

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



CENTRO DE POSTGRADOS

MAESTRÍA EN SILVICULTURA MENCIÓN EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS FORESTALES

**Proyecto de innovación previo a la obtención del título de
Magíster en Silvicultura**

TEMA:

**Influencia de la cobertura de bosque y pasto en las
características hidrológicas de la cuenca alta del río Pindo.**

Autor: Ing. Andrea Carolina Beltrán Conlago

Tutor: Dr. C. Ricardo Abril Saltos

Puyo – Ecuador

2019

DECLARACIÓN DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, ANDREA CAROLINA BELTRÁN CONLAGO, con cédula de identidad 1600449704, declaro ante las autoridades educativas de la Universidad Estatal Amazónica, que el contenido del Proyecto de Innovación titulado: **“INFLUENCIA DE LA COBERTURA DE BOSQUE Y PASTO EN LAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO PINDO”**, es absolutamente original, auténtico y personal.

En tal virtud y según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente, certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Investigación y Desarrollo son de exclusiva responsabilidad de la autora; y que los resultados expuestos pertenecen a la Universidad Estatal Amazónica.

.....
ANDREA CAROLINA BELTRÁN CONLAGO

C.I. 1600449704
AUTORA



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

CENTRO DE POSTGRADOS

AVAL

Quien suscribe Dr. Ricardo Abril Saltos, director del trabajo de titulación, modalidad Proyecto de innovación titulado: “INFLUENCIA DE LA COBERTURA DE BOSQUE Y PASTO EN LAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA CUENCA ALTA DEL RIO PINDO”, a cargo de la Ing. Andrea Carolina Beltrán Conlago, egresada de la primera cohorte de la Maestría en Silvicultura mención Manejo y Conservación de Recursos Forestales de la Universidad Estatal Amazónica.

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del Proyecto de Innovación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución, por lo que se encuentra listo para ser sustentado.

Por lo antes expuesto se avala el Proyecto de innovación para que sea presentado ante la Dirección de Posgrado como forma de titulación de Magister en Silvicultura - mención Manejo y Conservación de Recursos Forestales y que dicha instancia considere el mismo a fin de que tramite lo que corresponda.

Para que así conste, firmo la presente al 17 de junio de 2019

Atentamente,

Dr. Ricardo Abril Saltos, Ph.D.

DIRECTOR DE TESIS

DOCENTE TITULAR DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND



Oficio No. 012-SAU-UEA-2019

Puyo, 17 de junio de 2019

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El trabajo de investigación correspondiente a la Ing. BELTRÁN CONLAGO ANDREA CAROLINA, con C.I. 1600449704, con el Tema: **"INFLUENCIA DE LA COBERTURA DE BOSQUE Y PASTO EN LAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO PINDO"**, de la maestría en Silvicultura, Mención Manejo y Conservación de Recursos Forestales, Director de proyecto PhD. Ricardo Abril, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 1 %, Informe generado con fecha 17 de junio de 2019 por parte del director, conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco MSc.

ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

CERTIFICADO DE APROBACIÓN
EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN DEL PROYECTO DE
INNOVACIÓN CERTIFICA QUE:

El presente proyecto de innovación titulado: **INFLUENCIA DE LA COBERTURA DE BOSQUE Y PASTO EN LAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO PINDO**, bajo la responsabilidad de la Ingeniera ANDREA CAROLINA BELTRÁN CONLAGO, ha sido meticulosamente revisada, autorizando su presentación:

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Dra. Ruth Irene Arias Gutiérrez PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Yoel Rodríguez Guerra PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Mg. María de Decker
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Agradecimiento

A Dios, quien es una parte primordial en mi vida.

A mi madre, por ser el eje fundamental en mi desarrollo a nivel personal y profesional, inculcándome siempre los buenos valores y costumbres.

A mi esposo, quien, con su apoyo, confianza, comprensión y amor, ha sido mi respaldo en todo el trayecto de esta etapa profesional.

A la Universidad Estatal Amazónica, institución que, a través de su oferta académica de Postgrados, brinda la posibilidad de superación a sus estudiantes.

A todo el equipo de Postgrados de la Maestría de Silvicultura, que supieron inducir en mis nuevos conocimientos de una forma ejemplar, cultivando los valores de respeto y amistad.

A mi tutor, quien, con capacidad, tenacidad y profesionalismo, supo guiar la presente investigación, demostrando en el camino que es una persona llena de muchos valores como paciencia, capacidad, experiencia y bondad.

Andrea Carolina Beltrán Conlago

Dedicatoria

A Dios por darme la fortaleza necesaria para superar los problemas y alcanzar todas las metas propuestas

A mi madre, quien siempre ha velado por el desarrollo profesional de sus hijos.

A mi esposo, quien ha estado presente en mi vida, llenándola de amor incondicional, fortaleciendo día a día el lazo que nos une a través de su comprensión, apoyo y cariño.

Andrea Carolina Beltrán Conlago

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

Entre las funciones que desempeña el bosque se encuentra la captación de agua, donde el crecimiento demográfico incide en que áreas boscosas sean deforestadas debido al desplazamiento poblacional. El objetivo de este trabajo fue valorar la influencia del tipo de cobertura vegetal, características edafológicas e hidrológicas en la variabilidad del caudal de la microcuenca alta del río Pindo. Se estableció un total de 33 parcelas en coberturas de pasto y bosque a 20, 50, 100 y 200 m del margen del río, en estas se registraron mediciones de infiltración, caudal, cobertura vegetal a nivel de dosel y sotobosque, densidad aparente, densidad de raíces y textura del suelo. En las parcelas de bosque se realizó un levantamiento florístico con identificación *in situ*. Los datos fueron procesados a través del análisis de varianza y coeficiente de correlación de Pearson (r). Los resultados obtenidos indican que existen diferencias significativas en la velocidad de infiltración instantánea en dependencia de la cobertura vegetal. El análisis de varianza reportó diferencias significativas en las variables longitud de raíz, densidad de raíces, altura de los árboles, DAP superiores a 10 cm y número de árboles con respecto a la distancia desde el margen del río, el tipo de cobertura y la clase textural. En el análisis de correlación mostró correlaciones significativas entre el coeficiente de variación del caudal con la longitud radial de raíces. Se concluye que, en el presente caso de estudio, la cobertura vegetal influyó en la variabilidad del caudal y características hidrológicas de la cuenca alta del río Pindo.

Palabras claves: Uso de suelo, caudal, bosque, pasto.

ABSTRACT AND KEYWORDS

Among the roles of the forest is water collection, where population growth influences which forested areas are deforested due to population displacement. The objective of this work was to assess the influence of the type of plant cover, soil and hydrological characteristics on the flow variability of the upper microbasin of the Pindo River. A total of 33 plots were established in grass and forest cover at 20, 50, 100 and 200 m from the river bank, in which they recorded measurements of infiltration, flow, plant cover at the canopy and undergrowth level, apparent density, root density and soil texture. In the forest plots, a floristic survey was carried out with identification *in situ*. The data were processed through Pearson's variance and correlation coefficient analysis (r). The results obtained indicate that there are significant differences in the instantaneous infiltration rate depending on the plant cover. The data were processed through the analysis of variance and coefficient of The analysis of variance reported significant differences in the variables root length, root density, tree height, DAP greater than 10 cm and number of trees with respect to distance from the river bank, Pearson's correlation coefficient (r). The results obtained indicate that there are significant differences in the instantaneous infiltration rate depending on the plant cover. In the correlation analysis, he showed significant correlations between the coefficient of flow variation with the radial length of roots. It is concluded that, in the present case study, plant cover influenced the variability of the flow rate and hydrological characteristics of Pindo's upper river basin.

Keywords: Land use, flow, forest, pasture.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Problema Científico.....	2
1.2 Hipótesis de la Investigación.....	2
1.3 Objetivo General	3
1.4 Objetivos Específicos.....	3
CAPITULO II.....	4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Situación de los bosques de la Amazonía Ecuatoriana	4
2.2 Condiciones ambientales que influyen en la cuenca hidrográfica.....	5
2.3 Proceso de la infiltración de agua en el suelo	6
2.4 Cobertura vegetal	7
2.4.1 Importancia de la cobertura vegetal	8
2.4.2 Bosques	8
2.4.3 Pastos.....	9
2.5 Suelo.....	9
2.5.1 Propiedades físicas del suelo.....	10
2.5.2 La textura del suelo	10
2.5.3 Diagrama textural.....	11
2.5.4 Porosidad del suelo.....	11
2.5.5 Densidad del suelo	12
CAPÍTULO III	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1 Localización de la investigación	14
3.1.1 Características del cantón Mera	15
3.2 Tipo de investigación en la zona objeto de estudio.....	15
3.3 Métodos de investigación.....	15
3.3.1 Delimitación de parcelas	16
3.3.2 Pruebas de infiltración.....	18
3.3.3 Propiedades Físicas del Suelo	20
3.3.4 Densidad de raíces.....	23
3.3.5 Tipo de cobertura vegetal.....	24
3.3.6 Identificación y caracterización de la flora	26
3.3.7 Factores ambientales	27
3.3.8 Análisis estadístico	29
3.4 Recursos humanos y materiales.....	30

CAPÍTULO IV	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1 Velocidad de infiltración de agua en bosque y pasto	31
4.2 Determinación de las propiedades físicas del suelo	32
4.2.1 Densidad aparente de bosque y pasto	32
4.2.2 Composición textural del suelo en bosques y pasto.	34
4.3 Densidad longitudinal de raíces en bosque y pastos	37
4.4 Longitud de raíces en bosque y pasto.....	38
4.5 Cobertura vegetal.....	40
4.5.1 Cobertura vegetal a nivel de dosel en bosque y pasto.....	40
4.5.2 Cobertura vegetal a nivel de sotobosque en bosque y pasto.....	41
4.6 Especies arbóreas existentes	42
4.6.1 Altura promedio de árboles por estrato arbustivo	45
4.6.2 Distribución por grupos de DAP y tipo de cobertura.....	48
4.7 Medición de caudales de la microcuenca alta del río Pindo	50
CONCLUSIONES.....	51
RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRAFIA	53
ANEXOS	60

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama Textural USDA (1951).....	11
Figura 2. Mapa localización de la investigación	14
Figura 3. Ubicación de Parcelas (Pasto y Bosque) – Sector Pindo Mirador	17
Figura 4. Ubicación de Parcelas (Pasto) – Sector Shell	18
Figura 5. Medición de infiltración en pastos	19
Figura 6. Pesaje de muestras de suelo húmedas	20
Figura 7. Muestras en proceso de secado en estufa.....	20
Figura 8. Pesaje de muestras de suelo secas.....	21
Figura 9. Muestras en bandejas de secado.....	22
Figura 10. Tamizado de muestras.....	22
Figura 11. Muestras en reposo.....	22
Figura 12. Raíces de muestra.....	24
Figura 13: Distribución de subparcelas para muestro de cobertura vegetal	25
Figura 14: Cobertura vegetal a nivel de sotobosque.....	25
Figura 15: Cobertura vegetal a nivel de dosel.	26
Figura 16. Velocidad de Infiltración en Bosque y Pasto en 60 min.	32
Figura 17. Densidad Aparente de Bosque y Pasto.....	34
Figura 18. Textura del Suelo en Bosque	35
Figura 19. Textura del Suelo en Pasto	36
Figura 20. Densidad Longitudinal de Raíces en Bosque y Pasto	38
Figura 21. Longitud de Raíces en Bosque y Pasto	39
Figura 22. Porcentaje de Cobertura Vegetal a nivel de Dosel en Bosque y Pasto	41
Figura 23. Porcentaje de Cobertura Vegetal a nivel de sotobosque en Bosque y Pasto.....	42
Figura 24. Altura promedio de árboles en bosque a 20 m del río.....	46
Figura 25. Altura promedio de árboles en bosque a 50 m del río.....	46
Figura 26. Altura promedio de árboles en bosque a 100 m del río.....	47
Figura 27. Altura promedio de árboles en bosque a 200 m del río.....	48
Figura 28. Diámetro a la altura del pecho (DAP).....	49
Figura 29. Caudales de la microcuenca del río Pindo sectores cuenca alta, afluente y puente metálico.....	50

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación de las parcelas de muestreo en el área objeto de estudio	16
Tabla 2. Grupos de clasificación por DAP	26
Tabla 3. Coeficientes de Manning	28
Tabla 4. Composición textural de suelos en bosques	34
Tabla 5. Composición textural de suelos en pasto.....	35
Tabla 6. Especies Arbóreas identificadas en bosques	42
Tabla 7. Especies Arbóreas identificadas en pastos	44
Tabla 8. Distribución de individuos por tipo de cobertura y grupo de DAP.....	48

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de Densidad Aparente	21
Ecuación 2. Cálculo del % de Arena	23
Ecuación 3. Cálculo del % de Arcilla.....	23
Ecuación 4. Cálculo del % de Limo	23
Ecuación 5. Fórmula de Newman.....	24
Ecuación 6. Fórmula de Volumen de la muestra.....	24
Ecuación 7. Fórmula de densidad longitudinal de raíces	24
Ecuación 8. Fórmula de caudal.....	27
Ecuación 9. Ecuación de Manning	28
Ecuación 10. Cálculo de radio hidráulico.....	28

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La deforestación generada por la transformación de los bosques en zonas de agricultura y ganadería, no solo amenaza a las comunidades forestales y formas de vida de los pueblos indígenas, sino también a la vida en general de nuestro planeta. Los cambios de uso de la tierra dan lugar a una pérdida de hábitats valiosos, a la degradación de la tierra, la erosión del suelo, la disminución del agua limpia y la liberación de carbono a la atmósfera (FAO, 2008).

En el Ecuador el uso de suelo varía dependiendo de la región. El mayor uso agropecuario del territorio, se localiza en las regiones de la Sierra andina y el Litoral, mientras que la aptitud boscosa predomina en la Amazonia, sin embargo, se evidencia un cambio progresivo de los bosques hacia usos agropecuarios principalmente en la franja de Pie de Monte (Checa y Grijalva, 2012).

La intervención inapropiada de las poblaciones con el medio ambiente, debido a la expansión y demanda de alimentos promueve la deforestación de los bosques que son reemplazados por cultivos y pastos para la ganadería, situación que altera el ciclo hidrológico. La disminución de los recursos naturales y biodiversidad de las áreas forestales nativas de las riveras de los ríos genera un mayor flujo hídrico en la cuenca, sin embargo, procesos de reforestación con la utilización de especies de crecimiento rápido, reducen los niveles de agua que salen de los bosques (Blanco, 2017).

Según la FAO (2013) los bosques retienen más agua en comparación a los pastizales o áreas agrícolas, debido a que mediante el proceso de evapotranspiración contribuyen en mayor índice a la humedad atmosférica. Además, los suelos de los boques tienen una capa orgánica fina y porosa; y con sistemas radicales densos y profundos aportan favorablemente a los procesos de infiltración y retención de agua, disminuyendo la escorrentía superficial y recargando eficientemente las aguas subterráneas, estableciendo en diferencia a cualquier otro tipo de cobertura vegetal a cursos de aguas con caudales constantes a través del tiempo.

Los suelos de los bosques a diferencia de suelos con otros tipos de uso, absorben y retienen mayor cantidad de agua. Por lo que la deforestación debido a la extracción de árboles aumenta el caudal y el riesgo de inundaciones en épocas lluviosas y produce un efecto inverso en estaciones secas aumentando el riesgo de sequía (International Union of Forest Research Organizations [IUFRO], 2007).

Estos antecedentes han generado la necesidad de realizar un estudio del comportamiento de la microcuenca alta del río Pindo a fin de establecer la relación del tipo de cobertura sobre la variabilidad del caudal de la microcuenca y prever situaciones en que los cursos hídricos resultan una amenaza para la vida en procesos de inundaciones o a su vez generen disminución de la disponibilidad del caudal, a través del análisis de las características edafológicas e hidrológicas y su relación con el caudal.

Al ubicarse el río Pindo en una zona subtropical baja con altos niveles de pluviosidad es necesario conocer las condiciones y factores que inciden en que los ríos aumenten su caudal de manera drástica e intempestivamente, generando desastres en las partes bajas al no disponer de los mecanismos de alerta ni condiciones que prevengan este tipo de acontecimientos.

1.1 Problema Científico

El cambio de uso de suelo generado por el crecimiento demográfico y las actividades agrícolas, modifican las características hidrológicas del suelo, incidiendo en la capacidad de infiltración y almacenamiento de agua en el suelo, lo cual incrementa los flujos hídricos superficiales que drenan hacia los cursos hídricos y por tanto disminuyen la capacidad reguladora que tienen los bosques, generando una mayor variabilidad en el caudal superficial.

1.2 Hipótesis de la Investigación

¿El cambio de cobertura vegetal de bosque a pasto influye en las características hidrológicas del suelo y en la variabilidad del caudal en la microcuenca alta del río Pindo?

1.3 Objetivo General

Valorar la influencia del tipo de cobertura vegetal en las características edafológicas e hidrológicas de la variabilidad del caudal de la microcuenca alta del río Pindo.

1.4 Objetivos Específicos

- Identificar los tipos de cobertura vegetal existentes en la zona.
- Establecer las características hidro-edafológicas en función de cada tipo de cobertura.
- Evaluar la incidencia del tipo de cobertura vegetal y características del suelo en la capacidad de infiltración y variabilidad del caudal.

CAPITULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Situación de los bosques de la Amazonía Ecuatoriana

La Región Amazónica Ecuatoriana (RAE), con sus abundantes bosques naturales y extraordinaria biodiversidad con una extensión aproximada de 82120 km², representa cerca del 30% del territorio nacional, pero tan solo el 2% de la Cuenca Amazónica, donde se distinguen cuatro tipos de vegetaciones: bosques de tierra firme, bosques inundables por ríos amazónicos y andinos, los bosques inundados o moretales y los bosques en sistemas lacustres-riparios de aguas negras (Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE], 2013). La RAE se encuentra conformada por 6 provincias (Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe), 43 cantones y 183 parroquias, con una población de 739.814 habitantes (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIAP], 2018).

Conforme lo determina el sistema de zonas de vida de Holdridge (1979), la RAE se encuentra compuesta por bosque húmedo tropical, bosque muy húmedo tropical, bosque muy húmedo premontano, bosque pluvial premontano y bosque húmedo premontano, con algunas inserciones de bosque montano bajo (muy húmedo y pluvial). Las precipitaciones anuales en la región van desde los 2 500 mm hasta los 6 000 mm y la temperatura anual es de 18°C a 25°C (Instituto para el Ecodesarrollo Regional Amazónico [ECORAE], 2001).

Según el MAE (2013), se registran 25 ecosistemas boscosos en la Región Amazónica Ecuatoriana, entre los cuales se encuentra el Bosque siempreverde de llanura del Abanico del Pastaza, caracterizado por varias comunidades boscosas asentadas en relieves de planicies o colinas, dependiendo de las situaciones geomorfológicas existentes donde el recambio de especies crece proporcionalmente a la distancia del piedemonte. En los terrenos de tierra firme, los suelos van de arcillosos a limosos o a arenoso arcilloso con un buen drenaje, la cobertura es semiabierto; dosel superior con aspecto continuo de 18 a 25 m y dosel inferior de 10 a 16 m de alto, además se evidencia la presencia de arbolillos en las terrazas medias de 5 a 10 m de alto.

2.2 Condiciones ambientales que influyen en la cuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica, conocida asimismo como cuenca de captación o colectora, es un componente geográfico e hidrológico conformado por un río principal y por todos los territorios alcanzados entre la naciente y la desembocadura de este río. Asocia particularmente todas las tierras y ríos menores que aportan agua a este río principal. El agua captada por una cuenca puede alimentar un nuevo río, un pantano, un lago, un acuífero subterráneo o bien diversos elementos del paisaje (Aguilar e Iza, 2009).

Una cuenca hidrográfica es una unidad territorial formada por un río con sus afluentes y un área colectora de agua, por lo que esta unidad territorial tiene una connotación esencialmente volumétrica e hidrológica en la cual se encuentran recursos naturales básicos para múltiples actividades humanas, como agua, suelos, vegetación y fauna. En la cuenca se manifiesta el desarrollo histórico que han tenido las poblaciones, sus hábitos e intereses, que detallan las diferentes prácticas productivas y organización del territorio (Aguilar, 2007).

Los factores que influyen en la recarga hídrica de la cuenca son la precipitación, la escorrentía superficial y el caudal (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente [IARNA], 2006). Sin embargo, existen otros factores como la permeabilidad del suelo, el grado de humedad, la duración e intensidad de la lluvia y el patrón de drenaje; la pendiente del terreno es un factor importante dentro de los procesos de escorrentía e infiltración, pues una mayor pendiente favorece la escorrentía superficial mientras que terrenos planos favorecen a la infiltración, debido a que retienen más tiempo el agua (Matus, 2009).

Segerer y Villodas (2006) definen que el término precipitación engloba a todas las aguas meteóricas que caen sobre la superficie de la tierra, ya será de forma líquida o sólida; estos diversos tipos de precipitaciones normalmente son medidos en su equivalente en agua. El origen de todas las corrientes superficiales y profundas radica en las precipitaciones, por lo cual el conocimiento de su distribución, en el tiempo y en el espacio, así como su cuantificación, constituye los problemas básicos para la hidrología.

Según Arias (2011), la escorrentía superficial se relaciona proporcionalmente al volumen de la precipitación pluvial, su análisis es primordial en la determinación de caudales hidrológicos; y describe como un proceso que tiene como su punto de partida a la precipitación de agua en las zonas altas, la cual por acción de una pendiente descendente forma una lámina que va acumulando el flujo hasta un punto de descarga artificial o de índole natural hacia los ríos o afluentes de la cuenca hidrológica. Considerando que los factores directamente relacionados con la escorrentía, son la precipitación y la pendiente del terreno.

El proceso de infiltración se dificulta en suelos impermeables y compactados, y por lo contrario se facilita en suelos permeables. Las características del suelo que influyen en la recarga de agua son la textura, la densidad aparente, el nivel de saturación y la capacidad de infiltración (Instituto Nacional de Bosques [INAB], 2003).

Según Matus, Faustino y Jiménez (2009), la escorrentía superficial disminuye debido a la cobertura vegetal existente, la cual aumenta el tiempo de permanencia del agua en el suelo facilitando el proceso de infiltración, además un porcentaje significativo del agua proveniente de la lluvia es captada por la cobertura vegetal. En el estudio de incidencia del factor de cobertura vegetal se debe considerar también la densidad y profundidad de raíces, así como la capacidad de retención del dosel vegetal.

2.3 Proceso de la infiltración de agua en el suelo

La infiltración es el proceso mediante el cual el agua ingresa en el suelo, generalmente de forma vertical desde la superficie, constituyendo el primer paso dentro del ciclo hidrológico (Porta, López-Acebedo y Roquero, 1994). Según Blanco (1999) plantea que a partir de que la lluvia cae sobre suelo seco, el agua interactúa de dos maneras, es decir que el agua ingresa al suelo si este no se encuentra saturado cumpliéndose la siguiente condición ($P < I$), donde la (P) precipitación es menor a la (I) infiltración; y en otros casos en los cuales el agua lluvia es constante, el suelo no tiene la capacidad de infiltrar toda el agua que recibe ($P > I$), se produce la escorrentía, debido a la saturación del suelo.

La infiltración es el proceso mediante el cual el agua se transporta desde la superficie del suelo hacia las profundidades, la cual puede ser de manera saturada o no saturada, dependiendo de las características morfológicas y la composición del terreno. Son procesos diferentes porque el uno depende de la ley de Darcy, que sirve para describir los flujos de fluidos a través de materiales porosos y el otro está relacionado directamente por las reacciones físicas-químicas que se dan a lugar entre el material y el agua. La infiltración es considerada uno de los fenómenos físico de tensión superficial más importante, debido a que es la responsable del movimiento de una gran cantidad de sales en el interior del terreno (Bateman, 2007).

