UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

"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"

Autora:

Karina Maricela León Zumba

Tesis de grado previa a la obtención del título Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente.

Director:

Ing. Nikolay Aguirre Mendoza, Ph. D.

LOJA – ECUADOR

2014

CERTIFICACIÓN

En calidad de tribunal Calificador de la Tesis titulada **"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"**, de autoría de la señorita egresada de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente **Karina Maricela León Zumba** , certifica que ha incorporado todas las sugerencias efectuadas por sus miembros.

Por lo tanto autorizamos a la señorita egresada, su publicación y difusión.

Loja, 3 de julio de 2014.

Atentamente,

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Johana Muñoz Chamba Mg. Sc.

VOCAL DEL TRIBUNAL

Ing. Diana Ochoa Gordillo Mg. Sc.

VOCAL DEL TRIBUNAL

Ing. Katerine Ponce Ochoa Mg. Sc.

CERTIFICACIÓN

En calidad de Director de la tesis titulada **"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"**, de autoría de la señorita egresada de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente **Karina Maricela León Zumba**, certifico que se ha realizado dentro del cronograma aprobado, por lo que autorizo su presentación y publicación.

Loja, 17 de junio de 2014.

Atentamente,

Ing. Nikolay Aguirre Mendoza Ph.D

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo Karina Maricela León Zumba declaro ser autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y sus a representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el repositorio institucional-biblioteca virtual.

Karina Maricela León Zumba
1104950090

Loja 4 de Julio de 2014

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo Karina Maricela León Zumba, declaro ser autora, de la tesis titulada **"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"**, como requisito para optar al grado de: Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Digital Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los cuatro días del mes de julio del dos mil catorce, firma la autora.

Karina Maricela León Zumba

CI: 1104950090
Dirección: Cdla. La Tebaida (Baja), Loja, Ecuador.
Correo electrónico: leonkarina816@yahoo.com; o, karito816@gmail.com
Teléfono: 0982549162

Director de Tesis: Ing. Nikolay Aguirre Mendoza Ph.D.
Tribunal de Grado: Ing. Johana Muñoz Chamba Mg. Sc.
Ing. Diana Ochoa Gordillo Mg. S
Ing. Katerine Ponce Ochoa Mg. Sc.

AGRADECIMIENTO

"No olvidarse jamás el beneficio recibido; olvida en el acto lo que has hecho."

Publio Siro

Considero oportuno expresar mi especial agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, especialmente a la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente por su responsabilidad y alto nivel académico, a los distinguidos docentes quienes con su profesionalismo y ética nos han brindado sus sabios conocimientos que nos servirán para ser útiles a la sociedad.

Al Ing. Nikolay Aguirre por su paciencia, consejos, motivación y valiosa asesoría para la realización de este trabajo.

Al proyecto TRANSFER por el apoyo financiero y logístico para llevar a cabo esta investigación, a los ingenieros Baltazar Calvas y Darío Veintimilla por su constante y paciente seguimiento y asistencia compartiendo su tiempo de manera generosa durante el desarrollo del presente trabajo.

Igualmente agradecer a los miembros del Tribunal Calificador de la Tesis: Ing. Johana Muñoz Mg. Sc., Ing. Diana Ochoa Mg. Sc., e Ing. Katerine Ponce Mg. Sc., por sus comentarios y sugerencias que coadyuvaron al desarrollo del presente trabajo de investigación.

De igual manera a todos mis compañeros y amigos que de alguna forma se involucraron en la realización de este trabajo.

Karina Maricela

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada en primer lugar a DIOS por darme la vida y permitirme llegar a ver este momento.

Dedico este trabajo a las personas más especiales en el transcurso de mis estudios:

A mis padres Alessandri León y Edid Zumba que con su cariño y amor hicieron todo en la vida para poder lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

A mis hermanas Alicia y Zulema que de manera incondicional coadyuvaron al desarrollo de esta investigación, a mi querida sobrina Naomi y a mi cuñado Fernando gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida. Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

A todos ustedes Muchas Gracias…

Karina Maricela

INDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 1

2. REVISIÓN DE LITERATURA 3

2.1. Regeneración Natural 3

2.1.1. Ventajas de la regeneración natural en manejo de bosques 3

2.1.2. Desventajas de la regeneración natural en el manejo de bosques 4

2.2. Dinámica de la Regeneración Natural 4

2.2.1.Colonización de los claros 5

2.2.2. El banco de semillas del suelo 6

2.3. Factores que Influyen en la Regeneración Natural 7

2.3.1. Luz…. 7

2.3.2. Humedad 7

2.3.3. Suelo…. 8

2.4. Clasificación de la Regeneración Natural 8

2.4.1.Clasificación dimensional 8

2.4.2. Clasificación ecológica 9

2.5. Implicaciones de la Luz en la Dinámica de los Ecosistemas 9

2.5.1. La luz solar 9

2.5.2. Medición de la luz solar 9

2.5.3. Influencia de la Intensidad de la luz solar 10

2.6. Tratamientos Silviculturales 11

3. METODOLOGÍA 13

3.1. Localización y Descripción del Área de Estudio 13

3.1.2. Condiciones Climáticas 15

3.1.3. Antecedentes del estudio 15

3.2. Evaluación de la Regeneración natural en Plantaciones de Pino y Rodales Naturales de Aliso…… 17

3.2.1. Categorías de la regeneración 18

4.2.2. Variables 19

3.3.Identificación de los Principales Factores Ambientales que Condicionan la Regeneración Natural en las Plantaciones de P*inus Patula* (Pino) y Rodales Naturales de A*lnus Acuminata* (Aliso) en la Región Sur del Ecuador. 20

3.3.1. Cantidad de luminosidad que ingresa al sotobosque 20

3.3.2. Apertura del dosel 22

3.3.3.Temperatura y humedad 23

3.4. Análisis de la Información 24

4. RESULTADOS 25

4.1. Evaluar la Regeneración Natural de Especies Leñosas en las Plantaciones de Pino y Rodales Naturales de Aliso. 25

4.1.1. Parámetros ecológicos de la regeneración natural. 25

4.1.2. Densidad, abundancia 26

4.1.3. Diámetro basal de la regeneración natural 29

4.1.4. Alturas de la regeneración natural 30

4.1.5. Estado fitosanitario de la regeneración natural 31

4.2. Identificación de los Principales Factores Ambientales que Condicionan la Regeneración Natural en las Plantaciones de *Pinus patula* (pino) y Rodales Naturales de *Alnus acuminata* (aliso) en la Region Sur del Ecuador 34

4.2.1.Apertura del dosel y cantidad de luz que ingresa al sotobosque 34

4.2.2.Temperatura y humedad relativa 36

4.2.3. Influencia de los factores ambientales en la regeneración natural 37

5. DISCUSION 40

5.1. Composición Florística de la Regeneración Natural 40

5.2. Alturas y Diámetro basal de la Regeneración Natural 41

5.3. Calidad de la Regeneración Natural 42

5.4. Influencia de los Factores Ambientales en la Regeneración Natural 43

6. CONCLUSIONES 46

7. RECOMENDACIONES 48

8. BIBLIOGRAFIA 49

9. APÉNDICES 56

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos y operaciones silviculturales. 11

Cuadro 2. Ubicación geográfica de las plantaciones *Pinus patula* (Pino), y rodales e *Alnus acuminata* (Aliso). 13

Cuadro 3. Categorías de la regereneración natural según el tamaño de las plantas presentes en los sitios de estudio. Modificado de Aguirre y Aguirre (1999). 18

Cuadro 4. Categorías de la regeneración natural según el diamétro a la altura de la base de las plantas presentes en los sitios de estudio. Modificado de Aguirre y Aguirre (1999)..... 19

Cuadro 5. Rangos de diversidad del Índice de Shannon 20

Cuadro 6. Especies densidades altas registradas en las cinco áreas de estudio sector de: Dos Puentes, Rumizhitana, Villonaco, Santiago y Zamora Huayco. 26

Cuadro 7. Especies más abundantes de Regeneración Natural para las cinco áreas de estudio; Dos Puente, Rumizhitana, Villonaco y Zamora Huayco. 27

Cuadro 8. Especies con los valores más altos de frecuencia para los sitios de Dos Puentes, Rumizhitana, Villonaco, Santiago y Zamora Huayco. 28

Cuadro 9. Diversidad de especies utilizando el índice de Shannon-Wiener calculado para cada sitio de estudio..... 34

Cuadro 10. Correlaciones de Pearson entre las variables de transmisión de luz, apertura del dosel, humedad relativa y temperatura con la regeneración natural, tomando en cuenta la densidad (n_ind), las categorías de Estado Fitosanitario (Ef), diámetro (d) y la altura (h), los valores en negrita son aquellos con una diferencia significativa..... 38

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio dentro del Cantón Loja en la Región Sur del Ecuador 14

Figura 2. Diseño experimental del Proyecto Transfer, donde cada parcela posee 80x80 m de lado, dentro de ella se encuentra una parcela interna denominada cuadrado científico con las dimensiones de 24x24 m, donde se realiza todos los estudios pertinentes además de los tratamientos silviculturales. 17

Figura 3. Subdivisión de la parcela de 24x24 m en 8 cuadrantes (color verde) de 6x6 m, mismos que fueron seleccionados al azar y se realizaron los estudios de esta investigación. ……..... 18

Figura 4. Colocación y Montaje de la Cámara y lente ojo de pez para capturar las fotografías hemisféricas. 21

Figura 5. Forma correcta de utilizar el densiómetro hemisférico de copa: a) Posición adecuada de colocar el densiómetro a la altura del codo; b) Conteo respectivo de los cuadros blancos es decir la apertura del dosel..... 22

Figura 6. Dispositivo iButton que registra temperatura y humedad del ambiente, mismo que está colocado en una parcela de pino. 23

Figura 7. Curva de acumulación de especies para los sitios muestreados según el número de parcelas muestreadas. 25

Figura 8. Categorías del diámetro basal de la regeneración natural en los sitios de Villonaco, Zamora Huayco, Santiago, Los Dos Puentes y Rumizhitana. 30

Figura 9. Categorías del diámetro basal de la regeneración natural en los sitios de Villonaco, Zamora Huyaco, Santiago, Los Dos Puentes y Rumizhitana 31

Figura 10. Categorías del estado fitosanitario de la Regeneración Natural en sitios de Villonaco, Zamora Huayco, Santiago, Los Dos Puentes y Rumizhitana. 32

Figura 11. Diferencias significativas utilizando la media del número de individuos para cada lugar. Letras diferentes significa que existe diferencia estadística significativa al nivel 0,05. 33

Figura 12. Promedio de apertura del dosel en los cinco sitios de estudio. 35

Figura 13. Distribución de los valores de la cantidad de luminosidad que ingresa al sotobosque misma que se desglosa en directa difusa y total. Analizados mediante el software Gap Light Analyzer. 36

Figura 14. Distribución de los valores de Humedad Relativa y Temperatura en los sitios de Dos Puentes, Rumizhitana, Santiago, Villonaco y Zamora Huayco. 37

Figura 15. Biplot de las variables en el espacio de los componentes principales para cada área de estudio. Tomado en cuenta la pendiente (Pdt), Temperatura (Tmp_C), Humedad Relativa (HR), el porcentaje de luz y dosel, y la densidad (n_Ind). . 39

INDICE DE APENDICES

Apéndice 1. Hoja de campo para el registro de la regeneración natural..... 56

Apéndice 2. Especies registradas en las áreas muestreadas..... 56

Apéndice 3. Diámetro basal de la regeneración natural en los sitios analizados..... 58

Apéndice 4. Alturas de la regeneración natural en los sitios analizados. 58

Apéndice 5. Individuos de regeneración natural por hectárea agrupados en categorías de estado fitosanitario 59

Apéndice 6. Valores de las cantidades de luz directa, difusa, total que ingresa al sotobosque y apertura del dosel en las áreas de estudio..... 59

Apéndice 7. Valores de temperatura, humedad, pendiente y altitud de las áreas de estudio. 60

Apéndice 8. Diferencias significativas utilizando la media del número de individuos para cada lugar. Letras diferentes significa que existe diferencia estadística significativa al nivel 0,05. 61

Apéndice 9. Breve descripción biofísica de cada sitio de estudio. 62

Anexo 10. Fotografías hemisféricas tomadas en los cinco sitios de estudio: a) Dos Puentes, b) Santiago, c) Villonaco, d) Zamora Huayco, e) Rumizhitana……67

RESUMEN

El éxito del manejo de un bosque depende en gran parte de la existencia de suficiente regeneración natural que asegure la sostenibilidad del recurso a través del tiempo, siendo indispensable generar conocimientos o bases científicas sobre la dinámica de los bosques, en especial de la regeneración natural. Las plantaciones forestales con especies exóticas han reconfigurado el paisaje forestal andino y el conocimiento de regeneración natural de especies nativas bajo doseles monoespecíficos de especies exóticas permanece poco estudiado. El reemplazo paulatino de las plantaciones de Pino por especies forestales nativas empleando el "efecto abrigo" surge como una alternativa de restauración ecológica siendo necesario conocer los procesos inherentes en la dinámica de la regeneración natural de especies nativas bajo ecosistemas artificiales. En 320 cuadrantes de 36m^2, se muestreó todos los individuos >1 cm de diámetro a la altura de la base (DAB) hasta individuos de 2 m de altura y >5 cm DAB, con el objetivo de conocer el estado de la regeneración natural de especies forestales nativas bajo plantaciones de pino (*Pinus patula*) y rodales naturales de Aliso (*Alnus acuminata*), distribuidas en cinco sitios en la Hoya de Loja. Se calculó los parámetros ecológicos de composición florística, abundancia, densidad y frecuencia. Para comparar la dinámica de la regeneración natural entre sitios se identificó el estado fitosanitario de la regeneración natural. Se calculó los índices de riqueza de Shannon, Simpson y finalmente se realizó un análisis de componentes principales utilizando las variables de transmisión de luz al sotobosque, apertura del dosel, temperatura y humedad relativa. Se encontró cerca de 50 especies forestales nativas bajo los doseles de Pino y Aliso, siendo las más representativas *Piper bogotense*, *Viburnum triphyllum*, *Bejaria resinosa* y *Clusia elliptica*. Un 35% de la regeneración natural de los sitios de estudio corresponde a plántulas en crecimiento con un estado fitosanitario aceptable. El rodal natural de Aliso presentó doseles más abiertos y porcentajes de transmisión de luz directa, total y difusa mayores en comparación con los rodales de Pino. No se encontró correlación significativa entre las variables ambientales, la abundancia y diversidad de regeneración natural, lo que indicaría que existen otros mecanismos como la dispersión de semillas como responsables del recambio de especies en el sotobosque de los rodales de Pino y Aliso.

Palabras claves: Regeneración natural, Pinus patula, Alnus acuminata, transmisión de luz, apertura del dosel,

SUMMARY

The successful management of a forest depends largely on the existence of sufficient natural regeneration to ensure the sustainability of the resource through time, being essential to generate knowledge or scientific basis on forest dynamics, especially of natural regeneration. Forest plantations with exotic species have reconfigured the Andean forest landscape and knowledge of natural regeneration of native species in monospecific canopies of exotic species remains poorly studied. The gradual replacement of pine plantations by native forest species using the "shelter effect" is an alternative for ecological restoration, being necessary to know the processes inherent in the dynamics of natural regeneration of native species under artificial ecosystems. In 320 sample plots of 36m2, all individuals> 1 cm in diameter at the base (DAB) to individuals 2 m tall and> 5 cm DAB were sampled, in order to know the status of natural regeneration native tree species under Pine plantations (Pinus patula) and natural stands of Alder (Alnus acuminata), distributed at five sites in the Hoya de Loja. To compare the dynamics of natural regeneration between sites the phytosanitary status of natural regeneration was identified. Richness, Shannon and Simpson indices were also calculated, and finally a principal component analysis using the variables of light transmission to the understory, canopy openings, temperature and relative humidity was performed. About 50 native forest species under the canopy of Pine and Alder were found, being *Piper bogotense*, *Viburnum triphyllum*, *Bejaria resinosa* y *Clusia elliptica* the most representative species. 35% of the natural regeneration of the study sites corresponds to seedlings with an acceptable phytosanitary state. The natural stand of Alder provided more opened canopies and higher percentages of direct transmission light, total light and diffuse light compared with Pine stands. No significant correlation between environmental variables, abundance and diversity of natural regeneration was found, suggesting that other mechanisms such as seed dispersal could be responsible for the replacement of species in the understory of stands of Pine and Alder.

Keywords: natural regeneration, Pinus patula, Alnus acuminata, light transmission, canopy openings.

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es considerado como uno de los "hotspots" de biodiversidad en el mundo (FAO, 2012) esto gracias a la variedad de ecosistemas que se ubican en diferentes áreas geográficas, estas cualidades singulares, han permitido calificarle como un país diverso del planeta (Bravo, 2013; FAO, 2005). Contradictoriamente a esto posee una de las tasas más altas de deforestación en Latinoamérica (-1.66%) (MAE, 2012; Mosandl *et al*., 2008).

Frente a estos se ha tratado de paliar este fenómeno con plantaciones forestales mismas que se han caracterizado por haber utilizado en alrededor del 90% especies forestales exóticas de los géneros Pinus y Eucaliptus; seleccionadas por su rápido crecimiento, capaces de adaptarse en condiciones ambientales difíciles en suelos pobres y pendientes pronunciadas (Günter *et al*., 2009). Así mismo se ha insistido en la teoría que bajo las plantaciones forestales especialmente de Pinus, es muy difícil que se desarrollen especies nativas ya sea por regeneración natural o plantadas (Aguirre, 2006) sin embargo el Aliso se lo considera una de las especies importantes debido a su capacidad de colonizar suelos perturbados y el aporte de nitrógeno al mismo. Aguirre y Weber (2008) manifiesta que varios estudios evidencian que las plantaciones forestales sean éstas con especies nativas o exóticas pueden mejorar las condiciones del suelo, promover la regeneración natural e incrementar la biodiversidad

Para Armijos y Lima (2012) la regeneración es el proceso continuo natural del bosque para asegurar su propia sobrevivencia, normalmente por una abundante producción de semillas que germinan para asegurar el nuevo bosque. Es así que es un proceso fundamental para mantener la diversidad de especies y los ecosistemas en su conjunto y que de acuerdo al estado o condición en las que se encuentren, otorga mayores o menores beneficios sociales y económicos (Guadalupe, 2001).

