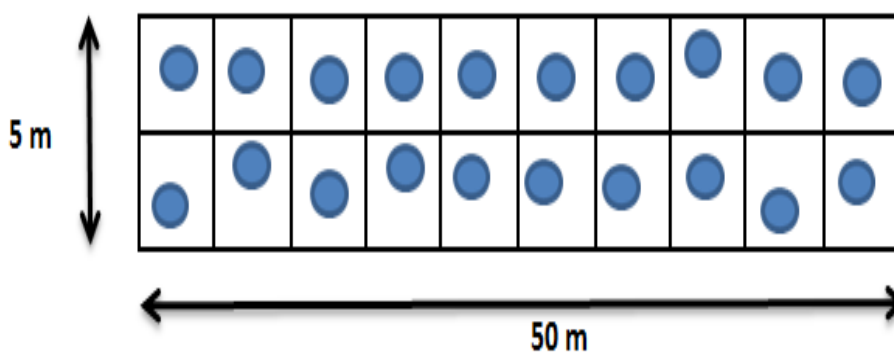


Figura 3. Esquema de muestreo de hojarasca.

3.7.1.5. Obtención de las muestras de raíces

Para el muestreo de carbono almacenado en raíces se usó la metodología propuesta por el Centro Mundial Agroforestal (ICRAF, 2009). En las calicatas de $0.30 \text{ m} \times 0.30 \text{ m} \times 0.30 \text{ m}$ de profundidad, se obtuvo las muestras con la ayuda de un barreno, en las siguientes profundidades $0 \text{ m} - 0.1$

m; 0.1m – 0.2 m y 0.2 m – 0.3 m, siendo depositadas en bolsas plásticas para su posterior análisis en laboratorio.

3.7.2. Fase de laboratorio

3.7.2.1. Obtención de datos de carbono almacenado en el suelo

Para la determinación de carbono almacenado en el suelo, se usó el método de WALKLEY y BLACK (1938), en el cual el % MO (porcentaje de materia orgánica) fue proporcionado mediante un análisis de laboratorio. Antes de ser enviadas las muestras al laboratorio, estas fueron secadas bajo sombra, evitando la llegada de la radiación solar directa hacia las muestras.

Para la obtención de la densidad aparente, se usó la metodología propuesta por el Centro Mundial Agroforestal. Las muestras obtenidas para la determinación de la densidad aparente fueron sometidas a una estufa a una temperatura de 70 °C, hasta obtener un peso constante. Después de sacar la muestra, se pesó nuevamente para obtener el peso seco de la muestra.

3.7.2.2. Obtención de datos de carbono en hojarasca

Se colectó toda la hojarasca que se encuentra dentro de un marco de 0.25 m², instalada aleatoriamente dentro de la sub parcela de 50 x 10 m (MAC DICKEN, 1997). La hojarasca húmeda que fue colectada, se envolvió en papel periódico y se pesó en una balanza digital para obtener el peso húmedo, posteriormente se secó en estufa a 70 °C por 24 a 48 horas aproximadamente,

hasta obtener un peso constante. Una vez la muestra seca se pesó nuevamente para obtener el peso seco y calcular la biomasa (ICRAF, 2009).

3.7.2.3. Obtención de datos de carbono en raíces

La obtención de datos de carbono en raíces se realizó según la metodología propuesta por el Centro Mundial Agroforestal (ICRAF, 2009). Se seleccionó las raíces del volumen del barreno (suelo + piedras + raíces), por medio de lavado y tamizado, restando únicamente raíces. Se procedió a pesarlo en una balanza digital para obtener el peso húmedo, y posteriormente ser secado en una estufa a 70 °C por 24 a 48 horas (hasta obtener peso constante), una vez obtenido el peso constante, se procedió nuevamente a pesar la materia seca, y así obtener la biomasa por diferencia de pesos. Con los valores obtenidos se calculó el total de toneladas de materia seca por hectárea.

3.7.3. Fase de gabinete

3.7.3.1. Cálculos para la obtención de carbono almacenado en el suelo

Para la determinación de carbono almacenado en el suelo, se usó la fórmula propuesta por (WALKLEY y BLACK, 1938):

$$\text{COS} = \%C0 \times Da \times Ps$$

COS : Carbono orgánico de suelos (t/ha)

% CO : 0.58 x %MO (WALKLEY y BLACK, 1938)

Da : Densidad aparente (g/cm³)

Ps : Profundidad del suelo (cm)

El contenido de carbono fue reportado en kg/ha y transformado a t/ha. Para determinar el volumen del cilindro y la densidad aparente se usó la siguiente fórmula propuesta por (MAC DICKEN, 1997).

$$V = \pi \times r^2 \times h$$

$$Da = \frac{MS}{V}$$

V : Volumen

π : 3.1416 (valor constante).

r : Radio del cilindro

h : Altura del cilindro

Da : Densidad aparente

MS : Masa seca

3.7.3.2. Cálculos para la obtención de carbono almacenado en la hojarasca

Para la determinación de carbono almacenado en hojarasca se usó la fórmula propuesta por el ICRAF (2009):

Biomasa = *Materia seca*

$$CH = \text{biomasa} \left(\frac{tc}{ha} \right) \times 0.50$$

CH : Carbono en hojarasca

0.50 : Valor propuesto por IPCC.

3.7.3.3. Cálculos para la obtención de carbono almacenado en raíces

Para la determinación de carbono almacenado en las raíces se usó la fórmula propuesta por el ICRAF (2009).

Biomasa = *Materia seca*

$$CR = \text{biomasa} \left(\frac{\text{tc}}{\text{ha}} \right) \times 0.50$$

CR : Carbono en raíces

0.50 : valor propuesto por el IPCC.

3.7.3.4. Interpolación y generación de mapas

Se ejecutó como primer paso la georreferenciación de los puntos donde se extrajeron las muestras de suelo. La generación de los mapas se realizó empleando la interpolación ponderada por el inverso a la distancia (IDW), mediante el Software ArcGis 10.1, utilizando la herramienta de ArcToolbox; para utilizar el 3D Analyst Tools se escogió la herramienta de Raster Interpolation y se utilizó el IDW, en el cual se procedió a la entrada de los puntos georreferenciados y los valores obtenidos del análisis de suelos físico químico realizados. Los mapas fueron proyectados en UTM, datum WGS 1984.

IV. RESULTADOS

4.1. Carbono almacenando en el suelo

4.1.1. Carbono almacenado en el suelo del cultivo de naranjo (*Citrus sinensis*)

La cantidad de carbono almacenado en el suelo en la primera evaluación de la primera calicata en la parcela de naranjo fue mayor en la capa superficial y tendió a disminuir con la profundidad, haciendo un total de 43.29 tc/ha, a diferencia de la segunda calicata que resulto mayor cantidad de carbono almacenado en la profundidad de 10 – 20 cm, haciendo un total de 42.30 tc/ha; en la segunda evaluación tanto en la primera y segunda calicata se obtuvo mayor concentración de carbono en la capa superficial y descendió según la profundidad; sin embargo, en la primera calicata se obtuvo 40.06 tc/ha a diferencia de la segunda calicata que fue 30.90 tc/ha; finalmente en la tercera evaluación resultó que en la capa superficial se obtuvo mayor concentración de carbono y fue disminuyendo según sea la profundidad a diferencia de la primera calicata, donde la concentración fue mayor con 32.63 tc/ha, mientras que en la segunda calicata fue de 26.74 tc/ha (Cuadro 1).

Cuadro 1. Carbono almacenado en el suelo de parcela del cultivo de naranjo.

Parcela	Primera calicata		Segunda calicata	
	Evaluación/ Profundidad	CS (tc/ha)	Evaluación/ Profundidad	CS (tc/ha)
Naranjo	Primera evaluación		Primera evaluación	
	0 - 10cm	17.1	0 - 10cm	15.08
	10 - 20cm	14.44	10 - 20cm	17.22
	20 - 30cm	11.75	20 - 30cm	10
	Total	43.29	Total	42.3
Parcela	Primera calicata		Segunda calicata	
	Evaluación/ Profundidad	CS (tc/ha)	Evaluación/ Profundidad	CS (tc/ha)
Naranjo	Segunda evaluación		Segunda evaluación	
	0 - 10cm	17.84	0 - 10cm	14.98
	10 - 20cm	12.97	10 - 20cm	10.42
	20 - 30cm	9.26	20 - 30cm	5.5
	Total	40.06	Total	30.9
Parcela	Primera calicata		Segunda calicata	
	Evaluación/ Profundidad	CS (tc/ha)	Evaluación/ Profundidad	CS (tc/ha)
Naranjo	Tercera evaluación		Tercera evaluación	
	0 - 10cm	14.26	0 - 10cm	11.77
	10 - 20cm	13.42	10 - 20cm	11.41
	20 - 30cm	4.96	20 - 30cm	3.56
	Total	32.63	Total	26.74

Fuente: Elaboración propia.

En las Figuras 4 y 5 se presentan la cantidad de carbono almacenado en el suelo con respecto a la profundidad en cada calicata realizada del cultivo de naranjo, demostrando en la mayoría que la concentración de carbono disminuye con la profundidad.

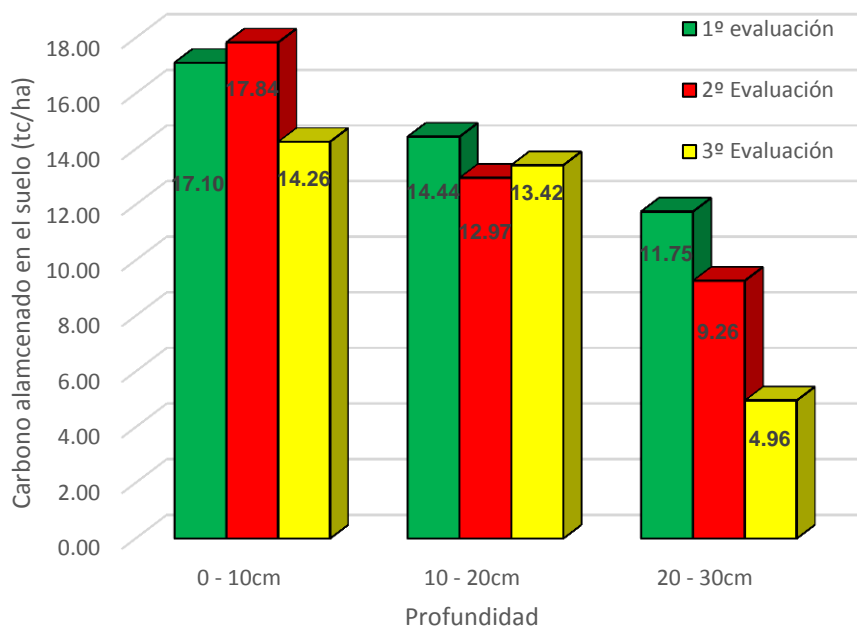


Figura 4. Carbono almacenado en el suelo de la primera calicata de la parcela de naranjo.

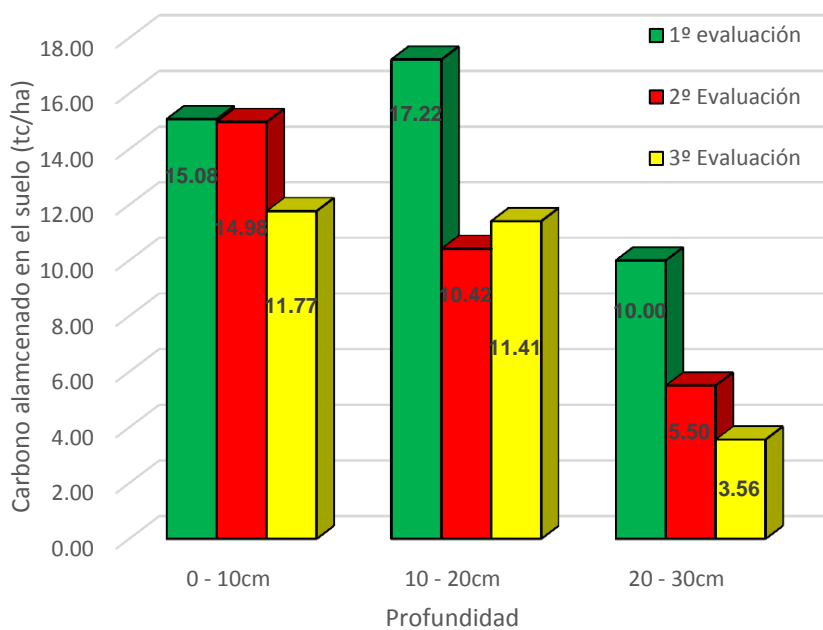


Figura 5. Carbono almacenado en el suelo de la segunda calicata de la parcela de naranjo.

4.1.2. Carbono almacenado en el suelo del cultivo de guayabo (*Psidium guayaba*)

La cantidad de carbono almacenado en el suelo en la primera evaluación de la primera y segunda calicata en la parcela de guayabo fue mayor en la profundidad de 10 – 20 cm; obteniendo en la primera calicata 44.15 tc/ha a diferencia de la segunda calicata donde se obtuvo mayor concentración de carbono con 45.46 tc/ha; en la segunda evaluación en la primera calicata resultó tener mayor cantidad de carbono almacenado en la profundidad de 10 – 20 cm, haciendo un total de 42.98 tc/ha a diferencia de la segunda calicata donde fue mayor la concentración en la capa superficial y tendió a disminuir con la profundidad, obteniendo un total de 37.13 tc/ha; posteriormente, en la tercera evaluación resultó que en la capa superficial se obtuvo mayor concentración y fue disminuyendo según la profundidad a diferencia de la primera calicata donde la concentración fue mayor con 41.16 tc/ha, mientras que en la segunda fue de 38.43 tc/ha (Cuadro 2).

Cuadro 2. Carbono almacenado en el suelo de parcela del cultivo de guayabo.

Parcela	Primera calicata		Segunda calicata	
	Evaluación/ Profundidad	CS (tc/ha)	Evaluación/ Profundidad	CS (tc/ha)
Guayabo	Primera evaluación		Primera evaluación	
	0 - 10cm	17.82	0 - 10cm	17.08
	10 - 20cm	19.86	10 - 20cm	19.37
	20 - 30cm	6.48	20 - 30cm	9.01
	Total	44.15	Total	45.46

Continuación...

Parcela	Primera calicata		Segunda calicata	
	Evaluación/ Profundidad	CS (tc/ha)	Evaluación/ Profundidad	CS (tc/ha)
Guayabo	Segunda evaluación		Segunda evaluación	
	0 - 10cm	16.75	0 - 10cm	16.39
	10 - 20cm	18	10 - 20cm	10.45
	20 - 30cm	8.24	20 - 30cm	10.29
	Total	42.98	Total	37.13
Parcela	Primera calicata		Segunda calicata	
	Evaluación/ Profundidad	CS (tc/ha)	Evaluación/ Profundidad	CS (tc/ha)
Guayabo	Tercera evaluación		Tercera evaluación	
	0 - 10cm	15.89	0 - 10cm	16.73
	10 - 20cm	15.64	10 - 20cm	13.13
	20 - 30cm	9.63	20 - 30cm	8.56
	Total	41.16	Total	38.43

Fuente: Elaboración propia.

En las Figuras 6 y 7 se presentan la cantidad de carbono almacenado en el suelo con respecto a la profundidad en cada calicata realizada del cultivo de guayabo, manifestando que en la primera y segunda evaluación la mayor concentración se encuentra en la profundidad de 10 – 20 cm, finalmente en la tercera evaluación la concentración de carbono disminuye con la profundidad.

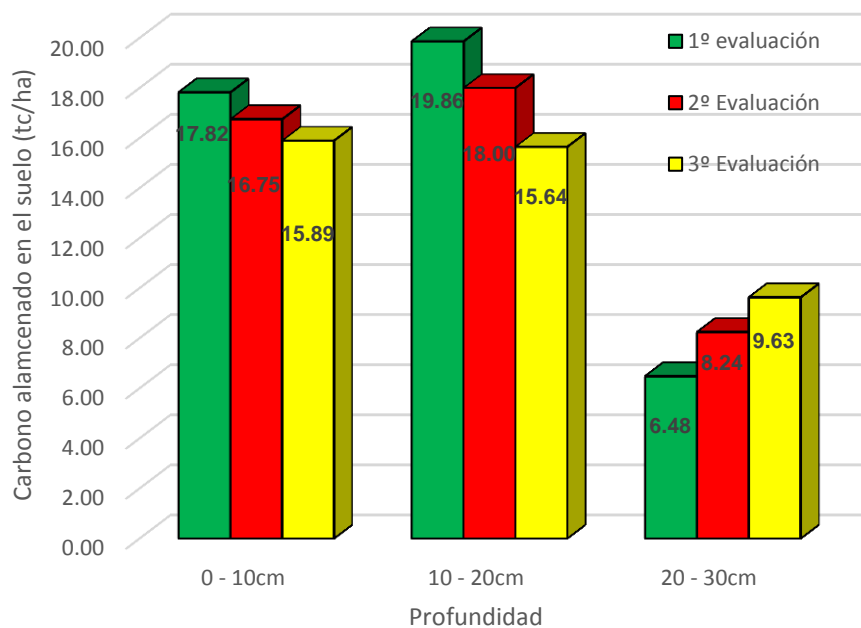


Figura 6. Carbono almacenado en el suelo de la primera calicata de la parcela de guayabo.

