



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

“Evaluación de la regeneración natural y su relación con la altitud y cobertura de dosel en plantaciones no manejadas de *Pinus patula* en zonas alto Andinas, en la provincia del Azuay.”

Tesis previa a la obtención del título de
Ingenieros Agrónomos

Autores:

Andrés Felipe Alvarado Barros C.I. 0105930754

Lourdes Natalia Muñoz Gómez C.I. 0106066509

Director:

Ing. Ángel Oswaldo Jadán Maza MSc.

C.I. 1103298061

Cuenca, octubre del 2017



RESUMEN

La reforestación se la ha realizado con gran intensidad especialmente en la sierra ecuatoriana, formando las plantaciones forestales. Estas plantaciones a nivel local se tornan inciertas, debido a la presencia de alta o baja biodiversidad, lo cual inicialmente debe ser evaluado a través de la regeneración natural de especies vasculares. Así, en el presente estudio se describió la regeneración natural y su relación con variables ambientales y de cobertura arbórea en plantaciones forestales de *Pinus patula* en zonas alto andinas, en la provincia del Azuay. Se levantó información de las parcelas permanentes de muestreo en donde se describió las especies leñosas y herbáceas en términos de riqueza, diversidad, abundancia y dominancia. Estos parámetros fueron evaluados a nivel de pisos altitudinales (C1 = 2700 - 3100 m.snm, C2 = 3100 – 3500 m.snm y C3 = >3500 m.snm) mediante el test no paramétrico de Kruskal-Wallis ($P < 0.05$). La normalidad de los datos fue comprobada con la prueba estadística de Shapiro – Wills ($P < 0,05$). Se correlacionó las variables ambientales, cobertura arbórea, índice de área foliar y parámetros químicos de suelo a través de correlaciones no paramétricas de Spearman ($P < 0.05$). En el primer piso altitudinal (C1) se registraron valores mayores en los índices de riqueza y Shannon, mientras que en el piso de mayor altitud (C3) se determinó valores más altos en abundancia de herbáceas. En cuanto a la dominancia fue igual para los tres pisos altitudinales para las especies herbáceas y leñosas. Según el índice de valor de importancia (IVI) las especies más importantes ecológicamente fueron: *Peperomia* sp., *Oxalis elegans*, *Miconia* sp., *Eucrosia* sp., en los C1 y C2; *Lachemilla orbiculata*, y *Paspalum bonplandianum* en el piso C3. La cobertura arbórea, el Calcio, Magnesio, Hierro y pH se correlacionó positivamente con la riqueza de leñosas. Se concluye que la regeneración natural en plantaciones forestales puede ser una estrategia positiva para la restauración de la diversidad florística en ecosistemas alto andinos.

PALABRAS CLAVES: REGENERACIÓN NATURAL, COBERTURA ARBÓREA, PLANTACIONES FORESTALES, PLANTAS VASCULARES.

**ABSTRACT**

The reforestation has been conducted with great intensity especially in the Ecuadorian highlands, forming the forestry plantations. These plantations at the local level become uncertain, due to the presence of high or low biodiversity, which must initially be evaluated through the natural regeneration of vascular species. This way in the present study described the natural regeneration and its relationship with environmental variables and tree cover in forest plantations of *Pinus patula* in high Andean zones, in the province of Azuay. Information was lifted from the permanent sampling plots where woody and herbaceous species were described in terms of wealth, diversity, abundance and dominance. These parameters were evaluated at the level of altitudinal floors (C1 = 2700 - 3100 m.snm, C2 = 3100 – 3500 m.snm y C3 = >3500 m.snm) using the Kruskal-Wallis non-parametric test ($P < 0.05$). The normality of the information was verified by the statistical test of Shapiro – Wills ($P < 0.05$). There was correlated the environmental variables, arboreal coverage, index of area to foliate and chemical soil parameters across interrelations not parametrics of Spearman ($P < 0.05$). On the first altitudinal floor (C1) were recorded higher values in the indices of richness and Shannon, while on the floor of higher altitude (C3) found higher values in abundance of herbaceous. As for the dominance was equal for the three altitudinal floors for the herbaceous and woody species. According to the importance value index (IVI) the most important species were ecologically: *Peperomia* sp, *Oxalis elegans*, *Miconia* sp., *Eucrosia* sp., in C1 and C2; *Lachemilla Orbiculata*, and *Paspalum bonplandianum* on the C3 floor. The arboreal coverage, the Calcium, Magnesium, Iron and pH it was correlated positively with the richness of woody. It is concluded that natural regeneration in forest plantations can be a positive strategy for the restoration of floristic diversity in high Andean ecosystems.

KEY WORDS: NATURAL REGENERATION, ARBOREAL COVERAGE, FOREST PLANTATION, PLANTS VASCULARS.

**CONTENIDO**

RESUMEN.....	2
ABSTRACT	2
CONTENIDO	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE CUADROS.....	6
1. INTRODUCCIÓN	17
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	19
3. OBJETIVOS.....	21
3.1. Objetivo General.....	21
3.2. Objetivos Específicos	21
4. HIPÓTESIS.....	21
5. REVISIÓN DE LITERATURA	22
5.1. Regeneración natural en bosques naturales.....	22
5.2. Distribución y descripción taxonómica de <i>Pinus patula</i>	22
5.3. Plantaciones forestales.....	23
5.4. Riqueza florística bajo las plantaciones forestales.....	24
5.5. Funciones de la regeneración natural e implicaciones para la conservación de la biodiversidad: relación con la cobertura arbórea e índice de área foliar (IAF).....	25
5.6. Efecto de la altitud en plantaciones de <i>Pinus patula</i>	27
6. MATERIALES Y MÉTODOS	28
6.1. Materiales.....	28
6.2. Descripción del área de estudio.....	28
6.3. Metodología para evaluar la regeneración natural herbácea y leñosa con base a parámetros de diversidad, abundancia y dominancia en plantaciones de pino (<i>Pinus patula</i>) en zonas alto Andinas	29
6.3.1. Selección del área de investigación y muestreo	29
6.3.2. Índice de área folia (IAF) y cobertura arbórea (CA).....	31
6.3.3. Análisis de suelo.....	32
6.3.4. Densidad aparente	33
6.3.5. Análisis de la información y estadístico.....	34
7. RESULTADOS.....	37
7.1. Evaluación de la regeneración natural en pisos altitudinales	37
7.1.1. Especies totales	37
7.1.2. Especies herbáceas	37



7.1.3. Especies leñosas.....	37
7.2. Especies más importantes ecológicamente por su índice de valor de importancia (IVI).....	39
7.2.1. Primer piso altitudinal (P1: 2700 – 3100 m.snm).....	39
7.2.2. Segundo piso altitudinal (P2: 3100 – 3500 m.snm).....	41
7.2.3. Tercer piso altitudinal (P: >3500 m.snm).....	44
7.3. Relacionar la diversidad de la regeneración natural con variables ambientales (altitud, cobertura de dosel y características de suelo)	47
8. DISCUSION	50
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
9.1. Conclusiones.....	54
9.2. Recomendaciones	55
11. ANEXOS	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación del área de investigación en la provincia de Azuay.	28
Figura 2 Método de muestreo en la parcela circular y sub parcelas que fueron distribuidas en toda el área de investigación.....	31
Figura 3 : Diez especies con sus respectivas familias de herbáceas y leñosas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), primer piso altitudinal (P1: 2700 – 3100 m.snm).....	39
Figura 4: Diez especies con sus respectivas familias de leñosas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), primer piso altitudinal (P1: 2700 – 3100 m.snm).....	40
Figura 5 Diez especies con sus respectivas familias de herbáceas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), primer piso altitudinal (P1: 2700 – 3100 m.snm).....	41
Figura 6 Diez especies herbáceas y leñosas con sus respectivas familias más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), segundo piso altitudinal (P2: 3100 - 3500 m.snm).	42
Figura 7 Diez especies con sus respectivas familias de leñosas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), segundo piso altitudinal (P2: 3100 - 3500 m.snm).....	43



Figura 8 Diez especies con sus respectivas familias de herbáceas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), segundo piso altitudinal (P2: 3100 - 3500 m.snm).....	44
Figura 9 Diez especies de herbáceas y leñosas con sus respectivas familias más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), tercer piso altitudinal (P3 :> 3500 m.snm).	45
Figura 10 Diez especies con sus respectivas familias de leñosas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), tercer piso altitudinal (P3 :> 3500 m.snm).....	46
Figura 11 Diez especies con sus respectivas familias de herbáceas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), tercer piso altitudinal (P3 :> 3500 m.snm).....	47

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1 Gradiente altitudinal y sitios de estudio.	30
Tabla 2 Tratamientos a evaluarse en los tres sitios de estudio y rangos de cobertura vegetal dentro de los páramos de Soldados, Irquis y Nero.	35
Tabla 3. Parámetros de la regeneración natural relacionadas con variables ambientales.	36
Tabla 4. Promedios totales, herbáceas y leñosas con base a parámetros de diversidad, abundancia y dominancia en plantaciones de pino (<i>Pinus patula</i>) en zonas alto Andinas, en la provincia del Azuay.	38
Tabla 5 Correlaciones de <i>Spearman</i> ($P < 0,05$) entre la riqueza de leñosas y herbáceas frente a variables ambientales y edáficas, registradas en plantaciones de <i>Pinus patula</i> en el Sur del Ecuador. N=45.....	48
Tabla 6 Correlaciones de <i>Spearman</i> ($P < 0,05$) entre la abundancia de leñosas y herbáceas frente a variables ambientales y edáficas, registradas en plantaciones de <i>Pinus patula</i> en el Sur del Ecuador. N= 45.....	49

CONTENIDO DE ANEXOS

Anexo 1 Materiales utilizados	60
Anexo 2 Especies de herbáceas y leñosas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), primer piso altitudinal (P1: 2700 – 3100 m.snm).61	
Anexo 3 Especies de leñosas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), primer piso altitudinal (P1: 2700 – 3100 m.snm).	62



Anexo 4 Especies de herbáceas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), primer piso altitudinal (P1: 2700 – 3100 m.snm).	63
Anexo 5 Especies de herbáceas y leñosas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), segundo piso altitudinal (P2: 3100 - 3500 m.snm).	64
Anexo 6 Especies de leñosas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), segundo piso altitudinal (P2: 3100 - 3500 m.snm).....	65
Anexo 7 Especies de herbáceas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), segundo piso altitudinal (P2: 3100 - 3500 m.snm).....	66
Anexo 8 Especies de herbáceas y leñosas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), tercer piso altitudinal (P3 :> 3500 m.snm).	67
Anexo 9 Especies de leñosas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), tercer piso altitudinal (P3 :> 3500 m.snm).	68
Anexo 10 Especies de herbáceas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), tercer piso altitudinal (P3 :> 3500 m.snm).....	68
Anexo 11 Sitios de estudio en plantaciones de pino abandonadas.	69
Anexo 12 Toma de lecturas con el “Layer” y muestreo de suelos (Físicas y químicas)	70
Anexo 13 Etiquetado de especies.....	71
Anexo 14 Muestras de especies más importantes.	72
Anexo 15 Cuadro de datos del % Cobertura Arbórea (CA), Índice de Área Foliar (IAF)	75
Anexo 16 Tabla de variables edáficas.	76
Anexo 17 Parcelas identificadas con sus respectivas coordenadas en los diferentes sitios de investigación.	77



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA

IAF: Índice de área foliar

CA: Cobertura arbórea

FR: Frecuencia Relativa

IVI: Índice de valor de importancia

AB: Abundancia Relativa

D: Dominancia

DA: Densidad Aparente

C: Piso Altitudinal

N= Densidad

NR= Dominancia Relativa

pH= Potencial hidrógeno

RFA= Radiación fotosintéticamente activa



Cláusula de Propiedad Intelectual

Andrés Felipe Alvarado Barros, autor del trabajo de titulación "Evaluación de la regeneración natural y su relación con la altitud y cobertura de dosel en plantaciones no manejadas de *Pinus patula* en zonas alto Andinas, en la provincia del Azuay", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 24 de octubre de 2017

Andrés Felipe Alvarado Barros

C.I: 010593075-4



Cláusula de Propiedad Intelectual

Lourdes Natalia Muñoz Gómez, autora del trabajo de titulación "Evaluación de la regeneración natural y su relación con la altitud y cobertura de dosel en plantaciones no manejadas de *Pinus patula* en zonas alto Andinas, en la provincia del Azuay", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 24 de octubre de 2017

Lourdes Natalia Muñoz Gómez

C.I.: 010606650-9



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Andrés Felipe Alvarado Barros en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la regeneración natural y su relación con la altitud y cobertura de dosel en plantaciones no manejadas de *Pinus patula* en zonas alto Andinas, en la provincia del Azuay", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, octubre de 2017

Andrés Felipe Alvarado Barros

C.I: 010593075-4



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Lourdes Natalia Muñoz Gómez en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la regeneración natural y su relación con la altitud y cobertura de dosel en plantaciones no manejadas de *Pinus patula* en zonas alto Andinas, en la provincia del Azuay", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, octubre de 2017

Lourdes Natalia Muñoz Gómez

C.I: 01060660-9



DEDICATORIA

A Dios y a la Virgencita por darme la paciencia, fuerza y sabiduría en los momentos más difíciles.

A mis padres Magno y Carmen por todo el apoyo brindado en los momentos más difíciles de mi vida, por ser el ejemplo y sabiduría, por estar siempre brindándome su apoyo incondicional. A mis hermanos Juan Pablo, Alejandro y Mercy por su apoyo y cariño absoluto, los amo. A Todos mis familiares que han sabido confiar y apoyarme a diario en este proceso.

Andrés



DEDICATORIA

Mi camino a estado marcado por lágrimas, desilusiones, y una lucha constante, pero a pesar de ello estoy concluyendo una etapa más en mi vida, todo se lo debo a mis padres quienes pusieron toda su confianza en mí, a mis hermanos quienes fueron el motor de mi vida sus alegrías y enseñanzas lograron que no me diera por vencida cuando no tenía fuerzas para seguir, desde mis primeras palabras y hasta lograr quien soy, he aprendido que siempre hay una montaña que escalar un lugar que descubrir y nunca dejas de aprender.

Natalia



AGRADECIMIENTO

A Dios, padres y hermanos por haberme regalado los momentos más hermosos que se puede recordar en esta vida.

Un enorme agradecimiento a mi director Ing. Ángel Oswaldo Jadán Maza M.Sc. Por sus enseñanzas, tiempo y paciencia de guiarnos en la tesis y compartir con nosotros los conocimientos.

A los docentes de la Universidad de Cuenca por compartir a lo largo de estos años los conocimientos adquiridos.

A mis amigos y compañera de tesis Natalia, que estuvieron en los momentos buenos y difíciles en toda mi vida universitaria.

Un especial agradecimiento a mis familiares y amigos que son parte esencial de mi vida los cuales me han impulsado a esforzarme para alcanzar mis ideales y de forma incondicional me han alentado en cada circunstancia que la vida me ha enseñado. Por último agradecer a mis amigos y compañeros Darío y Alexandra, gracias a todos por el apoyo en este trabajo.

Andrés



AGRADECIMIENTO

La vida se encuentra plagada de retos uno de ellos la Universidad por su apoyo incondicional en todo momento tanto en la parte moral como económica para poder llegar a ser una profesional agradezco a mis padres Blanca y Lizardo a mis hermanos Lesly, Christian y Aarón.

Ing. Ángel Oswaldo Jadan Maza M.Sc. un agradecimiento infinito por su paciencia, tiempo, y enseñanzas al guiarnos en la tesis.

A los docentes de la Universidad de Cuenca por compartir sus conocimientos a lo largo de estos años.

A mi compañero de tesis Andrés que ha estado conmigo en mis buenos y malos momentos eres un excelente amigo te deseo los mejores éxitos en tu vida profesional.

A mis primas Janeth, Diana, Karen, a mi tías Verónica, Leonila, a mis amigas Fabiola, Carolina, a mi cuñado Pablo, gracias totales por ser como son los adoro ustedes forman parte de mi vida.

Natalia



1. INTRODUCCIÓN

Las plantaciones forestales son ecosistemas antropogénicos (interacción o resultado con actividades humanas) realizados con los objetivos de producir bienes y brindar servicios eco-sistémicos (Winjum y Schroeder 1997; Bauhus *et al.* 2010). En algunas regiones o países estas plantaciones han permitido suplir la alta demanda de madera y bajar las presiones sobre los bosques naturales (Carle y Holmgren 2008). También se las ha implementado dentro de prácticas de restauración ecológica en paisajes fragmentados y degradados para mejorar la funcionalidad de los diferentes componentes (clima y temperatura) del ecosistema (Parrotta 1992).

En algunos países de América latina, los resultados sobre la implementación de plantaciones forestales son inciertas respecto a los objetivos del por qué fueron establecidas y de los impactos que ocasionan a los componentes del ecosistema. En Ecuador, se han documentado impactos negativos de las plantaciones de *Pinus patula* sobre el suelo. En los Andes, se revela que la implementación de coníferas exóticas ha provocado la eliminación de la biodiversidad, por la alta cantidad de biomasa que se acumula en el sotobosque a través de la hojarasca lo cual impide la germinación de la vegetación (Cavelier y Santos 1999). También se describe la alelopatía de ciertas especies arbóreas como el *Pinus* sp. y *Eucaliptus* sp., lo que provoca la ruptura ecológica intra e inter específica que existe armónicamente en ecosistemas naturales (Calviño *et al.* 2012).

No obstante, en algunos contextos tropicales se afirma que las plantaciones forestales con especies exóticas han servido como micro-hábitats para promover la regeneración natural de especies vasculares (Feyera *et al.* 2002). Su estructura y dosel arbóreo han permitido el desarrollo de especies herbáceas y leñosas las cuales forman



parte de la funcionalidad dentro del ecosistema y también de agro-ecosistemas circundantes (Aguirre y Weber 2007). Los micro-hábitats formados en las plantaciones forestales permite dar acogida y conservar la biodiversidad mostrada en la existencia de grupos taxonómicos de flora, aves y mamíferos (Barlow *et al.* 2007).

Específicamente, la composición y riqueza de especies de regeneración florística natural que emerge en las plantaciones forestales depende de diversos factores como la presencia de agentes biológicos diseminadores (Wunderle 1997) y de la cercanía hacia los ecosistemas nativos (Yirdaw 2001; Günter *et al.* 2007). De igual forma dependen notablemente del tipo de manejo silvicultural, el cual a más de producir eficientemente madera se asocia con la conservación de la biodiversidad (Hartley 2002). Bajo el manejo silvícola se manipula la estructura del dosel arbóreo lo cual permite la entrada de luz y la modificación local de variables de microclima como la temperatura, humedad relativa del aire y del suelo (Aguirre y Weber 2007). Así se facilitan procesos eco-fisiológicos como la germinación, incremento de las tasas fotosintéticas que incide sobre el crecimiento inicial de plántulas (Martínez *et al.* 1999; Diaci *et al.* 2003), aunque también se ve limitada por los umbrales mínimos de temperatura en sitios con altitudes mayores a los 3500 msnm donde las temperaturas oscilan entre 8°C (Serrada 2008).

En algunos países tropicales se ha calificado de negativo el fomento forestal con especies forestales exóticas (León 2014). El argumento incierto sobre la eliminación de diversidad vegetal en los sotobosques (partes bajas del bosque) debe ser ratificado responsablemente con estudios locales (Hofstede *et al.* 2002). Por consiguiente, esto permitirá conocer el impacto real de las plantaciones de pino sobre la diversidad vegetal. Es importante ratificar este impacto negativo en la provincia del Azuay, ya que la existencia de regeneración natural sometida a procesos de sucesión, se articula con sinergias ecológicas de los agro-ecosistemas circundantes donde van organismos biológicos polinizadores, diseminadores y controladores biológicos, especialmente



insectos y aves desde los hábitats formados en los sistemas forestales antropogénicos (plantaciones). Bajo estos antecedentes desarrollamos la presente investigación en plantaciones abandonadas de *Pinus patula*, con el fin de generar información sobre la regeneración natural y así corroborar o no los impactos negativos que se aduce ocasionar estos cultivos antropogénicos sobre la diversidad vegetal nativa, en los andes al Sur del Ecuador.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Desde hace varios años existe evidencia de que en las zonas alto andinas del país hay varios efectos desfavorables ocasionados por las plantaciones forestales. Uno de estos es que durante el trasplante de plántulas de especies forestales arbóreas se retira parte de la vegetación existente y se disturba el suelo. También, surge el efecto cuando empieza el crecimiento de las especies plantadas como *Pinus patula*, la cual consumen altas cantidades de agua, lo que provoca la disminución del rendimiento hídrico, desecando el suelo considerablemente, que induce a trastornos físicos e hidrológicos (Crespo *et al.* 2014). Además, bajo la modificación de las condiciones del micro-hábitat causadas por la cobertura total del pino, provoca que la vegetación natural en los sotobosques sea muy reducida (Ohep y Herrera 1985; Cavelier y Santos 1999).

En Ecuador existen superficies considerables de plantaciones abandonadas debido a que fueron implementadas con fines de brindar servicios eco-sistémicos, especialmente sobre el control de la erosión y almacenamiento de carbono (Albán y Argüello 2004). Sin embargo, se han documentado impactos negativos hacia los componentes del ecosistema y biodiversidad, estas plantaciones con especies exóticas cumplen funciones ecológicas como el de asistir, a la regeneración natural a través de la diseminación de semillas desde ecosistemas naturales, como sucede en otros contextos tropicales (Holl y Aide 2011).