La determinación de la infiltración, mediante el uso de infiltrómetro de cilindro simple, consiste en un cilindro abierto que se introduce suavemente en el suelo, al cual se somete a una carga de agua y se mide el volumen de líquido que es drenado por unidad de tiempo, lo que constituye el término que se conoce como capacidad de infiltración (Martínez y López, 1996). Cabe indicar que para la efectiva aplicación del método se deben tener en consideración, procedimientos tales como; la correcta colocación del cilindro en el suelo, la forma de colocar el agua en el cilindro, el material del cilindro, entre otros (Blanco, 1999).

2.4 Cobertura vegetal

La cobertura vegetal se entiende como la capa de vegetación en estado natural que cubre el suelo, la cual comprende una gran gama de biomasas con características ambientales y fisiológicas distintas, las cuales pueden ir desde pastizales hasta áreas con bosques. Además, dentro de las coberturas vegetales, se toman en cuenta las áreas de cultivos como resultados de la acción humana (Bennett, 1999).

Varios tipos de vegetación se encuentran presentes en las cuencas, los mismos que se definen en base a parámetros físico ambientales, biológicos y edáficos. Para determinar los diferentes tipos de bosques se deben considerar parámetros como temperatura, precipitación y evapotranspiración potencial, entre otros (Holdridge, 1979).

2.4.1 Importancia de la cobertura vegetal

Según Mozo (1999), la cobertura vegetal es el elemento de mayor influencia en el sistema de conservación de la tierra, puesto que las plantas son las encargadas de reciclar y absorber nutrientes del dióxido de carbono, azufre, nitrógeno y fósforo que se encuentran presentes en la atmósfera y tierra; absorben agua de los suelos y son el fundamento básico de la cadena alimenticia; además de proveer al ser humano de materiales industriales, fibras, resinas, así como plantas medicinales.

Por su parte, los bosques son los elementos determinantes dentro de la conservación del ambiente, debido a que ayudan a mantener la estabilidad hídrica, regulan el clima local y a nivel mundial, y sobre todo favorecen la preservación de los suelos previniendo la erosión, además numerosas especies de plantas y animales desarrollan ahí su hábitat (Bennett, 1999).

Según los datos del Proyecto Monitoreo de la Cuenca del Canal de Panamá ([PMCC], 1999), mantener una cobertura vegetal en buen estado es de vital importancia puesto que disminuye la erosión de los suelos ya que ayuda al proceso de regulación del ciclo hidrológico. Además, las cubiertas vegetales son de gran utilidad para la reducción de la dispersión de contaminantes en disolución, ya que las mismas aportan a la disminución del flujo total de escorrentía (Rodríguez, Ordóñez y González, 2004).

2.4.2 Bosques

Según Laguna (2012), los bosques naturales comprenden un área mayor a 1 hectárea de formación vegetal leñosa natural, con predominio de especies arbóreas con una cubierta de dosel superior al 30 por ciento y una altura superior a 5 metros o más. Este tipo de cobertura se desarrolla en diferentes altitudes y sustratos, se incluye la vegetación secundaria o en transición. En el área no existe tierra sometida a un uso agrícola o urbano.

Según la FAO (2006), los bosques plantados son coberturas de plantaciones de vegetación arbórea, producto de procesos de reforestación realizados por el hombre. El proceso consiste en la plantación y/o la siembra de especies forestales con fines de producción de

madera o de conservación. Las coberturas pueden estar conformadas por especies nativas o introducidas dependiendo de los lineamientos de ordenación forestal (conservación, protección, producción).

Palacios, Cerón, Valencia y Sierra (1999) manifiestan, que el bosque húmedo tropical amazónico se extiende en toda la RAE, región con elevaciones bajo los 600 m y una precipitación máxima de 3349 mm anuales. El bosque de tierra firme es el más dominante y se caracteriza por presentar suelos con un excelente sistema de drenaje y un dosel de 10 a 30 m de altura, con árboles que llegan hasta los 40 m. Existe áreas abiertas por acción de la caída de árboles, y presenta una diversidad de especies con 200 a 300 especies por hectárea.

2.4.3 Pastos

Extensión de tierra con presencia de hierba densa de composición florística preponderada principalmente por gramínea, área dedicada a pastoreo por períodos de dos o más años. En zonas bajas o en depresiones del terreno con este tipo de cobertura puede presentar anegamientos temporales o permanentes; debido a la utilización de prácticas de manejo para limpieza y fertilización dependiendo del nivel tecnológico utilizado, impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas (Laguna, 2012).

2.5 Suelo

Se define como la capa superficial de la tierra y constituye el medio en el cual se desarrolla la vegetación, es la fuente de nutrientes y almacenamiento de agua los cuales son transmitidos a las plantas a medida que la necesitan para su desarrollo. Además, las raíces encuentran en el suelo el aire necesario para vivir. El suelo se extiende tanto en superficie como en profundidad; consta de varias capas llamadas horizontes, aproximadamente paralelas a la superficie. Cada uno de los horizontes del suelo tiene distintas propiedades físicas y químicas, lo que se refleja en su aspecto. A: capa superior, más oscura y fértil, con más raíces; es la capa arable del suelo; B: capa más arcillosa, menos fértil y con menos raíces; y C: capa más profunda, prácticamente sin raíces (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIA], 2015).

2.5.1 Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas de los suelos determinan su capacidad de uso por parte del hombre. La fuerza de sostenimiento, la porosidad, la facilidad para el desarrollo de las raíces, la ventilación, la capacidad de infiltración y drenaje de agua, la textura y los nutrientes presentes determinan la condición física de un suelo. Por lo tanto, se hace necesario conocer las propiedades físicas del suelo, para discernir cuál es su influencia en el crecimiento de las plantas, y de qué manera la actividad humana puede modificarlas con el objetivo de mejorar las condiciones para uso de la tierra de forma responsable (Rucks, García, Kaplán, Ponce y Hill, 2004).

2.5.2 La textura del suelo

La textura está determinada por la materia mineral que forma el suelo clasificándose como arenosos, arcillosos y limosos. El suelo, donde la fracción arena predomina, son permeables al agua y al aire, son relativamente sueltos, livianos, consideradas buenas propiedades físicas para su trabajo, sin embargo, presentan una baja fertilidad. En cambio, los suelos arcillosos son pegajosos si están húmedos y muy duros cuando secos, considerados de malas características técnicas para su trabajo o manipulación, pues es posible dentro de cierto rango de humedad, se los conoce como suelos pesados y son los más fértiles. Entre los dos escenarios existe un amplio rango de variedades, dependiendo del porcentaje de las fracciones minerales presentes en el suelo. Se conoce como suelos francos o de texturas medias cuando existe un balance de las tres fracciones (arena, limo y arcilla), puesto que ese tipo de suelos son equilibrados entre sus propiedades físicas y fertilidad (INIA, 2015).

La proporción de cada elemento presente en el suelo otorga lo que se llama la textura, es decir es la representación del porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo y arcilla. Un suelo posee una buena textura cuando la composición de los elementos da la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición (Rucks et al., 2004).

2.5.3 Diagrama textural

El Diagrama textural del Departamento de Agricultura conocido como USDA (1951, por sus siglas en inglés), es una herramienta para obtener las clases texturales en función de los porcentajes de arena, limo y arcilla, Figura 1.

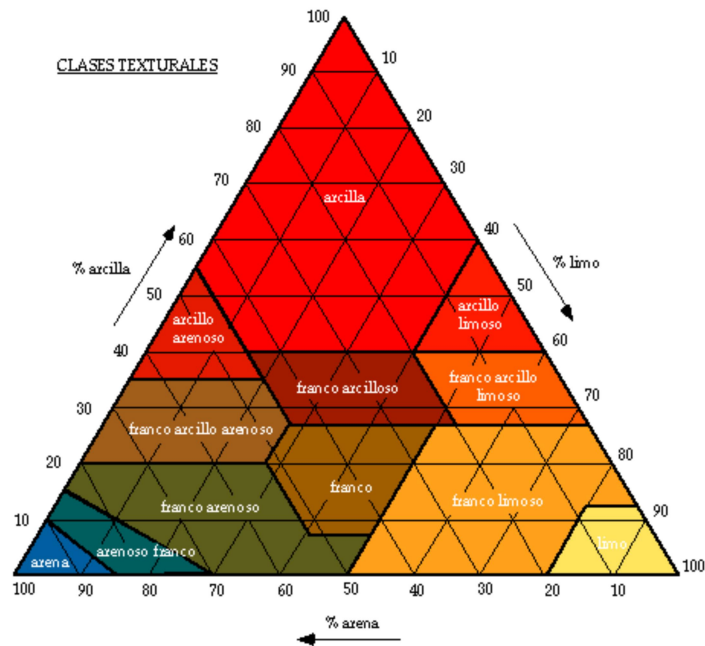


Figura 1. Diagrama Textural USDA (1951)

El diagrama textural es un triángulo equilátero, en el que en cada lado se sitúa el porcentaje de uno de los elementos (arena, limo, arcilla), cabe indicar que la numeración que va siempre en sentido de las agujas del reloj, inicia en un vértice en 0 y termina en el otro vértice en 100. Cada muestra de suelo se encuentra definida por un punto dentro del triángulo, el cual se obtiene al intersectar dos valores de porcentaje de la fracción de cada elemento (P. ej.: Arcilla y Limo). La intersección de dichos puntos se obtiene al trazar una recta desde una fracción textural a la otra fracción en función de los porcentajes (Moreno, 2015).

2.5.4 Porosidad del suelo

Según la FAO (2009), la porosidad es el indicador del volumen total de espacios porosos existentes y discernibles con una lupa x10. Las características del espacio poroso,

dependen de la textura y la estructura del suelo; se expresa como el porcentaje del volumen del suelo ocupado por poros, o el espacio no ocupado por sólidos. Para determinar la porosidad de un suelo, se debe utilizar muestras de suelo no alteradas, es decir sin ninguna deformación que altere la ubicación de las partículas sólidas y los espacios entre ellas, lo cual puede realizarse a partir de la estimación de las densidades aparente y real (Rucks et al., 2004).

Pla (2010) clasifica a las fracciones de poros del suelo de acuerdo a su funcionalidad y tamaño de la siguiente forma: la fracción de poros grandes (macroporos) los cuales cumplen las funciones de aireación y drenaje; y, la fracción de poros capilares (microporos) los cuales retienen la humedad. Además, indica que el volumen del suelo se constituye del 50% de espacios porosos, el 45% de minerales y un 5% de materia orgánica.

La densidad aparente y densidad de partículas presentes en el suelo, permiten calcular la porosidad total del suelo, la cual representa la relación del volumen ocupado por la parte sólida en condiciones naturales, sin embargo cuando el suelo se encuentra seco, se define a la porosidad como la relación entre el volumen total de suelo y el volumen de los poros (Bravo y Lozano, 2014).

Según Constanza, Hernández y Triana (2014), el tipo y grosor de las partículas del suelo determinan el nivel de porosidad, sin embargo enuncian además que los cambios que se pueden producir dependerán del nivel de las actividades ganaderas desarrolladas en la zona, puesto que estas reducen el espacio poroso existente a través de la compactación del suelo.

2.5.5 Densidad del suelo

Según Rodríguez (2010), la densidad es una propiedad elemental y fundamental de los materiales, la cual se encuentra relacionada a la naturaleza de sus componentes y a los espacios vacíos existentes entre ellos.

Flores y Alcalá (2010) describen a la densidad aparente del suelo como la relación existente entre la masa o peso del suelo seco y el volumen total de ocupación, incluyendo al espacio poroso. La densidad aparente del suelo, es uno de los factores determinantes para un ambiente adecuado que favorezca al crecimiento de las plantas, permitiendo el desarrollo de las raíces, y facilitando el ingreso y almacenamiento de agua necesaria (Taboada y Álvarez, 2008).

La densidad aparente del suelo se define como el peso de un volumen de suelo seco (105°C). Volumen que incluye tanto los poros como los sólidos, razón por la cual la densidad aparente refleja la porosidad total del suelo. La densidad aparente es considerada un factor importante dentro de la calidad del suelo y la función del ecosistema. Valores bajos en la densidad aparente indican condiciones favorables por la condición porosa del suelo, mientras que valores altos denotan un ambiente empobrecido del suelo debido a su bajo nivel de aireación, reducción de la tasa de infiltración de agua afectando al crecimiento de las raíces (FAO, 2009).

Jaramillo (2012) indica, que la densidad real del suelo equivale al peso de las partículas sólidas del suelo en relación con el volumen que ocupan sin considerar su organización, es decir para su cálculo no se considera el volumen ocupado por los poros; razón por la cual depende de la composición mineral del suelo, así como del contenido de la materia orgánica y de los óxidos de hierro presentes en el suelo.

La Densidad de raíces es la estrecha relación entre el suelo y las plantas, se da por la presencia de las raíces como órganos de anclaje y absorción de nutrientes. Por medio de su estudio se pueden establecer relaciones entre las necesidades fisiológicas de las plantas y el efecto que ocasionan sobre el suelo, así como la relación existente entre las propiedades del suelo y el desarrollo de las raíces (Jiménez y Arias ,2004).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización de la investigación

La presente investigación fue realizada en la cuenca alta del río Pindo Grande, localizada en el cantón Mera, el mismo que se encuentra ubicado al noroccidente de la provincia de Pastaza, en la región Amazónica del Ecuador. La cuenca cuenta con numerosos riachuelos y afluentes, nace en la Estación Biológica Pindo Mirador, y se extiende por la parroquia Shell. La vegetación presente de acuerdo a la clasificación realizada por Sierra (1999) corresponde a Bosque siempreverde piemontano; además se evidencia la presencia de bosque de realce y pastizales debido a la actividad agrícola en las zonas pobladas. La topografía del terreno es irregular, la presencia de constantes lluvias y el índice de humedad de la zona, facilitan derrumbes y caída de árboles (Figura 2).

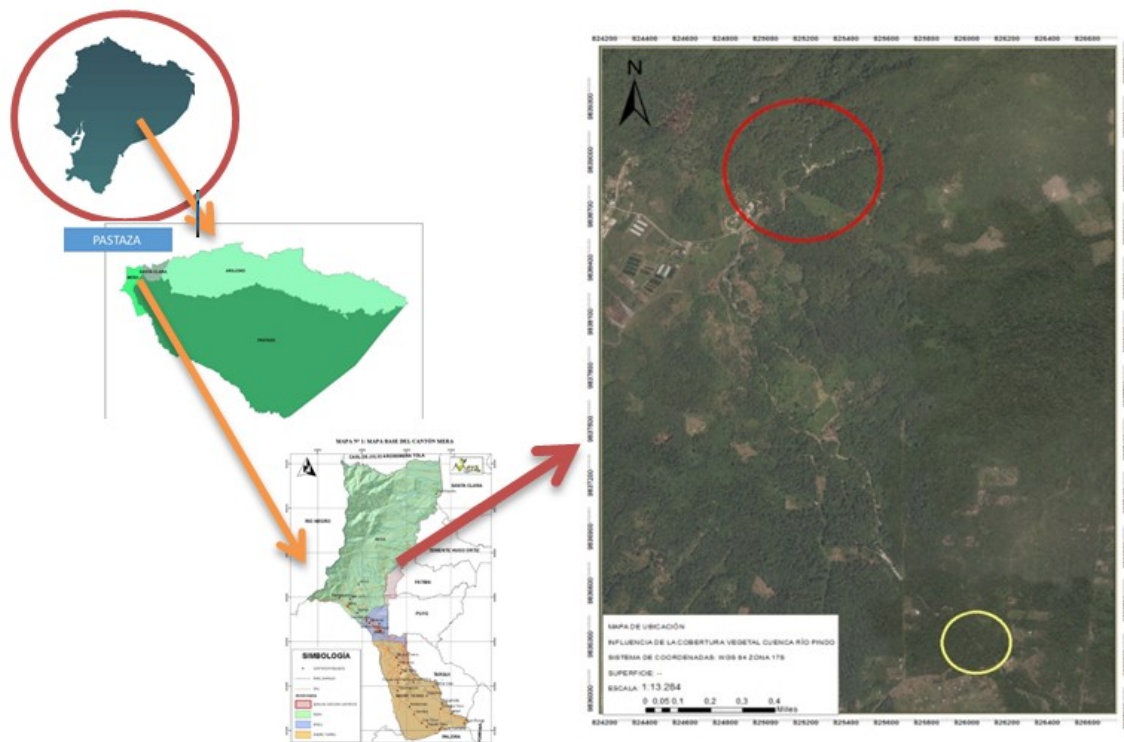


Figura 2. Mapa localización de la investigación

3.1.1 Características del cantón Mera

El Cantón Mera por su ubicación constituye un espacio estratégico de relevancia nacional como fuente de agua para consumo humano, debido a sus características biofísicas y su ubicación en el pie de montaña de la Cordillera Oriental, aspecto que condiciona la actividad agrícola debido a sus elevadas pendientes y suelos deficientes de materia orgánica. Aspecto relevante dentro del territorio cantonal vinculado a acciones de prestación de servicios eco-sistémicos, principalmente en recursos hídricos y biodiversidad (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Mera [GADCM], 2015).

Según los datos de la estación meteorológica Pindo Mirador, ubicado en la parroquia Mera, el sector de estudio presenta una temperatura promedio de 20,2 °C y con una precipitación promedio anual de 4222,7 mm, estableciendo los meses de agosto y septiembre como los más secos y junio y julio los meses más lluviosos (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza [GADPPz], 2017).

En el Cantón Mera existen una gran variedad de plantas, desde una extensa variedad de herbáceas hasta árboles de tallos altos como Pilche o Chanul, Cedro, Laurel, Canelo, Sandi, María, Tamburo, Chontacaspi, Guayacán, Caoba, etc.

3.2 Tipo de investigación en la zona objeto de estudio

Como parte del desarrollo del estudio se empleó la investigación bibliográfica-documental, de campo y descriptiva, la cual consistió en la revisión e indagación de investigaciones similares, para lo cual se utilizó datos históricos del uso de suelos en la zona de estudio, estando acorde a lo que manifiestan Abril (2010) y Sabino (2009). Descriptiva, puesto que se estableció la descripción, registro y análisis e interpretación de la naturaleza actual y de campo por cuanto se realizaron tomas de muestras y datos *in situ* con la finalidad de verificar la relación entre los distintos factores.

3.3 Métodos de investigación

Para la presente investigación se realizó muestreos en la zona, ubicando parcelas a 20,

50, 100 y 200 metros del margen del río, considerando los usos de suelo de pasto y bosque. En cada punto se describió las características de vegetación y topografía del lugar distribuido a los lados derecho e izquierdo. En cada una de las parcelas se recopiló datos *in situ* sobre las características que se mencionan a continuación:

3.3.1 Delimitación de parcelas

Se aplicó la metodología propuesta por Aguirre (2015), donde se establecieron parcelas de 400 m² de área (20 x 20 metros), ubicadas en puntos previamente seleccionados donde se presentaban coberturas de bosque y pasto a distancias de 20, 50, 100 y 200 metros de los márgenes del río y que las mismas se encuentren en el mismo sentido de pendiente entre ellas, por lo que, si en las distancias establecidas se identificaba un cambio de pendiente, solo se consideraba hasta aquellas parcelas que mantenían la misma dirección de pendiente, razón por la cual debido al relieve del área de estudio, no se pudo establecer las parcelas en todas las distancias.

Se ubicaron 9 parcelas como uso de suelo bosque en el sector de Pindo mirador, 6 en la microcuenca alta del río Pindo y 3 en el afluente. De igual manera se colocaron 14 parcelas en pasto, 8 parcelas ubicadas en el sector Pindo Mirador y 6 parcelas ubicadas la altura del puente metálico Praga Sacha conforme se muestra en las Figuras 3 y 4. Cabe indicar que el levantamiento de las parcelas se realizó considerando el tipo de cobertura vegetal predominante en el área de estudio presente en el trayecto de la microcuenca alta, afluente y a la altura de la parroquia Shell. Los puntos donde se realizaron los muestreos presentan las características geográficas consideradas en la Tabla 1.

Tabla 1. Ubicación de las parcelas de muestreo en el área objeto de estudio

N ^o	Sector	Parcela	Distancia al río (m)	Tipo de cobertura	Coordenadas X (UTM WGS84)	Coordenadas Y (UTM WGS84)
1	Pindo Mirador	1	20	Bosque	825111	9839257
2	Pindo Mirador	1	50	Bosque	825077	9839275
3	Pindo Mirador	1	100	Bosque	825045	9839298
4	Pindo Mirador	1	200	Bosque	824965	9839337
5	Pindo Mirador - Afluente	2	20	Bosque	825338	9839382

6	Pindo Mirador - Afluente	2	50	Bosque	825378	9839397
7	Pindo Mirador - Afluente	2	100	Bosque	825406	9839375
8	Pindo Mirador	3	20	Bosque	825236	9839527
9	Pindo Mirador	3	50	Bosque	825212	9839536
10	Pindo Mirador	1a	20	Pasto	825006	9838812
11	Pindo Mirador	1a	50	Pasto	825022	9838848
12	Pindo Mirador	1a	100	Pasto	824991	9838869
13	Pindo Mirador	1a	200	Pasto	824935	9838977
14	Pindo Mirador	2a	20	Pasto	825121	9838906
15	Pindo Mirador	2a	50	Pasto	825087	9838915
16	Pindo Mirador	2a	100	Pasto	825071	9838998
17	Shell	3a	20	Pasto	826034	9836279
18	Shell	3a	50	Pasto	826043	9836309
19	Shell	3a	100	Pasto	826053	9836366
20	Shell	3a	200	Pasto	826067	9836448
21	Shell	4a	20	Pasto	825987	9836255
22	Shell	4a	50	Pasto	825968	9836233
23	Shell	4a	100	Pasto	825631	9836513

Los cuales se encuentran ubicados en los siguientes puntos.