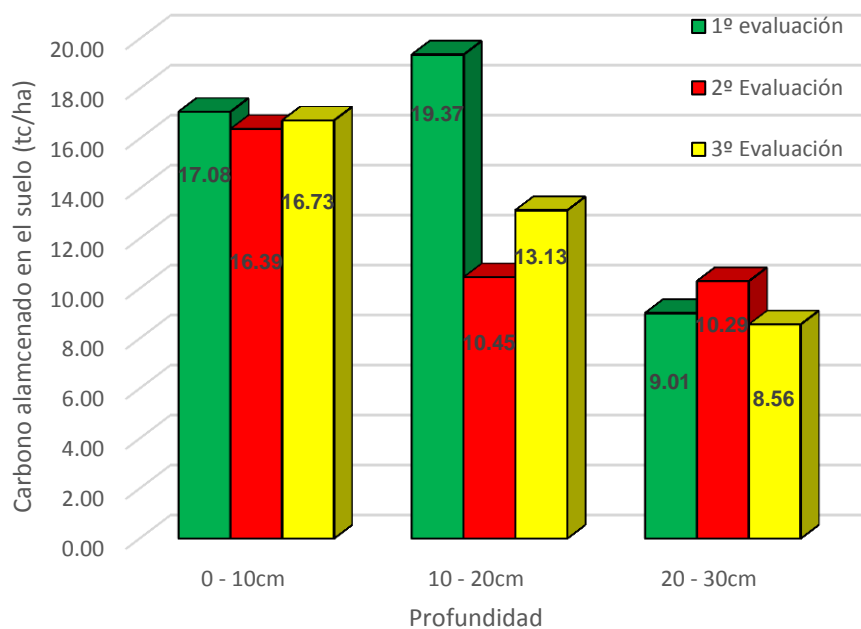


Figura 7. Carbono almacenado en el suelo de la segunda calicata de la parcela de guayabo.

4.1.3. Carbono almacenado en el suelo del cultivo de bambú (*Guadua angustifolia*)

La cantidad de carbono almacenado en el suelo de la primera evaluación en la primera calicata de la parcela de bambú fue mayor en la capa superficial y tendió a disminuir, mostrando la similitud y concentración media de carbono en la profundidad de 10 – 20 cm, tanto en la primera y tercera evaluación de la primera calicata, haciendo un total de 28.50 tc/ha, a diferencia de la segunda calicata donde resulto tener mayor cantidad de carbono almacenado en la profundidad de 10 – 20 cm; haciendo un total de 33.74 tc/ha; en la segunda y tercera evaluación resultó tener en la primera calicata mayor concentración de carbono almacenado en la capa superficial y tendió a disminuir con la profundidad, siendo en la segunda evaluación de la primera calicata un total de 28.68 tc/ha y 34.00 tc/ha en la primera calicata de la tercera evaluación, a diferencia de la segunda calicata resultó mayor concentración en la profundidad de 20 – 30 cm; obteniendo 25.89 tc/ha en la segunda evaluación y 31.53 tc/ha en la tercera evaluación (Cuadro 3).

Cuadro 3. Carbono almacenado en el suelo de parcela del cultivo de bambú.

Parcela	Primera calicata		Segunda calicata	
	Evaluación/ Profundidad	CS (tc/ha)	Evaluación/ Profundidad	CS (tc/ha)
Bambú	Primera evaluación		Primera evaluación	
	0 - 10cm	15.49	0 - 10cm	10.9
	10 - 20cm	9.56	10 - 20cm	14.08
	20 - 30cm	3.44	20 - 30cm	8.76
	Total	28.5	Total	33.74

Continuación...

Parcela	Primera calicata		Segunda calicata	
	Evaluación/ Profundidad	CS (tc/ha)	Evaluación/ Profundidad	CS (tc/ha)
Bambú	Segunda evaluación		Segunda evaluación	
	0 - 10cm	13.76	0 - 10cm	13.49
	10 - 20cm	7.83	10 - 20cm	4.06
	20 - 30cm	7.1	20 - 30cm	8.33
	Total	28.68	Total	25.89
Parcela	Primera calicata		Segunda calicata	
	Evaluación/ Profundidad	CS (tc/ha)	Evaluación/ Profundidad	CS (tc/ha)
Bambú	Tercera evaluación		Tercera evaluación	
	0 - 10cm	18.58	0 - 10cm	14.19
	10 - 20cm	8.01	10 - 20cm	5.98
	20 - 30cm	7.41	20 - 30cm	11.35
	Total	34	Total	31.53

Fuente: Elaboración propia

En las Figuras 8 y 9 se presentan la cantidad de carbono almacenado en el suelo con respecto a la profundidad en cada calicata realizada del cultivo de bambú, indicando que en la primera evaluación la mayor concentración se encuentra en la capa superficial, en la segunda y tercera evaluación de la misma manera, se encontró la mayor concentración en la capa superficial mostrando una mediana concentración de carbono en la profundidad de 20 - 30 cm de la segunda calicata de ambas evaluaciones.

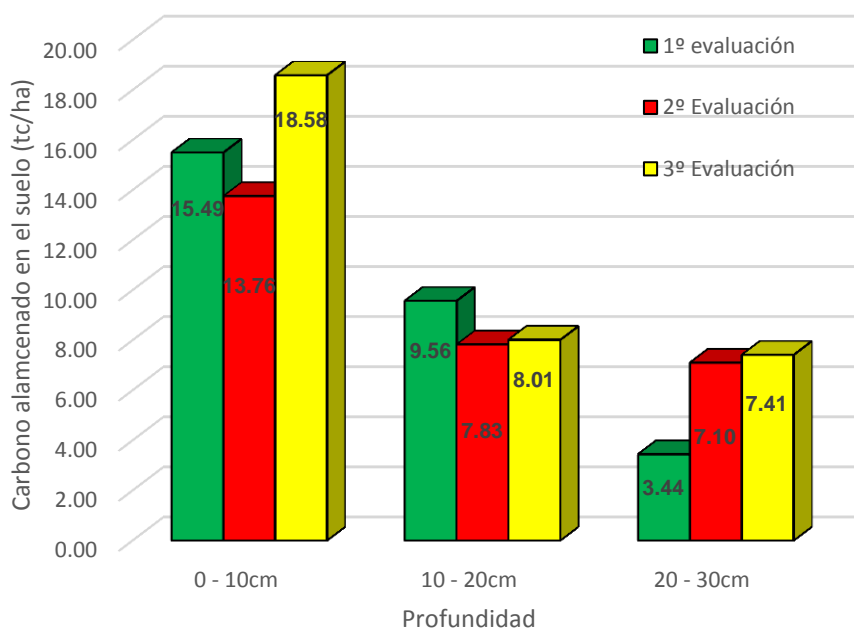


Figura 8. Carbono almacenado en el suelo de la primera calicata de la parcela de bambú.

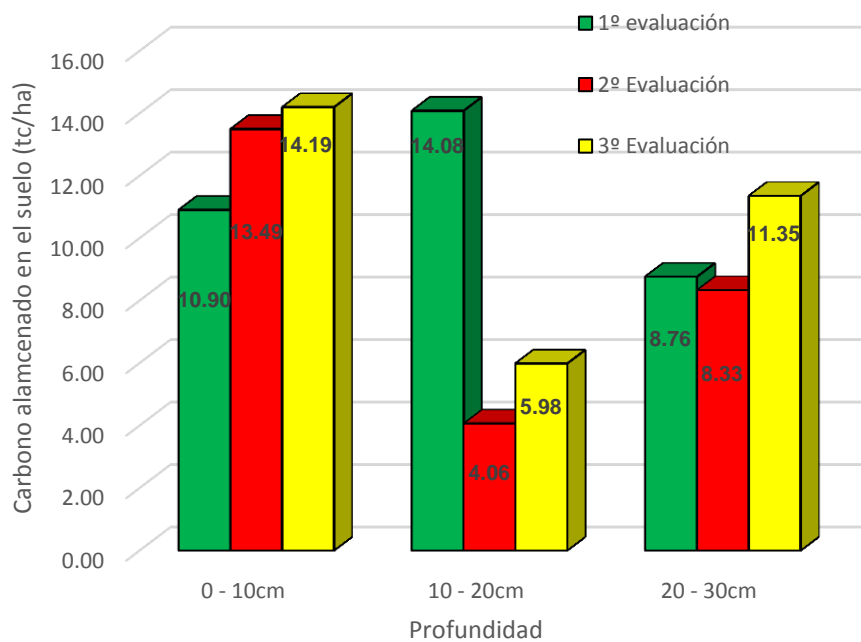


Figura 9. Carbono almacenado en el suelo de la segunda calicata de la parcela de bambú.

4.2. Carbono almacenado en la raíz

4.2.1. Carbono almacenado en la raíz del cultivo de naranjo (*Citrus sinensis*)

La cantidad de carbono almacenado en la raíz de la primera, segunda y tercera evaluación en la primera y segunda calicata de la parcela del cultivo de naranjo fue mayor en la capa superficial de 0 - 10 cm, tendió a disminuir con la profundidad resultando 0.15 tc/ha en la primera calicata, siendo mayor en la segunda calicata con 0.18 tc/ha; en la segunda evaluación haciendo un total de 0.28 tc/ha en la primera calicata, siendo menor en la segunda calicata con 0.24 tc/ha; finalmente en la tercera evaluación haciendo un total de 0.18 tc/ha en la primera calicata y 0.19 tc/ha en la segunda calicata (Cuadro 4). En las Figuras 10 y 11 se muestran la cantidad de carbono almacenado en la raíz con respecto a la profundidad en cada calicata realizada del cultivo de naranjo, indicando tanto en la primera, segunda y tercera evaluación de la primera y segunda calicata la mayor concentración se encuentra en la capa superficial de 0 – 10 cm y tendió a disminuir según la profundidad siendo menor en el rango de 20 – 30 cm.

Cuadro 4. Carbono almacenado en la raíz de la parcela del cultivo de naranjo.

Parcela	Primera calicata		Segunda calicata	
	Evaluación/ Profundidad	CR (tc/ha)	Evaluación/ Profundidad	CR (tc/ha)
Naranja	Primera evaluación		Primera evaluación	
	0 - 10cm	0.06	0 - 10cm	0.07
	10 - 20cm	0.05	10 - 20cm	0.06
	20 - 30cm	0.05	20 - 30cm	0.06
	Total	0.15	Total	0.18

Continuación...

Parcela	Primera calicata		Segunda calicata	
	Evaluación/ Profundidad	CR (tc/ha)	Evaluación/ Profundidad	CR (tc/ha)
Naranja	Segunda evaluación		Segunda evaluación	
	0 - 10cm	0.13	0 - 10cm	0.14
	10 - 20cm	0.09	10 - 20cm	0.06
	20 - 30cm	0.06	20 - 30cm	0.05
	Total	0.28	Total	0.24

Parcela	Primera calicata		Segunda calicata	
	Evaluación/ Profundidad	CR (tc/ha)	Evaluación/ Profundidad	CR (tc/ha)
Naranja	Tercera evaluación		Tercera evaluación	
	0 - 10cm	0.08	0 - 10cm	0.09
	10 - 20cm	0.06	10 - 20cm	0.07
	20 - 30cm	0.05	20 - 30cm	0.03
	Total	0.18	Total	0.19

Fuente: Elaboración propia

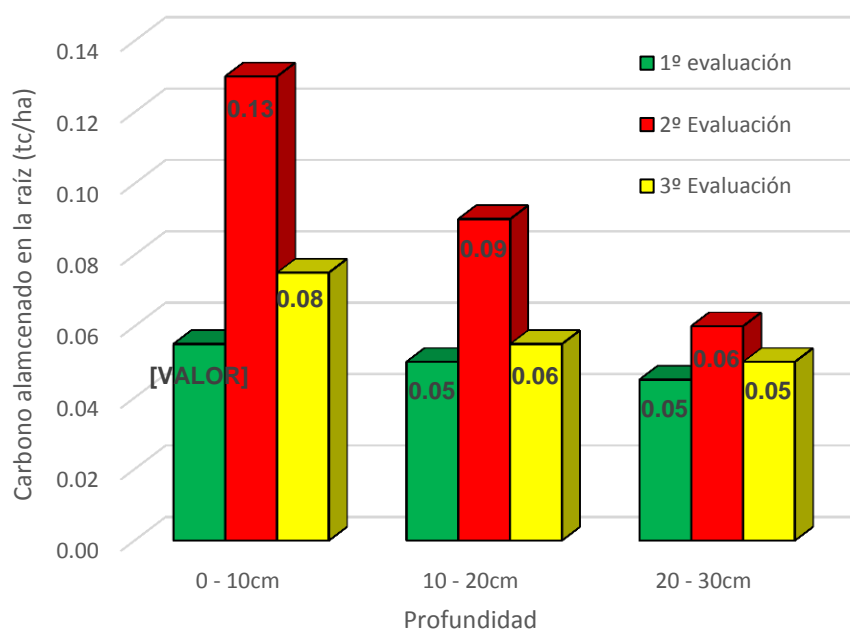


Figura 10. Carbono almacenado en la raíz de la primera calicata de la parcela de naranja.

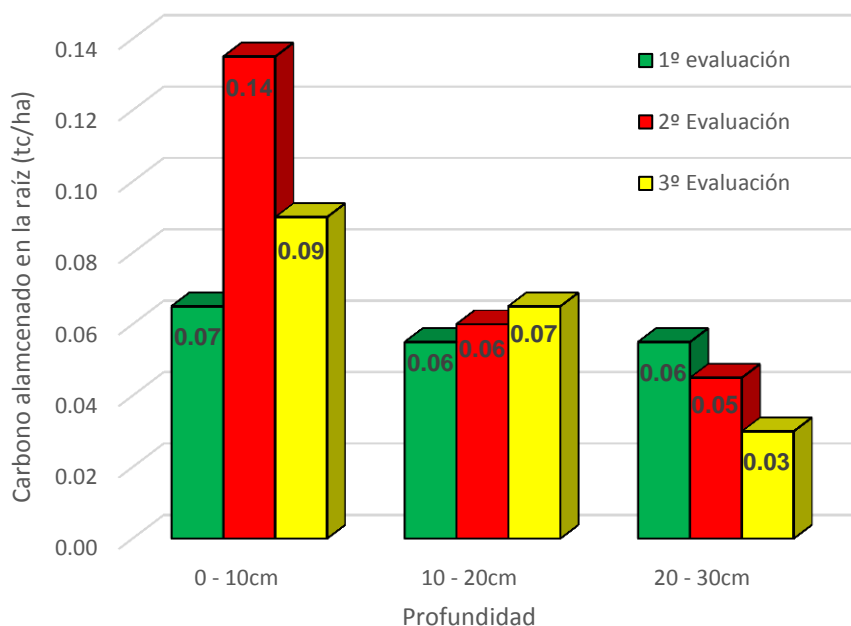


Figura 11. Carbono almacenado en la raíz de la segunda calicata de la parcela de naranjo.

4.2.2. Carbono almacenado en la raíz del cultivo de guayabo (*Psidium guayaba*)

La cantidad de carbono almacenado en la raíz de la primera, segunda y tercera evaluación en la primera y segunda calicata de la parcela del cultivo de guayabo fue mayor en la capa superficial de 0 - 10 cm, tendió a disminuir con la profundidad haciendo un total de 0.26 tc/ha en la primera calicata, siendo menor en la segunda calicata con 0.16 tc/ha; en la segunda evaluación resultando 0.21 tc/ha en la primera calicata, siendo menor en la segunda calicata con 0.15 tc/ha; finalmente en la tercera evaluación haciendo un total de 0.24 tc/ha en la primera calicata y 0.14 tc/ha en la segunda calicata (Cuadro 5).

En las Figuras 12 y 13 se muestran la cantidad de carbono almacenado en la raíz con respecto a la profundidad en cada calicata realizada del cultivo de guayabo, indicando tanto en la primera, segunda y tercera evaluación de la primera y segunda calicata la mayor concentración se encuentra en la capa superficial de 0 – 10 cm y tendió a disminuir según la profundidad siendo menor en el rango de 20 – 30 cm.

Cuadro 5. Carbono almacenado en la raíz de la parcela del cultivo de guayabo.

