

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**“RELACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL
SUELO CON LA BIOMASA DE RAÍCES EN PLANTACIONES DE
AGUAJE (*Mauritia flexuosa* L.F.) EN EL CIPTALD”**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO FORESTAL

Presentado por:

DAVID SELKER REYNALDO VIERA

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL
Av. Universitaria km 1.5. – Tingo María - Perú



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 10 de marzo de 2018, a horas 03:10 p.m. en la Sala de Grados de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, para calificar la Tesis titulada:

“EFICIENCIA DEL CARBÓN ELABORADO A PARTIR DE ASERRÍN Y RESIDUOS DEL FRUTO DE AGUAJE (*Mauritia flexuosa* L.F) EN LA CIUDAD DE TINGO MARÍA”

Presentado por la Bachiller: **Alexa Stefhany GUERRERO CORDOVA**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, la sustentante queda apta para optar el Título de **INGENIERO FORESTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 16 de marzo de 2018.


Mg.Sc. **RICARDO OCHOA CUYA**
PRESIDENTE


Mg.Sc. **ROBERT PECHO DE LA CRUZ**
MIEMBRO


Ing. **RAUL ARAUJO TORRES**
MIEMBRO




Dra. **TANIA GUERRERO VEJARANO**
ASESOR

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera, a mis padres, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para ser una mejor persona, a mis hermanos y sobrinos por sus palabras y por ser parte importante de una hermosa familia unida.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Propiedades físico-químicas de los suelos.....	3
2.1.1. Textura del suelo	4
2.1.2. Reacción del suelo o pH.....	4
2.1.3. Materia orgánica.....	5
2.1.4. Muestreo de suelos	6
2.2. Las raíces y su biomasa.....	7
2.3. Plantaciones forestales	12
2.3.1. Calidad de sitio	12
2.4. Aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Lugar de ejecución del estudio.....	16
3.2. Materiales y equipo	19
3.2.1. Unidad de estudio.....	19

3.2.2.	Materiales y herramientas	19
3.2.3.	Equipos	19
3.3.	Aspectos generales de la tesis.....	19
3.3.1.	Variables consideradas en la tesis a nivel relacional	19
3.3.2.	Diseño de la tesis a nivel relacional	20
3.3.3.	Determinación del número de la muestra	20
3.3.4.	Muestreo	21
3.4.	Metodología	23
3.4.1.	Planificación de actividades.....	23
3.4.2.	Muestreo del sistema radicular del aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	23
3.4.3.	Análisis e interpretación de los datos.....	26
IV.	RESULTADOS	30
4.1.	Caracterización de las propiedades físicas y químicas de los suelos en las plantaciones de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	30
4.1.1.	Contenido de arena	30
4.1.2.	Contenido de limo.....	31
4.1.3.	Contenido de arcilla	31

4.1.4.	Niveles de pH	32
4.1.5.	Niveles de materia orgánica	33
4.1.6.	Niveles de nitrógeno	33
4.1.7.	Niveles de fósforo	34
4.1.8.	Niveles de potasio	35
4.1.9.	Niveles de CIC.....	35
4.1.10.	Niveles de calcio cambiable.....	36
4.1.11.	Niveles de magnesio cambiable	37
4.1.12.	Niveles de potasio cambiable	37
4.1.13.	Niveles de sodio cambiable	38
4.2.	Biomasa de las raíces en las plantaciones de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	39
4.3.	Relación entre las propiedades físicas y químicas de los suelos con la biomasa de las raíces del aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.)	42
V.	DISCUSIÓN	44
5.1.	De la caracterización de las propiedades físicas y químicas de los suelos en las plantaciones de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.)	44

5.2. De la biomasa de las raíces tanto en el patrón de distribución vertical y horizontal en las plantaciones de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.)	45
5.3. De la relación entre las propiedades físicas y químicas de los suelos con la biomasa de las raíces de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.)	47
VI. CONCLUSIONES	50
VII. RECOMENDACIONES	51
VIII. ABSTRACT	52
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXO	60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Particularidades de las plantaciones de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	16
2. Comportamiento de los parámetros climáticos en el CIPTALD.....	18
3. Parámetros físicos y químicos obtenidos de las muestras de los suelos.....	26
4. Contenido de arena en los suelos con plantación de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	30
5. Contenido de limo en los suelos con plantación de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	31
6. Contenido de arcilla en los suelos con plantación de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	32
7. Niveles de pH en los suelos con plantación de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	32
8. Niveles de materia orgánica en los suelos con plantación de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	33
9. Niveles de nitrógeno en los suelos con plantación de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	34
10. Niveles de fósforo en los suelos con plantación de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	34

11. Niveles de potasio en los suelos con plantación de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	35
12. Niveles de CIC en los suelos con plantación de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	36
13. Niveles de calcio cambiabile en los suelos con plantación de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	36
14. Niveles de magnesio cambiabile en los suelos con plantación de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	37
15. Niveles de potasio cambiabile en los suelos con plantación de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	38
16. Niveles de sodio cambiabile en los suelos con plantación de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	38
17. Distribución vertical de la biomasa de raíces en plantaciones de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	39
18. Distribución horizontal de la biomasa de raíces en plantaciones de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	41
19. Correlación entre las propiedades del suelo con la biomasa de raíces en plantaciones de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	43
20. Datos de biomasa radicular en las plantas de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Comportamiento de los parámetros climáticos en el CIPTALD.....	18
2. Vista de planta para el muestreo de raíces.....	22
3. Distribución de las subparcelas de muestreo.....	22
4. Distribución vertical de raíces en plantaciones de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	40
5. Distribución horizontal de raíces en plantaciones de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	41
6. Materiales utilizados en fase de campo.....	86
7. Extracción de monolitos empleando pico.....	86
8. Extracción de monolitos empleando cavadora.....	87
9. Extracción de monolitos empleando pala recta.....	87
10. Monolito de la parte superficial (0 – 20 cm).	88
11. Monolitos de las tres profundidades.	88
12. Mayor acumulación radicular del aguaje.....	89
13. Extracción de monolitos a diferentes distancias.	89
14. Presecado de las muestras de raíz.	90

RESUMEN

La mayoría de las investigaciones delimitan sus observaciones en la biomasa aérea, sin tomar en cuenta la biomasa radicular, motivo por el cual se realizó el estudio con el objetivo de determinar la relación de las propiedades físicas y químicas del suelo con la biomasa radicular en plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.). El estudio se llevó a cabo en el CIPTALD, ubicada en el distrito Pueblo Nuevo, región Huánuco. Se ha muestreado los suelos a distanciamientos de 1 m y a profundidades entre los 0-20, 20-40 y 40-60 cm en 12 plantas de aguaje, donde se obtuvo la biomasa radicular y las propiedades del suelo. Como resultado se obtuvo que entre los 0 a 20 cm se encontró mayor contenido de arena (34.53%), limo (43.74%), materia orgánica (3.43%), N (0.15%), K (91.71 ppm), CIC (10.28), Ca (8.56 Cmol(+)/kg), Mg (1.40 Cmol(+)/kg) y Na (0.13 Cmol(+)/kg), entre los 20 a 40 cm se obtuvo mayor arcilla (26.53%) y P (14.04 ppm), mientras que, entre 40 a 60 cm el pH muy mayor (6.18). La biomasa radicular fue inversamente proporcional a la profundidad (30.04, 32.53 y 11.41 g en 8000 cm³ de suelo respectivamente), en la distribución horizontal, fue inversamente proporcional a la distancia desde la planta (desde 54.90 g a 1.0 m de la planta hasta un promedio de 2.68 g a siete metros). Se concluye que no hubo correlación estadística significativa entre ninguna de las propiedades de los suelos con la biomasa del sistema radicular.

I. INTRODUCCIÓN

La fijación de carbono es uno de los temas más actuales, debido a su importancia en el mejoramiento de la calidad del ambiente como mecanismo de mitigación del efecto de invernadero. Se desarrollaron estudios que incorporan información de la biomasa fijada por las plantaciones forestales; no obstante, todas estas investigaciones delimitan sus observaciones en la biomasa aérea, sin tomar en cuenta, parcial o totalmente, la biomasa que existe debajo del suelo fijada por medio de los sistemas radicales de los árboles, subestimando la totalidad de la biomasa acumulada en los ecosistemas, ya que algunos autores mencionan que la biomasa radical aporta entre un 10 a un 50% de la biomasa total de un ecosistema (JACKSON, 1997; SIERRA *et al.*, 2001).

Las plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) es una alternativa para aliviar la pobreza de los pobladores, generando incremento de los ingresos económicos en la selva amazónica, aparte, brinda servicios ambientales muy notorios; además se tiene limitaciones sobre el conocimiento la biomasa que presenta el sistema radicular en plantaciones macizas debido a que los suelos son muy variables en distancias mínimas, generando interrogantes sobre si ¿Existirá relación entre las propiedades físicas y químicas de los suelos con la biomasa radicular que presenta las plantas de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.)?

Las características de las raíces, particularmente considerando su patrón de distribución (tanto vertical como horizontal), tienen un papel importante en el éxito de los sistemas de plantación, motivo por el cual la importancia del estudio sobre la biomasa radicular es que en el futuro se pueda realizar asociaciones de aguaje con especies forestales y agrícolas, asimismo de tener conocimiento sobre el servicio de acumulación de biomasa radicular.

No se logró contrastar la hipótesis planteada sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos donde se establecieron las plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) se encuentran relacionadas con la biomasa obtenida en las raíces. Frente a los parágrafos descritos y con la finalidad de obtener dichos resultados, se ha planteado como objetivo general:

Determinar la relación de las propiedades físicas y químicas del suelo con la biomasa alcanzada por las raíces en plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) en el CIPTALD, Tingo María.

Mientras que los objetivos específicos fueron:

- Realizar la descripción de las propiedades físicas y químicas de los suelos en las plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).
- Determinar la biomasa de las raíces tanto en el patrón de distribución vertical y horizontal en las plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).
- Determinar la relación entre las propiedades físicas y químicas de los suelos con la biomasa de las raíces del aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Propiedades físico-químicas de los suelos

El suelo es un cuerpo natural, trifásico, compuesto por una parte sólida (minerales y materia orgánica), parte líquida (solución del suelo) y otra gaseosa (O_2 , CO_2 , etc.). Hillel (1998), citado por JARAMILLO (2002) argumenta que las interacciones dinámicas que ocurren en él, sirve como medio de crecimiento y regeneración continua para la vida en la tierra.

Según lo reportado por BANDICK y DICK (1999), el suelo es un recurso natural y un sistema muy complejo; que permite el sostenimiento de las actividades productivas, pero por su amplia variabilidad, es difícil establecer una sola medida física, química o biológica que refleje su calidad.

Para CONSENTINO y CONSTANTINI (2000), las variables biológicas son mejores que las variables químicas como indicadores de calidad del suelo, ya que son más sensibles en la identificación de cambios en diferentes manejos de cultivos.

El suelo para la plantación forestal es aquel lugar donde se ubica el material vegetal, crece y da producción, además, del suelo se extrae agua y nutrientes requeridos en su etapa de desarrollo (HARRISON, 2001), igualmente, es un sistema que posee horizontes que son el resultado de

procesos pedogenéticos que actúan sobre él; por tanto, es una mezcla de componentes minerales, materia orgánica, bacterias, aire y agua (ZAPATA, 2006), así, entender y reconocer estos elementos y sus horizontes es importante para determinar sus potencialidades y limitantes en el desarrollo forestal.

2.1.1. Textura del suelo

Las partículas del suelo individualizadas se distribuyen en diversas fracciones atendiendo a su tamaño. La distinta proporción de arena, limo y arcilla define la textura de cada horizonte. La textura del suelo es determinada por la cantidad de arena, limo y arcilla contenidos en el suelo. Cuanto más pequeñas sean las partículas, más la textura será del tipo arcilloso y cuanto más grandes, más se aproximará al tipo arenoso (GUERRERO, 2000).

2.1.2. Reacción del suelo o pH

El pH es una relación entre los contenidos de protones H^+ y de iones OH^- en la solución del suelo, que corresponde al logaritmo negativo de la actividad de protones H^+ en un medio acuoso (OSORIO, 2012), además, la disponibilidad de los nutrientes para la planta está condicionada por el pH, debido que los suelos con pH mayores de 5.5 se aumenta la disponibilidad de nutrientes como Ca, Mg, P, K, Fe, entre otros (KEMMITT *et al.*, 2006).

En términos generales los suelos ácidos son los que presentan pH menores de 6.5, suelos neutros los que tiene pH entre 6.5 y 7.3 y los suelos

básicos son aquellos con valores de pH mayores de 7.3, no obstante, cada especie vegetal crece mejor en un rango de pH determinado, los valores entre 5.5 y 6.5 favorece tanto la solubilidad como la disponibilidad de los nutrientes en el suelo (IBÁÑEZ, 2007). Valores bajos de pH ($\text{pH} \leq 5.5$) son indicadores de la presencia de aluminio intercambiable, y como lo expresa OSORNO (2012), este inhibe el desarrollo de las raíces de las plantas, impidiendo que estas penetren más en el perfil y logren obtener agua y nutrientes, lo que podría afectar negativamente el rendimiento de los cultivos.

2.1.3. Materia orgánica

El contenido de materia orgánica en los suelos es muy variable y Los efectos son notorios, tan solo cuando ésta forma parte integral del suelo influye en las características químicas y biológicas.

En suelos arenosos, los residuos parcialmente descompuestos llenan los poros no capilares y los hacen capilares, incrementando la retentividad para el agua. Un suelo con adecuado contenido de materia orgánica provee suficiente bióxido de carbono para la síntesis de la formación microbial, transformándolo en un suelo vivo con activa microflora. La materia orgánica es caracterizada por su capacidad de retener nutrientes y humedad del suelo (NAVARRO y NAVARRO, 2000).

ALVARADO (2007) menciona que, los nutrientes contenidos en la materia orgánica (N, P, K entre otros) se hallan en forma orgánica, por lo que no son directamente asimilables por las plantas. Se requiere la acción

microbiana para que las formas orgánicas de los nutrientes pasen a formas minerales, que son las incorporables a la biomasa de las plantas.

2.1.4. Muestreo de suelos

El análisis del suelo es una herramienta adecuada para evaluar y/o evitar problemas de desbalance de nutrientes en las plantas, y dado que el suelo es la fuente de la mayoría de ellos, pueden ser vistos como el proveedor natural de las plantas (CUESTA y VILLANEDA, 2010). Los resultados del análisis del suelo tienen que ser considerados como índices, puesto que no representan la cantidad realmente disponible del nutriente en el suelo, por esta razón, es mejor considerar estos resultados en términos cualitativos y no cuantitativos (OSORIO, 2012). En tal sentido, ZAPATA (2006), considera que tales índices de disponibilidad son específicos para un método de extracción determinado.

El principal objetivo del análisis de suelos, es evaluar la capacidad del suelo para suministrarle nutrientes a la planta y con base en una apropiada interpretación, se pueden definir los niveles críticos y de toxicidad para cada elemento y para cada especie (ALVARADO, 2007).

Es por eso que el muestreo es la etapa crítica del análisis de suelo. Una muestra del suelo es usualmente empleada para evaluar sus características. La muestra consiste en una mezcla de porciones de suelo (submuestras) tomadas al azar de un terreno homogéneo. El objetivo del muestreo define la metodología a emplear. Por ejemplo, el muestreo que se

realiza para clasificar taxonómicamente un suelo es diferente del muestreo que se hace para evaluar su fertilidad, propiedades físicas, condiciones hídricas, etc. (ZAVALETA, 1992).