No obstante, en el Ecuador y en especial en la región sur, el escaso conocimiento sobre la dinámica de la regeneración natural, las técnicas de manejo inadecuado, y su grado de

respuesta después de la aplicación de tratamientos silviculturales en los bosques tropicales, está produciendo la disminución de especies forestales (Jaramillo y Muñoz, 2009).

Es así que el éxito de manejo de un bosque depende en gran parte de la existencia de suficiente regeneración natural que asegure la sostenibilidad del recurso a aprovechar a través del tiempo, así como la estructura y dinámica de la comunidad arbórea, sobre todo porque la diversidad de tamaños y formas de estas aperturas producen una diversidad de microambientes en luz, temperatura, humedad etc. (Calva *et al*., 2005).

Con lo expuesto anteriormente, se plantearon los siguientes objetivos con la finalidad de contribuir a la generación de información, relacionada a los factores ambientales que condicionan la regeneración natural de especies leñosas en los bosques montanos de la región sur del Ecuador.

Objetivo General

- Conocer el comportamiento de las especies de flora frente a diferentes factores ambientales en las plantaciones de *Pinus patula* y rodales naturales de *Alnus acuminata.*

Objetivos Específicos

- Evaluar la regeneración natural de especies leñosas en las plantaciones de pino y rodales naturales de aliso.
- Identificar los principales factores ambientales que condicionan la regeneración natural en las plantaciones de pino y rodales naturales de aliso en la región sur del Ecuador.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

A continuación se enuncian las definiciones que ayudaran a la comprensión del tema de investigación.

2.1. Regeneración Natural

Según Islas (1987) y Pieter (1988) consideran a la regeneración natural como un proceso fundamental para mantener la diversidad de especies y los ecosistemas en su conjunto y que de acuerdo al estado o condición en las que se encuentren, otorga mayores o menores beneficios sociales y económicos.

Bueso (1997) manifiesta que la regeneración es el proceso continuo natural del bosque para asegurar su propia sobrevivencia, normalmente por una abundante producción de semillas que germinan para asegurar el nuevo bosque.

La permanencia de la masa boscosa en su estado natural se basa en su propia capacidad de auto perpetuarse; en consecuencia, para el éxito de cualquier sistema de manejo forestal sostenible es fundamental el conocimiento de los aspectos que rigen la dinámica de la regeneración.

2.1.1. Ventajas de la regeneración natural en manejo de bosques

A continuación se enuncian las ventajas de la regeneración natural.

- No existen costos iniciales por producción de plántulas a nivel de vivero ni tampoco en la plantación, pero a menudo se requiere inversión en tratamientos de suelo (fertilización principalmente) y/o eliminación de hierbas o arbustos (Jaramillo y Muñoz, 2009).

- Seguridad en el establecimiento de especies nativas, lo que asegura mayor adaptación al medio. Si el rodal anterior era una especie exitosa se tiene la

seguridad que esta procedencia funciona en estas condiciones ambientales, es decir dispone de plantas más resistentes (Jaramillo y Muñoz, 2009).

- Hay varias opciones de manejo de la regeneración natural, incluyendo el uso de podas de formación así como desmoches, raleos selectivos, selección de hijos (rebrotes) y las limpias esperando de los productos esperados (Muñoz, 2002; Cárdenas y Casto, 2002).

2.1.2. Desventajas de la regeneración natural en el manejo de bosques

Seguidamente se detallan las desventajas de la regeneración natural.

1. Existe un crecimiento lento en áreas de regeneración natural en comparación con plantaciones forestales. Varias veces la regeneración se encuentra en sitios pobres y sin preparación del terreno (Jaramillo y Muñoz, 2009).

2. Hay una dispersión y producción irregular de las semillas esto sin duda dificulta los trabajos de planificación de la regeneración natural (Jaramillo y Muñoz, 2009).

3. Especies forestales que producen semillas pesadas, causan áreas con sobreabundancia de plantas y otras áreas carecen de estas, lo que provoca necesariamente cortes de limpieza y completaciones (enriquecimientos) (Jaramillo y Muñoz, 2009).

2.2. Dinámica de la Regeneración Natural

Lamprencht (1990) sostiene que el éxito de cualquier regeneración depende de varias premisas, que con frecuencia son muy diferentes, según la especie arbórea que se trate, en todo caso, son imprescindibles las siguientes condiciones:

- Cantidad suficiente de semillas viables.
- Condiciones (micro) climáticas y edáficas adecuadas para le germinación y desarrollo.

Por regla general muchas especies tienen una producción de semillas suficientes para garantizar la existencia del material germinativo viable; sin embargo, las semillas presentan características diferentes para cada especie, por ejemplo algunas semillas conservan la viabilidad de la semilla por poco tiempo, otras en cambio conservan plenamente su poder germinativo al menos por un año y a menudo por lapsos más prolongados y otras presentan inhibiciones y/o periodos de geminación muy prolongados (Lamprencht, 1990).

En términos generales, la regeneración natural inicia cuando el arbolado adulto después de haber transitado por una estabilidad productiva, llega a un periodo de senectud y reduce su velocidad de crecimiento hasta detenerse totalmente, paulatinamente se debilita y empieza a ser susceptible al ataque de plagas y enfermedades, hasta que finalmente se presenta su muerte. Este nuevo "espacio" puede ser ocupado por un nuevo individuo que al igual que su antecesor, inicia un largo proceso hasta que se establece totalmente (Spurr y Barnes, 1982).

Las etapas por las que atraviesa la regeneración son: competencia, tolerancia y sucesión (Daniel *et al*., 1982). La regeneración de las masas forestales depende en mucho del comportamiento reproductivo de las especies arbóreas y para ello se tienen dos métodos de reproducción natural: por semillas; y por propagación vegetativa (Harold y Hocker, 1984) En la regeneración natural por semilla, la diseminación y el establecimiento de las plantas se realizan sin la intervención del hombre. El papel del hombre se limita en todo caso a la realización de actividades tendientes a modificar las condiciones que faciliten la germinación y crecimiento de las plantas (Pieter, 1988).

2.2.1. Colonización de los claros

Los claros de dosel crean un ambiente diferente de su entorno, estando estrechamente relacionado al tamaño del claro (Hogan y Machado, 2002; Lujan, 2010). De esta manera los claros adquieren importancia cuando se estudia la dinámica del bosque. Así, la conjugación entre grupos ecológicos y estructuras de claros pasa a ser una herramienta interesante para generar información en relación la dinámica del bosque.

La formación de claros brinda la oportunidad para que nuevos árboles se eleven hacia el dosel y para la continuidad de la existencia de especies pioneras dentro del bosque. Ocasionalmente, las alteraciones naturales o antropogénicas, como incendios, inundaciones, vientos intensos o brotes de plagas, causan la destrucción de grandes áreas del dosel y/o sotobosque (Fredericksen *et al*., 2001), generalmente, los claros naturales en el bosque tienden a ser pequeños. Esto se debe a que un mayor número de árboles jóvenes muere debido a la supresión de luz por parte de los árboles de gran tamaño. Si bien menos numerosos, los claros formados por la caída de árboles grandes son más notables, puesto que *crean* aperturas más grandes en el dosel.

Los cambios ambientales causados por la caída de árboles permiten la supervivencia de especies de plantas intolerantes a la sombra, así como de las que necesitan suelo descubierto para su germinación y establecimiento. Estos cambios incluyen: mayor disponibilidad de luz, disminución de la humedad relativa, incremento de la temperatura del suelo y mayor disponibilidad de nutrientes. La mayor temperatura del suelo, junto con la descomposición de hojas y ramas de árboles, ofrecen condiciones y substrato para un aumento de la actividad microbiana que, a su vez, produce un aumento en la disponibilidad de nutrientes, especialmente de nitrógeno (Fredericksen *et al*., 2001).

2.2.2. El banco de semillas del suelo

Cuando se genera un gran claro en el bosque, se inicia inmediatamente el proceso de recuperación o cicatrización, por medio de una cobertura de rápido crecimiento, la cual va adecuando las condiciones del ambiente para el posterior establecimiento de especies sucesionalmente más avanzada. Esta cobertura inicial, circunscrita al área del claro tiene características estructurales totalmente diferentes a la del bosque maduro, como por ejemplo la homogeneidad generada por la coetaneidad, es decir, que todos los árboles tienen aproximadamente la misma edad y por tal motivo, las distribuciones diamétricas se pueden comportar unimodalmente. Por otro lado, la estratificación es simple, a tal punto que solo se pueden diferenciar uno o dos estratos de árboles en el mejor de los casos. En cuanto a la composición florística, la vegetación de los claros es pobre en especies,

representadas por una alta abundancia. Este fenómeno es el resultado de la activación del banco de semillas del suelo por el efecto del disturbio (Melo y Vargas, 2001).

Las semillas se incorporan al suelo tanto por factores bióticos como abióticos. En el primer caso juegan un papel de gran importancia las hormigas y los escarabajos, los cuales pueden enterrar las semillas a profundidades mayores de 12 cm. Igualmente, algunos mamíferos, al cavar sus madrigueras, pueden enterrar semillas a mayor profundidad. Dentro de los factores abióticos, se puede considerar el efecto del sistema radicular que se expone al volcarse un árbol, al igual que las fisuras que se producen en el suelo, cuando estos se resecan (Melo y Vargas, 2001).

2.3. Factores que Influyen en la Regeneración Natural

La regeneración por lo tanto depende de varios factores (semillas, depredadores, cantidad de radiación, temperatura y humedad suficiente), el establecimiento de las plántulas a su vez va a depender de la acción de herbívoros y disponibilidad de nutrimentos (Bazzaz, 1991).

2.3.1. Luz

La energía que requiere un bosque para su crecimiento. Así, la cantidad y calidad de la radiación solar recibida sobre la superficie del suelo afecta la distribución, establecimiento e incluso la sobrevivencia de los árboles al influir de modo determinante en la temperatura y humedad del suelo (Guadalupe, 2001).

2.3.2. Humedad

La humedad define la germinación, ya que por medio de ésta se favorece el debilitamiento de la cubierta del embrión, hidrolizan las sustancias de reserva de la semilla y activa los mecanismos biológicos para su germinación. Un 8 % de las semillas muere por cambios climáticos, y de las plántulas establecidas el 32.9 % muere por condiciones de sequía. Por otra parte, la temperatura tiene un efecto marcado sobre la germinación de las semillas, el

crecimiento y desarrollo de las raíces y en la absorción del agua por las plántulas (Guadalupe, 2001).

2.3.3. Suelo

Factor determinante para el establecimiento y crecimiento de las plantas, ya que es en el suelo donde germina la semilla y posteriormente se desarrolla la planta, lo que en gran medida depende de la cantidad y calidad del suelo, ya que aquí es donde crece el sistema radicular que le sirve de sostén y medio de absorción de nutrientes y agua (Guadalupe, 2001).

2.4. Clasificación de la Regeneración Natural

La regeneración natural es objeto de clasificación de acuerdo a criterios como: requerimiento de luz y tamaño alcanzado de la regeneración natural. Estas clasificaciones se describen a continuación.

2.4.1. Clasificación dimensional

Los primeros años de establecimiento y crecimiento de la regeneración natural, se requiere dar un mantenimiento relativamente intensivo de la misma, que depende del tamaño alcanzado por la regeneración, con el propósito de optimizar su producción (Jaramillo y Muñoz, 2008).

Hutchinson (1993) considera que las operaciones silviculturales aplicadas a la regeneración natural dependen del tamaño de la misma y las clasifica en las siguientes categorías de acuerdo a su dimensión:

- Plántula: individuos de 0,10 m a 0,29 m
- Brinzales: individuos de 0,30 m a 1,50 m de altura
- Latizal: bajo (de 1,50 m de altura a 4,9 cm de dap), y alto (de 0,5 cm a 9,9 cm de dap)
- Fustal: mayores de 10 cm de dap

2.4.2. Clasificación ecológica

La luz es uno de los factores principales que afecta las posibilidades de establecimiento y crecimiento de la regeneración. Las especies de los bosques húmedos y muy húmedos tropicales se agrupan en función de la respuesta a la variación de la luz y a cambios provocados en el microclima bajo el dosel. Lamprecht (1990) menciona que se puede realizar una clasificación de las especies arbóreas de acuerdo a sus requerimientos de luz. Son varias las clasificaciones ecológicas de la regeneración, sin embargo la más actualizada es la de Finegan (1991), y es el mejor criterio para caracterizar a las especies por sitio de regeneración exitosa. Dicha clasificación es la siguiente:

- Heliófitas efímeras: se establecen y crecen solamente en claros grandes
- Heliófitas durables: se establecen bajo dosel pero requieren de claros para crecer.
- Esciófitas parciales: se establecen y crecen bajo dosel, pero exigen luz directa para pasar de la etapa de fuste joven a fuste maduro
- Esciófitas totales: se establecen y crecen bajo dosel

2.5. Implicaciones de la Luz en la Dinámica de los Ecosistemas

2.5.1. La luz solar

De acuerdo a Calva y Beltrán (2005), menciona que la luz solar es la fuente principal de ecología de un ecosistema. Además de su efecto térmico, la luz solar es la materia básica para la fotosíntesis. Uno de los efectos más importantes de la luz es la producción de clorofila. El color de la piel de algunos animales puede estar directamente influido por la luz o por uno de sus efectos: la temperatura. A esto se le ha dado en llamar reglas ecológicas.

2.5.2. Medición de la luz solar

La apreciación de la intensidad luminosa resulta de la medida de la intensidad de la radiación solar, expresada en calorías gramo por centímetro cuadrado y por minuto. Así pues calor y luz están estrechamente unidos.

Las mediciones de la radiación solar son aún poco precisas, por lo que se ha intentado averiguar si presenta una correlación satisfactoria con la duración del fotoperiodo. Esta correlación existe, pero es muy débil y no tiene valor más que para periodos de tiempo bastante largos (15 o 20 días). No puede suceder de otra forma, teniendo en cuenta la variación de la radiación en las diferentes horas de la jornada, las diferencias en la transferencia de la atmosfera, etc. Por lo tanto, nos debemos atener a la medición del valor de la radiación global.

La duración de la exposición de la luz se aprecia prácticamente por la radiación de día; por lo que varía con la época del año y en función de la latitud (Diehl, 1985).

2.5.3. Influencia de la intensidad de la luz solar

La fisiología vegetal se distinguen, desde el punto de vista de la acción de la luz solar sobre las plantas, dos grupos: las plantas de sombra y las plantas de luz (heliófilas). Las primeras están caracterizadas por tener hojas anchas y poco espesas, mientras que las plantas heliófilas, en general hojas pequeñas, estrechas y rizadas.

La influencia de los cambios en la intensidad de la luz sobre las plantas es compleja, por lo que varía con la fase del desarrollo y con la naturaleza de sus órganos. Resumiendo de la siguiente manera la influencia de la intensidad de la luz:

- La iluminación débil es favorable a la absorción del agua y, por tanto, al desarrollo vegetativo.
- La luz solar ligeramente atenuada acelera la floración.
- La iluminación intensa favorece a los órganos de reserva, aumentando la cantidad de flores y de frutos, así como la precocidad de la maduración.

Además, una intensidad luminosa elevada impide el ahilamiento y favorece el desarrollo de las yemas. Un exceso de luz, al mismo tiempo que una intensa radiación, aumenta la

transpiración y puede tener un efecto desfavorable. Finalmente, un déficit de luz sobre la vegetación puede producir una disminución en su rendimiento y calidad (Diehl, 1985).

2.6. Tratamientos Silviculturales

De acuerdo a Manzanero y Pinelo (2004), sostiene que el objetivo de los tratamientos silviculturales es provocar cambios en la estructura del bosque con la finalidad de asegurar el establecimiento de la regeneración e incrementar el crecimiento en función de un beneficio económico futuro.

Los tratamientos que se empleen en el bosque dependen de las características del mismo, de la capacidad de quienes lo manejan y delos recursos con que se cuenta, como se demuestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos y operaciones silviculturales.

Tratamientos y operaciones	Descripción
Tratamiento de mejora	Se realiza cuando el aprovechamiento es selectivo; o sea que sólo se sacan árboles de especies comerciales de buenas características para su industrialización. Un tratamiento de mejora consiste en la eliminación de individuos que no son comerciales por sus características, especie, grado de sobre madurez o defectos (Sánchez, 2011).
Aprovechamiento	El primer tratamiento silvicultural que se aplica al bosque es el aprovechamiento, el cual, además de generar ingresos, permite dinamizar el ecosistema mediante la apertura de claros. La calidad de la regeneración que se establezca en los claros depende de la planificación y cuidado con que se realice esta primera intervención (Sánchez, 2011).
Apertura de dosel	La apertura del dosel traza el distanciamiento de individuos de especies deseables, lo cual permite tener una mejor intensidad de luz sobre las copas de los árboles jóvenes en las mismas especies comerciales. Esto puede ser realizado mediante a) corta controlada de las trepadoras leñosas, y b) una entresaca en uno o más niveles de dosel (Sisalima, 2000).

Cuadro 1… Continuación

Liberación de copa	El tratamiento de liberación se aplica para favorecer a aquellos árboles que, siendo prometedores como productores de madera, se encuentran en una situació de competencia desfavorable. Por lo general, están a la sombra de otro árbol o las copas de otros árboles compiten ventajosamente con ellos por la luz. El tratamiento consiste en la tala, anillamiento y/o envenenamiento de los árboles que están afectando al deseable sobresaliente (Sánchez, 2011).
Refinamiento	El refinamiento se define la eliminación total de aquellos árboles no comerciales con un DAP mayor a un límite establecido, sin considerar su ubicación. El refinamiento no admite tomar en cuenta los cambios posibles en el mercado maderero o aspectos ecológicos que puedan desempeñar los árboles sin valor comercial dentro de un bosque (Sisalima, 2000).

Para finalizar la caída de ramas o de árboles maduros forma un espacio vacío que son los "claros"; esta apertura permite el incremento de entrada de luz al suelo y a las partes inferiores del bosque, propiciando que algunas especies establecidas aceleren su crecimiento (Sánchez, 2011).