Así la regeneración natural en plantaciones abandonadas permitiría la formación de bosques mixtos a través de un proceso de restauración pasiva, para que luego estos ecosistemas brinden con mayor eficiencia servicios ambientales especialmente la conservación de la biodiversidad y regulación hidrológica. Este último servicio ligado a utilizar con mayor eficiencia el recurso hídrico en las partes bajas, con fines agrícolas. Por lo tanto, la evaluación de la regeneración natural y su estado de conservación contribuye, al conocimiento sobre el futuro de estos ecosistemas para predecir el potencial de servicios ambientales en un contexto de paisaje.

Las actividades de evaluación en la regeneración natural son competencia de ciertas instituciones ligadas a generar información como: Universidades y Municipios. También permitirá validar o desechar comentarios ambiguos o coloquiales sobre los impactos de estos ecosistemas forestales antropogénicos sobre la diversidad vegetal a través de parámetros debidamente cuantificados a nivel de riqueza, diversidad y abundancia de la regeneración natural.

Mediante los antecedentes mencionados la Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica, a través de un proyecto de investigación a nivel de tesis de pregrado desarrolló el presente estudio para evaluar la regeneración natural y su relación con la altitud y cobertura de dosel en plantaciones no manejadas de *Pinus patula* en zonas alto andinas de la provincia del Azuay.



3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

- Evaluación de la regeneración natural y su relación con la altitud y cobertura de dosel en plantaciones no manejadas de *Pinus patula* en zonas alto Andinas, en la provincia del Azuay.

3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la regeneración natural herbácea y leñosa con base a parámetros de diversidad, abundancia y dominancia en plantaciones de *Pinus patula* en zonas alto Andinas, en la provincia del Azuay.
- Relacionar la diversidad de la regeneración natural en plantaciones de *Pinus patula* no manejadas con variables ambientales (altitud, cobertura de dosel y características del suelo) en zonas alto Andinas, en la provincia del Azuay.

4. HIPÓTESIS

- La regeneración natural (diversidad, abundancia y dominancia) disminuye conforme se incrementa la altitud y aumentan positivamente con la apertura de dosel en las plantaciones de *Pinus patula*.



5. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. Regeneración natural en bosques naturales

La regeneración natural es un ciclo donde los bosques o plantaciones se restablecen por medios de propagación naturales, el más conocido por semillas (Rollet 1969). En cambio Bueso (1997), manifiesta que la regeneración es el proceso continuo natural de las especies para asegurar su propia sobrevivencia, normalmente por una abundante producción de semillas, esto varía dependiendo las estrategias de las especies que germinan para dar origen a nuevas plantas.

La regeneración natural es la encargada de reponer todos los árboles viejos que caen ya sea por alguna causa natural, por el aprovechamiento o por la deforestación (Pérez y Blandón 2005). Para Hierro (2003), la regeneración natural es el proceso por el que en un espacio dado se produce la aparición de nuevos pies de distintas especies, dependiendo del tipo de ecosistema, sin intervención de la acción directa o indirecta del hombre.

5.2. Distribución y descripción taxonómica de *Pinus patula*

El *Pinus patula* es una especie arbórea leñosa originaria del hemisferio norte. Se distribuye en forma natural en el Centro y Sur de México y Sur Oeste de Estados Unidos, de los 18° a 20° de latitud norte (Muñoz *et al.* 2010). En Ecuador es una especie exótica que ha sido utilizada en muchos programas de reforestación, sin saber exactamente cual fueron sus objetivos específicos previos a su implementación. Taxonómicamente pertenece al Reino: Plantae; Subreino: Spermatophyta; División: Phynophyta; Subdivision: Gymnospermae; Orden: Coniferales; Familia: Pinaceae; Género: *Pinus*; Epíteto: *patula* (Dvorak 2000)



En la región Austral las plantaciones se los encuentra establecidos hasta por encima de los 3200 m s.n.m., varían en tamaño entre 1 y 500 ha, sobre los 1500 m s.n.m. (Ansaloni y Chacón 2003).

5.3. Plantaciones forestales

Las plantaciones forestales son cultivos de árboles implementados con fines específicos tanto de conservación con producción (Beer *et al.* 1998). Estos cultivos van incrementándose en todo el mundo debido a la demanda de madera industrial y pulpa de papel (Lee *et al.* 2005).

Las plantaciones forestales proporcionan una amplia gama de servicios de los ecosistemas (Shvidenko *et al.* 2005). Debido a su uso directo o valor de mercado los productos forestales y en particular la madera, han sido objeto de mayor demanda que otros beneficios proporcionados por los bosques (Guerra *et al.* 2004). Esto en comparación con productos forestales no maderables y servicios ambientales como la fijación de carbono y protección de suelos (Liu y Diamond 2005), la regulación del clima (Malhi *et al.* 2008) y la conservación de la biodiversidad (Barlow *et al.* 2007). En algunos contextos, se han sugerido plantaciones forestales para promover la regeneración sotobosque leñoso, y por lo tanto aumentar la biodiversidad (Lugo 1997).

En el Ecuador existen plantaciones de pino (*Pinus patula* y *P. radiata*) situadas hasta los 4000 m.snm; a éstas se las implementaron con el objetivo de producir madera para aserrío y fijar carbono (Aguirre *et al.* 2001). Estas plantaciones forestales se iniciaron en los años 1800 y hasta la actualidad se documentan 255 000 ha (Farley 2008; Mae-Magap 2012a; Mae 2012). Un antecedente de fomento forestal se da bajo la intervención de la fundación Holandesa “Forest Absorbing Carbon Dioxide Emissions” (FACE, por sus siglas en inglés) o Bosques para la Absorción de Emisiones de Dióxido de Carbono. Aquí se implementó 150 000 ha de plantaciones forestales hace dos



décadas cuyo objetivo principal fue compensar las emisiones resultantes de una nueva planta térmica de carbón que se construyó en Holanda, cuya construcción representaría en ese entonces millones de toneladas de Dióxido de Carbono emitidas a la atmósfera. Por razones de costos de mitigación su acción se orientó al establecimiento de proyectos de forestación en países en desarrollo como Ecuador (Granda 2005). De esta manera se realizó convenios con actores locales para implementar plantaciones de pino en zonas andinas incluyendo el Sur del Ecuador. Así se beneficiarían a los propietarios con el aprovechamiento u cosecha de la madera en un futuro, situación que se torna incierta (Hofstede 1998).

5.4. Riqueza florística bajo las plantaciones forestales

Las pocas actividades de reforestación realizadas en Ecuador se basan en plantaciones principalmente con especies introducidas como *Pinus* spp. y *Eucalyptus* spp. Las plantaciones forestales pueden facilitar la regeneración de especies leñosas nativas, siempre que existan fuentes de semillas en sus proximidades (Senbeta *et al.* 2002; Günter *et al.* 2007). De los pocos inventarios que se han hecho en plantaciones en el norte del Ecuador se han registrado una considerable regeneración natural donde se destacan un importante grupo de plantas semi y leñosas. Aquí se destacan: *Brachyotum ledifolium*, *Gynoxys sodiroi*, *Calamagrostis intermedia*, *Cortaderia jubata*, *Acaena elongata* (Caranqui y Suarez 2016). Algunas de estas especies son pioneras y conocidas como heliófitas dentro de los grupos ecológicos de especies arbóreas (Louman *et al.* 2001).

Los géneros y especies vegetales que se regeneran naturalmente y que presentan mayor densidad, abundancia y frecuencia en el sur del Ecuador son típicas que crecen en zonas que han sufrido alteración y son los géneros: *Huperzia*, *Hypericum*, *Miconia*, *Carex*, *Lycopodium*, y *Puya*. Además, podemos encontrar



Valeriana, Acaena, Gynoxys, Baccharis, Calamagrostis, Rhynchospora, Geranium, Miconia, Viola (Izco *et al.* 2007).

Las plantaciones forestales facilitan la regeneración de especies nativas (Lugo 1992; Parrotta 1992; Parrotta 1995; Parrotta *et al.* 1997), mejoran el suelo degradado mediante la estabilización del mismo, optimizan el estado nutricional del suelo y aumentan la materia orgánica mediante la hojarasca (Lugo y Brown 1993; Parrotta 1995). A pesar de ello el suelo no tendrá la misma composición, estructura y funcionalidad original de los bosques nativos (Chazdon 2008). Por ende la regeneración de la vegetación nativa que se desarrolla bajo la sombra de las plantaciones forestales presentan un número menor de especies que los bosques en regeneración natural (Cavelier y Santos 1999).

5.5. Funciones de la regeneración natural e implicaciones para la conservación de la biodiversidad: relación con la cobertura arbórea e índice de área foliar (IAF)

El reemplazo de bosques nativos tropicales por plantaciones forestales, bien sean de carácter productivo o con fines de conservación-protección, ha generado tres debates principales: 1) el efecto sobre la biodiversidad, 2) los suelos y 3) los recursos hídricos. El efecto sobre la riqueza y diversidad de especies, así como sobre los suelos, es generalmente negativo (Sawyer 1993). Sin embargo, estas plantaciones pueden tener efectos neutros o positivos en el suelo (Cavelier y Tobler 1998), cuando se usan en programas de rehabilitación de áreas severamente degradadas (Lugo 1992; Parrotta 1992). Las alteraciones físicas del suelo en plantaciones de pino han sido ampliamente documentadas, e incluyen una baja retención de calor (Porté *et al.* 2004) y una máxima evapotranspiración, afectando la dinámica hídrica a nivel regional (Oyarzún y Huber 1999; Buytaert *et al.* 2007).



Uno de los tipos de disturbio más comunes en Sudamérica durante el último siglo ha sido el reemplazo de bosques nativos por la plantación extensiva de especies exóticas como pino y eucalipto (Toro y Gessel 1999; Granda 2006). Aquí no se consideró si estas plantaciones tuvieron un interés estético o maderero.

La regeneración de plantas nativas podría verse como un ciclo complejo y continuo de procesos ecológicos como la polinización, germinación de semillas y el establecimiento de plantas acompañado de otros factores de micro hábitat (López *et al.* 2014). El dosel de una plantación de pino podría generar un ambiente con características específicas que permite la supervivencia y el crecimiento de especies nativas de valor ecológico y comercial (Schlichter y Laclau 1998).

Sobre la funcionalidad de las plantaciones forestales ligadas a la regeneración natural, existen parámetros de cobertura arbórea que permiten evaluar su incidencia. Así Aguirre *et al.* (2010) afirman que el índice de área foliar (IAF) es una variable indispensable para caracterizar la productividad y dinámica de los ecosistemas forestales. Los valores más altos del IAF se presentan donde existe una mayor cobertura vegetal, mientras que las zonas intervenidas pueden presentar menores valores de IAF. Esto indica que la intervención de las actividades antropogénicas del hombre influye directamente sobre el IAF.

El índice de área foliar (IAF) tiene una estrecha relación con la regeneración natural de especies nativas (Vásquez *et al.* 2014). Así mismo, el IAF está positivamente relacionado con la cantidad de luz que ingresa al micro hábitat, lo cual es expresado por su cobertura arbórea. Esta es una variable importante para el monitoreo de la densidad de la plantación artificial o bosque debido a que regula la cantidad de luz penetrante y procesos foto dependientes; por lo tanto estará vinculado con la cantidad y riqueza de la regeneración natural (Aguirre *et al.* 2010). Es así que la plataforma digital del CI-110 Digital Plant Canopy Imager, permite capturar simultáneamente imágenes del dosel de



los bosques o plantaciones artificiales de forma angular (170°) y estimar el índice de área foliar (IAF) y los niveles de radiación fotosintéticamente activa (RFA) en una sola exploración de dosel. Una medición proporciona un complemento perfecto de datos, a diferencia de los sistemas que requieren que el usuario realice múltiples mediciones y adjunte varios dispositivos de enmascaramiento para obtener datos significativos (Bio-Science 2016).

5.6. Efecto de la altitud en plantaciones de *Pinus patula*

Según Benavides *et al.* (2013) en un estudio realizado con gradientes altitudinales, mencionan que la consideración de variables a diferentes escalas supone un paso adelante a la hora de abordar la heterogeneidad y capturar la variabilidad potencial de la regeneración. Es así, que la regeneración depende de manera directa de las condiciones climáticas (escala regional) desde el punto de vista demográfico ya que afecta la biología del suelo (Hodkinson 2005).

Por lo tanto, los artrópodos del suelo son un componente fundamental de los ecosistemas del bosque (natural o artificial) en proceso de crecimiento, ya que participan en la fragmentación de los residuos orgánicos previo a la descomposición. Esta función es más valorable en ambientes de altura, donde las bajas temperaturas limitan la dinámica de los procesos biológicos (León *et al.* 2010). En plantaciones de pino, en la región no se reportan estudios sobre regeneración natural con efectos de altitud.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Materiales

Los materiales utilizados se detallan en el Anexo 1.

6.2. Descripción del área de estudio

El área estudiada se encuentra ubicada en Ecuador, provincia del Azuay, Cantón Cuenca dentro de las Parroquias Victoria del Portete (Irquis), Baños (Nero) y San Joaquín (Soldados); en las haciendas de Irquis y Nero (pertenecientes a la Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias) y en la localidad de Soldados en las propiedades de los señores (Jackson Fernández y Xavier Molina) (Figura 1). Ubicadas a las altitudes de 2700 m s.n.m. (Irquis), 3200 m s.n.m. (Nero) y 3700 m s.n.m. (Soldados). Las zonas estudiadas se encuentran dentro de las siguientes coordenadas UTM: Irquis X: 714648 m y Y: 9656762 m, Nero: X: 710210 m y Y: 9673181 m y Soldados: X: 689866 m y Y: 9672839 m.



Figura 1. Mapa de ubicación del área de investigación en la provincia de Azuay.



Según el MAE (2012), las áreas (Irquis, Nero y Soldados) ya estudiadas corresponden a los ecosistemas Bosque siempreverde montano alto y Bosque montano alto superior de páramo, cuyas temperaturas oscilan entre 7 °C – 25 °C y una precipitación media anual de 1000 a 2000 mm (INAMHI 2014). Se encuentran sobre rocas metamórficas indiferenciadas. Taxonómicamente los suelos son Inceptisoles de textura franco arcilloso, franco arcillo limoso, con drenaje moderado y pequeños parches de suelos franco (mal drenado). Debido a alteraciones antropogénicas en ocasiones estos ecosistemas quedan aislados en zonas de pendientes fuertes rodeadas por páramo herbáceo (MAE 2012).

6.3. Metodología para evaluar la regeneración natural herbácea y leñosa con base a parámetros de diversidad, abundancia y dominancia en plantaciones de pino (*Pinus patula*) en zonas alto Andinas

6.3.1. Selección del área de investigación y muestreo

Inicialmente se utilizó cartografía base y fotografías aéreas (1: 20000) a color de la zona de estudio proporcionadas por el Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca (Mae-Magap). Se seleccionaron 4 plantaciones forestales aplicando los siguientes criterios: 1) acceso; 2) altitud (2700 a 3700 msnm); 3) plantaciones sin manejo y; 4) edad de las plantaciones (promedio de edad de las plantaciones esta entre 19 años). Estas plantaciones están ubicadas en tres pisos altitudinales (1 en Irquis, 1 en Nero y 2 en Soldados) dentro de fincas (Irquis y Nero) y territorios comunales (Soldados) (Tabla 1). Se instaló un total de 45 parcelas y 225 sub-parcelas en los tres sitios de estudio las mismas que fueron distribuidas de la siguiente manera: 25 en Irquis, 10 en Nero y 10 en Soldados (5 en Jackson Fernández y 5 en Xavier Molina) (Tabla 1).

Para evaluar la regeneración Peters (1994) manifiesta que es necesario



establecer una red de parcelas por todo el bosque. Las parcelas que se instalaron son circulares de 1000 m² con un radio de 18 m, como referencia para medir dicho radio se tomó un árbol central en cada unidad de muestreo. Además, dentro de cada parcela se ubicaron 5 sub-parcelas cuadradas de 2 x 2m (4 m²) dando una unidad de muestreo de 20 m² (Figura 2), como lo realizó Bussmann (2005), en un estudio en el sur del Ecuador. Estas parcelas se encuentran dentro de un gradiente altitudinal desde los 2700 a 3700 m s.n.m. de (Tabla 1).

Tabla 1 Gradiente altitudinal y sitios de estudio.

Rango altitudinal (m s.n.m.)	Ecosistema	Sitios	Número de parcelas	Número de Sub-parcelas
2700 - 3100	Bosque de Pino	Irquis (Granja U. Cuenca)	25	125
3100 - 3500	Bosque de pino	Nero (Granja U. Cuenca)	10	50
> 3500	Bosque de Pino	Soldados Sr. Jackson Fernández	5	25
		Soldados Sr. Xavier Molina	5	25
TOTAL			45	225

En cada sub-parcela se contabilizó las leñosas y herbáceas. Después del conteo se procedió a la recolección de una muestra vegetal (rama en buenas condiciones) de cada especie diferente en cada parcela, con su respectivo código de identificación para luego ser identificadas. Inmediatamente, las muestras recolectadas de hierbas y leñosas se las colocó en una prensa de madera. Además, se cambiaron los periódicos ocasionalmente para evitar que las muestras se deterioraran y se secaran con normalidad.

Para la identificación de las muestras de herbáceas y leñosas vasculares (excluyendo musgos y líquenes) se envió al Herbario de la Universidad Nacional de Loja.

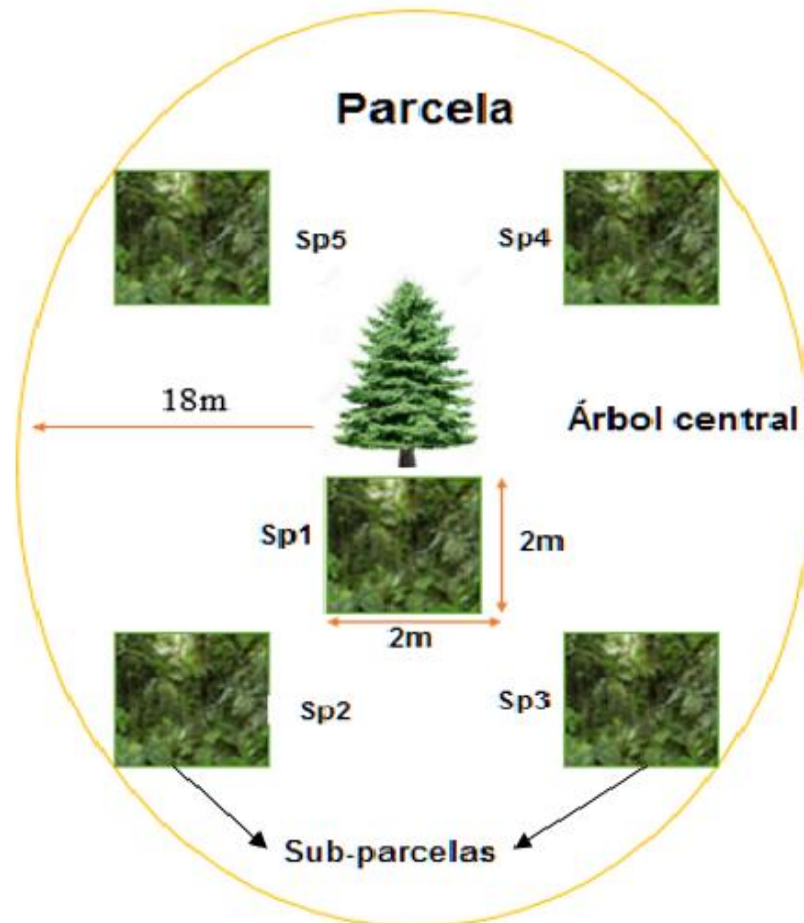


Figura 2. Método de muestreo en la parcela circular y sub parcelas que fueron distribuidas en toda el área de investigación.

Para determinar las variables de altitud en cada parcela se registró los datos ecológicos de altitud y coordenadas mediante la ayuda de un GPS.

6.3.2. Índice de área folia (IAF) y cobertura arbórea (CA)

Para las variables de Índice de Área Foliar (IAF) y Cobertura Arbórea (CA) se utilizó el LIGHT™: CI-110/120 Plant Canopy Imager (Bio-Science 2016) versión 5.0.9 esta



herramienta utiliza una cámara CCD (Charge Coupled Device o, en español, Dispositivo de Carga Acoplada) integrada y un software patentado para capturar imágenes hemisféricas y datos del dosel. La toma de datos es instantánea en el campo, la cámara es ajustable para distintas alturas del dosel, los filtros en color digitales permiten la diferencia entre el cielo (despejado-soleado) y la planta, visualiza un ángulo de 150° (Bio-Science 2016). La toma de datos se realizó a cada sub-parcela (5 por parcela) de todos los sitios y se obtuvo un promedio por cada parcela circular de 1000 m^2 . Además, la cobertura arbórea se determinó con el densitómetro esférico de forma cóncava (Guilherme 2000); para ello se tomó 5 lecturas a 1,3 m (Valdez *et al.* 2006), en cada parcela circular de 1000 m^2 donde se estableció para el levantamiento de la información de la regeneración natural, en cada esquina y al centro de la misma.