Parcela	Primera calicata		Segunda calicata	
	Evaluación/ Profundidad	CR (tc/ha)	Evaluación/ Profundidad	CR (tc/ha)
Guayabo	Primera evaluación		Primera evaluación	
	0 - 10cm	0.16	0 - 10cm	0.07
	10 - 20cm	0.05	10 - 20cm	0.05
	20 - 30cm	0.06	20 - 30cm	0.04
	Total	0.26	Total	0.16
Parcela	Primera calicata		Segunda calicata	
	Evaluación/ Profundidad	CR (tc/ha)	Evaluación/ Profundidad	CR (tc/ha)
Guayabo	Segunda evaluación		Segunda evaluación	
	0 - 10cm	0.11	0 - 10cm	0.1
	10 - 20cm	0.07	10 - 20cm	0.04
	20 - 30cm	0.03	20 - 30cm	0.02
	Total	0.21	Total	0.15
Parcela	Primera calicata		Segunda calicata	
	Evaluación/ Profundidad	CR (tc/ha)	Evaluación/ Profundidad	CR (tc/ha)
Guayabo	Tercera evaluación		Tercera evaluación	
	0 - 10cm	0.13	0 - 10cm	0.09
	10 - 20cm	0.05	10 - 20cm	0.03
	20 - 30cm	0.06	20 - 30cm	0.02
	Total	0.24	Total	0.14

Fuente: Elaboración propia.

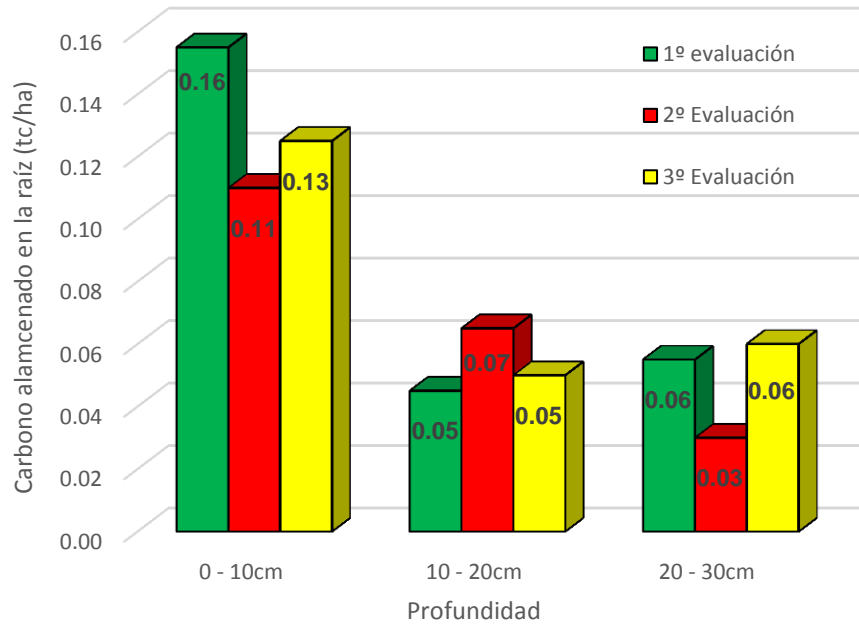


Figura 12. Carbono almacenado en la raíz de la primera calicata de la parcela de guayabo.

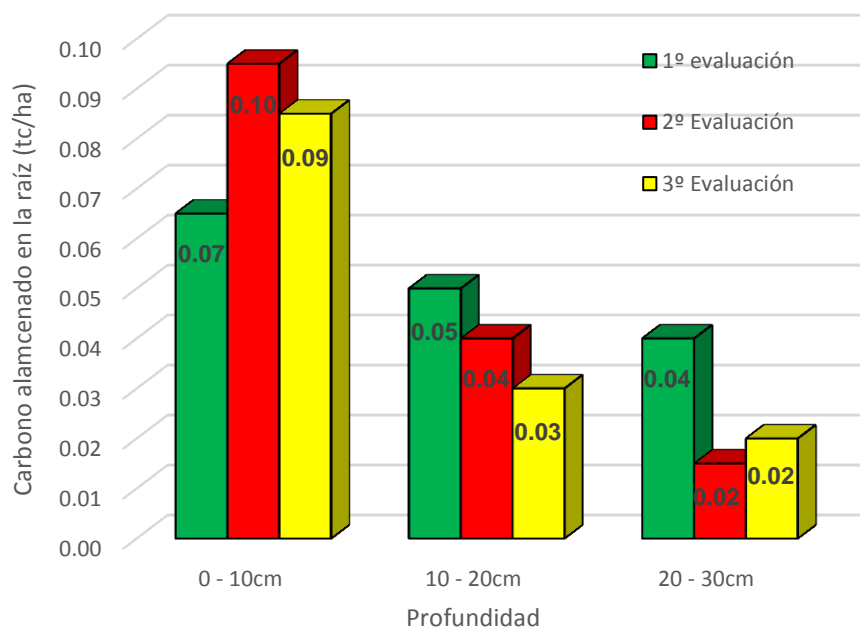


Figura 13. Carbono almacenado en la raíz de la segunda calicata de la parcela de guayabo.

4.2.3. Carbono almacenado en la raíz del cultivo de bambú (*Guadua angustifolia*)

La cantidad de carbono almacenado en la raíz de la primera, segunda y tercera evaluación en la primera y segunda calicata de la parcela del cultivo de bambú fue mayor en la capa superficial de 0 - 10 cm, tendió a disminuir con la profundidad resultando 3.00 tc/ha en la primera calicata, siendo menor en la segunda calicata con 2.06 tc/ha; en la segunda evaluación haciendo un total de 3.41 tc/ha en la primera calicata, siendo menor en la segunda calicata con 2.81 tc/ha; finalmente en la tercera evaluación resultó 2.42 tc/ha en la primera calicata y 1.99 tc/ha en la segunda calicata (Cuadro 6).

En las Figuras 14 y 15 se muestran la cantidad de carbono almacenado en la raíz con respecto a la profundidad en cada calicata realizada del cultivo de bambú, indicando tanto en la primera, segunda y tercera evaluación de la primera y segunda calicata la mayor concentración se encuentra en la capa superficial de 0 – 10 cm y tendió a disminuir según la profundidad siendo menor en la profundidad de 20 – 30 cm.

Cuadro 6. Carbono almacenado en la raíz de la parcela del cultivo de bambú.

Parcela	Primera calicata		Segunda calicata	
	Evaluación/ Profundidad	CR (Tn/ha)	Evaluación/ Profundidad	CR (Tn/ha)
Bambú	Primera evaluación		Primera evaluación	
	0 - 10cm	1.35	0 - 10cm	1.05
	10 - 20cm	1.16	10 - 20cm	0.61
	20 - 30cm	0.49	20 - 30cm	0.41
	Total	3	Total	2.06

Continuación...

Parcela	Primera calicata		Segunda calicata	
	Evaluación/ Profundidad	CR (Tn/ha)	Evaluación/ Profundidad	CR (Tn/ha)
Bambú	Segunda evaluación		Segunda evaluación	
	0 - 10cm	1.45	0 - 10cm	1.21
	10 - 20cm	1.38	10 - 20cm	1.09
	20 - 30cm	0.59	20 - 30cm	0.51
	Total	3.41	Total	2.81
Parcela	Primera calicata		Segunda calicata	
	Evaluación/ Profundidad	CR (Tn/ha)	Evaluación/ Profundidad	CR (Tn/ha)
Bambú	Tercera evaluación		Tercera evaluación	
	0 - 10cm	1.15	0 - 10cm	0.88
	10 - 20cm	0.76	10 - 20cm	0.62
	20 - 30cm	0.52	20 - 30cm	0.49
	Total	2.42	Total	1.99

Fuente: Elaboración propia.

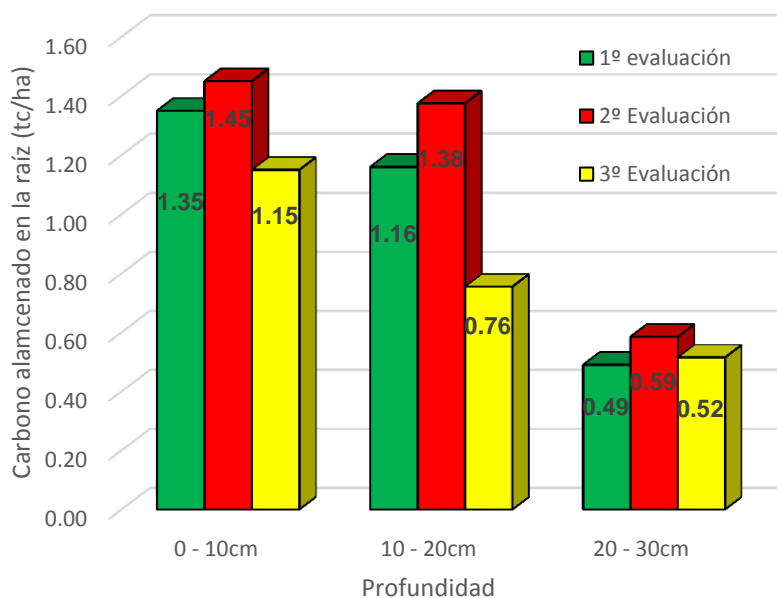


Figura 14. Carbono almacenado en la raíz de la primera calicata de la parcela de bambú.

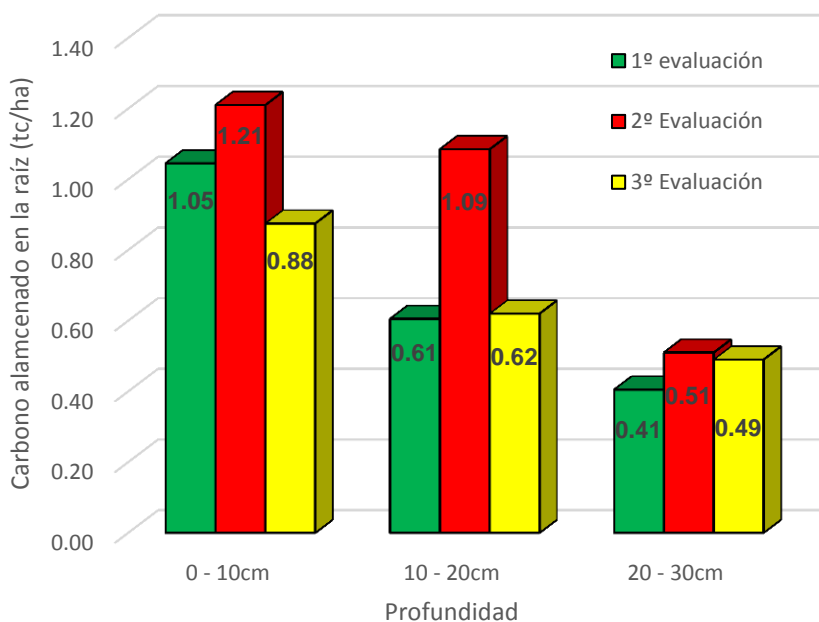


Figura 15. Carbono almacenado en la raíz de la segunda calicata parcela bambú.

4.3. Carbono almacenado en la hojarasca

4.3.1. Carbono almacenado en la hojarasca del cultivo de naranjo (*Citrus sinensis*)

La cantidad de carbono almacenado en la hojarasca en la primera evaluación de la parcela del cultivo de naranjo fue 144.00 tc/ha mayor a las dos evaluaciones restantes, siendo la tercera evaluación consecuente en su cantidad de almacenamiento de carbono en la hojarasca con 132.50 tc/ha; finalmente la tercera evaluación resultó menor la concentración de carbono almacenado con 79.50 tc/ha (Cuadro 7).

Cuadro 7. Carbono almacenado en la hojarasca de la parcela del cultivo de naranjo.

Parcela	Evaluación	CH (tc/ha)
Naranjo	1º Evaluación	144.00
	2º Evaluación	79.50
	3º Evaluación	132.50
	TOTAL	356.00

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 16 se muestra la cantidad de carbono almacenado en la hojarasca con respecto al cultivo de naranjo, mostrando mayor concentración de carbono almacenado en la primera evaluación consecuentemente de la tercera finalmente la segunda evaluación con menor concentración de carbono almacenado en la hojarasca.

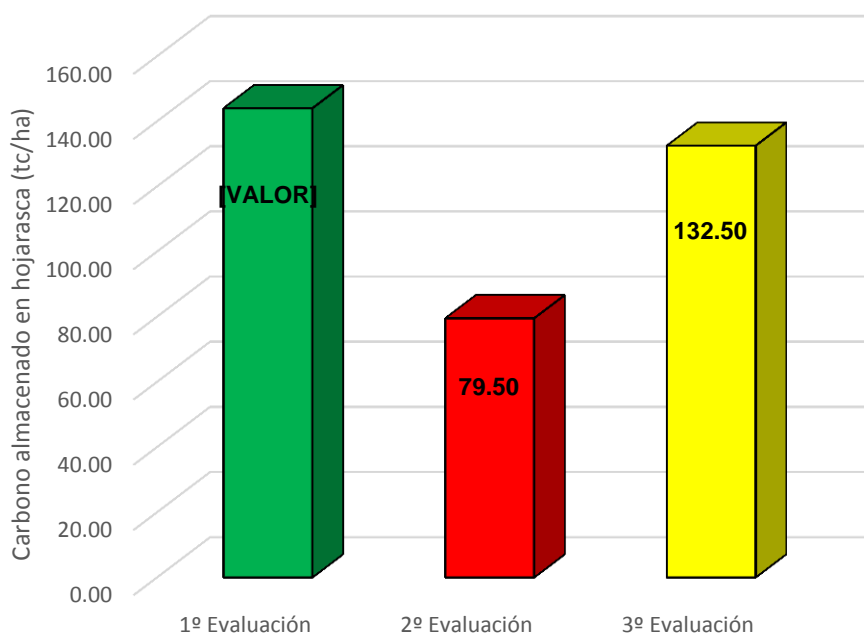


Figura 16. Carbono almacenado en la hojarasca en el cultivo de naranjo.

4.3.2. Carbono almacenado en la hojarasca del cultivo de guayabo (*Psidium guayaba*)

La cantidad de carbono almacenado en la hojarasca en la primera evaluación de la parcela del cultivo de guayabo fue 242.50 tc/ha mayor a las dos evaluaciones restantes, resultando la segunda y tercera evaluación iguales en la concentración de almacenamiento de carbono en la hojarasca con 198.00 tc/ha (Cuadro 8).

Cuadro 8. Carbono almacenado en la hojarasca de la parcela del cultivo de guayabo.

Parcela	Evaluación	CH (tc/ha)
Guayabo	1º Evaluación	242.50
	2º Evaluación	198.00
	3º Evaluación	198.00
TOTAL		638.50

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 17 se muestra la cantidad de carbono almacenado en la hojarasca con respecto al cultivo de guayabo, mostrando mayor concentración de carbono almacenado en la primera evaluación, resultando la segunda y tercera evaluación iguales en concentración de carbono almacenado en la hojarasca.

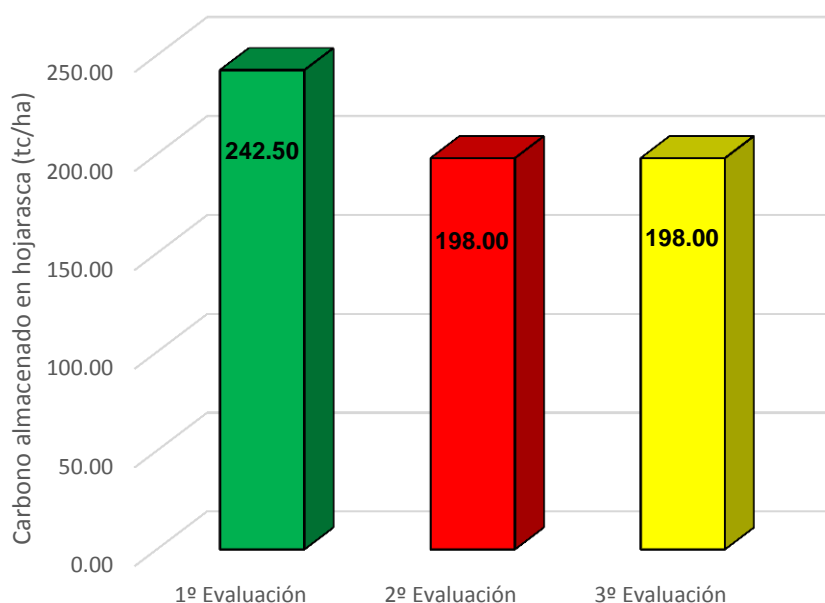


Figura 17. Carbono almacenado en la hojarasca en el cultivo de guayabo.

4.3.3. Carbono almacenado en la hojarasca del cultivo de bambú (*Guadua angustifolia*)

La cantidad de carbono almacenado en la hojarasca en la primera evaluación de la parcela del cultivo de bambú resultó 489.00 tc/ha, la segunda evaluación 481.00 tc/ha y la tercera evaluación 471.00 tc/ha (Cuadro 9).

Cuadro 9. Carbono almacenado en la hojarasca de la parcela del cultivo de bambú.