Para el proceso de muestreo de suelos se pueden utilizar las siguientes herramientas: Tubo muestreador o pala recta, balde, bolsa plástica, entre otros (THOMPSON, 1998). Para determinar el número de muestras que deben tomarse en una plantación se tendrá en cuenta el suelo como la planta. La plantación debe dividirse en parcelas con condiciones edáficas homogéneas, en lo que se refiere a textura, profundidad, color, etc. Una vez obtenida las muestras, se procede a colocarlas en una bolsa de papel (preferentemente poroso) tela permeable, o plástico perforado. No guardar nunca en recipientes herméticos o impermeables. Asimismo, las muestras deben llevar consigo una etiqueta indicando el número de muestra, campo y sub-parcela, fecha, observaciones y nombre del muestreador (TAN HAME, 1997).

2.2. Las raíces y su biomasa

Las raíces juegan un papel fundamental en la formación de agregados (BUCKMAN y BRADY, 1991) y desarrollo del suelo como sustrato (VANNINEN y MAKELA, 1999). Estas al penetrar el material parental, dejan espacios abiertos por los cuales discurre el agua y aire, y a la vez extraen nutrientes del material parental. También proporcionan una fuente de tejidos muertos para la nutrición de los microbios del suelo (BUCKMAN y BRADY,

1991). Al caer la hojarasca o al morir la planta, inicia el proceso de descomposición por parte de los microorganismos, lo cual permite la incorporación de los nutrientes nuevamente al suelo (ARIAS, 2001). Este proceso es conocido como reciclaje de nutrientes. Las raíces de las plantas también proveen área superficial para el crecimiento de microorganismos, particularmente en la rizósfera, definida como la superficie del suelo bajo la influencia directa de las raíces, ya que exudan nutrientes orgánicos e inorgánicos, así también como vitaminas para la actividad microbiana (EWEIS *et al.*, 2000).

Se enfatiza la necesidad de considerar por separado las raíces finas de las leñosas debido a sus características de crecimiento, mortalidad y funcionalidad ya que las raíces leñosas están asociadas a la función de soporte mecánico de la planta y proveen la red de conducción de las sustancias asimiladas por las raíces finas en distintos micrositos. Por otro lado, las raíces finas están relacionadas ante todo a la función de asimilación y reciclaje de nutrientes del suelo (Santantonio, 1990; citado por MORALES, 1997).

La importancia del estudio de raíces, radica en sus funciones como órgano para el anclaje de la planta, absorción de agua y nutrientes, almacenaje de carbohidratos y síntesis de reguladores de crecimiento (LÓPEZ *et al.*, 2001). Prácticamente, todos los minerales y agua absorbidos por las plantas son a través de las raíces; si bien es cierto, las hojas pueden absorber agua y solutos, esto es insignificante si se compara con la absorción por las raíces (KRAMER, 1989).

La profundidad y extensión de las raíces es determinado en gran parte por la textura del suelo, su compactación, la humedad disponible y la nutrición. La aireación del suelo tiene influencia sobre la morfología de las raíces en general, y la presencia de sustancias tóxicas puede impedir su crecimiento (PRITCHETT 1986). También influyen la competencia intra e interespecífica con raíces de otros individuos, plagas y enfermedades, presencia y grado de desarrollo de organismos mutualistas y simbióticos (MORALES, 1997). Las galerías construidas por microorganismos como larvas de insectos, lombrices, abejones y otros ayudan a la penetración de las raíces en el suelo, a la infiltración del agua, y a la circulación del aire (ARIAS, 2001).

MULLINS (2011) al evaluar un gradiente sucesional de bosque seco tropical en el Pacífico Noroeste de Costa Rica, tomando como etapa inicial la cobertura vegetal de pasto y como etapas superiores los estadios secundarios: bosques temprano, intermedio y tardío; concluye que posiblemente la estacionalidad si tuvo un efecto sobre la producción de raíces finas en los cuatro estadios, ya que impulsó una mayor producción durante el período de menor disponibilidad de agua en el suelo. Además, propició diferencias entre la biomasa de raíces en pastos y el bosque temprano.

El movimiento de agua dentro del suelo juega un papel importante en los ecosistemas ya que controla no solamente la infiltración, sino el abastecimiento de agua para las raíces y el flujo subterráneo hacia arroyos y ríos (KRAMER, 1989). La tasa de elongación de las raíces resulta afectada en gran medida por los niveles de humedad del suelo durante la estación de

crecimiento (PRITCHETT, 1986). Cabe resaltar, que los estudios de raíces presentan dificultades por el medio en el que crecen, el cual impide la realización de mediciones directas. Algunos de los problemas asociados a esta limitación, consisten en la dificultad de extraer sistemas radicales completos de su hábitat natural y la gran cantidad de tiempo requerido para los estudios (MORALES, 1997).

De igual forma, no se deben dejar de lado factores como minimizar el disturbio causado en el sitio de muestreo, coleccionar información de raíces intactas, considerar la fenología de las plantas y determinar la variabilidad de los cambios estacionales en la actividad de las raíces, para el diseño de un protocolo de muestreo de raíces (VOGT *et al.*, 1998).

MCGRODDY y SILVER (2000) reportan que la biomasa de raíces finas está positivamente correlacionada con la elevación y la humedad del suelo. Igualmente, en un bosque siempreverde en Malasia, se determinó que los valores más bajos de producción de biomasa de raíces finas correspondían al período seco (GREEN *et al.*, 2005). Por otro lado, KAVANAGH y KELLMAN (1992) determinaron que el mayor crecimiento de raíces finas en la estación biológica la Mancha, México, se da al inicio de la época lluviosa.

En bosques tropicales secos cercanos al Parque Nacional Santa Rosa en Costa Rica se determinó que conforme aumenta la edad de abandono del sitio, las especies arbóreas pioneras sustituyen el componente herbáceo, aumenta la adición anual de hojarasca y raíces finas, se conserva mejor la humedad y se enriquece la superficie del suelo con cationes y materia orgánica

(ALFARO *et al.*, 2001). Otros estudios revelan que la concentración de mayor densidad de raíces finas ocurre en las capas superficiales del suelo con una tendencia de disminución conforme se profundiza en el suelo (LÓPEZ *et al.*, 2001; MORALES, 1997; CAVALIER *et al.*, 1996; CAVALIER, 1992). El aumento en la proporción de arcillas, reducción en la fertilidad del suelo y materia orgánica, además de la escasa aireación, pueden ser algunos de los factores por los cuales se da este comportamiento (LÓPEZ *et al.*, 2001).

CAVALIER (1992), en un estudio realizado en bosques semidecíduo y montano bajo en Panamá, colectó más del 90% de la biomasa total en los primeros 25 cm de profundidad. MORENO-CHACÓN y LUSK (2004) determinaron que el 69% de la biomasa de raíces finas se concentraba en los primeros 30 cm de profundidad del suelo en un muestreo realizado en el Parque Nacional Puyehue (Chile).

Igualmente, en un estudio realizado en La Planada, Colombia, en una sucesión de bosque de 10 y 20 años y en bosque maduro, a 5 cm de profundidad del suelo se determinó un considerable aumento en la biomasa de raíces finas de 1.3 a 2.4 mg/ha en la sucesión de bosque de 10 años a bosque maduro (CAVALIER *et al.*, 1996).

CALVO ALVARADO *et al.* (2009) registran un valor total de biomasa en pastos de 0.454 kg/m² y 1.139 kg/m² en bosques de Costa Rica, donde un 97.5% y 39% corresponden a raíces finas, respectivamente. De manera similar, JIMÉNEZ (2004) determinó una biomasa de 74.62 g/cm² en pastos; 440.62 g/cm² en bosque secundario de 24 años; y 357.77 g/cm² en

bosque primario en la zona norte de Costa Rica. En los alrededores de Jaboncillo de Dota, Costa Rica, en una sucesión de bosque montano, se determinaron valores de biomasa de raíces finas de hasta 7 veces mayor en el bosque maduro en comparación con el bosque temprano (1300 vs. 200 g/m² respectivamente) (HERTEL *et al.*, 2003).

Importante mencionar, que las pérdidas de biomasa radical durante la manipulación de muestras en las etapas de muestreo, almacenamiento y lavado pueden llegar a un 30 y 40% de masa seca (GRZEBISZ *et al.*, 1989).

2.3. Plantaciones forestales

El desarrollo forestal requiere el establecimiento de plantaciones con mejores rendimientos y disminución en sus turnos de aprovechamiento. Por tanto, las prácticas silviculturales en la plantación forestal toman un papel importante para alcanzar su mayor potencial. Lograr lo propuesto, requiere un manejo determinante, adecuado y profundo de todas las etapas del desarrollo de las especies. Así, el manejo de la nutrición vegetal se debe potencializar y mejorar, para ello, se debe tener un conocimiento adecuado de los procesos que ocurren en el suelo (ROJAS, 2015).

2.3.1. Calidad de sitio

En esencial la calidad de sitio se refiere a medir e interpretar el sitio con sinceridad. El sitio debe ser mapeado para el manejo de los bosques. Estos mapas son la base del pronóstico del rendimiento, la regulación y las

intervenciones silvícolas de los rodales. La calidad de un sitio puede ser medida, sea a través de los factores que definen el crecimiento de un rodal o a través de su respuesta. De cualquier modo, son interactuantes: la respuesta modifica el ambiente y vice-versa. Las dos formas de evaluar el sitio son (CORVALÁN y HERNÁNDEZ, 2006):

- Midiendo uno o más factores considerados asociados con el crecimiento de los árboles. De esta manera, se intenta evaluar el sitio en términos de los factores causales en sí mismos.
- Midiendo alguna característica de los árboles o la vegetación menor considerada sensible al sitio. Este enfoque evalúa el efecto del ambiente en la vegetación.

Los efectos de los factores competitivos son de menor importancia en la evaluación del sitio por ser transitorios y pueden ser alterados por tratamientos silvícolas. La idea fundamental es aislar el efecto del sitio en condiciones estables de edad, de densidad y de tratamientos silviculturales (García, 1970; citado por CORVALÁN y HERNÁNDEZ, 2006).

2.4. Aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.)

Es una especie de uso múltiple ya que sus hojas, inflorescencia, tallos, semillas y hasta sus raíces son utilizados por el hombre. La planta muerta es colonizada por los loros para construir sus nidos y es el alimento de los sabrosos suris. La pulpa de su fruto es uno de los alimentos más nutritivos del trópico (su contenido de vitamina A es cinco veces mayor que el de la

zanahoria). Además, sus servicios ambientales son aún más sobresalientes: el aguajal es un gran almacén de carbono, por lo que su papel en la mitigación del cambio climático mundial es de gran importancia. Almacena más de 600 toneladas de dióxido de carbono por hectárea, entre 3 y 5 veces más que cualquier otro ecosistema tropical. Tiene una importancia primordial en la base de las cadenas alimentarias de los trópicos, y muchas especies de fauna silvestre, especialmente ungulados, monos y varias especies de peces, dependen, en gran medida del fruto del aguaje (IIAP, 2006).

En Loreto, FREITAS *et al.* (2006) determinaron que la fracción de carbono en los componentes de la palmera son: 0.48141 para estípites, 0.49442 en hojas y 0.49098 en raíces y en promedio fue 0.48633. Además, el carbono de *Mauritia flexuosa* L.f. en un aguajal denso fue 87.029 t/ha (17.96%), mientras que en todo el sistema se reporta 484.52 t/ha; en caso del aguajal mixto el valor promedio asciende a 17.023 t/ha (4.01%), mientras que para todo el sistema alcanza un promedio de 424.72 t/ha.

En aguajales mixtos GUZMÁN (2004), reportó 543.77 y 622.12 tC/ha en promedio para aguajales con manejo o sin él, respectivamente. El contenido de carbono en la biomasa aérea de los aguajales de la zona baja (entre 150 a 164 msnm) registró 96.33 t C/ha, mientras que en la zona alta (300 a 360 msnm) alcanzó una media de 51.28 t C/ha (GARCÍA *et al.*, 2012).

El hábitat donde se desarrolla el aguaje es muy variado, desde tierras bajas inundadas permanentemente o estacionalmente hasta los terrenos bajos de tierra firme; desde suelos pantanosos hasta fértiles, pasando por

suelos arenosos; desde el nivel del mar en la costa Atlántica, hasta la ladera Oriental de los Andes; por lo que se puede afirmar que el aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) es una palmera con amplia plasticidad fisiológica (ROJAS, 2000).

Algunas especies de palmeras están muy relacionadas a los ríos, lagunas y áreas inundables; como el aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.), que soporta inundaciones permanentes de su sistema radicular y crece en suelos no organizados en horizontes que resultan de la materia orgánica poco descompuesta, afirmando que es la más acuática de las palmeras amazónicas y que ha conquistado los pantanos de la Amazonía (KAHN *et al.*, 1993).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución del estudio

La investigación se realizó en tres plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) ubicado en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo la Divisoria y Puerto Súngaro (CIPTALD), dicha área pertenece a la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), la cual se encuentra en el trayecto de la carretera Fernando Belaunde Terry comprendido entre las ciudades de Tingo María y Aucayacu aproximadamente a 28 km desde Tingo María (Cuadro 1). Políticamente, estas plantaciones están ubicadas en el distrito Pueblo Nuevo, provincia Leoncio Prado, región Huánuco.

Cuadro 1. Particularidades de las plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Establecido	Área (ha)	Distancia (m)	Edad (años)	Ubicación de referencia
02/11/2007	0.93	10 x 15	10.00	Área de la oficina
12/10/2007	2.06	10 x 12	10.08	Área de porcino
13/11/2007	2.09	10 x 08	10.00	Área de lechería

Parcela I. La plantación de *M. flexuosa* L.f. establecida en sistema a campo abierto, presenta distanciamiento de 10 m entre plantas y 15 m entre

fila, siendo establecido el 02 de noviembre del año 2007, con un área total de 0.93 ha donde anteriormente fue un pastizal con aproximadamente 30 años de antigüedad; como parte del manejo se realizó la fertilización orgánica empleando estiércol de ganado vacuno descompuesto en dosis de 1 kg por planta durante los primeros tres años (PALOMINO, 2017).

Parcela II. La plantación de *M. flexuosa* L.f. establecida en sistema a campo abierto, presenta distanciamientos de 10 m entre plantas y 12 m entre filas, siendo establecido el 12 de octubre del año 2007, con un área total de 2.06 ha en donde anteriormente fue un pastizal con 30 años de antigüedad, y los plántones fueron fertilizados utilizando guano de islas en dosis de 150 g por planta durante los primeros tres años (PALOMINO, 2017).

Parcela III. La plantación de *M. flexuosa* L.f. establecida en sistema a campo abierto empleando el distanciamiento de 10 m entre plantas y 8 m entre filas, siendo establecido el 13 de noviembre del año 2007, con un área total de 2.09 ha donde anteriormente fue un pastizal con aproximadamente 30 años de antigüedad; como parte del manejo se realizó la fertilización orgánica empleando estiércol de ganado vacuno descompuesto en dosis de 1 kg por planta durante los primeros tres años (PALOMINO, 2017). Las plantas de aguaje se establecieron bajo el sistema a campo abierto presentaban 9.08 m de altura total, 13.62 hojas por planta y 65.81 cm para el diámetro del estípite.

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida y el diagrama bioclimático de Leslie Ransselaer Holdridge, el distrito Pueblo Nuevo se

encuentra ubicado en la formación vegetal bosque muy húmedo Premontano Sub Tropical (bmh-PST) y de acuerdo a las regiones naturales del Perú, según Javier Pulgar Vidal, se encuentra en la Selva Alta o Rupa Rupa.

Cuadro 2. Comportamiento de los parámetros climáticos en el CIPTALD.