6.3.3. Análisis de suelo

Adicionalmente a las variables de altitud y cobertura de dosel, se incorporó las variables edáficas. Para determinar las mismas se realizó un muestreo de suelos; para ello se recolectó una muestra homogenizada compuesta de cuatro sub-muestras en cada parcela circular de 1000 m^2 , a 10 cm de profundidad desde la superficie del suelo, ya que aquí se encuentra la mayor disponibilidad de macro y micro nutrientes al alcance de herbáceas y leñosas. Esto permitió evaluar el estado químico de los suelos y establecer su relación con los parámetros de diversidad, abundancia y dominancia. Se evaluaron las siguientes variables químicas (nombre de la técnica): pH (Potenciómetro), Materia orgánica % (MO) (Volumétrico), Nitrógeno % (N) (Volumétrico), Fosforo ppm (P) (Colorimétrico), Potasio cmol/Kg (K) (Absorción Atómica), Calcio cmol/Kg (Ca) (Absorción Atómica), Magnesio cmol/Kg (Carle y Holmgren) (Absorción Atómica), Hierro ppm (Fe) (Absorción Atómica), Manganeseo ppm (Mn) (Absorción Atómica), Cobre ppm (Benavides *et al.*) (Absorción Atómica), y Zinc ppm (Zn) (Absorción Atómica). Los



análisis se realizaron en el laboratorio de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (Agrocalidad).

6.3.4. Densidad aparente

La determinación de la Densidad Aparente (DA) se realizó mediante la utilización de cilindros kopecky de 100 cm³; se tomó 1 muestra con 3 repeticiones al azar a 10 cm de profundidad. Para ello se ubicó el anillo verticalmente en el suelo, teniendo en cuenta que el suelo este nivelado, libre de vegetación y piedras, luego se extrajo la muestra de suelo no alterada, después se procedió a limpiar el anillo eliminando el exceso de suelo y de raíces; se colocaron las tapas de los anillos para así evitar perdida de la muestra. Finalmente colocamos los anillos en fundas plásticas con sus respectivas etiquetas y lo trasladamos al laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca.

Una vez en el laboratorio los anillos fueron ingresados a la estufa para ser secados por 24 horas a 105 °C. Con la muestra ya seca registramos el peso del suelo con el anillo; luego se pesó solo el anillo y se calculó el volumen del anillo. Para determinar la densidad aparente (g/cm³). Con los valores obtenidos se aplicó la siguiente ecuación:

$$Da = \frac{Ps}{Vol. Cilindro}$$

Donde:

Da = Densidad aparente (g/cm³)

Ps = peso del suelo seco (g)

Vol. Cilindro: volumen del cilindro (100 cm³)

Para calcular el volumen del cilindro se utilizó la siguiente ecuación:



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

Donde; r es el radio del cilindro y h es la altura del cilindro.

6.3.5. Análisis de la información y estadístico

Primer objetivo: En cada parcela la diversidad fue analizada con base a la riqueza de especies, diferenciadas por las tres siguientes categorías: 1) Total de especies herbáceas + leñosas, 2) Total de herbáceas y 3) Total de leñosas. También se consideró el índice de Shannon que considera la abundancia de especies. Estos se calcularon mediante el programa estadístico Past (Hammer *et al.* 2008).

La densidad de la vegetación fue calculada con base a la suma de las abundancias de todas las especies. Es decir es la cantidad de individuos presentes en la superficie efectiva de cada unidad de muestreo (León 2014), estos se calcularon en el programa estadístico Past (Hammer *et al.* 2008).

$$D = \sum_i \left(\frac{n_i}{n} \right)^2$$

Donde n_i es el número de individuos de la variable i

La dominancia fue evaluada mediante el índice de dominancia que es igual a 1 – índice de Simpson; se considera para su cálculo la dominancia de las especies, y se lo determinó en el programa estadístico Past (Hammer *et al.* 2008).

Se calculó el índice de Valor de Importancia (IVI) para todas las especies en las tres categorías de análisis. Este índice permitió determinar las especies de mayor valor ecológico en cada piso altitudinal. Su fórmula es la siguiente:

$$IVI = FR\% + Ab\%$$

Donde:

IVI: Índice de valor de importancia

FR%: Frecuencia relativa

**Ab%:** Abundancia relativa

Los parámetros evaluados (diversidad, abundancia y dominancia) fueron comparados bajo dos factores de análisis: 1) pisos altitudinales con tres niveles (C1: 2700 - 3100 m.snm.; C2: 3100 - 3500 m.snm y C3: > 3500 m.snm) y; 2) porcentajes de cobertura de dosel con tres niveles (Bajas, medias y altas) (Tabla 2). El primer factor fue diferenciado con base a los pisos florísticos altitudinales propuestos por Sierra (1999). Los niveles del segundo factor fueron determinados con los valores mínimos y máximos (porcentaje de cobertura arbórea) registrados en las parcelas en toda la gradiente altitudinal de estudio, con un rango de intervalo de 28% (Tabla 2). Estos parámetros fueron evaluados a nivel de pisos altitudinales mediante el test no paramétrico de Kruskal-Wallis ($P < 0.05$) previo a la comprobación de no normalidad en los datos. Esta normalidad fue comprobada con la prueba estadística de Shapiro – Wills ($P < 0,05$). Todos los análisis se los realizó en el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.* 2016).

Tabla 2 Tratamientos a evaluarse en los tres sitios de estudio y rangos de cobertura vegetal dentro de los páramos de Soldados, Irquis y Nero.

Factor	Niveles
Factor A (Altitud)	C1: 2700 - 3100 m.snm.
	C2: 3100 - 3500 m.snm.
	C3: > 3500 m.snm.
Factor B (Rangos de cobertura vegetal)	Bajas (5 – 34 %)
	Medias (34 – 63 %)
	Altas (63 – 92 %)

C1 = Primer piso altitudinal, **C2** = Segundo piso altitudinal, **C3** = Tercer piso altitudinal.



Segundo objetivo. Para relacionar los parámetros de diversidad, abundancia y dominancia en la regeneración natural con variables ambientales de altitud, cobertura arbórea (CA), índice área foliar (IAF) y suelos (Tabla 3) se realizó correlaciones lineares, no paramétricas (*Sperman*; $P < 0,05$). Para medir el índice de área foliar (IAF) se utilizó el instrumento de medición “LIGHT”: CI-110/120 Plant Canopy Imager versión 5.0.9 (Bio-Science 2016).

Tabla 3. Parámetros de la regeneración natural relacionadas con variables ambientales.

Parámetros de la vegetación	Variables ambientales
Riqueza	Altitud
Diversidad	Cobertura arbórea
Abundancia	Índice de área foliar
Dominancia	Parámetros químicos del suelo



7. RESULTADOS

7.1. Evaluación de la regeneración natural en pisos altitudinales

7.1.1. Especies totales

La riqueza de especies totales (herbáceas + leñosas) presentó valores mayores significativamente ($P = 0,006$) en el piso de menor altitud (C1) a diferencia de los pisos (C2 y C3) donde fue menor (Tabla 4a). El índice de diversidad de Shannon no obtuvo diferencias estadísticas en los tres pisos altitudinales ($P = 0,1119$) (Tabla 4a). La densidad de especies es mayor significativamente en el piso (C3) a diferencia de los pisos de menor altitud (C1 y C2) ($P = 0,0118$). El índice de dominancia fue similar en los tres pisos altitudinales ($P = 0,2477$) (Tabla 4a).

7.1.2. Especies herbáceas

La riqueza de especies herbáceas presentó valores mayores significativamente ($P = 0,0083$) en los pisos de mayor y menor altitud (C3 y C1) a diferencia de C2 donde fue menor (Tabla 4b). El índice de Shannon fue similar estadísticamente en los tres pisos altitudinales ($P = 0,118$). La densidad fue mayor en el piso ubicado a mayor altitud (C3) a diferencia de los pisos de menor altitud (C1 y C2) ($P = 0,004$). El índice de dominancia fue similar en los tres pisos altitudinales ($P = 0,3453$) (Tabla 4b).

7.1.3. Especies leñosas

La riqueza de especies leñosas presentó valores diferentes significativamente ($P = 0,0001$) entre los tres pisos altitudinales; este parámetro disminuyó desde el piso C1 ubicado a menor altitud hasta el piso C2 y C3 respectivamente (Tabla 4c). El índice de Shannon fue diferente ya que en C1 y C2 los valores son superiores con respecto a C3 ($P = 0,0001$). La densidad de especies es menor en el piso C3 a diferencia de los pisos de menor altitud (C1 y C2) ($P = 0,004$). El índice de dominancia fue similar estadísticamente en los tres pisos altitudinales ($P = 0,3128$) (Tabla 4c).



Tabla 4. Promedios totales, herbáceas y leñosas con base a parámetros de diversidad, abundancia y dominancia en plantaciones de pino (*Pinus patula*) en zonas alto Andinas, en la provincia del Azuay.

Variable	C1 (2700-3100 m.snm.)	C2 (3100-3500 m.snm.)	C3 (>3500 m.snm.)	P - Valor
a) TOTALES (H y L)				
Riqueza - T	14,67 b	10,00 a	11,10 a	0,006
Shannon- T	1,83	1,49	1,66	0,1119
N-T	280,88 a	301,18 a	625,40 b	0,0118
Dominancia –T	0,27	0,34	0,3	0,2477
b) HERBACEAS (H).				
Riqueza-T	7,75 b	5,55 a	9,70 b	0,0083
Shannon-T	1,43	1,2	1,61	0,118
N-T	236,79 a	277,36 a	613,90 b	0,004
Dominancia-T	0,34	0,4	0,31	0,3453
c) LEÑOSAS (L)				
Riqueza-T	6,92 c	4,45 b	1,40 a	0,0001
Shannon-T	1,52 b	1,25 b	0,31 a	0,0001
N-T	44,08 b	23,82 b	11,50 a	0,004
Dominancia –T	0,29	0,34	0,52	0,3128

Letras iguales significa que no existen diferencias significativas. **C1** = Primer piso altitudinal, **C2** = Segundo piso altitudinal, **C3** = Tercer piso altitudinal, **H** = Herbáceas, **L**= Leñosas, **N** = Densidad, **P - Valor**= diferencias estadísticas ($P = <0.05$, es significativo), **T** = Total.

7.2. Especies más importantes ecológicamente por su índice de valor de importancia (IVI).

7.2.1. Primer piso altitudinal (P1: 2700 – 3100 m.snm)

Considerando las diez especies leñosas y herbáceas, en el primer piso altitudinal la riqueza total de especies fue mayor para las plantas herbáceas, según el IVI (Figura 3). Las familias botánicas más importantes son: Asteraceae y Poaceae con 6 especies cada una, en el primer piso altitudinal. En el Anexo 2 se muestran todas las especies y sus respectivos valores del IVI.

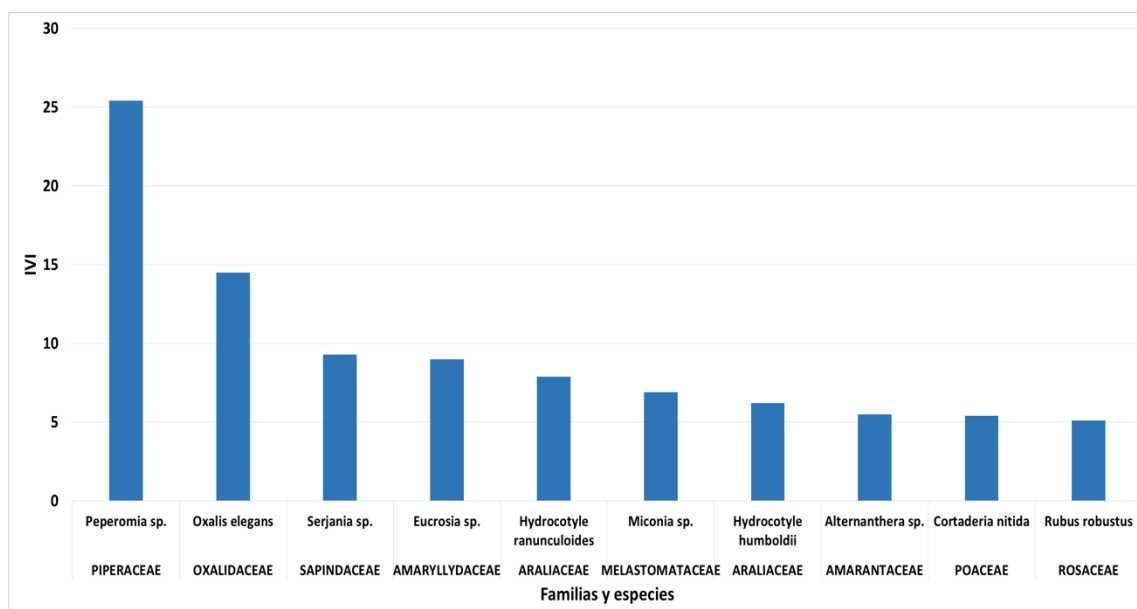


Figura 3. Diez especies con sus respectivas familias de herbáceas y leñosas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), primer piso altitudinal (P1: 2700 – 3100 m.snm).

• Leñosas

Observando las especies leñosas se tomó las diez especies más importantes ecológicamente según el IVI (Figura 4). De estas especies pertenecen a diferentes familias botánicas, pero las más importantes son: Solanaceae con cinco especies y

Asteraceae con cuatro especies en el primer piso altitudinal. En el Anexo 3 se muestran todas las especies y sus respectivos valores del IVI.

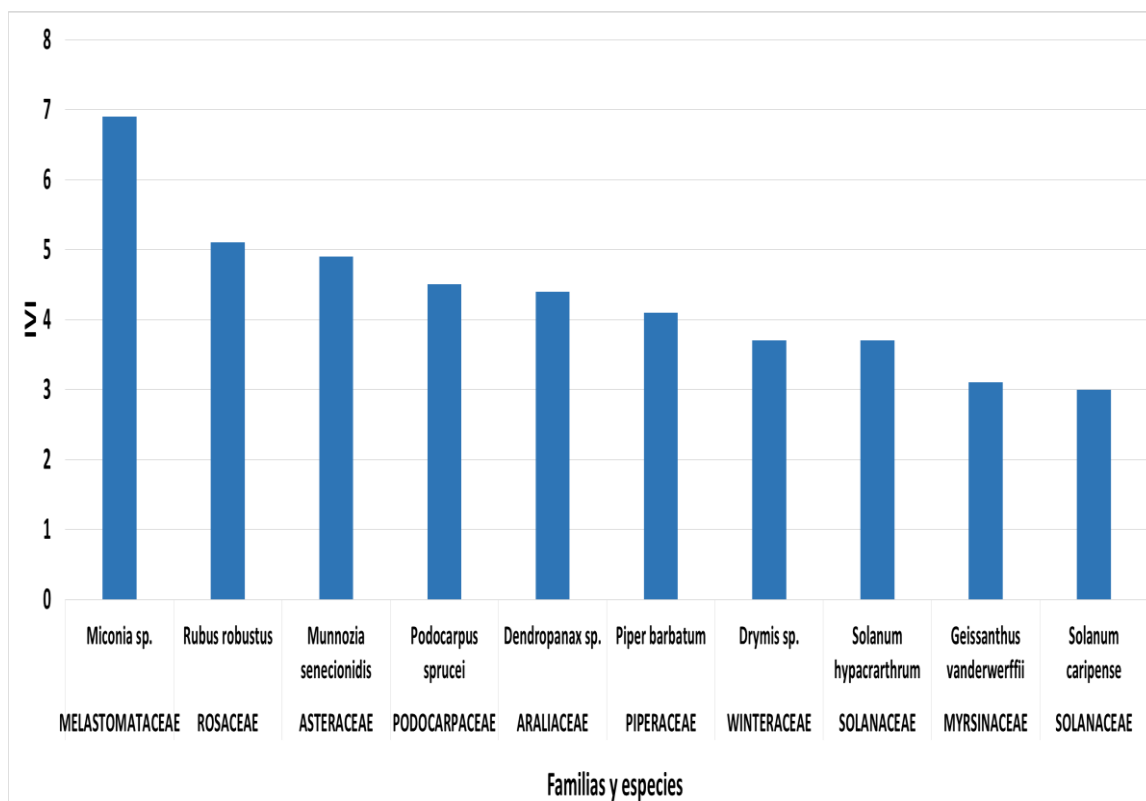


Figura 4. Diez especies con sus respectivas familias de leñosas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), primer piso altitudinal (P1: 2700 – 3100 m.snm).

- **Herbáceas**

De las diez especies más importantes ecológicamente según el IVI (Figura 5), las familias botánicas más importantes en el primer piso altitudinal son: Poaceae con seis especies y Polypodiaceae con tres especies. En el Anexo 4 se muestran todas las especies y sus respectivos valores del IVI.

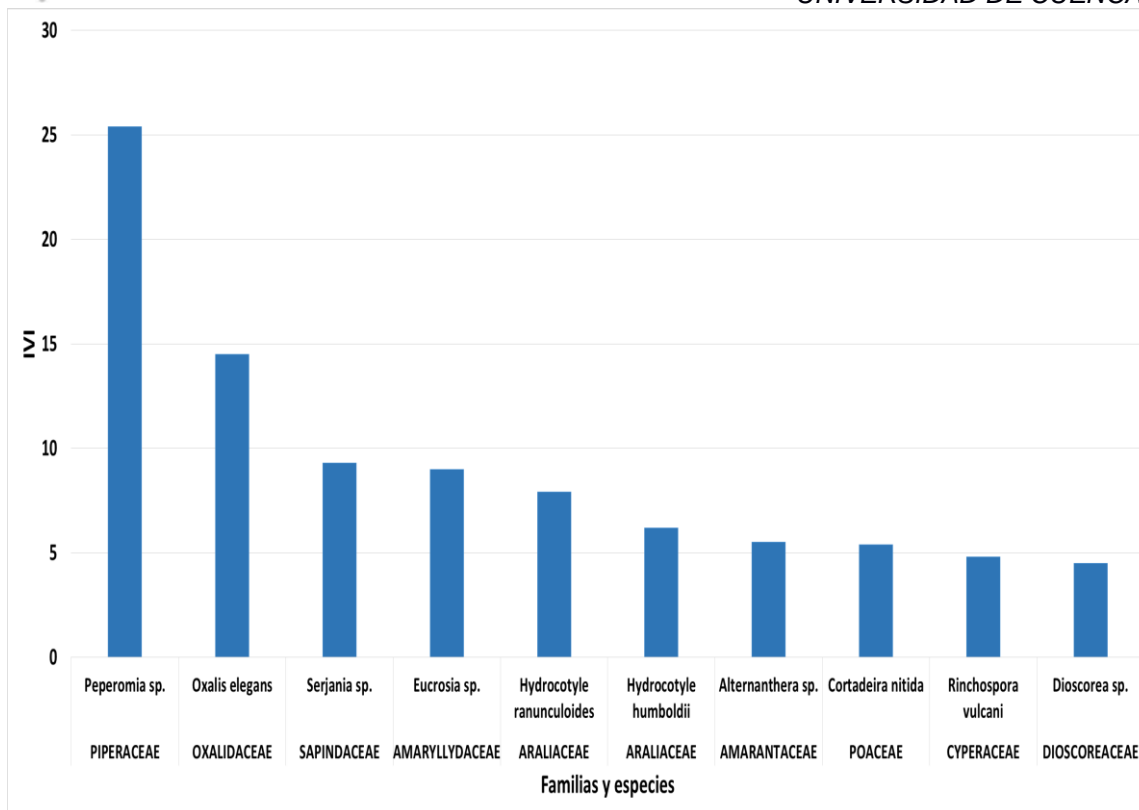


Figura 5. Diez especies con sus respectivas familias de herbáceas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), primer piso altitudinal (P1: 2700 – 3100 m.snm).

7.2.2. Segundo piso altitudinal (P2: 3100 – 3500 m.snm)

Tomando en cuenta las especies leñosas y herbáceas, en el segundo piso altitudinal la riqueza total de especies fue mayor para las herbáceas, las diez especies más importantes ecológicamente según el IVI (Figura 6). Las familias botánicas Astereaceae con tres especies y Oxalidaceae con dos especies son las más importantes en el segundo piso altitudinal. En el Anexo 5 se muestran todas las especies y sus respectivos valores del IVI.

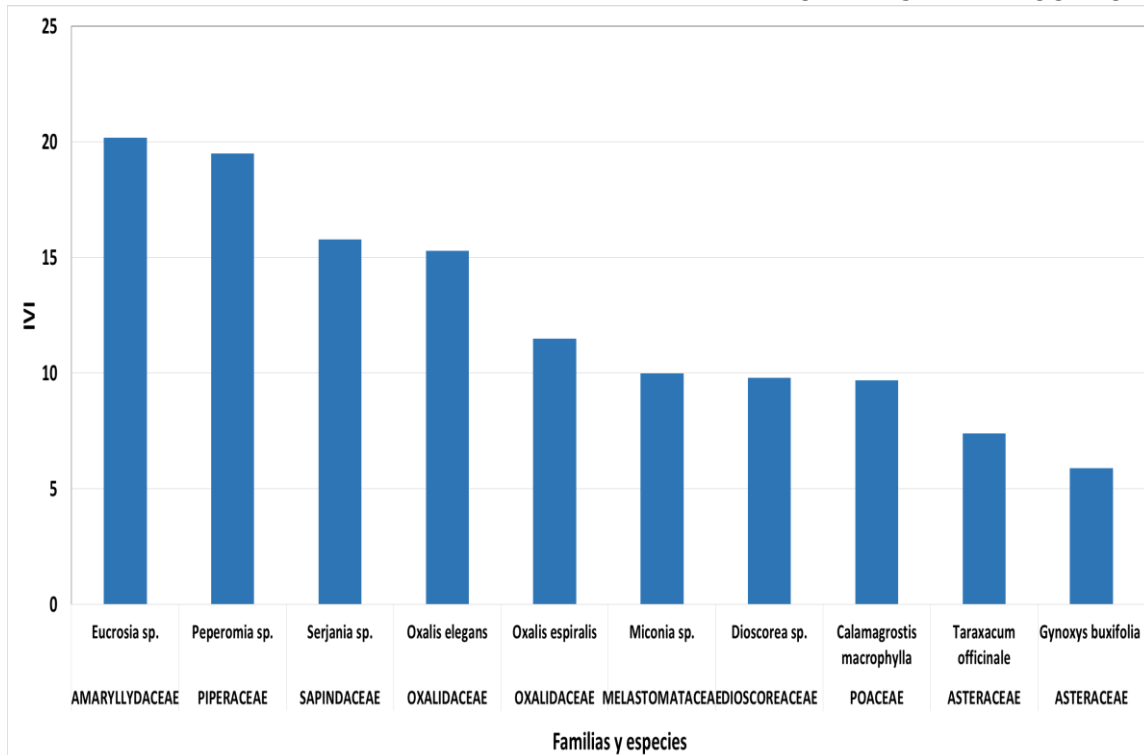


Figura 6. Diez especies herbáceas y leñosas con sus respectivas familias más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), segundo piso altitudinal (P2: 3100 - 3500 m.snm).