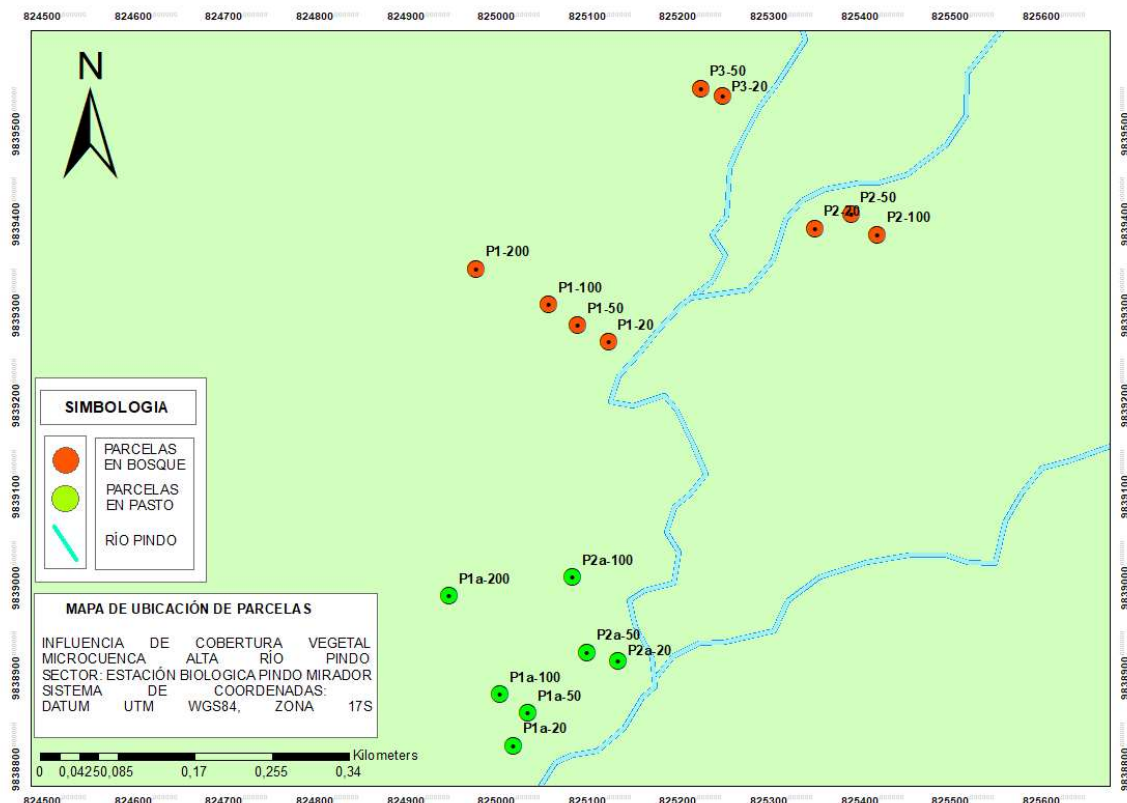


Figura 3. Ubicación de Parcelas (Pasto y Bosque) – Sector Pindo Mirador

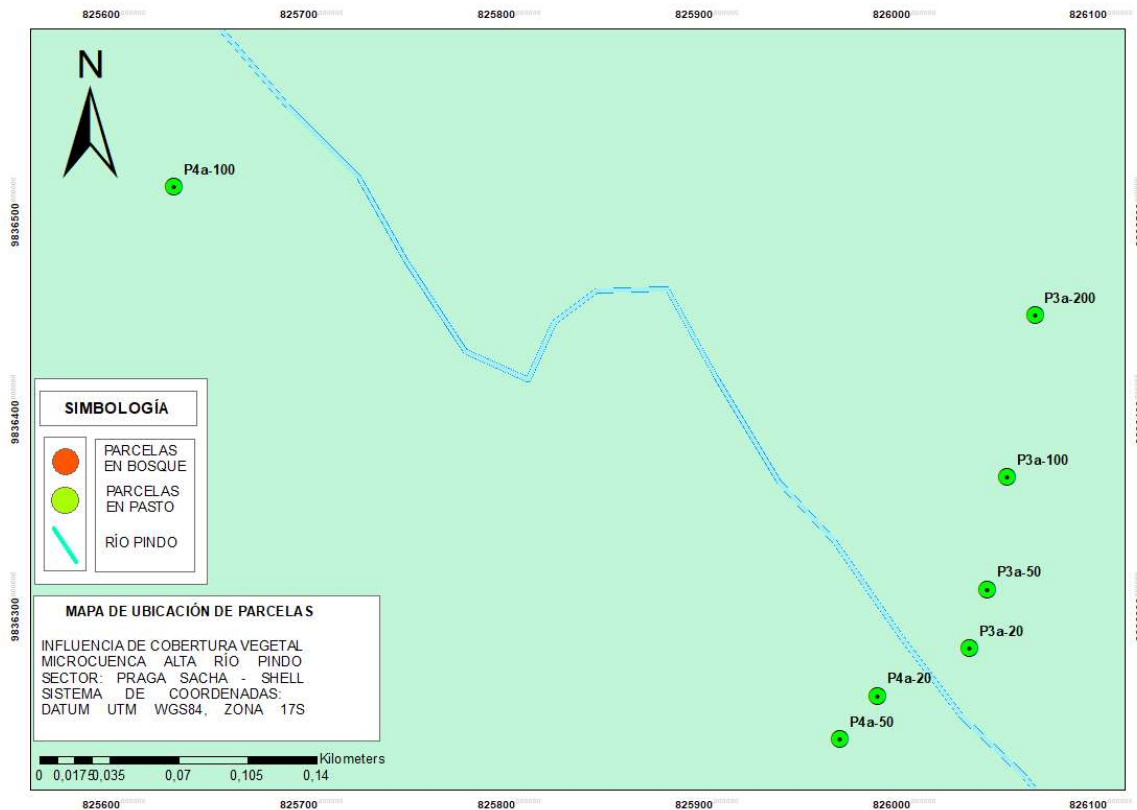


Figura 4. Ubicación de Parcelas (Pasto) – Sector Shell

3.3.2 Pruebas de infiltración

Previo a las pruebas de infiltración, se tomó una muestra de suelo con cilindro en cada parcela, la cual fue utilizada para establecer características como densidad aparente, textura del suelo y densidad de raíces.

Debido a la practicidad del método, se aplicó la prueba de cilindro simple la cual es citada por Reyes (2014), conforme consta en la Figura 5. Se realizó una limpieza del área de instalación del cilindro sin alterar las características de la estructura del suelo. El cilindro fue introducido a una profundidad aproximada de 10 cm, se realizó un aporque alrededor del cilindro para evitar fugas laterales, se colocó una funda sobre la superficie del suelo y se colocó una regla graduada, se rellenó de agua, se retiró la funda y se registró la altura inicial de la lámina de agua. Se tomaron medidas de la altura de la lámina de agua a períodos de 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30, 45 y 60 minutos.

En función de las lecturas tomadas, se fue determinando la infiltración parcial entre cada periodo y la infiltración acumulada para todo el periodo de ensayo.



Figura 5. Medición de infiltración en pastos

El estudio abarcó un área de Bosque y Pasto del Sector Pindo Mirador y de Shell procurando que este mantenga la representatividad del tipo de cobertura presente en el área de estudio.

Para determinar la velocidad de infiltración por medio de infiltrómetro de cilindro simple se midió la altura infiltrada durante 60 minutos, para lo cual se registraron las lecturas de los periodos de 1, 2 y 5 minutos, y posteriormente se realizaron lecturas cada 5 minutos, rellenando el cilindro de manera continúa manteniendo una altura mínima de 1 cm por encima de la superficie.

La velocidad de infiltración fue determinada con la ecuación donde la velocidad de infiltración es igual a la infiltración acumulada sobre tiempo acumulado.

3.3.3 Propiedades Físicas del Suelo

DENSIDAD APARENTE

Se utilizó el “método del cilindro” (MC), que consiste en extraer muestras del suelo utilizando cilindro metálico, para determinar la masa de suelo seco que quedó en su interior (Blake & Hartge, 1986).

Se tomó muestras de suelos frescos en cilindros metálicos de 5 cm de altura y 7 cm de diámetro. Como se muestra en la Figura 6, en la base de cada cilindro se colocó papel aluminio en forma de bandeja para no regar partículas. Se encendió la balanza y se pesó cada muestra de suelo fresco.

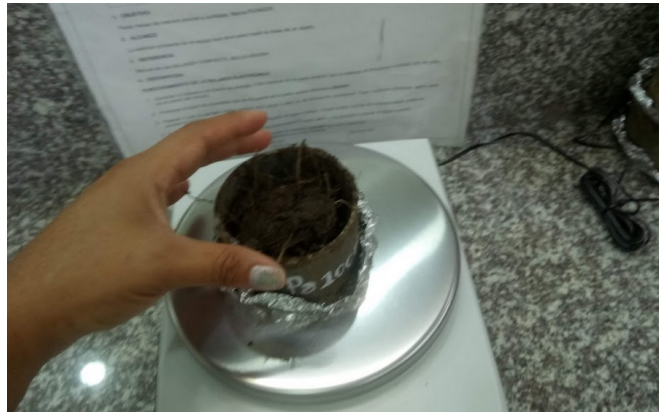


Figura 6. Pesaje de muestras de suelo húmedas

Se colocó las muestras de suelo en la estufa y se secó por 24 h a una temperatura de 105° C conforme consta en la Figura 7. Una vez transcurrido el tiempo se apagó la estufa y se dejó que la muestra se enfríe.



Figura 7. Muestras en proceso de secado en estufa

Se volvió a pesar la muestra seca con el cilindro y papel aluminio como consta en la Figura 8.



Figura 8. Pesaje de muestras de suelo secas

Se pesó el cilindro y el papel de aluminio sin suelo seco y este peso se restó del peso de la muestra con suelo. Se calculó la densidad aparente a través de la ecuación 1.

Cálculos:

$$Da = \frac{Pss}{Vol^3}$$

Ecuación 1. Cálculo de Densidad Aparente

Dónde:

Da: Densidad aparente. (gr/cc)

Pss: Peso del suelo seco (gr)

Vol: Volumen del cilindro (cc)

TEXTURA DEL SUELO

Se determinó la textura del suelo a través de los porcentajes de arena, limo y arcilla presentes en el suelo, se utilizó el “método de Bouyoucos”, el cual según Morela y Llitjós (1995), consiste en la utilización de la solución “Calgón” para dispersar las partículas minerales presentes en el suelo, y posteriormente medir porcentaje de cada fracción con la ayuda del hidrómetro.

Se secó la muestra de suelo utilizando, bandejas plásticas en las cuales se dispersó la muestra de suelo para extracción de raíces y secado al aire libre (Figura. 9).

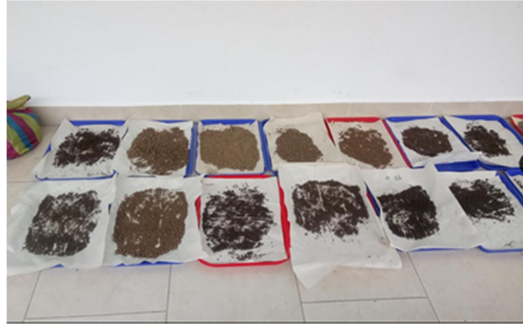


Figura 9. Muestras en bandejas de secado

Secada la muestra de suelo se trituró mediante un tubo metálico y con el apoyo de un tamiz se cernió. Una vez tamizada la muestra, se pesó en la balanza 40 gr disponiéndoles en un vaso de precipitación plástico (Figura 10). Se agregó 1000 ml de solución de Calgón (Hexametafosfato de Sodio) y se mezcló mediante una varilla de vidrio dejando reposar por 24 horas (Figura 11).

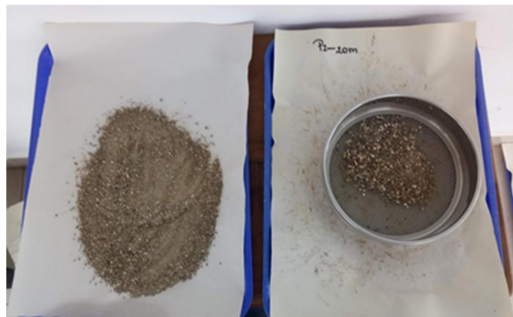


Figura 10. Tamizado de muestras

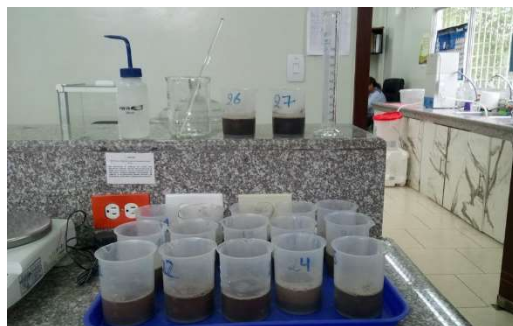


Figura 11. Muestras en reposo

Transcurrido el tiempo, la muestra se trasvasó a un vaso metálico y se agitó con una mezcladora industrial por 10 min, luego se colocó en probetas con un aforo de 1000 ml con agua destilada.

Una vez aforada la muestra en la probeta, se agitó a través de un agitador magnético y se colocó en una solución de ácido amílico para eliminar espuma.

Una vez terminada la agitación, se sumergió cuidadosamente el hidrómetro en la suspensión y se anotó la lectura del hidrómetro a los 40 segundos de haber cesado la agitación.

Se dejó reposar la muestra por 2 horas para realizar la segunda lectura.

Posteriormente se estimó las proporciones de arena de acuerdo a la ecuación 2, arena de acuerdo a la ecuación 3 y limo de acuerdo a la ecuación 4.

Cálculos:

$$\% \text{ Arena} = 100 - \frac{\text{Lectura corregida a los 40 seg}}{\text{peso de la muestra (g) a } 105^{\circ} \text{ C}} \times 100$$

Ecuación 2. Cálculo del % de Arena

$$\% \text{ Arcilla} = \frac{\text{Lectura corregida a las 2 h} \times 100}{\text{peso de la muestra (g) a } 105^{\circ} \text{ C}}$$

Ecuación 3. Cálculo del % de Arcilla

$$\% \text{ Limo} = 100 - (\% \text{ Arcilla} + \% \text{ Arena})$$

Ecuación 4. Cálculo del % de Limo

3.3.4 Densidad de raíces

La metodología descrita por Pire (2019) se utilizó para determinar la densidad de raíces en cada muestra de suelo, se extrajeron las raíces de una muestra de suelo extraídas con el cilindro plástico de 7 cm de diámetro por 5 cm de alto. En una hoja milimetrada se midió la longitud de las raíces principales y secundarias, así como el número de modulaciones existentes. De cada muestra se procedió a sumar la longitud de raíces y el número de modulaciones para obtener los totales de cada muestra (Figura 12).

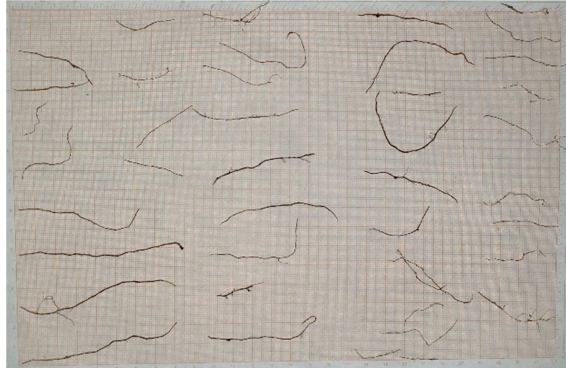


Figura 12. Raíces de muestra

Posteriormente, se aplicó la fórmula de Newman (1965) para estimar la longitud de raíces a través de la ecuación 5.

$$R = \frac{\pi \times N \times A}{2 H}$$

Ecuación 5. Fórmula de Newman

Dónde:

R: longitud de raíces (cm)

N: Número de intercepciones

A: Área de la superficie donde están distribuidas las raíces (cm²)

H: longitud total de las líneas de referencia (cm)

Se estimó el volumen de la muestra de suelo considerando un diámetro interno de 7 cm y una altura 5 cm, se calculó del cilindro de la muestra conforme se muestra en la ecuación 6.

$$V = \frac{\pi r^2}{2}$$

Ecuación 6. Fórmula de Volumen de la muestra

Finalmente, la densidad longitudinal de raíces se calculó a través de la ecuación 7.

$$Lx = \frac{\text{Longitud de raíces}(R)(cm)}{\text{Volumen de la muestra } (V)(cm^3)}$$

Ecuación 7. Fórmula de densidad longitudinal de raíces

3.3.5 Tipo de cobertura vegetal

Con la finalidad de determinar la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, dentro de cada parcela establecida, se realizó la toma de datos *in situ* para

verificar el % de área que se encuentra cubierto a nivel de dosel y a nivel de sotobosque, la toma de datos se lo realizó en el punto de muestreo de infiltración y además en 4 subparcelas aleatorias de 2 m x 2 m (Figura 13), para lo cual se utilizó la APP Canopy Cover Free versión 1.03 diseñada para dispositivos móviles Android. El software calcula automáticamente la cobertura a partir de la zona verde, lo cual es una lectura válida para sotobosque (Figura 14), sin embargo para dosel (Figura 15), el software debido a la altura de la cobertura y acción de la luz, identifica los espacios libres de cobertura, por lo que el dato de cobertura se lo obtiene restando el dato obtenido de 100%.

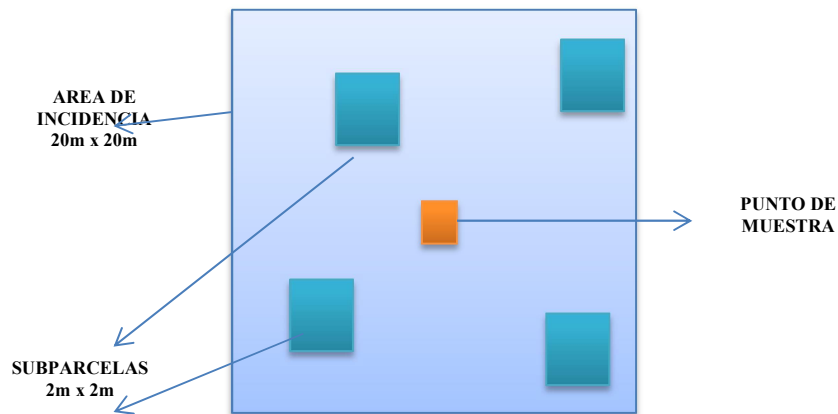


Figura 13: Distribución de subparcelas para muestreo de cobertura vegetal

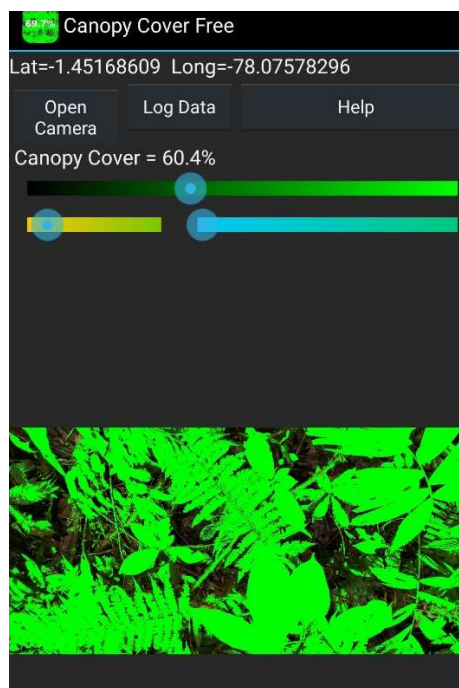


Figura 14: Cobertura vegetal a nivel de sotobosque

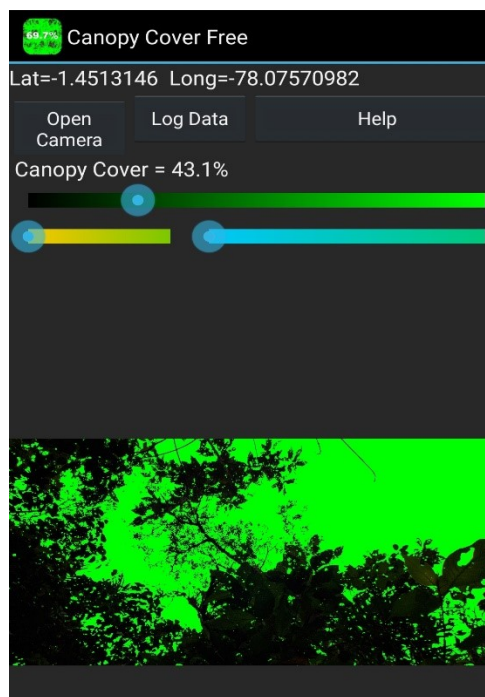


Figura 15: Cobertura vegetal a nivel de dosel.

Una vez determinados los porcentajes de coberturas en las subparcelas y punto de muestreo, se procedió a determinar un promedio de porcentajes de cobertura vegetal por cada parcela.

3.3.6 Identificación y caracterización de la flora

Con el apoyo de un experto en botánica se censaron *in situ* dentro de cada parcela todos los individuos con Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) mayor o igual a 10 cm, distribuidos en 5 clases biométricas (Tabla 2). A cada individuo se le registró la altura (en m) a fin de determinar la predominancia de especie y su heterogeneidad a nivel de dosel (Anexo 1).

Tabla 2. Grupos de clasificación por DAP

Clasificación	Diámetro	
	Desde	hasta
Grupo 1	10 cm	20 cm
Grupo 2	20.1 cm	30 cm
Grupo 3	30.1 cm	40 cm
Grupo 4	40.1 cm	50 cm
Grupo 5	> 50 cm	

En caso de árboles ramificados por la base (inferior a la altura del pecho), se consideró su diámetro justo debajo de la división del tronco.

3.3.7 Factores ambientales

Precipitación

Se han desarrollado gran variedad de instrumentos para obtener información de la precipitación. La información obtenida puede ser de diversa índole; entre las cuales se encuentran: la distribución del tamaño de las gotas de lluvia, el tiempo de inicio y de término de la precipitación, y la cantidad e intensidad de la precipitación. Existen básicamente dos tipos de medidores de precipitación pluvial que registran la cantidad e intensidad de la lluvia, los pluviómetros y los pluviógrafos (Breña y Jacobo, 2006).

Los datos para la presente investigación se obtuvieron de la Estación meteorológica del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza, ubicada en la Estación Biológica Pindo Mirador.

Caudal

En la presente investigación para la estimación de caudales se utilizó lo sugerido por Hudson (1997), el mismo que establece el método conocido como método velocidad /superficie, el cual depende de dos factores como son la velocidad media de la corriente y el área de sección transversal del canal, calculándose a partir de la siguiente formula:

$$Q = A \times V$$

Ecuación 8. Fórmula de caudal

Dónde:

Q = Caudal (m^3 /s)

A = Área de Mojado (m^2)

V = Velocidad (m/s)

La unidad métrica del caudal de una corriente se establece en m³/s, sin embargo, si la corriente es menor se puede expresar en litro por segundo (l/s). Cabe indicar que los factores como la pendiente, rugosidad del piso y forma influyen en la velocidad de la corriente, la cuales se encuentran expresadas en la ecuación de Manning (1989):

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Ecuación 9. Ecuación de Manning

Dónde:

V = Velocidad media de la corriente (m/s)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente de media del canal (m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning. (Tabla 3)

Y R se determina por:

$$R = \frac{A}{P}$$

Ecuación 10. Cálculo de radio hidráulico

A = Área de la sección

P = Perímetro Mojado del cauce

Tabla 3. Coeficientes de Manning

Tipo de cobertura en cauce	n
a) Canales sin vegetación	
Sección transversal uniforme, alineación regular sin guijarros ni vegetación, en suelos sedimentarios finos	0,016
Sección transversal uniforme, alineación regular, sin guijarros ni vegetación, con suelos de arcilla duros u horizontes endurecidos	0,018
Sección transversal uniforme, alineación regular, con pocos guijarros, escasa vegetación, en tierra franca arcillosa	0,020
Pequeñas variaciones en la sección transversal, alineación bastante regular, pocas piedras, hierba fina en las orillas, en suelos arenosos y arcillosos, y también en canales recién limpiados y rastrillados	0,0225

Alineación irregular, con ondulaciones en el fondo, en suelo de grava o esquistos arcillosos, con orillas irregulares o vegetación	0,025
Sección transversal y alineación irregulares, rocas dispersas y grava suelta en el fondo, o con considerable vegetación en los márgenes inclinados, o en un material de grava de hasta 150 mm de diámetro	0,030
Canales irregulares erosionados, o canales abiertos en la roca	0,030
(b) Canales con vegetación	
Gramíneas cortas (50-150 mm)	0,030-0,060
Gramíneas medias (150-250 mm)	0,030-0,085
Gramíneas largas (250-600 mm)	0,040-0,150
(c) Canales de corriente natural	
Limpios y rectos	0,025-0,030
Sinuosos, con embalses y bajos	0,033-0,040
Con muchas hierbas altas, sinuosos	0,075-0,150

Fuente: Hudson (1997)

3.3.8 Análisis estadístico

Para determinar la correlación existente entre las variables cuantitativas, se utilizó el software SPSS (IBM, 2013), con el cual se aplicó una correlación de Pearson (Fernández y Díaz, 2001). Se estableció como medida para el análisis al coeficiente de variación de la variable caudal.

Además, a través de pruebas de comparación de Duncan (1955), se realizó un análisis de la varianza, para los diferentes parámetros en función del tipo de cobertura, condiciones texturales y de la distancia entre el río y la parcela, para lo cual se utilizó programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo, Casanoves, Balzarini, González, Tablada, y Robledo, 2014).