Parcela	Evaluación	CH (tc/ha)
Bambú	1º Evaluación	489.00
	2º Evaluación	481.00
	3º Evaluación	471.00
TOTAL		1441.00

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 18 se muestra la cantidad de carbono almacenado en la hojarasca con respecto al cultivo de bambú, mostrando mayor concentración

de carbono almacenado en la primera evaluación, disminuyendo en la segunda y tercera evaluación correspondiente.

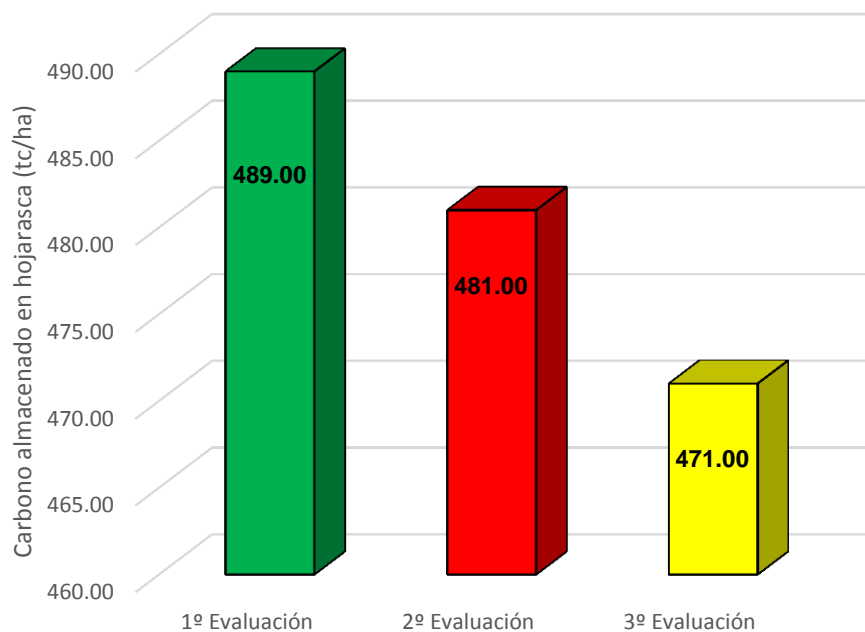


Figura 18. Carbono almacenado en la hojarasca en el cultivo de bambú.

4.4. Carbono almacenado en la hojarasca

4.4.1. Análisis físico y químicos de la parcela de naranjo

En la parcela de naranjo resultó como predominante el nivel de pH de 5.72-5.2 considerado como “medianamente ácido”, la clase textural predominante resultó “arcilla arenosa”, finalmente el rango de materia orgánica que predomina fue 1.57-3.92 considerado entre “bajo o pobre y medio” (Anexo B).

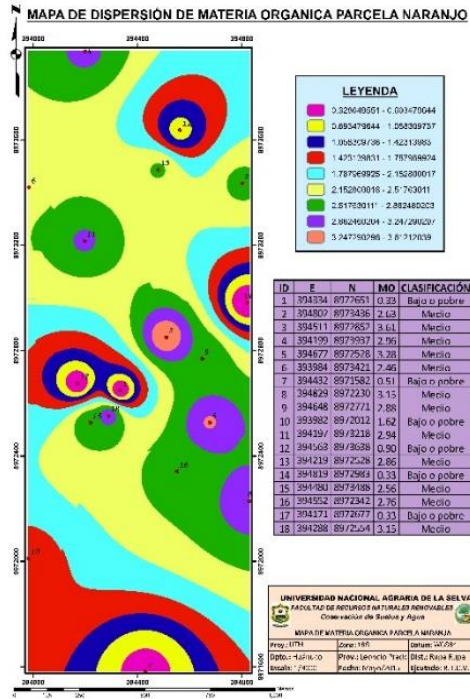


Figura 19. Mapa de dispersión de materia orgánica parcela naranjo.

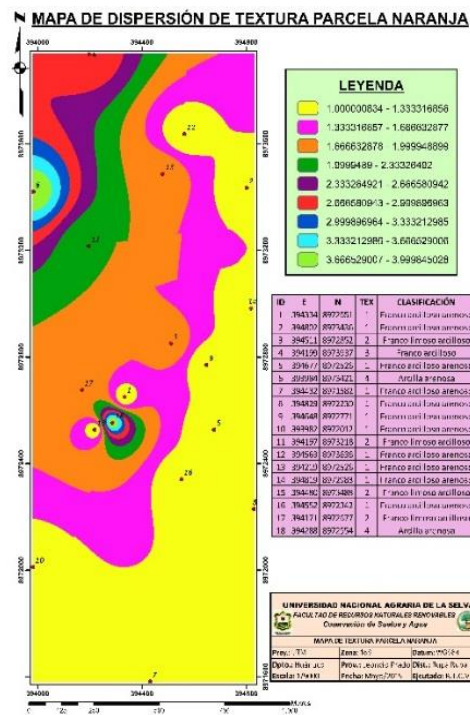


Figura 20. Mapa de dispersión de textura parcela naranjo.

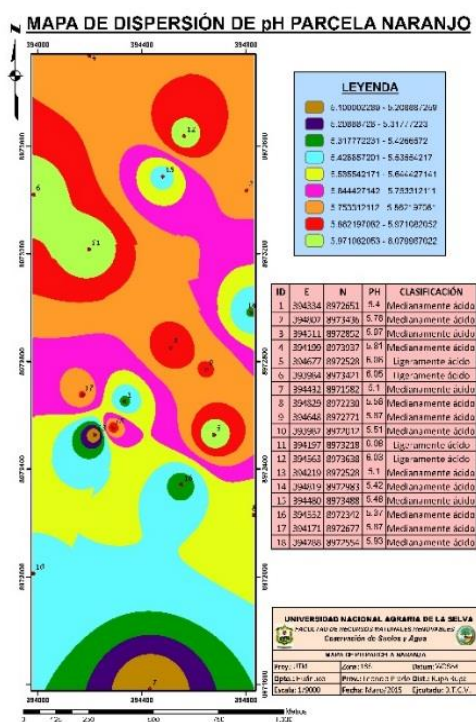


Figura 21. Mapa de dispersión de pH parcela naranja.

4.4.2. Análisis físico y químicos de la parcela de guayabo

En la parcela de guayabo resultó como predominante el nivel de pH de 5.13-6.49 considerado como “medianamente ácido y ligeramente ácido”, la clase textural predominante resultó “franco limoso arcilloso”, finalmente el rango de materia orgánica que predomina fue 1.62-4.17 considerado entre “bajo o pobre y medio” (Anexo C).

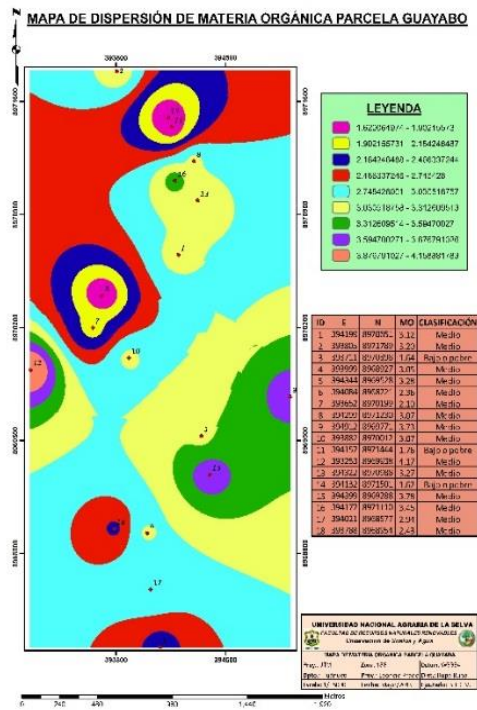


Figura 22. Mapa de dispersión de materia orgánica parcela guayabo.

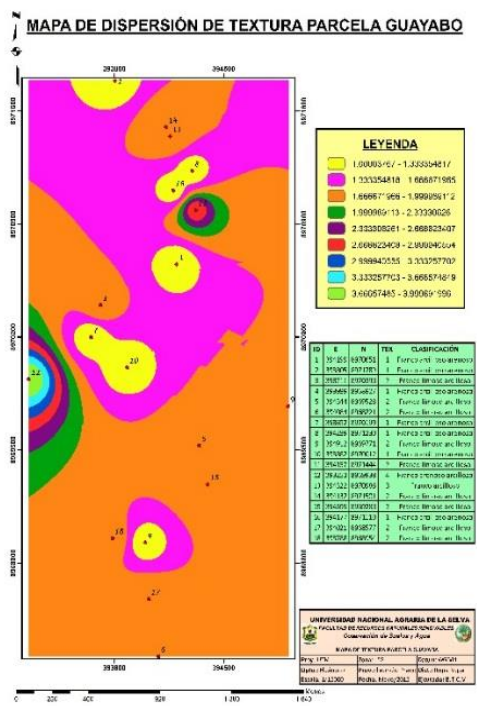


Figura 23. Mapa de dispersión de textura parcela guayabo.

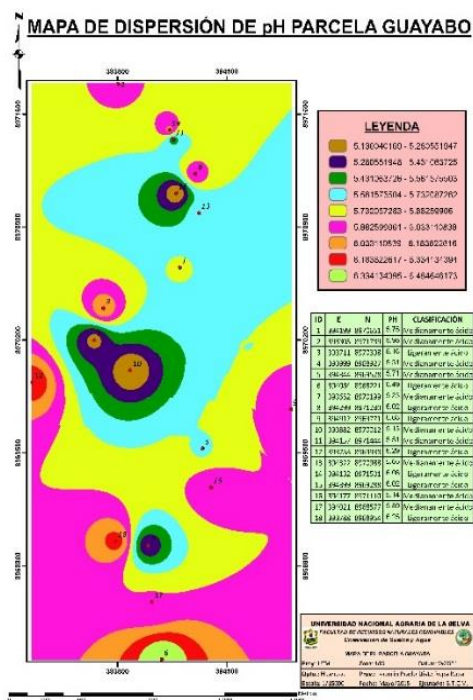


Figura 24. Mapa de dispersión de pH parcela guayabo.

4.4.3. Análisis físico y químicos de la parcela de bambú

En la parcela de bambú resultó predominante el nivel de pH de 4.27-5.72 considerado como “fuertemente ácido y medianamente ácido”, la clase textural predominante resultó “arcilla limoso”, finalmente el rango de materia orgánica que predomina fue 0.63-3.92 considerado entre “bajo o pobre y medio” (Anexo D).

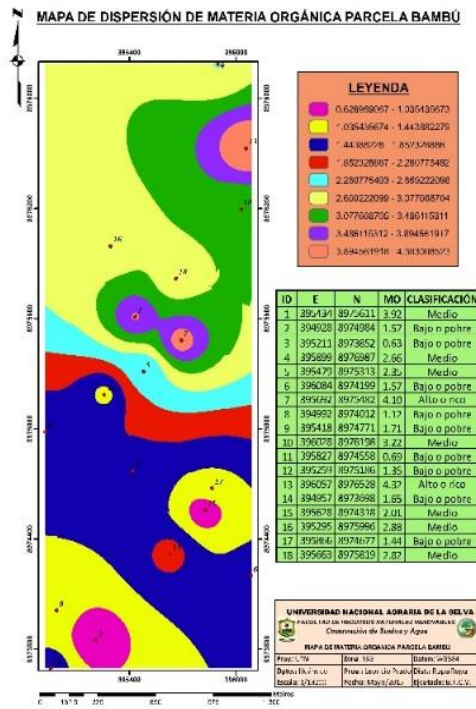


Figura 25. Mapa de dispersión de materia orgánica parcela bambú.

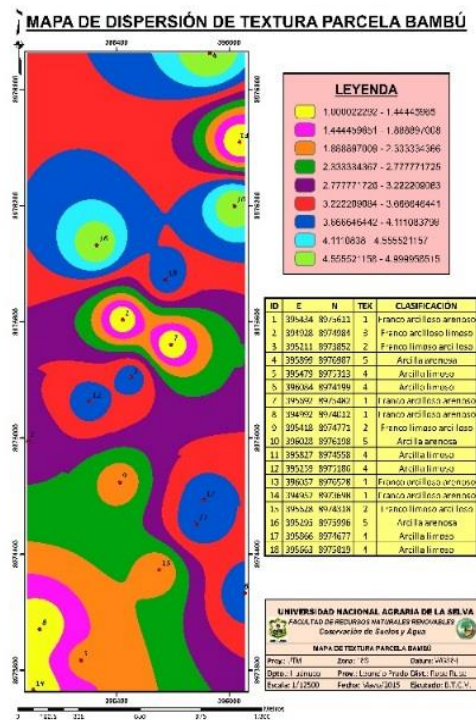


Figura 26. Mapa de dispersión de textura parcela bambú.

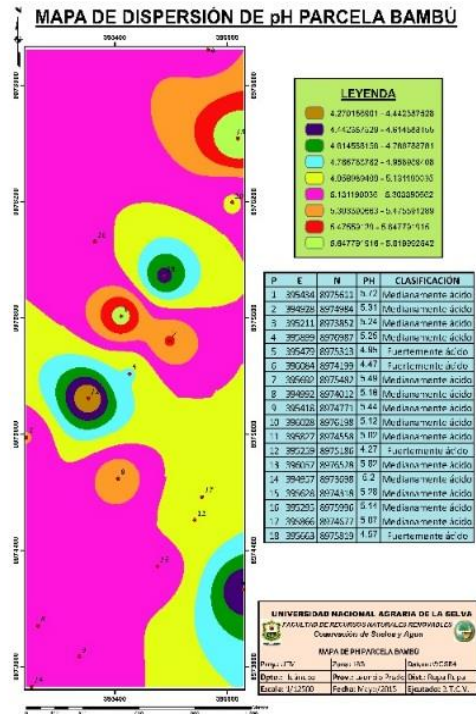


Figura 27. Mapa de dispersión de pH parcela bambú.

V. DISCUSIÓN

El carbono almacenado promedio de las tres evaluaciones obtenidas destacó el cultivo de guayabo como mayor almacenador de carbono en el suelo por su alto contenido de materia orgánica según los datos obtenidos en la investigación. Al respecto, REYNEL *et al.*, (2003) indican que las determinaciones de carbono en tronco y brazos de diferentes secciones del árbol disminuyen con la altura, lo que muestra que se almacena más en tronco y brazos. El resto de la biomasa aérea (ramas secundarias, hojarasca y fruto) no contribuye al carbono almacenado, debido que son eliminados mediante la poda o cosecha. El cultivo de naranjo obtuvo el segundo lugar; ARIAS *et al.*, (2004) indican que las plantaciones de cítricos tienden a producir hojas y estructuras con alto contenido de nutrientes y menor concentración de compuestos con alto contenido de carbono como los taninos y la lignina, lo que constituye residuos de alta calidad que se descomponen más rápidamente y aportan nutrimentos para la producción de las plantas y mejoran el nivel de nutrimentos en el suelo. Así mismo, la concentración de carbono almacenado en el suelo en el cultivo de bambú fue menor, al respecto LONDONO y PRIETO (1983) señalan que posee un rizoma paquimorfo, el cual es un sitio de almacenamiento permanente de productos de la fotosíntesis, con lo cual se estaría fijando un porcentaje importante de dióxido de carbono, con la ventaja que estos no son removidos con la cosecha; el 90% de la biomasa de Guadua

angustifolia es almacenada en los culmos y rizomas en maduración, destacando que el cultivo de bambú presentó un contenido bajo de materia orgánica lo que conlleva a un suelo de baja fertilidad y de pH ácido.

El carbono almacenado promedio de las tres evaluaciones obtenidas muestra al cultivo de bambú como mayor almacenador de carbono en la raíz, como lo señalan LONDOÑO y PRIETO (1993), al indicar que el bambú presentan un rizoma paquimorfo, simpodial, lo cual no hace mata muy compacta o tupida por lo que permite extraer nutrientes fácilmente y en mayor cantidad, así mismo el sistema entretelado de rizomas y raicillas origina una malla, que les permite comportarse como eficientes muros biológicos de contención que controlan la socavación lateral y amarran fuertemente el suelo, previniendo la erosión y haciendo una especie con función protectora, especial para ser usada en suelos de ladera de cuencas hidrográficas. La concentración de carbono almacenado en la raíz del cultivo de guayabo resultó ser es medio en comparación a la concentración de carbono almacenado en el suelo por lo que FACHINELO *et al.*, (1992) indican que especies, como las pertenecientes a la familia de las Mirtáceas (*Psidium guayaba*), ocurre oxidación de compuestos fenólicos. Esta oxidación dificulta la formación de raíces que es observada por el oscurecimiento del tejido, ocurriendo en gran intensidad en la base de la estaca, por lo que genera una menor concentración de carbono en las raíces. RAJAGOPAL (2004), determinó que en el trópico húmedo mexicano se midió el carbono almacenado en la biomasa radicular de cítricos a la misma profundidad y se registró 10.2 tc/ha; mientras que el carbono almacenado en la raíz de cítricos en la investigación resultó 0.20 tc/ha, siendo el cultivo de

naranja con menor carbono almacenado en la raíz, lo que explica la posible disposición de material orgánico por medio del aporte directo de las raíces o por el transporte de residuos orgánicos a través del perfil por la meso y macrofauna.