• Leñosas

De las diez primeras especies leñosas más importantes ecológicamente según el IVI (Figura 7), las familias más importantes son: Solanaceae con tres y Melastomataceae con dos especies respectivamente. Estas familias contienen el mayor número de especies de leñosas en el segundo piso altitudinal. En el Anexo 6 se muestran todas las especies y sus respectivos valores del IVI.

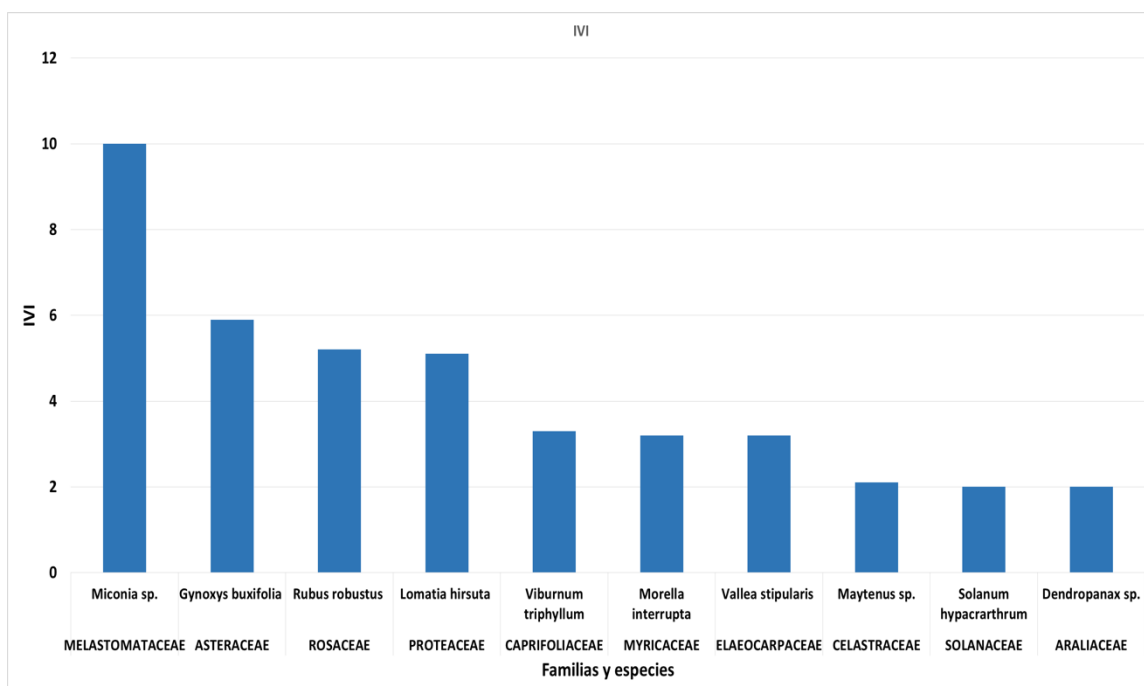


Figura 7. Diez especies con sus respectivas familias de leñosas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), segundo piso altitudinal (P2: 3100 - 3500 m.snm).

- **Herbáceas**

Considerando las diez especies herbáceas más importantes ecológicamente según el IVI (Figura 8), las familias botánicas que resaltan son: Poaceae y Polypodiaceae con cuatro especies cada una. Estas familias poseen el mayor número de especies en el segundo piso altitudinal. En el Anexo 7 se muestran todas las especies y sus respectivos valores del IVI.

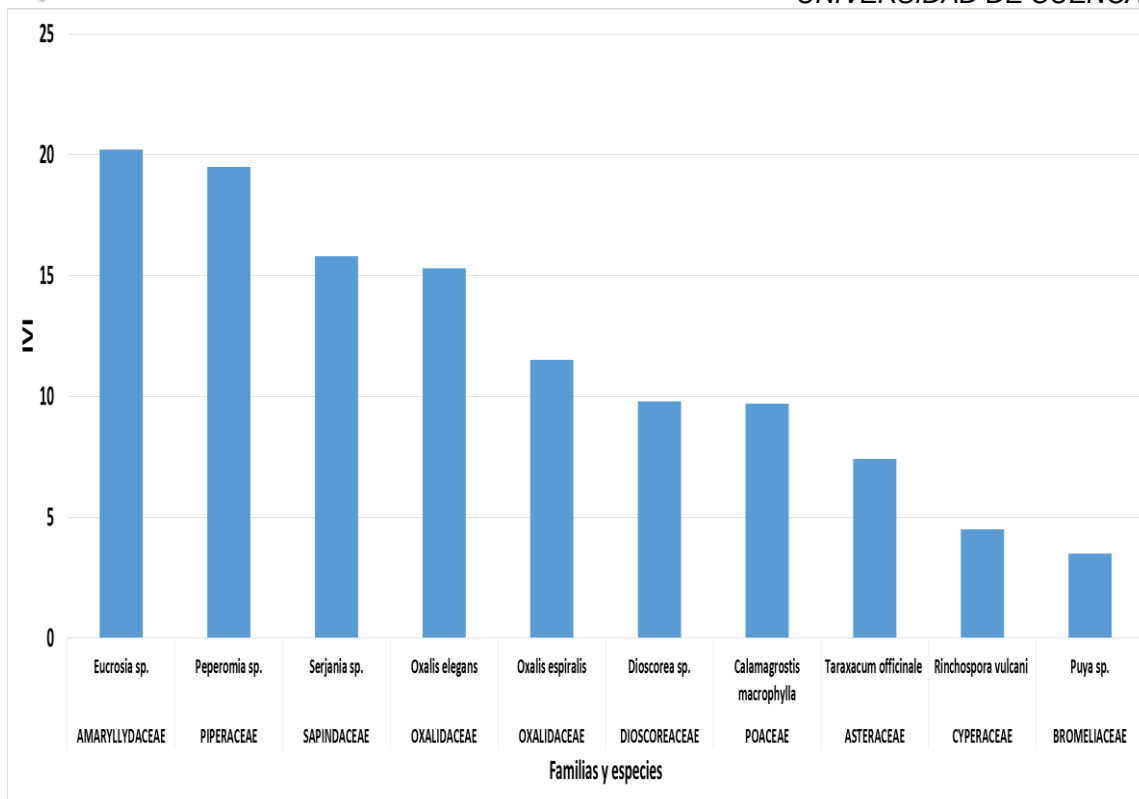


Figura 8. Diez especies con sus respectivas familias de herbáceas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), segundo piso altitudinal (P2: 3100 - 3500 m.snm).

7.2.3. Tercer piso altitudinal (P: >3500 m.snm)

Considerando a las especies leñosas y herbáceas, en el tercer piso altitudinal, la riqueza de especies es mayor para las herbáceas, considerando las más importantes ecológicamente según el IVI (Figura 9). La familia de mayor importancia es: Asteraceae con siete especies. Esta familia contiene el mayor número de especies en el tercer piso altitudinal. En el Anexo 8 se muestran todas las especies y sus respectivos valores del IVI.

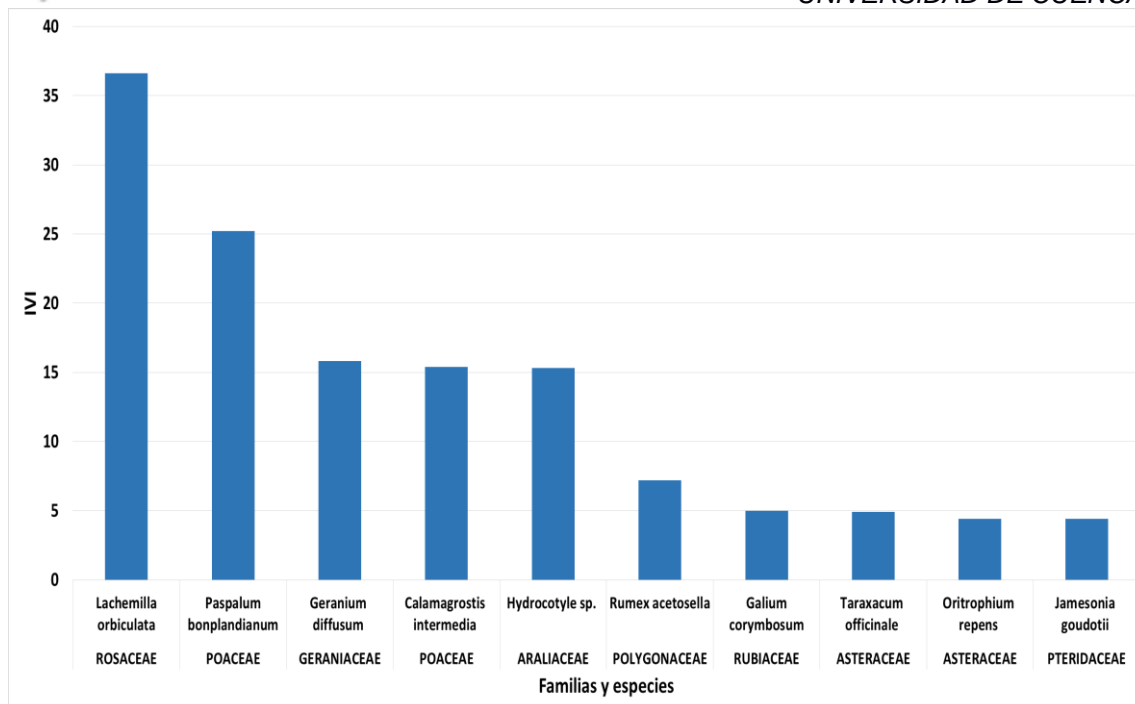


Figura 9. Diez especies de herbáceas y leñosas con sus respectivas familias más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), tercer piso altitudinal (P3 :> 3500 m.snm).

• Leñosas

En las diez especies leñosas más importantes ecológicamente según el IVI (Figura 10), las familias botánicas más importantes son: Asteraceae con tres especies e Hypericaceae con dos especies respectivamente. Estas familias poseen el mayor número de especies leñosas en el tercer piso altitudinal. En el Anexo 9 se muestran todas las especies y sus respectivos valores del IVI.

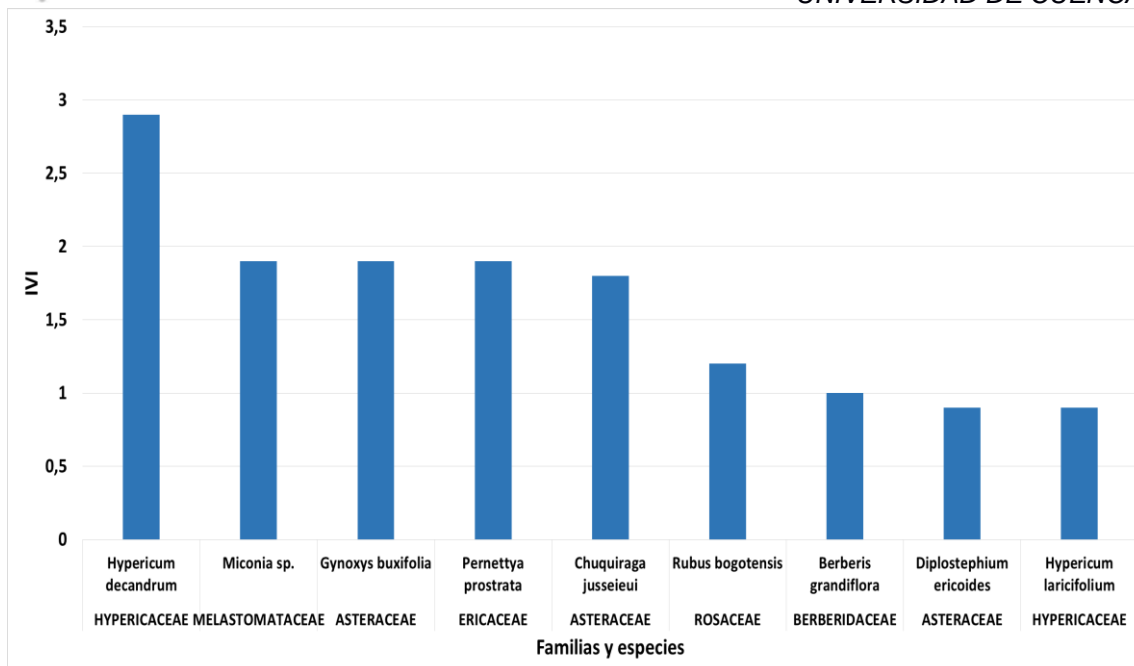


Figura 10. Diez especies con sus respectivas familias de leñosas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), tercer piso altitudinal (P3 :> 3500 m.snm).

• **Herbáceas**

Tomando en cuenta las diez especies herbáceas más importantes según el IVI (Figura 11), las familias botánicas de mayor importancia son: Asteraceae, Apiaceae y Geraniaceae con cuatro especies respectivamente. Estas familias poseen el mayor número de especies. En el Anexo 10 se muestran todas las especies y sus respectivos valores del IVI.

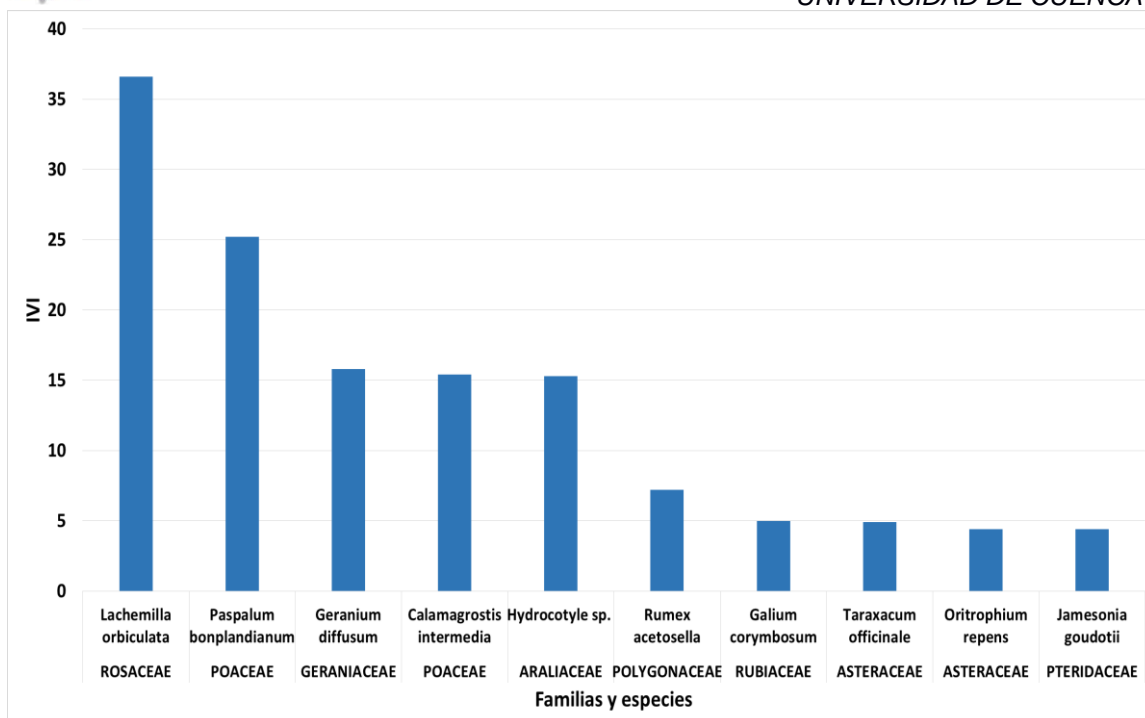


Figura 11. Diez especies con sus respectivas familias de herbáceas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), tercer piso altitudinal (P3 :> 3500 m.snm).

7.3. Relacionar la diversidad de la regeneración natural con variables ambientales (altitud, cobertura de dosel y características de suelo)

7.3.1. Riqueza de herbáceas y leñosas vs variables ambientales y de cobertura arbórea

Las correlaciones negativas ($P < 0,05$) se registraron para la riqueza de leñosas frente a la abundancia de herbáceas ($r = -0,35$), altitud ($r = -0,72$), materia orgánica ($r = -0,45$), Nitrógeno disponible ($r = -0,45$) y Zinc disponible ($r = -0,59$) (Tabla 5). El valor intermedio significativo (entre $r = 0,5$ y $0,6$) se presentó entre la riqueza de leñosas frente al porcentaje de cobertura arbórea ($r = 0,52$) (Tabla 5). No se registraron valores significativos para la riqueza de herbáceas frente a las variables ambientales, coberturas arbóreas y edáficas (Tabla 5).



Tabla 5 Correlaciones de *Spearman* ($P < 0,05$) entre la riqueza de leñosas y herbáceas frente a variables ambientales y edáficas, registradas en plantaciones de *Pinus patula* en el Sur del Ecuador. N=45

Variable(1)	Variable(2)	<i>Spearman</i> (r)	P-Valor
R-L	N-L	0,73	<0,0001
R-L	R-H	-0,12	0,4517
R-L	N-H	-0,35	0,0169
R-L	C%	0,52	0,0003
R-L	IFA	0,25	0,0956
R-L	Altitud (msnm)	-0,72	<0,0001
R-L	DA	0,43	0,0032
R-L	pH	0,41	0,0056
R-L	MO (%)	-0,45	0,0019
R-L	N (%)	-0,45	0,0017
R-L	P (ppm)	0	1
R-L	K (cmol/kg)	0,06	0,718
R-L	Ca (cmol/kg)	0,35	0,0202
R-L	Mg (cmol/kg)	0,45	0,0019
R-L	Fe (ppm)	0,31	0,0351
R-L	Mn (ppm)	-0,09	0,5781
R-L	Cu (ppm)	-0,15	0,3207
R-L	Zn (ppm)	-0,59	<0,0001
R-H	N-H	0,25	0,0958
R-H	C%	-0,14	0,3421
R-H	IFA	-0,19	0,2065
R-H	Altitud (msnm)	0,16	0,2814
R-H	DA	0,09	0,5546
R-H	pH	-0,25	0,097
R-H	MO (%)	-0,19	0,2103
R-H	Nitrógeno (%)	-0,18	0,2348
R-H	P (ppm)	0	1
R-H	K (cmol/kg)	0,07	0,6292
R-H	Ca (cmol/kg)	0,07	0,6252
R-H	Mg (cmol/kg)	0,13	0,3926
R-H	Fe (ppm)	0,1	0,5236
R-H	Mn (ppm)	0,12	0,4274



R-H	Cu (ppm)	-0,21	0,1586
R-H	Zn (ppm)	0,06	0,6813

Valores positivos indican correlación positiva (>0) y valores negativos indican correlación negativa (<0). **R-L**= Riqueza de Leñosas, **N-L**= Abundancia de leñosas, **R-H**= Riqueza de herbáceas, **N-H**=Abundancia de herbáceas, **P - Valor**= diferencias estadísticas ($P = <0,05$ significa), **C%**= Porcentaje de Cobertura, **IFA**= Índice de Área Foliar, **DA**= Densidad Aparente, **pH**= Potencial Hidrogeno, **MO**= Materia Orgánica, **N**= Nitrógeno, **P**= Fosforo, **K**= Potasio, **Ca**= Calcio, **Mg**=Magnesio, **Fe**=Hierro, **Mn**=Manganeso, **Cu**=Cobre, **Zn**= Zinc.

7.3.2. Abundancia de herbáceas y leñosas vs variables ambientales y de cobertura arbórea

Los mayores valores de correlación negativo ($P < 0,05$) se registró para la abundancia de leñosas frente a la altitud ($r = -0,37$) (Tabla 6). En las herbáceas la abundancia se correlacionó negativamente con el Hierro disponible ($r = -0,41$). Los mayores valores de correlaciones positivos ($P < 0,05$) se registraron para la abundancia de leñosas frente al porcentaje de cobertura arbórea ($r = 0,41$); dominancia de herbáceas frente a la altitud ($r = 0,33$); dominancia de herbáceas frente a Manganeso disponible ($r = 0,37$) y dominancia de herbáceas frente al Zinc disponible ($r = 0,37$) (Tabla 6).