Cabe indicar, que previo el análisis, todos los valores porcentuales de cobertura de sotobosque y cobertura de dosel, fueron convertidos en base a la función raíz cuadrada (Herrera, 2013).

3.4 Recursos humanos y materiales

Recursos Humanos

- 1 Asesor de tesis, de la Universidad Estatal Amazónica.
- 1 Botánico para la identificación de especies forestales en campo.
- 1 Técnico de laboratorio de suelos.
- 20 estudiantes voluntarios de la Universidad Estatal Amazónica.
- 3 colaboradores para levantamiento de parcelas y toma de muestras en pasto.

Recursos Materiales

- 1 Cinta de 100 metros.
- Cinta métrica.
- Cámara Fotográfica.
- 2 GPS
- 1 Smartphone
- 1 Vehículo para transporte
- 2 Libretas
- 4 Esferos.
- 1 Computadora portátil
- 300 Impresiones
- 300 Copias
- 4 Anillados
- Internet
- Alimentación

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Velocidad de infiltración de agua en bosque y pasto

En la Figura 16 se observa que, en el área de estudio correspondiente a cobertura de bosque, la velocidad de infiltración promedio con la que el agua penetra en el suelo fue de 0,11 cm/min, donde la parcela P₁ a 100 m fue la que presentó la mayor velocidad de infiltración 0,32 cm/min y la parcela P₃ a 20 m la de menor velocidad de infiltración 0,02 cm/min. Cabe indicar, que el 33% de las parcelas muestreadas reportaron velocidades por encima del promedio, mientras que el restante 67% de las parcelas registraron velocidades inferiores al promedio general.

En cuanto a la velocidad de infiltración promedio de agua en pasto fue de 0,09 cm/min, donde las parcelas P1a a 100 m y parcelas P3a a 200, 100 y 50 m de distancia del río reportan las mayores velocidades de infiltración y la parcela P2a a 20 y 100 m reportan las menores velocidades de infiltración, considerando que el 36% de parcelas presentaron velocidades de infiltración muy por encima del promedio con valores de hasta 0,27 cm/min, a diferencia del 64% restante que presentaron velocidades inferiores de hasta 0,003 cm/min.

Cabe indicar que la velocidad de infiltración del agua según el análisis de la varianza para $p \leq 0,05$ no presentó diferencias significativas respecto de la distancia del río, tipo de cobertura y clase textural, conforme en el Anexo 2.

Sin embargo del análisis de los valores promedios de velocidad de infiltración entre bosque y pasto, se verificó, que en el bosque se presentó una mayor velocidad, no muy significativa a pasto contraponiéndose a lo que manifiestan González, Álvarez, González y Aguirre (2016) en cuanto a que los suelos forestales presentan una velocidad muy superior a la de los suelos agrícolas, por cuanto su alto contenido de materia orgánica y los innumerables canales en el subsuelo producto de la acción de las raíces primarias y secundarias hacen más eficiente la recarga de agua hacia el suelo incrementando la infiltración.

Conforme lo indicado por Walker (1989), que manifiesta que la infiltración depende de las propiedades físicas e hidráulicas del suelo, como la humedad presente, la cantidad de agua que se ha recibido en el pasado y de los cambios estructurales en las capas de suelo; los resultados obtenidos en la presente investigación se pueden ver afectados por estos factores, pues no se consideraron las precipitaciones previas a la toma de las distintas muestras.

De la Torre (2013) indica además la existencia de otros factores que inciden en la infiltración, como es la pendiente que interfiere en el tiempo de retención del agua en la superficie ocasionando que el líquido llene los espacios vacíos del suelo. Se deben considerar además aspectos como la temperatura de la zona, la evaporación generada por la vegetación, la viscosidad del agua y la radiación solar; factores que no fueron considerados dentro de la presente investigación y que pueden ocasionar resultados distintos a los esperados.

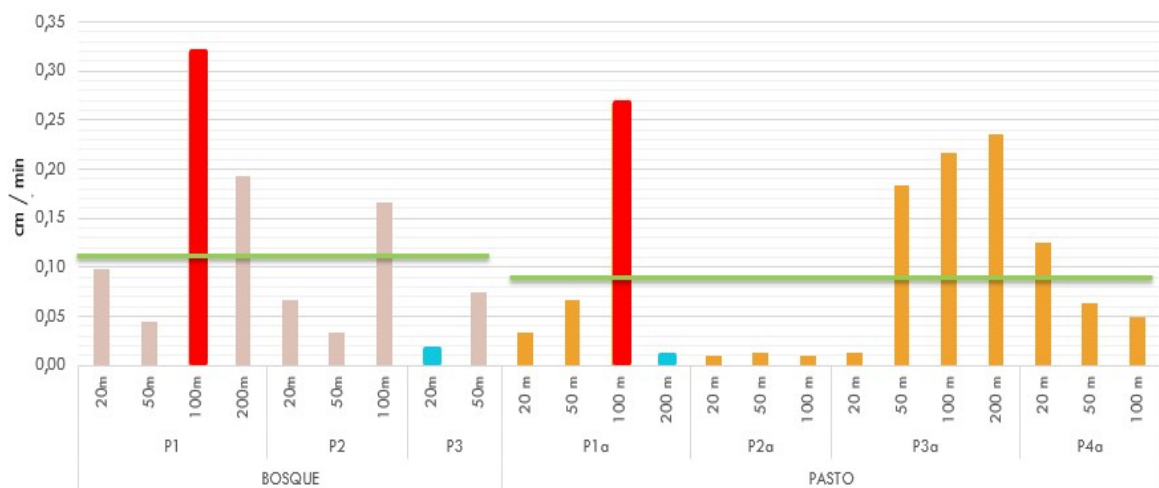


Figura 16. Velocidad de Infiltración en Bosque y Pasto en 60 min.

4.2 Determinación de las propiedades físicas del suelo

4.2.1 Densidad aparente de bosque y pasto

La Figura 17 muestra la densidad aparente y distancia al río por tipo de cobertura, donde se evidenció, que la densidad aparente en bosque reportó un valor promedio de $0,28 \text{ gr/cm}^3$, siendo las parcelas P1 y P2 a 100 m las que reportaron valores por encima del promedio de

hasta $0,477 \text{ gr/cm}^3$, estableciendo que el 50% de las muestras de suelos son porosos, bien aireados y con buen drenaje, a diferencia de las parcelas P1 a 200 m, P2 a 50 m y P3 a 20 m que presentaron valores de densidad aparente por bajo del promedio de hasta $0,151 \text{ gr/cm}^3$, lo que significa que los suelos poseen una baja porosidad en su composición y que representan el restante 50% de las muestras. Cabe indicar que la muestra de P3 a 50 m fue descartada para la determinación de la densidad aparente, debido a que durante su traslado al laboratorio, fue alterada por efecto de la lluvia y caída del cilindro.

En cuanto a la densidad aparente en pasto, se reportó un promedio de $0,37 \text{ gr/cm}^3$, donde el 50% de las parcelas registraron valores por encima del promedio, siendo la parcela P3a a 20 m la que registró el valor máximo de $0,636 \text{ gr/cm}^3$, mientras que el otro 50% de las parcelas presentaron valores por debajo del promedio, donde la parcela P3a a 200 m registró el valor mínimo de $0,11 \text{ gr/cm}^3$.

Del análisis de los valores promedios de la densidad aparente entre bosque y pasto, se verificó, que los suelos en pasto presentaron una mayor densidad aparente en relación a los de bosque, coincidiendo con lo manifestado por Geissert, Gómez-Tagle, Martínez, Meza y Enríquez (2013), los cuales indican que a pesar de la morfología de horizontes y propiedades edáficas de los suelos en bosques y pastos sean similares, en los bosques se presenta una baja densidad aparente debido a la alta porosidad existente, mientras que los pastos poseen una menor porosidad y mayor densidad aparente, debido al pisoteo del ganado y la rotación de cultivos. Planteamiento que coincide con lo expuesto por Matus (2007), que manifiesta, que la materia orgánica presente en el suelo favorece el movimiento y retención del agua y aire distribuyendo de manera equilibrada los tipos de poros y disminuyendo la densidad aparente debido a que se incorporan materiales menos densos en un mismo volumen de suelo, siendo para el caso de estudio el suelo de bosque el que presenta mayor concentración de materia orgánica y menor densidad aparente.

Sin embargo como muestra la Figura 17, en cuanto a densidad aparente con la distancia al río por tipo de cobertura, no se establece una tendencia significativa entre estas dos variables, donde el análisis de varianza para $p \leq 0,05$ no presentó diferencias significativas, conforme en el Anexo 2.

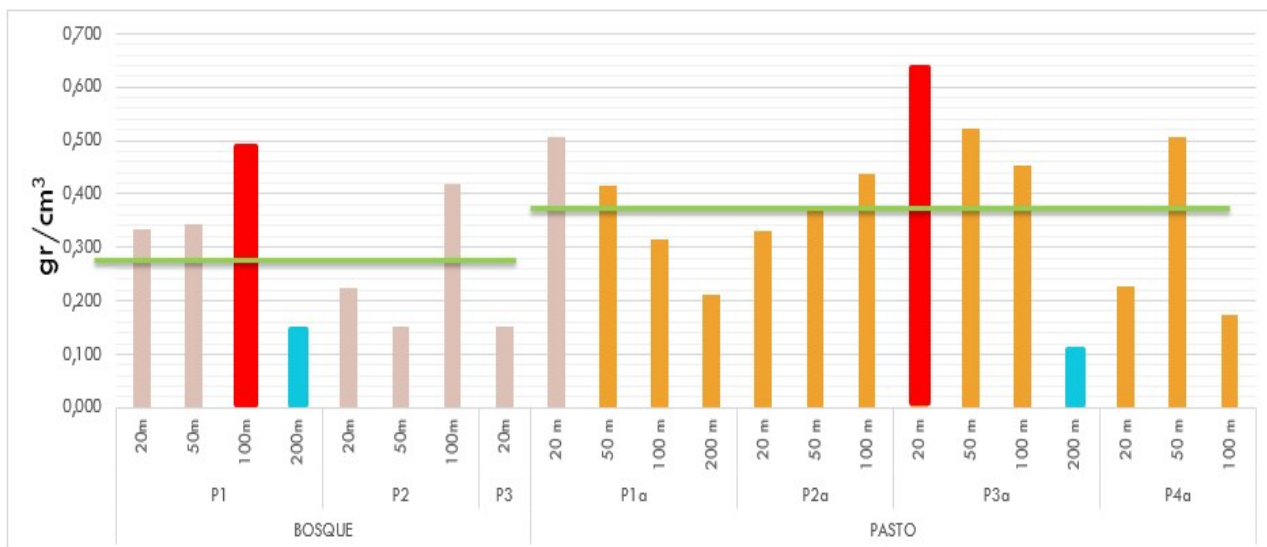


Figura 17. Densidad Aparente de Bosque y Pasto

4.2.2 Composición textural del suelo en bosques y pasto.

La composición textural del suelo en bosque se muestra en la Figura 18, la cual reporta un valor promedio del 56% de arena, 28% de limo y 16% de arcilla, lo que denota que la mayoría de los suelos presentan una buena permeabilidad debido a su alto contenido de arena. Los cuales se encuentran establecidos conforme al Diagrama Textural USDA (1951), se establecieron los siguientes tipos de suelos de acuerdo a la Tabla 4.

Tabla 4. Composición textural de suelos en bosques

TIPO COBERTURA	PARCELA	DISTANCIA AL RIO	% Arena	% Limo	% Arcilla	Descripción
BOSQUE	P1	20 m	61%	29%	10%	Franco Arenoso
		50 m	57%	25%	18%	Franco Arenoso
		100 m	57%	28%	15%	Franco Arenoso
		200 m	52%	26%	22%	Franco Arcillo Arenoso
BOSQUE	P2	20 m	71%	26%	3%	Arenoso Franco
		50 m	29%	39%	32%	Franco Arcilloso
		100 m	61%	19%	20%	Franco Arenoso
	P3	20 m	64%	26%	10%	Franco Arenoso
		50 m	54%	31%	15%	Franco Arenoso

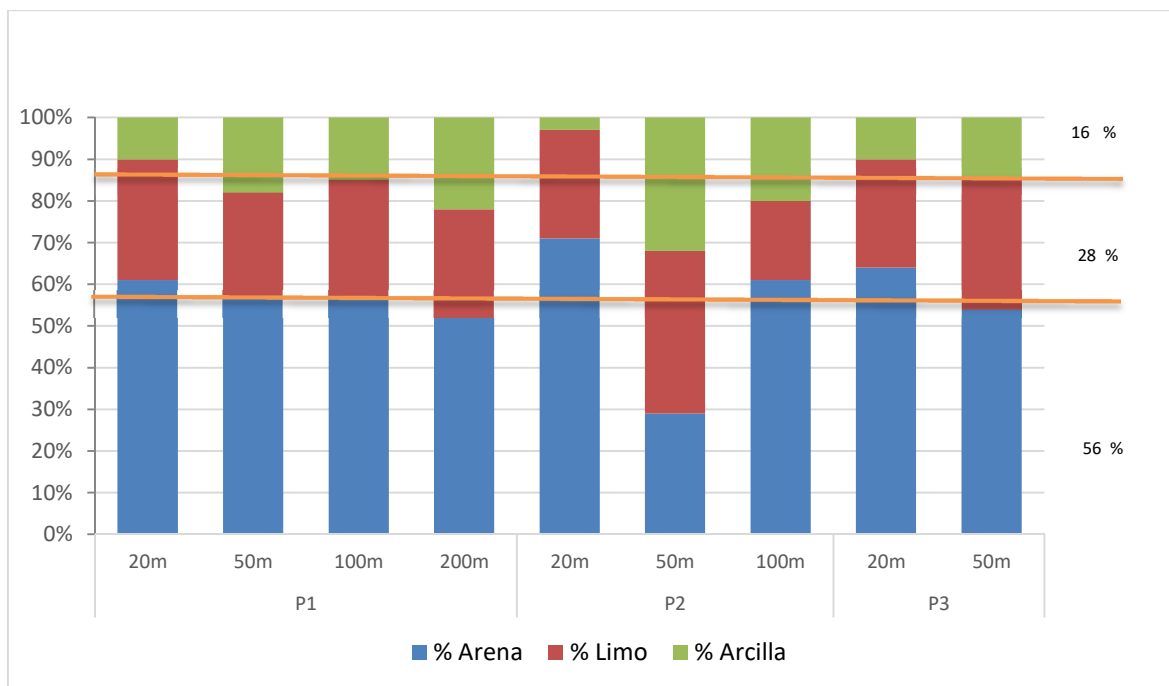


Figura 18. Textura del Suelo en Bosque

La composición textural del suelo en pasto se muestra en la Figura 19, la cual reporta un valor promedio del 49% de arena, 30% de limo y 21% de arcilla, lo que denota que a diferencia de los suelos de bosque, presenta una mayor concentración de arcilla estableciendo la existencias de suelos impermeables. Conforme Diagrama Textural USDA (1951), donde se establecieron los siguiente tipos de suelos de acuerdo a la Tabla 5.

Tabla 5. Composición textural de suelos en pasto

TIPO COBERTURA	PARCELA	DISTANCIA AL RIO	% Arena	% Limo	% Arcilla	Descripción
PASTO	P1a	20 m	49%	31%	20%	Franco
		50 m	41%	37%	22%	Franco
		100 m	47%	28%	25%	Franco Arcilloso Arenoso
		200 m	66%	22%	12%	Franco Arenoso
PASTO	P2a	20 m	54%	23%	23%	Franco Arcilloso Arenoso
		50 m	34%	24%	42%	Arcilloso
		100 m	49%	31%	20%	Franco
	P3a	20 m	39%	33%	28%	Franco Arcilloso
		50 m	61%	26%	13%	Franco Arenosa
		200 m	42%	38%	20%	Franco
	P4a	20 m	44%	41%	15%	Franco
		50 m	66%	24%	10%	Franco Arenosa
		100 m	47%	33%	20%	Franco

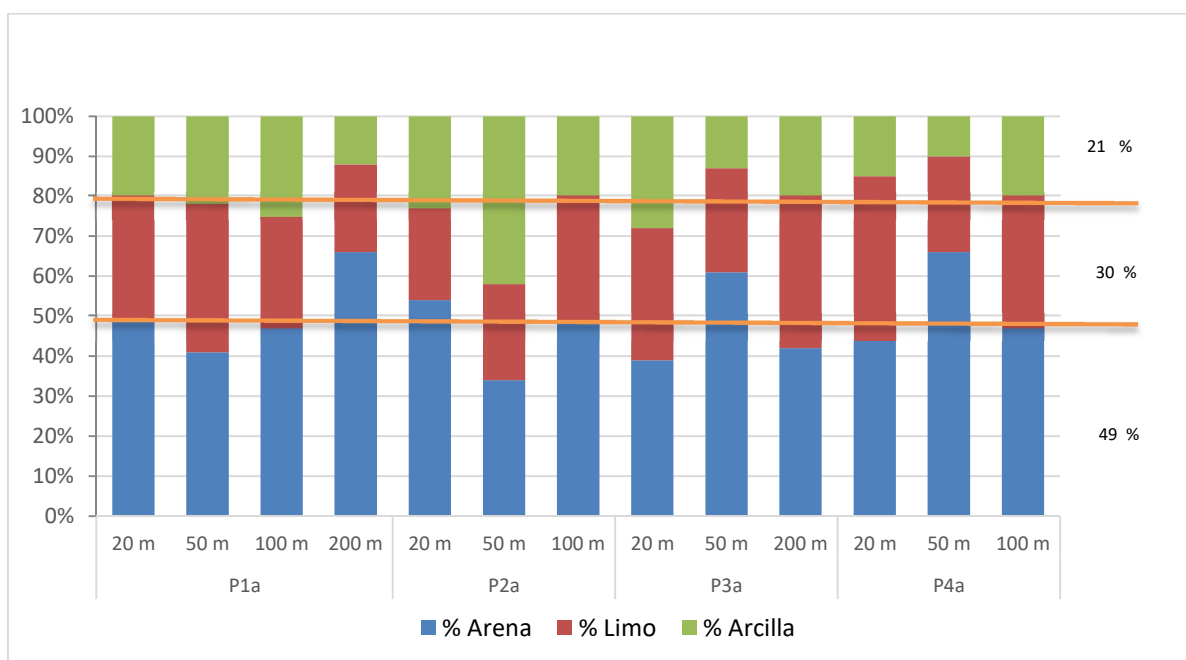


Figura 19. Textura del Suelo en Pasto

Tomando como referencia las tablas y figuras anteriores y realizando una evaluación de la textura y la posibilidad de infiltración conforme lo manifiesta Gonzalez (2011), se podría decir que para la zona de bosque provista de suelos Franco Arenoso y Arenoso Franco en su mayoría, la posibilidad de infiltración es alta a muy alta; mientras que para el caso de la zona de pasto con una predominancia de suelos de tipo Franco, Franco Arcilloso Arenoso y Franco Arenoso, se puede establecer una posibilidad de infiltración alta, media y baja.

Afirmación que coincide con lo expuesto por Nuñez (1981), el cual señala, que la velocidad de infiltración del agua en la superficie en suelos de textura gruesa como los arenosos, franco arenosos y arenosos francos siempre es mayor que en suelos de textura fina como los arcillosos.

Sin embargo esta relación de composición textural y velocidad de infiltración no se cumple en todas las parcelas de esta investigación puesto que se deben considerar las demás variables para su análisis conforme lo manifestado por Orozco, Jiménez, Faustino y Prins (2008), la textura del suelo es un aspecto muy importante en el proceso de infiltración, sin embargo también se deben considerar los demás factores como la pendiente, cobertura vegetal y los usos del suelo.

Cabe indicar que la textura del suelo según el análisis de la varianza para $p \leq 0,05$ únicamente, presentó diferencias significativas respecto a la longitud de las raíces y al número de ejes de raíz conforme consta en el Anexo 2.

4.3 Densidad longitudinal de raíces en bosque y pastos

Varios son los factores que inciden en el proceso de infiltración como son la pendiente, la textura del suelo, la cobertura vegetal, temperatura entre otros, sin embargo, como indica Faustino (2006), uno de los efectos favorables de la vegetación con el proceso de infiltración se relaciona con la densidad de raíces superficiales y estas a su vez con la permeabilidad del suelo.

En la Figura 20 se observa, que la densidad longitudinal de raíces [DLR] promedio en bosque fue de $0,20 \text{ cm/cm}^3$ siendo la parcela P1 a 100 m la de mayor densidad con $0,38 \text{ cm/cm}^2$ y la parcela P2 a 100 m la de menor DLR $0,20 \text{ cm/cm}^2$. Cabe indicar que el 22% de las parcelas muestreadas reportaron valores por encima del promedio, mientras que el restante 78% de las parcelas registraron densidades de raíces inferiores al promedio general.

En cuanto a la DLR en pasto a nivel general no reportaron una variación significativa con el resto de variables, siendo la parcela P1a a 200 m la de mayor valor con $0,97 \text{ cm/cm}^3$ y la P3a a 20 m con $0,13 \text{ cm/cm}^2$ la parcela, que reporta la menor densidad de raíces. Es importante recalcar que el 36% de las parcelas presentaron valores altos y el 64% valores bajos, el promedio fue de $0,35 \text{ cm/cm}^3$.

Conforme lo indica Morales (1997), la DLR es una variable que estudia la longitud de las raíces y la expresa en unidad de área específica, relacionándola con la aireación y conducción de agua y nutrientes del suelo; es decir que una mayor DLR conllevaría a una mayor infiltración, situación que en la presente investigación no se cumplió en la mayoría de parcelas tanto en la cobertura de bosque como en pasto, por cuanto la variación de DLR no se encuentra ligada proporcionalmente a la velocidad de infiltración del agua en el suelo. Como se muestra a través del análisis de la varianza

para $p \leq 0,05$, no se presentaron diferencias significativas tanto en bosque como en pasto (Anexo 2), en contradicción a lo mencionado por Jiménez y Arias (2004), los cuales indican que las propiedades físicas del suelo como la densidad, textura y porosidad influyen en la cantidad de las raíces finas y su distribución vertical, siendo así que la presencia de texturas arenosas origina un aumento de la biomasa de raíces finas.