3. METODOLOGÍA

3.1. Localización y Descripción del Área de Estudio

La investigación se desarrolló dentro del marco de un proyecto de transferencia de conocimiento denominado TRANSFER -Nuevos Bosques para Ecuador financiado por la Fundación Alemana para la investigación (DFG), y con el apoyo interinstitucional de la Universidad Técnica Particular de Loja, Universidad Nacional de Loja, como instituciones de investigación nacionales, Gobierno Autónomo descentralizado de Loja (GAD), Gobierno Provincial de Loja y propietarios privados de plantaciones forestales. El proyecto en mención tiene por objeto fomentar el establecimiento de bosques mixtos con especies nativas bajo cubierta de plantaciones de pino y rodales de Aliso y por la aplicación de tratamientos silviculturales, por este medio los monocultivos se convertirán en bosques mixtos con una mayor estabilidad ecológica y económica, además ayudar a superar las barreras institucionales en transferencia de conocimientos y probar la factibilidad de resultados científicos en los andes del Sur del Ecuador.

El área de estudio se ubicó en el Cantón Loja, donde se instalaron parcelas dentro de plantaciones de *Pinus patula* (Pino), y rodales e *Alnus acuminata* (Aliso) distribuidad dentro del cantón Loja (Figura 1), en el cuadro 2 se indica la distribución de las parcelas.

Cuadro 2. Ubicación geográfica de las plantaciones *Pinus patula* (Pino), y rodales e *Alnus acuminata* (Aliso).

LUGAR	N° PARCELAS INSTALADAS	TIPO DE PLANTACIÓN (cobertura forestal)		COORDENADAS GEOGRAFICAS	
		PINO	ALISO	X	Y
Dos Puentes	9	X		701368	9548695
Zamora Huayco Alto	6	X		702145	9556906
Villonaco	12	X		691310	9559991
Santiago	6	X		691045	9579620
Rumizhitana	7		X	700692	9544017

Fuente: Proyecto Transfer.

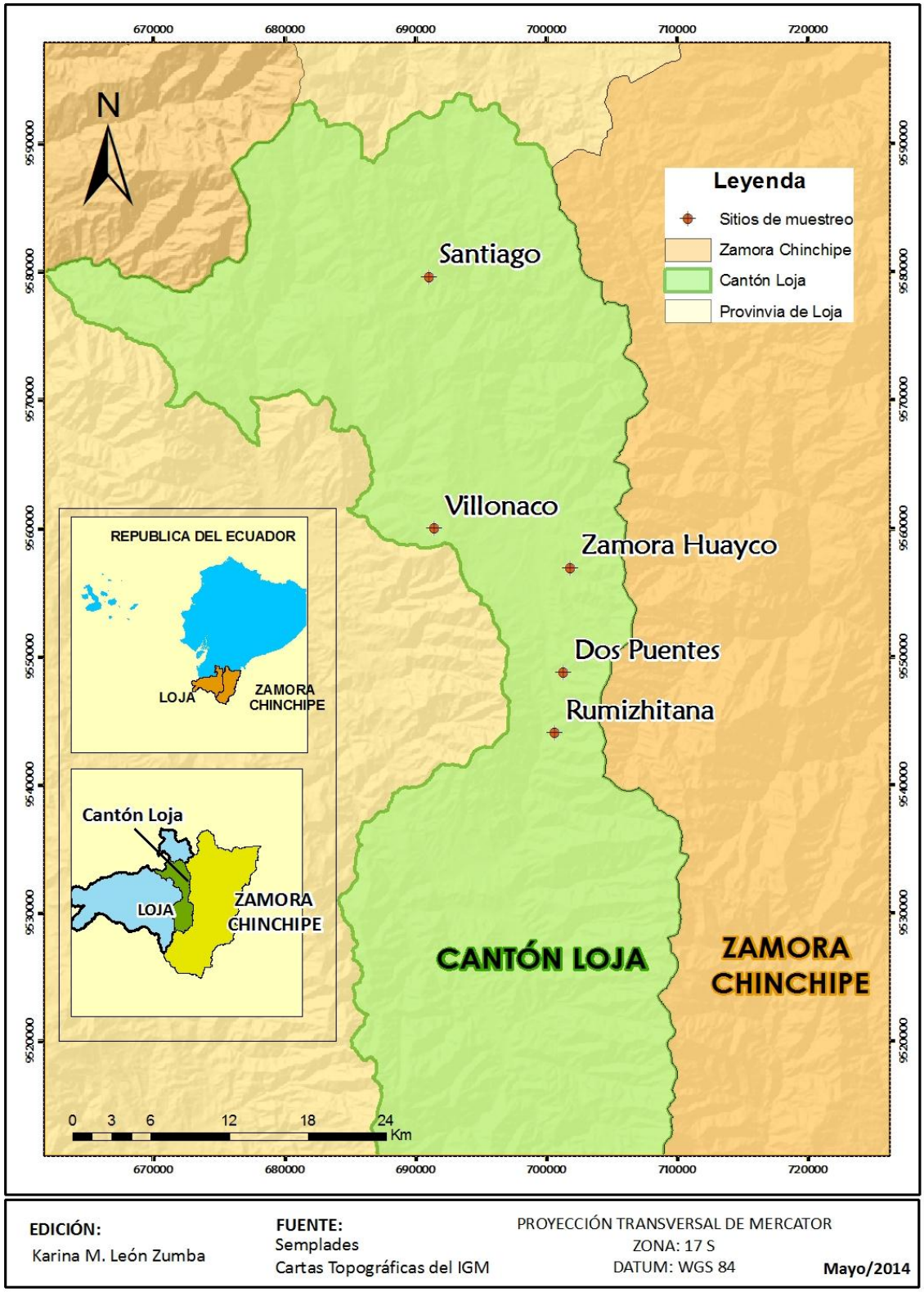


Figura 1. Ubicación del área de estudio dentro del Cantón Loja en la Región Sur del Ecuador.

3.1.1. Condiciones Climáticas

El área de estudio posee bosques siempreverde montano con un dosel de 10 a 25 m, se extiende desde los 1800 a 2800 msnm en algunas localidades puede encontrarse fuera de este rango altitudinal (MAE, 2012). La temperatura oscila entre 12 a 14 °C con una precipitación anual de 900 mm (900 litros por metro cuadrado) (PNUMA *et al*., 2007).

En estos bosques las familias predominantes son, Melastomataceae, Myrsinaceae, Cunoniaceae, Clusiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Celastraceae, Podocarpaceae, y Ternstroemiaceae se han registrado entre 75 y 90 especies por ha en estos bosques. Existe registros importantes en abundancia y diversidad de epífitas entre las más diversas se incluyen orquídeas, helechos y briofitos (MAE, 2012).

Adicionalmente en estas zonas poseen suelos de inceptisoles de textura franco, franco limoso, franco arcilloso limoso. Presentan un drenaje que va de moderado a bueno, este suelo está cubierto por hierbas, arbustos, trepadoras y gramíneas epífitas enraízadas en el suelo (MAE, 2012).

3.1.2. Antecedentes del estudio

Cómo se indicó anteriormente la presente investigación forma parte del proyecto denominado TRASNFER -Nuevos Bosques para Ecuador- siendo un conjunto de investigaciones paralelas que conforman un proyecto integral en la transferencia de conocimientos en la conservación de los bosques nativos en el Sur. Existen dos principales factores que se han tomado en cuenta.

Factor 1. Especies dominantes de árboles en el bosque: Dos especies prometedoras para reforestación a gran escala en la región Andina en el Sur del Ecuador serán incluidas dentro de este concepto.

- ***Pinus patula*** como representante de una especie exótica es ampliamente usada además de alto riesgo de incendio, cualidades pobres y operaciones pobremente

aplicadas, en las plantaciones existentes no se han implementado acciones de manejo, por lo que se desconoce su potencialidad de aportar a la rehabilitación e incremento de la biodiversidad (Aguirre *et al*., 2006).

- ***Alnus acuminata* como representante de las especies nativas,** todavía no está en uso para la reforetación de bosques productivos en Ecuador. Sin embrago debido al rápido desarrollo y a las habilidades de fijación de nitrógeno las especies ganan incrementada atención para propósitos de restauración, en particular para gestión de cuencas. Existen resultados que indican un potencial muy prometedor para producción de madera (Günter, 2009 y Weber, 2008).

Las plantaciones de pino tienen un promedio de 15 años de edad y los bosques de aliso naturalmente regenerados tienen un promedio de aproximadamente 10 a 15 años.

Existen algunos estudios que evidencian que las plantaciones forestales sean estas con especies nativas o exóticas pueden mejorar las condiciones del suelo, promover la regeneración natural, e incrementar la biodiversidad (Aguirre *et al*., 2006)

Factor 2. Tratamientos Silviculturales

Existen dos tratamientos silviculturales que serán probados versus un área de referencia sin ninguna intervención. El primer tratamiento implica la reducción del área basal en un 50 % y el segundo una reducción del 25 % en orden de probar la influencia de la luz para las especies leñosas.

Mientras que el escaso tratamiento está enfocado en el mejoramiento de la calidad y crecimiento del remanente. Cabe indicar que los propietarios de las tierras están a cargo de la extracción de los tallos y el consecuente procesamiento de la madera (Figura 2).

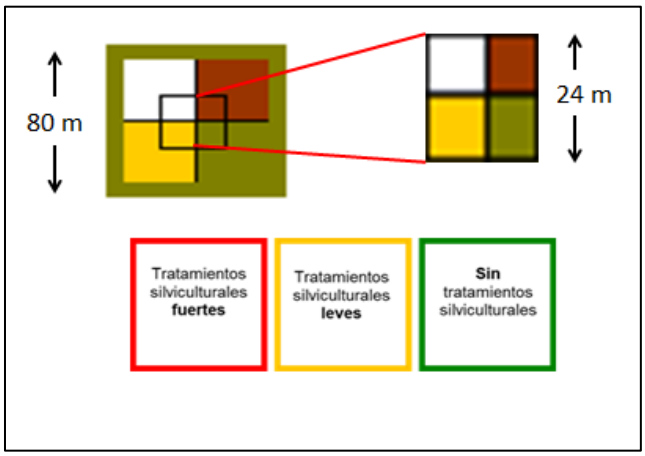


Figura 2. Diseño experimental del Proyecto Transfer, donde cada parcela posee 80x80 m de lado, dentro de ella se encuentra una parcela interna denominada cuadrado científico con las dimensiones de 24x24 m, donde se realiza todos los estudios pertinentes además de los tratamientos silviculturales.

Para esta investigación se desarrolló en cada una de las parcelas, donde cada parcela tiene una dimensión de 24 x 24 metros (576 m^2), y un borde el cuál nuestro trabajo de investigación no tuvo intervención alguna tanto para los rodales naturales *Alnus acuminata* (Aliso) y *Pinus patula* (Pino).

3.2. Evaluación de la Regeneración Natural en Plantaciones de Pino y Rodales Naturales de Aliso

La evaluación de la regeneración es una medida muy importante para determinar la dinámica de las especies que existen bajo de los doseles de Pino y de los rodales de Aliso.

Para la evaluación de la regeneracion natural se subdividió a la parcela de 24x24 m en subparcelas de 6 x 6 m, es decir 16 subcuadrantes (cada uno de 36 m2), para posteriormente escoger 8 subparcelas al azar (Figura 3) don de se realizó la toma de datos.

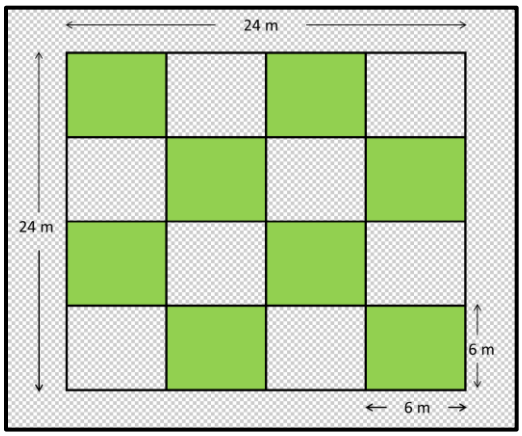


Figura 3 . Subdivisión de la parcela de 24x24 m en 8 cuadrantes (color verde) de 6x6 m, mismos que fueron seleccionados al azar y se realizaron los estudios de esta investigación.

Cabe indicar que de cada parcela se evaluaron 8 cuadrantes es decir que en total fuerón 40 parcelas y 320 cuadrantes, la información colectada de la regeneración natural de cada parcela se la registró en una hoja de campo (Apéndice 1).

3.2.1. Categorías de la regeneración

Se colectó información de la regeneración en las parcelas instaladas considerando la metodología de tamaño y diámetros propuesta por Aguirre y Aguirre (1999), las mismas que se hace mención en el cuadro 3 y 4.

Cuadro 3. Categorías de la regereneración natural según el tamaño de las plantas presentes en los sitios de estudio. Modificado de Aguirre y Aguirre (1999).

Categorías	Altura (cm)	Nomencaltura
I	5 – 50	Plántulas
II	50,1 – 100	Plántulas
III	100,1 – 150	Plántulas
IV	150,1 – 200	Plántulas
V-Brinzal	2 m y a 5 cm de díametro a la altura de la base	Brinzal

Fuente: Aguirre y Aguirre 1999.

Cuadro 4. Categorías de la regeneración natural según el diamétro a la altura de la base de las plantas presentes en los sitios de estudio. Modificado de Aguirre y Aguirre (1999).

Categorías	Diámetro basal (mm)	Nomenclatura
I	0,0 – 10,00	Plántulas
II	10,01 – 20,00	Plántulas
III	20,01 – 30,00	Plántulas
IV	30,01 – 50,00	Plántulas
V-Brinzal	40,01 – 50,00	Brinzal

Fuente: Aguirre y Aguirre 1999.

Además de esto se colectó información del estado fitosanitario de la regeneración natural de las plantas presentes en el sitio de estudio, para ello se basó en cuatro categorías: 1) Excelente, mismas que las plantas debían de estar sin lesiones de plagas o enfermedades; 2) Muy bueno, plantas con lesiones en un 25 % del área foliar; 3) Regular, plantas con lesiones en un 50 % del área foliar y 4) Deficiente, plantas con lesiones mayores al 75 % del área foliar.

4.2.2. Variables

Las siguientes variables se consideraron y se calcularon en el levantamiento de la información de composición florística bajo los doseles de las plantaciones de Pino y los rodales naturales de Aliso.

Variables	Descripción	Fórmula
Abundancia	Es el número de individuos de regeneración natural de una especie con relación al total de individuos de la población.	$Ab = \frac{\#\ \text{de individuos de una especies}}{\#\text{total de individuos de las especies}} \times 100$
Densidad	Es el número de individuos de regeneración natural por un área o superficie determinada	$Ab = \frac{\#\ \text{total de ind. de una especies}}{\text{Area muestreada}} \times 100$
Frecuencia	Es la probabilidad de encontrar uno o más individuos de una determinada especie en una unidad muestreal particular. Expresada como el porcentaje del número de individuos muéstrales en las que el individuo aparece con relación al número total de unidades muéstrales	$Fr = \frac{\#\ \text{de parcela donde ocurre una especie "x"}}{\#\ \text{total de parcelas levantadas}} \times 100$

Adicionalmente también se calculó el indice **Índice de Shannon** mismo que mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar proveniente de una comunidad, "extensa" de la que se conoce el número total de especies S. También puede considerarse a la diversidad como una medida de la incertidumbre para predecir a qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra de S especies y N individuos, para esto se utilizó el software InfoStat 2013.

Cuadro 5. Rangos de diversidad del Índice de Shannon

RANGOS	SIGNIFICADO
0 – 1,35	Diversidad baja
1,36 – 3,5	Diversidad media
Mayor a 3,5	Diversidad alta

Estas variables fueron aplicadas para cada sitio de estudio, mismas que sirvieron para identificar las especies más densas y con la mayor probabilidad de encontrarlas.

3.3. Identificación de los Principales Factores Ambientales que Condicionan la Regeneración Natural en las Plantaciones de P*inus patula* (pino) y Rodales Naturales de A*lnus acuminata* (aliso) en la Región Sur del Ecuador.

Para evaluar esta relación se identificaron cuatro parámetros, estos fueron; 1) Cantidad de luminosidad que ingresa al sotobosque; 2) Apertura del dosel; 3) Temperatura y 4) Humedad relativa.

3.3.1. Cantidad de luminosidad que ingresa al sotobosque

Se utilizó fotografías hemisféricas para la determinación de la transmisión de luz que ingresó en las plantaciones forestales de pino y aliso.

La cámara que se manipulo fue marca Canon Modelo EOS 300D con un lente ojo de pez 180° (Figura 4). El procedimiento se lo explica de la siguiente manera.

- Se ajustó la cámara a un trípode que le da estabilidad a la misma, y se la colocó en el centro de cada sub-parcela a 1,30 m de altura.

- Posteriormente se ubicó el lente con la ayuda de un nivel para una mejor precisión ubicando el Norte magnético con la ayuda de la brújula.

- Una vez montada la cámara, se procedió a la toma de fotografías hemisféricas, se capturaron tres fotos por sub-parcela para luego seleccionar la más idónea, cabe indicar que las fotos fueron tomadas con el cielo nublado lo más homogéneo posible, con la finalidad de optimizar el contraste entre el follaje y el cielo.

Figura 4. Colocación y Montaje de la Cámara y lente ojo de pez para capturar las fotografías hemisféricas.

- Adicionalmente de las fotografías se tomaron datos de: pendiente del terreno esto se lo realizó con un clinómetro, altitud, ubicación geográfica de la parcela y fecha de la

toma de las fotografías, cuyos datos son fundamentales para su posterior análisis de cada una de ellas.

- Finalmente, se seleccionó la fotografía más idónea para su respectivo análisis en el software Gap Light Analyzer (GLA). Los valores de luz a calcularse fueron: transmisión de luz directa, difusa y total (expresados en porcentaje).

3.3.2. Apertura del dosel

Para medir el grado de apertura del dosel se utilizó el densiómetro cóncavo hemisférico de copa (Figura 5) mismo que está compuesto por un espejo cóncavo dividida en una cuadrícula de 24 cuadros (Dzib, 2003). La medición se realizó de la siguiente manera.