Tabla 6 Correlaciones de *Spearman* ($P < 0,05$) entre la abundancia de leñosas y herbáceas frente a variables ambientales y edáficas, registradas en plantaciones de *Pinus patula* en el Sur del Ecuador. N= 45

Variable(1)	Variable(2)	<i>Spearman</i> (r)	P – Valor
N-L	C%	0,41	0,0052
N-L	IFA	0,22	0,1397
N-L	Altitud (msnm)	-0,37	0,0123
N-L	DA	0,27	0,0714
N-L	pH	0,29	0,0561
N-L	MO (%)	-0,24	0,1146
N-L	N (%)	-0,24	0,1134
N-L	P (ppm)	0	1
N-L	K (cmol/kg)	0	0,9955
N-L	Ca (cmol/kg)	0,26	0,086
N-L	Mg (cmol/kg)	0,32	0,033
N-L	Fe (ppm)	0,12	0,4137



N-L	Mn (ppm)	0,02	0,8935
N-L	Cu (ppm)	-0,08	0,5973
N-L	Zn (ppm)	-0,27	0,071
N-H	C%	-0,27	0,0759
N-H	IFA	-0,26	0,0839
N-H	Altitud (msnm)	0,33	0,0249
N-H	DA	-0,09	0,559
N-H	pH	-0,12	0,4415
N-H	MO (%)	0,12	0,4183
N-H	N (%)	0,14	0,3728
N-H	P (ppm)	0	1
N-H	K (cmol/kg)	0,18	0,2383
N-H	Ca (cmol/kg)	0,03	0,8244
N-H	Mg (cmol/kg)	-0,17	0,2732
N-H	Fe (ppm)	-0,41	0,0051
N-H	Mn (ppm)	0,37	0,0132
N-H	Cu (ppm)	-0,1	0,5175
N-H	Zn (ppm)	0,37	0,0123

Valores positivos indican correlación positiva (>0) y valores negativos indican correlación negativa (<0) **N-L**= Abundancia de leñosas, **N-H**=Abundancia de herbáceas, **P** - **Valor**= diferencias estadísticas, **C%**= Porcentaje de Cobertura, **IFA**= Índice de Área Foliar, **DA**= Densidad Aparente, **pH**= Potencial Hidrogeno, **MO**= Materia Orgánica, **N**= Nitrógeno, **P**= Fosforo, **K**= Potasio, **Ca**= Calcio, **Mg**=Magnesio, **Fe**=Hierro, **Mn**=Manganeso, **Cu**=Cobre, **Zn**= Zinc

8. DISCUSION

Hipótesis: La regeneración natural (abundancia y dominancia) disminuyen conforme se incrementa la altitud y aumentan positivamente con la apertura de dosel.

Respecto a la riqueza total de especies (herbáceas + leñosas) se registró una alta variación con diferencias significativas en los tres pisos altitudinales evaluados, en el primer piso altitudinal C1 se registró la mayor riqueza total de especies a diferencia del segundo C2 y tercer piso altitudinal C3, donde fueron similares estadísticamente (Tabla 4a). Esto se debe a la presencia e influencia de los ecosistemas circundantes nativos. En las partes bajas existen bosques mántanos y su vegetación es diferente a la presente en los pisos de mayor altitud donde están los páramos (sitio de Soldados). Aquí la distancia estaría influyendo sobre la dispersión de semillas de especies nativas,



colonizando las plantaciones forestales, además de la disponibilidad de semillas de los ecosistemas naturales más cercanos (Günter *et al.* 2007).

Respecto a las hierbas fue mayor su riqueza en el piso de mayor altitud (C3) (Tabla 4b). En este piso la riqueza de la regeneración natural bajo plantaciones de pino está influenciada de la riqueza natural del páramo circundante donde se asientan las plantaciones forestales. Esto debería ser indagado con estudios más profundos como lo ha realizado en el sur del Ecuador (Günter *et al.* 2007).

También existen altos valores en riqueza de hierbas en el piso de menor altitud C1. Aunque las hierbas son especies heliófitas efímeras (corta vida) su presencia también se debe a factores que facilitan su existencia en estos ecosistemas con alta interacción con actividades humanas. Entre estos factores están los diseminadores que habitan los matorrales. Estos ecosistemas de vegetación natural en etapa de sucesión temprana existen considerables superficies como resultados de áreas agrícolas abandonadas, especialmente pastos (Ortiz *et al.* 2000).

Respecto a las leñosas sus valores en riqueza fueron mayores en el piso de menor altitud (Tabla 4c). Aquí si se cumple la teoría que a menor altitud hay más diversidad de leñosas. Al igual que las hierbas con mayor riqueza en las partes altas donde están los páramos, las leñosas registran mayor riqueza influenciada por la temperatura de ecosistemas nativos de bosque montanos tanto primarios y especialmente secundarios que circundan las plantaciones forestales a menor altitud. Además, estas diferencias con respecto a la riqueza de leñosas son por las limitaciones de temperatura en los sitios de mayor altitud. Los bosques secundarios presentes en sitios de menor altitud con respecto al páramo son el resultado de la sucesión natural secundaria (Jadán *et al.* 2017). Estos resultados se consolidan con la fuerte correlación negativa ($P < 0,05$) entre altitud y riqueza de leñosas (Tabla 5) la cual demuestra que la riqueza de leñosas disminuye conforme se incrementa la altitud.



Las especies botánicas como: *Calamagrostis intermedia* (Poaceae), *Gynoxys buxifolia* (Asteraceae), *Miconia* sp. (Melastomataceae), *Paspalum bompladianum* (Poaceae), están presentes en los tres pisos altitudinales, debido a que se adaptan con facilidad al ecosistema en el que se encuentran (De La Torre *et al.* 2008).

En los procesos de restauración ecológica pasiva la regeneración natural en plantaciones forestales es muy importante. Estos ecosistemas antrópicos sirven como escenarios para dar hábitat a varias especies leñosas (Fernandez *et al.* 2014). No obstante, no se puede ocultar los factores limitantes como la cantidad de hojarasca y raíces superficiales de especies plantadas que no favorecen la germinación de semillas provenientes desde los ecosistemas nativos (Cavelier y Santos 1999).

La densidad de la vegetación que es el resultado de la abundancia de cada especie mostró un patrón similar de distribución que la riqueza de especies en los diferentes pisos altitudinales (Tabla 4a, b y c). Esto permite inferir una alta equidad o distribución homogénea de individuos sobre las especies en todo el gradiente evaluado, como sucede en bosques tropicales de alta biodiversidad (Jadán *et al.* 2015). Así mismo, este resultado se consolida con la correlación negativa entre altitud y abundancia de leñosas (Tabla 6). La dominancia de las especies no registró diferencias significativas en ninguna de las categorías evaluadas siendo similar en todo el gradiente altitudinal.

La cobertura arbórea se correlacionó positivamente con la riqueza de leñosas. Se afirma que a mayor cobertura de dosel arbóreo de las plantaciones forestales menor es la riqueza de especies leñosas que forman parte de la regeneración natural (Sawyer 1993; Weinberger y Ramírez 2001). Estos resultados infieren con los obtenidos en el presente estudio. Esto posiblemente sea causa de que las especies leñosas que están creciendo en el sotobosque de las plantaciones de pino pertenezcan a gremios ecológicos de sucesión avanzada como especies heliófitas durables o esciófitas es decir especies que no toleran la luz, como lo afirmado según estudios realizados en otros



contextos tropicales (Weinberger y Ramírez 2001; Gómez 2011). Esta inferencia a priori debe ser indagada o investigada con estudios posteriores. La riqueza de las hierbas, no se asoció significativamente con la cobertura arbórea.

Las variables químicas del suelo como el Calcio, Magnesio y Hierro están asociadas positivamente con la riqueza de leñosas. El Calcio es un macronutriente esencial para que la planta pueda absorber otros nutrientes (McKean 1993). Este autor también afirma que este elemento forma parte de la estructura de la pared celular vegetal, lo que fortalecería notablemente el crecimiento de especies leñosas. El Magnesio como un macronutriente participa en todas las reacciones químicas del metabolismo de las plantas, especialmente en los procesos de fosforilación y energía. El hierro como un micronutriente aporta al metabolismo celular y permite el desarrollo foliar adecuando de las plantas en estado inicial. Todos estos elementos bajo sus asociaciones positivas con la riqueza de leñosas estarían facilitando su crecimiento y desarrollo inicial.

También sobresalen elementos físicos del suelo en donde la Densidad aparente que asociada a otros factores como la textura y estructura estaría facilitando la germinación de semillas brindando humedad y aireación adecuada para especies leñosas. También permitiría la penetración de las raíces de las plántulas recientemente germinadas para poder iniciar sus procesos de absorción de nutrientes. De igual forma resalta el pH asociado positivamente con la riqueza de especies leñosas. Estas existencias sobresalen en los sitios con mayor cobertura de dosel y mayor desarrollo de pino siendo el micro-hábitat con la presencia de suelos ácidos los que permiten el desarrollo de especies leñosas.



9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. Conclusiones

Según los resultados obtenidos y expuestos de acuerdo al esquema investigativo y a la hipótesis planteada se concluye lo siguiente:

En los tres sitios de estudio se registró 54 familias, 91 géneros y 80 especies.

La mayor riqueza de las especies leñosas se registró en el piso de menor altitud C1, mientras que para las especies herbáceas se registró su mayor riqueza en el piso de mayor altitud C3. Esto es debido que en el piso de mayor altitud C3 el páramo estaría facilitando con su presencia y dispersión de plantas herbáceas que colonizan los sotobosques en las plantaciones de pino. La mayor riqueza de leñosas en el piso C1 pertenece a las familias botánicas Solanaceae con cinco especies y Asteraceae con cuatro especies. En cambio, la riqueza de especies en el piso C3 está dominada por especies que pertenecen a las familias botánicas Asteraceae, Apiaceae y Geraniaceae con cuatro especies respectivamente.

La abundancia de las especies leñosas registró mayores valores en los pisos de menor altitud (C1 y C2). Mientras que la mayor abundancia para herbáceas se presentó en el piso de mayor altitud (C3). Aquí el número de individuos está asociado positivamente con la altitud, debido a las limitaciones de temperatura en el tercer piso altitudinal C3. Estas condiciones de temperatura no son las favorables para la mayoría de especies leñosas en el piso de mayor altitud (Soldados).

En cuanto a las especies más numerosas en el primer piso altitudinal (C1) fueron: *Miconia* sp., *Rubus robustus* (leñosas) y *Peperomia* sp., *Oxalis elegans* (herbáceas). En el segundo piso altitudinal (C2) las especies más numerosas fueron: *Miconia* sp., *Gynoxys buxifolia* (leñosas) y *Eucrosia* sp., *Peperomia* sp. (herbáceas). Y en el tercer piso altitudinal las especies más numerosas fueron: *Hypericum decandrum*, *Miconia* sp.



(leñosas) y *Lachemilla orbiculata*, *Paspalum bonplandianum* (herbáceas). Aquí, la cercanía de los bosques secundarios está influenciando en la colonización de estas especies herbáceas y leñosas en las plantaciones de pino en los tres pisos altitudinales.

La cobertura arbórea se correlacionó positivamente con la riqueza de leñosas lo cual posiblemente se asocie con la presencia de especies esciófitas que emergen con mayor intensidad a menor disponibilidad de la luz. En cambio, la riqueza de las herbáceas no se relacionó significativamente con la cobertura arbórea. El Calcio, Magnesio y Hierro están asociadas positivamente con la riqueza de leñosas. Así también, las variables físicas como la densidad aparente y el pH se correlacionaron positivamente y explicaron la riqueza de especies leñosas en la regeneración natural.

Los resultados recolectados en esta investigación indican que la regeneración natural en plantaciones de pino sería una estrategia positiva para la restauración florística en los ecosistemas alto andinos. Además, a futuro permitiría la formación de bosques mixtos dentro de las plantaciones abandonadas de *Pinus patula*, lo cual posiblemente mejoraría la existencia de biodiversidad y las características físicas de los diferentes componentes del ecosistema.

9.2. Recomendaciones

Monitorear continuamente parcelas permanentes de muestreo para evaluar periódicamente los parámetros de biodiversidad, abundancia y dominancia de especies vegetales y su dinámica. Con estas prácticas académicas se generaría información específica dentro de las zonas Andinas, en el sur del Ecuador.

Ampliar más investigaciones dirigidas a la riqueza florística en plantaciones forestales haciendo un énfasis en las especies leñosas y gremios ecológicos ya que estas servirán para la formación de los nuevos bosques.



10. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, C; Valdez, J; Ángeles, G; Aguirre, H. 2010. Mapeo del Índice de Área Aoliar y Cobertura Arborea mediante Topografía Hemisférica y datos Spot 5 hgr: regresión y k-nn. *Agrociencia* 45, número 1:105-119.
- Aguirre, N; Van Voss, O; Hofstede, R. 2001. *Sistemas forestales integrales para la Sierra del Ecuador*. Quito-Ecuador, Editorial Abya Yala. p.
- Aguirre, N; Weber, M. 2007. Enriquecimiento de plantaciones forestales como herramienta para la rehabilitación de ambientes degradados en la región sur Ecuatoriana. *Revista Universitaria, Universidad Nacional de Loja*:1-15.
- Albán, M; Argüello, M. 2004. Un análisis de los impactos sociales y económicos de los proyectos de fijación de carbono en el Ecuador. El caso de PROFAFOR-FACE. IIED. p. (7)
- Ansaloni, R; Chacón, G. 2003. Interacción suelo, vegetación y agua: el efecto de las plantaciones de pino en ecosistemas alto andinos del Azuay y Cañar. *Universidad del Azuay*.
- Barlow, J; Gardner, T; Araujo, I; Ávila, T; Bonaldo, A; Costa, J; Esposito, M; Hawes, J; Hernandez, M. 2007. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(47):18555-18560.
- Bauhus, J; Van der Meer, P; Kanninen, M. 2010. *Ecosystem goods and services from plantation forests*. Routledge. p.
- Beer, J; Méndez, V; Faustino, J. 1998. *Plantación de árboles en línea*. Bib. Orton iica/catie. v. 1, p.
- Benavides, R; Escudero, A; García, S; Granda, E; Coll, L; Ferrandis, P; Gouriveau, F; Hódar, J; Rincón, A; Martínez, J. 2013. Demografía y crecimiento primario durante la regeneración de tres especies de pino a lo largo de gradientes climáticos. *Congresos Forestales*.
- Bio-Science. 2016. *Plants Science tools*. Disponible en <https://www.cid-inc.com>
- Bussmann, R. 2005. Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso. *Revista Peruana de Biología* 12:203-216. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332005000200006&nrm=iso
- Buytaert, W; Iniguez, V; De Bievre, B. 2007. The effects of afforestation and cultivation on water yield in the Andean páramo. *Forest ecology and management* 251(1):22-30.
- Calviño, M; Rubido, M; Van Etten, E. 2012. Do eucalypt plantations provide habitat for native forest biodiversity. *Forest Ecology and Management* 270:153-162.
- Caranqui, J; Suarez, D. 2016. Análisis de la regeneración natural después de la explotación de pino en el paramo de Tamboloma (Tungurahua-Ecuador).
- Carle, J; Holmgren, P. 2008. Wood from planted forests: a global outlook 2005-2030. *Forest Products Journal* 58(12):6.
- Cavelier, J; Tobler, A. 1998. The effect of abandoned plantations of *Pinus patula* and *Cupressus lusitanica* on soils and regeneration of a tropical montane rain forest in Colombia. *Biodiversity & Conservation* 7(3):335-347.
- Cavelier, J; Santos, C. 1999. Efectos de plantaciones abandonadas de especies exóticas y nativas sobre la regeneración natural de un bosque montano en Colombia. *International Journal of Tropical Biology and Conservation* 47(4):775-784.
- Crespo, P; Céleri, R; Buytaert, W; Ochoa, B; Cárdenas, I; Iñiguez, V; Borja, P; De Bièvre, B. 2014. Impactos del cambio de uso de la tierra sobre la hidrología de los páramos húmedos andinos. *Avances En Investigación Para La Conservación de Los Páramos Andinos*. CONDESAN:288-304.
- Chazdon, R. 2008. Beyond Deforestation: Restoring Forests and Ecosystem Services on Degraded Lands. *Science* 320(5882):1458-1460.



- De la Torre, L; Navarrete, H; Muriel, P; Macía, M; Balslev, H. 2008. Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador (con extracto de datos). Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador & Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus. p.
- Di Rienzo, J; Casanoves, F; Balzarini, M; Gonzalez, L; Tablada, M; Version, C. 2016. Infostat: Software estadístico. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>
- Diaci, J; Rozenbergar, D; Boncina, A. 2003. Interactions of light and regeneration in Slovenian Dinaric Alps: patterns in virgin and managed forests. Natural Forests in the Temperate Zone of Europe—Values and Utilisation. Commarmot B., Hamor FD (eds.). Conference.
- Dvorak, W. 2000. Conservation and testing of tropical and subtropical forest tree species by the camcore Cooperative. CAMCORE.
- Farley, K. 2008. Plantaciones forestales y producción de servicios ambientales. Páramo 26:3-25.
- Fernandez, J; Sánchez, L; Pineda, M; Díaz, F. 2014. Plantaciones forestales vs. regeneración natural in situ: El caso de los pinos y la rehabilitación en el Parque Nacional Cofre de Perote. Botanical Sciences 92:617-622. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-42982014000400013&nrm=iso
- Feyera, S; Beck, E; Lüttge, U. 2002. Exotic trees as nurse-trees for the regeneration of natural tropical forests. Trees 16(4-5):245-249.
- Gómez, J. 2011. Regeneración natural de nueve especies maderables en un bosque intervenido de la Amazonia Boliviana. Acta Amazonica 41(1):135-142.
- Granda, P. 2005. Sumideros de carbono en los Andes ecuatorianos. Los impactos de las plantaciones forestales del proyecto holandés FACE-PROFAFOR sobre comunidades indígenas y campesinas.
- _____. 2006. Monocultivos de árboles en Ecuador. Acción Ecológica. Quito.
- Guerra, Á; Piñuela, A; Escalante, E; Schwebel, J. 2004. Valores y usos derivados de una plantación forestal multiespecífica en fundación DANAC.
- Guilherme, F. 2000. Efeitos da cobertura de dossel na densidade e estatura de gramíneas e da regeneração natural de plantas lenhosas em mata de galeria, Brasília-DF. CERNE 6(1):60-67.
- Günter, S; Weber, M; Erreis, R; Aguirre, N. 2007. Influence of distance to forest edges on natural regeneration of abandoned pastures: a case study in the tropical mountain rain forest of Southern Ecuador. European Journal of Forest Research 126(1):67-75.
- Hammer, Ø; Harper, D; Ryan, P. 2008. PAST-palaeontological statistics, ver. 1.89. Paleontological Museum, University of Oslo, Noruega. (También disponible en línea: <http://folk.uio.no/ohammer/past/index.html>).
- Hartley, M. 2002. Rationale and methods for conserving biodiversity in plantation forests. Forest Ecology and Management 155(1):81-95.
- Hierro, R. 2003. Regeneración natural: situaciones, concepto, factores y evaluación. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales (15).
- Hodkinson, I. 2005. Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. Biological Reviews 80(3):489-513.
- Hofstede, R. 1998. Impactos ecológicos de plantaciones forestales. II Conferencia Electrónica sobre Usos Sostenibles y Conservación del Ecosistema Páramo en los Andes.
- Hofstede, R; Groenendijk, J; Coppus, R; Fehse, J; Sevink, J. 2002. Impact of pine plantations on soils and vegetation in the Ecuadorian high Andes. Mountain Research and Development 22(2):159-167.
- Holl, K; Aide, T. 2011. When and where to actively restore ecosystems? Forest Ecology and Management 261(10):1558-1563.



- INAMHI. 2014. Anuario Meteorológico. INAMHI. 51-2011:130.
- Izco, J; Pulgar, Í; Aguirre, Z; Santin, F. 2007. Estudio florístico de los páramos de pajonal meridionales de Ecuador. *Revista peruana de biología* 14(2):237-246.
- Jadán, O; Cifuentes, M; Torres, B; Selesi, D; Veintimilla, D; Guenter, S. 2015. Influence of tree cover on diversity, carbon sequestration and productivity of cocoa systems in the Ecuadorian Amazon. *Bois Et Forets Des Tropiques* (325):35-47.
- Jadán, O; Toledo, C; Tepán, B. 2017. Comunidades forestales en bosques secundarios alto-andinos (Azuay, Ecuador). *Bosque (Valdivia)* 38(1):141-154.
- Lee, E; Hau, B; Corlett, R. 2005. Natural regeneration in exotic tree plantations in Hong Kong, China. *Forest Ecology and Management* 212(1):358-366.
- León, A; Ramos, C; García, M. 2010. Efecto de plantaciones de pino en la artropofauna del suelo de un bosque Altoandino. *Revista de Biología Tropical* 58(3):1032-1047.
- León, K. 2014. Evaluación de la influencia de la luz en la regeneración natural de especies leñosas bajo plantaciones de pino (*Pinus patula*) y rodales naturales de aliso (*Alnus acuminata*) en bosques montanos de la Región Sur del Ecuador. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Liu, J; Diamond, J. 2005. China's environment in a globalizing world. *Nature* 435(7046):1179-1186.
- López, P; Barrera, F; Oliva, F; Reyes, P; Rodríguez, A. 2014. Procesos de regeneración natural en bosques de encinos: factores facilitadores y limitantes. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*:18-24.
- Louman, B; Pérez, M; Finegan, B; Delgado, D. 2001. Composición y diversidad de los bosques de la Región Autónoma del Atlántico Norte de Nicaragua: una base para el manejo sostenible.
- Lugo, A. 1992. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. *Ecological monographs* 62(1):1-41.
- Lugo, A; Brown, S. 1993. Management of tropical soils as sinks or sources of atmospheric carbon. *Plant and soil* 149(1):27-41.
- Lugo, A. 1997. The apparent paradox of reestablishing species richness on degraded lands with tree monocultures. *Forest ecology and management* 99(1):9-19.
- MAE-MAGAP. 2012a. Acuerdos ministeriales. MAE_MAGAP. Disponible en <http://www.agricultura.gob.ec/acuerdos-ministeriales/>
- _____. 2012b. Acuerdos ministeriales. MAE_MAGAP. Disponible en <http://www.agricultura.gob.ec/acuerdos-ministeriales/>
- MAE. 2012. Mapa de Vegetación del Ecuador Continental. Disponible en <http://www.ambiente.gob.ec/mapa-de-vegetacion-del-ecuador-continental/>
- Malhi, Y; Roberts, J; Betts, R; Killeen, T; Li, W; Nobre, C. 2008. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. *science* 319(5860):169-172.
- Martínez, G; Peri, P; Fernández, C; Staffieri, G; Rodríguez, D. 1999. Desarrollo de la regeneración a lo largo del ciclo del manejo forestal de un bosque de *Nothofagus pumilio*: 1. Incidencia de la cobertura y el aprovechamiento o cosecha. *Bosque* 20(2):39-46.
- Mckean, S. 1993. Manual de análisis de suelos y tejido vegetal: una guía teórica y práctica de metodologías.
- Muñoz, H; Orozco, G; Coria, V; García, J. 2010. Factores ambientales de *Pinus patula* Schl. et Cham. y su adaptación a las condiciones de la Sierra Purépecha, Michoacán. *Foresta Veracruzana* 12(2):27-33.
- Ohep, N; Herrera, S. 1985. Impacto de las plantaciones de coníferas sobre la vegetación originaria del páramo de Mucubají.
- Ortiz, R; Laborde, J; Guevara, S. 2000. Frugivoría por aves en un paisaje fragmentado: consecuencias en la dispersión de semillas. *Biotropica* 32(3):473-488.