El carbono almacenado promedio de las tres evaluaciones obtenidas muestra al cultivo de bambú como mayor almacenador de carbono en la hojarasca, como lo indican FRANCIS e INFANTE (2003), debido que el bambú muestra una gran presencia de hojarasca que se encuentra en un proceso de descomposición. La hojarasca es el principal interviene en el determinante de la actividad biológica; la cantidad, diversidad y actividad de la fauna del suelo y de los microorganismos así como contribuye a enriquecer y mejorar la textura y estructura del suelo. La concentración de carbono almacenado en la hojarasca del cultivo de guayabo resultó tener un nivel medio a diferencia del cultivo de naranjo, por lo que la cantidad de carbono se encuentra almacenado más en tronco y brazos. El resto de la biomasa aérea (ramas secundarias, hojarasca y fruto) no contribuye al carbono almacenado, debido que son eliminados mediante la poda o cosecha (REYNEL *et al.*, 2003). El carbono almacenado en la hojarasca del cultivo de naranjo resultó tener un nivel bajo; CALLO (2001), sostiene que el cultivo de cítricos muestra una alternativa para recuperar la función de producción de hojarasca y pueden proporcionar algunos de los mismos servicios ecosistémicos que el cultivo de guayabo (protección del suelo, almacenamiento de carbono), aunque la función de producción pueda ser recuperada rápidamente, la calidad de la hojarasca en las parcelas, medida por la concentración de nutrientes y proporción entre

carbono, señalando que la fertilidad que se obtuvo de los análisis realizados a la parcela de guayabo presenta una fertilidad media comparada con la parcela de naranjo.

La distribución espacial de materia orgánica con menor extensión en el rango de 0.32 – 0.69 son suelos “bajos o pobres” y 2.74 – 3.06 suelos “medio”, muestran una fertilidad de baja a media. La distribución espacial de las variables tanto de pH como de materia orgánica, guardan en común que su distribución coinciden con extensiones análogas a su grado de que a mayor materia orgánica muestran un valor de pH “medianamente ácido”; debido a varios factores dentro de lo más resaltante es la actividad agrícola, ganadera, etc; así como la pérdida de fertilidad por el lavado de materia orgánica a causa de las cuantiosas precipitaciones (MARTINEZ *et al.*, 2008). La distribución espacial de textura de las parcelas, muestran mayor extensión a suelos “franco arcilloso arenoso”, debido que presentan una fertilidad media, consecuente a la distribución espacial de materia orgánica; la fertilidad que poseen dichos suelos sea modificado por factores edáficos en el medio que se desarrollan (BECERRA *et al.*, 2005). La concentración de iones de hidrógeno es fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo (BERTSEH, 1995). Se muestra en los mapas de distribución espacial de pH, resultó suelos “ligeramente ácido”, “medianamente ácido” y “fuertemente ácido”; debido que la zona puede encontrarse sobreexplotada por los usos inadecuados que se le brindan a los suelos.

VI. CONCLUSIONES

1. El cultivo de guayabo resultó con mayor carbono almacenado en el suelo concerniente de las tres evaluaciones promedio con 42.05 tc/ha, naranjo 35.99 tc/ha y bambú 30.39 tc/ha.
2. El cultivo de bambú alcanzó la mayor cantidad de carbono almacenado en la raíz referente de las tres evaluaciones promedio con 2.62 tc/ha, naranjo 0.20 tc/ha y guayabo 0.19 tc/ha.
3. El cultivo de bambú logró mayor carbono almacenado en la hojarasca relativo de las tres evaluaciones promedio con 480.33 tc/ha, guayabo 212.83 tc/ha y naranjo 118.67 tc/ha.
4. La distribución espacial aplicada a la parcelas estudiadas respecto a la variable de materia orgánica muestra un suelo “bajo o pobre y medio”, respecto a la clase textural predominante indica que se trate de un suelo “franco arcilloso arenoso” y respecto a la variable pH, indica que se trate de un suelo “ligeramente, medianamente y fuertemente ácido”.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar más estudios sobre cuantificación de carbono con otras especies de variedades de cítricos existentes en otros departamentos del país, para establecer comparaciones entre especies o entre sitios tomando en cuenta los diferentes factores ambientales que pueden influir.
2. Realizar trabajos de investigación en las diferentes épocas del año, edad de planta, estado vegetativo de la planta y en otras condiciones (suelo, clima).
3. Continuar con este tipo de investigación, evaluando el carbono almacenado para poder determinar la dinámica real del carbono en el suelo, raíz y hojarasca del cultivo de bambú (*Guadua angustifolia*).
4. Continuar con la realización de estudios de esta misma extensión en los diferentes tipos de cultivos que posee el predio San Carlos Maby, aprovechando las áreas donde se realicen los aprovechamientos de este género.

**CARBON STOCK AND SPATIAL DISTRIBUTION OF SOIL PROPERTIES IN
DIFFERENT OF CROPS IN THE RIVER WATERSHED SUPTTE, TINGO**

MARÍA

VIII. ABSTRACT

Increasing the concentration of carbon dioxide in the atmosphere of the earth is a global concern; a way to mitigate the climate change is to reduce the carbon dioxide concentrations by implementing crop of oranges, guava and bamboo; which store carbon in the soil, these activities and land use agroforestry, include practices that promote an increase in soil organic carbon. The research plot is located in Supte San Jorge to a distance of 5 kilometers at an altitude of 680 m.a.s.l. Politically is located in the department of Huanuco, province of Leoncio Prado, district of Rupa Rupa, the town of Supte San Jorge. The evaluated crops were: orange, guava and bamboo, each of which consisted of a plot of 50 x 10 m. The methodology used in the assessment of biomass of the soil, leaf litter and root was recommended. The obtained results indicate: 1 the average amount of carbon stored in the soil of the three evaluations, it was obtained that the cultivation of orange was 35.99 mt/has guava 41.55 mt/has and bamboo 30.39 mt/has; 2 the average amount of carbon stored in the root of the three evaluations, it was obtained that the cultivation of orange was 0.20 mt/has guava 0.19 mt/has and bamboo 2.62 mt/has; 3 the average amount of carbon stored in the leaf litter of the three evaluations, it was

obtained that the cultivation of orange was 118.67 mt/has guava 212.83 mt/has and bamboo 480.33 mt/has; 4 the spatial distribution applied to the plot of orange with respect to the variable of organic matter was a soil "low or poor and medium", A soil ph "moderately, and slightly acid" and as textural class obtained "sandy clay loam and sandy clay franco arcillosoy"; 5 the spatial distribution applied to the plot of guava with respect to the variable of organic matter was a soil medium, a soil ph "medium, slightly acid" and as textural class obtained "sandy clay loam, clay loam and sandy loam clay"; 6 spatial distribution applied to the plot of bamboo with respect to the variable of organic matter soil was a "medium, and high or rico" soil ph a "strongly and moderately acid" and as textural class obtained "sandy clay loam, silty clay loam and clay loam.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, M., AGUILAR, F., CARVAJAL, F., AGÜERA, F. 2001. Evaluación de diferentes técnicas de interpolación espacial para la generación de modelos digitales del terreno agrícola. 234-251 p.
- AGUIRRE D., C. M. 2006. Servicios ambientales: captura de carbono en el cultivo de cítricos en Chiapas, México. México. Universidad Autónoma Chapingo. Maestría en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. 249-260 p.
- ALAKUKKU, L. 1997. Properties of fine textured subsoils as affected by high axle load traffic. In the Academic Dissertation: Long-term soil compaction due to high axle load traffic. Agric. Res Centre of Finland. Institute of Crop and Soil Science. 61-67p.
- ALEGRE J., ARÉVALO L., RICSE A., BARBARAN J. Y PALM C. 2001. Reservas de Carbono y emisión de gases con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la amazonía peruana. Symposium Internacional de Agroforesteria. Manaus, Brazil. 72 p.
- ALEGRE, J.; ARÉVALO, L., RICSE, R. 2002. Reservas de Carbono con Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en dos Sitios de la Amazonia Peruana. ICRAF/INIA. Perú. [En línea]: Virtual centre, (<http://www.virtualcentre.org/es/ele/conferencia2/vbconfe7.htm>, 15 Abr. 2006).

- AMEZQUITA, E. 1989. Algunas consideraciones agroclimático y edáficas para uso y manejo integral de suelos. En curso de Actualización sobre Suelo y Fertilización. 211-22p.
- ANAYA, G., MARTINEZ, M., TRUEBA, C., FIGUEROA, S., & FERNANDEZ, M. 1977. Manual de conservación de suelos y del agua. Chapingo, México: Colegio de posgraduados, 581p.
- ARAUJO, F; URDANETA, T; SALAZAR, N; SIMANCAS, R. 1999. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento en naranjo en la planicie de Maracaibo. Venezuela. Revista de la Facultad de agronomía. 26p.
- ARÉVALO, L., ALEGRE J., PALM, CH. 2003. Manual de las Reservas Totales de Carbono en los Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en Perú. Publicación de STC - CGIAR Ministerio de agricultura. Pucallpa, Perú. 24 p.
- ARIAS, L.M., HOYOS, D.P., 2004. Cuantificación del contenido de carbono en suelos bajo rodales en el cultivo de cítricos en Colombia y estrategias de manejo para su conservación como beneficio ambiental. Trabajo de grado. Administración del Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Tecnológica de Pereira. Rev. 59: 143-169 p.
- BECERRA, C., MADERO, E., HERRERA, O., & AMÉZQUITA, E. 2005. Caracterización espacial de la compactación en terrenos agrícolas de Colombia. Revista del instituto de investigación. Vol. 8. 33-37p.

- BERTSEH F. 1995. Fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación costarricense de la ciencia del suelo. Costa Rica 123 – 137p.
- BURBANO, H. 1989. El suelo: una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Nicaragua. 283p.
- CALLO – CONCHA, D. CRISHNAMURTHY & ALEGRE, J. 2001. Cuantificación del Carbono Secuestrado por Algunos SAF y Testigos, en Tres pisos Ecológicos de la Amazonía del Perú. Simposio Internacional Monitoreo de la Captura de Carbono en ecosistemas Forestales del 18 al 20 de octubre del 2001. Valdivia, Chile. 23 p.
- CENTRO MUNDIAL AGROFORESTAL (ICRAFF). 2009. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Lima, Perú. 79 p.
- CHIDIK, M., MOREYRA A. & GRECO C. 2006. Captura de Carbono y Desarrollo Agroforestal Sustentable en la Patagonia Argentina: Sinergias y Desafíos. CENIT-CEPAL-UDESA. LC/BUE/R.255. Buenos Aires, Argentina. 136 p.
- CUNDA SISTO, J, N. 2006. Caracterización de plantas de “Guayabo del país” desde un enfoque frutícola. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 98 p.
- DUCHAUFOR, P., 1984. Edafogénesis y Clasificación. Masson, S. A. Barcelona. 493 p.

- ESTACIÓN TULUMAYO, 2013. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.
- FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C. 1992. Propagação da goiabeira serrana. *Scientia Agrícola Brasil*, Piracaiba. 37-39 p.
- FISHER, M. & TRUJILLO, W. 2000. Fijación de carbono por pastos tropicales en las sabanas de los suelos ácidos neotropicales. En: Intensificación de la ganadería en Centroamérica: beneficios económicos y ambientales. (Eds. C. Pomareda y H. Steinfeld). CATIE/FAO/SIDA. San José, Costa Rica. 115 p.
- FRANQUIS F., INFANTE A. 2003. Perspectivas del bambú en América Latina y Venezuela. Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA). En *Revista Forestal Latinoamericana* N° 33. Págs. 1 – 10.
- FOLLETT, R. F., KIMBLE, J. M. & LAL, R. 2001. El potencial de las tierras de pastoreo de los Estados Unidos para secuestrar carbono en el suelo y mitigar el efecto invernadero. Editor. Lewis Publishers, Boca Raton. 401-430 p.
- GALLARDO, A. 2001. Descomposición de hojarasca en ecosistemas mediterráneos. En R. Zamora, y F. I. Pugnaire (Editores) *Ecosistemas mediterráneos. Análisis funcional. Textos Universitarios nº32*, CSIC y AEET, Castillo y Edisart. 95-122 p.
- GONZALEZ, M. 1979. *Propiedades físicas del suelo*. Palmira. Colombia. 110p.

- HIPKINS, M. 1984. Photosynthesis. In physiology. Malcolm b. Wilkin (De). Gral Britain. 219 p.
- HURTADO, E., NAVARRO, G.A., 2006. Evaluación de la captura de carbono en cítricos en algunas fincas del municipio de Alcalá. Valle del Cauca, Colombia. Proyecto de grado. Ingeniería Ambiental. Universidad Libre de Pereira. 131 p.
- IPCC. 1996. Reporting Instructions Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory, vol 1 and vol 2. [En línea]: GTZ, (<http://www.gtz.de/climate>, 06 Dic. 2006).
- IPCC. 2000. Land Use, Change and Forestry. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido. [En línea]: EIA, (<http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/carbon.html>, 24 Feb. 2007).
- KSTATE. 2006. El Carbono orgánico del suelo y el ciclo global del Carbono. Kansas State University y Agricultural Experiment Station and Cooperative Extensión Service. Carbon series. Departamento of Agronomy. [En línea]: OZNET, (<http://www.oznet.ksu.edu>, 23 Abr. 2008).
- LAPEYRE, T. ALEGRE, J. & AREVALO, L. 2004. Determinación de las Reservas de Carbono de la Biomasa Aérea, en Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en San Martín, Perú. Ecología Aplicada. Volumen 3. Número 1 - 2. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 44 p.

- LONDOÑO X. & PRIETO L. 1983. Introducción al estudio fitopatológico de los guadales del valle geográfico del Rio Cauca. Tesis, Universidad Nacional de Colombia.
- MACDICKEN, 1997. A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agro-forestry Projects. Arlington, USA: Winrock International. 725-740 p.
- MACÍAS F., 2002. Secuestro de Carbono en suelo y biomasa. Reunión Internacional. Brasil. 66 p.
- MARQUEZ, L. 2000. Elementos Técnicos para Inventarios de Carbono, en Uso del Suelo. Fundación Solar. Guatemala. 31 p.
- MARTINEZ, H. E., FUENTES, E. J., & ACEVEDO, H. E. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal. Vol. 8. 68-96p.
- MIELKE, M. S.; FACHINELLO, J. C. 1993. Propagação vegetativa da goiabeira serrana por enxertia de inverno. Revista Brasileira de Fruticultura (Cruz das Almas). Brasil. 91-95 p.
- MUHAMMAD, 2007. Almacenamiento de carbono del suelo y biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Agroforestería en las Américas. 45 p.

- ORDÓÑEZ, A. 1998. Estimación de la captura de carbono en un estudio de caso para bosque templado: San Juan Nuevo, Michoacán. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM. México D.F.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 2005. Proyectos forestales de fijación de carbono. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep/006/j2053s/j2053s09.html>, 15 Feb., 2007).
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 2002. Captura de Carbono en los Suelos para un Mejor Manejo de la Tierra. Dirección de Información VIALE DELLE TERME DI CARACALLA. Roma, Italia. 95 p.
- RAJAGOPAL, R. I. 2004. Estimación del secuestro de carbono en sistemas agroforestales a base de cítricos en el trópico húmedo mexicano. Universidad Autónoma Chapingo. Maestría en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. México. 297-307 p.
- REYNEL, C.; PENNINGTON, R.; PENNINGTON, T.; FLORES, C.; DAZA, A. 2003. Árboles útiles de la Amazonia Peruana y sus usos. Lima, Perú. 50 p.
- ROMÁN, R; JUANG, T. 1999. Cultivo de naranjo. Misión Técnica de la república de Taiwan en Costa Rica. San José. 21p.

- SCHLEGEL, B, GAYOSO, J. GUERRA, J. 2001. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia, Chile. 17 p.
- VASQUEZ, R., RIOS, J., VALNCIA, F., MUÑOZ, M. 2008. Caracterización de los sistemas agroforestales de la cuenca media margen derecha del río Huallaga – Aucayacu – Perú, UNAS.
- VELASCO F., DE MINGO P., 1981. Distribución de la materia orgánica libre y ligada, y de las fracciones de humina en suelos climáticos y en suelos degradados. Edafol Agrobiol 40. México. 179-190 p.
- VILCHEZ, J. 2000. Evaluación de la exactitud de los modelos de elevación digital de malla regular generados a partir de curvas de nivel. Universidad de los Andes. 234- 249 p.
- WALKLEY Y BLACK, 1938. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 29-38 p.

ANEXO

Apéndice 1. Mapa de ubicación.

Anexo A. Ubicación de Bambú, Naranja y Guayaba.