Parámetro	Meses del año 2017									
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct
T. máx.	29	30	30	31	31	30.6	30.3	31.5	31.1	31.5
T. mín.	20	21	21	21	21	20.8	19.6	19.8	20.9	20.9
T. media	24	24	24	25	25	25.7	24.9	25.6	26	26.2
HR (%)	85.08	85.73	85.37	84.3	84.19	82	85	83	82	82
Pp (mm)	385	468	428	205	282	158.6	26.9	142.4	221	341.3

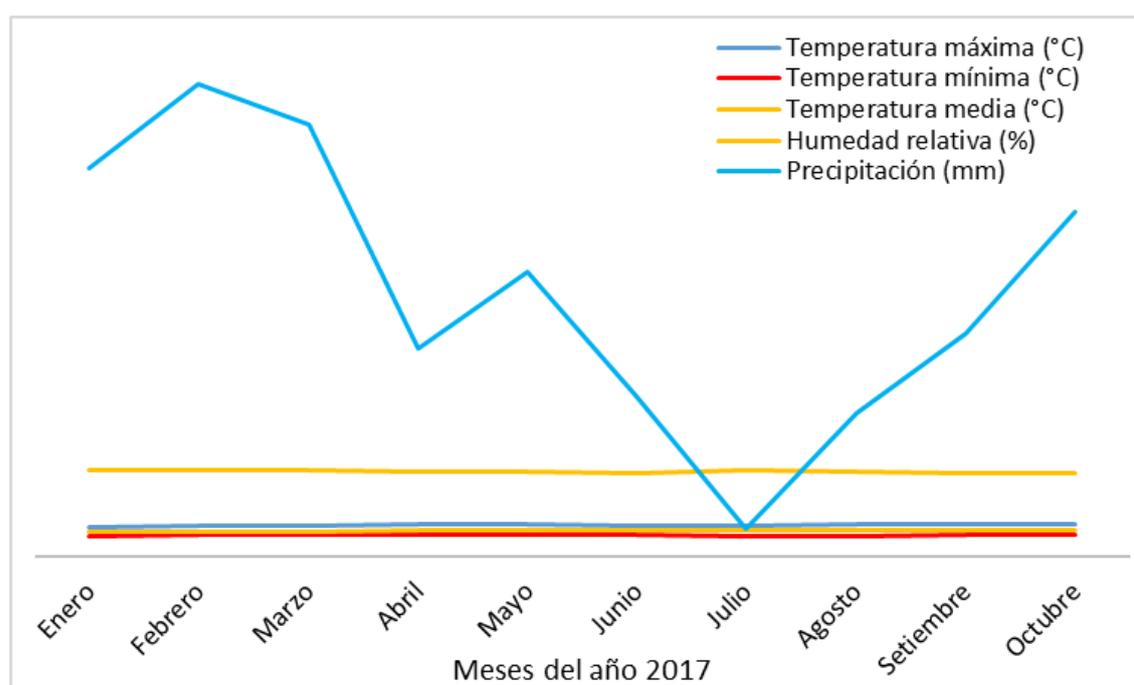


Figura 1. Comportamiento de los parámetros climáticos en el CIPTALD.

3.2. Materiales y equipo

3.2.1. Unidad de estudio

Planta de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) con edades alrededor de 10 años desde su establecimiento; estas plantas se encuentran en producción a partir de los seis años de establecido.

3.2.2. Materiales y herramientas

Se utilizó un formato de evaluación (instrumento de recolección de datos), palana recta, pico, cavadora, machete, wincha de 5 m, wincha de 30 m y bolsas de polietileno.

3.2.3. Equipos

Se consideró el uso de una cámara fotográfica, receptor GPS, estufa eléctrica y una balanza de precisión.

3.3. Aspectos generales de la tesis

3.3.1. Variables consideradas en la tesis a nivel relacional

De acuerdo a lo reportado por SUPO (2014), para un nivel de investigación de tipo relacional, las variables son:

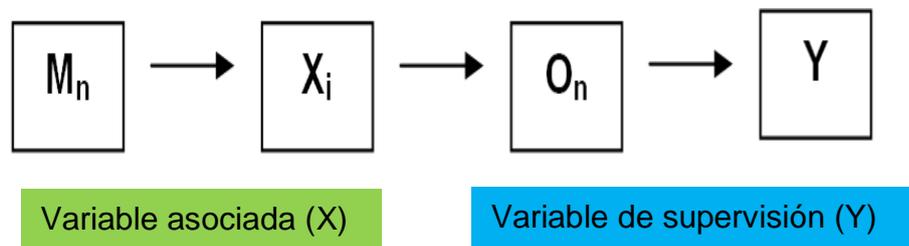
- Las variables de supervisión (X), que estuvieron constituidas por las propiedades físico-químicas de los suelos de la

plantación (textura, N, P, K, M.O y pH) donde se encontraban establecidas las plantas de aguaje.

- La variable asociada (Y) que estuvo constituida por la biomasa de raíces de las plantas de aguaje.

3.3.2. Diseño de la tesis a nivel relacional

Debido a que la investigación ha tenido como objetivo indagar la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables en una población, el diseño de la investigación estuvo constituido por el esquema adaptado de HERNÁNDEZ *et al.* (2014).



Donde:

- M_1 : Muestras n (varios grupos de estudio).
- X_i : Variable(s) asociada(s) de estudio.
- O_1 : Observaciones n: Resultados
- Y : Variable de supervisión.

3.3.3. Determinación del número de la muestra

La cantidad de muestra a obtener fue de manera direccionada (no probabilística) debido hay algunas plantas que fueron afectadas por el ganado

vacuno o estuvieron con problemas sanitarios, las cuales les excluyó para no ser escogidos en el muestreo de su sistema radicular. Ante ello, se seleccionaron cuatro plantas por cada parcela, de los cuales dos fueron plantas femeninas y dos plantas masculinas.

3.3.4. Muestreo

Se evaluó el sistema radicular perteneciente a cuatro plantas de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) por cada parcela o plantación. El criterio a tomar para considerar la planta a evaluar estuviera constituido por que las ocho plantas en su alrededor posean características favorables de crecimiento, las que no fueron perjudicados por agentes externos.

La colecta de las muestras del sistema radicular y las muestras de suelos se obtuvieron realizando una proyección en cruz (+) teniendo en consideración el origen al lugar donde la planta se encuentra establecida (Figura 2); y a cada metro de distancia se colectó muestras de raíces y de suelo a diferentes profundidades de muestreo (Figura 3), hasta alcanzar una profundidad de 0.6 m y con la finalidad de determinar la distribución horizontal de las raíces. La distancia de muestreo de las raíces fueron variables, debido a que se consideró las distancias entre plantas de cada parcela, siendo, de 7.0 m y 5.0 m para la parcela ubicado en el área de la oficina, de 6.0 m y 5.0 m para la parcela ubicada en el área de porcinos, de 5.0 m y 4.0 m para el área de la lechería. Además, el muestreo se realizó teniendo en consideración la proyección hacia los puntos cardinales (Este, Oeste, Norte y Sur).

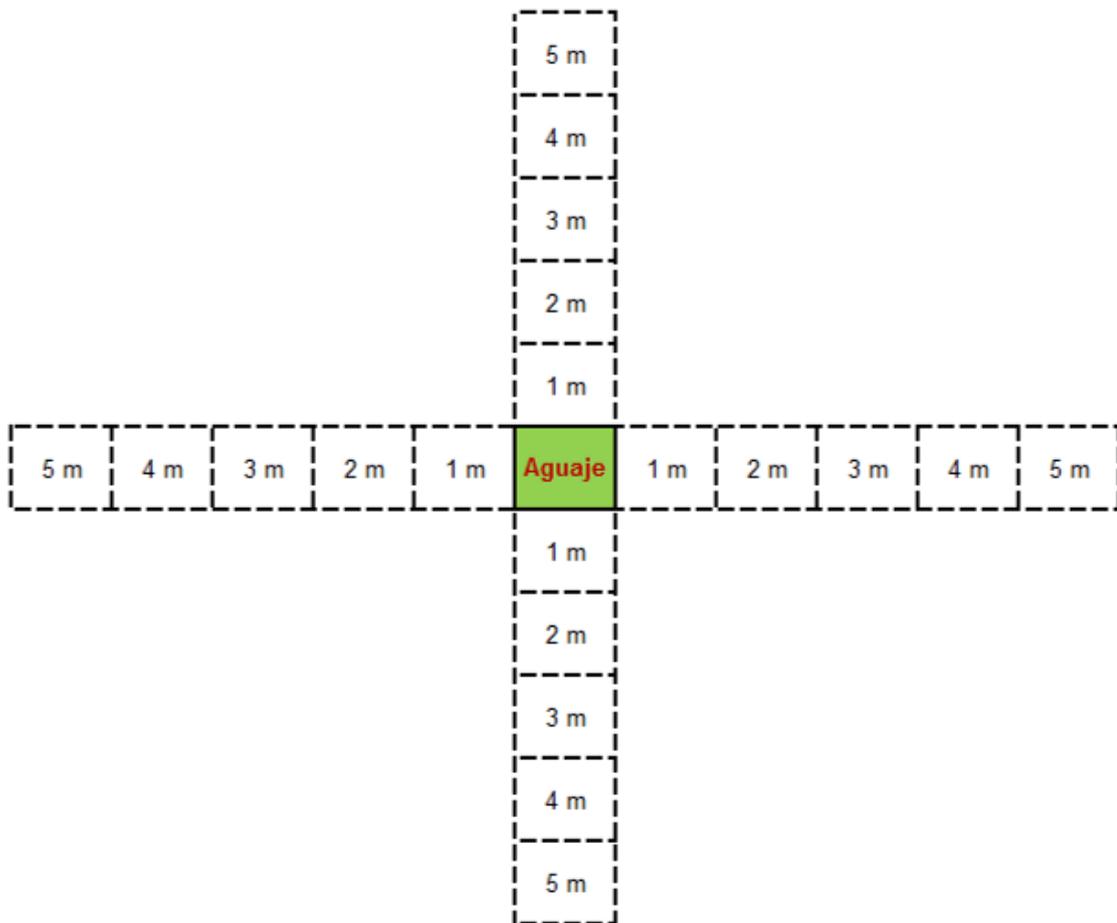


Figura 2. Vista de planta para el muestreo de raíces.

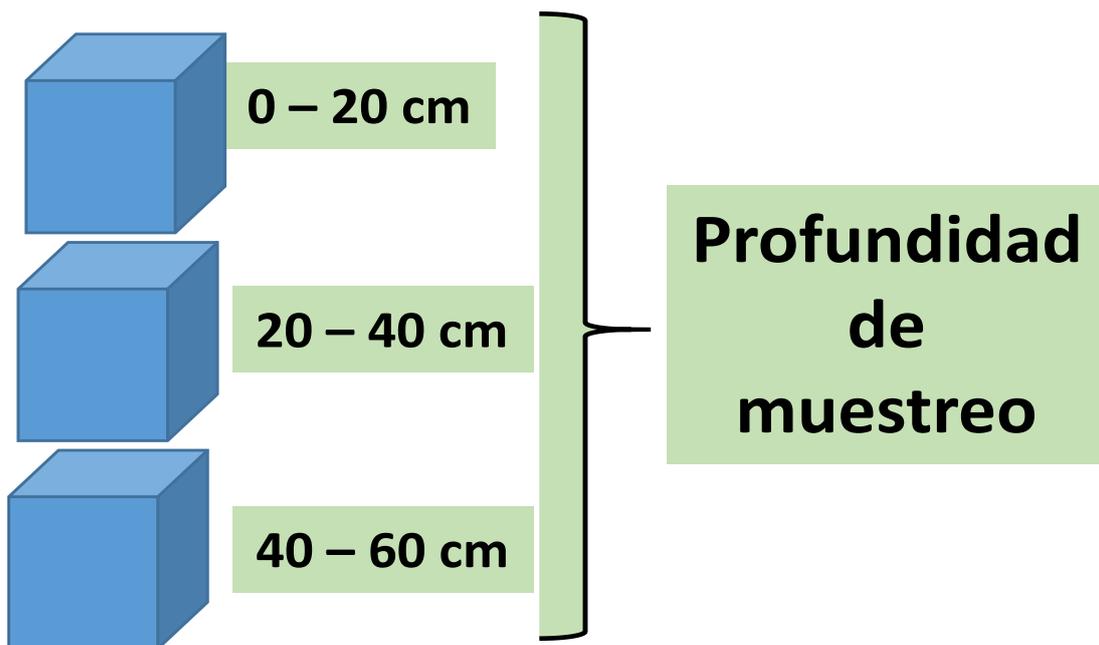


Figura 3. Distribución de las subparcelas de muestreo.

Para la ubicación de las unidades de estudio (plantas de aguaje) se tuvieron en cuenta el efecto de borde que causan las carreteras, los caminos, el bosque secundario y otras áreas de plantaciones con densidad diferente, también se consideró que esta área fue representativa de la población.

3.4. Metodología

3.4.1. Planificación de actividades

Se solicitó la autorización de acceso hacia las plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) con la finalidad de realizar la colecta de datos y además se realizó las coordinaciones sobre el préstamo del receptor GPS, cámara fotográfica y la planificación de la compra de algunos materiales menores como fueron los costales color blanco, bolsas de polietileno, lapiceros y tablero para facilitar las anotaciones.

3.4.2. Muestreo del sistema radicular del aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.)

Una vez en terreno definitivo, se utilizó la motoguadaña o desbrozadora con la finalidad de limpiar alrededor de las plantas de aguaje que fueron seleccionados para el estudio de las raíces y el realizar el muestreo de los suelos lo más cercano posible a las raíces muestreadas.

Se realizó las mediciones de las dimensiones perpendiculares a la planta de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.), teniendo en consideración los puntos

cardinales (Este a Oeste y de Norte a Sur) en donde se ubicó los puntos de muestreo a cada metro de distancia. El muestreo de suelos se realizó empleando la palana recta, teniendo en consideración de que el ancho de la palana fue considerado como la dimensión del punto de muestreo, hasta alcanzar una profundidad de 0.6 m; la tierra extraída se colocó encima de un costal con la finalidad de escoger las raíces del aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

En caso de obtener la muestra de la última profundidad (40 – 60 cm), se ha tenido que emplear la cavadora debido a que se limitaba la extracción radicular con la palana recta.

Una vez colocadas los monolitos (volumen de suelo obtenido con dimensiones de 20 cm) sobre el costal blanco, se procedió a escoger las raíces y se les colocaba en una bolsa de polietileno a la cual se le codificaba con información de 1 - 2 - 1 - 1 - E - 1 - 1, en donde los números consecutivos correspondían a la información de: parcela 1, fila 2, planta 1, planta de sexo femenino, orientación Este, distancia 1 m desde la planta y profundidad de 0 – 20 cm.

Posteriormente de la codificación y las bolsas de polietileno contenido las muestras de raíces fueron colocados a la intemperie con la finalidad de realizar un presecado mediante el soleado aproximadamente por dos horas, para posteriormente ser transportados al laboratorio de Semillas Forestales de la Escuela Profesional de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables.

3.4.2.1. Muestreo de los suelos con plantaciones de aguaje

Se consideró los puntos de muestreo del suelo extraído con la finalidad de obtener las raíces del aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.), en las cuales se juntó las submuestras mezclándolas por cada nivel de extracción (todas las muestras de 0 – 20 cm, todas las muestras de 20 – 40 cm y todas las muestras de 40 – 60 cm de la misma planta), de dicha mezcla se llevó una muestra por planta y nivel de muestreo, siendo en total 12 muestras de un (01) kilogramo cada uno. Se exceptuó el muestreo de los suelos en la parcela ubicado en la oficina (parcela II) debido a que la humedad fue excesiva y en caso de la parcela ubicado en la oficina se exceptuó el muestreo en una planta por excesiva piedra.

3.4.2.2. Fase de laboratorio

En el laboratorio, las muestras se codificaron para ser colocados en la estufa a una temperatura de 75 °C (inicial) y al segundo día se elevó a una temperatura de 105 °C (por dos días más) y finalmente se pesó en una balanza de precisión para obtener la biomasa (peso seco) que presenta la muestra radicular.