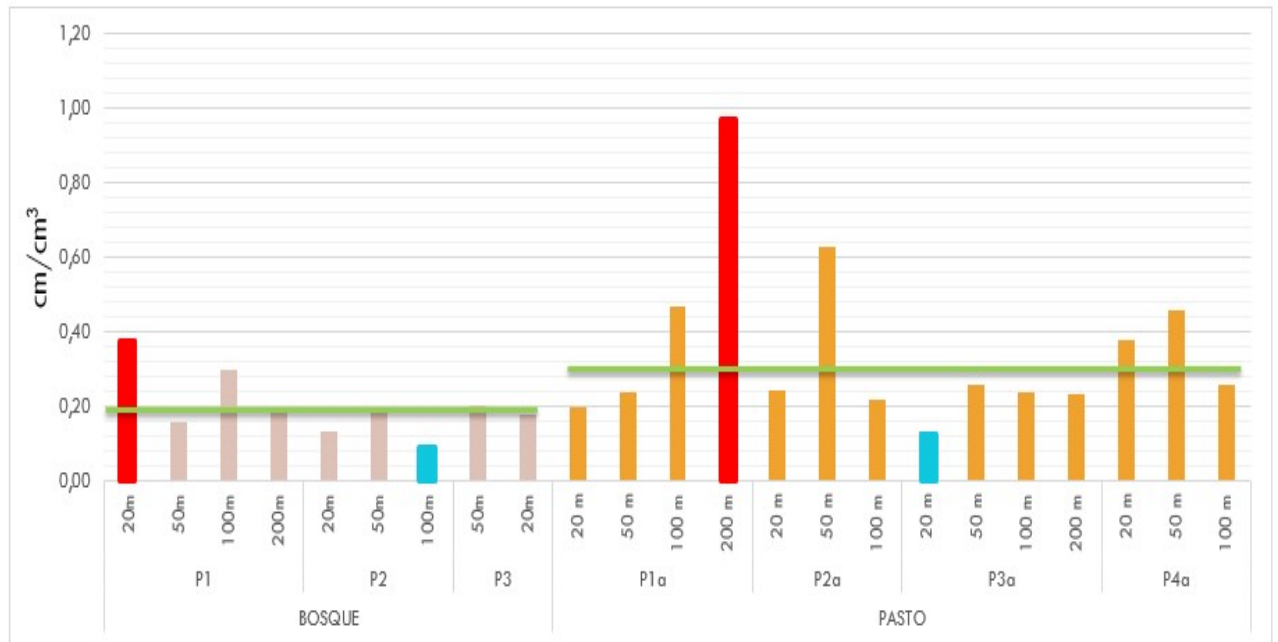


Figura 20. Densidad Longitudinal de Raíces en Bosque y Pasto

4.4 Longitud de raíces en bosque y pasto

En la mayoría de los árboles, la longitud del sistema radical se encuentra a menos de 1 m de profundidad en el suelo, sin embargo el mayor número de raíces pequeñas se hallan antes de los 20 cm de profundidad según lo indicado por Delegado (2008). Conforme lo establecido en la metodología, se realizó el cálculo para determinar la longitud de raíces en cada muestra.

En la Figura 21 se puede observar, que la longitud de raíces en bosque presenta un promedio de 1,5 m de largo de entre las cuales la parcela P1 a 200 m reporta la mayor longitud raíz de 2,00 m y la parcela P2 a 20 m la menor longitud de raíz con 0,44 m. El

44% de las parcelas presentaron longitudes superiores al promedio, mientras que el restante 56% corresponde a las raíces por debajo del mismo.

En lo que concierne a la longitud de las raíces en pasto, la parcela P2a a 100 m presenta la raíz con mayor longitud con 5,33 m y la parcela P1a a 50 m la raíz con menor longitud con 0,96 m. El 29% de las parcelas presentaron raíces de longitud mayores al promedio de 2,2 m, mientras que el 71% de parcelas reportaron valores menores al promedio.

Valores que de acuerdo al coeficiente de correlación (r) de Pearson reportan un alto grado de correlación con respecto al número de ejes de raíz, altura promedio, DAP promedio y cobertura de dosel; y que, de acuerdo al análisis de varianza para $p \leq 0,05$ presentó diferencias significativas según la distancia al río y la clase textural (Anexo 2), relación que coincide con lo manifestado por Delgado (2008) y Corvalán y Hernández (2009) quienes indicaron que el desarrollo, profundidad, longitud, y la densidad de las raíces de un árbol, se encuentran relacionados a la textura, resistencia a la penetración y compactación del suelo, así como también a la disponibilidad de humedad y nutrientes presentes.

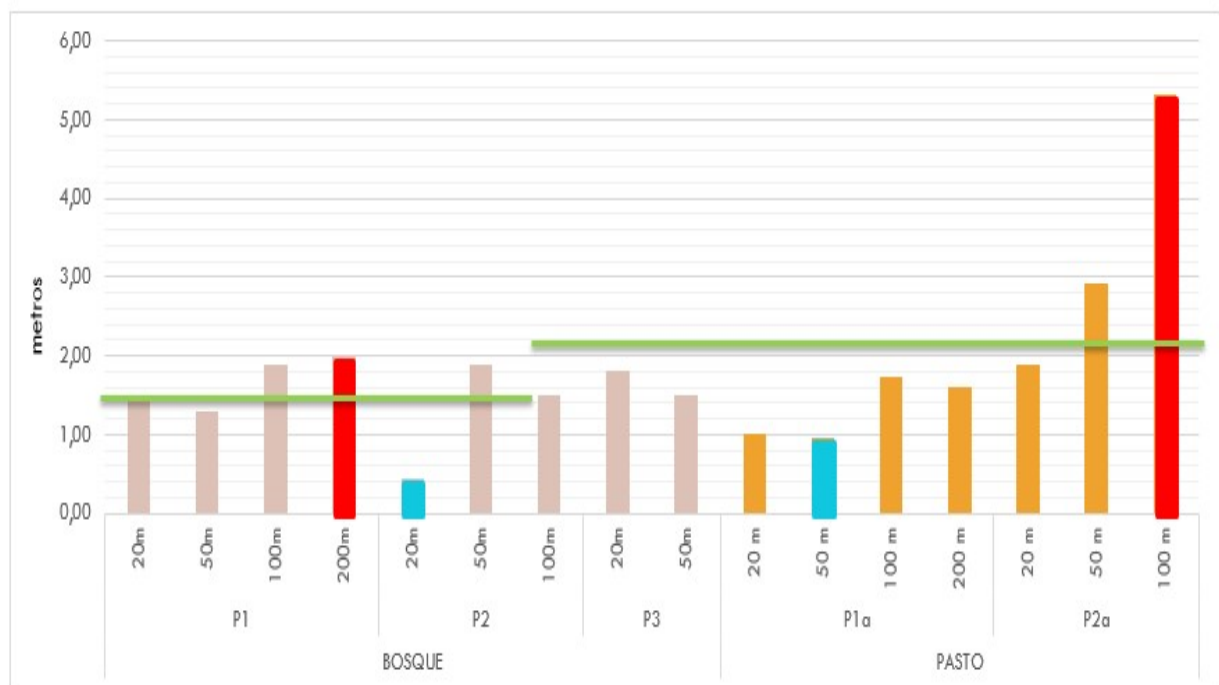


Figura 21. Longitud de Raíces en Bosque y Pasto

4.5 Cobertura vegetal

4.5.1 Cobertura vegetal a nivel de dosel en bosque y pasto

En la Figura 22 se observa el porcentaje de cobertura a nivel de dosel en bosque, estableciendo un valor promedio del 70%, donde se determinó que la parcela P2 a 100 m presentó el mayor porcentaje de cobertura a nivel de dosel con un 81,70% y la parcela P3 a 50 m registró el menor porcentaje con 60,93%.

Cabe indicar que el 55% de las parcelas registraron valores por encima del promedio a diferencia del 45% que se encuentran apenas por debajo del mismo, por lo que se puede indicar que existió uniformidad en los datos de cobertura a nivel de bosque, no existieron diferencias significativas entre las diferentes parcelas de bosque.

En cuanto al porcentaje de cobertura a nivel de dosel en pasto, se registró un valor promedio de 29,11%, siendo la parcela P4a a 50 m, la que registró el mayor porcentaje con un 60,10% y la parcela P3a a 20 m la de menor porcentaje con 6,10%. Es importante recalcar que el 50% de las parcelas presentaron porcentajes muy por encima del promedio, lo cual se debe a que las parcelas P1a y P2a están ubicadas dentro de la Estación Biológica Pindo Mirador y se encuentran en procesos de reforestación, denotando la presencia de árboles de rápido crecimiento como el Pigüe, Laurel, Colca y Guaba. El otro 50% de las parcelas presentaron valores muy por debajo del promedio e incluso valores de 0, debido a la inexistencia de árboles en este tipo de cobertura conforme lo indica Laguna (2012).

Matus (2007) señaló, que la cobertura vegetal es un factor que beneficia en el proceso de infiltración, al disminuir el impacto de las gotas de la lluvia, la velocidad de escorrentía, la evapotranspiración al impedir el paso de los rayos del sol y la erosión, contribuyendo a mantener las características del suelo que ayudan a la recarga hídrica.

Analizando los dos tipos de coberturas, se determinó que las parcelas de bosque (P1, P2 y P3) presentaron porcentajes de coberturas superiores al 60%, mientras que las parcelas de pasto (P1a, P2a, P3a, P4a) se encuentran por debajo del 60% de su

cobertura a excepción de la parcela P4a a 50 m. Donis (2015) manifestó que mientras mayor sea el porcentaje de cobertura, mayor es la posibilidad de infiltración de agua en el suelo. Sin embargo según el análisis de correlación de Pearson para $p \leq 0,05$, el porcentaje de cobertura de dosel con respecto a velocidad instantánea presentó una correlación inversa, factor que incide en la velocidad de infiltración (Anexo 2).

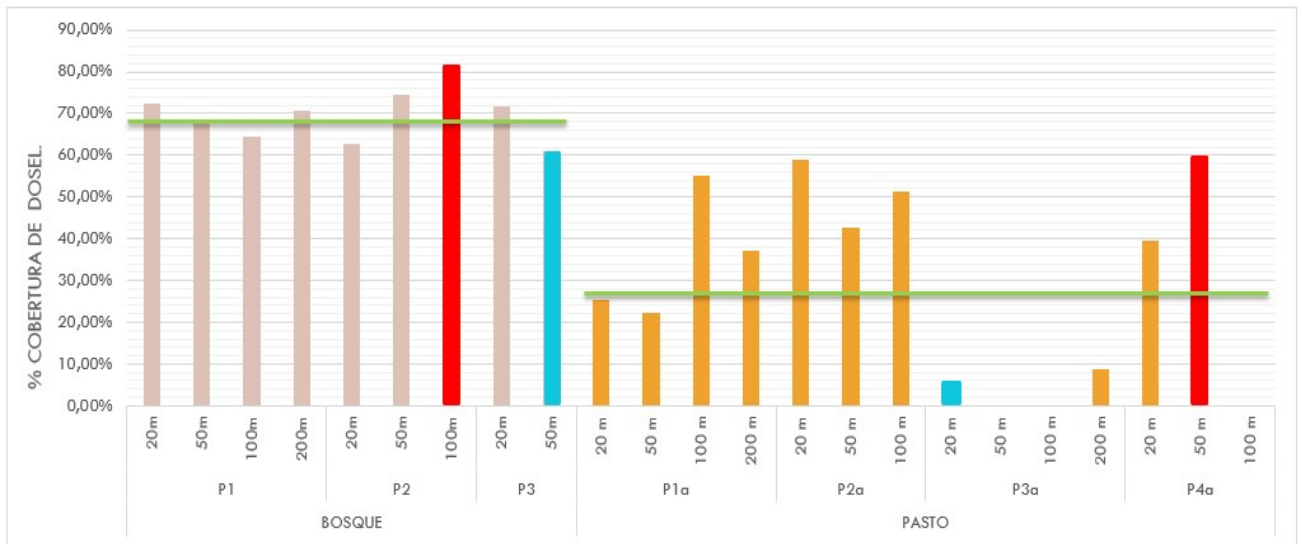


Figura 22. Porcentaje de Cobertura Vegetal a nivel de Dosel en Bosque y Pasto

4.5.2 Cobertura vegetal a nivel de sotobosque en bosque y pasto

En la Figura 23 se grafica el porcentaje de cobertura vegetal a nivel de sotobosque en base a la distancia y tipo de cobertura, estableciendo que en bosque, la parcela P2 a 20 m reporta el mayor porcentaje de cobertura a nivel de sotobosque con un 70,74% y la parcela P1 a 20 m presenta el menor porcentaje con un 49,76%, con un valor promedio de 60% de cobertura a nivel de sotobosque, en la cual se evidenció la presencia de plantas pequeñas y árboles jóvenes cubiertos por el dosel, a la espera de la apertura para su crecimiento, contraponiéndose con lo expuesto por Gajardo y Serra (1979), quienes manifestaron que la relación inversamente proporcional entre cobertura de dosel y cobertura de sotobosque no siempre se cumple. Y coincidiendo a lo expresado por Bastias (2005) quien indicó, que en áreas donde mayor cobertura a nivel de dosel, no favorece al desarrollo del sotobosque. En pasto el porcentaje de cobertura a nivel

de sotobosque es del 66%, mismo que se encuentra cubierto por gramalote (*Axonopus scoparius*), valor que delimita su alto porcentaje de cobertura a nivel del suelo.

La cobertura vegetal a nivel de sotobosque, según el coeficiente de correlación (r) de Pearson para $p \leq 0,05$, únicamente presentó una correlación inversa respecto a la cobertura a nivel de dosel (Anexo 2).



Figura 23. Porcentaje de Cobertura Vegetal a nivel de sotobosque en Bosque y Pasto

4.6 Especies arbóreas existentes

En los sectores identificados, se realizó la identificación de especies arbóreas en las parcelas delimitadas de 20 x 20 m. Se consideró árboles con un DAP (diámetro a la altura del pecho) iguales o mayores a 10 cm, procediendo a la estimación de su altura y la contabilización de individuos con la ayuda de un experto en botánica (Tabla 6).

Tabla 6. Especies Arbóreas identificadas en bosques

N°	Nombre Científico	Nombre Común	Familia	P1				P2			P3		Total individuos
				Distancia (m)				Distancia (m)			Distancia (m)		
				20	50	100	200	20	50	100	20	50	
1	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) B.D. Jacks.	s/n	Lamiaceae									1	1
2	<i>Alchornea grandis</i> Benth.	Punsi	Euphorbiaceae						1	1	2	3	7
3	<i>Allophylus divaricatus</i> Radlk.	s/n	Sapindaceae	1	2							1	4
4	<i>Ampelocera longissima</i> Todzia	Palo dulce	Ulmaceae								1	1	2
5	<i>Annona papilionella</i> (Diels) H. Rainer	Chirimoya Silvestre	Annonaceae						1				1

6	<i>Casearia fasciculata</i> (Ruiz & Pav.) Sleumer	Puma Muyu	Salicaceae	1				1		1	2	1	6
7	<i>Cecropia ficifolia</i> Warb. ex Snethl.	Guarumo	Urticaceae			2	1						3
8	<i>Cecropia litoralis</i> Snethl. Search in The Plant List	Guarumo	Urticaceae	1	1								2
9	<i>Cecropia marginalis</i> Cuatrec.	Guarumo	Urticaceae									1	1
10	<i>Cecropia maxima</i> Snethl.	Guarumo	Urticaceae						1				1
11	<i>Cecropia membranacea</i> Trécul	Guarumo	Urticaceae					2			1		3
12	<i>Croton lechleri</i> Müll. Arg.	Sangre de drago	Euphorbiaceae			1							1
13	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	Lorira caspi	Araliaceae		1								1
14	<i>Endlicheria gracilis</i> Kosterm	Canelo	Lauraceae					1					1
15	<i>Ficus guianensis</i> Desv. ex Ham	Mato Palo	Moraceae					1		1			2
16	<i>Ficus maxima</i> Mill	Mata Palo	Moraceae	1									1
17	<i>Guarea pterorhachis</i> Harms	Tocota	Meliaceae								1		1
18	<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Balsa Blanca o Damoa	Malvaceae			1				1			2
19	<i>Hieronyma asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Motilón	Phyllanthaceae				4			1		4	9
20	<i>Inga multinervis</i> T.D. Penn.	Guaba Silvestre	Leguminosae			2		1	1	2	3		9
21	<i>Inga nobilis</i> Willd.	Guabilla	Leguminosae		1								1
22	<i>Inga oerstediana</i> Benth. ex Seem.	Guaba	Leguminosae	1			1						2
23	<i>Inga ruiziana</i> G. Don	Guabilla	Leguminosae		1								1
24	<i>Inga thibaudiana</i> DC.	Guabilla	Leguminosae							1			1
25	<i>Inga vismiifolia</i> Poepp.	Guaba silvestre	Leguminosae					1	1	3	2		7
26	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Payantsu	Lacistemataceae				3		1	9		3	16
27	<i>Licania harlingii</i> Prance	s/n	Chrysobalanaceae									1	1
28	<i>Lonchocarpus atropurpureus</i> Benth.	Barbasco de árbol	Leguminosae				2						2
29	<i>Macrolobium colombianum</i> (Britton & Killip) Killip ex L. Uribe	Guarango	Leguminosae		1				1				2
30	<i>Miconia decurrens</i> Cogn.	Colca	Melastomataceae							3			3
31	<i>Miconia grandifolia</i> Ule	colca	Melastomataceae				1						1
32	<i>Miconia multispicata</i> Naudin	Colca	Melastomataceae			1							1
33	<i>Miconia pilgeriana</i> Ule	Colca	Melastomataceae	1									1
34	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Colca	Melastomataceae				4					3	7
35	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Guayaba de monte	Myrtaceae				1						1
36	<i>Ocotea javitensis</i> (Kunth) Pittier	Canelo	Lauraceae									2	2
37	<i>Oreopanax acerifolius</i> (Willd. ex Schult.) Seem.	Pumamaqui	Araliaceae	2									2
38	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Pigue	Compositae			4	1						5

39	<i>Pleurothyrium cuneifolium</i> Nees	Canelo	Lauraceae									1	1
40	<i>Psychotria brachiata</i> Sw.	s/n	Rubiaceae			1						1	3
41	<i>Saurauia herthae</i> Sleumer	Moco de gorila - Pururuj	Actinidiaceae					2					2
42	<i>Sloanea pubescens</i> Benth	Tocota	Elaeocarpaceae								1		1
43	<i>Sloanea pubescens</i> Benth.	Palma Patona	Arecaceae									1	1
44	<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.	Palma Patona	Arecaceae									1	1
45	<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D. Mitch.	Cedrillo	Anacardiaceae									1	1
46	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Zapan de paloma	Cannabaceae					1					1
47	<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	Sacha mango	Staphyleaceae				3						4
48	<i>Urea caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	Ortiga Blanca	Urticaceae	1									1
49	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	Achiote Silvestre	Hypericaceae				1				2		3
50	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Palma	Arecaceae							12	3		15
TOTAL													148

Las especies más representativas en áreas de bosques son: *Lacistema aggregatum* (P.J. Bergius) Rusby (16) y *Wettinia maynensis spruce* (15), cuyo número de individuos distribuidos es bajo, coincidiendo con De la Torre, Navarrete, Muriel, Macía y Balslev (2008) quienes manifiestan que las provincias de Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe presentan una densidad baja de especies.

Tabla 7. Especies Arbóreas identificadas en pastos

N°	Nombre Científico	Nombre común	Familia	P1a			P2a			P3a	P4a	Total individuos
				Distancia (m)			Distancia (m)			Distancia (m)	Distancia (m)	
				50	100	200	20	50	100	20	20	
1	<i>Calliandra trinervia</i> Benth.	Pata de vaca	Fabaceae				1					1
2	<i>Caryodendron orinocense</i> H. Karst.	Maní de Árbol	Euphorbiaceae				2					2
3	<i>Cecropia marginalis</i> Cuatrec.	Guarumo	Urticaceae				2					2
4	<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Balsa Blanca o Damoa	Malvaceae						1			1
5	<i>Hieronyma asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Motilón	Phyllanthaceae		3			1	1			5
6	<i>Inga edulis</i> Mart.	Guaba Bejuca	Leguminosae		2							2
7	<i>Inga punctata</i> Willd.	Guaba	Leguminosae				2					2
8	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Payantsu	Lacistemataceae		5							5
9	<i>Miconia pilgeriana</i> Ule	Colca	Melastomataceae					2				2
10	<i>Miconia rivalis</i> Wurdack	Colca	Melastomataceae	1								1

11	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Colca	Melastomataceae		2	5	1	1			1	10
12	<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	Canelo	Lauraceae				1					1
13	<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Canelo	Lauraceae			2						2
14	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Balsa	Malvaceae		3			1				4
15	<i>Ocotea javitensis</i> (Kunth) Pittier	Canelo	Lauraceae					1				1
16	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Pigue	Compositae	5	2	3	2			2	2	16
17	<i>Saurauia herthae</i> Sleumer	Moco de gorila - Pururuj	Actinidiaceae			1	1	2				4
18	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Pachaco	Fabaceae						2			2
19	<i>Trichilia poeppigii</i> C. DC.	Tocota	Meliaceae					1				1
20	<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	Sacha mango	Staphyleaceae					1				1
21	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	Achiote Silvestre	Hypericaceae			1						1

Las especies más representativas presentes en áreas de pasto son: *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski (16), *Miconia splendens* (Sw.) Griseb. (10), especies pioneras de madera blanda y rápido crecimiento en áreas abiertas y de fácil propagación por acción del viento, las cuales existen naturalmente en los sistemas de rotación de cultivos. (González, Papue, González, Borja y Oliva, 2018). Además, conforme indican Montagnini y Sancho (1990), la reforestación de pastizales abandonados se puede realizar con especies nativas caracterizadas por su rápido crecimiento y valor comercial.

4.6.1 Altura promedio de árboles por estrato arbustivo

Conforme proponen Lamprecht (1986) y Pretzch (1996), se analizaron los diferentes estratos en las copas, definiéndolos por zonas en base a la altura promedio, donde el estrato I con una altura de dosel de 15 a 20 m, se encuentra compuesto por el 31% de los individuos, el estrato II con una altura de subdosel de 10 a 15 m representa el 44% y el estrato III con la presencia de arbolillos de 5 a 10 m de alto conforman el sotobosque con el 25% de los individuos presentes a 20 m del río en bosque como se muestra en la Figura 24, donde las familias Leguminosae y Euphorbiaceae reportan la mayor altura y las familias Sapindaceae y Cannabaceae la menor altura.

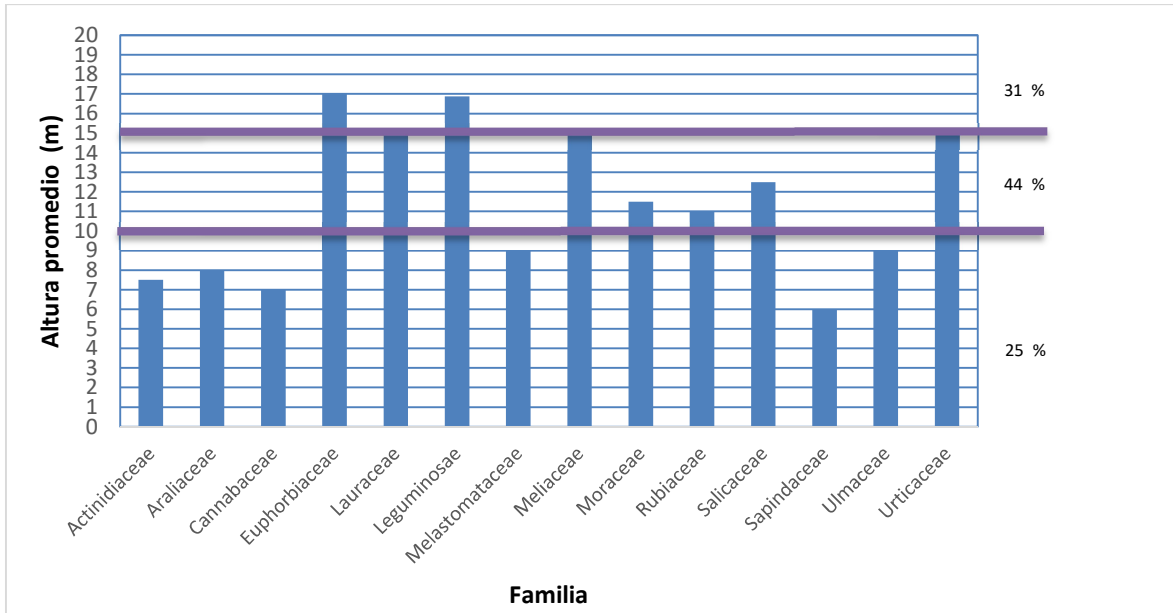


Figura 24. Altura promedio de árboles en bosque a 20 m del río

En la Figura 25 se puede observar la altura promedio de los árboles clasificados por familias a 50 m del río, donde conforme lo enunciado por Dawkins (1958), las familias dominantes por su altura y plena exposición a la luz solar, son las Salicaceae y Anacardiaceae, mientras que ubicados totalmente debajo del dosel, la familia suprimida es la Staphyleaceae. El estrato I con una altura de dosel de 15 a 20 m, representa el 31% de los individuos, el estrato II con una altura de subdosel de 10 a 15 m representa el 67% y el estrato III con un sotobosque de 5 a 10 m de alto contiene apenas el 2% de los individuos.