Figura 5. Forma correcta de utilizar el densiómetro hemisférico de copa: a) Posición adecuada de colocar el densiómetro a la altura del codo; b) Conteo respectivo de los cuadros blancos es decir la apertura del dosel.

- Se colocó al densiómetro en la mitad de cada sub-cuadrante de la parcela a la altura de 1.30 m sobre el suelo.

- Por cada punto de medición de cobertura se tomaron cuatro registros cubriendo los cuatro costados (N, S, E, O).

- Finalmente se realizó un promedio mediante la aplicación del factor de corrección del instrumento (Lemmon, 1957), la fórmula utilizada en cada parcela es la siguiente:

$$N = 1{,}04[(L1 + L2 + L3 + L4)/4]$$

3.3.3. Temperatura y humedad

Para recolectar los datos de temperatura y humedad se utilizó un dispositivo denominado iButton modelo DS1921 (Figura 6), para ellos se siguió los siguientes pasos:

- El dispositivo fue programado mediante el software One Wire Viewer, para tomar los datos cada hora.

Figura 6. Dispositivo iButton que registra temperatura y humedad del ambiente, mismo que está colocado en una parcela de pino.

- Luego se procedió a colocar los dispositivos en el centro de cada parcela de los cinco sitios de estudio.

- Finalmente en el lapso de tres meses se recolectó los datos con la ayuda del software One Wire Viewer.

3.4. Análisis de la Información

Se utilizó estadística descriptiva en la representación de los resultados mismos que fueron simbolizados por gráficas y cuadros.

Se empleó correlaciones de Pearson entre las variables de transmisión de luz, apertura del dosel, humedad, temperatura y la pendiente con el número de individuos registrados en la regeneración natural para identificar las variables que están fuertemente relacionadas.

Además se utilizó el Modelo Lineal generalizado Mixto de Poison a través del software InfoStat versión 2013 para hacer comparaciones de los sitios teniendo en consideración el número de individuos de la regeneración natural.

4. RESULTADOS

Luego de haber realizado el procedimiento de la toma de datos como se mencionó anteriormente para cada parcela de su sitio respectivo se pudo obtener los datos que se presentan a continuación.

4.1. Evaluar la Regeneración Natural de Especies Leñosas en las Plantaciones de Pino y Rodales Naturales de Aliso.

4.1.1. Parámetros ecológicos de la regeneración natural

En la figura 7, se muestra las diferentes familias, géneros y especies registradas en cada sitio analizado, como se puede observar Rumizhitana, Santiago y Zamora Huayco fueron los que presentaron menor cantidad de especies a diferencia de Villonaco y los Dos Puentes que registraron mayor número de especies.

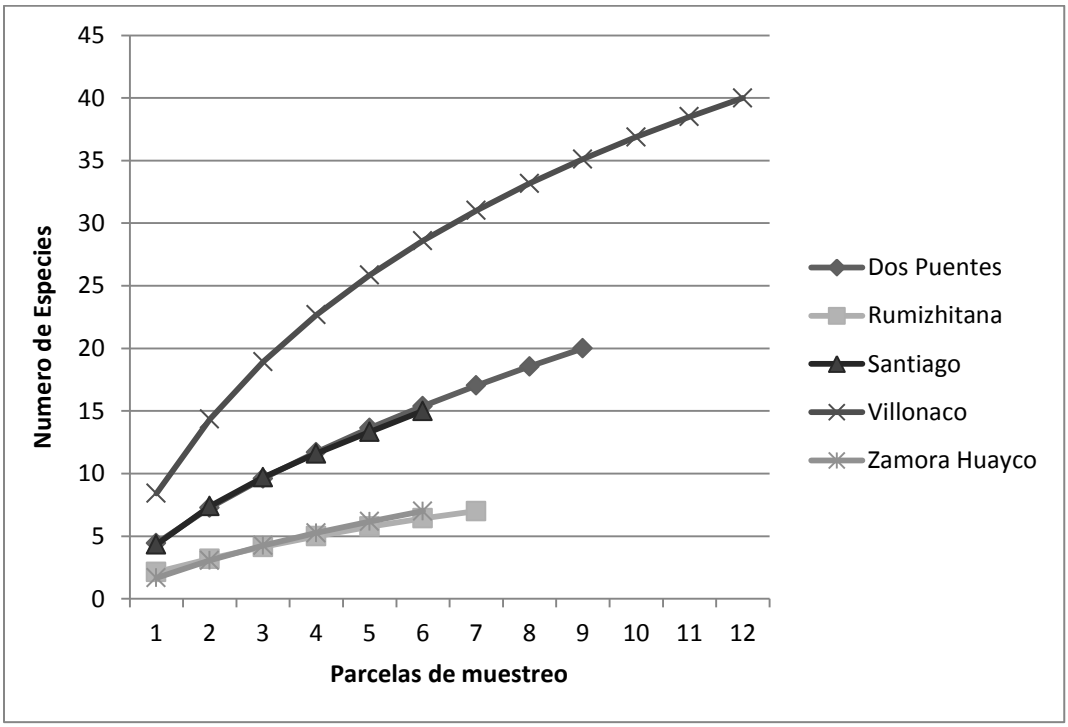


Figura 7. Curva de acumulación de especies para los sitios muestreados según el número de parcelas muestreadas.

La curva de rarefacción (Figura 7) muestra el número de especies por esfuerzo de muestreo representado por unidad de área muestreada. En este caso si se toma el punto de comparación el área con menor número de parcelas muestreadas corresponde a Zamora Huayco y contrastamos con el área muestreada de los otros sitios, se obtuvo que el Villonaco alcanzó un total de 28 especies estimadas, 13 especies más que Dos Puentes y Santiago (15 especies respectivamente), y 19 especies más que Rumizhitana y Zamora Huayco (7 especies respectivamente).

4.1.2. Densidad y abundancia

A continuación se presentan las especies registradas en las áreas de estudio. Los resultados totales se muestran en el apéndice 2.

Las especies con los valores más altos de densidad para los diferentes sitios de investigación se los indican en el cuadro 6.

Cuadro 6. Especies densidades altas registradas en las cinco áreas de estudio sector de: Dos Puentes, Rumizhitana, Villonaco, Santiago y Zamora Huayco.

Nombre Científico	Densidad (ind/ha)				
	Dos Puentes	Rumizhitana	Villonaco	Santiago	Zamora Huayco
Acalypha stenoloba Mull. Arg.	-	-	-	278	-
Bejaria resinosa Mutis ex L.f.	-	-	269	-	-
Calyptrantethes sp.	-	10	-	-	-
Cestrum tomentosun L.f	-	-	-	64	-
Clethra revoluta (Ruiz &Pav.) Spreng	11	-	171	-	-
Clusia elliptica Kunth.	4	15	3	-	-
Gaultheria reticulata Kunth	-	-	159	-	-
Geissanthus vanderwerffii Pipoly	-	55	-	-	-
Macleania poortmannii Drake	-	-	165	-	-
Macleania rupestris (Kunth) A.C. Sm.	116	-	-	-	6
Macrocarpaea sp.	-	-	-	-	6
Maytenus sp.	-	-	3	-	23
Myrsine andina (Mez) Pipoly	46	-	17	-	-
Oreopanax rosei Harms	-	-	9	35	-
Palicourea anceps Standl.	23	-	-	-	-
Piper bogotense C.DC.	-	332	3	35	35

Cuadro 6… Continuación

Piper pubinervolum C. DC.	15	-	-	-	-
Siparuna aspera (R. &P.) A. DC.	-	-	-	52	-
Solanun oblongifolium Dunal	-	-	-	41	-
Ternstroemia sp	-	-	67	-	-
Tibouchina laxa (Desr.) Cong.	-	10	3	-	-
Viburnum triphyllum Benth.	-	5	23	-	29

En el cuadro 6, se puede visualizar que las especies con el valor más alto de densidad es *Piper bogotense* C.DC. (332 ind/ha) misma que se la registró en cuatro áreas de estudio menos en el sector de Dos Puentes; *Acalypha stenoloba* Mull. Arg., (278 ind/ha) presentó valores altos sin embargo solo estuvo presente en Santiago siendo diferente para los demás sitios. Cuando se analiza por área de estudio, se aprecia que Villonaco posee la mayor cantidad de especies más densas lo que no ocurre en Zamora Huayco que posee la menor cantidad de especies.

En lo que respecta a la abundancia en el cuadro 7 se presentan las especies más abundantes para las cinco áreas de estudio.

Cuadro 7. Especies más abundantes de Regeneración Natural para las cinco áreas de estudio; Dos Puente, Rumizhitana, Villonaco y Zamora Huayco.

Nombre Científico	**Abundancia (%)**				
	Dos Puentes	**Rumizhitana**	**Villonaco**	**Santiago**	**Zamora Huayco**
Acalypha stenoloba Mull. Arg.	-	-	-	51	-
Bejaria resinosa Mutis ex L.f.	-	-	22	-	-
Calyptrantethes sp.	-	2	-	-	-
Cestrum tomentosun L.f	-	-	-	12	-
Clethra revoluta (Ruiz &Pav.) Spreng	4	-	14	-	-
Clusia elliptica Kunth.	1	3	1	-	-
Gaultheria reticulata Kunth	-	-	13	-	-
Geissanthus vanderwerffii Pipoly	-	13	-	-	-
Macleania poortmannii Drake	-	-	13	-	-
Macleania rupestris (Kunth) A.C. Sm.	40	-	-	-	5
Macrocarpaea sp.	-	-	-	-	5
Maytenus sp.	-	-	1	-	21
Myrsine andina (Mez) Pipoly	16	-	1	-	-

Cuadro 7… Continuación

Oreopanax rosei Harms	-	-	1	6	-
Palicourea anceps Standl.	8	-	-	-	-
Piper bogotense C.DC.	-	77	1	6	32
Piper pubinervolum C. DC.	5	-	-	-	-
Siparuna aspera (R. &P.) A. DC.	-	-	-	9	-
Solanun oblongifolium Dunal	-	-	-	7	-
Ternstroemia sp	-	-	5	-	-
Tibouchina laxa (Desr.) Cong.	-	2	1	-	-
Viburnum triphyllum Benth.	-	1	2	-	26

En el cuadro 7, se indica las especies con mayor abundancia para cada sitio en Rumizhitana y Zamora Huayco es *Piper bogotense* C.DC quien registró los valores más altos 77 % y 32 % respectivamente, sin embargo Villonaco y Santiago presentaron los valores más bajos 1 % y 6 % para cada sitio. *Viburnum triphyllum* Benth., estuvo presente en tres sitios Rumizhitana, Villonaco y Zamora Huayco siendo este último sector el que registró mayor abundancia (26 %) para esta especie. Para el sector de los Dos Puentes *Macleania rupestris* (Kunth) A.C. Sm es la especie más abundante con 40 %, no obstante Zamora Huayco también registró esta especie pero con un valor bajo 5 %.

Las especies con mayor probabilidad de encontrarlas para cada sitio se las indica en el cuadro 8.

Cuadro 8. Especies con los valores más altos de frecuencia para los sitios de Dos Puentes, Rumizhitana, Villonaco, Santiago y Zamora Huayco.

Nombre Científico	**Frecuencia (%)**				
	Dos Puentes	**Rumizhitana**	**Villonaco**	**Santiago**	**Zamora Huayco**
Acalypha stenoloba Mull. Arg.	-	-	-	19	-
Bejaria resinosa Mutis ex L.f.	-	-	33	-	-
Boehmeria sp.	-	2	-	-	-
Cestrum tomentosun L.f	-	-	-	13	-
Clethra revoluta (Ruiz &Pav.) Spreng	3	-	32	-	-
Clusia elliptica Kunth.	2	4	1	-	-

Cuadro 8… Continuación

Gaultheria reticulata Kunth	-	-	18	-	-
Geissanthus vanderwerffii Pipoly	-	14	-	-	-
Ilex rupicola Kunth.	-	-	12	-	-
Macleania poortmannii Drake	-	-	33	-	-
Macleania rupestris (Kunth) A.C. Sm.	24	-	-	-	2
Macrocarpaea sp.	-	-	-	-	2
Maytenus sp.	-	-	1	-	6
Myrsine andina (Mez) Pipoly	17	-	6	-	-
Oreopanax rosei Harms	-	-	2	10	-
Palicourea anceps Standl.	8	-	-	-	-
Piper bogotense C.DC.	-	52	1	2	8
Piper pubinervolum C. DC.	4	-	-	-	-
Siparuna aspera (R. &P.) A. DC.	-	-	-	15	-
Solanun oblongifolium Dunal	-	-	-	8	-
Tibouchina laxa (Desr.) Cong.	-	4	2	-	-
Viburnum triphyllum Benth.	-	2	6	-	8
Weinmannia glabra L.f.	4		-	-	-

Además de las dos especies más abundantes citadas en el cuadro 7 son las que también presentaron mayor probabilidad de encontrarlas. *Piper bogotense* C.DC se la registró en cuatro áreas de estudio donde Rumizhitana presentó los valores más altos 52 % mientras que el Villonaco el número más bajo 1 %, a esta también se suma *Viburnum triphyllum* Benth., se la encontró presente en tres áreas de estudio Zamora Huayco (8 %), Villonaco (6 %) y Rumizhitana (2 %), adicionalmente *Clusia elliptica* Kunth., misma que estuvo presente en 3 sitios de estudio, cabe indicar que *Bejaria resinosa* Mutis ex L.f. es una de las especies con mayor probabilidad de registrarla para el sector del Villonaco (33 %). Hay que resaltar que el sector de Villonaco presentó mayor número de especies en comparación a los demás sitios.

4.1.3. Diámetro basal de la regeneración natural

En lo que respecta al diámetro basal, considerando las áreas de estudio se evidencia que la mayoría de las especies se encuentran en el rango de 10,01 a 20,00 mm de DAB, como se

indica en el figura 8, sin embargo existen áreas como Santiago que no registró individuos con diámetros entre 30,01 a 40,00 mm (Apéndice 3).

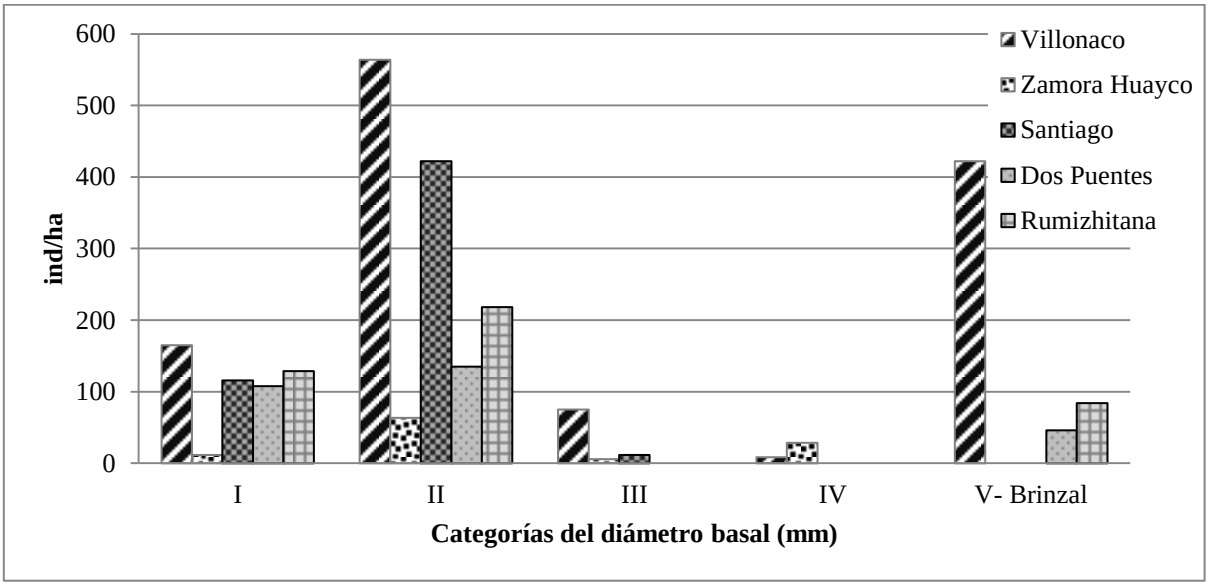


Figura 8. Categorías del diámetro basal de la regeneración natural en los sitios de Villonaco, Zamora Huayco, Santiago, Los Dos Puentes y Rumizhitana.

Existen más individuos agrupados en la categoría I y II, la categoría IV presenta la menor cantidad de individuos. Sin embargo dentro de la categoría V-Brinzal el sitio que más datos reportó es Villonaco en comparación a Zamora Huayco y Santiago que no reportaron individuos para esta categoría.

4.1.4. Alturas de la regeneración natural

En la figura 9, se indica las alturas la regeneración natural en los sitios analizados, como se puede observar que el Villonaco posee el mayor número de ind/ha en el rango de >2 m y < a 5 cm de DAB correspondiente a brinzales. Mientras que Zamora Huayco y Santiago no registran individuos en el rango de 5 a 50 cm de altura (Apéndice 4).