- Oyarzún, C; Huber, A. 1999. Balance hídrico en plantaciones jóvenes de *Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata* en el sur de Chile. *Terra latinoamericana* 17(1):35-43.
- Parrotta, J. 1992. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 41(2):115-133.
- _____. 1995. Influence of overstory composition on understory colonization by native species in plantations on a degraded tropical site. *Journal of vegetation Science* 6(5):627-636.
- Parrotta, J; Turnbull, J; Jones, N. 1997. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management* 99(1):1-7.
- Pérez, M; Blandón, M. 2005. Estado actual de la regeneración natural del bosque seco en el refugio de vida silvestre Chacocente, Carazo. Universidad Nacional Agraria, UNA.
- Peters, C. 1994. Aprovechamiento sostenible de recursos no maderables en bosque húmedo tropical. de, I; York, BEJBdN. Washington D.C, Programa de apoyo a la Biodiversidad. 24, 27, 34, 55 p. p.
- Porté, A; Huard, F; Dreyfus, P. 2004. Microclimate beneath pine plantation, semi-mature pine plantation and mixed broadleaved-pine forest. *Agricultural and Forest Meteorology* 126(1):175-182.
- Rollet, B. 1969. La régénération naturelle en forêt dense humide sempervirente de plaine de la Guyane Vénézuélienne. *Bois et Forêts des tropiques* 14:19-38.
- Sawyer, J. 1993. Plantations in the tropics: environmental concerns. IUCN. p. (11)
- Schlichter, T; Laclau, P. 1998. Steppe-forest ecotone and forestry in Northern Patagonia. Ecotono estepa-bosque y plantaciones forestales en la Patagonia norte. *Ecología Austral*:285-296.
- Senbeta, F; Teketay, D; Näslund, B. 2002. Native woody species regeneration in exotic tree plantations at Munessa-Shashemene Forest, southern Ethiopia. *New Forests* 24(2):131-145.
- Serrada, R. 2008. Influencia de los factores ecologicos en la vegetacion. In Serra, R. ed. *Apuntes de Silvicultura*. Madrid. Madrid, España. 83-132.
- Shvidenko, A; McCallum, I; Nilsson, S. 2005. *Forest and woodlands systems*. Washington: Island Press.
- Sierra, M. 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Proyecto Inefan/Gef-Birf y Ecociencia. p.
- Toro, J; Gessel, S. 1999. Radiata pine plantations in Chile. *Planted Forests: Contributions to the Quest for Sustainable Societies*. Springer. 393-404.
- Valdez, J; González, M; De los Santos, H. 2006. Estimación de cobertura arbórea mediante imágenes satelitales multiespectrales de alta resolución. *Agrociencia* 40(3):383-393.
- Vásquez, C; Rodríguez, G; Enríquez, J; Velasco, V; Campos, G. 2014. Índice de area foliar y factores de perturbacion en una cuenca hidrografica del rio Tehuantepec. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 1:52-59.
- Weinberger, P; Ramírez, C. 2001. Microclima y regeneración natural de raulí, roble y coigüe (*Nothofagus alpina*, *N. obliqua* y *N. dombeyi*). *Bosque* 22(1):11-26.
- Winjum, J; Schroeder, P. 1997. Forest plantations of the world: their extent, ecological attributes, and carbon storage. *Agricultural and Forest Meteorology* 84(1):153-167.
- Wunderle, J. 1997. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management* 99(1):223-235.
- Yirdaw, E. 2001. Diversity of naturally-regenerated native woody species in forest plantations in the Ethiopian highlands. *New forests* 22(3):159-177.



11. ANEXOS

Anexo 1 Materiales utilizados

1.1. Materiales de campo

Físicos

- Anillos Kopecky de 100 cm^3
- Calibrador digital
- Cinta masking
- Cinta métrica
- Cuaderno de apuntes
- Etiquetas
- Esfero
- Flexómetro
- Fundas para muestra alterada
- Hojas de campo
- Lápiz
- Marcadores
- Martillo de goma
- Pala
- Periódico reciclado
- Prensas de madera.
- Toma muestras para anillos Kopecky y artesanales
- Vaselina

1.2. Equipos

- Balanza eléctrica
- Cámara fotográfica
- CI-110/120 Plant Canopy Imager
- Clinómetro
- Densiómetro
- Estufa
- GPS
- Laptop

1.3. Software

- ArcGIS 10. 2 G
- Infostat (Versión 2016)
- Microsoft Excel
- Microsoft Word
- Past (Versión 2016)

**Anexo 2** Especies de herbáceas y leñosas más importantes ecológicamente por su

Índice de valor de importancia (IVI), primer piso altitudinal (P1: 2700 – 3100 m.snm).

Nombre científico	Familia	Hábito	N/ha	NR	FR	IVI
<i>Peperomia</i> sp.	PIPERACEAE	H	3162,2	21,1	4,3	25,4
<i>Oxalis elegans</i>	OXALIDACEAE	H	1748,9	11,7	2,8	14,5
<i>Serjania</i> sp.	SAPINDACEAE	H	833,3	5,6	3,7	9,3
<i>Eucrosia</i> sp.	AMARYLLIDACEAE	H	631,1	4,2	4,8	9,0
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	ARALIACEAE	H	935,6	6,2	1,7	7,9
<i>Hydrocotyle humboldtii</i>	ARALIACEAE	H	760,0	5,1	1,1	6,2
<i>Alternanthera</i> sp.	AMARANTACEAE	H	782,2	5,2	0,3	5,5
<i>Cortaderia nitida</i>	POACEAE	H	251,1	1,7	3,7	5,4
<i>Munozia senecionidis</i>	ASTERACEAE	L	442,2	3,0	2,0	4,9
<i>Miconia</i> sp.	MELASTOMATACEAE	L	391,1	2,6	4,3	6,9
<i>Rhynchospora vulcani</i>	CYPERACEAE	H	244,4	1,6	3,1	4,8
<i>Dioscorea</i> sp.	DIOSCOREACEAE	H	546,7	3,6	0,9	4,5
<i>Niphidium crassifolium</i>	POLYPODIACEAE	H	271,1	1,8	2,6	4,4
<i>Campyloneurum angustifolium</i>	POLYPODIACEAE	H	244,4	1,6	2,3	3,9
<i>Calamagrostis macrophylla</i>	POACEAE	H	226,7	1,5	2,0	3,5
<i>Piper barbatum</i>	PIPERACEAE	L	233,3	1,6	2,6	4,1
<i>Dendropanax</i> sp.	ARALIACEAE	L	231,1	1,5	2,8	4,4
<i>Taraxacum officinale</i>	ASTERACEAE	H	140,0	0,9	2,6	3,5
<i>Oxalis spiralis</i>	OXALIDACEAE	H	328,9	2,2	1,1	3,3
<i>Polypodium</i> sp.	POLYPODIACEAE	H	144,4	1,0	1,7	2,7
<i>Solanum caripense</i>	SOLANACEAE	L	151,1	1,0	2,0	3,0
<i>Passiflora indecora</i>	PASSIFLORACEAE	H	220,0	1,5	1,1	2,6
<i>Pennisetum clandestinum</i>	POACEAE	H	171,1	1,1	1,4	2,6
<i>Commelina diffusa</i>	COMMELINACEAE	H	124,4	0,8	1,1	2,0
<i>Asplenium harpeodes</i>	ASPLENIACEAE	H	108,9	0,7	1,1	1,9
<i>Mikania</i> sp.	ASTERACEAE	H	144,4	1,0	0,6	1,5
<i>Podocarpus sprucei</i>	PODOCARPACEAE	L	115,6	0,8	3,7	4,5
<i>Thelypteris rudis</i>	THELYPTERIDACEAE	H	55,6	0,4	1,1	1,5
<i>Drimys</i> sp.	WINTERACEAE	L	86,7	0,6	3,1	3,7
<i>Rubus robustus</i>	ROSACEAE	L	84,4	0,6	4,5	5,1
<i>Solanum hypacrarthrum</i>	SOLANACEAE	L	80,0	0,5	3,1	3,7
<i>Geissanthus vanderwerffii</i>	MYRSINACEAE	L	77,8	0,5	2,6	3,1
<i>Gynoxys buxifolia</i>	ASTERACEAE	L	71,1	0,5	1,7	2,2
<i>Acacia dealbata</i>	FABACEAE	L	71,1	0,5	1,4	1,9
<i>Bomanea aff. Elegans</i>	ALSTROEMERIACEAE	H	53,3	0,4	1,1	1,5
<i>Asplenium aff. raddianum</i>	ASPLENIACEAE	H	135,6	0,9	0,6	1,5
<i>Calamagrostis</i> sp.	POACEAE	H	37,8	0,3	0,9	1,1
<i>Dryopteris paleacea</i>	DRYOPTERIDACEAE	H	60,0	0,4	0,6	1,0
<i>Jobinia</i> sp.	APOCYNACEAE	H	57,8	0,4	0,6	1,0



UNIVERSIDAD DE CUENCA

<i>Viburnum triphyllum</i>	CAPRIFOLIACEAE	L	53,3	0,4	2,0	2,3
<i>Berberis chillacochensis</i>	BERBERIDACEAE	L	46,7	0,3	1,4	1,7
<i>Xiphidium</i> sp.	HAEMODORACEAE	H	28,9	0,2	0,6	0,8
<i>Galium canescens</i>	RUBIACEAE	H	55,6	0,4	0,3	0,7
<i>Aristeguietia persicifolia</i>	ASTERACEAE	L	35,6	0,2	1,7	1,9
<i>Solanum aureum</i>	SOLANACEAE	L	35,6	0,2	1,7	1,9
<i>Clethra</i> sp.	CLETHRACEAE	L	33,3	0,2	1,4	1,6
<i>Vallea stipularis</i>	ELAEOCARPACEAE	L	28,9	0,2	0,9	1,0
<i>Guzmania</i> sp.	BROMELIACEAE	H	11,1	0,1	0,6	0,6
<i>Solanum</i> sp.	SOLANACEAE	L	22,2	0,1	0,6	0,7
<i>Paspalum bonplandianum</i>	POACEAE	H	37,8	0,3	0,3	0,5
<i>Lycopodium complanatum</i>	LICOPODIACEAE	H	20,0	0,1	0,3	0,4
<i>Pleurothallis</i> sp.	ORCHIDACEAE	H	13,3	0,1	0,3	0,4
<i>Ribes</i> sp.	GROSULARIACEAE	L	11,1	0,1	0,6	0,6
<i>Adiantum raddianum</i>	PTERIDACEAE	H	11,1	0,1	0,3	0,4
<i>Alcine oblanceolata</i>	CARYOPHYLLACEAE	H	11,1	0,1	0,3	0,4
<i>Lomatia hirsuta</i>	PROTEACEAE	L	11,1	0,1	0,3	0,4
<i>Barnadesia</i> sp.	ASTERACEAE	L	6,7	0,0	0,6	0,6
<i>Rhamnus granulosa</i>	RHAMNACEAE	L	6,7	0,0	0,6	0,6
<i>Cavendishia bracteata</i>	ERICACEAE	L	6,7	0,0	0,3	0,3
<i>Puya</i> sp.	BROMELIACEAE	H	6,7	0,0	0,3	0,3
<i>Borreria</i> sp.	RUBIACEAE	H	4,4	0,0	0,3	0,3
<i>Calamagrostis intermedia</i>	POACEAE	H	4,4	0,0	0,3	0,3
<i>Myrcianthes discolor</i>	MYRTACEAE	L	4,4	0,0	0,3	0,3
<i>Orthrosanthus</i> sp.	IRIDACEAE	H	4,4	0,0	0,3	0,3
<i>Phytolacca americana</i>	PHYTOLACCACEAE	L	4,4	0,0	0,3	0,3
<i>Rubus bogotensis</i>	ROSACEAE	L	4,4	0,0	0,3	0,3
<i>Myrsine dependens</i>	MYRSINACEAE	L	2,2	0,0	0,3	0,3
<i>Solanum caripense</i>	SOLANACEAE	L	2,2	0,0	0,3	0,3

FR = Frecuencia Relativa, IVI = Índice de valor de importancia, NR = Dominancia relativa.

Anexo 3 Especies de leñosas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), primer piso altitudinal (P1: 2700 – 3100 m.snm).

Nombre científico	Familia	Hábito	N/ha	NR	FR	IVI
<i>Miconia</i> sp.	MELASTOMATACEAE	L	391,1	2,6	4,3	6,9
<i>Rubus robustus</i>	ROSACEAE	L	84,4	0,6	4,5	5,1
<i>Munnozia senecionidis</i>	ASTERACEAE	L	442,2	3,0	2,0	4,9
<i>Podocarpus sprucei</i>	PODOCARPACEAE	L	115,6	0,8	3,7	4,5
<i>Dendropanax</i> sp.	ARALIACEAE	L	231,1	1,5	2,8	4,4
<i>Piper barbatum</i>	PIPERACEAE	L	233,3	1,6	2,6	4,1
<i>Drimys</i> sp.	WINTERACEAE	L	86,7	0,6	3,1	3,7
<i>Solanum hypacrarthrum</i>	SOLANACEAE	L	80,0	0,5	3,1	3,7



UNIVERSIDAD DE CUENCA

<i>Geissanthus vanderwerffii</i>	MYRSINACEAE	L	77,8	0,5	2,6	3,1
<i>Solanum caripense</i>	SOLANACEAE	L	151,1	1,0	2,0	3,0
<i>Viburnum triphyllum</i>	CAPRIFOLIACEAE	L	53,3	0,4	2,0	2,3
<i>Gynoxys buxifolia</i>	ASTERACEAE	L	71,1	0,5	1,7	2,2
<i>Aristeguietia persicifolia</i>	ASTERACEAE	L	35,6	0,2	1,7	1,9
<i>Solanum aureum</i>	SOLANACEAE	L	35,6	0,2	1,7	1,9
<i>Acacia dealbata</i>	FABACEAE	L	71,1	0,5	1,4	1,9
<i>Berberis chillacochensis</i>	BERBERIDACEAE	L	46,7	0,3	1,4	1,7
<i>Clethra</i> sp.	CLETHRACEAE	L	33,3	0,2	1,4	1,6
<i>Vallea stipularis</i>	ELAEOCARPACEAE	L	28,9	0,2	0,9	1,0
<i>Solanum</i> sp.	SOLANACEAE	L	22,2	0,1	0,6	0,7
<i>Ribes</i> sp.	GROSULARIACEAE	L	11,1	0,1	0,6	0,6
<i>Barnadesia</i> sp.	ASTERACEAE	L	6,7	0,0	0,6	0,6
<i>Rhamnus granulosa</i>	RHAMNACEAE	L	6,7	0,0	0,6	0,6
<i>Lomatia hirsuta</i>	PROTEACEAE	L	11,1	0,1	0,3	0,4
<i>Cavendishia bracteata</i>	ERICACEAE	L	6,7	0,0	0,3	0,3
<i>Myrcianthes discolor</i>	MYRTACEAE	L	4,4	0,0	0,3	0,3
<i>Phytolacca americana</i>	PHYTOLACCACEAE	L	4,4	0,0	0,3	0,3
<i>Rubus bogotensis</i>	ROSACEAE	L	4,4	0,0	0,3	0,3
<i>Myrsine dependens</i>	MYRSINACEAE	L	2,2	0,0	0,3	0,3
<i>Solanum caripense</i>	SOLANACEAE	L	2,2	0,0	0,3	0,3

FR = Frecuencia Relativa, IVI = Índice de valor de importancia, NR = Dominancia relativa.

Anexo 4 Especies de herbáceas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), primer piso altitudinal (P1: 2700 – 3100 m.snm).

Nombre científico	Familia	Hábito	N/ha	NR	FR	IVI
<i>Peperomia</i> sp.	PIPERACEAE	H	3162,2	21,1	4,3	25,4
<i>Oxalis elegans</i>	OXALIDACEAE	H	1748,9	11,7	2,8	14,5
<i>Serjania</i> sp.	SAPINDACEAE	H	833,3	5,6	3,7	9,3
<i>Eucrosia</i> sp.	AMARYLLIDACEAE	H	631,1	4,2	4,8	9,0
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	ARALIACEAE	H	935,6	6,2	1,7	7,9
<i>Hydrocotyle humboldtii</i>	ARALIACEAE	H	760,0	5,1	1,1	6,2
<i>Alternanthera</i> sp.	AMARANTACEAE	H	782,2	5,2	0,3	5,5
<i>Cortaderia nitida</i>	POACEAE	H	251,1	1,7	3,7	5,4
<i>Rhynchospora vulcani</i>	CYPERACEAE	H	244,4	1,6	3,1	4,8
<i>Dioscorea</i> sp.	DIOSCOREACEAE	H	546,7	3,6	0,9	4,5
<i>Nipidium crassifolium</i>	POLYPODIACEAE	H	271,1	1,8	2,6	4,4
<i>Campyloneurum angustifolium</i>	POLYPODIACEAE	H	244,4	1,6	2,3	3,9
<i>Calamagrostis macrophylla</i>	POACEAE	H	226,7	1,5	2,0	3,5
<i>Taraxacum officinale</i>	ASTERACEAE	H	140,0	0,9	2,6	3,5
<i>Oxalis spiralis</i>	OXALIDACEAE	H	328,9	2,2	1,1	3,3
<i>Polypodium</i> sp.	POLYPODIACEAE	H	144,4	1,0	1,7	2,7



UNIVERSIDAD DE CUENCA

<i>Passiflora indecora</i>	PASSIFLORACEAE	H	220,0	1,5	1,1	2,6
<i>Pennisetum clandestinum</i>	POACEAE	H	171,1	1,1	1,4	2,6
<i>Commelina diffusa</i>	COMMELINACEAE	H	124,4	0,8	1,1	2,0
<i>Asplenium harpeodes</i>	ASPLENIACEAE	H	108,9	0,7	1,1	1,9
<i>Mikania sp.</i>	ASTERACEAE	H	144,4	1,0	0,6	1,5
<i>Thelypteris rudis</i>	THELYPTERIDACEAE	H	55,6	0,4	1,1	1,5
<i>Bomanea aff. Elegans</i>	ALSTROEMERACEAE	H	53,3	0,4	1,1	1,5
<i>Asplenium aff. raddianum</i>	ASPLENIACEAE	H	135,6	0,9	0,6	1,5
<i>Calamagrostis sp.</i>	POACEAE	H	37,8	0,3	0,9	1,1
<i>Dryopteris paleacea</i>	DRYOPTERIDACEAE	H	60,0	0,4	0,6	1,0
<i>Jobinia sp.</i>	APOCYNACEAE	H	57,8	0,4	0,6	1,0
<i>Xiphidium sp.</i>	HAEMODORACEAE	H	28,9	0,2	0,6	0,8
<i>Galium canescens</i>	RUBIACEAE	H	55,6	0,4	0,3	0,7
<i>Guzmania sp.</i>	BROMELIACEAE	H	11,1	0,1	0,6	0,6
<i>Paspalum bonplandianum</i>	POACEAE	H	37,8	0,3	0,3	0,5
<i>Lycopodium complanatum</i>	LICOPODIACEAE	H	20,0	0,1	0,3	0,4
<i>Pleurothallis sp.</i>	ORCHIDACEAE	H	13,3	0,1	0,3	0,4
<i>Adiantum raddianum</i>	PTERIDACEAE	H	11,1	0,1	0,3	0,4
<i>Alcine oblanceolata</i>	CARYOPHYLLACEAE	H	11,1	0,1	0,3	0,4
<i>Puya sp.</i>	BROMELIACEAE	H	6,7	0,0	0,3	0,3
<i>Borreria sp.</i>	RUBIACEAE	H	4,4	0,0	0,3	0,3
<i>Calamagrostis intermedia</i>	POACEAE	H	4,4	0,0	0,3	0,3
<i>Orthrosanthus sp.</i>	IRIDACEAE	H	4,4	0,0	0,3	0,3

FR = Frecuencia Relativa, IVI = Índice de valor de importancia, NR = Dominancia relativa.

Anexo 5 Especies de herbáceas y leñosas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), segundo piso altitudinal (P2: 3100 - 3500 m.snm).