82

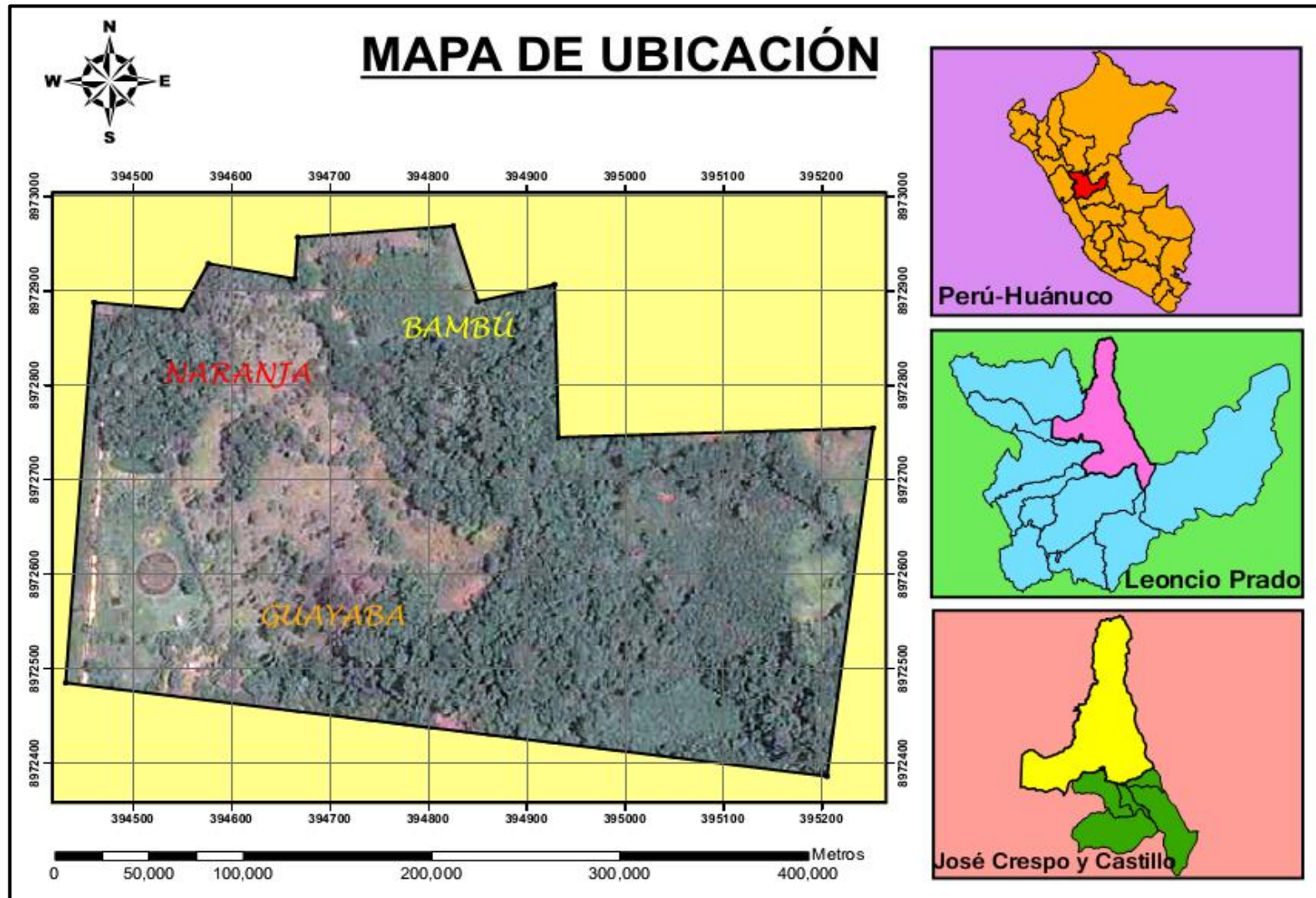


Figura 28. Plano de ubicación (Anexo A).

Apéndice 2. Evaluación de propiedades del suelo.

Anexo B. Análisis físico y químico del suelo – Naranja.

Cuadro 10. Análisis físico y químico del suelo de la parcela del cultivo de naranja (Anexo B).

Nº Muestras	PH		Materia orgánica			Textura
	Rango	Descripción	Valores	UNA- La Molina	Ankerman- Large	Clase Textural
1	5.4	Medianamente ácido	0.33	Bajo o pobre	Muy bajo	Franco arcilloso arenoso
2	5.76	Medianamente ácido	2.63	Medio	Medio	Franco arcilloso arenoso
3	5.97	Medianamente ácido	3.61	Medio	Alto o rico	Franco limoso arcilloso
4	5.81	Medianamente ácido	2.96	Medio	Medio	Franco arcilloso
5	6.06	Ligeramente ácido	3.28	Medio	Alto o rico	Franco arcilloso arenoso
6	6.05	Ligeramente ácido	2.46	Medio	Medio	Arcilla arenosa
7	5.1	Medianamente ácido	0.51	Bajo o pobre	Muy bajo	Franco arcilloso arenoso
8	5.56	Medianamente ácido	3.15	Medio	Alto o rico	Franco arcilloso arenoso
9	5.87	Medianamente ácido	2.88	Medio	Medio	Franco arcilloso arenoso
10	5.51	Medianamente ácido	1.62	Bajo o pobre	Bajo o pobre	Franco arcilloso arenoso
11	6.08	Ligeramente ácido	2.94	Medio	Medio	Franco limoso arcilloso
12	6.03	Ligeramente ácido	0.90	Bajo o pobre	Muy bajo	Franco arcilloso arenoso
13	5.1	Medianamente ácido	2.86	Medio	Medio	Franco arcilloso arenoso
14	5.42	Medianamente ácido	0.33	Bajo o pobre	Bajo o pobre	Franco arcilloso arenoso
15	5.48	Medianamente ácido	2.56	Medio	Medio	Franco limoso arcilloso
16	5.37	Medianamente ácido	2.76	Medio	Medio	Franco arcilloso arenoso
17	5.87	Medianamente ácido	0.33	Bajo o pobre	Bajo o pobre	Franco limoso arcilloso
18	5.93	Medianamente ácido	3.15	Medio	Alto o rico	Arcilla arenosa

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 3. Evaluación de propiedades del suelo.

Anexo C. Análisis físico y químico del suelo – Guayabo

Cuadro 11. Análisis físico y químico del suelo de la parcela del cultivo de guayabo (Anexo C).

Nº M.	PH		Materia orgánica			Textura
	Rango	Descripción	Valores	UNA- La Molina	Ankerman- Large	Clase Textural
1	5.75	M. A.	3.12	Medio	Alto o rico	Franco arcilloso arenoso
2	5.95	M. A.	3.20	Medio	Alto o rico	Franco arcilloso arenoso
3	6.16	L. A.	1.64	Bajo o pobre	Bajo o pobre	Franco limoso arcilloso
4	5.31	M. A.	3.05	Medio	Alto o rico	Franco arcilloso arenoso
5	5.71	M. A.	3.28	Medio	Alto o rico	Franco limoso arcilloso
6	6.49	L.A.	2.36	Medio	Medio	Franco limoso arcilloso
7	5.23	M. A.	2.10	Medio	Medio	Franco arcilloso arenoso
8	6.02	L.A.	3.07	Medio	Alto o rico	Franco arcilloso arenoso
9	6.03	L.A.	3.73	Medio	Alto o rico	Franco limoso arcilloso
10	5.13	M. A.	3.07	Medio	Alto o rico	Franco arcilloso arenoso
11	5.51	M. A.	1.76	Bajo o pobre	Bajo o pobre	Franco limoso arcilloso
12	6.29	L.A.	4.17	Medio	Alto o rico	Franco arenoso arcilloso
13	5.65	M. A.	3.27	Medio	Alto o rico	Franco arcilloso
14	6.08	L.A.	1.62	Bajo o pobre	Bajo o pobre	Franco limoso arcilloso
15	6.02	L.A.	3.78	Medio	Alto o rico	Franco limoso arcilloso
16	5.14	M. A.	3.45	Medio	Alto o rico	Franco arcilloso arenoso
17	5.89	M.A	2.94	Medio	Medio	Franco limoso arcilloso
18	6.25	L.A.	2.43	Medio	Medio	Franco limoso arcilloso

Fuente: Elaboración propia.

M.A. : Mediamente ácido, L.A. : Ligeramente ácido y N°. M.: Número de muestras.

Apéndice 4. Evaluación de propiedades del suelo.

Anexo D. Análisis físico y químico del suelo – Guayabo

Cuadro 12. Análisis físicos y químicos del suelo de la parcela del cultivo de bambú (Anexo c).

Nº M.	PH		Valores	Materia orgánica		Clase Textural
	Rango	Descripción		UNA- La Molina	Ankerman- Large	
1	5.72	M. A.	3.92	Medio	Alto o rico	Franco arcilloso arenoso
2	5.31	M. A.	1.57	Bajo o pobre	Bajo o pobre	Franco arcilloso limoso
3	5.24	M. A.	0.63	Bajo o pobre	Muy bajo	Franco limoso arcilloso
4	5.25	M. A.	2.66	Medio	Medio	Arcilla arenosa
5	4.95	F. A.	2.35	Medio	Medio	Arcilla limoso
6	4.47	F. A.	1.57	Bajo o pobre	Bajo o pobre	Arcilla limoso
7	5.49	M. A.	4.10	Alto o rico	Alto o rico	Franco arcilloso arenoso
8	5.18	M. A.	1.12	Bajo o pobre	Bajo o pobre	Franco arcilloso arenoso
9	5.44	M. A.	1.71	Bajo o pobre	Bajo o pobre	Franco limoso arcilloso
10	5.12	M. A.	3.22	Medio	Alto o rico	Arcilla arenosa
11	5.02	M. A.	0.69	Bajo o pobre	Muy bajo	Arcilla limoso
12	4.27	F. A.	1.35	Bajo o pobre	Bajo o pobre	Arcilla limoso
13	5.82	M. A.	4.32	Alto o rico	Alto o rico	Franco arcilloso arenoso
14	5.2	M. A.	1.65	Bajo o pobre	Bajo o pobre	Franco arcilloso arenoso
15	5.28	M. A.	2.01	Medio	Medio	Franco limoso arcilloso
16	5.14	M. A.	2.88	Medio	Medio	Arcilla arenosa
17	5.07	M. A.	1.44	Bajo o pobre	Bajo o pobre	Arcilla limoso
18	4.57	F. A.	2.82	Medio	Medio	Arcilla limoso

Fuente: Elaboración propia.

F.A. : Fuertemente ácido y M.A.: Mediamente ácido.

Apéndice 5. Mapas de dispersión

Anexo E. Mapas de dispersión de materia orgánica.

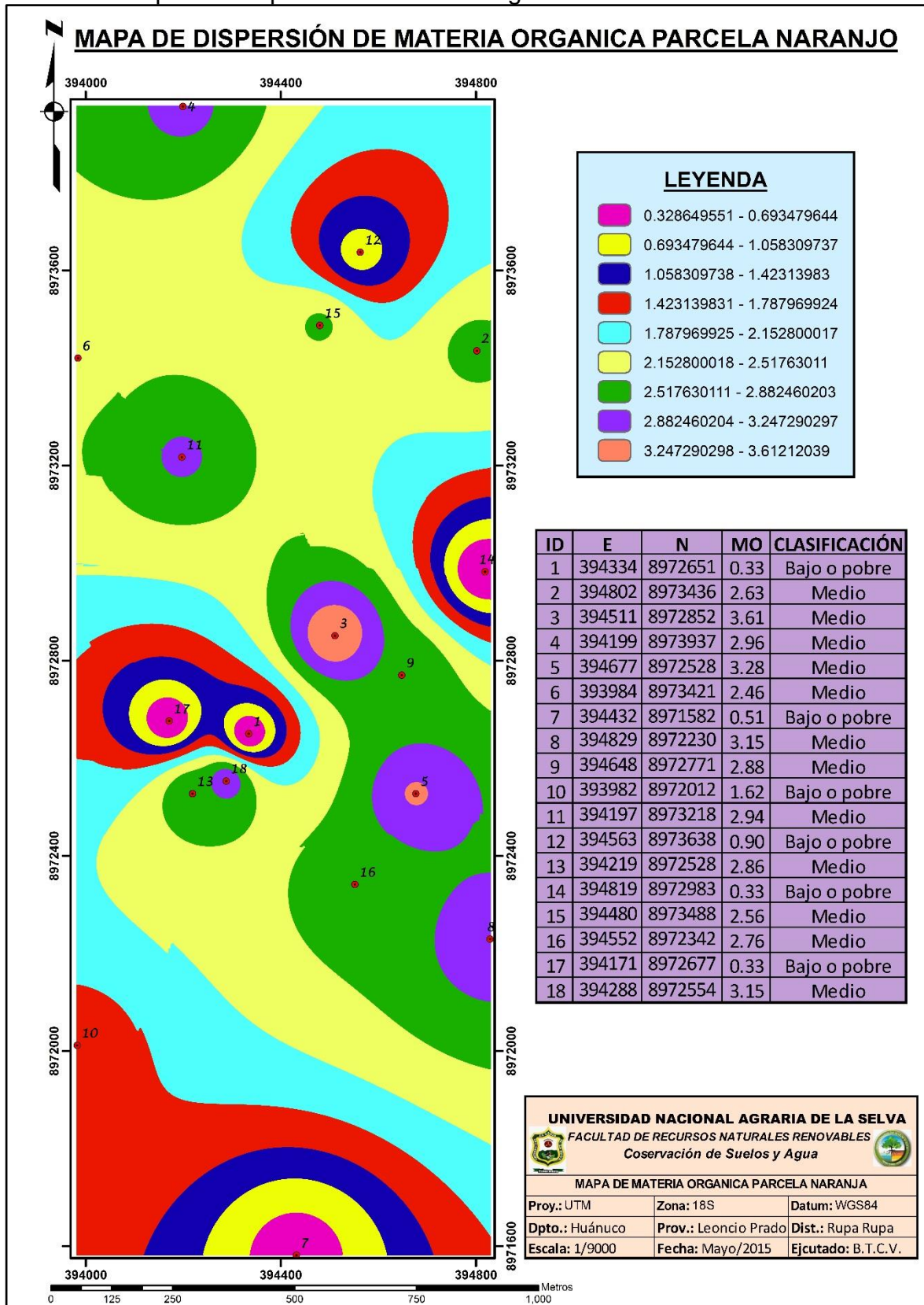


Figura 29. Mapa de dispersión de materia orgánica parcela naranjo.

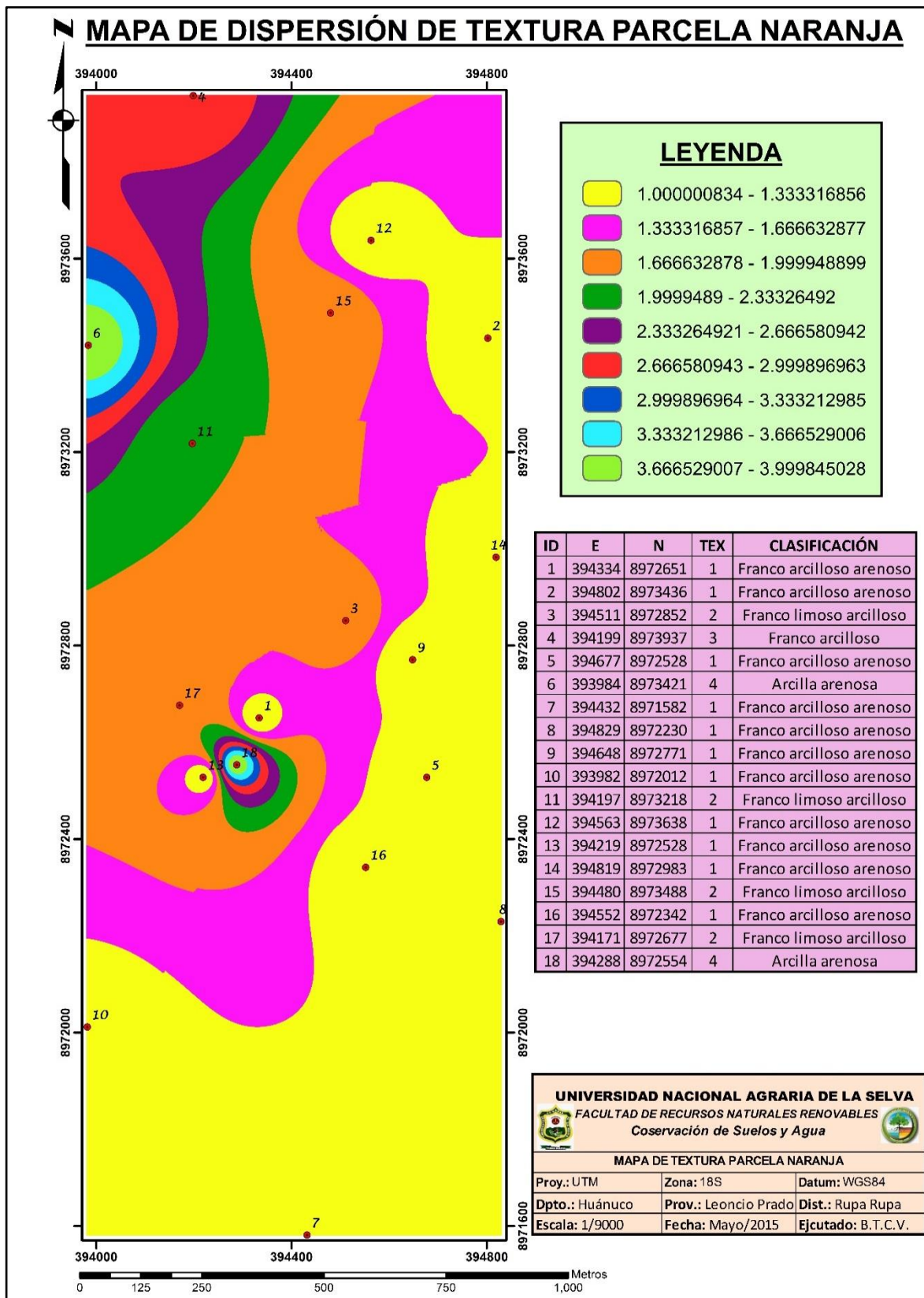


Figura 30. Mapa de dispersión de textura parcela naranja.