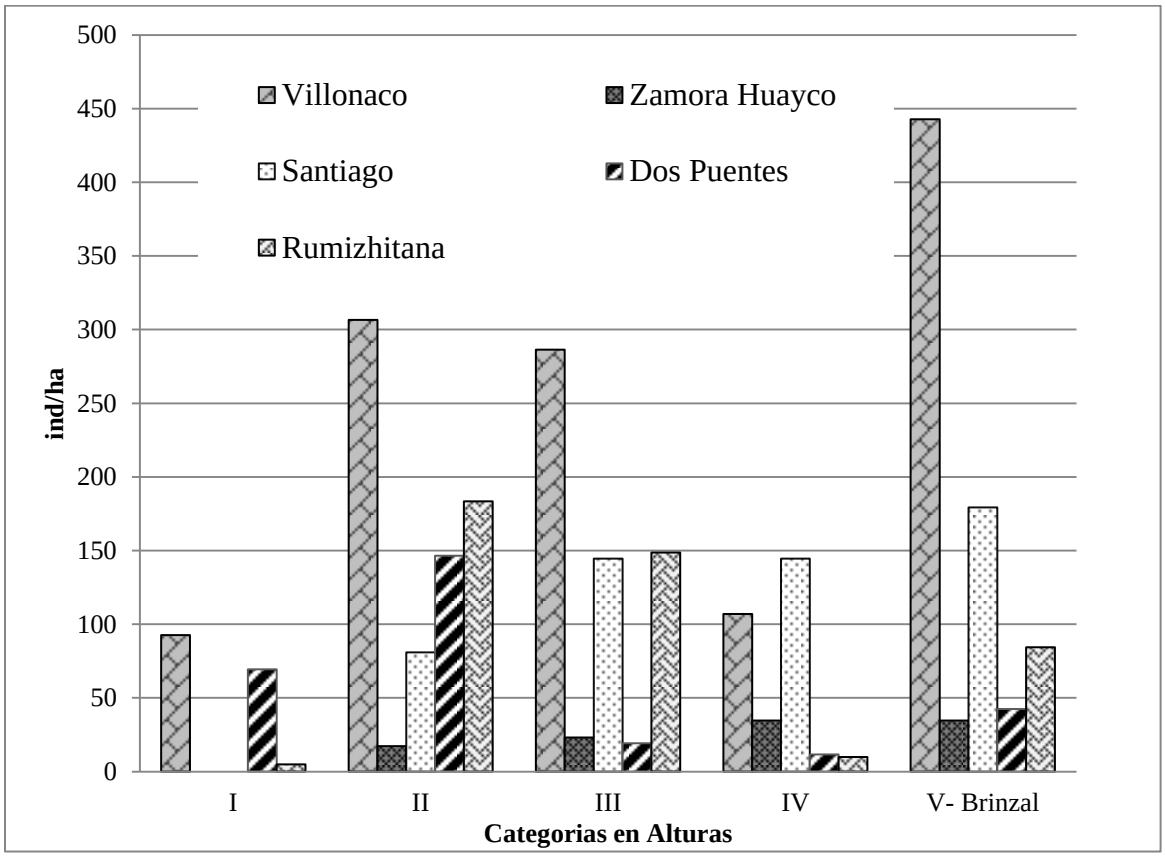


Figura 9. Categorías en alturas de la regeneración natural en los sitios de Villonaco, Zamora Huyaco, Santiago, Los Dos Puentes y Rumizhitana

La regeneración natural está agrupada en tres categorías principales II, III lo que se ubican en plántulas en pleno crecimiento además existe un número significativo en la categoría correspondiente a Brinzal sin embargo la categoría que presentó el menor número de individuos es la I que corresponde a plántulas de 5 a 50 cm de altura.

4.1.5. Estado fitosanitario de la regeneración natural

En la figura 10, representa la calidad del estado fitosanitario de la regeneración natural en las diferentes áreas de estudio.

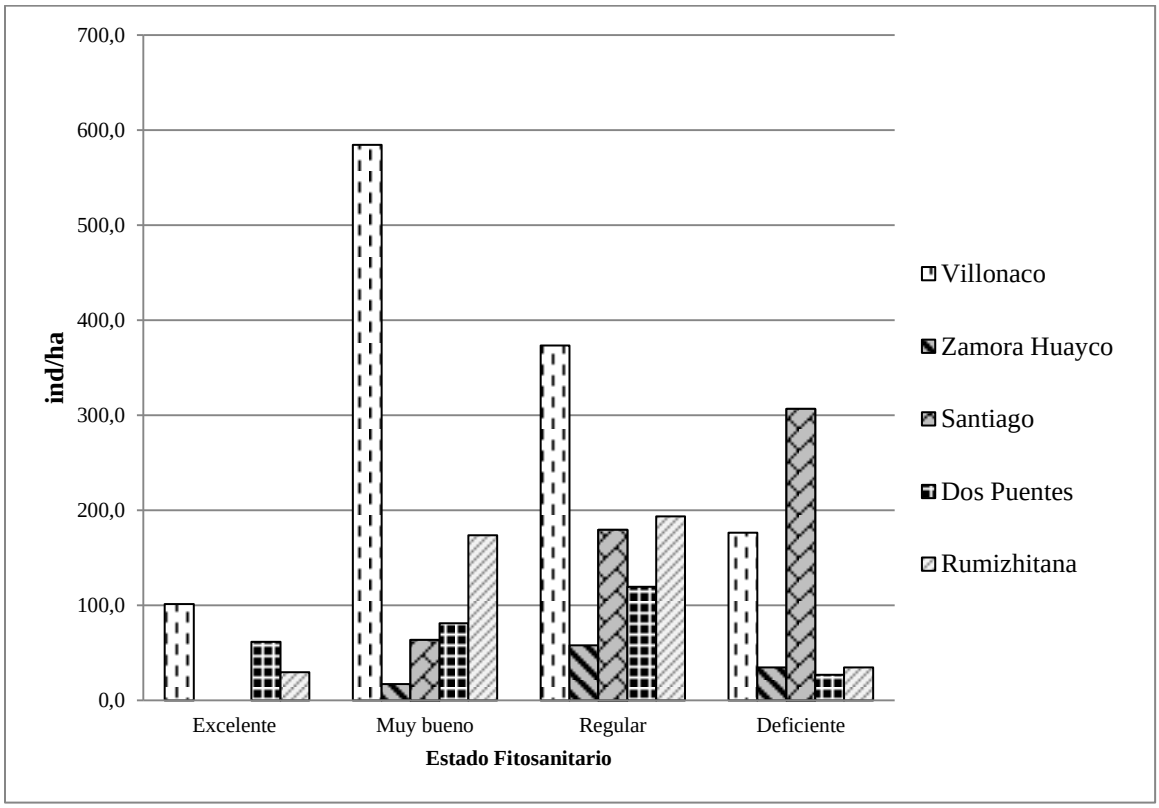


Figura 10. Categorías del estado fitosanitario de la Regeneración Natural en sitios de Villonaco, Zamora Huayco, Santiago, Los Dos Puentes y Rumizhitana.

La figura 10 se puede visualizar que en la categoría excelente, el Villonaco y Los Dos Puentes poseen los valores más altos, también se puede identificar que existe un número considerable de especies en el estado deficiente en los sitios de Santiago y Villonaco (Apéndice 5) finalmente la mayoría de las especies de todos los sitios están agrupadas en la categoría Muy bueno.

A continuación en la figura 11 se indica el análisis de varianzas donde se aplicó el Modelo lineal generalizado mixto de Poison para cada sitio utilizando el número de individuos registrados. Los resultados totales se indican en el apéndice 8.

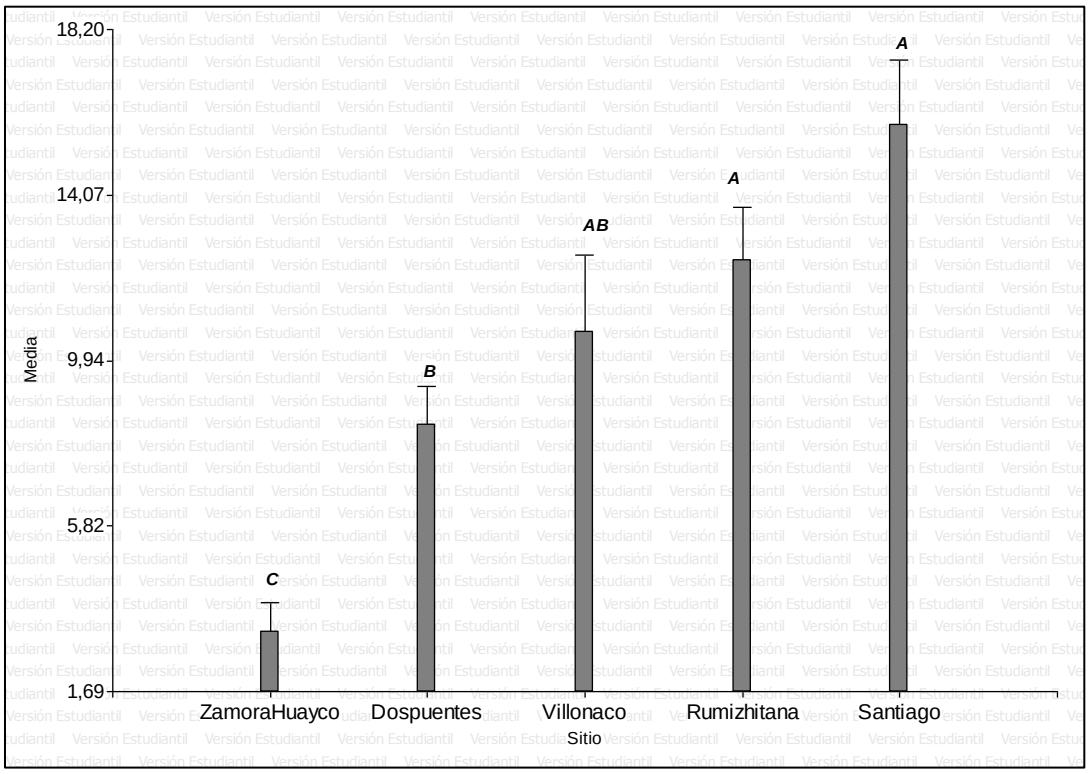


Figura 11. Diferencias significativas utilizando la media del número de individuos para cada lugar. Letras diferentes significa que existe diferencia estadística significativa al nivel 0,05.

En la figura anterior se puede identificar que Santiago (A), Rumizhitana (A) y Villonaco (AB) no son significativamente diferentes. Dos Puentes no es diferente a Villonaco pero al resto de los sitios posee una diferencia marcada. Zamora Huayco (C) es significativamente diferente con respecto a los demás sitios.

Con los datos obtenidos se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener, el cual se muestra en el cuadro 9. Este índice se lo cálculo para las diferentes sitios de muestreo.

Cuadro 9. Diversidad de especies utilizando el índice de Shannon-Wiener calculado para cada sitio de estudio.

Sitio	Shannon-Wiener	Interpretación
Dos puentes	**2,20**	Diversidad media
Rumizhitana	0,85	Diversidad baja
Santiago	1,79	Diversidad media
Villonaco	**2,69**	Diversidad media
Zamora Huayco	1,66	Diversidad media

A través del índice de Shannon Wiener (Diversidad), indica que existe una diversidad media para cuatro sitios de estudio. Villonaco posee el índice de diversidad más lato (2,69) que equivale a una zona de diversidad media mientras que Rumizhitana tiene un índice de 0,85 equivalente a bajo de poca importancia en términos de diversidad biológica.

4.2. Identificación de los Principales Factores Ambientales que Condicionan la Regeneración Natural en las Plantaciones de *Pinus patula* (pino) y Rodales Naturales de *Alnus acuminata* (aliso) en la Región Sur del Ecuador

4.2.1. Apertura del dosel y cantidad de luz que ingresa al sotobosque

En la figura 12 se presenta la distribución de la apertura del dosel en los diferentes sitios de estudio. En el apéndice 6 se presenta los valores totales de apertura del dosel que se registró en las parcelas estudiadas.

El área de Rumizhitana presenta doseles más abiertos (43,36 %) en comparación con los otros sitios, seguido de Santiago (30,1 %) y los Dos Puentes (29,52 %) y con el dosel más cerrado están dos sitios Villonaco (26,37 %) y Zamora Huayco (21,98 %).

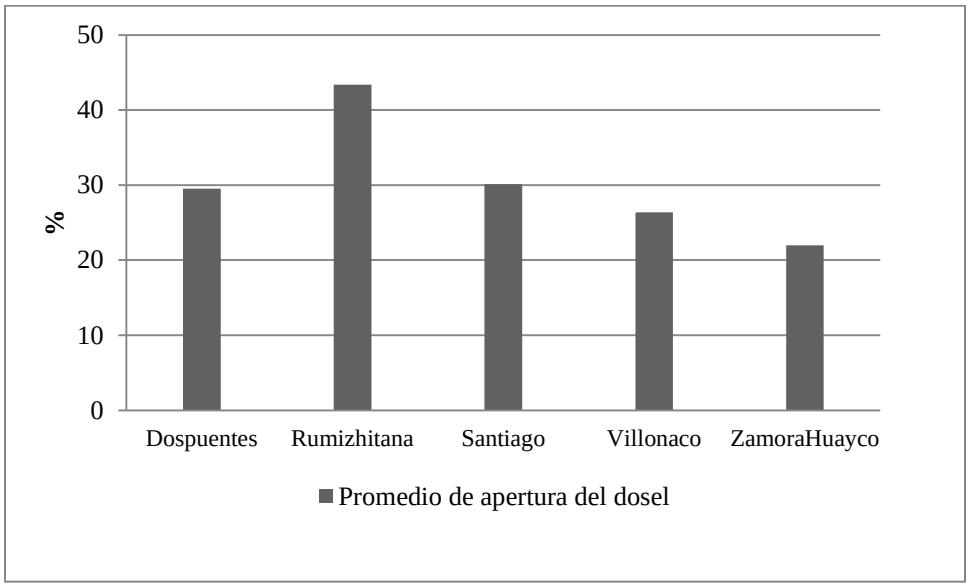


Figura 12. Promedio de apertura del dosel en los cinco sitios de estudio.

En la figura 13 se muestra la distribución de la luz en las áreas de estudio. En el apéndice 6 se presenta los valores de la transmisión de luz directa, difusa y total que se registró en las parcelas estudiadas.

El promedio de trasmisión de luz directa más altos se los registró en Rumizhitana y Villonaco (45,71 %) y (38,45 %) respectivamente y con los valores más bajos están en Santiago (33,28 %) y Zamora Huayco (33,05 %).

El porcentaje de luz difusa más altos se ubicó en Rumizhitana (40,27 %) y Villonaco (32,31 %), y con los más bajos en los Dos Puentes y Santiago (29,20 %) y (27,46 %) respectivamente.

El porcentaje de luz total para los sitios de Rumizhitana y Villonaco (42,94 %) y (35,22 %) respectivamente que presentaron los valores más altos sin embargo Santiago (30.21 %) y Zamora Huayco (30.95 %) registraron los valores más bajos.

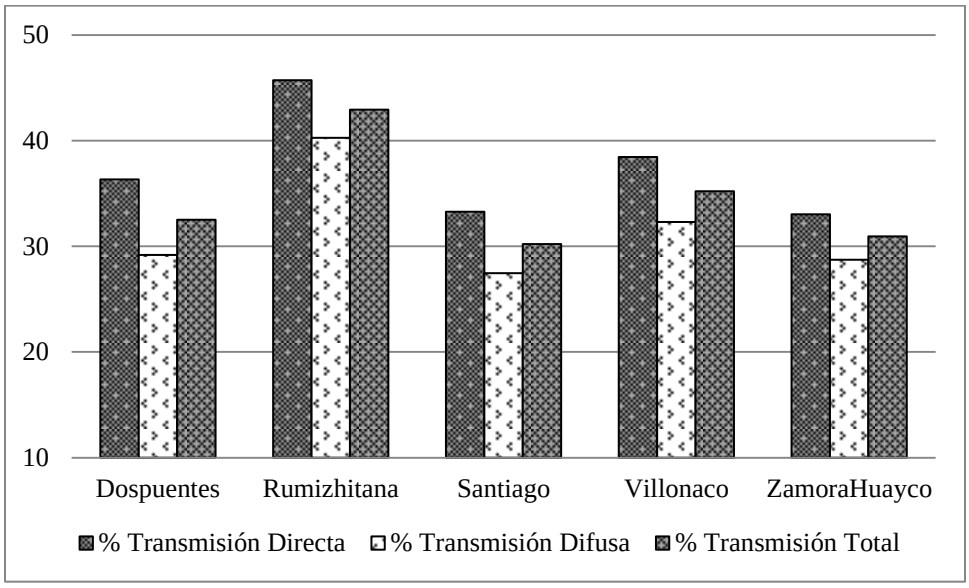


Figura 13. Distribución de los valores de la cantidad de luminosidad que ingresa al sotobosque misma que se desglosa en directa difusa y total. Analizados mediante el software Gap Light Analyzer.

4.2.2. Temperatura y humedad relativa

En la figura 14 se muestra la distribución de la temperatura y la humedad relativa en las áreas de estudio. En el apéndice 7 se presenta los valores de humedad relativa y temperatura que se registró en las parcelas estudiadas.

El promedio de humedad relativa más alto lo registró Villonaco (89,46 %) seguido de los Dos Puentes (87,34 %). Santiago y Zamora Huayco poseen valores casi similares (84,6 %) y (84,5 %) respectivamente y Rumizhitana el valor más bajo (79,6 %).

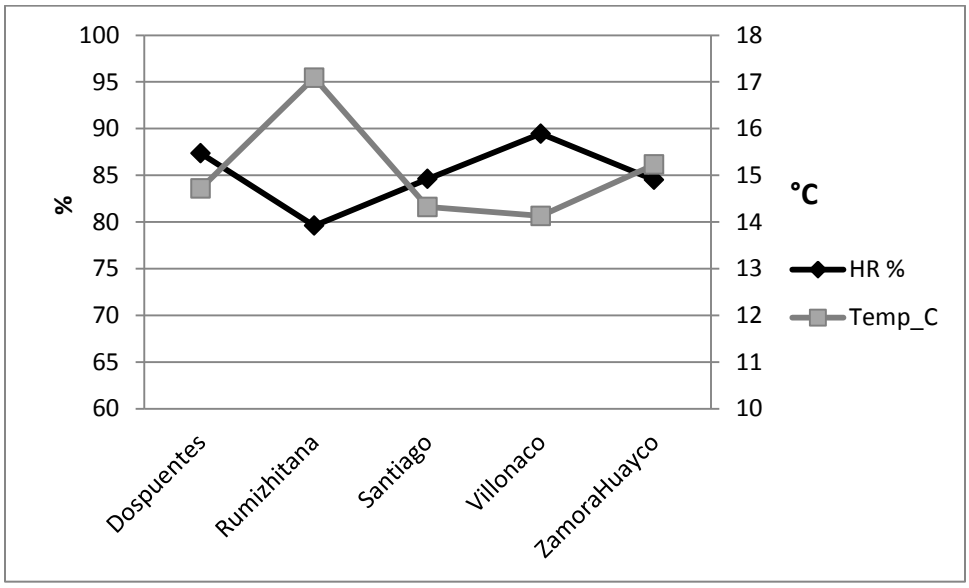


Figura 14. Distribución de los valores de Humedad Relativa y Temperatura en los sitios de Dos Puentes, Rumizhitana, Santiago, Villonaco y Zamora Huayco.