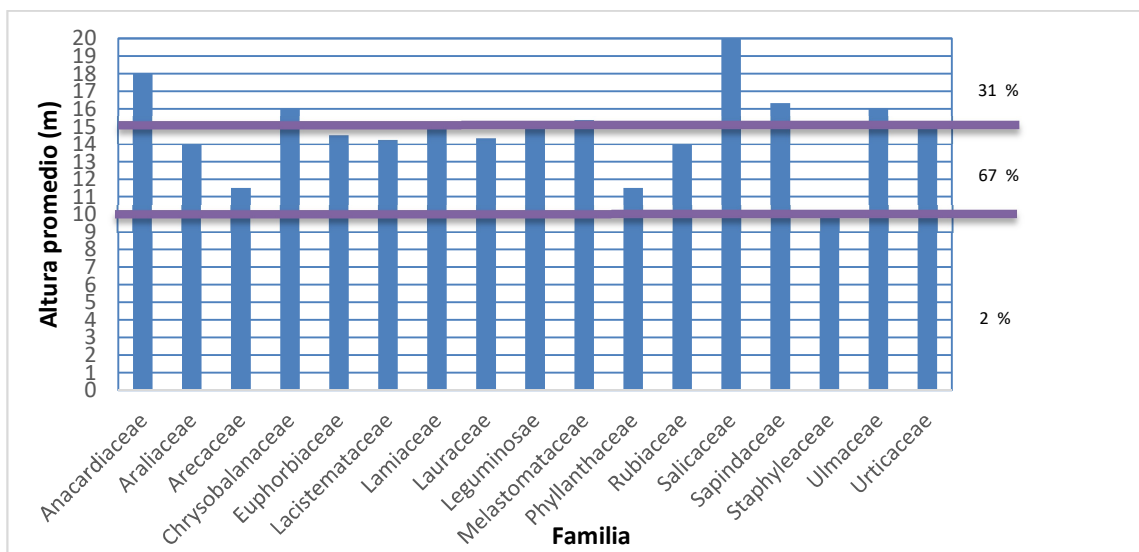


Figura 25. Altura promedio de árboles en bosque a 50 m del río

La Figura 26 muestra la composición de la estructura arbórea ubicada a 100 m del río, donde las familias Annonaceae y Moraceae presentan los árboles más altos y las familias Rubiaceae y Arecaceae los más bajos. El estrato I con una altura de dosel de 15 a 23 m, se encuentra compuesto por el 51% de los individuos, el estrato II con una altura de subdosel de 10 a 15 m representa el 47% y el estrato III con una altura de sotobosque de 5 a 10 m de alto contiene apenas el 2% de los individuos. La composición arbórea descrita, evidencia la concentración de árboles jóvenes, puesto que según Sierra (1999) los bosques siempreverdes amazónicos, son altamente heterogéneos y diversos, con un dosel que alcanza los 30 m de altura y árboles emergentes que superan los 40 m o más de altura.

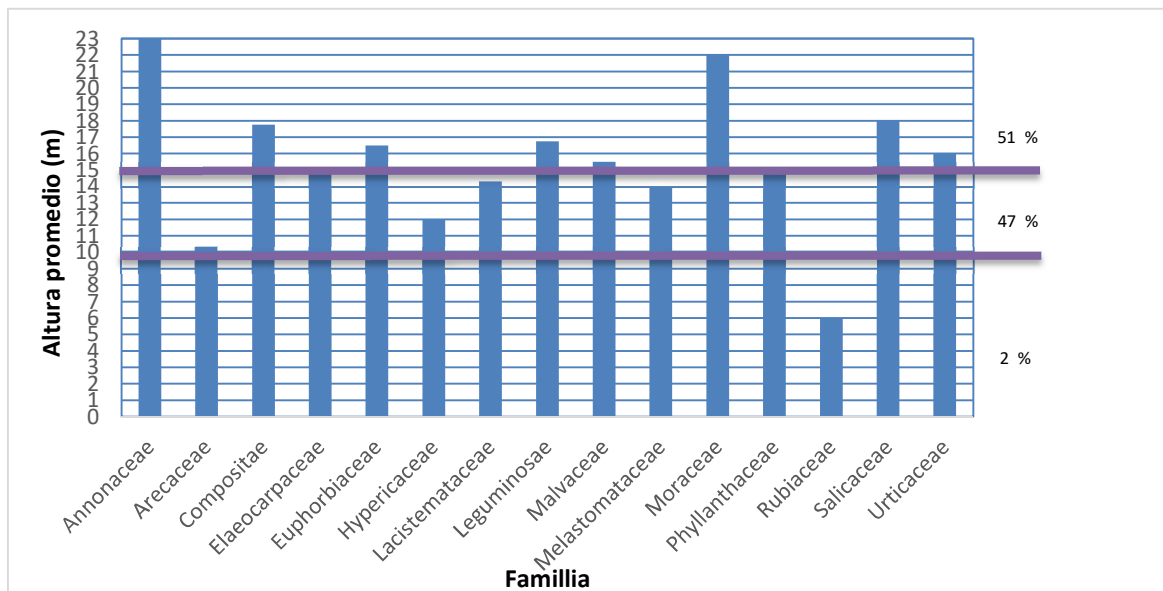


Figura 26. Altura promedio de árboles en bosque a 100 m del río

Finalmente, la Figura 27 muestra la altura promedio de árboles, ubicados a 200 m del río, donde las familias Urticaceae y Compositae presentan los árboles más altos y las familias Leguminosae y Melastomataceae reportan los árboles más bajos. El estrato de arbolillos de 5 a 10 m de alto se encuentra conformado por el 27% de los individuos, el estrato de árboles con subdosel de 10 a 15 m representa el 36%, y el estrato de árboles con dosel de 15 a 22 m es aquel que reporta la mayor población correspondiente a sotobosque con un 37%. Según Palacios et al. (1999), el bosque de tierra firme es el más dominante y se caracteriza por presentar un dosel de 10 a 30 m de altura, con árboles que llegan hasta

los 40 m, razón por la cual se evidencia que la composición arbórea descrita responde a una concentración de árboles jóvenes que no han alcanzado aún su máxima altura.

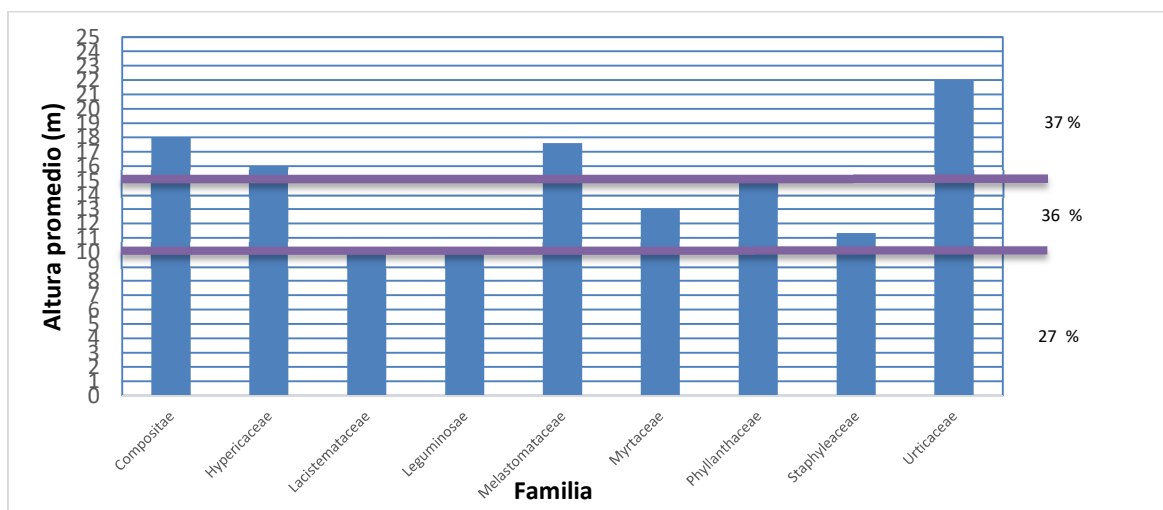


Figura 27. Altura promedio de árboles en bosque a 200 m del río

Cabe mencionar que el análisis de varianza para $p \leq 0,05$ mostró diferencias significativas respecto del tipo de cobertura conforme consta en el Anexo 2.

4.6.2 Distribución por grupos de DAP y tipo de cobertura

En la distribución de individuos de acuerdo a los grupos conforme el DAP (Tabla 8), se verificó que, tanto en la cobertura de bosque como en pasto, más del 80% se encuentra entre los 10 cm y 30 cm, y tan solo un 2% de árboles superan los 50 cm.

Tabla 8. Distribución de individuos por tipo de cobertura y grupo de DAP

GRUPO	DAP		BOSQUE		PASTO		TOTAL INDIVIDUOS	%
			N° DE INDIVIDUOS	%	N° DE INDIVIDUOS	%		
	DESDE	HASTA						
GRUPO 1	10 cm	20 cm	88	59%	42	64%	130	61%
GRUPO 2	20.1 cm	30 cm	38	26%	12	18%	50	23%
GRUPO 3	30.1 cm	40 cm	12	8%	7	11%	19	9%
GRUPO 4	40.1 cm	50 cm	8	5%	3	5%	11	5%
GRUPO 5	> 50 cm		2	1%	2	3%	4	2%
TOTALES			148		66		214	1

Conforme se puede observar en la Figura 28 la distribución del DAP en los diferentes tipos de cobertura. La mayor concentración de árboles en bosque se establece en el grupo de 10 a 30 cm, reportando un promedio de DAP de 21,7 cm. Las familias arbóreas más importantes que dominan el bosque son principalmente *Leguminosae* ampliamente distribuida, así como familias de *Arecaceae*, *Lacistemataceae*, *Melastomataceae* y *Urticaceae*. El muestreo realizado en las parcelas de bosque presenta una densidad alta, marcada por árboles jóvenes entre los que se destacan: *Wettinia maynensis*, *Lacistema aggregatum* e *Hieronyma asperifolia*, mientras que hay una densidad baja de árboles grandes.

En cuanto a la cobertura de pasto, la concentración de individuos con $DAP \geq 10$ se establece también en el primer grupo de 10 a 30 cm, con un promedio de 21,01 cm. Las familias arbóreas con más presencia en pasto son las *Melastomataceae* y *Compositae*. El muestreo realizado en pasto presenta una densidad media, con árboles jóvenes destacándose el *Piptocoma discolor* y el *Miconia splendens*, y al igual que en la cobertura de bosque presenta una baja densidad de árboles grandes.

Cabe indicar que la densidad de árboles jóvenes en el área de estudio, coincide con lo manifestado por Luzuriaga (2014), en cuanto a que el bosque estudiado en la Estación Biológica Pindo Mirador alrededor de la laguna sufrió una fragmentación hace muchos años, lo cual se refleja en la reducción de la composición florística de árboles grandes.

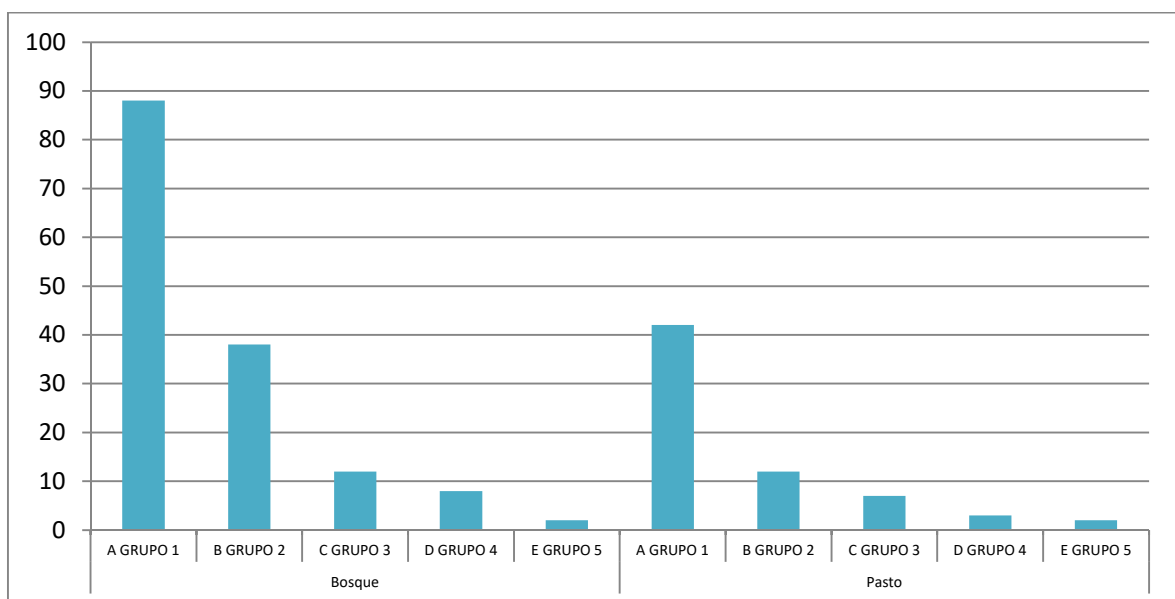


Figura 28. Diámetro a la altura del pecho (DAP)

4.7 Medición de caudales de la microcuenca alta del río

Pindo

Para la medición de caudales se empleó la ecuación de Manning (Ecuación 9), misma que consistió en la medición del caudal de la microcuenca del río Pindo, datos tomados durante los meses de agosto de 2017 a julio de 2018, cuyos valores permitieron determinar los niveles máximos y mínimos de crecida del río Pindo.

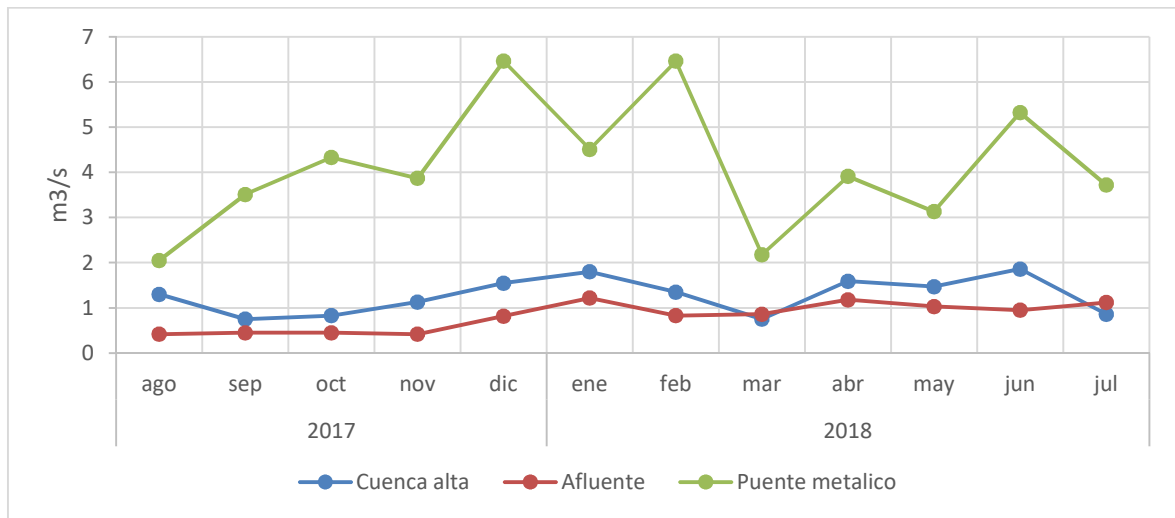


Figura 29. Caudales de la microcuenca del río Pindo sectores cuenca alta, afluente y puente metálico

La Figura 29 muestra los valores de medición de caudales de la cuenca alta, afluente y puente metálico dentro del periodo de estudio correspondiente a agosto de 2017 a julio de 2018. Se observa que los niveles de caudal son mayores en el punto del Puente metálico ubicado en la parte más baja del área de estudio, por cuanto registraron los niveles más representativos en cuanto a los niveles máximos y mínimos, del periodo de estudio. Los niveles más altos se registraron durante los meses de diciembre de 2017 y febrero de 2018, y durante agosto de 2017 y marzo de 2018 se presentaron los niveles más bajos. Mientras que la cuenca alta y afluente registra niveles parciales de aumento de sus caudales en enero y junio de 2018 respectivamente, lo cual no tiene mayor incidencia sobre la microcuenca aguas abajo.

CONCLUSIONES

- El área de estudio presenta una concentración de árboles jóvenes con un DAP entre 10 y 30 cm. Las familias dominantes con mayor número de individuos en bosque son: Leguminosae, Arecaceae, Lacistemataceae, Melastomataceae y Urticaceae, siendo la primera la más distribuida; mientras que en pasto predominan las familias de Melastomataceae y Compositae.
- La densidad aparente del suelo en las parcelas de bosque tuvo un promedio de 0,28 gr/cm³, con valores máximos de 0,477 gr/cm³ y mínimos de 0,151 gr/cm³, predominando los suelos porosos, bien aireados con buen drenaje. En contraste el promedio de densidad aparente en pasto fue de 0,37 gr/cm³, con valores máximos de 0,636 gr/cm³ y mínimos de 0,11 gr/cm³.
- La textura del suelos en la cobertura de bosque es Franco Arenosos y Arenosos Francos y en la cobertura de pasto predominó los suelos Franco y Franco Arcilloso.
- La velocidad de infiltración del agua en el suelo en cobertura de bosque arrojó un promedio de 0,11cm/min, con valores máximos de 0,32 cm/min y mínimos de 0,02 cm/min. En cobertura de pasto su valor promedio fue de 0,09 cm/min con valores máximos de 0,27 cm/min y mínimos de 0,003 cm/min.
- El análisis de correlación determinó que la cobertura de dosel presentó relaciones significativas al 0,01 respecto a longitud de raíces, número de ejes de raíz, altura promedio de los árboles, DAP promedio, No de árboles y correlaciones negativas al 0,05 con velocidad instantánea de infiltración.
- El análisis de varianza reportó que el tipo de cobertura presenta diferencias significativas para $p \leq 0,05$ respecto al número de ejes de raíz, y DAP promedio, y diferencias para $p \leq 0,01$ con la cobertura de dosel, altura promedio de los árboles y número de árboles.

RECOMENDACIONES

- Establecer la mayor cantidad de factores para el estudio de la incidencia de la infiltración y variabilidad de caudal, y analizarlos a través de la correlación de los mismos.
- Establecer las parcelas para muestreo en zonas topográficamente regulares y considerar los niveles de pluviosidad previa a la toma de la muestra, para realizar la toma de datos cuando los suelos se encuentren saturados de agua.
- En zonas donde se ha realizado el cambio del suelo a pasto con el afán de garantizar una mejor calidad del suelo, realizar una reforestación alrededor de los pastizales, los cuales ayudaran a regular el índice de escorrentía que se dirige a la cuenca.
- Realizar programas de concientización de conservación del área de protección de los cauces de los ríos, puesto que, al contar con una barrera natural, se aportará a controlar las crecidas de los ríos.

BIBLIOGRAFIA

- Abril, P. (2010). Metodología de la Investigación. Quito, Ecuador
- Aguilar, I. (2007). Más vale prevenir que lamentar. Las cuencas y la gestión del riesgo a los desastres naturales en Guatemala. Disponible en: <http://coin.fao.org/coinstatic/cms/media/5/12820628912320/fao20manejo20de20cuencas.pdf>.
- Aguilar, G. R e Iza, A. (2009) Gobernanza de Aguas Compartidas. Aspectos Jurídicos e Institucionales. UICN, Gland, Suiza, p. 9-10.
- Aguirre, Z. (2015). Métodos para Medir la Biodiversidad. Universidad Nacional de Loja, Ecuador, p. 69.
- Arias, S. (2011). Conservación Vial: Efecto de la escorrentía superficial sobre el sistema de infraestructura de drenaje en vías de índole no urbana. Caso de estudio: Ruta Nacional 219, Oreamuno, Costa Rica. ISSN 1659-2484
- Bastias, M. (2005) Composición de especies y cobertura del sotobosque en bosques vírgenes de lenga (*nothofagus pumilio* (poepp. et endl.) krasser) en monte alto, XII región. Santiago. Chile
- Bateman, A. (2007). Hidrología Básica y Aplicada. Universidad Politécnica de Cartagena. Disponible en: <https://www.upct.es/~minaeees/hidrologia.pdf>
- Bennett, A. (1999). Enlazando el paisaje: El papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. Programa de conservación de bosque UICN, Conservando los ecosistemas boscosos serie No. 1, primera y segunda parte. Unión Mundial para la Naturaleza, p. 275.
- Blake, GR. & Hartge KH. (1986). Bulk Density. In: A Klute (ed). Methods of soil analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Pp. 363-375. Am. Soc. Agron. and Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, USA.
- Blanco, J. A. (2017). Bosques, suelos y agua: explorando sus Interacciones. Ecosistemas
- Blanco, R. (1999). El infiltrómetro de cilindro simple como método de cálculo de la conductividad hidráulica de los suelos: Experiencias de campo en ámbitos de montaña mediterránea., disponible en: https://www.researchgate.net/publication/277264400_El_infiltrometro_de_cilindro

_simple_como_metodo_de_calculo_de_la_cuductividad_hidraulica_de_los_suelos
_Experiencias_de_campo_en_ambitos_de_montana_mediterranea

- Bravo, C. y Lozano Z. (2014). Evaluación de calidad de los suelos y salud de los cultivos. Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador, p. 94.
- Breña, A. y Jacobo, M. (2006). Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial, Universidad Autónoma Metropolitana, p. 65.
- Corvalán, P. y Hernández J. (2009) Medición de copas y raíces. Apuntes de Dendrometría, Universidad de Chile.
- Checa, X. y Grijalva, J. (2012). Situación de los Recursos Genéticos Forestales - Informe País Ecuador disponible en: <http://www.fao.org/3/i3825e/i3825e20.pdf>
- Constanza, M., Hernández, F., y Triana, F. (2014). Efecto del uso del suelo en la capacidad de almacenamiento hídrico en el páramo de Sumapaz-Colombia/Effect of land use on water holding capacity in the Sumapaz paramo-Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín; Vol. 67, núm. 1 (2014); 7189-7200 2248-7026 0304-2847
- Dawkins, H. C. (1958). The management of natural tropical high-forest with special reference to Uganda. Institute Paper No 34. Imperial Forestry Institute, Oxford. P. 155.
- De la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, M. P., Macía, M. J. y Balslev H (eds.). (2008). Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador. Herbario QCA & Herbario AAU. Quito & Aarhus.
- De la Torre, D. (2013). Simulación de la Infiltración de agua en el Bosque de la Primavera. Análisis de infiltración e inundaciones en micro cuenca del Área Protegida del Bosque de la Primavera, en función de las condiciones físico-químicas del suelo y vegetación. Disponible en https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj80o65ze7iAhXMqFkKHcFFAbYQFjAAegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Fwww.dinamica-de-sistemas.com%2Frevista%2F0614a-dinamica-de-sistemas.pdf&usg=AOvVaw2_cqTdxwRAgv2u12nehRiZ
- Delgado, R. (2008) Relación entre propiedades físicas del suelo y algunas características del sistema radical del maíz, cultivado en un suelo fluventic haplustoll de textura franco-arenosa de Maracay, Venezuela

- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., Tablada, M., y Robledo, C. (2014). INFOSTAT vers.2014. Grupo INFOSTAT, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com>.
- Donis, L. (2015). Identificación de zonas de recarga hídrica en la microcuenca del río Negro, ciudad de Guatemala, Guatemala
- Duncan, D. (1955). Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11;1.
- FAO (2009). Guía para la descripción de suelos, Roma
- FAO (2009). Situación de los bosques del mundo – América Latina y el Caribe, disponible en: <http://www.fao.org/3/i0350s/i0350s01d.pdf>
- FAO. (2006). Ordenación responsable de los bosques plantados: Directrices voluntarias. Documento de Trabajo sobre los bosques y árboles plantados No. 37/S. Roma (también disponible en el sitio Web www.fao.org/forestry/site/10368/en)
- FAO. (2013). Forests and water – International momentum and action. FAO, Rome.
- Faustino, J. 2006. Notas de clase para el curso identificación, evaluación y manejo de zonas de recarga hídrica. San Salvador, CATIE, p. 113.
- Fernández, P. y Díaz, P. (2001). Relación entre variables cuantitativas. *Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Cad Aten Primaria* 4:141-144. Disponible en:https://www.fisterra.com/mbe/investiga/var_cuantitativas/var_cuantitativas2.pdf
- Flores, L. y Alcalá, J. (2010). Manual de Procedimientos Analíticos. Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gajardo, R. y Serra, M. (1979). Composición florística del sotobosque del tipo raulí en una gradiente altitudinal. *Ciencias Forestales* 1 (3): p. 29-38.
- Geissert, D., Gómez-Tagle, A., Martínez, L., Meza, E. y Enríquez Fernández, E. (2013). Cartografía del suelo para la identificación de unidades hidroedáficas funcionales en una cuenca de montaña: conceptos y propuesta metodológica. *Memorias del III Congreso Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas*, Morelia, México.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Mera (GADCM, 2015), Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Mera, Mera, Ecuador.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza (GADPPZ, 2017), Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Pastaza al año 2025 –

Ajuste 2017. Pastaza, Ecuador.