Nombre científico	Familia	Hábito	N/ha	NR	FR	IVI
<i>Eucrosia sp.</i>	AMARYLLIDACEAE	H	948,9	12,9	7,3	20,2
<i>Peperomia sp.</i>	PIPERACEAE	H	902,2	12,3	7,3	19,5
<i>Serjania sp.</i>	SAPINDACEAE	H	1095,6	14,9	0,9	15,8
<i>Oxalis elegans</i>	OXALIDACEAE	H	724,4	9,8	5,5	15,3
<i>Oxalis spiralis</i>	OXALIDACEAE	H	648,9	8,8	2,7	11,5
<i>Miconia sp.</i>	MELASTOMATACEAE	L	197,8	2,7	7,3	10,0
<i>Dioscorea sp.</i>	DIOSCOREACEAE	H	517,8	7,0	2,7	9,8
<i>Calamagrostis macrophylla</i>	POACEAE	H	446,7	6,1	3,6	9,7
<i>Taraxacum officinale</i>	ASTERACEAE	H	411,1	5,6	1,8	7,4
<i>Gynoxys buxifolia</i>	ASTERACEAE	L	35,6	0,5	5,5	5,9
<i>Rubus robustus</i>	ROSACEAE	L	51,1	0,7	4,5	5,2
<i>Lomatia hirsuta</i>	PROTEACEAE	L	37,8	0,5	4,5	5,1
<i>Rhynchospora vulcani</i>	CYPERACEAE	H	197,8	2,7	1,8	4,5
<i>Puya sp.</i>	BROMELIACEAE	H	126,7	1,7	1,8	3,5



UNIVERSIDAD DE CUENCA

<i>Polypodium</i> sp.	POLYPODIACEAE	H	51,1	0,7	2,7	3,4
<i>Viburnum triphyllum</i>	CAPRIFOLIACEAE	L	42,2	0,6	2,7	3,3
<i>Lycopodium complanatum</i>	LICOPODIACEAE	H	106,7	1,4	1,8	3,3
<i>Morella interrupta</i>	MYRICACEAE	L	35,6	0,5	2,7	3,2
<i>Vallea stipularis</i>	ELAEOCARPACEAE	L	35,6	0,5	2,7	3,2
<i>Paspalum bonplandianum</i>	POACEAE	H	140,0	1,9	0,9	2,8
<i>Galium canescens</i>	RUBIACEAE	H	102,2	1,4	0,9	2,3
<i>Asplenium harpeodes</i>	ASPLENIACEAE	H	33,3	0,5	1,8	2,3
<i>Orthrosanthus</i> sp.	IRIDACEAE	H	26,7	0,4	1,8	2,2
<i>Maytenus</i> sp.	CELASTRACEAE	L	20,0	0,3	1,8	2,1
<i>Solanum hypacarthrum</i>	SOLANACEAE	L	13,3	0,2	1,8	2,0
<i>Dendropanax</i> sp.	ARALIACEAE	L	11,1	0,2	1,8	2,0
<i>Geissanthus vanderwerffii</i>	MYRSINACEAE	L	11,1	0,2	1,8	2,0
<i>Jamesonia</i> sp.	POLYPODIACEAE	H	77,8	1,1	0,9	2,0
<i>Ribes</i> sp.	GROSULARIACEAE	L	8,9	0,1	1,8	1,9
<i>Calamagrostis intermedia</i>	POACEAE	H	73,3	1,0	0,9	1,9
<i>Alcine oblanceolata</i>	CARYOPHYLLACEAE	H	33,3	0,5	0,9	1,4
<i>Hydrocotyle humboldtii</i>	ARALIACEAE	H	28,9	0,4	0,9	1,3
<i>Xiphidium</i> sp.	HAEMODORACEAE	H	22,2	0,3	0,9	1,2
<i>Munozia senecionidis</i>	ASTERACEAE	L	20,0	0,3	0,9	1,2
<i>Calamagrostis</i> sp.	POACEAE	H	20,0	0,3	0,9	1,2
<i>Niphidium crassifolium</i>	POLYPODIACEAE	H	20,0	0,3	0,9	1,2
<i>Myrsine dependens</i>	MYRSINACEAE	L	15,6	0,2	0,9	1,1
<i>Solanum aureum</i>	SOLANACEAE	L	15,6	0,2	0,9	1,1
<i>Brachyotum campanulare</i>	MELASTOMATACEAE	L	11,1	0,2	0,9	1,1
<i>Oreopanax rosei</i>	ARALIACEAE	L	11,1	0,2	0,9	1,1
<i>Solanum</i> sp.	SOLANACEAE	L	8,9	0,1	0,9	1,0
<i>Campyloneurum angustifolium</i>	POLYPODIACEAE	H	8,9	0,1	0,9	1,0
<i>Galium hypocarpium</i>	RUBIACEAE	H	6,7	0,1	0,9	1,0
<i>Alternanthera</i> sp.	AMARANTACEAE	H	4,4	0,1	0,9	1,0
<i>Bomanea aff. Elegans</i>	ALSTROEMERIACEAE	H	4,4	0,1	0,9	1,0

FR = Frecuencia Relativa, IVI = Índice de valor de importancia, NR = Dominancia relativa

Anexo 6 Especies de leñosas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), segundo piso altitudinal (P2: 3100 - 3500 m.snm).

Nombre científico	Familia	Hábito	N/ha	NR	FR	IVI
<i>Miconia</i> sp.	MELASTOMATACEAE	L	197,8	2,7	7,3	10,0
<i>Gynoxys buxifolia</i>	ASTERACEAE	L	35,6	0,5	5,5	5,9
<i>Rubus robustus</i>	ROSACEAE	L	51,1	0,7	4,5	5,2
<i>Lomatia hirsuta</i>	PROTEACEAE	L	37,8	0,5	4,5	5,1
<i>Viburnum triphyllum</i>	CAPRIFOLIACEAE	L	42,2	0,6	2,7	3,3
<i>Morella interrupta</i>	MYRICACEAE	L	35,6	0,5	2,7	3,2



UNIVERSIDAD DE CUENCA

<i>Vallea stipularis</i>	ELAEocarpaceae	L	35,6	0,5	2,7	3,2
<i>Maytenus</i> sp.	Celastraceae	L	20,0	0,3	1,8	2,1
<i>Solanum hypacarthrum</i>	Solanaceae	L	13,3	0,2	1,8	2,0
<i>Dendropanax</i> sp.	Araliaceae	L	11,1	0,2	1,8	2,0
<i>Geissanthus vanderwerffii</i>	Myrsinaceae	L	11,1	0,2	1,8	2,0
<i>Ribes</i> sp.	Grosulariaceae	L	8,9	0,1	1,8	1,9
<i>Munozia senecionidis</i>	Asteraceae	L	20,0	0,3	0,9	1,2
<i>Myrsine dependens</i>	Myrsinaceae	L	15,6	0,2	0,9	1,1
<i>Solanum aureum</i>	Solanaceae	L	15,6	0,2	0,9	1,1
<i>Brachyotum campanulare</i>	Melastomataceae	L	11,1	0,2	0,9	1,1
<i>Oreopanax rosei</i>	Araliaceae	L	11,1	0,2	0,9	1,1
<i>Solanum</i> sp.	Solanaceae	L	8,9	0,1	0,9	1,0

FR = Frecuencia Relativa, IVI = Índice de valor de importancia, NR = Dominancia relativa.

Anexo 7 Especies de herbáceas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), segundo piso altitudinal (P2: 3100 - 3500 m.snm).

Nombre científico	Familia	Hábito	N/ha	NR	FR	IVI
<i>Eucrosia</i> sp.	Amaryllidaceae	H	948,9	12,9	7,3	20,2
<i>Peperomia</i> sp.	Piperaceae	H	902,2	12,3	7,3	19,5
<i>Serjania</i> sp.	Sapindaceae	H	1095,6	14,9	0,9	15,8
<i>Oxalis elegans</i>	Oxalidaceae	H	724,4	9,8	5,5	15,3
<i>Oxalis spiralis</i>	Oxalidaceae	H	648,9	8,8	2,7	11,5
<i>Dioscorea</i> sp.	Dioscoreaceae	H	517,8	7,0	2,7	9,8
<i>Calamagrostis macrophylla</i>	Poaceae	H	446,7	6,1	3,6	9,7
<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	H	411,1	5,6	1,8	7,4
<i>Rhynchospora vulcani</i>	Cyperaceae	H	197,8	2,7	1,8	4,5
<i>Puya</i> sp.	Bromeliaceae	H	126,7	1,7	1,8	3,5
<i>Polypodium</i> sp.	Polypodiaceae	H	51,1	0,7	2,7	3,4
<i>Lycopodium complanatum</i>	Lycopodiaceae	H	106,7	1,4	1,8	3,3
<i>Paspalum bonplandianum</i>	Poaceae	H	140,0	1,9	0,9	2,8
<i>Galium canescens</i>	Rubiaceae	H	102,2	1,4	0,9	2,3
<i>Asplenium harpeodes</i>	Aspleniaceae	H	33,3	0,5	1,8	2,3
<i>Ortrosanthus</i> sp.	Iridaceae	H	26,7	0,4	1,8	2,2
<i>Jamesonia</i> sp.	Polypodiaceae	H	77,8	1,1	0,9	2,0
<i>Calamagrostis intermedia</i>	Poaceae	H	73,3	1,0	0,9	1,9
<i>Alcine oblanceolata</i>	Caryophyllaceae	H	33,3	0,5	0,9	1,4
<i>Hydrocotyle humboldtii</i>	Araliaceae	H	28,9	0,4	0,9	1,3
<i>Xiphidium</i> sp.	Haemodoridae	H	22,2	0,3	0,9	1,2
<i>Calamagrostis</i> sp.	Poaceae	H	20,0	0,3	0,9	1,2
<i>Niphidium crassifolium</i>	Polypodiaceae	H	20,0	0,3	0,9	1,2
<i>Campyloneurum angustifolium</i>	Polypodiaceae	H	8,9	0,1	0,9	1,0
<i>Galium hypocarpium</i>	Rubiaceae	H	6,7	0,1	0,9	1,0



<i>Alternanthera</i> sp.	AMARANTACEAE	H	4,4	0,1	0,9	1,0
<i>Bomanea aff. Elegans</i>	ALSTROEMERIACEAE	H	4,4	0,1	0,9	1,0

FR = Frecuencia Relativa, IVI = Índice de valor de importancia, NR = Dominancia relativa.

Anexo 8 Especies de herbáceas y leñosas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), tercer piso altitudinal (P3 :> 3500 m.snm).

Nombre científico	Familia	Hábito	N/ha	NR	FR	IVI
<i>Lachemilla orbiculata</i>	ROSACEAE	H	4335,6	31,2	5,4	36,6
<i>Paspalum bonplandianum</i>	POACEAE	H	2253,3	16,2	9,0	25,2
<i>Geranium diffusum</i>	GERANIACEAE	H	1188,9	8,6	7,2	15,8
<i>Calamagrostis intermedia</i>	POACEAE	H	893,3	6,4	9,0	15,4
<i>Hydrocotyle</i> sp.	ARALIACEAE	H	1506,7	10,8	4,5	15,3
<i>Rumex acetosella</i>	POLYGONACEAE	H	495,6	3,6	3,6	7,2
<i>Galium corymbosum</i>	RUBIACEAE	H	193,3	1,4	3,6	5,0
<i>Taraxacum officinale</i>	ASTERACEAE	H	180,0	1,3	3,6	4,9
<i>Oritrophium repens</i>	ASTERACEAE	H	242,2	1,7	2,7	4,4
<i>Jamesonia goudotii</i>	PTERIDACEAE	H	480,0	3,5	0,9	4,4
<i>Valeriana bracteata</i>	VALERIANACEAE	H	180,0	1,3	2,7	4,0
<i>Oreomyrrhis andicola</i>	APIACEAE	H	204,4	1,5	1,8	3,3
<i>Eryngium humile</i>	APIACEAE	H	66,7	0,5	2,7	3,2
<i>Satureja nubigena</i>	LAMIACEAE	H	171,1	1,2	1,8	3,0
<i>Huperzia crassa</i>	LYCOPODIACEAE	H	44,4	0,3	2,7	3,0
<i>Azorella biloba</i>	APIACEAE	H	37,8	0,3	2,7	3,0
<i>Hypericum decandrum</i>	HYPERICACEAE	L	28,9	0,2	2,7	2,9
<i>Werneria nubigena</i>	ASTERACEAE	H	15,6	0,1	2,7	2,8
<i>Gentianella oellgaardii</i>	GENICIANACEAE	H	108,9	0,8	1,8	2,6
<i>Arcytophyllum filiforme</i>	RUBIACEAE	H	106,7	0,8	1,8	2,6
<i>Oreobolus obtusangulus</i>	CYPERACEAE	H	97,8	0,7	1,8	2,5
<i>Trifolium repens</i>	FABACEAE	H	91,1	0,7	1,8	2,5
<i>Blechnum loxense</i>	HYPERACEAE	H	211,1	1,5	0,9	2,4
<i>Helenia weddelliana</i>	GENICIANACEAE	H	68,9	0,5	1,8	2,3
<i>Gentianella androsacea</i>	GENICIANACEAE	H	35,6	0,3	1,8	2,1
<i>Miconia</i> sp.	MELASTOMATACEAE	L	140,0	1,0	0,9	1,9
<i>Gynoxys buxifolia</i>	ASTERACEAE	L	13,3	0,1	1,8	1,9
<i>Pernettya prostrata</i>	ERICACEAE	L	11,1	0,1	1,8	1,9
<i>Chuquiraga jussieui</i>	ASTERACEAE	L	4,4	0,0	1,8	1,8
<i>Calamagrostis effusa</i>	POACEAE	H	124,4	0,9	0,9	1,8
<i>Loricaria colombiana</i>	ASTERACEAE	H	106,7	0,8	0,9	1,7
<i>Oxalis lotoides</i>	OXALIDACEAE	H	84,4	0,6	0,9	1,5
<i>Rubus bogotensis</i>	ROSACEAE	L	40,0	0,3	0,9	1,2
<i>Gentiana sedifolia</i>	GENICIANACEAE	H	31,1	0,2	0,9	1,1
<i>Lycopodium clavatum</i>	LYCOPODIACEAE	H	26,7	0,2	0,9	1,1



UNIVERSIDAD DE CUENCA

<i>Palaestra sp.</i>	ORCHIDACEAE	H	24,4	0,2	0,9	1,1
<i>Berberis grandiflora</i>	BERBERIDACEAE	L	13,3	0,1	0,9	1,0
<i>Carex lehmanniana</i>	CYPERACEAE	H	11,1	0,1	0,9	1,0
<i>Castilleja fissifolia</i>	OROBANCHACEAE	H	8,9	0,1	0,9	1,0
<i>Puya sp.</i>	BROMELIACEAE	H	8,9	0,1	0,9	1,0

FR = Frecuencia Relativa, IVI = Índice de valor de importancia, NR = Dominancia relativa.

Anexo 9 Especies de leñosas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), tercer piso altitudinal (P3 :> 3500 m.snm).

Nombre científico	Familia	Hábito	N/ha	NR	FR	IVI
<i>Hypericum decandrum</i>	HYPERICACEAE	L	28,9	0,2	2,7	2,9
<i>Miconia sp.</i>	MELASTOMATACEAE	L	140,0	1,0	0,9	1,9
<i>Gynoxys buxifolia</i>	ASTERACEAE	L	13,3	0,1	1,8	1,9
<i>Pernettya prostrata</i>	ERICACEAE	L	11,1	0,1	1,8	1,9
<i>Chusquea jussieu</i>	ASTERACEAE	L	4,4	0,0	1,8	1,8
<i>Rubus bogotensis</i>	ROSACEAE	L	40,0	0,3	0,9	1,2
<i>Berberis grandiflora</i>	BERBERIDACEAE	L	13,3	0,1	0,9	1,0
<i>Diplostegium ericoides</i>	ASTERACEAE	L	2,2	0,0	0,9	0,9
<i>Hypericum laricifolium</i>	HYPERICACEAE	L	2,2	0,0	0,9	0,9

FR = Frecuencia Relativa, IVI = Índice de valor de importancia, NR = Dominancia relativa.

Anexo 10 Especies de herbáceas más importantes ecológicamente por su Índice de valor de importancia (IVI), tercer piso altitudinal (P3 :> 3500 m.snm).

Nombre científico	Familia	Habito	N/ha	NR	FR	IVI
<i>Lachemilla orbiculata</i>	ROSACEAE	H	4335,6	31,2	5,4	36,6
<i>Paspalum bonplandianum</i>	POACEAE	H	2253,3	16,2	9,0	25,2
<i>Geranium diffusum</i>	GERANIACEAE	H	1188,9	8,6	7,2	15,8
<i>Calamagrostis intermedia</i>	POACEAE	H	893,3	6,4	9,0	15,4
<i>Hydrocotyle sp.</i>	ARALIACEAE	H	1506,7	10,8	4,5	15,3
<i>Rumex acetosella</i>	POLYGONACEAE	H	495,6	3,6	3,6	7,2
<i>Galium corymbosum</i>	RUBIACEAE	H	193,3	1,4	3,6	5,0
<i>Taraxacum officinale</i>	ASTERACEAE	H	180,0	1,3	3,6	4,9
<i>Oritrophium repens</i>	ASTERACEAE	H	242,2	1,7	2,7	4,4
<i>Jamesonia goudotii</i>	PTERIDACEAE	H	480,0	3,5	0,9	4,4
<i>Valeriana bracteata</i>	VALERIANACEAE	H	180,0	1,3	2,7	4,0
<i>Oreomyrrhis andicola</i>	APIACEAE	H	204,4	1,5	1,8	3,3
<i>Eryngium humile</i>	APIACEAE	H	66,7	0,5	2,7	3,2
<i>Satureja nubigena</i>	LAMIACEAE	H	171,1	1,2	1,8	3,0
<i>Huperzia crassa</i>	LYCOPODIACEAE	H	44,4	0,3	2,7	3,0

<i>Azorella biloba</i>	APIACEAE	H	37,8	0,3	2,7	3,0
<i>Werneria nubigena</i>	ASTERACEAE	H	15,6	0,1	2,7	2,8
<i>Gentianella oellgaardii</i>	GENICIANACEAE	H	108,9	0,8	1,8	2,6
<i>Arcytophyllum filiforme</i>	RUBIACEAE	H	106,7	0,8	1,8	2,6
<i>Oreobolus obtusangulus</i>	CYPERACEAE	H	97,8	0,7	1,8	2,5
<i>Trifolium repens</i>	FABACEAE	H	91,1	0,7	1,8	2,5
<i>Blechnum loxense</i>	HYPERACEAE	H	211,1	1,5	0,9	2,4
<i>Helenia weddelliana</i>	GENICIANACEAE	H	68,9	0,5	1,8	2,3
<i>Gentianella androsacea</i>	GENICIANACEAE	H	35,6	0,3	1,8	2,1
<i>Calamagrostis effusa</i>	POACEAE	H	124,4	0,9	0,9	1,8
<i>Loricaria colombiana</i>	ASTERACEAE	H	106,7	0,8	0,9	1,7
<i>Oxalis lotoides</i>	OXALIDACEAE	H	84,4	0,6	0,9	1,5
<i>Gentiana sedifolia</i>	GENICIANACEAE	H	31,1	0,2	0,9	1,1
<i>Lycopodium clavatum</i>	LYCOPODIACEAE	H	26,7	0,2	0,9	1,1
<i>Palaestra sp.</i>	ORCHIDACEAE	H	24,4	0,2	0,9	1,1
<i>Carex lehmanniana</i>	CYPERACEAE	H	11,1	0,1	0,9	1,0
<i>Castilleja fissifolia</i>	OROBANCHACEAE	H	8,9	0,1	0,9	1,0
<i>Puya sp.</i>	BROMELIACEAE	H	8,9	0,1	0,9	1,0
<i>Niphogeton dissecta</i>	APIACEAE	H	6,7	0,0	0,9	0,9

FR = Frecuencia Relativa, IVI = Índice de valor de importancia, NR = Dominancia relativa.

Anexo 11 Sitios de estudio en plantaciones de pino abandonadas.



Regeneración natural bajo plantaciones de pino (Irquis)



Regeneración natural bajo plantaciones de pino (Nero)



Regeneración natural bajo plantaciones de pino (Soldados)



Delimitación de la Sub-parcela

Anexo 12 Toma de lecturas con el “Layer” y muestreo de suelos (Físicas y químicas)



Toma de lecturas con el “Layer” CI-110/120 Plant Canopy Imager



Toma de muestras de suelo (Físicas y químicas)

Anexo 13 Etiquetado de especies.



Etiquetado en especies leñosas.



Etiqueta de identificación a una especie leñosa.

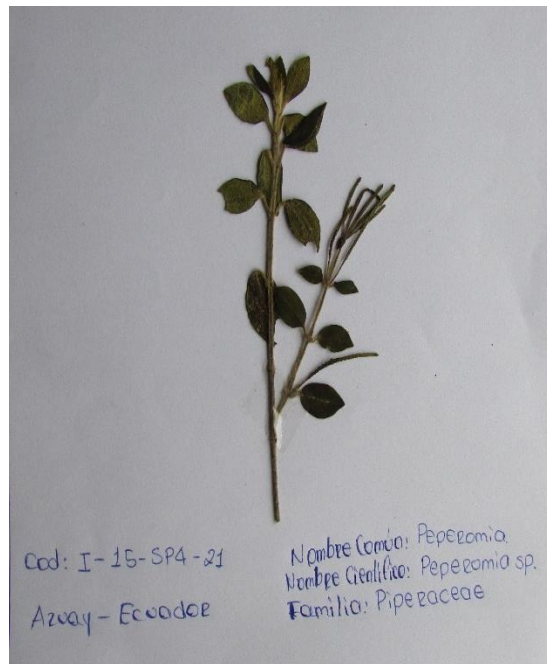


Recolección y etiquetado de una especie herbácea.