En el caso de las muestras de los suelos, éstos fueron secadas bajo techo con la finalidad de que no le llegue los rayos solares de manera directa, luego se los llevó al laboratorio de análisis de suelos perteneciente a la Facultad de Agronomía, a las cuales se les solicitó los servicios de análisis de los parámetros de los suelos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Parámetros físicos y químicos obtenidos de las muestras de los suelos.

Parámetros del suelo	Método de su determinación
Textura del suelo	Método del hidrómetro de bouyoucos
Materia orgánica	Método de Walkley y Black
Reacción del suelo	Método del potenciómetro
Aluminio intercambiable	Método de Yuan
Nitrógeno total	Método de Kjeldahl
Fósforo disponible	Método de Olsen
Potasio disponible	Método del Ácido sulfúrico
Bases Intercambiable	Método del Acetato
Cap. de intercambio catiónico	Método del Acetato

Fuente: Laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía.

3.4.3. Análisis e interpretación de los datos

Para el análisis de los datos se utilizó los siguientes estadísticos descriptivos:

3.4.3.1. Media aritmética o promedio

Con la finalidad de alcanzar los dos objetivos específicos iniciales, para el análisis de los datos, se utilizó media o promedio, donde la fórmula empleadas fue:

$$\text{Media} = \frac{\text{Suma de los datos}}{\text{Cantidad de datos}}$$

3.4.3.2. Intervalos de confianza

Con la finalidad de conocer los intervalos de confianza aproximados para la media, se utilizó el error estándar de la media (ee). Las siguientes expresiones fueron usadas para calcular los límites de confianza por encima y por debajo del 95% de confiabilidad, donde se consideró el valor promedio de la muestra, el error estándar (ee) de la media en la muestra, y 1.96 le correspondió al cuantil 0.975 de la distribución normal. Generándose las fórmulas para los intervalos que corresponden a:

Por encima del 95% Límite = media + ee*1.96

Por debajo del 95% Límite = media – ee*1.96

La expresión general queda: Media \pm 1.96*error estándar

3.4.3.3. Coeficiente de variación

El coeficiente de variación permitió comparar la variabilidad de los resultados en las propiedades físicas y químicas de los suelos, así como la variabilidad en la biomasa radicular para cada nivel de muestreo. Este estadístico se determinó con la fórmula:

$$CV \% = \frac{S}{X} * 100 \qquad S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n - 1}}$$

Donde:

CV: coeficiente de variación.

S: desviación estándar.

X: promedio poblacional.

A pesar de no corresponder a un estudio con manipulación (experimento), las escalas para calificar la variabilidad de los volúmenes entre individuos, se consideraron según el criterio de CALZADA (1970), siendo estos:

- Entre 5% y 10%: excelente dispersión de los datos.
- Entre 11% y 15%: muy buena dispersión de los datos.
- Entre 16% y 20%: buena dispersión de los datos.
- Entre 21% y 25%: regular dispersión de los datos.
- Entre 26% y 31%: mala dispersión de los datos.
- Más de 31%: muy mala dispersión de los datos.

3.4.3.4. Correlación de Pearson

Con la finalidad de determinar una relación entre variables asociadas y de supervisión, se realizó la correlación de Pearson por presentar variables numéricas. En caso de la interpretación del coeficiente de r de Pearson, se consideró lo reportado por HERNÁNDEZ *et al.* (2014), en donde los valores de dicho coeficiente son:

± 0.90 = Correlación positiva o negativa muy fuerte.

± 0.75 = Correlación positiva o negativa considerable.

± 0.50 = Correlación positiva o negativa media.

± 0.25 = Correlación positiva o negativa débil.

± 0.10 = Correlación positiva o negativa muy débil.

0.00 = No existe correlación alguna entre las variables.

Para el cumplimiento de la hipótesis, se analizó el p-valor o significancia de la correlación entre cada variable en estudio. El informe final de la investigación se realizó luego de la recolección de datos, su respectivo análisis e interpretación, para que mediante el software Ms Word 2010 se procedió a plasmar en un documento final.

IV. RESULTADOS

4.1. Caracterización de las propiedades físicas y químicas de los suelos en las plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.)

4.1.1. Contenido de arena

El contenido de arena en los suelos muestreados no mantuvo una relación con la profundidad de muestreo, registrándose mayor promedio (34.53%) en la parte más superficial y el menor promedio en la parte media del muestreo (32.13%). Los muestreos realizados en la parte superior del suelo (0 – 20 cm) registraron mayor homogeneidad del contenido de arena en las muestras colectadas, mientras que la mayor variabilidad de los resultados se registró al obtener las muestras de los suelos obtenidos de la profundidad entre los 40 a 60 cm (Cuadro 5).

Cuadro 4. Contenido de arena en los suelos con plantación de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Profundidad (cm)	N	Mínimo	Máximo	Media (%)	Error estándar	CV (%)
0 - 20	5	30.53	42.53	34.53	2.28	14.77
20 - 40	5	24.53	40.53	32.13	2.99	20.83
40 - 60	5	20.53	52.53	33.73	5.71	37.88

4.1.2. Contenido de limo

El contenido de limo en las muestras de los suelos registró mayor promedio (43.74%) los que procedían de la parte superficial (0 – 20 cm), mientras que el menor valor resaltó en la parte intermedia del suelo muestreado con un valor de 41.34%; además, los resultados más homogéneos respecto a la media se obtuvieron en la muestra extraída de la parte superficial por alcanzar un 20.29% del coeficiente de variación, mientras que los datos más heterogéneos se registró a mayor profundidad (Cuadro 6).

Cuadro 5. Contenido de limo en los suelos con plantación de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Profundidad (cm)	N	Mínimo	Máximo	Media (%)	Error estándar	CV (%)
0 - 20	5	30.14	52.14	43.74	3.97	20.29
20 - 40	5	24.14	50.14	41.34	4.76	25.73
40 - 60	5	20.14	52.14	42.94	5.95	31.00

4.1.3. Contenido de arcilla

La concentración de arcilla en las muestras de los suelos fue mayor a una profundidad de 20 a 40 cm de los suelos con plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.), mientras que el menor valor promedio se obtuvo a mayor profundidad de muestreo (40 a 60 cm); asimismo, se observó mayor homogeneidad de los resultados respecto a este indicador en las muestras provenientes de mayor profundidad (Cuadro 7).

Cuadro 6. Contenido de arcilla en los suelos con plantación de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Profundidad (cm)	N	Mínimo	Máximo	Media (%)	Error estándar	CV (%)
0 - 20	5	11.33	33.33	21.73	4.12	42.38
20 - 40	5	17.33	37.33	26.53	4.13	34.79
40 - 60	5	17.33	27.33	23.33	1.90	18.19

4.1.4. Niveles de pH

Los niveles del pH en las muestras de los suelos muestran una relación directamente proporcional respecto a la profundidad de muestreo, registrando que en la parte más superficial el promedio alcanzado fue de 5.60 variando hasta los 6.18 a una profundidad entre los 40 a 60 cm.

Por otro lado, la variabilidad de los datos fue más homogéneos en la parte superficial de muestreo (CV = 2.32%), mientras que los datos más heterogéneos se registraron entre los 20 a 40 cm de profundidad (Cuadro 8).

Cuadro 7. Niveles de pH en los suelos con plantación de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Profundidad (cm)	N	Mínimo	Máximo	Media	Error estándar	CV (%)
0 - 20	5	5.52	5.83	5.60	0.06	2.32
20 - 40	5	5.57	6.35	5.78	0.15	5.61
40 - 60	5	5.84	6.67	6.18	0.15	5.43

4.1.5. Niveles de materia orgánica

Se observa una relación inversamente proporcional entre el contenido de materia orgánica y la profundidad de muestreo realizado, en donde a una profundidad entre los 0 a 20 cm del suelo se alcanzó una media de 3.43% de materia orgánica, mientras que entre los 40 a 60 cm se obtuvo solamente 1.53% de dicho indicador; además los datos más homogéneos se registraron en la profundidad entre los 20 a 40 cm de muestreo (Cuadro 9).

Cuadro 8. Niveles de materia orgánica en los suelos con plantación de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Profundidad (cm)	N	Mínimo	Máximo	Media (%)	Error estándar	CV (%)
0 - 20	5	2.56	4.32	3.43	0.36	23.68
20 - 40	5	2.06	2.56	2.35	0.08	7.89
40 - 60	5	1.24	2.02	1.53	0.15	21.66

4.1.6. Niveles de nitrógeno

El comportamiento del nitrógeno fue similar a la materia orgánica, alcanzando una relación inversamente proporcional con la profundidad de muestreo de los suelos con plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.), en el cual a menor profundidad (0 – 20 cm) se registró una media de 0.15%, mientras que a mayor profundidad se obtuvo solamente 0.07% de nitrógeno. Además, las muestras de los suelos obtenidas entre los 20 a 40 cm registró mayor homogeneidad de los resultados respecto al nitrógeno (Cuadro 10).

Cuadro 9. Niveles de nitrógeno en los suelos con plantación de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Profundidad (cm)	N	Mínimo	Máximo	Media (%)	Error estándar	CV (%)
0 - 20	5	0.12	0.19	0.15	0.02	23.68
20 - 40	5	0.09	0.12	0.11	0.004	7.89
40 - 60	5	0.06	0.09	0.07	0.01	21.66

4.1.7. Niveles de fósforo

Los niveles del fósforo en las muestras de los suelos registraron valores variables, no reportando relación alguna con la profundidad de muestreo, en donde el mayor nivel de dicho elemento se reportó a una profundidad de 20 a 40 cm con una media de 14.04 ppm a pesar de que los datos fueron muy variables (30.99% de valor alcanzado por el coeficiente de variación), mientras que el menor valor se obtuvo entre los 40 a 60 cm con una media de 13.28 ppm (Cuadro 11).

Cuadro 10. Niveles de fósforo en los suelos con plantación de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Profundidad (cm)	N	Mínimo	Máximo	Media (ppm)	EE	CV (%)
0 - 20	5	9.36	16.86	13.69	1.32	21.56
20 - 40	5	7.16	17.97	14.04	1.95	30.99
40 - 60	5	11.11	18.66	13.28	1.41	23.72

4.1.8. Niveles de potasio

Los niveles de potasio en las muestras de los suelos registraron una relación inversamente proporcional en relación a la profundidad de muestreo, alcanzando valores promedios de 9.71 ppm para la parte superficial muestreada (0 - 20 cm) y 83.21 ppm al muestrear los suelos entre los 40 a 60 cm, pero con mayor variabilidad entre los resultados (Cuadro 12).

Cuadro 11. Niveles de potasio en los suelos con plantación de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Profundidad (cm)	N	Mínimo	Máximo	Media (ppm)	EE	CV (%)
0 - 20	5	83.96	99.21	91.71	3.12	7.60
20 - 40	5	84.46	99.46	91.36	3.15	7.70
40 - 60	5	72.47	92.96	83.21	3.64	9.78

4.1.9. Niveles de CIC

Los niveles de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) reportó un comportamiento inversamente proporcional con la profundidad de muestreo realizado en los suelos con plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.), en donde, entre los 0 a 20 cm del suelo se obtuvo mayor promedio de la CIC (10.28) y a mayor profundidad de muestreo se obtuvo una media de 8.81, siendo este valor promedio que obtuvo mayor variabilidad debido a que el coeficiente de variación alcanzado fue 14.51%, mientras que los resultados más homogéneos se obtuvo en las muestras más superficiales (Cuadro 13).

Cuadro 12. Niveles de CIC en los suelos con plantación de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Profundidad (cm)	N	Mínimo	Máximo	Media	Error estándar	CV (%)
0 - 20	5	8.28	11.07	10.28	0.51	10.99
20 - 40	5	8.17	11.07	9.82	0.52	11.90
40 - 60	5	7.23	10.28	8.81	0.57	14.51

4.1.10. Niveles de calcio cambiabile

Los niveles del indicador calcio cambiabile registró una relación inversamente proporcional con la profundidad de muestreo realizado, mostrando que el mayor promedio (8.56 Cmol(+)/kg) se observó entre los 0 a 20 cm de profundidad de los suelos, mientras que el menor valor promedio fue 7.23 Cmol(+)/kg al muestrear suelos a mayor profundidad, siendo estas muestras mucho más heterogéneos en el contenido de este elemento por presentar 16.11% del coeficiente de variación (Cuadro 14).

Cuadro 13. Niveles de calcio cambiabile en los suelos con plantación de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Profundidad (cm)	N	Mínimo	Máximo	Media (Cmol(+)/kg)	EE	CV (%)
0 - 20	5	6.74	9.24	8.56	0.46	11.99
20 - 40	5	6.70	9.27	8.16	0.47	12.92
40 - 60	5	5.87	8.69	7.23	0.52	16.11

4.1.11. Niveles de magnesio cambiabile

Los niveles de magnesio cambiabile registraron relación inversamente proporcional, alcanzando mayor promedio (1.40 Cmol(+)/kg) a una profundidad entre los 0 a 20 cm de muestreo, mientras que el menor valor promedio y con mayor variabilidad (11.54%) se obtuvo a una profundidad entre los 40 a 60 cm de muestreo (Cuadro 15).

Cuadro 14. Niveles de magnesio cambiabile en los suelos con plantación de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Profundidad (cm)	N	Mínimo	Máximo	Media (Cmol(+)/kg)	EE	CV (%)
0 - 20	5	1.18	1.52	1.40	0.06	9.11
20 - 40	5	1.17	1.51	1.37	0.06	9.32
40 - 60	5	1.08	1.48	1.31	0.07	11.54

4.1.12. Niveles de potasio cambiabile

De las cinco muestras de los suelos por cada nivel de muestreo que fueron llevados al laboratorio registraron mayor promedio (0.19 Cmol(+)/kg) en los niveles de potasio para el suelo muestreado entre los 0 a 20 cm de profundidad, siendo estos resultados de mayor variabilidad respecto a la media por alcanzar un 8.07% en el coeficiente de variación. Entre las profundidades desde los 20 a 60 cm se registró valores de promedios similares (0.17 Cmol(+)/kg) del potasio cambiabile, a pesar que entre los 20 a 40 cm de muestreo los resultados fueron más homogéneos (Cuadro 16).

Cuadro 15. Niveles de potasio cambiabile en los suelos con plantación de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Profundidad (cm)	N	Mínimo	Máximo	Media (Cmol(+)/kg)	EE	CV (%)
0 - 20	5	0.17	0.20	0.19	0.01	8.07
20 - 40	5	0.16	0.18	0.17	0.003	3.52
40 - 60	5	0.15	0.19	0.17	0.01	7.38

4.1.13. Niveles de sodio cambiabile

Los niveles del sodio cambiabile en las muestras de suelos procedentes de plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) alcanzaron valores directamente proporcionales a la profundidad de muestreo, en donde el mayor valor promedio fue de 0.13 Cmol(+)/kg en la parte superior del suelo (0 – 20 cm), mientras que entre los 40 a 60 cm se obtuvo una media de 0.10 Cmol(+)/kg, siendo más heterogéneo (CV = 20.48%) los resultados teniendo en consideración el valor promedio alcanzado (Cuadro 17).

Cuadro 16. Niveles de sodio cambiabile en los suelos con plantación de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Profundidad (cm)	N	Mínimo	Máximo	Media (Cmol(+)/kg)	EE	CV (%)
0 - 20	5	0.10	0.16	0.13	0.01	16.87
20 - 40	5	0.09	0.13	0.11	0.01	14.36
40 - 60	5	0.07	0.12	0.10	0.01	20.48

4.2. Biomasa de las raíces en las plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.)

4.2.1. Distribución vertical de la biomasa radicular

La biomasa del sistema radicular en las muestras de suelos (monolitos) obtenidos a diferentes profundidades de muestreo registraron valores diferentes, registrando que a una profundidad entre los 20 a 40 cm se alcanzó 32.53 g de biomasa, siendo el mayor promedio obtenido por cada 8000 cm³ de suelo (monolitos de 20 x 20 x 20 cm); mientras que el menor valor promedio se registró a una profundidad de 0 a 20 cm de muestreo con una media de 11.41 g.