- González, W. (2011). Manejo y protección de zonas de recarga hídrica y fuentes de agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí, Panamá
- González, A., Álvarez, P., González, M., y Aguirre, Z. (2016); Influencia de la cobertura vegetal en los coeficientes de escorrentía de la cuenca del río Catamayo, Ecuador.
- González, J, E., Papue, A., González, V., Borja, A. y Oliva, D. (2018). “Crecimiento y conservación de *Piptocoma discolor* (Pigüe) en la provincia de Pastaza, Ecuador”. CFORES Revista Cubana de ciencias forestales. Vol. 6(3):366-379.
- Herrera, M. (2013). Métodos estadísticos alternativos de análisis con variables discretas y categóricas en investigaciones agropecuarias. PhD. Tesis, Instituto de Ciencia Animal. Mayabeque, Universidad Agraria de la Habana. 100p. Disponible en: <https://studylib.es/doc/2964487/métodos-estadísticos-alternativos-de-análisis-con-variabl>.
- Holdridge, L. (1979). Ecología Basada en Zonas de Vida. Editorial IICA. Costa Rica
- Hudson N.W. (1997). Medición sobre el Terreno de la Erosión del Suelo y de la Escorrentía. (Boletín de Suelos de la FAO – 68) disponible en: <http://www.fao.org/3/T0848S/t0848s00.htm#Contents>
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2006). Hidrología Forestal. Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
- International Business Machine IBM (2013). SPSS Statistic. Vers 22
- Instituto Nacional de Bosques. (2003). Metodología para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural. Guatemala.
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2015). Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas Tacuarembó. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2018). Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana, N° 2. Ecuador.
- Instituto para el Ecodesarrollo Regional Amazónico. (2001). Compendio de recomendaciones tecnológicas para los principales cultivos de la Amazonía

ecuatoriana (1 ed.). Quito, Ecuador.

- International Union of Forest Research Organizations - IUFRO (2007). International workshop on water management through forest management. Beijing, Conference proceedings.
- Jaramillo, D. (2012). Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia – Facultad de ciencias. Medellín, Colombia.
- Jiménez, C. y Arias D. (2004). Distribución de la biomasa y densidad de raíces finas en una gradiente sucesional de bosques en la Zona Norte de Costa Rica. Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 1(2)
- Laguna, D. (2012). Propuesta de clasificación de cobertura vegetal y uso del suelo 2012, Programa conjunto de las Naciones Unidas para la reducción de emisiones provenientes de deforestación y de degradación de los bosques en Panamá.
- Lamprecht, H. (1990). Silvicultura en los Trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Ed. Gtz Alemania.
- Luzuriaga, C. (2014). Inventario florístico del bosque que rodea a la laguna en la estación biológica Pindo Mirador Pastaza – Ecuador. Revista de Investigación Científica UTE, N6.
- Manning, R. (1890). "On the flow of water in open channels and pipes", Transactions, institution of Civil Engineers of Ireland, 20, p. 161-207.
- Marsh, B. (1977). Measurements of length in random arrangements of lines. J. Appl. Bcol. 8:265267.
- Martínez, J y López, Y. (1996). Métodos para el estudio de las propiedades hídricas de suelos y formaciones superficiales. Cuaderno Técnico de la SEG N° 9. Geofoma ediciones. Logroño.
- Matus, O. (2007) Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua.
- Matus, O. (2009). Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica. Turrialba, Costa Rica.
- Matus, O., Faustino J. y Jiménez F. (2009) Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica. Nicaragua.

- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito, Ecuador.
- Molera, J. y Llitjós, A. (1995). Estudio de cuatro adaptaciones escolares de métodos de observación y determinación de la textura del suelo. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (3.1), p. 34-39.
- Montagnini, F. y Sancho, F. (1990). Influencia de seis especies de árboles nativos sobre la fertilidad del suelo en una plantación experimental en la llanura del Atlántico en Costa Rica. *Yvyrareta* (Argentina) 1(1): p. 29-49.
- Morales, A. (1997). Apuntes metodológicos para el estudio de raíces en plantaciones forestales y bosques naturales. In: Simposio Internacional - Posibilidades del Manejo Forestal Sostenible en América Tropical. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. CATIE, p. 11.
- Moreno, A. (2015) Operaciones auxiliares de preparación del terreno, plantación y cultivos, Ediciones Paraninfo S.A, España.
- Mozo, T. (1999). Ecología y Conservación de Recursos Renovables. Santa Fe Bogotá.
- Newman, E. (1965) A method of estimating the total length of roots in a sample. *J. Appl. Ecol.* 2:139145.
- Núñez S. 1981. Fundamentos de edafología. San José, CR, EUNED, p. 216.
- Orozco, P.P, Jiménez, F, Faustino, J. y Prins, C. (2008). La cogestión de cuencas abastecedoras de agua para consumo humano. Turrialba, CR, CATIE, p. 28. (Serie técnica. Boletín técnico No 28).
- Palacios, W., Cerón, C., Valencia R., y Sierra R. (1999) Las formaciones naturales de la Amazonia del Ecuador. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental, ed Sierra R. Proyecto INEFAN/GERF-BIRF y Ecociencia, Quito, Ecuador.
- Pire, R. (2019). Densidad Longitudinal de Raíces y Absorción de Humedad por Vides en la zona de El Tocuyo, disponible en: https://www.researchgate.net/publication/32908538_Densidad_Longitudinal_de_Raices_y_Absorcion_de_Humedad_por_Vides_en_la_zona_de_El_Tocuyo
- Pla, I. (2010). Medición y evaluación de propiedades físicas de los suelos:

Dificultades y errores más frecuentes. Y propiedades mecánicas. Revista suelos ecuatoriales 40(2), p. 75-93.

- Pretzsch, H. (1996): Strukturvielfalt als Ergebnis waldbaulichen Handels. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Sekt. Ertragskunde. Jahrestagung 1996, Nehresheim, 134-154.
- Proyecto Monitoreo de la Cuenca del Canal de Panamá (1999). Informe Final. USAIDANAM-STRI.
- Porta, C., López-Acevedo, M., y Roquero, C. (1994). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Reyes, R.J. 2014. Influencia de cuatro sistemas del uso de tierras (teca, cítricos y café bajo sombra manejado y en abandono), en la sortividad en el IRD Selva Fundo la Génova, Chanchamayo, Junín (Tesis de pregrado). UNALM, Lima, Perú.
- Rodríguez, J. (2010). Propiedades físicas: densidad y porosidad, Departamento de Geología (Petrología y Geoquímica). Universidad de Oviedo, España.
- Rodríguez, A., Ordóñez, R. y González, E. (2004). Agricultura de Conservación en cultivos leñosos (olivar): cubiertas vegetales. Cualidades y tipos principales. Técnicas de Agricultura de Conservación. Mundi-Prensa. Madrid. Capítulo 17
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., y Hill, M. (2004). Propiedades Físicas del Suelo. Dpto. Suelos y Aguas. Facultad de Agronomía Universidad de la Republica, Uruguay.
- Sabino, C. (2009). El proceso de investigación. Ed. Panapo, Caracas, Venezuela.
- Segerer, C. y Villodas, R. (2006). Hidrología I, Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cuyo, Argentina.
- Sierra, R. (Ed.). 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador
- Taboada, M. A. y Álvarez, C. R. (2008). Fertilidad física de los suelos. 2da Ed. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Argentina
- Walker, W.R. (1989). Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. FAO, Rome.

ANEXOS

Anexo 1

Tabla a. Datos de especies arbóreas identificadas

Parcela	Distancia (m)	TIPO	Nombre Científico	Familia	CAP (cm)	DAP (cm)	Altura comercial (m)	Altura total (m)
Parcela 1	20	Bosque	<i>Allophylus divaricatus</i> Radlk.	Sapindaceae	115,000	36,606	3	6
Parcela 1	20	Bosque	<i>Miconia pilgeriana</i> Ule	Melastomataceae	105,000	33,422	6	9
Parcela 1	20	Bosque	<i>Casearia fasciculata</i> (Ruiz & Pav.) Sleumer	Salicaceae	145,000	46,155	10	18
Parcela 1	20	Bosque	<i>Inga oerstediana</i> Benth. ex Seem.	Leguminosae	79,000	25,146	10	20
Parcela 1	20	Bosque	<i>Ficus maxima</i> Mill	Moraceae	36,000	11,459	3	7
Parcela 1	20	Bosque	<i>Oreopanax acerifolius</i> (Willd. ex Schult.) Seem.	Araliaceae	36,200	11,523	2	7
Parcela 1	20	Bosque	<i>Oreopanax acerifolius</i> (Willd. ex Schult.) Seem.	Araliaceae	51,000	16,234	4	9
Parcela 1	20	Bosque	<i>Cecropia litoralis</i> Sneathl. Search in The Plant List	Urticaceae	63,900	20,340	11	17
Parcela 1	20	Bosque	<i>Urea caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	Urticaceae	55,300	17,602	2	6
Parcela 1	50	Bosque	<i>Macrolobium colombianum</i> (Britton & Killip) Killip ex L. Uribe	Leguminosae	69,200	22,027	7	12
Parcela 1	50	Bosque	<i>Inga nobilis</i> Willd.	Leguminosae	46,100	14,674	4	5
Parcela 1	50	Bosque	<i>Inga ruiziana</i> G. Don	Leguminosae	131,000	41,698	9	18
Parcela 1	50	Bosque	<i>Cecropia litoralis</i> Sneathl. Search in The Plant List	Urticaceae	65,000	20,690	7	15
Parcela 1	50	Bosque	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	Araliaceae	42,200	13,433	6	14
Parcela 1	50	Bosque	<i>Allophylus divaricatus</i> Radlk.	Sapindaceae	87,300	27,788	12	17
Parcela 1	50	Bosque	<i>Allophylus divaricatus</i> Radlk.	Sapindaceae	123,000	39,152	8	17
Parcela 1	100	Bosque	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	85,000	27,056	12	20
Parcela 1	100	Bosque	<i>Psychotria brachiata</i> Sw.	Rubiaceae	36,000	11,459	3	6

Parcela 1	100	Bosque	<i>Cecropia ficifolia</i> Warb. ex Snethl.	Urticaceae	46,000	14,642	7	15
Parcela 1	100	Bosque	<i>Heliocarpus</i> <i>americanus</i> L.	Malvaceae	115,000	36,606	8	17
Parcela 1	100	Bosque	<i>Cecropia ficifolia</i> Warb. ex Snethl.	Urticaceae	63,000	20,053	8	15
Parcela 1	100	Bosque	<i>Croton lechleri</i> Müll. Arg.	Euphorbiaceae	148,000	47,110	9	17
Parcela 1	100	Bosque	<i>Inga multinervis</i> T.D. Penn.	Leguminosae	63,000	20,053	8	17
Parcela 1	100	Bosque	<i>Inga multinervis</i> T.D. Penn.	Leguminosae	57,000	18,144	10	20
Parcela 1	100	Bosque	<i>Miconia</i> <i>multispicata</i> Naudin	Melastomataceae	29,000	9,231		7
Parcela 1	100	Bosque	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	102,000	32,468	12	22
Parcela 1	100	Bosque	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	95,000	30,239	5	7
Parcela 1	100	Bosque	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	90,000	28,648	12	22
Parcela 1	100	Bosque	<i>Miconia</i> <i>multispicata</i> Naudin	Melastomataceae	39,000	12,414	5	7
Parcela 1	200	Bosque	<i>Hieronyma</i> <i>asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Phyllanthaceae	63,000	20,053	6	15
Parcela 1	200	Bosque	<i>Hieronyma</i> <i>asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Phyllanthaceae	58,000	18,462	5	15
Parcela 1	200	Bosque	<i>Hieronyma</i> <i>asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Phyllanthaceae	58,000	18,462	6	15
Parcela 1	200	Bosque	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	84,000	26,738	7	20
Parcela 1	200	Bosque	<i>Cecropia ficifolia</i> Warb. ex Snethl.	Urticaceae	155,000	49,338	10	22
Parcela 1	200	Bosque	<i>Lacistema</i> <i>aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	37,000	11,777	3	8
Parcela 1	200	Bosque	<i>Lacistema</i> <i>aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	17,000	5,411	2	6
Parcela 1	200	Bosque	<i>Lacistema</i> <i>aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	32,000	10,186	5	10
Parcela 1	200	Bosque	<i>Turpinia</i> <i>occidentalis</i> (Sw.) G. Don	Staphyleaceae	35,000	11,141	2	7
Parcela 1	200	Bosque	<i>Miconia</i> <i>grandifolia</i> Ule	Melastomataceae	41,000	13,051	9	17
Parcela 1	200	Bosque	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	Hypericaceae	131,000	41,698	5	16

Parcela 1	200	Bosque	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	83,300	26,515	5	17
Parcela 1	200	Bosque	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Myrtaceae	60,000	19,099	7	13
Parcela 1	200	Bosque	<i>Tovomita weddeliana</i>	Clusiaceae	18,000	5,730		5
Parcela 1	200	Bosque	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	83,300	26,515	7	18
Parcela 1	200	Bosque	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	76,000	24,191	10	16
Parcela 1	200	Bosque	<i>Lonchocarpus atropurpureus</i> Benth.	Leguminosae	46,000	14,642	2	7
Parcela 1	200	Bosque	<i>Lonchocarpus atropurpureus</i> Benth.	Leguminosae	51,200	16,297	2	6
Parcela 1	200	Bosque	<i>Hieronyma asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Phyllanthaceae	56,300	17,921	6	15
Parcela 1	200	Bosque	<i>Inga oerstediana</i> Benth. ex Seem.	Leguminosae	52,000	16,552	9	17
Parcela 1	200	Bosque	<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	Staphyleaceae	81,000	25,783	10	20
Parcela 1	200	Bosque	<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	Staphyleaceae	43,000	13,687	3	7
Parcela 1	200	Bosque	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	138,000	43,927	7	18
Parcela 1	200	Bosque	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	37,000	11,777	6	12
Parcela 2	20	Bosque	<i>Inga vismiifolia</i> Poepp.	Leguminosae	81,000	25,783	8	17
Parcela 2	20	Bosque	<i>Ficus guianensis</i> Desv. ex Ham	Moraceae	61,000	19,417	8	16
Parcela 2	20	Bosque	<i>Inga multinervis</i> T.D. Penn.	Leguminosae	117,000	37,242	9	21
Parcela 2	20	Bosque	<i>Endlicheria gracilis</i> Kosterm	Lauraceae	36,000	11,459	6	15
Parcela 2	20	Bosque	<i>Cecropia membranacea</i> Trécul	Urticaceae	52,000	16,552	9	20
Parcela 2	20	Bosque	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	33,000	10,504	3	7
Parcela 2	20	Bosque	<i>Croton lechleri</i> Müll. Arg.	Euphorbiaceae	20,000	6,366		5
Parcela 2	20	Bosque	<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Malvaceae	21,000	6,684		7
Parcela 2	20	Bosque	<i>Saurauia herthae</i> Sleumer	Actinidiaceae	38,000	12,096	3	8
Parcela 2	20	Bosque	<i>Saurauia herthae</i> Sleumer	Actinidiaceae	34,000	10,823	2	7

Parcela 2	20	Bosque	<i>Cecropia membranacea</i> Trécul	Urticaceae	40,000	12,732	8	16
Parcela 2	20	Bosque	<i>Casearia fasciculata</i> (Ruiz & Pav.) Sleumer	Salicaceae	51,000	16,234	2	5
Parcela 2	20	Bosque	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	22,000	7,003		5
Parcela 2	20	Bosque	<i>Croton lechleri</i> Müll. Arg.	Euphorbiaceae	20,000	6,366		6
Parcela 2	20	Bosque	<i>Cecropia membranacea</i> Trécul	Urticaceae	20,000	6,366		3
Parcela 2	50	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	39,500	12,573	0	8
Parcela 2	50	Bosque	<i>Alchornea grandis</i> Benth.	Euphorbiaceae	102,000	32,468	6	18
Parcela 2	50	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	37,000	11,777	0	7
Parcela 2	50	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	32,500	10,345	0	3
Parcela 2	50	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	34,500	10,982	0	15
Parcela 2	50	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	33,500	10,663	0	6
Parcela 2	50	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	49,000	15,597	0	17
Parcela 2	50	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	42,000	13,369	0	14
Parcela 2	50	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	45,000	14,324	0	16
Parcela 2	50	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	20,000	6,366		3
Parcela 2	50	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	41,000	13,051	0	14
Parcela 2	50	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	42,000	13,369	0	12
Parcela 2	50	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	31,000	9,868		7
Parcela 2	50	Bosque	<i>Casearia fasciculata</i> (Ruiz & Pav.) Sleumer	Salicaceae	21,300	6,780		6
Parcela 2	50	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	29,000	9,231		5
Parcela 2	50	Bosque	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	77,000	24,510	5	16
Parcela 2	50	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	48,000	15,279	0	7
Parcela 2	50	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	47,500	15,120	0	10

Parcela 2	50	Bosque	<i>Macrolobium colombianum</i> (Britton & Killip) Killip ex L. Uribe	Leguminosae	147,000	46,791	9	22
Parcela 2	50	Bosque	<i>Inga multinervis</i> T.D. Penn.	Leguminosae	86,000	27,375	5	16
Parcela 2	50	Bosque	<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	Urticaceae	23,000	7,321		5
Parcela 2	50	Bosque	<i>Inga vismiifolia</i> Poepp.	Leguminosae	62,000	19,735	9	18
Parcela 2	50	Bosque	<i>Inga leiocalycina</i> Benth.	Fabaceae	21,000	6,684		8
Parcela 2	50	Bosque	<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	Fabaceae	27,000	8,594		8
Parcela 2	50	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	30,000	9,549		8
Parcela 2	50	Bosque	<i>Inga multinervis</i> T.D. Penn.	Leguminosae	23,000	7,321		6
Parcela 2	100	Bosque	<i>Inga vismiifolia</i> Poepp.	Leguminosae	76,000	24,191	9	15
Parcela 2	100	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	43,500	13,846	0	6
Parcela 2	100	Bosque	<i>Inga multinervis</i> T.D. Penn.	Leguminosae	78,000	24,828	9	17
Parcela 2	100	Bosque	<i>Annona papilionella</i> (Diels) H. Rainer	Annonaceae	191,000	60,797	14	23
Parcela 2	100	Bosque	<i>Alchornea grandis</i> Benth.	Euphorbiaceae	86,500	27,534	9	16
Parcela 2	100	Bosque	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	Hypericaceae	63,000	20,053	4	10
Parcela 2	100	Bosque	<i>Alchornea grandis</i> Benth.	Euphorbiaceae	31,000	9,868		8
Parcela 2	100	Bosque	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	47,500	15,120	8	16
Parcela 2	100	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	23,000	7,321		8
Parcela 2	100	Bosque	<i>Macrolobium colombianum</i> (Britton & Killip) Killip ex L. Uribe	Leguminosae	16,500	5,252		12
Parcela 2	100	Bosque	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	Hypericaceae	46,000	14,642	6	14
Parcela 2	100	Bosque	<i>Cecropia maxima</i> Sneathl.	Urticaceae	52,000	16,552	9	18
Parcela 2	100	Bosque	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	39,000	12,414	5	14
Parcela 2	100	Bosque	<i>Inga multinervis</i> T.D. Penn.	Leguminosae	58,500	18,621	7	17

Parcela 2	100	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	39,000	12,414	0	15
Parcela 2	100	Bosque	<i>Hieronyma asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Phyllanthaceae	51,500	16,393	5	15
Parcela 2	100	Bosque	<i>Roupala montana</i> Aubl.	Proteaceae	13,000	4,138		3
Parcela 2	100	Bosque	<i>Perebea xanthochyma</i> H. Karst.	Moraceae	19,000	6,048		10
Parcela 2	100	Bosque	<i>Endlicheria gracilis</i> Kosterm	Mirtaceae	16,000	5,093		3
Parcela 2	100	Bosque	<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Malvaceae	48,000	15,279	4	14
Parcela 2	100	Bosque	<i>Heisteria acuminata</i> (Bonpl.) Engl.	Olacaceae	22,000	7,003		3
Parcela 2	100	Bosque	<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Lauraceae	19,500	6,207		3
Parcela 2	100	Bosque	<i>Sloanea pubescens</i> Benth	Elaeocarpaceae	65,500	20,849	6	15
Parcela 2	100	Bosque	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	50,000	15,915	7	13
Parcela 2	100	Bosque	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	33,500	10,663	4	8
Parcela 2	100	Bosque	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	62,500	19,894	7	14
Parcela 2	100	Bosque	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	86,000	27,375	10	18
Parcela 2	100	Bosque	<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Lauraceae	27,000	8,594		3
Parcela 2	100	Bosque	<i>Miconia decurrens</i> Cogn.	Melastomataceae	61,000	19,417	5	14
Parcela 2	100	Bosque	<i>Miconia decurrens</i> Cogn.	Melastomataceae	43,000	13,687	5	19
Parcela 2	100	Bosque	<i>Inga thibaudiana</i> DC.	Leguminosae	19,000	6,048		12
Parcela 2	100	Bosque	<i>Miconia decurrens</i> Cogn.	Melastomataceae	80,000	25,465	5	16
Parcela 2	100	Bosque	<i>Inga vismiifolia</i> Poepp.	Leguminosae	85,500	27,215	9	18
Parcela 2	100	Bosque	<i>Ocotea javitensis</i> (Kunth) Pittier	Lauraceae	31,000	9,868		8
Parcela 2	100	Bosque	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	22,000	7,003		9