El promedio de temperatura más alto lo registro Rumizhitana (17,09 °C) y Zamora Huayco (15,23 °C). Los sitios de Dos Puentes (14,72 °C), Santiago (14,32°C) y Villonaco (14,13°C) registraron los valores más bajos de temperatura.

4.2.3. Influencia de los factores ambientales en la regeneración natural

En el cuadro 10, se presenta las correlaciones entre las variables de transmisión de Luz, apertura del dosel, humedad relativa, temperatura con la regeneración natural, tomando en cuenta las categorías de estado fitosanitario, diámetro, altura y la densidad.

En general las asociaciones entre las variables fueron de tendencias positivas y negativas con intensidades bajas, es decir poco significativas, sin embargo existe una correlación positiva entre las variable de apertura del dosel con el estado fitosanitario categoría II que corresponde a Muy Buena ($r=0,49$ $p= 0,0057$ con $\alpha= 0,05$), de igual manera con dos categorías de altura II ($r=0,37$ $p= 0,0418$ con $\alpha= 0,05$), y categoría III ($r=0,46$ $p= 0,0094$ con $\alpha= 0,05$).

Así mismo existe una correlación baja y poco significativa entre la transmisión de luz con el estado fitosanitario II (Muy Buena) de igual manera con la categoría diamétrica I, y con las alturas I y II.

Finalmente la variablede humedad relativa posee una correlación negativa (r= -0,5 p=0,004 con α= 0,05) con la altura categoría III es decir con plántulas que van desde 100,1 a 150 cm de altura.

Cuadro 10. Correlaciones de Pearson entre las variables de transmisión de luz, apertura del dosel, humedad relativa y temperatura con la regeneración natural, tomando en cuenta la densidad (n_ind), las categorías de Estado Fitosanitario (Ef), diámetro (d) y la altura (h), los valores en negrita son aquellos con una diferencia significativa.

Variables	**Transmisión de Luz**		**Apertura del Dosel**		**Temperatura**		**Humedad Relativa**	
	Person	**p-valor**	**Person**	**p-valor**	**Person**	**p-valor**	**Person**	**p-valor**
n_ind	0,19	0,3121	0,36	0,0464	0,02	0,9063	-0,18	0,3214
EF_I	0,08	0,6581	0,06	0,7491	0,04	0,8271	0,05	0,786
EF_II	**0,35**	**0,0501**	**0,49**	**0,0057**	0,26	0,1644	-0,19	0,3131
EF_III	0,34	0,0615	0,4	0,0245	0,17	0,3738	-0,28	0,1317
EF_IV	-0,2	0,2741	-0,02	0,9106	-0,29	0,1143	-0,01	0,961
D_I	**0,39**	**0,0292**	0,39	0,0289	0,12	0,5287	-0,28	0,1338
D_II	0,11	0,5511	0,21	0,2627	-0,05	0,7941	-0,23	0,2153
D_III	-0,13	0,4922	-0,01	0,9533	-0,16	0,3791	0,06	0,7555
D_IV	-0,1	0,5768	-0,31	0,0853	2,4E-03	0,9899	-0,03	0,8865
D_V	-0,01	0,9694	0,21	0,2561	0,07	0,6993	0,17	0,3748
h_I	0,05	0,7961	-0,14	0,4641	-0,17	0,3527	0,33	0,0728
h_II	**0,43**	**0,0151**	**0,37**	**0,0418**	0,22	0,2347	-0,28	0,1262
h_III	**0,4**	**0,024**	0,46	0,0094	0,28	0,1291	**-0,5**	**0,004**
h_IV	-0,23	0,2166	-0,02	0,9163	-0,28	0,1317	-0,02	0,9128
h_V	-0,15	0,4242	0,13	0,4696	-0,12	0,5322	0,12	0,5312

En la Figura 15, se indica el análisis de los componentes principales de las variables respecto al número de individuos, con una variación muestreal de 76,6 %, en el eje CP1 con 55,9 % de la variabilidad total mientras que el CP2 explica el 20,7 %.

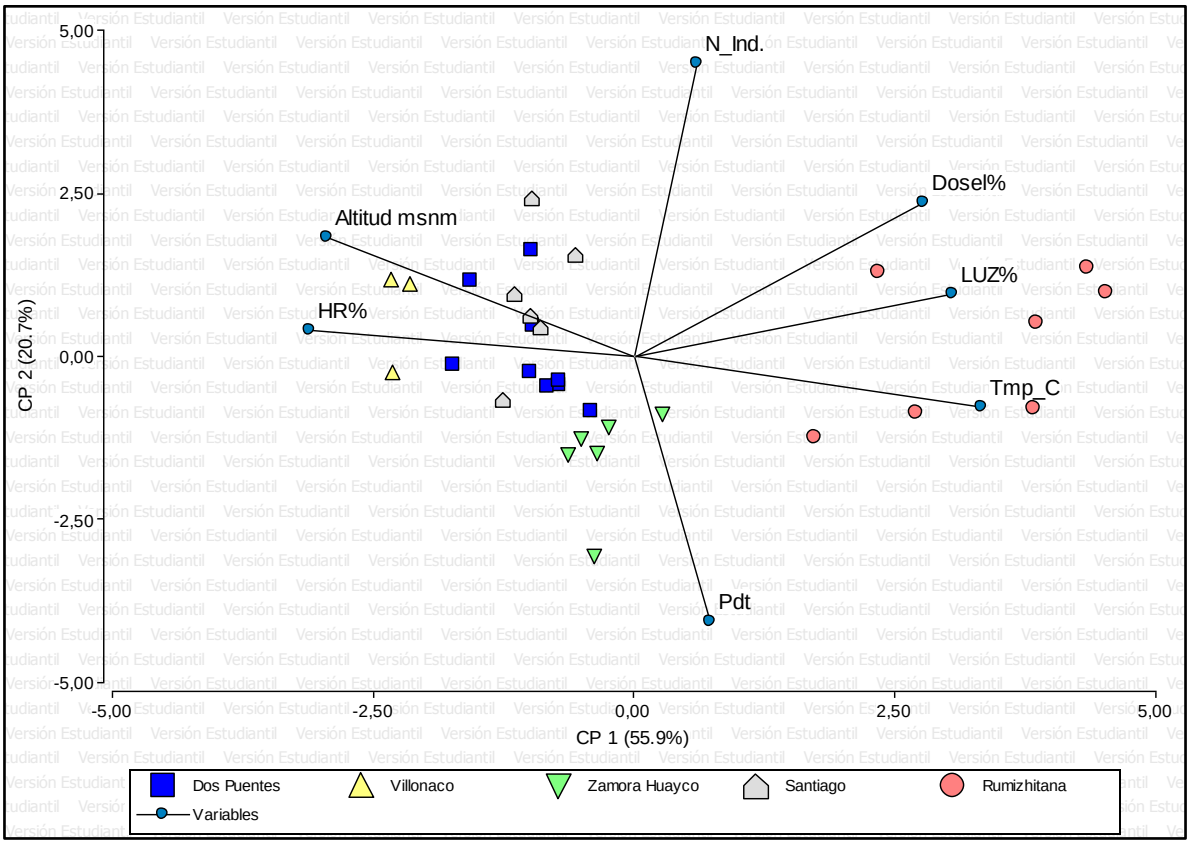


Figura 15. Biplot de las variables en el espacio de los componentes principales para cada área de estudio. Tomado en cuenta la pendiente (Pdt), Temperatura (Tmp_C), Humedad Relativa (HR), el porcentaje de luz y dosel, y la densidad (n_Ind).

De acuerdo al análisis de componentes principales las variables de apertura del dosel, luz y temperatura muestran un ángulo pequeño dando una alta correlación entre ellas, estas separa al sito de Rumizhitana de los demás. Mientras que la variable de humedad relativa y altitud agrupan a los cuatro sitios restantes. La variable de pendiente no está nada correlacionada con la variable número de individuos, de igual manera se observa una correlación negativa entre estas dos variables.

5. DISCUSIÓN

5.1. Composición Florística de la Regeneración Natural

Las plantaciones forestales han sido objeto de gran discusión en torno a sus impactos sobre el medio ambiente, en especial cuando se realizan con especies introducidas a las zonas neotropicales (FAO, 1986; Pinilla y Suárez, 1998) sin embargo el pino ha recibido mucha atención a pesar de sus consecuencias ecológicas negativas, altas pérdidas por incendios forestales, pobre calidad de su madera y tasas internas de retorno muy bajas, de igual manera el aliso es una especie nativa y es reconocida por su capacidad de colonizar sitios recientemente perturbado (Carrilla y Grau, 2011).

El número de especies registrado en cada sitio fue variable, siendo el Villonaco donde se registró mayor cantidad de individuos y de especies. En cuanto a la densidad y abundancia *Piper bogotense* , presentó los valores más altos y se encuentra presente en cuatro sitios de estudio sin embargo es diferente para los Dos Puentes donde no hubo registros de esta especie, Garibello (2003) sostiene que ésta especie cumple un papel determinante en la regeneración del bosque secundario, ya que son capaces de retoñar, tanto en los troncos como en los tejidos subterráneos. *Viburnum triphyllum* fue otra de las especies que se repitió en tres sitios de estudio Villonaco, Rumizhitana y Zamora Huayco .Esto tiene concordancia con lo manifestado por Ayma y Padilla (2009) en el sentido de que los bosques tienen la capacidad de auto regeneración frente a cambios producidos ya sea por la dinámica propia del bosque o por acción del hombre, permitiendo que especies propias del sotobosque se recuperen, y, mantengan sus hábitos de crecimiento normal.

En lo que respecta a la frecuencia las especies con mayor probabilidad de encontrarlas además de *Piper bogotense* y *Viburnum triphyllum* como se mencionó anteriormente, existe otras especies como *Clusia elliptica* y *Bejaria resinosa*. Finegan (2007) manifiesta que trabajar con la composición florística de la regeneración natural en los primeros estadíos constituye un reto debido a que una de las principales características de los bosques

tropicales es su heterogeneidad, por lo tanto se pueden encontrar diferentes composiciones florísticas de un sitio a otro.

En lo referente a la biodiversidad se encuentran en una diversidad media siendo Rumizhitana la que registro una diversidad baja esto puede deberse a que en este sitio existía la presencia de animales rumiantes (ganado) mismos que alteraban la composición florística del lugar.

Para finalizar estadísticamente si hubo diferencia entre los cinco sitios estudiados siendo los más homogéneos Villonaco, Rumizhitana, Santiago y Dos Puentes mismos que fueron donde se registró mayor cantidad de individuos. Zamora Huayco presentó una diferencia marcada frente a las otras áreas de estudio.

5.2. Alturas y Diámetro Basal de la Regeneración Natural

Según Jaramillo y Muñoz (2009) el crecimiento de plántulas está relacionado con el nivel de competencia por luz, disponibilidad de agua y minerales, capacidad fotosintética y niveles de depredación (Mostacedo y Pinard, 2001).

En lo que concierne al crecimiento de la regeneración natural la mayoría de las especies se agruparon en la categoría de plántulas en crecimiento. Para Hoyos *et al*. (2011), para que las plántulas alcancen el estado adulto se requiere de una combinación de variables ambientales y biológicas y que, la precipitación, el aporte de sedimentos y la luz desempeñan un papel importante en el proceso de la regeneración natural de las especies. Delgado (2007) sostiene que este aumento en densidad de individuos y de especies está sujeto a una serie de factores que podrían disminuir su densidad futura puesto que en los primeros estadíos las plántulas son más sensibles a la mortalidad a causa de la competencia con especies pioneras e invasoras.

Los brinzales encontrados dentro de la plantación no alcanzan alturas mayores a 2 m. Bajo las plantaciones de pinos es común encontrar brinzales de árboles cuyas semillas fueron traídos por animales. No se trata de que el pinar sea el ambiente más favorable, pero la

mayoría de los animales dispersores de semillas, especialmente aves usan el bosque como un refugio (PROFORCA, 1991).

En lo que concierne al diámetro en las categorías menores hubo mayor número de individuos y un menor número en las categorías mayores. Cabe indicar que los individuos que se alojan en las en categoría II corresponde a plántulas de diámetro entre 10,01 a 20,01 mm que están en pleno crecimiento, y en las categorías mayores correspondiente a brinzales, para Lamprecht (1990) se debe a que cuando las plantas de regeneración comienzan a pasar de una fase a otra, estas empiezan a surgir y estructurarse para pasar a ocupar posiciones importantes en el dosel.

5.3. Calidad de la Regeneración Natural

La mayoría del estado fitosanitario de la regeneración natural se encontró en las categorías "muy bueno" y "regular", pero existieron plantas atacadas por insectos y plagas. Jaramillo y Muñoz (2009) en un estudio similar realizado en la Estación Científica San Francisco en áreas intervenidas también encontraron la regeneración natural en un estado buena y regular lo que le atribuyen a que las intensidades de las intervenciones silviculturales no fueron lo suficientes para mejorar y encontrar grandes diferencias en el estado fitosanitario de la regeneración natural.

Cabe indicar que el existieron sitios como Rumizhitana y Santiago donde el ingreso de ganado produce daños en las plántulas por consecuencia del ramoneo y pisoteo, siendo este uno de los problemas más importantes de la regeneración. También se observan ramas rotas, que se pueden deber en gran probabilidad al viento y caídas de ramas de los árboles superiores.

Así mismo, también existieron sitios que presentaron un estado fitosanitario deficiente esto se registró en Santiago y Villonaco. La razón a este comportamiento puede ser explicado por la mayor densidad de regeneración natural existente en las áreas intervenidas.

Mostacedo y Pinard (2001) citado por Jaramillo y Muñoz (2009) señalan que a medida que aumenta la abundancia de plántulas de regeneración natural varias especies vegetales son atacadas por insectos defoliadores y pulgones en etapas juveniles.

5.4 Influencia de los Factores Ambientales en la Regeneración Natural

El sector de Rumizhitana presentó doseles más abiertos en comparación de los demás sitios. Existen varios factores que provocan la apertura del dosel, tales como el viento, extracción de madera (Manzanero y Pinelo, 2004) y caída de árboles. Los claros creados por la caída de los árboles pueden contribuir al mantenimiento de la alta riqueza de especies en los bosques tropicales, ya que estas perturbaciones crean oportunidades para la diferenciación de nichos y favorecen a la regeneración y al crecimiento de una gama más amplia de especies (Fredericksen *et al.*, 2001).

Jaramillo y Muñoz (2009) en la Estación Científica San Francisco encontraron valores de apertura bajos entre 11,84 % y 17,11 % en comparación con los valores de apertura del dosel encontrados en nuestro estudio que van desde 14,58 % a 50,78 % esto se debe principalmente que en zonas intervenidas los doseles son más abiertos comparados con bosque nativos (Lamprecht 1990). Además el dosel se abre un 1% a 5% cada año por la caída de árboles y ramas está formación de claros brinda la oportunidad para que nuevos árboles se eleven hacia el dosel y para la continuidad de la existencia de especies pioneras dentro del bosque (Fredericksen *et al.*, 2001).

La influencia de la apertura del dosel sobre la regeneración natural no presentó correlaciones significativas que permitan afirmar la influencia de los claros sobre la regeneración natural, por lo tanto se puede deducir que existen otros factores más importantes que los claros de bosque en el desarrollo de la regeneración natural (Jaramillo y Muñoz 2009). Sin embargo existe una correlación positiva entre el dosel y el estado fitosanitario de plantas con lesiones en un 25 % del área foliar es decir es poca la afección

de las plagas e insectos. Aguirre y Weber (2008) evidenció que las plántulas que poseen mejor estado de salud en los claros frente a dosel cerrado.

Las especies forestales están influenciada por la disponibilidad de luz, formación de claros y competencia con las especies pioneras del bosque (Denslow, 1987; Canham, 1989; Pariona *et al*., 2003). Jaramillo y Muñoz (2009) sostiene que son pocas las investigaciones relacionadas al conocimiento de las necesidades de iluminación en los bosques (Díaz 1995), a esto se suma el desconocimiento sobre el comportamiento diferente de la regeneración natural en cuanto a requerimientos de luz en especial en individuos de regeneración en sus primeros estadíos de desarrollo.

La luz se considera como una de las variables medioambientales de mayor importancia en los procesos de regeneración dentro de los ecosistemas boscosos (Melo y Vargas, 2001). Los resultados mostraron que los mayores niveles de luz se los encontraron en Rumizhitana en comparación con los demás sitios de estudio. En la etapa de la regeneración natural existe una gran competencia por luz, nutrientes y espacio con la vegetación herbácea, los brinzales adyacentes y en ocasiones con el arbolado adulto (Guadalupe 2001).

Para Hoyos *et al.*, (2011) las plántulas se pueden adaptar al medio ambiente del sotobosque sombreado, mientras que los árboles maduros se desempeñan mejor a plena exposición de la luz. No obstante, las pláNtulas con diámetros pequeños aunque crecen lento por el hecho de estar suprimidos y poca disponibilidad del recurso luz, podrían aumentar sus tasas de crecimiento al ocurrir una abertura en el dosel del bosque (Hutchinson, 1993).

Finalmente no se encontró evidencia que apoye que la apertura de luz sea la causa de mayor regeneración, si esto hubiera sido correcto, Rumizhitana debería tener el mayor número de individuos y probablemente más especies también.

De acuerdo a Spurr y Barnes (1982) el clima al estar influenciado por la humedad, la precipitación, los vientos y la temperatura (radiación solar) generan espacios territoriales con condiciones ambientales particulares de humedad y luminosidad que son

indispensables para la germinación de las semillas. Los valores estadísticos no encontró correlaciones significativas en lo que concierne a temperatura y humedad con la regeneración natural cabe indicar que esto se puede deber al tiempo de la medición fue corto de tres meses. Sin embargo los valores más alto de temperatura se registró en Rumizhitana mismo que como se mencionó anteriormente posee doseles más abiertos esto explicaría la obtención de estos valores. Vita y Hernández (2004) encontraron cambios de temperatura y humedad ambiente registradas con la apertura de sotobosque.

6. CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones a las que se llegó con la presente investigación.

- La regeneración natural bajo plantaciones de pino y rodales naturales de aliso es mínima en comparación a otros bosques, esto se le atribuye principalmente a que estas zonas son intervenidas por actividades agrícolas mismas que con sus efectos disminuyen el crecimiento de las plántulas sin embargo las especies con mayor probabilidad de encontrarlas en los sitios de estudio fueron *Piper bogotense*, *Viburnum triphyllum*, *Bejaria resinosa* y *Clusia elliptica*, especies que se consideran pioneras en un bosque intervenido.

- La regeneración natural corresponde a plántulas en crecimiento con un estado fitosanitario aceptable debido a que el 35 % de especies se alojaron en la categoría regular lo que significa que la sucesión del bosque es buena, y la mayoría de los sitios poseen una diversidad media, y estadísticamente se encontró diferencias entre los sitios de estudio en lo que concierne al número de individuos siendo Zamora Huayco el que presentó diferencia marcada frente a los demás sitios.

- La influencia de: apertura del dosel, cantidad de luminosidad que ingresa al sotobosque temperatura y humedad no influyó de manera significativa en el desarrollo de la regeneración natural esto se debe a que no se encontró correlaciones significativas con variables de la regeneración natural pero las mejores condiciones de luz se las encontró en Rumizhitana y en el Villonaco se encontró las mejores condiciones en lo que respecta a Humedad.

- Finalmente de acuerdo al análisis de componentes principales las variables de apertura del dosel, luz y temperatura con respecto al número de individuos agrupa a

Rumizhitana es decir existe un correlación entre ellas, la variable de humedad relativa y altitud agrupan a los cuatro sitios restantes.

7. RECOMENDACIONES

Al terminar está investigación se puede dar las siguientes recomendaciones

- Continuar con los estudios de la dinámica de la regeneración natural bajo plantaciones forestales de pino y rodales naturales de aliso debido a que este tipo de investigación necesitan medirse anualmente y generar resultados a largo plazo.

- Indagar otros factores ambientales que condicionan la regeneración natural, como precipitación y las características físicas y químicas del suelo mismos que son factores determinantes para el establecimiento y crecimiento de las especies.

- Realizar investigaciones exclusivas sobre regeneración natural después del tratamiento silvicultural para conocer el cambio de los factores ambientales como luz y apertura del dosel.

- Replicar este tipo de estudios en otros plantaciones forestales del país, con diferentes características ambientales para conocer la respuesta de la regeneración natural, así se puede recopilar mayor información que sirva como base para el planteamiento de políticas encaminadas a la protección y conservación de los recursos naturales.

8. BIBLIOGRAFIA

Aguirre N., S.Günter, M. Weber y B. Stimm. 2 006. Enriquecimiento de plantaciones de *Pinus patula* con especies nativas en el sur del Ecuador. Revista Lyonia10 (1):33-45.

Aguirre **N.,** Weber, M. 2008. Enriquecimiento de plantaciones forestales como herramienta para la rehabilitación de ambientes degradados en la Región Sur Ecuatoriana. Naturaleza y Desarrollo Agrario. Revista Científica del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, UNL, Ecuador, Ed. Nr. 1, Febr. 2008, 39-47.

Aguirre, Z., Aguirre N. 1999. Guia para desarrollar estudios de Comunidades vegetales. Departamento de Botánica y Ecología. Herbario Loja 30 p.

Ayma A., Padilla E. 2009. Efecto de la tala de Podocarpus glomeratus (Podocarpaceae) sobre la estructura de un bosque de neblina en los Andes (Cochabamba, Bolivia). Disponible en: http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/ v16n1/a09v16n1.pdf (Consultado 12 de abril, 2014).

Bazzaz, F. 1 991. Rain forest regeneration and management, regeneration of tropical forest: physiological responses of pioneer and secondary species. p. 91-114.

Bueso, R. 1 997. Establecimiento y manejo de regeneración natural, EMAPIF. Yanaranguita, La Esperanza, Honduras. 74 p.

Calva, O., Beltrán, G. 2 005. Impacto de la Luz sobre Regeneración Natural de Podocarpáceas en los Bosques de San Francisco y Numbala. Tesis Ing. For. U.N.L. Loja, Ecuador. 174 p.

Canham, C. 1989. Different responses to gaps among shade tolerant tree species. *Ecology*, 70: 548–550.

Cañadas Cruz, L. (1983). EL Mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. Quito: Ministerio de Agricultura y Ganadería, Programa Nacional de Regionalización (PRONAREG).

Cárdenas, C., Castro, A. 2002. Evaluación del comportamiento actual de la regeneración natural de tres especies forestales (Lonchocarpus minimiflorus, Tabebuia chrysantha, Lysiloma seemonnii) en el bosque seco tropical de Nandarola, Granada. 60 p.

Carilla, Julieta, & Grau, Ricardo. (2011). Tendencias sucesionales de los bosques montanos subtropicales del noroeste argentino. Bosque (Valdivia), 32(2), 97-111. Recuperado en 5 de mayo de 2014, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002011000200001&lng=es&tlng=pt. 10.4067/S0717-92002011000200001.

Productos forestales del Oriente (PROFORCA). 1991. Informe de actividades sobre el huerto semillero Santa Cruz de Bucaral. (Informe Interno). Centro de Investigación Forestales de Oriente, El Merey.

Daniel, T. W., Helms V., E y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura. Trad. Del inglés por Elizondo, M. R. McGraw-Hill. México. 492 p.

Delgado, D. 2 007. Monitoreo ecológico en los bosques tropicales de Costa Rica. 102 pp.

Denslow, J. S. 1987. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. *Annual Review Ecology and Systematics*, 18: 431–451.

Diaz, J. 1 995. Caracterización de la iluminación de micrositios de regeneración de 14 especies arbóreas en un bosque húmedo intervenido en Costa Rica, y el efecto de la intervención sobre la abundancia de la regeneración natural. Tesis Mg Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 91 p.

Diehl, R. 1 985. Fitotecnia General. 2da. Ed, Mundi-Prensa. Madrid, Esp. Pp. 33-37.

Dzib, B. 2003. Manejo, secuestro de carbono e ingresos de tres especies forestales de sombra en cafetales de tres regiones contrastes de Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba CR. CATIE. Costa Rica. 77 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO). 1986. ¿Los eucaliptos son ecológicamente nocivos? El eucalipto: un árbol controvertido plantado en 80 países fuera de Australia. Unasylva 38(152): 3.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO). 2 012. Evaluación del Impacto del Cobro por Derechos de Aprovechamiento de "Madera en Pie" y otras tasas (MaPoTs) sobre el Manejo Forestal. Vol. 1. 44p.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO). 2005. Estudio de Tendencias y Perspectivas del Sector Forestal en América Latina Documento de Trabajo. Informe Ecuador. 67p.

Finegan, B. 1 991. Bases ecológicas de la silvicultura y la agroforestería. Curso Intensivo Internacional de Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales Tropicales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. s.p.

Fredericksen, T; Contreras, F; Pariona, W. 2 001. Guia de silvicultura para bosques tropicales de Bolivia. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia. 82 p.

Garibello J. 2003. Restauración de Ecosistemas a partir del manejo de la vegetación. Guía Metodológica. Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Colombia. 98 p.

Guadalupe, N. 2001. Dinámica de la regeneración de *Abies religiosa* (HBK) Schl. Et Cham. y *Pinus hartwegii* Lindl., en la Estación Forestal Experimental Zoquiapan, Estado de México. Tesis. Ing. For. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 34 p.

Günter, S.; González, P.; Alvarez, G.; Aguirre, N.; Palomeque, X.; Haubrich, F. & Weber, M. 2 009. Determinants for successful reforestation of abandoned pastures in the Andes: Soil conditions and vegetation cover. Forest Ecology and Management 258, 81-91 p.

Günter, S.; González, P.; Alvarez, G.; Aguirre, N.; Palomeque, X.; Haubrich, F. y Weber, M. 2009. Determinants for successful reforestation of abandoned pastures in the Andes: Soil conditions and vegetation cover. Forest Ecology and Management 258, 81-91.

Harold W. y Hocker Jr. 1984. Introducción a la biología forestal. Trad. por Flor A. Bellomo L. A. G. T. Editor. México, D. F. 446 p.

Hogan, K. P y Machado, J. L. 2002. La luz solar: consecuencias biológicas y su medición. Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. Costa Rica: Libro Universitario Regional. 692 p.

Hoyos Gutiérrez, Rossalyn and Urrego Giraldo, Ligia Estela and Lema Tapias, Álvaro (2011) *Respuesta de la regeneración natural de los manglares del Delta del río Turbo y la bahía El Uno (Golfo de Urabá- Colombia), a la variabilidad ambiental y climática intra-anual.* Maestría tesis, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/5704/#sthash.OWrYZC8s.dpuf (Consultado mayo 2, 2014).

Hutchinson, I. 1 993. Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo. Trad. R. Lujan. CATIE. Serie técnica N° 204. Colección de Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales N° 7. 32 p.

Islas G., F. 1987. Un modelo de regeneración y mortalidad para *Pinus arizonica* Engelm. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Méx. 82 p.

Jaramillo, L., Muñoz, L. 2 009. Evaluación de la Regeneración Natural de Especies Forestales del Bosque Tropical de Montaña en la estación científica San Francisco Bajo Diferentes Intensidades de Raleo Selectivo. Tesis Ing. For. U.N.L. Loja, Ecuador. 135 p.

Lamprecht, H. 1 990. Silvicultura en los trópicos. Traducción del Alemán por Antonio Carrillo. Alemania, GTZ. 335 p.

Lujan, N.; Galvão, F.; Figueiredo, A.; Mac Donagh, P. 2010. Dinámica de claros artificiales en un bosque aprovechado en Misiones, noreste de Argentina. Argentina. 8p. Disponible en: http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/viewFile/100/150 (Consultado mayo 10, 2014).

Ministerio del Ambiente. 2012. Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Quito, Ecuador. 143 p.

Manzanero, M. y Pinelo G. 2004. Plan silvicultural en unidades de manejo forestal. Reserva de la Biosfera Maya, Peten, Guatemala. Guatemala. 43p.

Manzanero, M; Pinelo, G. 2 004. Plan silvicultural en unidades de manejo forestal. Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. WWF, Serie Técnica N° 4. 49 p.

Melo, O. y Vargas, R. 2003. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad del Tolima. Colombia. 222p.

Mosandl, R.; Günter, S.; Stimm, B. & Weber, M. 2 008. Ecuador Suffers the Highest Deforestation Rate in South America. In: Beck, Erwin; Bendix, Jörg; Kottke, Ingrid; Makeschin, Franz; Mosandl, Reinhard (eds.): *Gradients in a Tropical Mountain Ecosystem of Ecuador* (Ecological Studies 198), Springer, Berlin Heidelberg, 37-40.

Mostacedo, B; Fredericksen, T.S. (Eds.) 2001. Regeneración y Silvicultura de Bosques Tropicales en Bolivia. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia. 221 p.

Muñoz, M. 2 002. Estudio de la regeneración natural de cuatro especies forestales en el bosque de trópico seco de Nandarola - Granada. Trabajo de Diplomado. Nicaragua, Managua, UNA. 53 p.

Pariona, W.; Fredericksen, T.S.; Licona, J.C. 2003. Natural regeneration and liberation of timber species in logging gaps in two Bolivian tropical forests. *Forest Ecology and Management*, 181: 313–322.

Pieter G., I. 1988. Producción forestal. Trillas. México, D. F. 134 p.

Pinilla, A.G. y C.A. Suárez. 1998. Efectos de las plantaciones forestales sobre fauna y flora. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal. CONIF, Serie Técnica No. 41. Bogotá. 138 p.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente; Municipio de Loja, Naturaleza y Cultura Internacional. 2007. GeoLoja. Perspectivas del Medio Ambiente Urbano. Loja, Ecuador. 192 p.

Sánchez, B.; Castillo, O.; Cámara, L. 2 011. Regeneración Natural de la Selva Alta Perennifolia En El Parque Estatal Agua Blanca. Macuspana, Tabasco, México.

Sánchez, G., Reyes, P., Mora, A., Martínez, J. 2010. Estudio de la herbívora de la Palma Camedor (Chamaedorea radicalis) Mart., en la sierra madre oriental de Tamaulipas, México. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0065-17372010000100011&scrip t =sci_arttext (Consultado Junio, 20 del 2013).

Sierra, Rodrigo (1999). Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y Ecociencia. Quito, Ecuador.

Sisalima, E. 2 000. Crecimiento y Regeneración Natural de un Bosque Húmedo Tropical posterior a un Raleo Selectivo. Tesis Ing. For. U.N.L. Loja, Ecuador. 93 p

Spurr, S. H. y Barnes, B. V. 1982. Ecología forestal. Trad. por Carlos L. Raigoroesky Z. A.G.T. Editor. México, D. F. 690 p.

Velazquez M., A. 1984. Estudio de algunos factores que influyen en la regeneración natural de *Pinus hartwegii* Lindl., en Zoquiapan, México. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillos, México. 123 p.

Vita, A.; Hernández G. 2004. Tratamientos silviculturales en el bosque de olivillo (*Aextoxicon punctatum*), Parque Nacional Bosque Fray Jorge La Serena, Chile. 14 p.

Weber, M.; Günter, S.; Aguirre, N.; Stimm, B. y Mosandl, R. 2008. Reforestation of Abandoned Pastures: Silvicultural Means to Accelerate Forest Recovery and Biodiversity. In: Beck, Erwin; Bendix, Jörg; Kottke, Ingrid; Makeschin, Franz; Mosandl, Reinhard (eds.): Gradients in a Tropical Mountain Ecosystem of Ecuador (Ecological Studies 198), Springer, Berlin Heidelberg. p. 447-458.

Bravo, E. 2013, Apuntes sobre la Biodiversidad del Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador. 13p.

9. APÉNDICES

Apéndice 1. Hoja de campo para el registro de la regeneración natural

Lugar……	Tipo de plantación……
Fecha……	N° Parcela……

Cdg.	Nombre	h (cm)	DAB (mm)	DAP (cm)	N° de hojas completas	Observaciones

h= altura de la planta

DAP= Diámetro a la altura del pecho
DAB= Díametro a la altura de la base

Apéndice 2. Especies registradas en las áreas muestreadas.

Familia	Nombre Científico	Densidad (ind/ha)	Abundancia (%)	Frecuencia (%)
RUMIZHITANA				
Urticaceae	*Boehmeria* sp.	4,96	1,15	1,79
Mirtaceae	*Calyptrantethes* sp.	9,92	2,30	1,79
Clusiaceae	*Clusia elliptica* Kunth.	14,88	3,45	3,57
Myrsinnaceae	*Geissanthus vanderwerffii* Pipoly	54,56	12,64	14,29
Piperaceae	*Piper bogotense* C.DC.	332,34	77,01	51,79
Melastomataceae	*Tibouchina laxa* (Desr.) Cong.	9,92	2,30	3,57
Caprifoliaceae	*Viburnum triphyllum* Benth.	4,96	1,15	1,79
DOS PUENTES				
Lauraceae	*Aniba* sp.	7,72	2,67	2,778
Ericaceae	*Bejaria aestuans* L.	3,86	1,33	1,389
Melastomataceae	*Brachyotum benthamianum* Triana	3,86	1,33	1,389
Ericaceae	*Cavendishia bracteata* (Ruiz & Pav. Ex. J. st. Hil.) Hoerold	7,72	2,67	2,778
Clethraceae	*Clethra revoluta* (Ruiz &Pav.) Spreng	11,57	4,00	2,778
Clusiaceae	*Clusia elliptica* Kunth.	3,86	1,33	1,389
Asteraceae	*Critoniopsis* sp.	3,86	1,33	1,389
Asteraceae	*Lepidaploa sordipapposa* (Hieron) H. Rob	3,86	1,33	1,389
Ericaceae	*Macleania rupestris* (Kunth) A.C. Sm.	115,74	40,00	23,611
Asteraceae	*Mikania* sp.	3,86	1,33	1,389
Polygalaceae	*Monnina hirta* (Bonpl.) Eriksen	3,86	1,33	1,389
Myricaceae	*Morella pubescens* (Humb. & Bonpl.ex Willd.) Wilbur	7,72	2,67	2,778
Mirtaceae	*Myrcia* sp.	3,86	1,33	1,389
Myrcinaceae	*Myrsine andina* (Mez) Pipoly	46,30	16,00	16,667
Asteraceae	*Oligactis coriacea* (Hieron.) H. Rob. & Bretell	3,86	1,33	1,389
Rubiaceae	*Palicourea anceps* Standl.	23,15	8,00	8,333
Piperaceae	*Piper pubinervolum* C. DC.	15,43	5,33	4,167
Proteaceae	*Roupala pachypoda* Cuatrec.	3,86	1,33	1,389
Solanaceae	*Solanum* sp.	3,86	1,33	1,389
Cunoniaceae	*Weinmannia glabra* L.f.	11,57	4,00	4,167

