



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

DINÁMICA SUCESIONAL DE ESPECIES VEGETALES
LEÑOSAS NATIVAS BAJO LA PLANTACIÓN DE
EUCALYPTUS GLOBULUS LABILL., EN EL PARQUE
UNIVERSITARIO “FRANCISCO VIVAR CASTRO”,
PROVINCIA DE LOJA, ECUADOR

TESIS DE GRADO PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL

AUTOR: **Francis David Espinoza Ami**

DIRECTOR: **Zhofre Aguirre Mendoza Ph.D**

Loja – Ecuador
2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES
RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

CERTIFICACIÓN

Que en calidad de director de la tesis titulada: “**DINÁMICA SUCESIONAL DE ESPECIES VEGETALES LEÑOSAS NATIVAS BAJO LA PLANTACIÓN DE *EUCALYPTUS GLOBULUS* LABILL., EN EL PARQUE UNIVERSITARIO “FRANCISCO VIVAR CASTRO”, PROVINCIA DE LOJA, ECUADOR**”, de autoría del señor egresado de la Carrera de Ingeniería Forestal Francis David Espinoza Ami, con número de cédula 1150105318, ha sido **Dirigida, Revisada y Concluida** en su totalidad dentro del cronograma aprobado; por tal razón autorizo su presentación y publicación.

Loja, 18 de agosto de 2020

Atentamente.,



Firmado electrónicamente por:
ZHOFRE HUBERTO
AGUIRRE MENDOZA

Ing. Zhofre Aguirre Mendoza, Ph.D.
DIRECTOR DE TESIS
CI. 1102470067

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES
RENOVABLES**

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

Ing. Johana Cristina Muñoz Chamba Mg. Sc.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL CALIFICADOR DE LA TESIS

CERTIFICA:

En calidad de presidenta del Tribunal de Calificación de la Tesis titulada “**DINÁMICA SUCESIONAL DE ESPECIES VEGETALES LEÑOSAS NATIVAS BAJO LA PLANTACIÓN DE *EUCALYPTUS GLOBULUS* LABILL., EN EL PARQUE UNIVERSITARIO “FRANCISCO VIVAR CASTRO”, PROVINCIA DE LOJA, ECUADOR**” de autoría del señor egresado de la Carrera de Ingeniería Forestal Francis David Espinoza Ami, portador de la cédula N° 1150105318, se informa que la misma ha sido revisada e incorporadas todas las observaciones realizadas por el Tribunal Calificador, y luego de su revisión se ha procedido a la respectiva calificación. Por lo tanto, autorizo la versión final de la tesis y la entrega oficial para la sustentación pública.

Loja, 26 de noviembre de 2020

Atentamente,



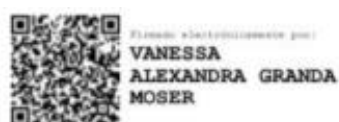
.....
Ing. Johana Cristina Muñoz Chamba Mg. Sc.

PRESIDENTA



.....
Ing. Darío Alfredo Veintimilla Ramos Mg. Sc.

VOCAL



.....
Ing. Vanessa Alexandra Granda Moser Mg. Sc.

VOCAL

AUTORÍA

Yo, Francis David Espinoza Ami declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus 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.

Autor: Francis David Espinoza Ami



Firma:

Cédula: 1150105318

Fecha: Loja, 27 de noviembre de 2020

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

Yo, Francis David Espinoza Ami, declaro ser autor, de la tesis titulada “**DINÁMICA SUCESIONAL DE ESPECIES VEGETALES LEÑOSAS NATIVAS BAJO LA PLANTACIÓN DE *EUCALYPTUS GLOBULUS* LABILL., EN EL PARQUE UNIVERSITARIO “FRANCISCO VIVAR CASTRO”, PROVINCIA DE LOJA, ECUADOR**”, como requisito para optar al grado de: Ingeniero Forestal, 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 RDI, 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 27 días del mes de noviembre de dos mil veinte, firma el autor.



Firma:

Autor: Francis David Espinoza Ami

Número de cédula: 1150105318

Dirección: Loja-Clodoveo Jaramillo Alvarado-Cordova y Río de Janeiro

Correo electrónico: fdespinozaa@unl.edu.ec

Celular: 0939625801

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: Ing. Zhofre Aguirre Mendoza, Ph.D

Tribunal de Grado: Ing. Johana Cristina Muñoz Chamba, Mg. Sc.	Presidenta
Ing. Darío Alfredo Veintimilla Ramos, Mg. Sc.	Vocal
Ing. Vanessa Alexandra Granda Moser, Mg. Sc.	Vocal

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres y hermanos por los valores impartidos en casa, por la confianza y apoyo brindado de manera incondicional; sin ellos nada de esto fuera posible.

A mi familia entera por el apoyo brindado en todo momento de la carrera universitaria.

A mis amigos del alma por apoyarme en cada momento difícil durante mi formación académica.

A mi director de tesis Dr. Zhofre Aguirre por la confianza brindada para la realización de este trabajo de investigación, por las enseñanzas impartidas y por todo el tiempo invertido a lo largo del proyecto.

A los distinguidos miembros del tribunal, por su tiempo y por sus valiosos aportes al documento de tesis.

Al Ing. Juan Carlos Carrión y Leonardo González por su colaboración y apoyo durante la fase de campo. Al Dr. Darwin Pucha por su gran apoyo en el análisis estadístico. Al Ing. Nelson Jaramillo e Ing. Jaime Peña por la identificación del material vegetal colectado.

A todos los docentes de la prestigiosa Carrera de Ingeniería Forestal, por sus invaluable lecciones y enseñanzas compartidas durante el desarrollo de mi formación profesional.

A mis compañeros de la promoción 2015-2020, por haber compartido gratos momentos durante la vida universitaria.