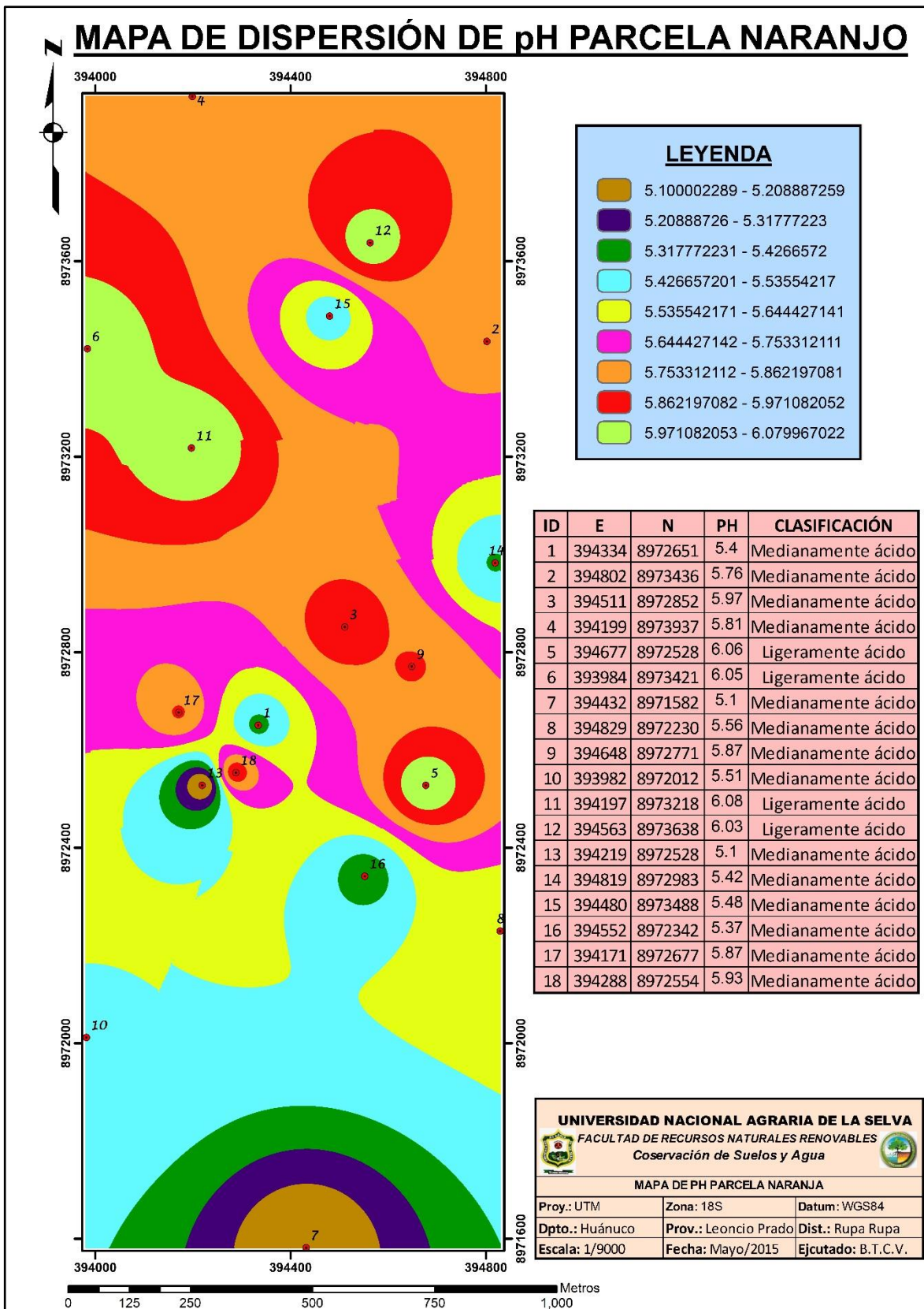


Figura 31. Mapa de dispersión de pH parcela naranja.

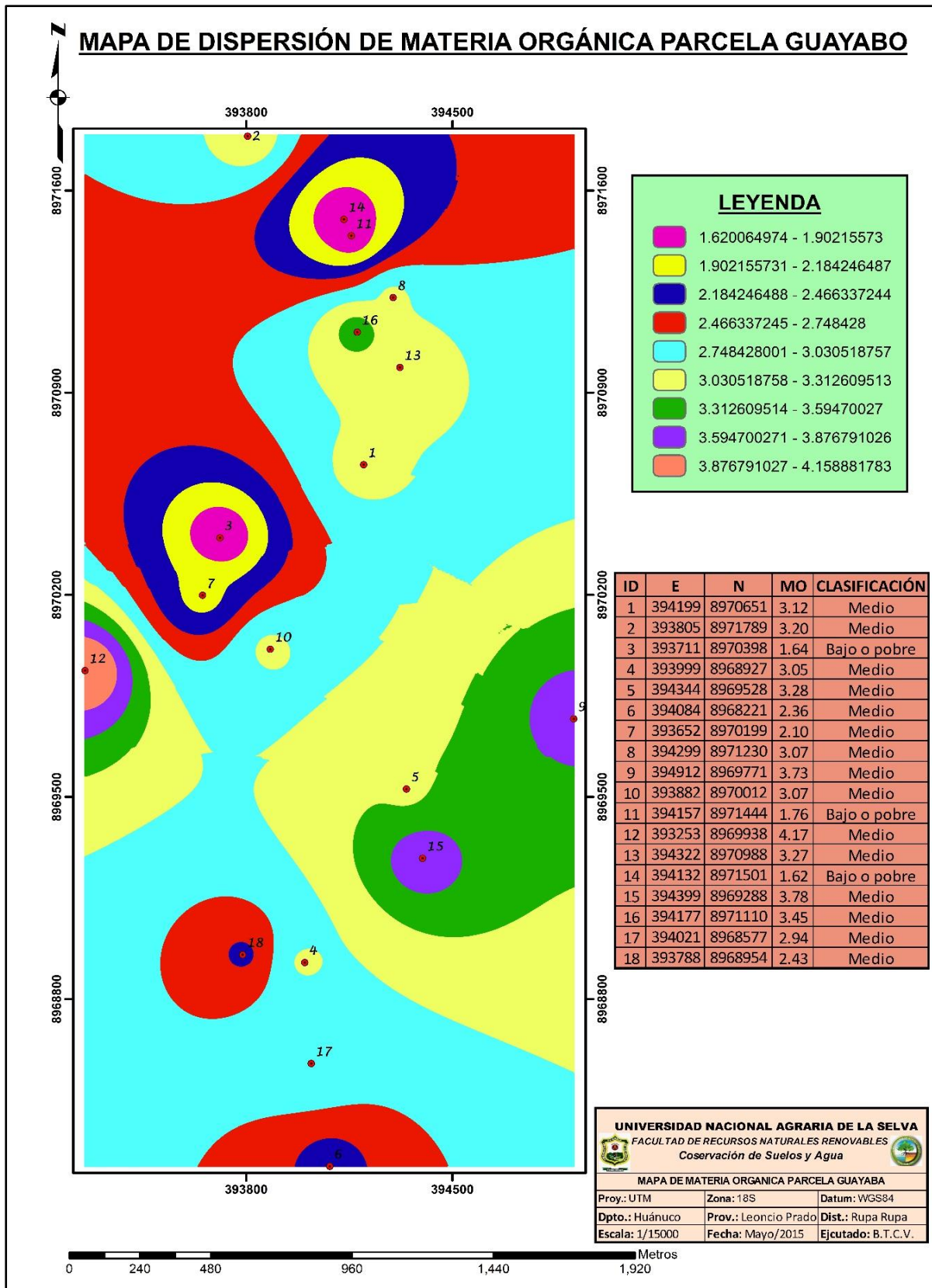


Figura 32. Mapa de dispersión de materia orgánica parcela guayabo.

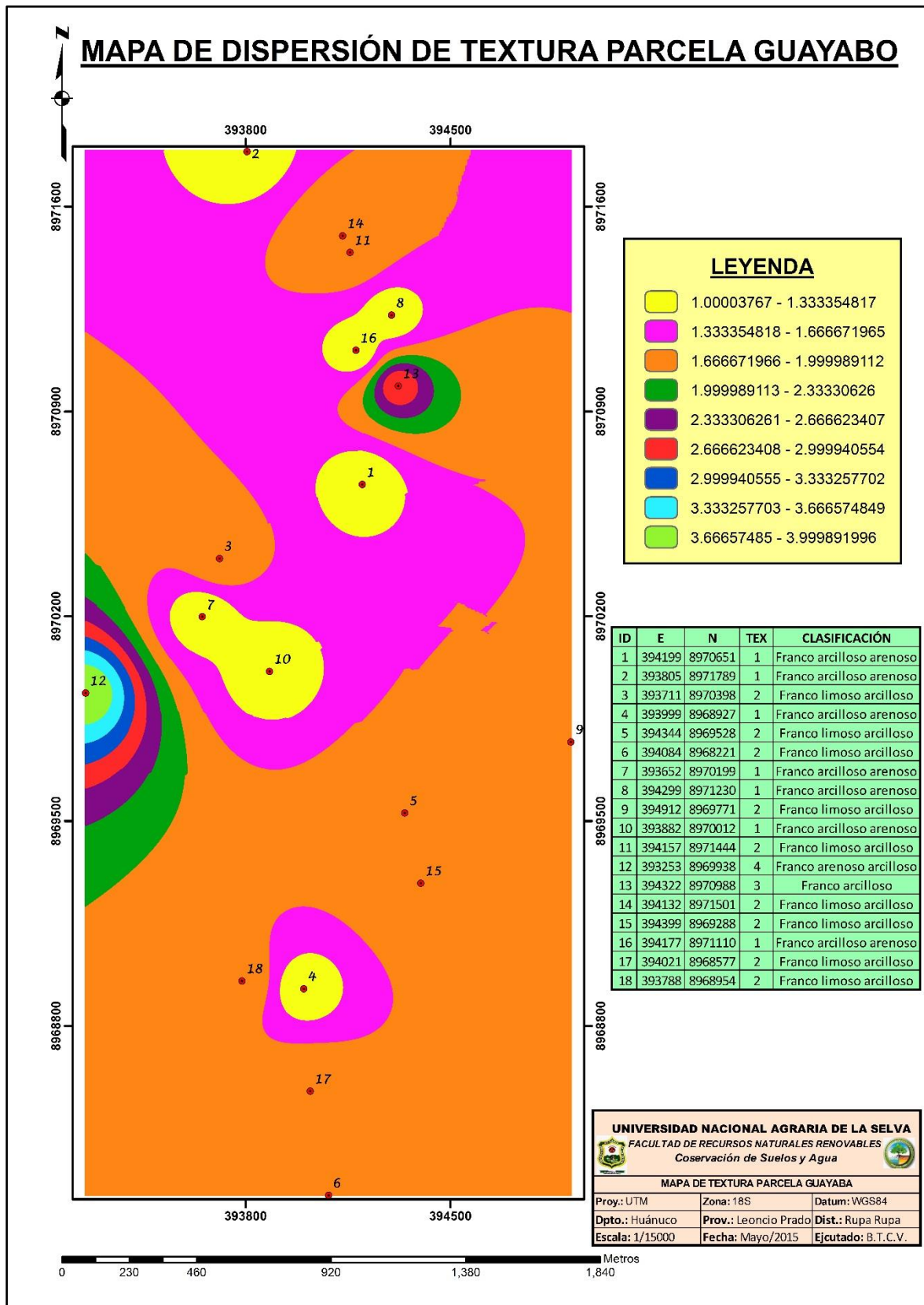


Figura 33. Mapa de dispersión de textura parcela guayabo.

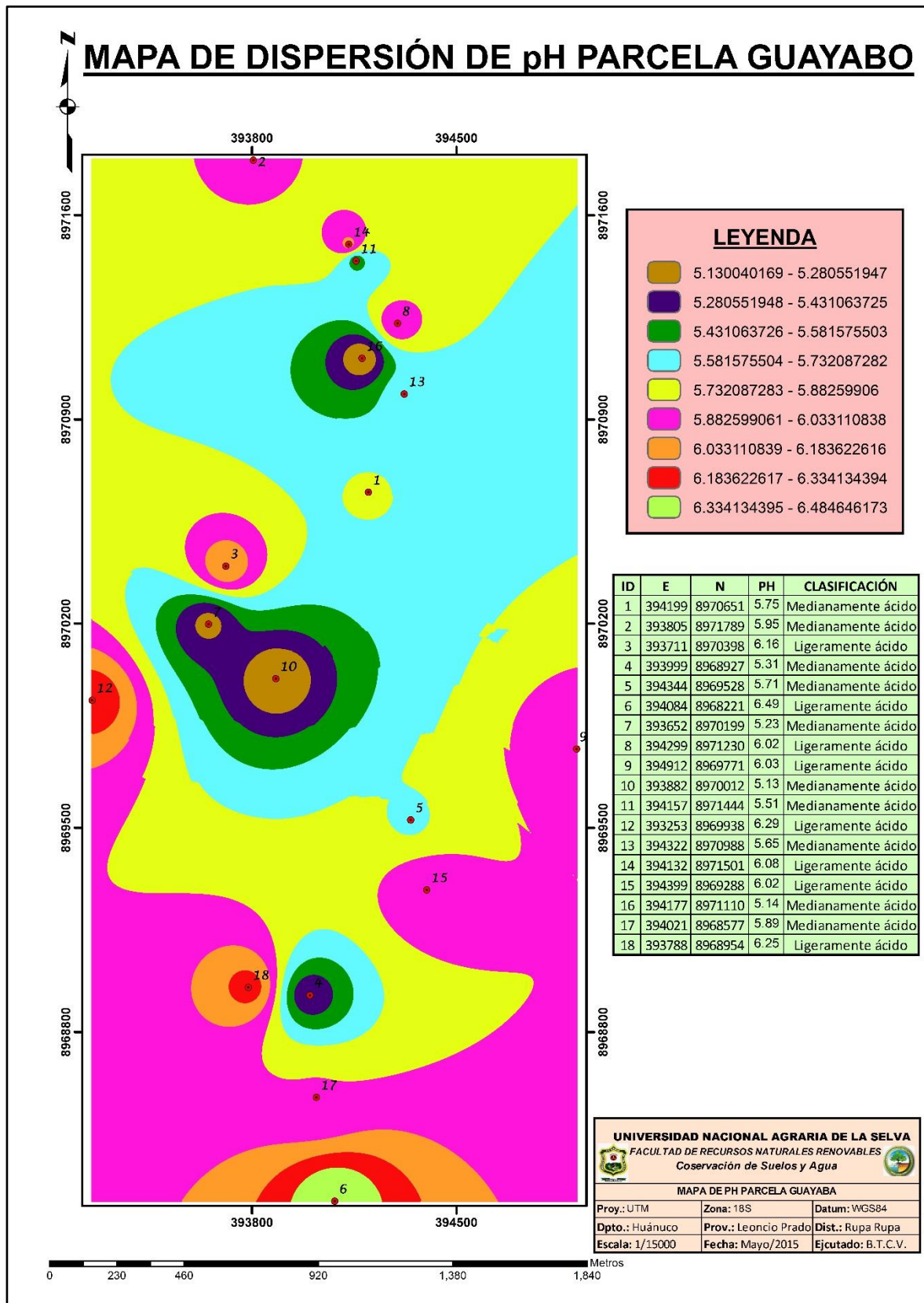


Figura 34. Mapa de dispersión de pH parcela guayabo.