Los valores de la biomasa radicular tuvieron alta variabilidad de los resultados en las muestras realizadas, siendo superior dicha variabilidad en la profundidad de 40 a 60 cm, debido a que en muchos de estos monolitos extraídos no se encontraron raíz del aguaje (Cuadro 18 y Figura 4).

Cuadro 17. Distribución vertical de la biomasa de raíces en plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Profundidad (cm)	Mínimo	Máximo	Media (g)	Error estándar	CV (%)
0 - 20	0.00	121.75	30.04	1.81	92.24
20 - 40	0.00	332.24	32.53	2.60	122.07
40 - 60	0.00	157.91	11.41	1.44	192.69

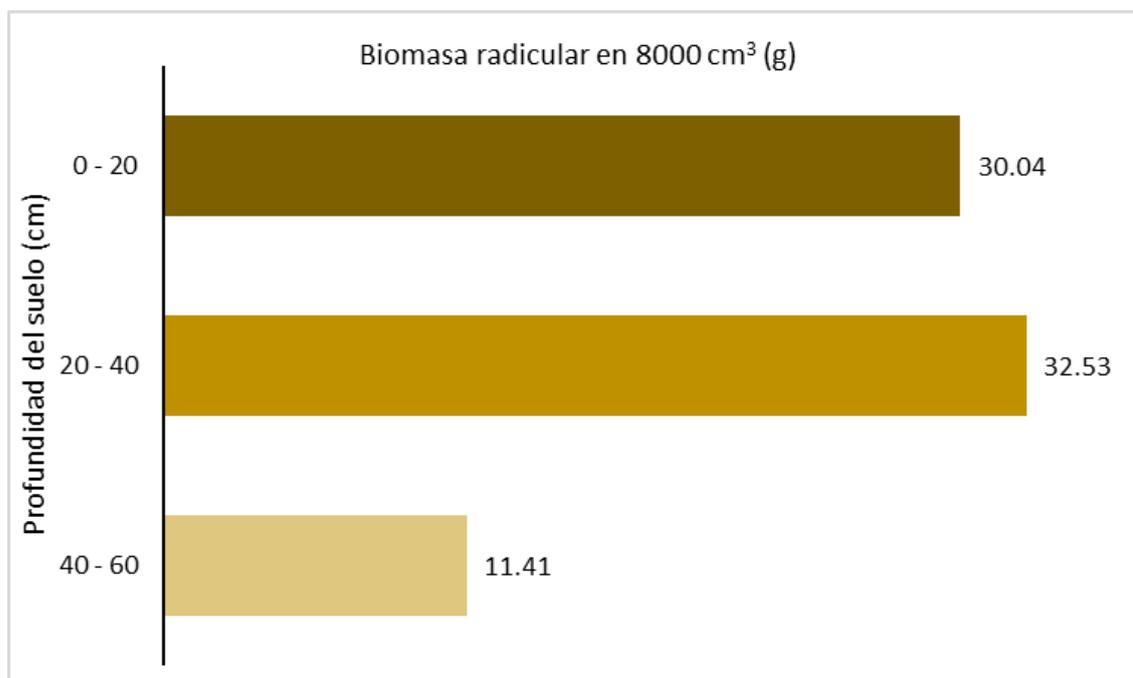


Figura 4. Distribución vertical de raíces en plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

4.2.2. Distribución horizontal de la biomasa radicular

Teniendo en consideración la distribución de la biomasa radicular desde la planta hasta la parte céntrica de las filas y columnas de la plantación, se registró que mientras más se alejaban los puntos de muestreo, se disminuían la biomasa del sistema radicular, con promedios desde 54.90 g al metro de distancia de la planta hasta un promedio de 2.68 g a los siete metros de distancia de la planta (Cuadro 19 y Figura 5).

En caso del coeficiente de variación, las variabilidades de los datos respecto a los puntos de muestreo fueron elevados debido que a un metro de distancia se registró 85.92% y a los siete metros se elevó la variación a 155% por la ausencia de raíz en algunos puntos de muestreo (Cuadro 19).

Cuadro 18. Distribución horizontal de la biomasa de raíces en plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Distancia (m)	Mínimo	Máximo	Media (g)	Error estándar	CV (%)
1	1.56	332.24	54.90	4.11	85.92
2	0.00	135.01	25.33	2.46	111.59
3	0.32	111.28	22.89	2.15	108.13
4	0.00	120.17	15.50	1.57	116.64
5	0.00	80.09	12.50	1.48	123.23
6	0.00	21.84	5.75	0.97	109.66
7	0.00	15.39	2.68	0.85	155.74

CV = Coeficiente de variación.

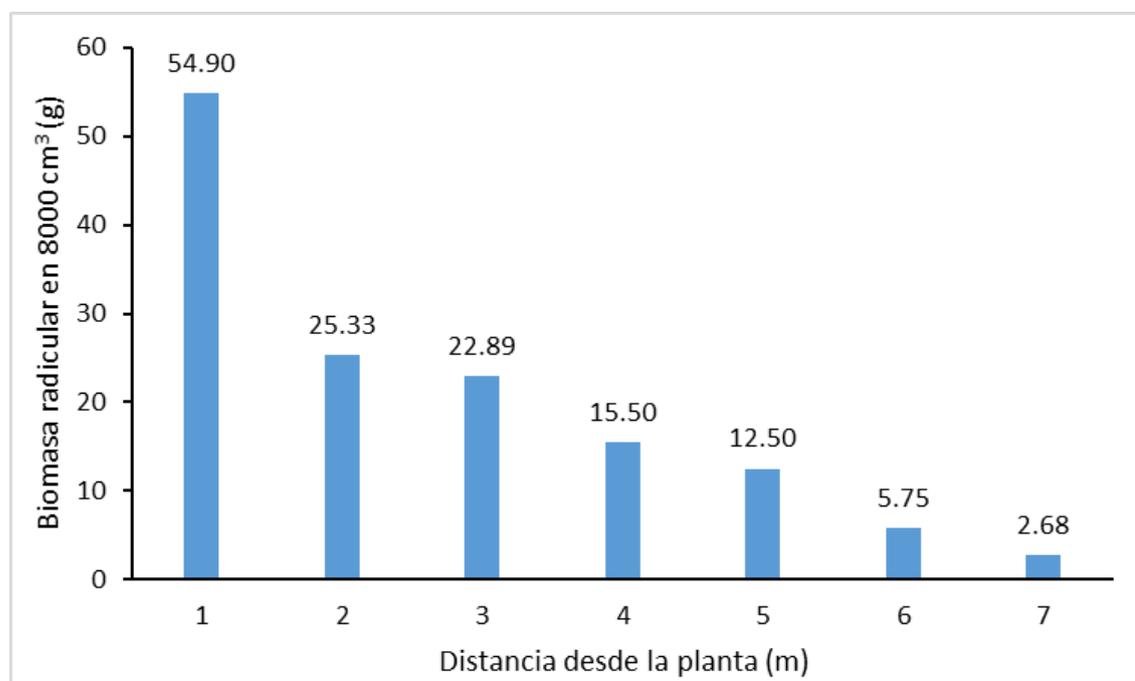


Figura 5. Distribución horizontal de raíces en plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

4.3. Relación entre las propiedades físicas y químicas de los suelos con la biomasa de las raíces del aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.)

Teniendo en consideración la estimación puntual, se consideró las siguientes correlaciones:

- El porcentaje de arena no presentó correlación alguna ($r = 0.017$) con la biomasa del sistema radicular en las plantas de aguaje.
- La cantidad de arcilla registró correlación negativa débil ($r = -0.431$) con la biomasa del sistema radicular del aguaje.
- El contenido de limo presentó correlación positiva débil ($r = 0.305$) con la biomasa radicular.
- Los niveles del pH alcanzaron una correlación negativa débil ($r = -0.367$) con la biomasa de la raíz.
- La materia orgánica y el nitrógeno presentaron una correlación positiva débil ($r = 0.215$) con la biomasa de la raíz.
- Los niveles del fósforo no registraron correlación alguna ($r = 0.099$) con la biomasa del sistema radicular.
- Los niveles de potasio alcanzaron una correlación positiva muy débil ($r = 0.130$) con la biomasa de la raíz.

Estadísticamente no se logró determinar correlación estadística entre ninguna de las propiedades de los suelos donde se encontraba establecido el aguaje con la biomasa de su sistema radicular (Cuadro 20).

Cuadro 19. Correlación entre las propiedades del suelo con la biomasa de raíces en plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Propiedades del suelo	Correlación de Pearson	Sig. (bilateral)
Arena (%)	0.017	0.9519 ^{ns}
Arcilla (%)	-0.431	0.1084 ^{ns}
Limo (%)	0.305	0.2696 ^{ns}
pH (1:1)	-0.367	0.1786 ^{ns}
M.O. (%)	0.215	0.4412 ^{ns}
N (%)	0.215	0.4412 ^{ns}
P (ppm)	0.099	0.7268 ^{ns}
K (ppm)	0.130	0.6441 ^{ns}
CIC	-0.023	0.9365 ^{ns}
Ca (Cmol+)/kg)	-0.020	0.9445 ^{ns}
Mg (Cmol+)/kg)	-0.092	0.7453 ^{ns}
K (Cmol+)/kg)	0.350	0.2012 ^{ns}
Na (Cmol+)/kg)	0.060	0.8325 ^{ns}

V. DISCUSIÓN

5.1. De la caracterización de las propiedades físicas y químicas de los suelos en las plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.)

Se determinó que en los suelos entre los 0 a 20 cm se encontraron mayor contenido de arena (34.53%), limo (43.74%), materia orgánica (3.43%), nitrógeno (0.15%), potasio (91.71 ppm), CIC (10.28), calcio cambiante (8.56 Cmol(+)/kg), magnesio cambiante (1.40 Cmol(+)/kg), potasio cambiante (0.19 Cmol(+)/kg) y sodio cambiante (0.13 Cmol(+)/kg), las cuales fueron disminuyendo su contenido respecto a la profundidad de muestreo, esto es corroborado por LÓPEZ *et al.* (2001), al indicar que a mayor profundidad de los suelos existe aumento en la proporción de arcillas, reducción en la fertilidad del suelo y materia orgánica, además existe escasa aireación.

Respecto al contenido de arena y las propiedades químicas presentados en las plantaciones del aguaje fue variable entre los puntos de muestreo, para ROJAS (2000), el hábitat donde se desarrolla el aguaje es muy variado, desde tierras bajas inundadas permanentemente o estacionalmente hasta los terrenos bajos de tierra firme; desde suelos pantanosos hasta fértiles, pasando por suelos arenosos; desde el nivel del mar en la costa Atlántica, hasta la ladera Oriental de los Andes; por lo que se puede afirmar que el aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) es una palmera con amplia plasticidad fisiológica.

El mayor nivel del pH se registró que en la parte más superficial el promedio alcanzado fue de 5.60 variando hasta los 6.18 a una profundidad entre los 40 a 60 cm, la cual indica que hasta el punto de muestreo existe mayor nivel de pH a mayor profundidad de muestreo, la cual según KEMMITT *et al.* (2006) bajo estas condiciones (pH mayores de 5.5) se aumenta la disponibilidad de nutrientes como Ca, Mg, P, K, Fe, entre otros, y para IBÁÑEZ (2007), los valores entre 5.5 y 6.5 favorece tanto la solubilidad como la disponibilidad de los nutrientes en el suelo.

Se determinó diferencias muy variables respecto a la profundidad de muestreo en el contenido de arcilla (26.53%) y fósforo (14.04 ppm) debido a que hubo mayor contenido en la profundidad de los 20 a 40 cm, este comportamiento es desfavorable para determinar la calidad del suelo ya que no hay estabilidad de distribución; para BANDICK y DICK (1999), el suelo por su amplia variabilidad, es difícil establecer una sola medida física, química o biológica que refleje su calidad; por ello, para CONSENTINO y CONSTANTINI (2000), las variables biológicas son mejores que las variables químicas como indicadores de calidad del suelo, ya que son más sensibles en la identificación de cambios en diferentes manejos de cultivos.

5.2. De la biomasa de las raíces tanto en el patrón de distribución vertical y horizontal en las plantaciones de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.)

Se determinó que la biomasa de la raíz fue variable de acuerdo a la profundidad de muestreo, con valores de 30.04, 32.53 y 11.41 g en las profundidades de 0 - 20, 20 - 40 y 40 - 60 cm respectivamente por cada 8000

cm³ de suelo, la cual fue diferente a los registrados en otros estudios, al revelar que la concentración de mayor densidad de raíces finas ocurre en las capas superficiales del suelo con una tendencia de disminución conforme se profundiza en el suelo (LÓPEZ *et al.*, 2001; MORALES, 1997; CAVALIER *et al.*, 1996; CAVALIER, 1992), este comportamiento se debe a la particularidad de la especie en estudio por crecer en suelos temporalmente inundados.

Los mayores valores de biomasa radicular fueron determinados en la profundidad comprendida entre los 20 a 40 cm del suelo, la cual representa valores contrdictorios a lo reportado por CAVALIER (1992), en un estudio realizado en bosques semideciduo y montano bajo (Panamá), al coleccionar más del 90% de la biomasa total en los primeros 25 cm de profundidad, mientras que resultados más aproximados lo señalan MORENO-CHACÓN y LUSK (2004) al indicar que el 69% de la biomasa de raíces finas se concentra en los primeros 30 cm de profundidad del suelo en un muestreo realizado en el Parque Nacional Puyehue (Chile).

La biomasa de las raíces evaluadas en las plantas de *Mauritia flexuosa* L.f. fueron variables en la dimensión longitudinal y transversal, las cuales para PRITCHETT (1986), este comportamiento es determinado en gran parte por la textura del suelo, su compactación, la humedad disponible y la nutrición o como refiere MORALES (1997) está influenciada por la competencia intra e interespecífica con raíces de otros individuos.

En caso de la variación registrada en la distribución longitudinal de las plantas evaluadas, se le pudo atribuir a la edad de las plantaciones que

fueron de 10 años, ya que MULLINS (2011) concluyó que posiblemente la estacionalidad si tuvo un efecto sobre la producción de raíces finas en los cuatro estadios secundarios (pasto, bosques temprano, intermedio y tardío) al evaluar un gradiente sucesional de bosque seco tropical en el periodo de menor disponibilidad de agua en el suelo.

En caso de la distribución horizontal de las raíces, se encontró una relación inversamente proporcional a la distancia desde la planta, con promedios desde 54.90 g a 1.0 m de la planta hasta un promedio de 2.68 g a siete metros desde la planta, siendo notorio la alta variabilidad en todos los puntos de muestreo, este comportamiento a pesar de encontrarse en una plantación se le atribuye a la edad de la plantación, ya que en adelante se espera que dicha distribución sea más uniforme, debido a que HERTEL *et al.* (2003) en los alrededores de Jaboncillo de Dota (Costa Rica), en una sucesión de bosque montano, se determinaron valores de biomasa de raíces finas de hasta siete veces mayor en el bosque maduro en comparación con el bosque temprano (1300 vs. 200 g/m² respectivamente).

5.3. De la relación entre las propiedades físicas y químicas de los suelos con la biomasa de las raíces de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.)

Con las muestras de suelos que se analizaron y la biomasa radicular obtenida, no se logró demostrar correlación estadística significativa, esto posiblemente se le atribuye a que dicha relación necesita más muestras o en todo caso se encuentran relacionadas a otras propiedades de los suelos

como lo registrado por MCGRODDY y SILVER (2000), al reportar que la biomasa de raíces finas está positivamente correlacionada con la elevación y la humedad del suelo.