Apéndice 2… Continuación

SANTIAGO				
Euphorbiaceae	*Acalypha stenoloba* Mull. Arg.	277,778	50,53	18,75
Asteraceae	*Aristiguietia persicifolia* (Kunth)	5,787	1,05	2,08
Solanaceae	*Cestrum sendtnerianum* C. Mart.	5,787	1,05	2,08
Solanaceae	*Cestrum tomentosun* L.f	63,657	11,58	12,50
Asteraceae	*Chromolaena leptocephala* (DC.) King & H. Rob.	5,787	1,05	2,08
Boraginaceae	*Cordia* sp.	5,787	1,05	2,08
Lamiaceae	*Lepechinia mutica* (Benth) Epling	5,787	1,05	2,08
Araliaceae	*Oreopanax rosei* Harms	34,722	6,32	10,42
Piperaceae	*Piper bogotense* C.DC.	34,722	6,32	2,08
Monimiaceae	*Siparuna aspe*ra (R. &P.) A. DC.	52,083	9,47	14,58
Solanaceae	*Solanun asperolanatum* R. & P.	5,787	1,05	2,08
Solanaceae	*Solanun hypacrarthrum* Bitter	5,787	1,05	2,08
Solanaceae	*Solanun oblongifolium* Dunal	40,509	7,37	8,33
Asteraceae	*Verbesina* sp.	5,787	1,05	2,08
ZAMORA HUAYCO				
Ericaceae	*Macleania rupestris* (Kunth) A.C. Sm.	5,787	5,26	2,08
Gentinaceae	*Macrocarpaea* sp.	5,787	5,26	2,08
Celastraceae	*Maytenus* sp.	23,148	21,05	6,25
Proteaceae	*Oreocallis grandiflora* (Lam.) Diels	5,787	5,26	2,08
Piperaceae	*Piper bogotense* C.DC.	34,722	31,58	8,33
Rhamnaceae	*Rhamnus granulosa* (Ruiz & Pav.)	5,787	5,26	2,08
Caprifoliaceae	*Viburnum triphyllum* Benth.	28,935	26,32	8,33
VILLONACO				
Apiaceae	*Ageratina dendroides* (Spreng)	2,894	0,23	1,04
Asteraceae	*Barnadesia aculeata* (Benth.)/Chung	5,787	0,47	2,08
Ericaceae	*Bejaria aestuans* L.	5,787	0,47	1,04
Ericaceae	*Bejaria resinosa* Mutis ex L.f.	269,097	21,78	33,33
Berberidaceae	*Berberis loxensis* Benth.	2,894	0,23	1,04
Icacinaceae	*Citronella* sp.	2,894	0,23	1,04
Clethraceae	*Clethra revoluta* (Ruiz &Pav.) Spreng	170,718	13,82	32,29
Clusiaceae	*Clusia elliptica* Kunth.	2,894	0,23	1,04
Boraginaceae	*Cordia lantanoides* Spreng.	8,681	0,70	2,08
Asteraceae	*Cronquistianthus niveus* (Kunth)	2,894	0,23	1,04
Ericaceae	*Gaultheria reticulata* Kunth	159,144	12,88	17,71
Asteraceae	*Gynoxys buxifolia* (Kunth) Cass	2,894	0,23	1,04
Rosaseae	*Hesperomeles obtusifolia* (Pers.) Lindl.	5,787	0,47	2,08
Araceaea	*Ilex rupicola* Kunth.	57,870	4,68	11,46
Aquifoliaceae	*Ilex* sp	2,894	0,23	1,04
Aquifoliaceae	*Ilex weberlingii* Loizeau & Spinch.	11,574	0,94	3,13
Fabaceae	*Indigoflera subfructicosa* Mill.	8,681	0,70	3,13
Lamiaceae	*Lepechinia mutica* (Benth) Epling	5,787	0,47	2,08
Proteaceae	*Lomatia hirsuta* (Lam.) Diels	11,574	0,94	4,17
Ericaceae	*Macleania poortmannii* Drake	164,931	13,35	33,33
Anacardiaceae	*Mauria heterophylla* Kunth.	17,361	1,41	2,08
Celastraceae	*Maytenus* sp.	2,894	0,23	1,04
Melastomataceae	*Miconia lutescens* (Bonpl.) DC.	26,042	2,11	8,33
Polygalaceae	*Monnina hirta* (Bonpl.) Eriksen	5,787	0,47	2,08
Myricaceae	*Morella interrupta* (Benth.) Laegaard	23,148	1,87	3,13
Myrtaceae	*Myrcia* sp.	2,894	0,23	1,04
Myrtaceae	*Myrcianthes rhopaloides* (Kunth) Mc Vaugh	26,042	2,11	7,29
Myrsinaceae	*Myrsine andina* (Mez) Pipoly	17,361	1,41	6,25
Proteaceae	*Oreocallis grandiflora* (Lam.) Diels	11,574	0,94	4,17
Araliaceae	*Oreopanax rosei* Harms	8,681	0,70	2,08
Asteraceae	*Pappobolus acuminatus* (S.F, Blake)	14,468	1,17	4,17
Piperaceae	*Piper bogotense* C.DC.	2,894	0,23	1,04
Rhamnaceae	*Rhamnus granulosa* (Ruiz & Pav.)	8,681	0,70	3,13
Proteaceae	*Roupala montana* Aubl.	2,894	0,23	1,04

Apéndice 2…Continuación

Proteaceae	*Roupala pachypoda* Cuatrec.	11,574	0,94	3,13
Theaceae	*Ternstroemia* sp	66,551	5,39	8,33
Melastomataceae	*Tibouchina laxa* (Desr.) Cong.	2,894	0,23	1,04
Elaeocarpaceae	*Vallea stipularis* L.f	11,574	0,94	1,04
Caprifoliaceae	*Viburnum triphyllum* Benth.	23,148	1,87	6,25
Asteraceae	*Viguiera* sp.	43,403	3,51	7,29

Apéndice 3. Diámetro basal de la regeneración natural en los sitios analizados.

Categoría	Diámetro (mm)	Villonaco	Zamora Huayco	Santiago	Dos Puentes	Rumizhitana
		(ind/ha)	(ind/ha)	(ind/ha)	(ind/ha)	(ind/ha)
I	0,0 – 10,00	164,931	11,574	115,741	108,025	128,968
II	10,01 – 20,00	564,236	63,657	422,454	135,031	218,254
III	20,01 – 30,00	75,231	5,787	11,574	0,000	0,000
IV	30,01 – 40,00	8,681	28,935	0,000	0,000	0,000
V- Brinzal	40,01 – 50,00	422,454	0,000	0,000	46,296	84,325

Apéndice 4. Alturas de la regeneración natural en los sitios analizados.

Categoría	Alturas (cm)	Villonaco	Zamora Huayco	Santiago	Dos Puentes	Rumizhitana
		(ind/ha)	(ind/ha)	(ind/ha)	(ind/ha)	(ind/ha)
I	5 – 50	92,593	0,000	0,000	69,444	4,960
II	50,1 – 100	306,713	17,361	81,019	146,605	183,532
III	100,1 – 150	286,458	23,148	144,676	19,290	148,810
IV	150,1 – 200	107,060	34,722	144,676	11,574	9,921
V- Brinzal	>2 m y < a 5 cm de DAB	442,708	34,722	179,398	42,438	84,325

APÉNDICE 5. Individuos de regeneración natural por hectárea agrupados en categorías de estado fitosanitario

Categoría	Estado fitosanitario	Villonaco (ind/ha)	Zamora Huayco (ind/ha)	Santiago (ind/ha)	Dos Puentes (ind/ha)	Rumizhitana (ind/ha)
I	Excelente	101,273	0,000	0,000	61,728	29,762
II	Muy bueno	584,491	17,361	63,657	81,019	173,611
III	Regular	373,264	57,870	179,398	119,599	193,452
IV	Deficiente	176,505	34,722	306,713	27,006	34,722

Apéndice 6. Valores de las cantidades de luz directa, difusa, total que ingresa al sotobosque y apertura del dosel en las áreas de estudio**.**

Sitio	Cdg. Parcelas	% Transmisión Directa	% Transmisión Difusa	% Transmisión Total	% Apertura del dosel
Zamora Huayco	P3ZH	31,29	25,52	28,55	14,58
Zamora Huayco	P4ZH	28,30	34,59	31,45	18,72
Zamora Huayco	P5ZH	30,84	27,71	29,25	21,30
Zamora Huayco	P6ZH	40,36	31,92	36,11	31,17
Zamora Huayco	P7ZH	37,69	27,58	32,60	20,91
Zamora Huayco	P8ZH	29,80	25,13	27,76	25,20
Dos Puentes	P1DP	37,61	30,36	33,89	25,97
Dos Puentes	P2DP	40,31	33,03	36,58	27,76
Dos Puentes	P3DP	34,65	28,09	31,28	29,90
Dos Puentes	P4DP	31,89	27,16	29,49	29,48
Dos Puentes	P5DP	38,27	29,79	33,92	23,63
Dos Puentes	P6DP	40,76	31,82	36,05	29,59
Dos Puentes	P7DP	37,99	29,27	33,51	31,48
Dos Puentes	P8DP	34,07	27,44	30,70	33,67
Dos Puentes	P9DP	31,50	25,82	27,19	34,24
Santiago	P1S	34,34	27,49	30,59	30,50
Santiago	P2S	36,85	26,77	31,49	32,24
Santiago	P3S	32,75	26,83	29,19	35,46
Santiago	P4S	32,64	27,16	29,89	27,02
Santiago	P5S	30,07	29,88	29,97	29,06
Santiago	P6S	33,05	26,64	30,15	26,34
Villonaco	P10V	29,66	24,23	26,75	28,10
Villonaco	P11V	32,44	25,70	29,08	27,67

Apéndice 6… Continuación

Villonaco	P12V	30,04	22,83	26,44	23,34
Rumizhitana	P1R	37,62	32,51	35,08	39,78
Rumizhitana	P2R	51,86	46,32	49,08	47,22
Rumizhitana	P3R	41,30	35,46	38,36	34,50
Rumizhitana	P4R	53,59	45,91	49,74	53,12
Rumizhitana	P5R	36,33	31,08	33,70	31,93
Rumizhitana	P6R	48,86	45,60	46,91	50,78
Rumizhitana	P7R	50,43	45,04	47,72	46,22

Apéndice 7. Valores de temperatura, humedad, pendiente y altitud de las áreas de estudio.

Sitio	Parcelas	°C Temperatura	% Humedad Relativa	°C Pendiente	Altitud msnm
Dos Puentes	DP1	14,71	85,24	12	2450
Dos Puentes	DP2	14,50	86,98	36	2445
Dos Puentes	DP3	14,51	88,39	9	2432
Dos Puentes	DP4	14,54	88,52	18	2240
Dos Puentes	DP5	14,83	90,67	19	2432
Dos Puentes	DP6	14,75	87,62	15	2420
Dos Puentes	DP7	14,71	87,17	27	2415
Dos Puentes	DP8	14,95	84,16	29	2412
Dos Puentes	DP9	14,94	87,35	32	2358
Rumizhitana	R1	17,29	78,32	25	2170
Rumizhitana	R2	17,16	79,15	19	2150
Rumizhitana	R3	16,53	79,88	14	2125
Rumizhitana	R4	16,89	79,61	23	2100
Rumizhitana	R5	16,67	81,90	23	2090
Rumizhitana	R6	18,02	78,72	23	2135
Rumizhitana	R7	17,09	79,60	34	2150
Santiago	S1	14,19	84,36	21	2436
Santiago	S2	14,32	84,60	20	2438
Santiago	S3	14,14	85,72	15	2432
Santiago	S4	14,39	84,49	15	2418
Santiago	S5	14,50	83,92	27	2420
Santiago	S6	14,37	84,53	21	2422
Villonaco	V10	14,10	89,32	12	2475
Villonaco	V11	14,13	89,46	13	2465

Apéndice 7… Continuación

Villonaco	V12	14,15	89,60	26	2453
Zamora Huayco	ZH3	15,31	82,91	41	2240
Zamora Huayco	ZH4	15,29	83,75	25	2230
Zamora Huayco	ZH5	15,12	84,30	23	2234
Zamora Huayco	ZH6	15,31	86,05	24	2230
Zamora Huayco	ZH7	15,21	85,11	27	2245
Zamora Huayco	ZH8	15,13	84,90	27	2280

Apéndice 8. Diferencias significativas utilizando la media del número de individuos para cada lugar. Letras diferentes significa que existe diferencia estadística significativa al nivel 0,05.

Sitio	Media	E.E.	
Santiago	15,83	1,62	A
Rumizhitana	12,43	1,33	A
Villonaco	10,67	1,89	A B
Dospuentes	8,33	0,96	B
ZamoraHuayco	3,17	0,73	C

Apéndice 9. Breve descripción biofísica de cada sitio de estudio.

Zamora Huayco

Propietario: Ilustre Municipio de Loja**.**

Dirección: Frente a la Finca Experimental de la Universidad Técnica Particular de Loja.

Vegetación: Plantación de pino

Número de parcelas: 6

Altitud: 2240 msnm.

Temperatura: Se ha registrado temperatura mínima 8 °C y máximas de 27 °C.

Santiago

Propietario: Dr. Eduardo Aguirre.

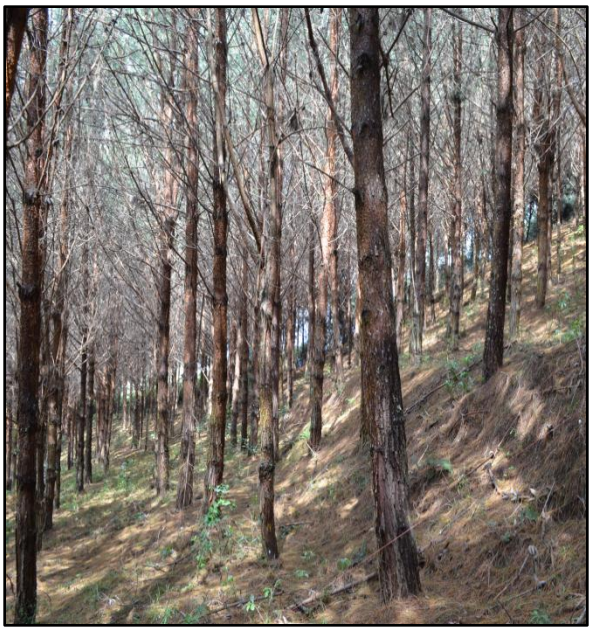
Dirección: Parroquia Santiago, cerca del sub centro de salud.

Vegetación: Plantaciones de pino

Número de Parcelas: 6

Temperatura: Mínima 8 °C y Máxima 29 °C.

Altitud: 2420 msnm.



Villonaco

Propietario: Dr. Julio Mora

Dirección: Frente de la capilla situada en la vía a Catamayo.

Vegetación: Plantaciones de pino

Número de Parcelas: 12

Temperatura: Mínima 9 °C y Máxima 27 °C

Altitud: 2480 msnm.

Dos Puentes

Propietario: Fundación Naturaleza y Cultura Internacional.

Dirección: Barrio Dos puentes, Vía a Vilcabamba

Vegetación: Plantaciones de pino

Número de Parcelas: 9

Temperatura: Mínima 7 °C máxima 27 °C

Altitud: 2440 msnm.

Rumizhitana

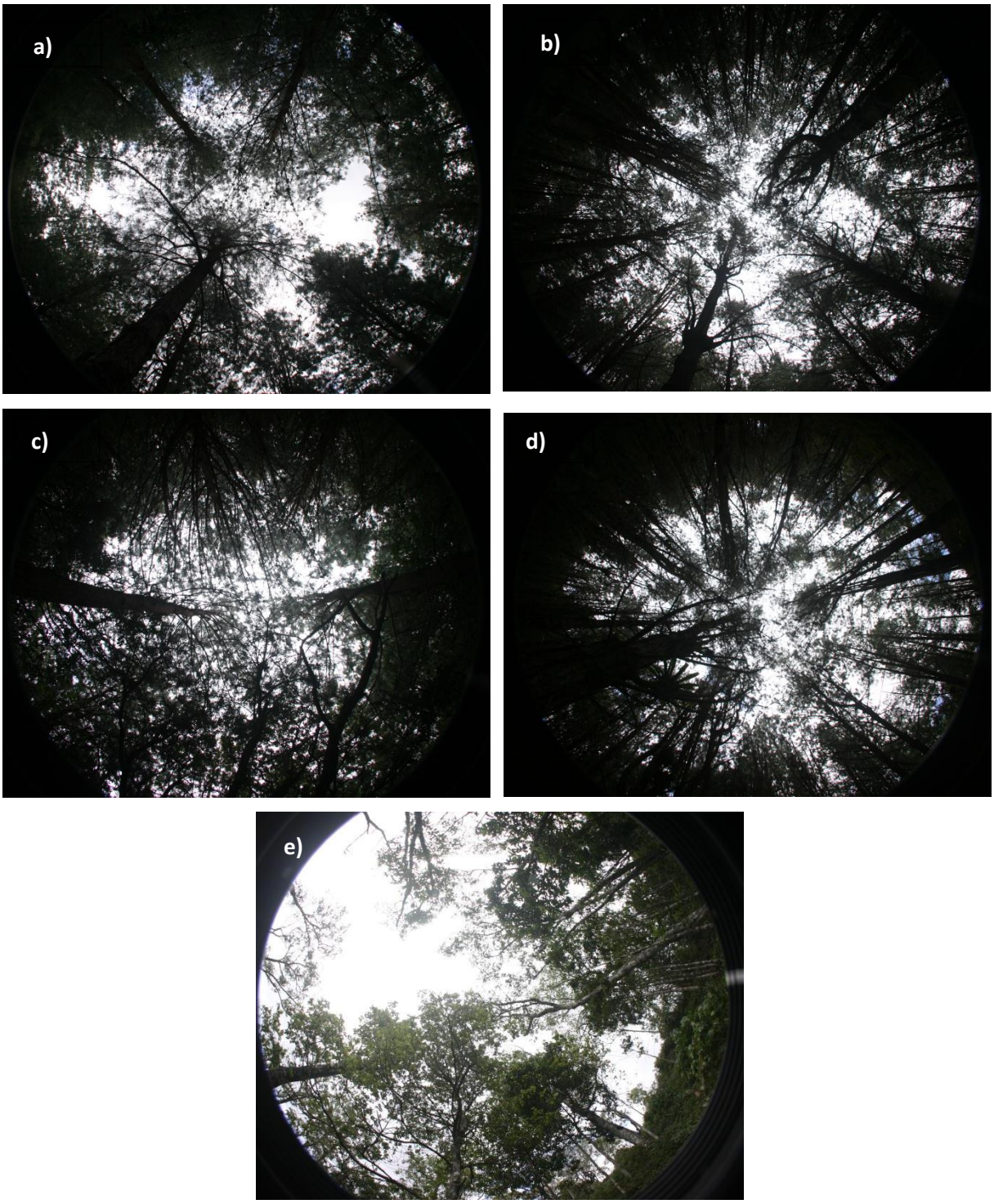
Propietario: Dr. Cesar Samaniego

Dirección: Barrio Tres Leguas, Vía a Vilcabamba.

Vegetación: Rodales naturales de Aliso

Número de Parcelas: 7

Temperatura: Mínima 9 °C máxima 30 °C

Altitud: 2120 msnm.

Anexo 10. Fotografías hemisféricas tomadas en los cinco sitios de estudio: a) Dos Puentes, b) Santiago, c) Villonaco, d) Zamora Huayco y e) Rumizhitana