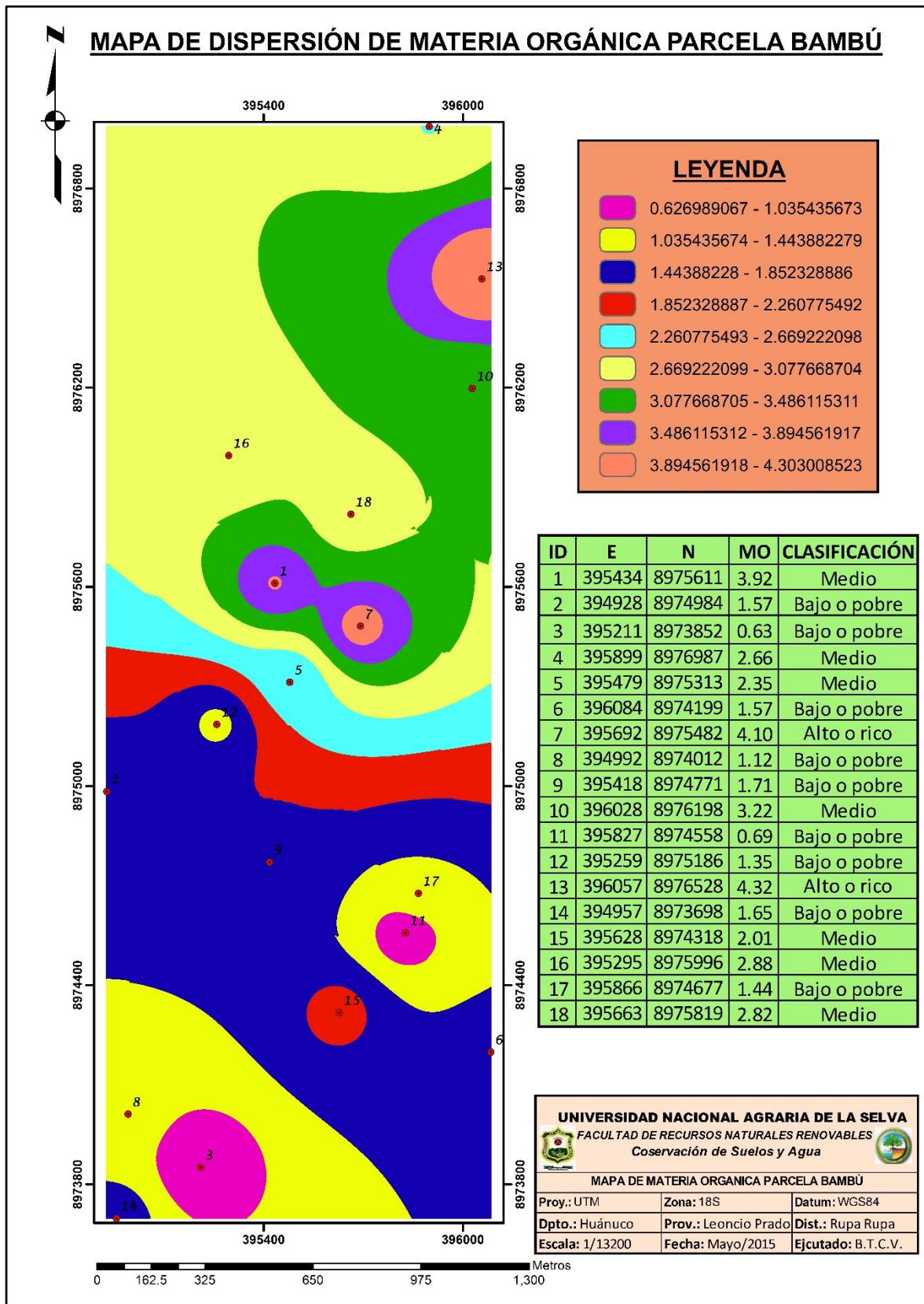


Figura 35. Mapa de dispersión de materia orgánica parcela bambú.

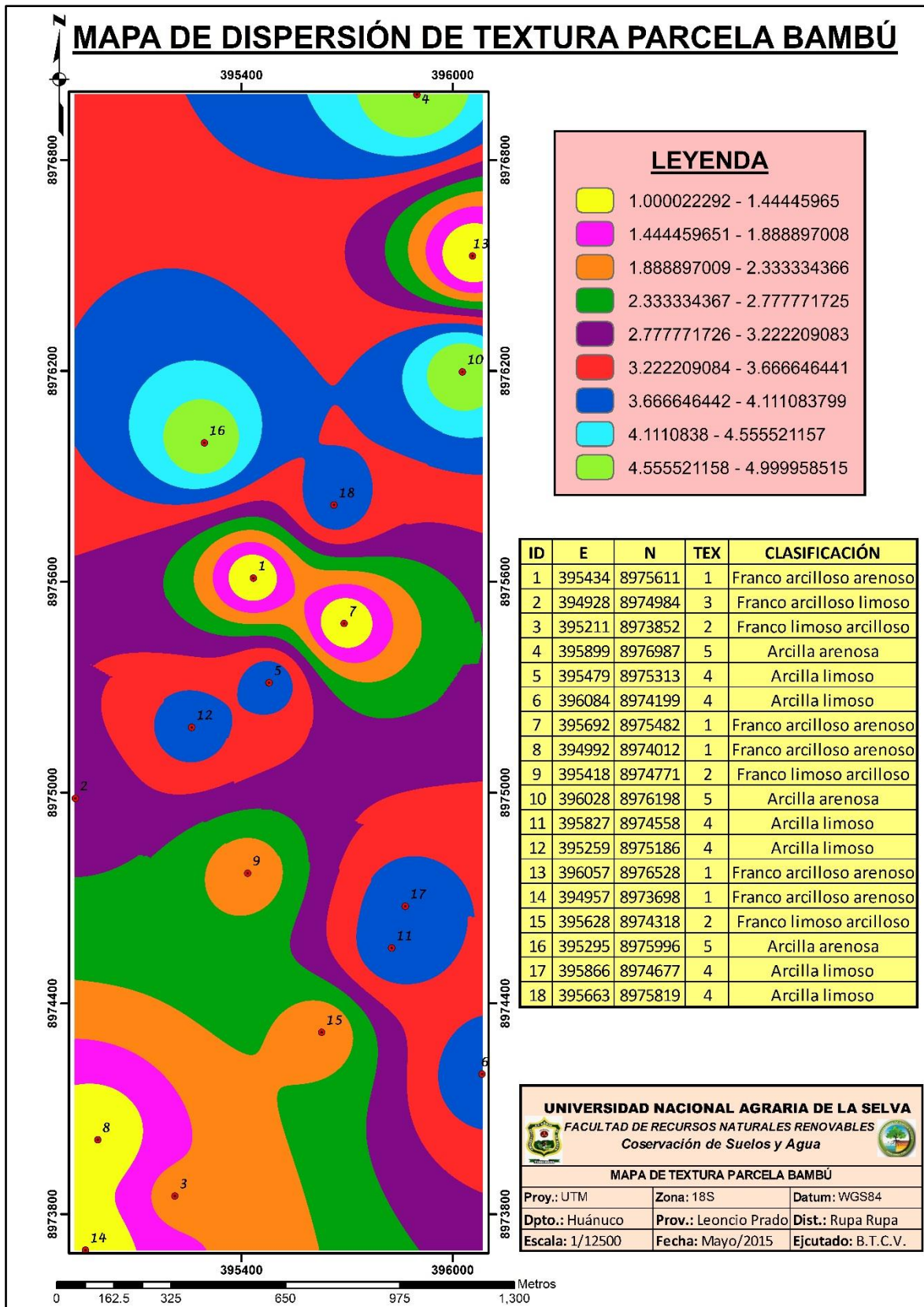


Figura 36. Mapa de dispersión de textura parcela bambú.

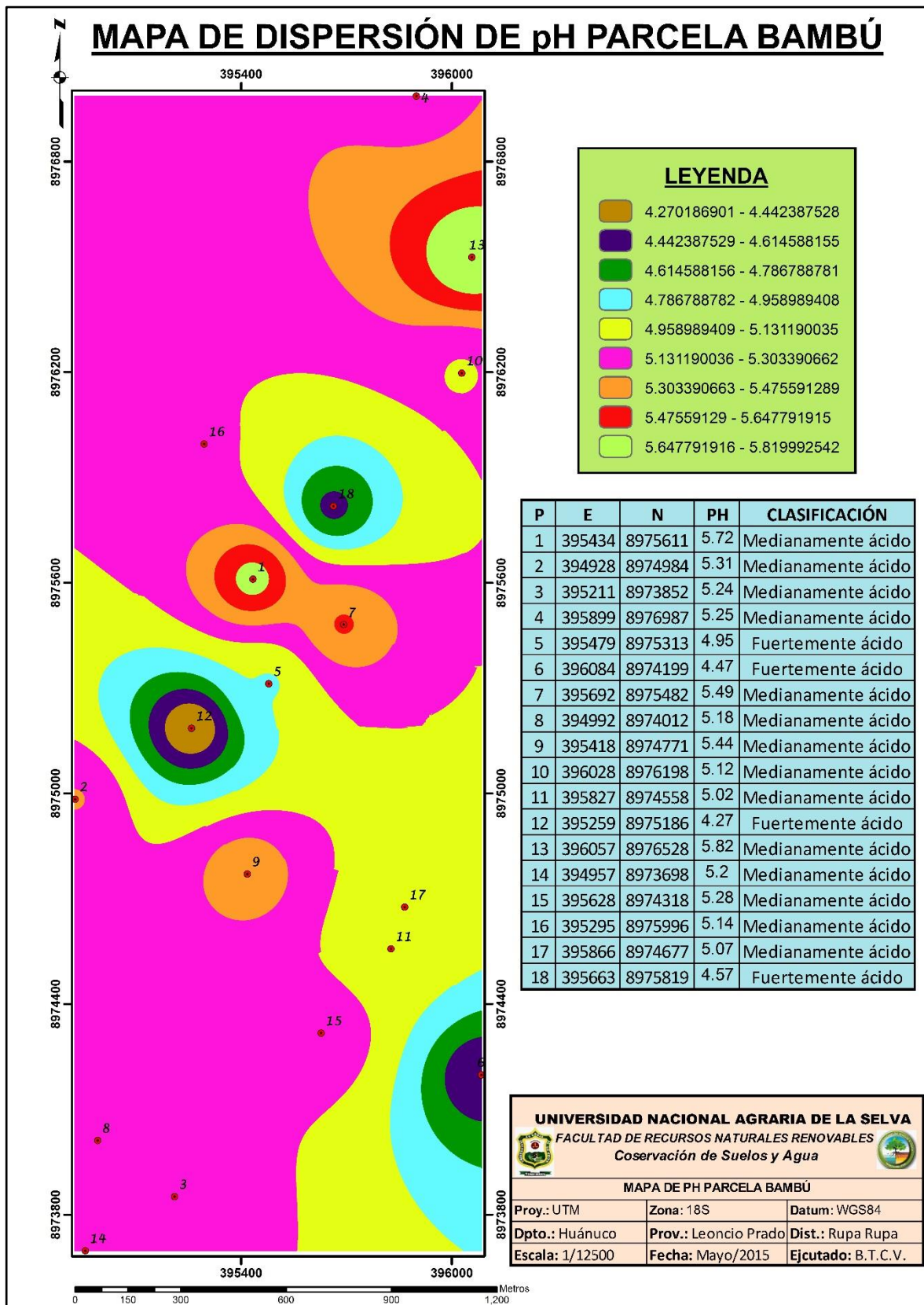


Figura 37. Mapa de dispersión de pH parcela bambú.

Apéndice 6. Panel Fotográfico.

Anexo F. Trabajo realizado.



Figura 38. Distribución de estacas y subdivisión con rafia.



Figura 39. Colocación de los letreros a las respectivas parcelas.



Figura 40. Ejecución de las calicatas de 30x30x50 cm.



Figura 41. Cilindros muestreadores a profundidad de 0-10, 10-20 y 20-30 cm.



Figura 42. Recolección de hojarasca en la parcela de naranjo.



Figura 43. Secado en la estufa las muestras de hojarasca de las diversas parcelas.



Figura 44. Titulación con Sal de Mohr las muestras de materia orgánica.



Figura 45. Realizando la lectura con el potenciómetro para el análisis de pH.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos General:.....	2
1.2. Objetivos Específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Ciclo del carbono.....	4
2.2. Almacenamiento de carbono.....	5
2.3. Carbono en el suelo	6
2.3.1. Papel de los suelos en el ciclo del carbono	6
2.4. Dinámica del carbono orgánico en los suelos	8
2.4.1. El papel fundamental de la materia orgánica en los suelos....	9
2.4.2. Principales consecuencias e impacto de la captura de carbono.....	10
2.5. Carbono fijado	10
2.6. Carbono no emitido	10
2.7. Parámetros técnicos para inventarios	11
2.7.1. Biomasa abajo del suelo.....	11
2.7.2. Hojarasca y materia vegetal muerta	11
2.7.3. Suelos.....	12

2.8.	Calculo de la huella del carbono en plantaciones de cítricos	12
2.9.	Descripción de las especies en estudio	13
2.9.1.	Naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	13
2.9.1.1.	Cultivos y usos del <i>Citrus sinensis</i>	14
2.9.2.	Guayabo (<i>Psidium guayaba</i>)	15
2.9.2.1.	Cultivos y usos del <i>Citrus sinensis</i>	16
2.9.3.	Bambú (<i>Guadua angustifolia</i>)	16
2.9.3.1.	Descripción morfológica de la <i>G. angustifolia</i>	17
2.9.3.2.	Descripción morfológica de la <i>G. angustifolia</i>	19
2.10.	Interpolación espacial.....	19
2.10.1.	Interpolación ponderada por el inverso a la distancia (IDW)	19
2.11.	Análisis físicos y químicos del suelo	20
2.11.1.	Materia orgánica.....	21
2.11.2.	Textura	23
2.11.3.	pH.....	25
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	277
3.1.	Lugar de ejecución	277
3.2.	Ubicación geográfica.....	277
3.3.	Ubicación política	277
3.4.	Ubicación ecológica	288
3.5.	Características generales de la zona	288

3.5.1. Clima	288
3.5.2. Fisiografía	288
3.5.3. Flora	288
3.6. Materiales y equipos	29
3.6.1. Materiales de campo	29
3.6.2. Equipos de campo	29
3.6.3. Equipos de gabinete	29
3.7. Metodología	30
3.7.1. Fase de campo	30
3.7.1.1. Diseño del muestreo	30
3.7.1.2. Obtención de las muestras de suelo	31
3.7.1.3. Obtención de muestras para el cálculo de densidad aparente	32
3.7.1.4. Obtención de las muestras de hojarasca	33
3.7.1.5. Obtención de las muestras de raíces	33
3.7.2. Fase de laboratorio	34
3.7.2.1. Obtención de datos de carbono almacenado en el suelo	34
3.7.2.2. Obtención de datos de carbono en hojarasca	34
3.7.2.3. Obtención de datos de carbono en raíces	35
3.7.3. Fase de gabinete	35
3.7.3.1. Cálculos para la obtención de carbono almacenado en el suelo	35

3.7.3.2. Cálculos para la obtención de carbono almacenado en la hojarasca	36
3.7.3.3. Cálculos para la obtención de carbono almacenado en raíces.....	37
3.7.3.4. Interpolación y generación de mapas	37
IV. RESULTADOS	388
4.1. Carbono almacenando en el suelo.....	389
4.1.1. Carbono almacenado en el suelo del cultivo de naranjo (<i>Citrus sinensis</i>).....	38
4.1.2. Carbono almacenado en el suelo del cultivo de guayabo (<i>Psidium guayaba</i>).....	41
4.1.3. Carbono almacenado en el suelo del cultivo de bambú (<i>Guadua angustifolia</i>)	44
4.2. Carbono almacenado en la raíz	47
4.2.1. Carbono almacenado en la raíz del cultivo de naranjo (<i>Citrus sinensis</i>).....	47
4.2.2. Carbono almacenado en la raíz del cultivo de guayabo (<i>Psidium guayaba</i>).....	49
4.2.3. Carbono almacenado en la raíz del cultivo de bambú (<i>Guadua angustifolia</i>)	52
4.3. Carbono almacenado en la hojarasca.....	54
4.3.1. Carbono almacenado en la hojarasca del cultivo de naranjo (<i>Citrus sinensis</i>).....	54

4.3.2. Carbono almacenado en la hojarasca del cultivo de guayabo (<i>Psidium guayaba</i>)	56
4.3.3. Carbono almacenado en la hojarasca del cultivo de bambú (<i>Guadua angustifolia</i>)	57
4.4. Carbono almacenado en la hojarasca	58
4.4.1. Análisis físico y químicos de la parcela de naranjo.....	58
4.4.2. Análisis físico y químicos de la parcela de guayabo.....	60
4.4.3. Análisis físico y químicos de la parcela de bambú.....	62
V. DISCUSIÓN.....	655
VI. CONCLUSIONES	69
VII. RECOMENDACIONES.....	700
VIII. ABSTRACT.....	711
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	733
ANEXO	81