La no presencia de correlación se puede atribuir a que el aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) se adapta a diferentes tipos de suelos, debido a que KAHN *et al.* (1993) señalan que algunas especies de palmeras están muy relacionadas a los ríos, lagunas y áreas inundables; como el aguaje, que soporta inundaciones permanentes de su sistema radicular y crece en suelos no organizados en horizontes que resultan de la materia orgánica poco descompuesta, afirmando que es la más acuática de las palmeras amazónicas y que ha conquistado los pantanos de la Amazonía.

Uno de los factores que pudo atribuirse a los resultados obtenidos se le atribuye al periodo de ejecución (fines de la temporada seca - octubre), ya que las plantas se encuentran con poco crecimiento radicular, esto lo corroboran GREEN *et al.* (2005) en un bosque siempreverde en Malasia, determinaron que los valores más bajos de producción de biomasa de raíces finas correspondían al período seco y lo contrario indican KAVANAGH y KELLMAN (1992), al determinar que el mayor crecimiento de raíces finas en la estación biológica la Mancha (México) se dio al inicio de la época lluviosa.

No se logró determinar relación entre las propiedades de los suelos y la biomasa del sistema radicular, la cual posiblemente se le atribuye al periodo de evaluación, ya que se realizó el estudio a finales de la temporada

seca, esto es contradictorio a lo que PRITCHETT (1986) indica, sobre la tasa de elongación de las raíces resulta afectada en gran medida por los niveles de humedad del suelo durante la estación de crecimiento, la cual en caso de la especie en estudio las raíces se benefician con el exceso de humedad por presentar raíces neumatóforas.

VI. CONCLUSIONES

1. A una profundidad de 0 a 20 cm de suelo hubo mayor nivel de arena (34.53%), limo (43.74%), M.O. (3.43%), N (0.15%), K (91.71 ppm), CIC (10.28), Ca (8.56 Cmol(+)/kg), Mg (1.40 Cmol(+)/kg), K cambiabile (0.19 Cmol(+)/kg) y Na (0.13 Cmol(+)/kg); entre 20 a 40 cm se encontró mayor arcilla (26.53%) y P (14.04 ppm), mientras que, entre 40 a 60 cm se registró mayor pH (6.18).
2. La biomasa de la raíz obtenido fue de 30.04, 32.53 y 11.41 g en las profundidades de 0 - 20, 20 - 40 y 40 - 60 cm respectivamente por cada 8000 cm³ de suelo. En la distribución horizontal, se registró desde 54.90 g a 1.0 m de la planta hasta 2.68 g a siete metros desde la planta, siendo notorio la alta variabilidad en todos los puntos de muestreo.
3. Con las 15 muestras de suelos a las que se analizaron las propiedades físico-químicas, no se logró demostrar correlación estadística significativa entre ninguna de las propiedades de los suelos con la biomasa del sistema radicular.

VII. RECOMENDACIONES

1. En las plantaciones a aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.), realizar estudios a nivel relacional en temas similares teniendo en consideración la estación climática (periodo de lluvia y de estiaje) por presentarse dichas estaciones muy marcadas en la zona de estudio.
2. Realizar estudios con la finalidad de buscar la presencia o ausencia de causalidad (estudio a nivel explicativo), teniendo en consideración las densidades de plantación de los aguajes (*Mauritia flexuosa* L.f.) si influyen o no sobre la biomasa del sistema radicular.
3. Realizar estudios con la finalidad de determinar la relación de la biomasa radicular con los parámetros morfométricos de la planta (altura, diámetro del estípite, copa, hojas, etc.).
4. Realizar mayor número de análisis de suelos con la finalidad de demostrar relación estadística entre las propiedades físico-químicas y la biomasa del sistema radicular.

**RELATION OF THE PROPERTIES PHYSICS CHEMICAL OF THE SOIL WITH
THE ROOTS BIOMASS AT PLANTATIONS OF AGUAJE (*Mauritia flexuosa*
L.f.) IN THE CIPTALD**

VIII. ABSTRACT

The majority of investigations delimit their observations in the aerial, unheared biomass the radicular biomass, motive which the study for the sake of determining the relation of the physical and chemical properties of the soil with the radicular biomass at plantations of aguaje came true for (*Mauritia flexuosa* L.f.). The study took effect in the CIPTALD, located at the district Pueblo Nuevo, region Huánuco. Soils have been sampled to separations of 1 m and to depths between the 0-20, 20-40 and 40-60 cm in 12 plants of aguaje, where the radicular biomass and the soil's properties were obtained. As a result it was obtained that you enter the 0 to 20 cm found bigger contents of sand (34.53%), slime (43.74%), organic matter (3,43%), N (0.15%), k (91.71 ppm), CIC (10.28), Ca (8.56 Cmol(+)/kg), Mg (1.40 Cmol(+)/kg) and Na (0.13 Cmol(+)/kg), bigger clay was obtained between the 20 to 40 cm (26.53%) and P (14.04 ppm), in the meantime than, between 40 to 60 cm the very bigger pH (6.18). The radicular biomass was inversely proportional to depth (30.04, 32.53 and 11.41 g in 8000 cm³ of ground respectively), in the horizontal distribution, you were inversely proportional to the distance from the plant (from 54.90 g to 1.0 m of the plant to an average from 2.68 g to seven meters). It is concluded that there was no statistical significant correlation between no one of the properties of the soils with the radicular system's biomass.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFARO, E., ALVARADO, A., CHAVERRI, A. 2001. Cambios edáficos asociados a tres etapas sucesionales tropical seco en Guanacaste. *Agronomía Costarricense*. 25(001):7-19.
- ALVARADO, C.L. 2007. Manual de análisis de suelos, plantas, aguas, fertilizantes y alimentos. Instituto de cultivos tropicales. Tarapoto, Perú.
- ARIAS, A. 2001. Suelos tropicales. San José, Costa Rica, EUNED. 188 p.
- BANDICK, A.K., DICK, R.P. 1999. Field management effect on soil enzyme activities. *Soil Biol. Biochem.* 31(11):1471-1479.
- BUCKMAN, H., BRADY, N. 1991. Naturaleza y propiedades de los suelos. Distrito Federal, México, LIMUSA. 590 p.
- CALVO ALVARADO, J., LAWTON, R., ARIAS, O. 2009. Distribución de biomasa de raíces finas en bosque y pasto en una gradiente ambiental en Costa Rica. In XVIII Congreso Latinoamérica de la Ciencia de Suelo. San José, Costa Rica.
- CALZADA, J. 1970. Métodos estadísticos para la investigación. 3 ed. Lima, Perú, Jurídica. 643 p.
- CAVALIER, J. 1992. Fine root biomass and soil properties in a semideciduous and lower montane rain forest in Panama. *Plant and Soil*. 142:182-201.

- CAVALIER, J., ESTEVEZ, J., ARJONA, B. 1996. Fine –roots biomass in three successional stages of and Andean Cloud Forest in Colombia. *Biotropica*. 28(4):728-736.
- CONSENTINO, J. COSTANTINI, A. 2000. Evaluación de algunas formas de carbono como indicadores de degradación en Argiudoles vérticos de Entre Ríos, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía (UBA)*. 20(1): 31-34.
- CORVALÁN, P., HERNÁNDEZ, J. 2006. El sitio. Cátedra de Dasometría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Chile. 9 p.
- CUESTA, P., VILLANEDA, E. 2010. El análisis de suelos: toma de muestras y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera. Tomado del Manual Técnico “Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones Caribe y valles interandinos”. p. 1-10.
- EWEIS, J., ERGAS, S., CHANG, D., SCHROEDER, E. 2000. Principios de biorrecuperación: Tratamientos para la descontaminación y regeneración de suelos y aguas subterráneas mediante procesos biológicos y físico-químicos. ES, McGraw-Hill. 329 p.
- FREITAS, L., OTÁROLA, E., DEL CASTILLO, D., LINARES, C., MARTÍNEZ, P., MALCA, G.A. 2006. Servicios ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema aguajal en la Reserva Nacional Pacaya Samiria, Loreto – Perú. Documento técnico N° 29. Iquitos, Perú, IIAP. 62 p.

- GARCIA, D., HONORIO, E., DEL CASTILLO, D. 2012. Determinación del stock de carbono en aguajales de la cuenca del río Aguaytía, Ucayali – Perú. *Folia Amazónica*. 21 (1-2):153-160.
- GREEN, J., DAWSON, A., PROCTOR, J., DUFF, I., ELSTON, A. 2005. Fine root dynamics in a tropical rain forest is influenced by rainfall. *Plant and Soil*. 276:23-32.
- GRZEBISZ, W., FLORIS, J., VAN NOORDWIJK, M. 1989. Loss of dry matter and cell contents from fibrous roots of sugar beet due to sampling, storage and washing. *Plant Soil*. 113:53-57.
- GUERRERO, A. 2000. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. 2° Reimpresión, Edit. Aedos, S.A. España. 102 p.
- GUZMÁN, W. 2004. Valoración económica de beneficios ambientales en el manejo sostenible de humedales: Estudio del caso del Manejo Sostenible de Sistemas de “Aguajal” en la Comunidad de Parinari, Reserva Nacional Pacaya Samiria (RNPS). En: *Valoración Económica de los Bienes y Servicios Ambientales: Resultados del Segundo Programa de Becas 2002-2003*. Roger Loyola Gonzáles y Eduardo García Zamora (Editores). INRENA-USAID. Lima, Perú. p. 269-302.
- HARRISON, L. 2001. Fertilidad de suelos – un artículo fundamental, permacultura. México. s.p.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., BAPTISTA, P. 2014. Metodología de la investigación. 6 ed. México, McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V. 600 p.

- HERTEL, D., LEUSCHNER, C., HOLSCHER, D. 2003. Size and structure of fine root systems in old-growth and secondary tropical montane forests (Costa Rica). *Biotropica*. 35(2):143-153.
- IBAÑEZ, J. 2007. Biodisponibilidad de los nutrientes por las plantas, pH del suelo y el complejo de cambio o absorbente. *Los suelos y la vida*, CSIC-Universidad de Valencia. España. 4 p.
- IIAP. 2006. Aguaje: La maravillosa palmera de la amazonía. Ed. Wust. 54 p.
- JACKSON, R., MOONEY, H., SCHULZE, D. 1997. A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. *Ecology*. National Academy of Sciences. 94:7362-7366.
- JARAMILLO, D. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. p. 331-334.
- JIMÉNEZ, C. 2004. Caracterización de la distribución de la biomasa y densidad de raíces finas en un gradiente sucesional de bosques en la Zona Norte de Costa Rica. Informe Final de Proyecto de Investigación, Cartago, Costa Rica, ITCR. 39 p.
- KAHN, F., MEJIA, K., MOUSSA, F., GÓMEZ, D. 1993. *Mauritia flexuosa* (Palmae), la más acuática de las palmeras amazónicas. In: *Las plantas vasculares en las aguas continentales del Perú*. Kahn, F., Leon, B., Young, K.R. (comp). IFEA. Lima, Perú. 357 p.
- KAVANAGH, T., KELLMAN, M. 1992. Seasonal pattern of fine root proliferation in a tropical dry forest. *Biotropica*. 24(2a): 157-165.

- KEMMITT, S., WRIGHTA, D., GOULDINGB, K., JONES, D. 2006. pH regulation of carbon and nitrogen dynamics in two agricultural soils. *Soil Biology y Biochemistry*. 38:898-911.
- KRAMER, P.J. 1989. Relaciones hídricas de suelo y plantas. Trad. L Tejada. México, Editorial Industrial Mexicana. 538 p.
- LÓPEZ, B., SABATÉ, S., GRACIA, C.A. 2001. Vertical distribution of Forest fien root density, length density, area índex and mean diameter in a *Quercus ilex* forest. *Tree Physiology*. 21:555-560.
- McGRODDY, M., SILVER, L. 2000. Variations in belowground carbon storage and soil CO₂ flux rates a long a wet tropical climate gradient. *Biotropica*. 32(4a):614-624.
- MINNAARD, C. 2010. Modelos de regresión lineales y no lineales: su aplicación en problemas de ingeniería. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Buenos Aires, Argentina. 10 p.
- MORALES, E. 1997. Apuntes metodológicos para el estudio de raíces en plantaciones forestales y bosques naturales. In: Simposio Internacional Posibilidades de Manejo Forestal Sostenible en América Tropical. La Sierra, BO. CATIE. 11 p.
- MORENO CHACON, M., LUSK, H. 2004. Vertical distribution of fine root biomass of emergent *Nothofagus dombeyi* and its canopy associates in a Chilean temperate rain forest. *Forest Ecology Management*. 199:177-181.

- MULLINS, S. 2011. Biomasa de raíces finas en cuatro estadios de sucesión del bosque seco tropical y dos estaciones climáticas, Santa Rosa, Costa Rica. Tesis Ing. Forestal. Cartago, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 32 p.
- MURILLO, O., CAMACHO, P. 1997. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. *Agronomía Costarricense*, 21(2): 189-206.
- NAVARRO, G., NAVARRO, B. 2003. Química agrícola: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. 2 ed. Mundiprensa, España. 486 p.
- OSORIO, N. 2012. pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. Manejo integral del suelo y nutrición vegetal. 1(4):1-4. [En línea]: Docs, (<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxud29zb3Jpb3xneDo1YmQxZTc1MTU3MTg4OGI2>, documentos, 12 Ene. 2017).
- PALOMINO, F. 2017. Valorización de las plantaciones forestales del Centro de investigación y Producción Tulumayo, Anexo La Divisoria - CIPTALD, año 2017. Informe N° 001/FPV. Tingo María, Perú. 5 p.
- PRITCHETT, W. 1986. Suelos forestales: Propiedades, conservación y mejoramiento. México, LIMUSA. p. 213-233.
- ROJAS, J.J. 2015. Fertilidad de suelos en plantaciones forestales del trópico colombiano. Tesis Mag. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 81 p.

- ROJAS, R. 2000. Estado del conocimiento sobre el aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.). Iquitos, Perú. 62 p. (en prensa).
- SIERRA, C., DEL VALLE, J., ORREGO, S. 2001. Ecuaciones de biomasa y sus tasas de acumulación en bosques sucesionales maduros y tropicales de Colombia. En: Simposio internacional de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia, Chile. 12 p.
- SUPO, J. 2014. Seminarios de investigación científica: Metodología de la investigación para las ciencias de la salud. 2 ed. Bioestadístico EIRL.. Arequipa, Perú. s.p.
- TAN HAME, R.V. 1979. Suelos; su química y fertilidad en zonas tropicales. 2 ed. México, CIESA. 620 p.
- THOMPSON, L.M., TROEH, F.R. 1998. Los suelos y su fertilidad. 4 ed. Reverté S.A., Barcelona, España. 649 p.
- VANNINEN, P., MAKELA, A. 1999. Fine root biomass of Scots pine stands differing in age and soil fertility in southern Finland. *Tree physiology*. 19:823-830.
- VOGT, A., VOGT, J., BLOOMFIELD, J. 1998. Analysis of some direct and indirect methods for estimating root biomass and production of forest at an ecosystem level. *Plant and Soil*. 200:71-89.
- ZAPATA, R. 2006. Química de los procesos pedogenéticos. p. 31-40.
- ZAVALETA, G. 1992. Edafología. El suelo en relación con la Producción. Lima, Perú. CONCYTEC. s.p.

ANEXO

Anexo A: Datos registrados

Cuadro 20. Datos de biomasa radicular en las plantas de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.).