Parcela 2	100	Bosque	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	38,000	12,096	3	15
Parcela 2	100	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	34,500	10,982	0	10
Parcela 2	100	Bosque	<i>Inga vismiifolia</i> Poepp.	Leguminosae	48,000	15,279	7	16
Parcela 2	100	Bosque	<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	Rutacea	19,000	6,048		10
Parcela 2	100	Bosque	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	77,000	24,510	7	17
Parcela 2	100	Bosque	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	61,000	19,417	3	14
Parcela 2	100	Bosque	<i>Myrcia mollis</i> (Kunth) DC.	Myrtaceae	10,000	3,183		3
Parcela 2	100	Bosque	<i>Guarea pterorhachis</i> Harms	Meliaceae	14,500	4,615		4
Parcela 2	100	Bosque	<i>Casearia fasciculata</i> (Ruiz & Pav.) Sleumer	Salicaceae	84,000	26,738	9	18
Parcela 2	100	Bosque	<i>Inga thibaudiana</i> DC.	Leguminosae	32,500	10,345	5	14
Parcela 2	100	Bosque	<i>Tovomita weddeliana</i>	Clusiaceae	23,000	7,321		7
Parcela 2	100	Bosque	<i>Oxandra xylopioides</i> Diels	Annonaceae	21,000	6,684		3
Parcela 2	100	Bosque	<i>Ficus guianensis</i> Desv. ex Ham	Moraceae	355,000	113,000	10	22
Parcela 3	20	Bosque	<i>Casearia fasciculata</i> (Ruiz & Pav.) Sleumer	Salicaceae	87,000	27,693	4	15
Parcela 3	20	Bosque	<i>Inga multinervis</i> T.D. Penn.	Leguminosae	78,100	24,860	4	15
Parcela 3	20	Bosque	<i>Inga vismiifolia</i> Poepp.	Leguminosae	20,300	6,462		4
Parcela 3	20	Bosque	<i>Psychotria brachiata</i> Sw.	Rubiaceae	41,000	13,051	4	11
Parcela 3	20	Bosque	<i>Inga vismiifolia</i> Poepp.	Leguminosae	98,200	31,258	5	15
Parcela 3	20	Bosque	<i>Inga vismiifolia</i> Poepp.	Leguminosae	42,000	13,369	3	9
Parcela 3	20	Bosque	<i>Inga multinervis</i> T.D. Penn.	Leguminosae	90,000	28,648	8	20
Parcela 3	20	Bosque	<i>Alchornea grandis</i> Benth.	Euphorbiaceae	96,000	30,558	8	16
Parcela 3	20	Bosque	<i>Casearia fasciculata</i> (Ruiz & Pav.) Sleumer	Salicaceae	41,300	13,146	7	12
Parcela 3	20	Bosque	<i>Alchornea grandis</i> Benth.	Euphorbiaceae	100,100	31,863	9	18

Parcela 3	20	Bosque	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	26,000	8,276		4
Parcela 3	20	Bosque	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	27,000	8,594		3
Parcela 3	20	Bosque	<i>Ampelocera longissima</i> Todzia	Ulmaceae	28,000	8,913	3	6
Parcela 3	20	Bosque	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae	26,000	8,276		7
Parcela 3	20	Bosque	<i>Guarea pterorhachis</i> Harms	Meliaceae	40,000	12,732	7	15
Parcela 3	20	Bosque	<i>Ampelocera longissima</i> Todzia	Ulmaceae	33,100	10,536	4	9
Parcela 3	20	Bosque	<i>Inga multinervis</i> T.D. Penn.	Leguminosae	137,000	43,608	7	18
Parcela 3	20	Bosque	<i>Cecropia membranacea</i> Trécul	Urticaceae	98,000	31,194	9	16
Parcela 3	50	Bosque	<i>Pleurothyrium cuneifolium</i> Nees	Lauraceae	42,000	13,369	8	16
Parcela 3	50	Bosque	<i>Cecropia marginalis</i> Cuatrec.	Urticaceae	84,000	26,738	8	15
Parcela 3	50	Bosque	<i>Ampelocera longissima</i> Todzia	Ulmaceae	77,000	24,510	7	16
Parcela 3	50	Bosque	<i>Ocotea javitensis</i> (Kunth) Pittier	Lauraceae	32,000	10,186	5	14
Parcela 3	50	Bosque	<i>Casearia fasciculata</i> (Ruiz & Pav.) Sleumer	Salicaceae	86,000	27,375	10	22
Parcela 3	50	Bosque	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	51,000	16,234	4	16
Parcela 3	50	Bosque	<i>Allophylus divaricatus</i> Radlk.	Sapindaceae	42,000	13,369	7	15
Parcela 3	50	Bosque	<i>Sloanea pubescens</i> Benth.	Arecaceae	52,000	16,552	0	15
Parcela 3	50	Bosque	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	46,000	14,642	5	15
Parcela 3	50	Bosque	<i>Alchornea grandis</i> Benth.	Euphorbiaceae	46,000	14,642	7	14
Parcela 3	50	Bosque	<i>Alchornea grandis</i> Benth.	Euphorbiaceae	47,000	14,961	3	9
Parcela 3	50	Bosque	<i>Miconia pilgeriana</i> Ule	Melastomataceae	26,000	8,276	10	14
Parcela 3	50	Bosque	<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Lauraceae	30,000	9,549		7

Parcela 3	50	Bosque	<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D. Mitch.	Anacardiaceae	73,000	23,237	10	18
Parcela 3	50	Bosque	<i>Lacistema</i> <i>aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	29,000	9,231		7
Parcela 3	50	Bosque	<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.	Arecaceae	40,000	12,732	0	17
Parcela 3	50	Bosque	<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.	Arecaceae	25,000	7,958		15
Parcela 3	50	Bosque	<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.	Arecaceae	10,000	3,183		3
Parcela 3	50	Bosque	<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.	Arecaceae	25,000	7,958		12
Parcela 3	50	Bosque	<i>Licania harlingii</i> Prance	Chrysobalanaceae	45,000	14,324	8	16
Parcela 3	50	Bosque	<i>Alchornea grandis</i> Benth.	Euphorbiaceae	86,000	27,375	10	17
Parcela 3	50	Bosque	<i>Hieronyma</i> <i>asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Phyllanthaceae	38,100	12,128	5	8
Parcela 3	50	Bosque	<i>Ocotea javitensis</i> (Kunth) Pittier	Lauraceae	47,000	14,961	7	13
Parcela 3	50	Bosque	<i>Hieronyma</i> <i>asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Phyllanthaceae	50,000	15,915	7	15
Parcela 3	50	Bosque	<i>Hieronyma</i> <i>asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Phyllanthaceae	16,000	5,093		4
Parcela 3	50	Bosque	<i>Hieronyma</i> <i>asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Phyllanthaceae	19,000	6,048		4
Parcela 3	50	Bosque	<i>Hieronyma</i> <i>asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Phyllanthaceae	35,000	11,141	6	11
Parcela 3	50	Bosque	<i>Miconia pilgeriana</i> Ule	Melastomataceae	45,000	14,324	9	15
Parcela 3	50	Bosque	<i>Miconia pilgeriana</i> Ule	Melastomataceae	81,000	25,783	5	17
Parcela 3	50	Bosque	<i>Lacistema</i> <i>aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	50,000	15,915	4	10
Parcela 3	50	Bosque	<i>Miconia pilgeriana</i> Ule	Melastomataceae	37,000	11,777	7	14
Parcela 3	50	Bosque	<i>Hieronyma</i> <i>asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Phyllanthaceae	35,000	11,141	4	12
Parcela 3	50	Bosque	<i>Lacistema</i> <i>aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	30,000	9,549	3	9
Parcela 3	50	Bosque	<i>Turpinia</i> <i>occidentalis</i> (Sw.) G. Don	Staphyleaceae	33,000	10,504	5	10

Parcela 3	50	Bosque	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) B.D. Jacks.	Lamiaceae	38,000	12,096	8	15
Parcela 3	50	Bosque	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) B.D. Jacks.	Lamiaceae	29,000	9,231	8	11
Parcela 3	50	Bosque	<i>Psychotria brachiata</i> Sw.	Rubiaceae	65,000	20,690	8	14
Parcela 1a	50	Pasto	<i>Cedrela discolor</i> S.F. Blake	Meliaceae	15,500	4,934		3
Parcela 1a	50	Pasto	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	59,000	18,780	6	11
Parcela 1a	50	Pasto	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	57,000	18,144	7	11
Parcela 1a	50	Pasto	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	60,000	19,099	8	11
Parcela 1a	50	Pasto	<i>Miconia rivalis</i> Wurdack	Melastomataceae	27,500	8,754		6
Parcela 1a	50	Pasto	<i>Miconia rivalis</i> Wurdack	Melastomataceae	37,000	11,777	2	11
Parcela 1a	50	Pasto	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	60,000	19,099	5	10
Parcela 1a	50	Pasto	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	56,000	17,825	6	10
Parcela 1a	100	Pasto	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	59,000	18,780	7	15
Parcela 1a	100	Pasto	<i>Inga edulis</i> Mart.	Leguminosae	55,000	17,507	5	15
Parcela 1a	100	Pasto	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Malvaceae	103,000	32,786	6	18
Parcela 1a	100	Pasto	<i>Psychotria brachiata</i> Sw.	Rubiaceae	20,000	6,366		4
Parcela 1a	100	Pasto	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	32,000	10,186	2	7
Parcela 1a	100	Pasto	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	62,500	19,894	9	17
Parcela 1a	100	Pasto	<i>Hieronyma asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Phyllanthaceae	74,500	23,714	5	16
Parcela 1a	100	Pasto	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Malvaceae	70,500	22,441	6	16
Parcela 1a	100	Pasto	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	31,000	9,868		9
Parcela 1a	100	Pasto	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	49,000	15,597	4	9
Parcela 1a	100	Pasto	<i>Inga edulis</i> Mart.	Leguminosae	59,000	18,780	2	13
Parcela 1a	100	Pasto	<i>Hieronyma asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Phyllanthaceae	33,000	10,504	3	10

Parcela 1a	100	Pasto	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Malvaceae	99,000	31,513	6	17
Parcela 1a	100	Pasto	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	49,000	15,597	4	10
Parcela 1a	100	Pasto	<i>Hieronyma asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Phyllanthaceae	27,000	8,594		10
Parcela 1a	100	Pasto	<i>Hieronyma asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Phyllanthaceae	42,000	13,369	8	16
Parcela 1a	100	Pasto	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	53,000	16,870	4	13
Parcela 1a	100	Pasto	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	37,000	11,777	4	9
Parcela 1a	100	Pasto	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	33,000	10,504	3	8
Parcela 1a	100	Pasto	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	34,000	10,823	3	7
Parcela 1a	200	Pasto	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	63,000	20,053	2	12
Parcela 1a	200	Pasto	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	68,000	21,645	3	12
Parcela 1a	200	Pasto	<i>Hieronyma asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Phyllanthaceae	20,000	6,366		12
Parcela 1a	200	Pasto	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	34,000	10,823	2	5
Parcela 1a	200	Pasto	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	103,000	32,786	2	9
Parcela 1a	200	Pasto	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	74,000	23,555	4	16
Parcela 1a	200	Pasto	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Cham.	Boraginaceae	31,000	9,868		7
Parcela 1a	200	Pasto	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	39,500	12,573	2	13
Parcela 1a	200	Pasto	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Cham.	Boraginaceae	30,000	9,549		9
Parcela 1a	200	Pasto	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	Hypericaceae	43,000	13,687	2	8
Parcela 1a	200	Pasto	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	70,500	22,441	2	10
Parcela 1a	200	Pasto	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	17,000	5,411		3
Parcela 1a	200	Pasto	<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Lauraceae	43,000	13,687	3	8

Parcela 1a	200	Pasto	<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Lauraceae	54,000	17,189	5	13
Parcela 1a	200	Pasto	<i>Saurauia herthae</i> Sleumer	Actinidiaceae	39,500	12,573	2	7
Parcela 1a	200	Pasto	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	107,000	34,059	5	16
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	169,000	53,794	4	7
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Saurauia herthae</i> Sleumer	Actinidiaceae	38,000	12,096	2	6
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	Staphyleaceae	25,000	7,958		8
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	Staphyleaceae	23,000	7,321		8
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	Staphyleaceae	25,000	7,958		8
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	Leguminosae	16,000	5,093		6
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Caryodendron orinocense</i> H. Karst.	Euphorbiaceae	47,000	14,961	3	6
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Caryodendron orinocense</i> H. Karst.	Euphorbiaceae	31,000	9,868		6
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Caryodendron orinocense</i> H. Karst.	Euphorbiaceae	22,000	7,003		5
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Caryodendron orinocense</i> H. Karst.	Euphorbiaceae	18,000	5,730		5
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Calliandra trinervia</i> Benth.	Fabaceae	45,000	14,324	2	8
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	152,000	48,383	5	18
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	43,000	13,687	3	19
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	22,000	7,003		8
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	31,000	9,868		9
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Caryodendron orinocense</i> H. Karst.	Euphorbiaceae	20,000	6,366		5
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	30,000	9,549		7
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Caryodendron orinocense</i> H. Karst.	Euphorbiaceae	42,000	13,369	3	7
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	23,000	7,321		8

Parcela 2a	20	Pasto	<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	Staphyleaceae	30,000	9,549		15
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Cecropia marginalis</i> Cuatrec.	Urticaceae	126,000	40,107	8	17
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Cecropia marginalis</i> Cuatrec.	Urticaceae	174,000	55,386	9	18
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Inga punctata</i> Willd.	Leguminosae	49,000	15,597	5	16
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Saurauia herthae</i> Sleumer	Actinidiaceae	21,000	6,684		2
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	Lauraceae	100,000	31,831	10	16
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Inga punctata</i> Willd.	Leguminosae	24,000	7,639		7
Parcela 2a	20	Pasto	<i>Inga punctata</i> Willd.	Leguminosae	55,000	17,507	6	17
Parcela 2a	50	Pasto	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Malvaceae	154,000	49,020	6	18
Parcela 2a	50	Pasto	<i>Saurauia herthae</i> Sleumer	Actinidiaceae	33,000	10,504	2	6
Parcela 2a	50	Pasto	<i>Saurauia herthae</i> Sleumer	Actinidiaceae	39,000	12,414	3	7
Parcela 2a	50	Pasto	<i>Trichilia poeppigii</i> C. DC.	Meliaceae	125,000	39,789	6	14
Parcela 2a	50	Pasto	<i>Miconia pilgeriana</i> Ule	Melastomataceae	74,000	23,555	2	8
Parcela 2a	50	Pasto	<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	Lauraceae	26,500	8,435		6
Parcela 2a	50	Pasto	<i>Ormosia amazonica</i> Ducke	Fabaceae	15,000	4,775		5
Parcela 2a	50	Pasto	<i>Ormosia amazonica</i> Ducke	Fabaceae	27,500	8,754		6
Parcela 2a	50	Pasto	<i>Hieronyma asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Phyllanthaceae	29,500	9,390		10
Parcela 2a	50	Pasto	<i>Caryodendron orinocense</i> H. Karst.	Euphorbiaceae	21,000	6,684		5
Parcela 2a	50	Pasto	<i>Miconia pilgeriana</i> Ule	Melastomataceae	35,000	11,141	2	7
Parcela 2a	50	Pasto	<i>Miconia pilgeriana</i> Ule	Melastomataceae	25,500	8,117		6
Parcela 2a	50	Pasto	<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	Staphyleaceae	36,000	11,459	3	7
Parcela 2a	50	Pasto	<i>Ocotea javitensis</i> (Kunth) Pittier	Lauraceae	76,000	24,191	5	10

Parcela 2a	50	Pasto	<i>Hieronyma asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Phyllanthaceae	55,000	17,507	6	13
Parcela 2a	50	Pasto	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	54,500	17,348	5	15
Parcela 2a	100	Pasto	<i>Hieronyma asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	Phyllanthaceae	58,000	18,462	3	9
Parcela 2a	100	Pasto	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Fabaceae	88,000	28,011	9	16
Parcela 2a	100	Pasto	<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Malvaceae	119,000	37,879	8	17
Parcela 2a	100	Pasto	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Fabaceae	66,000	21,008	12	15
Parcela 3a	20	Pasto	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	55,000	17,507	3	8
Parcela 3a	20	Pasto	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	40,000	12,732	2	5
Parcela 3a	200	Pasto	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	30,000	9,549		3
Parcela 4a	20	Pasto	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	60,000	19,099	3	8
Parcela 4a	20	Pasto	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Compositae	72,000	22,918	6	12
Parcela 4a	20	Pasto	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Melastomataceae	65,000	20,690	3	9
Parcela 4a	50	Pasto	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Asteraceae	16,000	5,093		3

Anexo 2

Análisis de varianza

Los resultados obtenidos a través del análisis de varianza, en función del tipo de cobertura, clase texturales y distancia al río, para los diferentes factores mostraron diferencias significativa entre; la distancia del río con la longitud de raíces; tipo de cobertura con el porcentaje de cobertura de dosel, numero de ejes de raíz, altura promedio de árboles, DAP promedio y número de árboles. Y por último la clase textura con respecto a longitud de raíces y numero de ejes de la raíz (Tabla a).

Tabla a. Análisis de varianza

	Distancia al río	Tipo de cobertura	Clase Textural
Cobertura dosel	0,9566	0,0039**	0,276
Cobertura sotobosque	0,2288	0,119	0,7192
Longitud radial de raíces	0,0134*	0,1648	<0,0001**
No de ejes de raíz	0,8381	0,0361*	0,0013**
Altura promedio árboles	0,796	0,0037**	0,2257
DAP promedio	0,9525	0,0443*	0,3025
No de árboles	0,1838	0,003**	0,3902
Densidad de raíces	0,7291	0,08	0,4494
V infiltración instantánea	0,5987	0,1705	0,9909
V de infiltración cm /h (1h)	0,2641	0,512	0,3834
Densidad Aparente	0,2457	0,2523	0,1435
C. V. Caudal	0,8185	0,5223	0,1747

* Diferencia significativa para $p \leq 0,05$.

** Diferencia significativa para $p \leq 0,01$.

La variable longitud radial de raíz mostro diferencias significativas de las parcelas de 100m con relación al resto de puntos ubicados en otras distancias, considerable también para la parcela de 50m que no difiere significativamente de la longitud de raíces a los 200 m y finalmente se presentó raíces con longitudes más cortas se encuentran a los 20 m (Tabla b).

Tabla b. Prueba de comparación de Duncan para longitud de raíces en bosque.

LONGITUD RADIAL DE RAICES	
Distancia al rio	Medias
20	0,6c
200	1,28bc
50	1,42b
100	2,17a

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la Tabla c, se comprobó que la cobertura de bosque presenta diferencias significativas respecto a los datos de cobertura de dosel en pasto.

Tabla c. Prueba de comparación de Duncan para el tipo de cobertura a nivel de dosel.

COBERTURA DOSEL	
Tipo de cobertura	Medias porcentaje
Pasto	0,49b
Bosque	0,83a

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

El mayor número de ejes de raíz reportaron las parcelas de bosque las cuales tuvieron un numero de ejes significativamente mayor al número de ejes de raíz que tuvieron las parcelas de pasto (Tabla d).

Tabla d. Prueba de comparación de Duncan para el número de ejes de raíz.

NUMERO DE EJES DE RAIZ	
Tipo de cobertura	Medias
Pasto	2,62b
Bosque	4,31a

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

La cobertura de bosque presentó una altura promedio de 14,18 m significativamente diferente a la cobertura de pasto que tiene una altura promedio de 6,83 m, como se observa en la Tabla e.

Tabla e. Prueba de comparación de Duncan para altura Promedio de árboles.

ALTURA PROMEDIO DE ÁRBOLES	
Tipo de cobertura	Medias
Pasto	6,83b
Bosque	14,18a

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

En la Tabla f se observan diferencias significativas entre los diámetros a la altura del pecho del tipo de cobertura de bosque respecto del área de cobertura en pasto.

Tabla f. Prueba de comparación de Duncan para DAP Promedio de árboles.

DAP PROMEDIO	
Tipo de cobertura	Medias
Pasto	12,92b
Bosque	21,76a

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Además conforme la Tabla g, según el tipo de cobertura se observa que el número de árboles presenta diferencias significativas con relación al número de árboles encontrados en pasto.

Tabla g. Prueba de comparación de Duncan para número de árboles.

NÚMERO DE ÁRBOLES CON DAP SUPERIOR A 10CM.	
Tipo de cobertura	Medias
Pasto	5,13b
Bosque	17,73a

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Mientras que en lo que concierne a la longitud de raíces según la clase textural Tabla h, la longitud de raíces presentó en suelos con arcilla diferencias significativas de las demás clases texturales a diferencia de los suelos Franco Arcilloso Arenoso y Franco Arenoso que no difieren significativamente de la textura franco arcilloso. En lo que respecta a las parcelas con clase textural franco la longitud de raíces es cero, es decir difiere significativamente de las demás clases texturales.

Tabla h. Prueba de comparación de Duncan para clase textural en longitud radial de raíces.

LONGITUD RADIAL DE RAICES	
Clase Textural	Medias
Franco	0c
Franco Arcilloso	0,94bc
Franco Arenoso	1,26b
Franco Arcillo Arenoso	1,59b
Arcilla	4,12a

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

En cuanto al tamaño de las partículas de suelo, la clase textural franco arcillo arenoso y arcilla presentó el mayor número de ejes de raíz superando significativamente a las demás clases texturales. Seguidamente se encuentra la clase textural franco arenoso, el cual no

difirió significativamente de la clase textural franco arcilloso en el número de ejes de raíz y finalmente se encontró la clase textural franco la cual no presenta valor representativo de significancia al reporte del valor cero. Ver (Tabla i).

Tabla i. Prueba de comparación de Duncan para número de ejes de raíz.

NUMERO DE EJES DE RAIZ	
Clase Textural	Medias
Franco	0c
Franco Arcilloso	2bc
Franco Arenoso	3,39b
Arcilla	5a
Franco Arcillo Arenoso	5,09a

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Análisis de correlación de Pearson (r)

En el análisis de correlación de Pearson para $p \leq 0,05$ conforme la Tabla j, se establecen correlaciones que entre la longitud radial de raíces y el coeficiente de variación del caudal, entre la velocidad instantánea de infiltración y la cobertura de dosel y entre la cobertura de dosel y la cobertura de sotobosque, indican que la relación de estas variables es inversa, a diferencia de las que son significativas para $p \leq 0,01$ entre la longitud radial de raíces con el número de ejes de raíz, con la altura promedio, con el DAP promedio y con la cobertura de dosel, todas estas variables tienen una correlación significativa con la longitud de raíces.

El número de ejes de raíz tiene correlaciones significativas, con la altura promedio, con el DAP promedio y con número de árboles con un DAP mayor a 10 cm y con la cobertura de dosel.

La altura promedio presenta una correlación significativa con DAP promedio, con número de árboles con un DAP mayor a 10 cm y con la cobertura de dosel.

Tabla j. Análisis de Correlación de Pearson.

Correlaciones												
	Longitud radial raices	No de ejes raiz	Altura promedio	DAP promedio	N° árboles	V instantanea	V infiltracion 1h	Densidad aparente	Densidad raices	CV Caudal	Cobertura dosel	Cobertura sotobosque
Longitud radialraices	1	,694**	,631**	,649**	,375	-,223	-,216	-,037	,109	-,427*	,530**	-,006
No de ejes raiz		1	,693**	,668**	,559**	-,308	-,228	-,122	,123	-,380	,676**	-,161
Alturapromedio			1	,942**	,751**	-,334	-,076	-,239	-,050	-,196	,798**	-,289
DAP promedio				1	,575**	-,339	-,160	-,164	,040	-,298	,743**	-,359
N° árboles					1	-,220	,072	-,295	-,068	,028	,663**	-,367
V ininstantanea						1	,267	,168	-,064	,116	-,444*	,339
V infiltracion1h							1	-,024	-,110	,072	-,120	-,148
Densidad aparente								1	-,104	-,092	-,235	,264
Densidad raices									1	-,327	,031	,242
CV Caudal										1	-,140	-,051
Coberta dosel											1	-,501*
Coberta sotobosque												1

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).