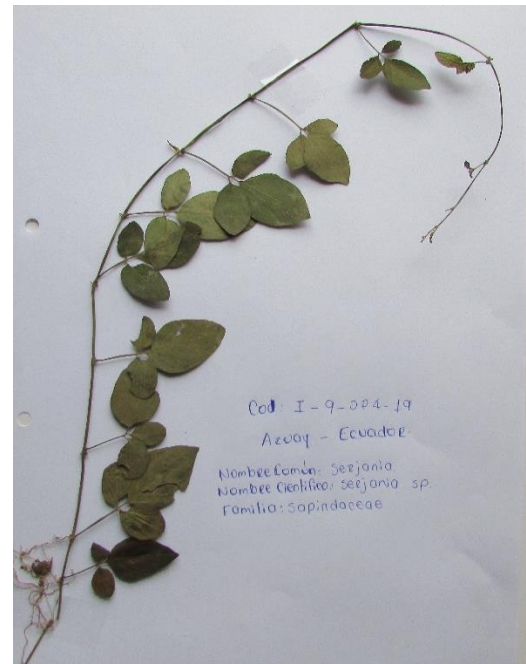
Recolección, etiquetado y prensado de una especie leñosa.

Anexo 14 Muestras de especies más importantes.



Peperomia sp.

Sitio: Irquis – Nero



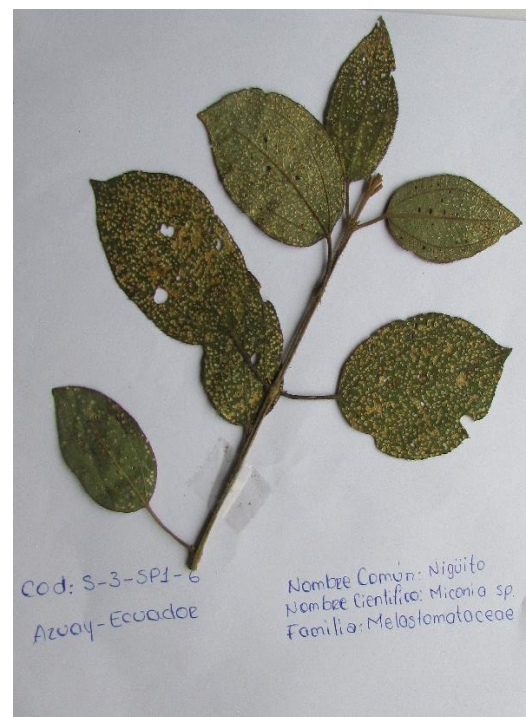
Serjania sp.

Sitio: Irquis – Nero



Eucrosia sp.

Sitio: Irquis – Nero



Miconia sp.

Sitio: Irquis – Nero – Soldados



Rubus robustus

Sitio: Irquis – Nero



Oxalis elegans

Sitio: Irquis – Nero



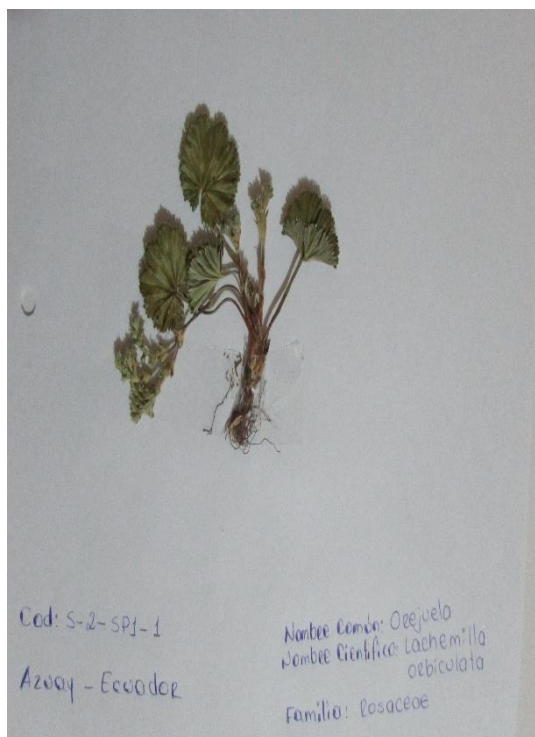
Gynoxys buxifolia

Sitio: Irquis – Nero – Soldados



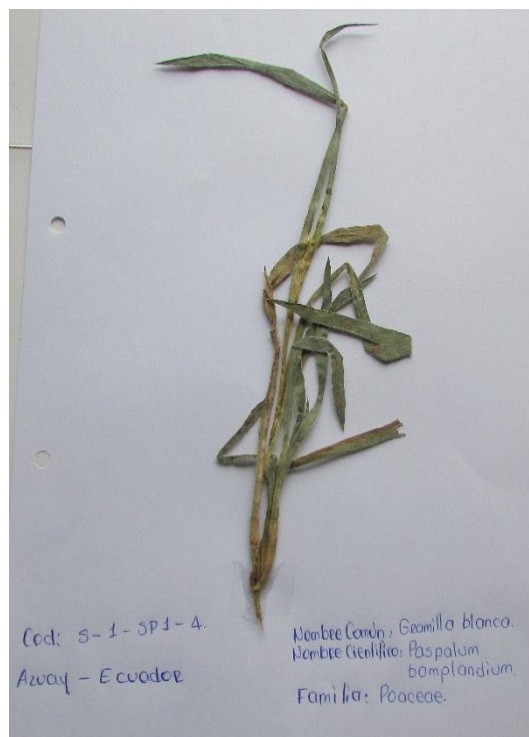
Hypericum decandrum

Sitio: Soldados



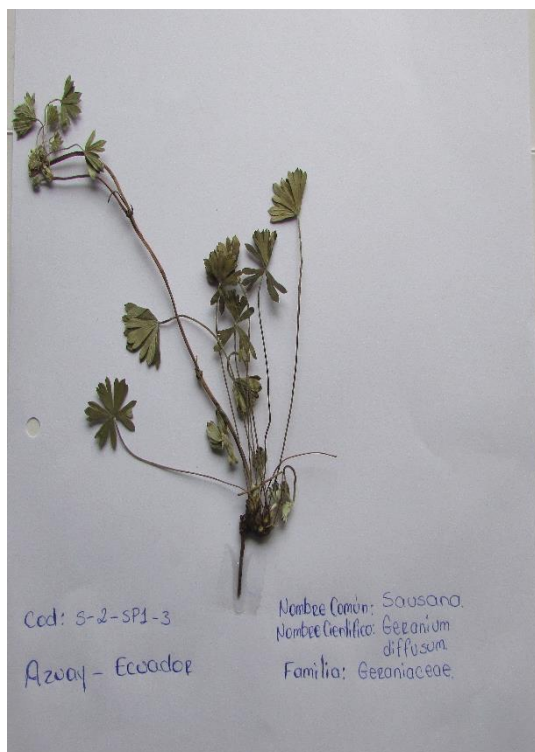
Lachemilla orbiculata

Sitio: Soldados



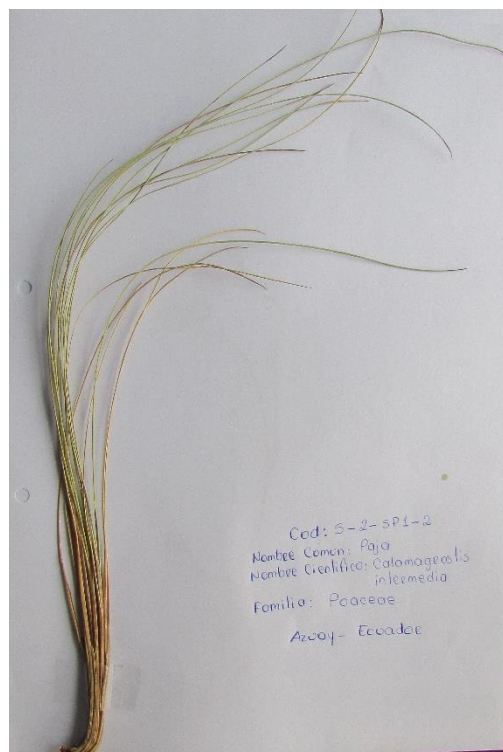
Paspalum bonplandianum

Sitio: Nero – Soldados



Geranium diffusum

Sitio: Soldados



Calamagrostis intermedia

Sitio: Soldados



Anexo 15 Cuadro de datos del % Cobertura Arbórea (CA), Índice de Área Foliar (IAF)

Sitio	# de Parcela	n	Rangos de CA%	CA%	IAF
Irquis	1	1	C3	86,58	3,13
Irquis	2	2	C3	90,17	3,33
Irquis	3	3	C3	86,23	3,11
Irquis	4	4	C3	87,26	3,06
Irquis	5	5	C3	82	2,54
Irquis	6	6	C3	64,94	3,23
Irquis	7	7	C2	54,99	2,41
Irquis	8	8	C3	87,56	2,89
Irquis	9	9	C3	88,66	2,55
Irquis	10	10	C3	88,87	2,73
Irquis	11	11	C3	63,44	3,51
Irquis	12	12	C2	56,86	3,16
Irquis	13	13	C2	51,29	3,63
Irquis	14	14	C3	84,75	2,55
Irquis	15	15	C3	88,3	3,44
Irquis	16	16	C3	92,04	3,34
Irquis	17	17	C3	87,42	2,12
Irquis	18	18	C3	86,84	3,16
Irquis	19	19	C3	82,25	2,93
Irquis	20	20	C3	81,25	2,94
Irquis	21	21	C3	82,56	5,48
Irquis	22	22	C3	73,68	4,11
Irquis	23	23	C3	77,43	2,17
Irquis	24	24	C3	86,89	3,70
Irquis	25	25	C3	86,89	2,64
Nero	1	26	C3	77,27	2,72
Nero	2	27	C3	76,34	4,13
Nero	3	28	C3	73,32	3,01
Nero	4	29	C3	69,26	2,86
Nero	5	30	C3	65,73	3,05
Nero	6	31	C3	74,57	4,28
Nero	7	32	C3	81,95	2,68
Nero	8	33	C3	72,59	3,35
Nero	9	34	C3	87,41	3,38
Nero	10	35	C3	87,68	4,19
Soldados Jackson F.	1	36	C3	66,25	2,22
Soldados Jackson F.	2	37	C1	17,47	1,13
Soldados Jackson F.	3	38	C2	37,08	1,08



Soldados Jackson F.	4	39	C3	64,95	0,55
Soldados Jackson F.	5	40	C3	74,67	1,24
Soldados Javier Molina	1	41	C2	56,21	1,27
Soldados Javier Molina	2	42	C2	54,29	0,46
Soldados Javier Molina	3	43	C1	5,46	0,23
Soldados Javier Molina	4	44	C2	51,43	0,66
Soldados Javier Molina	5	45	C1	17,21	0,37

Anexo 16 Tabla de variables edáficas.

SITIO	Piso Altitudinal	PARCELA	Densidad Aparente (g/cm ³) a 10 cm	PH	Materia Orgánica %	Nitrógeno (N) %	Fosforo (P) ppm	Potasio (K) mol/kg	Calcio (Ca) cmol/kg	Magnesio (Carle y Holmaren)	Hierro (Fe) ppm	Manganeso (Mn) ppm	Cobre (Benavides et al.) ppm	Zinc (Z) ppm
Irquis	C1	1	0,83	4,73	10,18	0,51	3,5	0,04	8,87	1,68	1315	8,19	11,25	1,60
Irquis	C1	2	1,13	5,36	6,36	0,32	3,5	0,76	19,47	2,13	275,8	50,93	2,1	1,60
Irquis	C1	3	1,12	5,21	6,47	0,32	3,5	0,76	16,4	4,27	604,9	12,69	2,07	1,60
Irquis	C1	4	0,98	4,76	6,16	0,31	3,5	0,02	8,61	2,26	1389	6,18	11,42	1,60
Irquis	C1	5	0,96	4,48	6,73	0,34	3,5	0,07	7,65	4,07	1284	51,83	4,19	1,60
Irquis	C1	6	1,18	5,53	4,76	0,24	3,5	0,93	18,91	4,61	356,6	35,96	1,36	1,60
Irquis	C1	7	0,98	5,36	6,28	0,31	3,5	2,18	20,75	2,63	373,6	23,8	2,25	1,60
Irquis	C1	8	0,92	5,08	1,48	0,07	3,5	0,63	13,26	2,62	1038	24,12	6,89	1,60
Irquis	C1	9	1,00	5,39	5,17	0,26	3,5	2,26	22,72	4,55	194,2	17,26	2,27	1,60
Irquis	C1	10	0,93	4,28	6,88	0,34	3,5	0,01	2,63	1,41	1502	4,17	11,18	1,60
Irquis	C1	11	1,15	5,17	4,93	0,25	3,5	1,26	15,27	3,33	738	16,2	2,08	1,60
Irquis	C1	12	1,14	5,21	5,84	0,30	3,5	0,96	13,525	3,27	792,3	22,355	2,9	1,60
Irquis	C1	13	1,13	5,25	6,75	0,34	3,5	0,66	11,78	3,21	846,6	28,51	3,72	1,60
Irquis	C1	14	1,00	4,45	6,32	0,32	3,5	0,24	6,75	2,95	881,9	19,19	3,6	3,38
Irquis	C1	15	1,02	5,31	6,52	0,33	3,5	1,42	16,27	2,92	610,10	26,16	2,99	1,60
Irquis	C1	16	1,14	5,21	5,84	0,30	3,5	0,96	13,53	3,27	792,30	22,36	2,90	1,60
Irquis	C1	17	0,99	4,51	6,26	0,31	3,5	0,18	4,97	1,98	1761	4,14	8,44	1,60
Irquis	C1	18	1,16	5,42	5,64	0,28	3,5	1,18	17,59	3,77	483,35	31,06	2,17	1,60
Irquis	C1	19	1,04	5,31	6,52	0,33	3,5	1,42	16,27	2,92	610,10	26,16	2,99	1,60
Irquis	C1	20	1,16	5,42	5,64	0,28	3,5	1,18	17,59	3,77	483,35	31,06	2,17	1,60
Irquis	C1	21	1,13	4,75	6,52	0,33	3,5	0,58	10,22	3,31	925,33	32,39	3,59	1,60
Irquis	C1	22	1,13	5,06	4,75	0,24	3,5	0,9	16,9	2,78	469,2	21,77	1,62	1,60
Irquis	C1	23	1,15	4,91	6,39	0,32	3,5	0,80	10,62	2,45	1185,55	15,15	5,71	1,60
Irquis	C1	24	1,14	5,26	6,18	0,31	3,5	1,19	14,90	3,10	701,20	24,26	2,94	1,60
Irquis	C1	25	1,10	4,52	4,8	0,24	3,5	0,48	7,13	2,3	931,8	5,78	2,96	1,60
Nero	C2	1	0,48	4,67	23,13	1,16	3,5	0,06	0,22	0,1	518,5	18,25	9,13	2,53



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Nero	C2	2	0,48	4,72	30,66	1,53	3,5	0,11	0,22	0,14	423,9	16,37	13,17	2,67
Nero	C2	3	0,47	4,52	28,7	1,44	3,5	0,14	0,22	0,18	457,6	20,95	13,36	3,37
Nero	C2	4	0,48	4,67	27,78	1,39	3,5	0,22	1,02	0,29	507,8	30,47	13,76	3,45
Nero	C2	5	0,39	4,84	28,78	1,44	3,5	0,11	0,74	0,26	435,6	19,87	12,79	3,08
Nero	C2	6	0,51	4,91	27,74	1,39	3,5	0,64	0,28	0,22	373	14,83	13,74	3,21
Nero	C2	7	0,39	4,83	18,11	0,91	3,5	0,01	0,22	0,09	795,3	9,21	10,3	2,13
Nero	C2	8	0,40	4,14	20,33	1,02	3,5	0,08	0,22	0,24	1322	3,88	14,38	1,6
Nero	C2	9	0,39	4,41	16,09	0,8	3,5	0,07	2,01	0,34	1291	4,22	13,86	1,6
Nero	C2	10	0,47	4,21	18,45	0,92	3,5	0,07	0,39	0,23	1191	4,28	14,67	1,75
Soldados Jackson F	C3	1	0,73	4,285	13,77	0,69	3,5	0,36	6,9	1,19	505,88	36,20	4,18	5,84
Soldados Jackson F	C3	2	0,67	4,22	10,51	0,53	3,5	0,24	5,61	1,17	455,3	30,93	4,71	4,69
Soldados Jackson F	C3	3	0,57	4,22	17,2	0,86	3,5	0,54	5,96	1,12	556,6	35,41	4,04	5,32
Soldados Jackson F	C3	4	0,82	4,43	10,55	0,53	3,5	0,38	12,1	1,66	607,5	55,84	3,4	8,95
Soldados Jackson F	C3	5	0,78	4,27	16,82	0,84	3,5	0,29	3,93	0,80	404,1	22,61	4,56	4,38
Soldados X. Molina	C3	1	0,77	4,5	9,46	0,47	3,5	0,32	4,09	0,87	794,9	25,75	9,05	2,31
Soldados X. Molina	C3	2	0,56	4,55	10,13	0,51	3,5	0,44	5,39	1,1	679,7	18,52	6,79	2,6
Soldados X. Molina	C3	3	0,69	4,55	10,13	0,51	3,5	0,44	5,39	1,1	679,7	18,52	6,79	2,6
Soldados X. Molina	C3	4	0,63	4,33	9,76	0,49	3,5	0,44	6,51	1,18	739	19,59	5,49	2,43
Soldados X. Molina	C3	5	0,6	4,81	11,18	0,56	3,5	0,57	5,56	1,26	505,2	10,22	5,83	3,07

Anexo 17 Parcelas identificadas con sus respectivas coordenadas en los diferentes sitios de investigación.

n	Nro. parcela	Altitud	Edad - plantación	Manejo	Sitio	Propietario	X	Y
1	1	2931	20	No	Irquis	U. Cuenca	714853	9656964
2	2	2879	20	No	Irquis	U. Cuenca	714943	9657559
3	3	2839	20	No	Irquis	U. Cuenca	714541	9658141
4	4	2782	20	No	Irquis	U. Cuenca	714350	9659030
5	5	2828	20	No	Irquis	U. Cuenca	722297	9665940
6	6	2748	20	No	Irquis	U. Cuenca	714318	9659182
7	7	2779	20	No	Irquis	U. Cuenca	714350	9659030
8	8	2876	20	No	Irquis	U. Cuenca	714714	9658059
9	9	2962	20	No	Irquis	U. Cuenca	714852	9658137
10	10	2818	20	No	Irquis	U. Cuenca	717264	9686876
11	11	2864	20	No	Irquis	U. Cuenca	714885	9658647
12	12	2829	20	No	Irquis	U. Cuenca	714822	9658678
13	13	2794	20	No	Irquis	U. Cuenca	714706	9658864
14	14	2923	20	No	Irquis	U. Cuenca	714958	965082
15	15	2698	20	No	Irquis	U. Cuenca	714648	9656762
16	16	2790	20	No	Irquis	U. Cuenca	714738	9658760



UNIVERSIDAD DE CUENCA

17	17	2755	20	No	Irquis	U. Cuenca	714324	9658819
18	18	2848	20	No	Irquis	U. Cuenca	716891	9659526
19	19	2750	20	No	Irquis	U. Cuenca	714551	9658967
20	20	2741	20	No	Irquis	U. Cuenca	714565	9659258
21	21	2754	20	No	Irquis	U. Cuenca	714752	9659209
22	22	2787	20	No	Irquis	U. Cuenca	714726	9658947
23	23	2721	20	No	Irquis	U. Cuenca	714597	9659386
24	24	2829	20	No	Irquis	U. Cuenca	714884	9658810
25	25	2886	20	No	Irquis	U. Cuenca	714885	9658262
26	1	3274	18	No	Nero	U. Cuenca	709270	9672021
27	2	3300	18	No	Nero	U. Cuenca	709368	9672183
28	3	3228	18	No	Nero	U. Cuenca	710107	9673067
29	4	3270	18	No	Nero	U. Cuenca	709887	9673000
30	5	3286	18	No	Nero	U. Cuenca	709971	9673216
31	6	3241	18	No	Nero	U. Cuenca	710210	9673181
32	7	3270	18	No	Nero	U. Cuenca	709959	9673085
33	8	3258	18	No	Nero	U. Cuenca	710027	9673069
34	9	3255	18	No	Nero	U. Cuenca	710080	9673232
35	10	3206	18	No	Nero	U. Cuenca	710703	9672914
36	1	3761	16	No	Soldados	Sr. Jackson Fernández	689866	9672839
37	2	3760	16	No	Soldados	Sr. Jackson Fernández	689473	9672829
38	3	3765	16	No	Soldados	Sr. Jackson Fernández	689266	9672864
39	4	3766	16	No	Soldados	Sr. Jackson Fernández	689423	9672865
40	5	3723	16	No	Soldados	Sr. Jackson Fernández	689386	9672554
41	1	3725	19	No	Soldados	Sr. Javier Molina	687803	9670010
42	2	3619	19	No	Soldados	Sr. Javier Molina	687836	9670007
43	3	3715	19	No	Soldados	Sr. Javier Molina	687907	9669953
44	4	3717	19	No	Soldados	Sr. Javier Molina	687832	9669878
45	5	3712	19	No	Soldados	Sr. Javier Molina	687906	9669954