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
1	2	1	1	E	1	20	57.454
1	2	1	1	E	1	40	18.412
1	2	1	1	E	1	60	1.703
1	2	1	1	E	2	20	29.450
1	2	1	1	E	2	40	49.358
1	2	1	1	E	2	60	42.302
1	2	1	1	E	3	20	22.312
1	2	1	1	E	3	40	38.152
1	2	1	1	E	3	60	6.557
1	2	1	1	E	4	20	0.916
1	2	1	1	E	4	40	24.139
1	2	1	1	E	4	60	0.000
1	2	1	1	E	5	20	8.450
1	2	1	1	E	5	40	0.187
1	2	1	1	E	5	60	11.082
1	2	1	1	E	6	20	3.217
1	2	1	1	E	6	40	11.256
1	2	1	1	E	6	60	0.566
1	2	1	1	E	7	20	2.575
1	2	1	1	E	7	40	0.000
1	2	1	1	E	7	60	7.656
1	2	1	1	O	1	20	14.802
1	2	1	1	O	1	40	32.362
1	2	1	1	O	1	60	52.558
1	2	1	1	O	2	20	5.946
1	2	1	1	O	2	40	2.005
1	2	1	1	O	2	60	5.124

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
1	2	1	1	O	3	20	29.278
1	2	1	1	O	3	40	34.558
1	2	1	1	O	3	60	0.345
1	2	1	1	O	4	20	4.055
1	2	1	1	O	4	40	0.000
1	2	1	1	O	4	60	1.138
1	2	1	1	O	5	20	3.579
1	2	1	1	O	5	40	11.451
1	2	1	1	O	5	60	0.754
1	2	1	1	O	6	20	5.076
1	2	1	1	O	6	40	16.905
1	2	1	1	O	6	60	11.136
1	2	1	1	O	7	20	0.000
1	2	1	1	O	7	40	0.000
1	2	1	1	O	7	60	0.124
1	2	1	1	N	1	20	34.015
1	2	1	1	N	1	40	25.836
1	2	1	1	N	1	60	22.216
1	2	1	1	N	2	20	22.852
1	2	1	1	N	2	40	50.568
1	2	1	1	N	2	60	28.757
1	2	1	1	N	3	20	39.384
1	2	1	1	N	3	40	19.218
1	2	1	1	N	3	60	22.658
1	2	1	1	N	4	20	8.224
1	2	1	1	N	4	40	43.412
1	2	1	1	N	4	60	6.025
1	2	1	1	N	5	20	0.500
1	2	1	1	N	5	40	32.217

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
1	2	1	1	N	5	60	1.824
1	2	1	1	S	1	20	8.561
1	2	1	1	S	1	40	12.704
1	2	1	1	S	1	60	43.568
1	2	1	1	S	2	20	7.250
1	2	1	1	S	2	40	32.362
1	2	1	1	S	2	60	1.022
1	2	1	1	S	3	20	15.214
1	2	1	1	S	3	40	22.385
1	2	1	1	S	3	60	1.004
1	2	1	1	S	4	20	11.485
1	2	1	1	S	4	40	7.857
1	2	1	1	S	4	60	1.082
1	2	1	1	S	5	20	10.252
1	2	1	1	S	5	40	45.652
1	2	1	1	S	5	60	2.502
1	6	1	2	E	1	20	28.312
1	6	1	2	E	1	40	37.005
1	6	1	2	E	1	60	52.623
1	6	1	2	E	2	20	13.285
1	6	1	2	E	2	40	28.402
1	6	1	2	E	2	60	9.303
1	6	1	2	E	3	20	21.516
1	6	1	2	E	3	40	23.344
1	6	1	2	E	3	60	12.942
1	6	1	2	E	4	20	24.952
1	6	1	2	E	4	40	20.565
1	6	1	2	E	4	60	3.502
1	6	1	2	E	5	20	11.392

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
1	6	1	2	E	5	40	21.417
1	6	1	2	E	5	60	12.855
1	6	1	2	E	6	20	9.102
1	6	1	2	E	6	40	3.715
1	6	1	2	E	6	60	0.000
1	6	1	2	E	7	20	12.899
1	6	1	2	E	7	40	15.391
1	6	1	2	E	7	60	0.811
1	6	1	2	O	1	20	34.032
1	6	1	2	O	1	40	17.054
1	6	1	2	O	1	60	46.064
1	6	1	2	O	2	20	6.051
1	6	1	2	O	2	40	14.212
1	6	1	2	O	2	60	13.342
1	6	1	2	O	3	20	13.241
1	6	1	2	O	3	40	2.903
1	6	1	2	O	3	60	2.421
1	6	1	2	O	4	20	6.302
1	6	1	2	O	4	40	11.652
1	6	1	2	O	4	60	2.153
1	6	1	2	O	5	20	1.054
1	6	1	2	O	5	40	18.485
1	6	1	2	O	5	60	0.912
1	6	1	2	O	6	20	1.322
1	6	1	2	O	6	40	12.861
1	6	1	2	O	6	60	0.000
1	6	1	2	O	7	20	0.000
1	6	1	2	O	7	40	0.000
1	6	1	2	O	7	60	0.000

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
1	6	1	2	N	1	20	18.409
1	6	1	2	N	1	40	23.458
1	6	1	2	N	1	60	59.023
1	6	1	2	N	2	20	39.564
1	6	1	2	N	2	40	34.212
1	6	1	2	N	2	60	12.612
1	6	1	2	N	3	20	30.141
1	6	1	2	N	3	40	36.903
1	6	1	2	N	3	60	12.162
1	6	1	2	N	4	20	15.214
1	6	1	2	N	4	40	32.555
1	6	1	2	N	4	60	3.702
1	6	1	2	N	5	20	10.302
1	6	1	2	N	5	40	21.152
1	6	1	2	N	5	60	44.812
1	6	1	2	S	1	20	34.552
1	6	1	2	S	1	40	5.815
1	6	1	2	S	1	60	15.962
1	6	1	2	S	2	20	21.016
1	6	1	2	S	2	40	12.309
1	6	1	2	S	2	60	12.302
1	6	1	2	S	3	20	51.514
1	6	1	2	S	3	40	29.252
1	6	1	2	S	3	60	9.856
1	6	1	2	S	4	20	19.512
1	6	1	2	S	4	40	31.962
1	6	1	2	S	4	60	1.915
1	6	1	2	S	5	20	19.182
1	6	1	2	S	5	40	35.252

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
1	6	1	2	S	5	60	3.485
1	8	3	2	E	1	20	49.637
1	8	3	2	E	1	40	48.761
1	8	3	2	E	1	60	4.894
1	8	3	2	E	2	20	45.406
1	8	3	2	E	2	40	24.852
1	8	3	2	E	2	60	5.092
1	8	3	2	E	3	20	20.081
1	8	3	2	E	3	40	13.205
1	8	3	2	E	3	60	0.835
1	8	3	2	E	4	20	19.488
1	8	3	2	E	4	40	6.801
1	8	3	2	E	4	60	0.395
1	8	3	2	E	5	20	2.302
1	8	3	2	E	5	40	1.174
1	8	3	2	E	5	60	0.805
1	8	3	2	E	6	20	2.072
1	8	3	2	E	6	40	0.714
1	8	3	2	E	6	60	0.000
1	8	3	2	E	7	20	2.788
1	8	3	2	E	7	40	0.664
1	8	3	2	E	7	60	0.364
1	8	3	2	O	1	20	12.351
1	8	3	2	O	1	40	40.522
1	8	3	2	O	1	60	42.204
1	8	3	2	O	2	20	26.551
1	8	3	2	O	2	40	7.222
1	8	3	2	O	2	60	17.072
1	8	3	2	O	3	20	7.246

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
1	8	3	2	O	3	40	7.254
1	8	3	2	O	3	60	2.402
1	8	3	2	O	4	20	8.072
1	8	3	2	O	4	40	4.185
1	8	3	2	O	4	60	1.905
1	8	3	2	O	5	20	6.102
1	8	3	2	O	5	40	3.851
1	8	3	2	O	5	60	0.000
1	8	3	2	O	6	20	4.024
1	8	3	2	O	6	40	1.367
1	8	3	2	O	6	60	0.000
1	8	3	2	O	7	20	5.612
1	8	3	2	O	7	40	1.516
1	8	3	2	O	7	60	0.000
1	8	3	2	N	1	20	21.631
1	8	3	2	N	1	40	20.723
1	8	3	2	N	1	60	13.541
1	8	3	2	N	2	20	75.042
1	8	3	2	N	2	40	16.059
1	8	3	2	N	2	60	2.377
1	8	3	2	N	3	20	99.704
1	8	3	2	N	3	40	18.522
1	8	3	2	N	3	60	7.782
1	8	3	2	N	4	20	42.412
1	8	3	2	N	4	40	14.786
1	8	3	2	N	4	60	5.790
1	8	3	2	N	5	20	49.825
1	8	3	2	N	5	40	4.732
1	8	3	2	N	5	60	1.418

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
1	8	3	2	S	1	20	62.936
1	8	3	2	S	1	40	69.554
1	8	3	2	S	1	60	34.142
1	8	3	2	S	2	20	13.883
1	8	3	2	S	2	40	3.712
1	8	3	2	S	2	60	0.000
1	8	3	2	S	3	20	0.960
1	8	3	2	S	3	40	1.452
1	8	3	2	S	3	60	1.704
1	8	3	2	S	4	20	19.904
1	8	3	2	S	4	40	2.752
1	8	3	2	S	4	60	0.547
1	8	3	2	S	5	20	7.907
1	8	3	2	S	5	40	1.457
1	8	3	2	S	5	60	0.000
1	8	4	1	E	1	20	68.502
1	8	4	1	E	1	40	75.402
1	8	4	1	E	1	60	43.207
1	8	4	1	E	2	20	15.497
1	8	4	1	E	2	40	30.701
1	8	4	1	E	2	60	3.892
1	8	4	1	E	3	20	34.721
1	8	4	1	E	3	40	1.364
1	8	4	1	E	3	60	0.319
1	8	4	1	E	4	20	28.409
1	8	4	1	E	4	40	4.940
1	8	4	1	E	4	60	2.752
1	8	4	1	E	5	20	9.123
1	8	4	1	E	5	40	4.851

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
1	8	4	1	E	5	60	3.021
1	8	4	1	E	6	20	17.854
1	8	4	1	E	6	40	3.858
1	8	4	1	E	6	60	0.837
1	8	4	1	E	7	20	6.406
1	8	4	1	E	7	40	3.352
1	8	4	1	E	7	60	0.290
1	8	4	1	O	1	20	17.053
1	8	4	1	O	1	40	16.087
1	8	4	1	O	1	60	1.556
1	8	4	1	O	2	20	44.206
1	8	4	1	O	2	40	19.612
1	8	4	1	O	2	60	3.301
1	8	4	1	O	3	20	24.892
1	8	4	1	O	3	40	8.434
1	8	4	1	O	3	60	4.652
1	8	4	1	O	4	20	23.024
1	8	4	1	O	4	40	11.855
1	8	4	1	O	4	60	3.456
1	8	4	1	O	5	20	13.207
1	8	4	1	O	5	40	0.122
1	8	4	1	O	5	60	0.000
1	8	4	1	O	6	20	7.625
1	8	4	1	O	6	40	6.544
1	8	4	1	O	6	60	0.273
1	8	4	1	O	7	20	2.788
1	8	4	1	O	7	40	0.664
1	8	4	1	O	7	60	0.364
1	8	4	1	N	1	20	21.631

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
1	8	4	1	N	1	40	21.304
1	8	4	1	N	1	60	90.454
1	8	4	1	N	2	20	3.838
1	8	4	1	N	2	40	0.953
1	8	4	1	N	2	60	3.432
1	8	4	1	N	3	20	7.631
1	8	4	1	N	3	40	1.090
1	8	4	1	N	3	60	0.319
1	8	4	1	N	4	20	5.232
1	8	4	1	N	4	40	3.422
1	8	4	1	N	4	60	0.994
1	8	4	1	N	5	20	7.238
1	8	4	1	N	5	40	4.168
1	8	4	1	N	5	60	0.487
1	8	4	1	S	1	20	17.345
1	8	4	1	S	1	40	23.004
1	8	4	1	S	1	60	36.702
1	8	4	1	S	2	20	41.403
1	8	4	1	S	2	40	2.723
1	8	4	1	S	2	60	0.403
1	8	4	1	S	3	20	5.434
1	8	4	1	S	3	40	3.430
1	8	4	1	S	3	60	1.225
1	8	4	1	S	4	20	26.428
1	8	4	1	S	4	40	7.947
1	8	4	1	S	4	60	1.611
1	8	4	1	S	5	20	5.821
1	8	4	1	S	5	40	2.181
1	8	4	1	S	5	60	2.801

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
2	4	2	1	E	1	20	76.265
2	4	2	1	E	1	40	135.006
2	4	2	1	E	1	60	2.919
2	4	2	1	E	2	20	117.480
2	4	2	1	E	2	40	69.177
2	4	2	1	E	2	60	4.158
2	4	2	1	E	3	20	21.806
2	4	2	1	E	3	40	55.687
2	4	2	1	E	3	60	17.376
2	4	2	1	E	4	20	26.417
2	4	2	1	E	4	40	28.741
2	4	2	1	E	4	60	12.932
2	4	2	1	E	5	20	25.594
2	4	2	1	E	5	40	13.345
2	4	2	1	E	5	60	16.431
2	4	2	1	E	6	20	20.776
2	4	2	1	E	6	40	12.765
2	4	2	1	E	6	60	5.765
2	4	2	1	O	1	20	111.282
2	4	2	1	O	1	40	55.687
2	4	2	1	O	1	60	52.101
2	4	2	1	O	2	20	62.228
2	4	2	1	O	2	40	15.434
2	4	2	1	O	2	60	1.846
2	4	2	1	O	3	20	41.431
2	4	2	1	O	3	40	5.267
2	4	2	1	O	3	60	15.431
2	4	2	1	O	4	20	37.262
2	4	2	1	O	4	40	18.068

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
2	4	2	1	O	4	60	1.893
2	4	2	1	O	5	20	0.000
2	4	2	1	O	5	40	0.000
2	4	2	1	O	5	60	0.000
2	4	2	1	O	6	20	0.000
2	4	2	1	O	6	40	0.000
2	4	2	1	O	6	60	0.000
2	4	2	1	N	1	20	86.748
2	4	2	1	N	1	40	148.393
2	4	2	1	N	1	60	14.198
2	4	2	1	N	2	20	82.232
2	4	2	1	N	2	40	28.705
2	4	2	1	N	2	60	2.293
2	4	2	1	N	3	20	50.453
2	4	2	1	N	3	40	27.373
2	4	2	1	N	3	60	8.922
2	4	2	1	N	4	20	39.992
2	4	2	1	N	4	40	19.595
2	4	2	1	N	4	60	3.289
2	4	2	1	N	5	20	21.515
2	4	2	1	N	5	40	11.673
2	4	2	1	N	5	60	1.848
2	4	2	1	S	1	20	113.956
2	4	2	1	S	1	40	56.764
2	4	2	1	S	1	60	43.356
2	4	2	1	S	2	20	80.926
2	4	2	1	S	2	40	135.006
2	4	2	1	S	2	60	2.634
2	4	2	1	S	3	20	34.524

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
2	4	2	1	S	3	40	40.196
2	4	2	1	S	3	60	6.189
2	4	2	1	S	4	20	1.861
2	4	2	1	S	4	40	24.997
2	4	2	1	S	4	60	2.028
2	4	2	1	S	5	20	0.477
2	4	2	1	S	5	40	80.091
2	4	2	1	S	5	60	1.096
2	5	2	2	E	1	20	43.341
2	5	2	2	E	1	40	61.306
2	5	2	2	E	1	60	30.620
2	5	2	2	E	2	20	70.958
2	5	2	2	E	2	40	81.110
2	5	2	2	E	2	60	23.603
2	5	2	2	E	3	20	23.910
2	5	2	2	E	3	40	11.432
2	5	2	2	E	3	60	1.131
2	5	2	2	E	4	20	14.342
2	5	2	2	E	4	40	22.216
2	5	2	2	E	4	60	2.342
2	5	2	2	E	5	20	34.857
2	5	2	2	E	5	40	5.345
2	5	2	2	E	5	60	2.524
2	5	2	2	E	6	20	6.945
2	5	2	2	E	6	40	2.525
2	5	2	2	E	6	60	0.000
2	5	2	2	O	1	20	121.746
2	5	2	2	O	1	40	155.212
2	5	2	2	O	1	60	131.053

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
2	5	2	2	O	2	20	2.742
2	5	2	2	O	2	40	34.458
2	5	2	2	O	2	60	2.232
2	5	2	2	O	3	20	6.622
2	5	2	2	O	3	40	5.946
2	5	2	2	O	3	60	3.778
2	5	2	2	O	4	20	15.745
2	5	2	2	O	4	40	21.213
2	5	2	2	O	4	60	1.841
2	5	2	2	O	5	20	21.079
2	5	2	2	O	5	40	0.000
2	5	2	2	O	5	60	0.000
2	5	2	2	O	6	20	0.000
2	5	2	2	O	6	40	0.000
2	5	2	2	O	6	60	0.000
2	5	2	2	N	1	20	39.243
2	5	2	2	N	1	40	61.126
2	5	2	2	N	1	60	157.913
2	5	2	2	N	2	20	20.386
2	5	2	2	N	2	40	39.797
2	5	2	2	N	2	60	1.889
2	5	2	2	N	3	20	21.698
2	5	2	2	N	3	40	13.094
2	5	2	2	N	3	60	2.596
2	5	2	2	N	4	20	15.046
2	5	2	2	N	4	40	32.511
2	5	2	2	N	4	60	1.599
2	5	2	2	N	5	20	14.105
2	5	2	2	N	5	40	14.291

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
2	5	2	2	N	5	60	1.989
2	5	2	2	S	1	20	63.671
2	5	2	2	S	1	40	83.443
2	5	2	2	S	1	60	36.514
2	5	2	2	S	2	20	26.900
2	5	2	2	S	2	40	34.545
2	5	2	2	S	2	60	6.536
2	5	2	2	S	3	20	46.282
2	5	2	2	S	3	40	104.698
2	5	2	2	S	3	60	3.451
2	5	2	2	S	4	20	23.593
2	5	2	2	S	4	40	34.927
2	5	2	2	S	4	60	1.052
2	5	2	2	S	5	20	33.675
2	5	2	2	S	5	40	27.348
2	5	2	2	S	5	60	0.718
2	3	3	2	E	1	20	70.625
2	3	3	2	E	1	40	62.228
2	3	3	2	E	1	60	22.919
2	3	3	2	E	2	20	117.480
2	3	3	2	E	2	40	50.061
2	3	3	2	E	2	60	4.158
2	3	3	2	E	3	20	111.282
2	3	3	2	E	3	40	69.177
2	3	3	2	E	3	60	17.376
2	3	3	2	E	4	20	86.748
2	3	3	2	E	4	40	28.741
2	3	3	2	E	4	60	12.932
2	3	3	2	E	5	20	14.198

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
2	3	3	2	E	5	40	2.293
2	3	3	2	E	5	60	3.431
2	3	3	2	E	6	20	15.431
2	3	3	2	E	6	40	9.541
2	3	3	2	E	6	60	6.189
2	3	3	2	O	1	20	36.093
2	3	3	2	O	1	40	55.687
2	3	3	2	O	1	60	52.101
2	3	3	2	O	2	20	121.126
2	3	3	2	O	2	40	15.434
2	3	3	2	O	2	60	1.846
2	3	3	2	O	3	20	43.356
2	3	3	2	O	3	40	5.267
2	3	3	2	O	3	60	1.848
2	3	3	2	O	4	20	34.524
2	3	3	2	O	4	40	18.068
2	3	3	2	O	4	60	1.893
2	3	3	2	O	5	20	43.346
2	3	3	2	O	5	40	23.845
2	3	3	2	O	5	60	11.935
2	3	3	2	O	6	20	21.836
2	3	3	2	O	6	40	11.583
2	3	3	2	O	6	60	7.634
2	3	3	2	N	1	20	38.373
2	3	3	2	N	1	40	148.393
2	3	3	2	N	1	60	14.198
2	3	3	2	N	2	20	21.515
2	3	3	2	N	2	40	28.705
2	3	3	2	N	2	60	2.293

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
2	3	3	2	N	3	20	76.265
2	3	3	2	N	3	40	27.373
2	3	3	2	N	3	60	8.922
2	3	3	2	N	4	20	20.952
2	3	3	2	N	4	40	1.893
2	3	3	2	N	4	60	3.289
2	3	3	2	N	5	20	50.453
2	3	3	2	N	5	40	11.673
2	3	3	2	N	5	60	1.848
2	3	3	2	S	1	20	57.674
2	3	3	2	S	1	40	135.061
2	3	3	2	S	1	60	43.356
2	3	3	2	S	2	20	25.594
2	3	3	2	S	2	40	8.962
2	3	3	2	S	2	60	4.258
2	3	3	2	S	3	20	39.992
2	3	3	2	S	3	40	40.196
2	3	3	2	S	3	60	6.189
2	3	3	2	S	4	20	9.541
2	3	3	2	S	4	40	24.968
2	3	3	2	S	4	60	2.028
2	3	3	2	S	5	20	37.262
2	3	3	2	S	5	40	20.091
2	3	3	2	S	5	60	1.096
3	2	3	1	E	1	20	50.228
3	2	3	1	E	1	40	43.687
3	2	3	1	E	1	60	2.919
3	2	3	1	E	2	20	105.480
3	2	3	1	E	2	40	38.061

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
3	2	3	1	E	2	60	4.158
3	2	3	1	E	3	20	99.282
3	2	3	1	E	3	40	57.177
3	2	3	1	E	3	60	14.376
3	2	3	1	E	4	20	74.748
3	2	3	1	E	4	40	25.741
3	2	3	1	E	4	60	9.932
3	2	3	1	O	1	20	24.093
3	2	3	1	O	1	40	63.450
3	2	3	1	O	1	60	40.101
3	2	3	1	O	2	20	109.126
3	2	3	1	O	2	40	12.434
3	2	3	1	O	2	60	1.846
3	2	3	1	O	3	20	101.956
3	2	3	1	O	3	40	5.267
3	2	3	1	O	3	60	12.431
3	2	3	1	O	4	20	22.524
3	2	3	1	O	4	40	15.068
3	2	3	1	O	4	60	1.893
3	2	3	1	N	1	20	26.373
3	2	3	1	N	1	40	136.393
3	2	3	1	N	1	60	11.198
3	2	3	1	N	2	20	18.515
3	2	3	1	N	2	40	25.705
3	2	3	1	N	2	60	2.293
3	2	3	1	N	3	20	64.265
3	2	3	1	N	3	40	24.373
3	2	3	1	N	3	60	5.922
3	2	3	1	N	4	20	17.952

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
3	2	3	1	N	4	40	16.595
3	2	3	1	N	4	60	3.289
3	2	3	1	N	5	20	38.453
3	2	3	1	N	5	40	8.673
3	2	3	1	N	5	60	1.848
3	2	3	1	S	1	20	25.674
3	2	3	1	S	1	40	123.006
3	2	3	1	S	1	60	31.356
3	2	3	1	S	2	20	22.594
3	2	3	1	S	2	40	24.890
3	2	3	1	S	2	60	4.158
3	2	3	1	S	3	20	27.992
3	2	3	1	S	3	40	28.196
3	2	3	1	S	3	60	3.189
3	2	3	1	S	4	20	6.541
3	2	3	1	S	4	40	21.997
3	2	3	1	S	4	60	2.028
3	2	3	1	S	5	20	25.262
3	2	3	1	S	5	40	68.091
3	2	3	1	S	5	60	1.096
3	4	2	2	E	1	20	31.341
3	4	2	2	E	1	40	49.306
3	4	2	2	E	1	60	18.620
3	4	2	2	E	2	20	58.958
3	4	2	2	E	2	40	69.110
3	4	2	2	E	2	60	19.603
3	4	2	2	E	3	20	19.910
3	4	2	2	E	3	40	23.101
3	4	2	2	E	3	60	1.131

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
3	4	2	2	E	4	20	10.342
3	4	2	2	E	4	40	18.216
3	4	2	2	E	4	60	2.342
3	4	2	2	O	1	20	43.341
3	4	2	2	O	1	40	143.212
3	4	2	2	O	1	60	119.053
3	4	2	2	O	2	20	0.742
3	4	2	2	O	2	40	22.458
3	4	2	2	O	2	60	2.232
3	4	2	2	O	3	20	2.622
3	4	2	2	O	3	40	1.131
3	4	2	2	O	3	60	3.778
3	4	2	2	O	4	20	24.562
3	4	2	2	O	4	40	17.213
3	4	2	2	O	4	60	1.841
3	4	2	2	N	1	20	27.243
3	4	2	2	N	1	40	49.126
3	4	2	2	N	1	60	145.913
3	4	2	2	N	2	20	16.386
3	4	2	2	N	2	40	27.797
3	4	2	2	N	2	60	1.889
3	4	2	2	N	3	20	17.698
3	4	2	2	N	3	40	9.094
3	4	2	2	N	3	60	2.596
3	4	2	2	N	4	20	11.046
3	4	2	2	N	4	40	20.511
3	4	2	2	N	4	60	1.599
3	4	2	2	N	5	20	10.105
3	4	2	2	N	5	40	10.291

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
3	4	2	2	N	5	60	1.989
3	4	2	2	S	1	20	51.671
3	4	2	2	S	1	40	71.443
3	4	2	2	S	1	60	24.514
3	4	2	2	S	2	20	22.900
3	4	2	2	S	2	40	22.545
3	4	2	2	S	2	60	2.536
3	4	2	2	S	3	20	34.282
3	4	2	2	S	3	40	92.698
3	4	2	2	S	3	60	3.451
3	4	2	2	S	4	20	19.593
3	4	2	2	S	4	40	22.927
3	4	2	2	S	4	60	1.052
3	4	2	2	S	5	20	17.079
3	4	2	2	S	5	40	23.348
3	4	2	2	S	5	60	0.718
3	5	3	1	E	1	20	74.522
3	5	3	1	E	1	40	332.238
3	5	3	1	E	1	60	54.372
3	5	3	1	E	2	20	6.282
3	5	3	1	E	2	40	11.011
3	5	3	1	E	2	60	2.100
3	5	3	1	E	3	20	11.945
3	5	3	1	E	3	40	33.733
3	5	3	1	E	3	60	1.585
3	5	3	1	E	4	20	10.112
3	5	3	1	E	4	40	27.702
3	5	3	1	E	4	60	0.678
3	5	3	1	O	1	20	93.121

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
3	5	3	1	O	1	40	68.261
3	5	3	1	O	1	60	21.512
3	5	3	1	O	2	20	20.488
3	5	3	1	O	2	40	63.480
3	5	3	1	O	2	60	2.902
3	5	3	1	O	3	20	30.052
3	5	3	1	O	3	40	44.702
3	5	3	1	O	3	60	3.476
3	5	3	1	O	4	20	48.102
3	5	3	1	O	4	40	80.138
3	5	3	1	O	4	60	1.200
3	5	3	1	N	1	20	49.621
3	5	3	1	N	1	40	215.212
3	5	3	1	N	1	60	14.002
3	5	3	1	N	2	20	17.513
3	5	3	1	N	2	40	40.402
3	5	3	1	N	2	60	60.220
3	5	3	1	N	3	20	17.602
3	5	3	1	N	3	40	37.602
3	5	3	1	N	3	60	5.225
3	5	3	1	N	4	20	13.082
3	5	3	1	N	4	40	11.643
3	5	3	1	N	4	60	1.235
3	5	3	1	N	5	20	12.145
3	5	3	1	N	5	40	20.342
3	5	3	1	N	5	60	1.073
3	5	3	1	S	1	20	39.122
3	5	3	1	S	1	40	68.712
3	5	3	1	S	1	60	19.120

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
3	5	3	1	S	2	20	16.122
3	5	3	1	S	2	40	29.552
3	5	3	1	S	2	60	2.000
3	5	3	1	S	3	20	29.223
3	5	3	1	S	3	40	56.980
3	5	3	1	S	3	60	3.221
3	5	3	1	S	4	20	18.189
3	5	3	1	S	4	40	16.599
3	5	3	1	S	4	60	2.305
3	5	3	1	S	5	20	33.799
3	5	3	1	S	5	40	31.082
3	5	3	1	S	5	60	2.334
3	2	5	2	E	1	20	29.431
3	2	5	2	E	1	40	85.434
3	2	5	2	E	1	60	24.458
3	2	5	2	E	2	20	16.806
3	2	5	2	E	2	40	19.199
3	2	5	2	E	2	60	12.188
3	2	5	2	E	3	20	29.843
3	2	5	2	E	3	40	23.963
3	2	5	2	E	3	60	2.489
3	2	5	2	E	4	20	20.295
3	2	5	2	E	4	40	20.077
3	2	5	2	E	4	60	1.882
3	2	5	2	O	1	20	70.232
3	2	5	2	O	1	40	123.761
3	2	5	2	O	1	60	9.124
3	2	5	2	O	2	20	30.445
3	2	5	2	O	2	40	5.101

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
3	2	5	2	O	2	60	14.505
3	2	5	2	O	3	20	68.926
3	2	5	2	O	3	40	75.841
3	2	5	2	O	3	60	12.672
3	2	5	2	O	4	20	11.938
3	2	5	2	O	4	40	56.362
3	2	5	2	O	4	60	11.927
3	2	5	2	N	1	20	62.496
3	2	5	2	N	1	40	92.204
3	2	5	2	N	1	60	27.570
3	2	5	2	N	2	20	21.417
3	2	5	2	N	2	40	20.911
3	2	5	2	N	2	60	1.836
3	2	5	2	N	3	20	11.956
3	2	5	2	N	3	40	1.300
3	2	5	2	N	3	60	1.433
3	2	5	2	N	4	20	0.477
3	2	5	2	N	4	40	0.000
3	2	5	2	N	4	60	0.000
3	2	5	2	N	5	20	1.861
3	2	5	2	N	5	40	1.102
3	2	5	2	N	5	60	0.058
3	2	5	2	S	1	20	73.721
3	2	5	2	S	1	40	63.609
3	2	5	2	S	1	60	12.812
3	2	5	2	S	2	20	27.772
3	2	5	2	S	2	40	13.620
3	2	5	2	S	2	60	1.702
3	2	5	2	S	3	20	29.843

Continúa Cuadro 21. ...

Parcela	Fila	Planta	Sexo	Orientación	Dist. (m)	Prof. (cm)	PSR (g)
3	2	5	2	S	3	40	33.541
3	2	5	2	S	3	60	10.232
3	2	5	2	S	4	20	21.838
3	2	5	2	S	4	40	120.166
3	2	5	2	S	4	60	1.626
3	2	5	2	S	5	20	15.776
3	2	5	2	S	5	40	11.594
3	2	5	2	S	5	60	0.639

Sexo: 1 = Femenino, 2 = Masculino. Orientación: E = Este, O = Oeste, N = Norte y S = Sur.

Anexo B: Panel fotográfico



Figura 6. Materiales utilizados en fase de campo.



Figura 7. Extracción de monolitos empleando pico.



Figura 8. Extracción de monolitos empleando cavadora.



Figura 9. Extracción de monolitos empleando pala recta.



Figura 10. Monolito de la parte superficial (0 – 20 cm).



Figura 11. Monolitos de las tres profundidades.



Figura 12. Mayor acumulación radicular del agujero.



Figura 13. Extracción de monolitos a diferentes distancias.



Figura 14. Presecado de las muestras de raíz.