Finalmente, expreso mi sincero agradecimiento a todos los que aportaron de una u otra forma para que este logro académico sea posible.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación primeramente a Dios, por brindarme fortaleza para alcanzar éste importante logro académico.

A mis amados padres Hilda Ami y Gerardo Espinoza por ser los pilares de mi vida, quienes con dedicación y esfuerzo me han educado en valores para alcanzar mis metas personales y profesionales.

A mi hermano José Luis por siempre creer en mí y apoyarme incansablemente en todo momento; a mi hermana Gabriela por su comprensión y alentarme a seguir adelante.

Finalmente, a mi familia, amigos y a todas esas personas especiales que han estado apoyándome en los buenos y malos momentos, y me han visto superarme personal y profesionalmente en esta etapa de la vida; sin el apoyo de ellos éste logro no se habría cristalizado.

Francis David Espinoza Ami

“Caminante, son tus huellas el camino, y nada más; caminante, no hay camino: se hace camino al andar”

Antonio Machado

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
PORTADA	I
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	II
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	III
AUTORÍA	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	V
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
RESUMEN	XIX
1. INTRODUCCIÓN	23
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	26
2.1. El Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUFVC)	26
2.1.1. Tipos de cubierta vegetal del PUFVC	26
2.2. Procesos ecológicos	28
2.3. Factores que intervienen en un proceso ecológico	28
2.4. Sucesión ecológica.....	28
2.4.1. Tipos de sucesión ecológica	30
2.4.1.1. Sucesión Primaria	30
2.4.1.2. Sucesión Secundaria	30
2.4.1.3. Sucesión cíclica	31

2.4.2. Etapas de la sucesión vegetal	31
2.4.3. Mecanismos Sucesionales	32
2.4.3.1. <i>Estrategias de regeneración, y capacidad de colonización, crecimiento y desarrollo</i>	32
2.4.3.2 <i>Facilitación, tolerancia e inhibición</i>	34
2.4.4. Gremios ecológicos	34
2.4.5. Factores ambientales que influyen en la sucesión de la vegetación	35
2.4.6. Factores antrópicos que influyen en la sucesión de la vegetación.....	36
2.5. Regeneración Natural	37
2.6. Parámetros estructurales de la vegetación	37
2.6.1. Composición florística	37
2.6.2. Crecimiento en altura y diámetro	38
2.6.3. Sobrevivencia	38
2.6.4. Densidad absoluta (D)	38
2.6.5. Densidad relativa (DR)	38
2.6.6. Frecuencia relativa (FR).....	38
2.6.7. Índice de Valor de Importancia (IVI)	39
2.7. Procesos alelopáticos en eucalipto	39
2.8. Estudios de dinámica sucesional, estado del conocimiento	39
3. METODOLOGÍA	42
3.1. Área de estudio	42
3.2. Determinación de la composición florística de especies vegetales leñosas nativas bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	43

3.2.1. Selección del sitio	43
3.2.2. Instalación de parcelas permanentes para conocer la composición florística bajo el dosel de la plantación de eucalipto.....	43
3.2.3. Registro de especies vegetales	43
3.2.4. Análisis de la información colectada	45
3.3. Monitoreo de la regeneración natural de especies vegetales leñosas nativas bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.....	46
3.3.1. Seguimiento y monitoreo de la regeneración natural de especies vegetales leñosas nativas.....	47
3.3.2. Procesamiento y análisis de datos	47
3.4. Medición de variables ambientales bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	49
3.4.1. Densidad de luz	49
3.4.2. Pendiente del terreno	50
3.4.3. Profundidad de suelo	50
3.4.4. Análisis de la información	50
3.5. Difusión de los resultados a docentes, investigadores y estudiantes de la FARNR e interesados en el tema	51
4. RESULTADOS	52
4.1. Composición florística de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	52
4.1.1. Composición florística por categoría de regeneración natural bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.....	53
4.1.2. Análisis estadístico de la composición florística de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.....	54

4.1.3. Parámetros estructurales de la categoría de regeneración plántulas bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	55
4.1.4. Parámetros estructurales de la categoría de regeneración brinzal bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	56
4.1.5. Parámetros estructurales de la categoría de regeneración latizal bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	57
4.2. Dinámica sucesional de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	59
4.2.1. Análisis de sobrevivencia de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	59
4.2.2. Crecimiento en altura de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	61
4.2.3. Crecimiento en diámetro de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	64
4.3. Influencia de las variables ambientales sobre la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	67
4.3.1. Luminosidad.....	67
4.3.2. Profundidad del suelo y pendiente.....	67
4.3.3. Influencia de las variables ambientales sobre las categorías de regeneración.....	68
4.3.3.1. <i>Influencia de las variables ambientales sobre la categoría plántulas</i>	69
4.3.3.2. <i>Influencia de las variables ambientales sobre la categoría brinzal</i>	71
4.3.3.3. <i>Influencia de las variables ambientales sobre la categoría latizal</i>	73
4.4. Difusión de resultados	75
5. DISCUSIÓN	77
5.1. Composición florística de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	77

5.2. Parámetros estructurales de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	78
5.3. Supervivencia de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	78
5.4. Crecimiento en altura y diámetro de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	80
5.5. Influencia de las variables ambientales sobre la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	82
6. CONCLUSIONES	85
7. RECOMENDACIONES	87
8. BIBLIOGRAFÍA	88
9. ANEXOS	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Pág.
Tabla 1. Árboles y arbustos de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	52
Tabla 2. Número de individuos por especie y categoría de regeneración natural que se regeneran bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	53
Tabla 3. Prueba t-student para muestras independientes de la composición florística de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	54
Tabla 4. Parámetros estructurales de la categoría de regeneración plántulas bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	55
Tabla 5. Parámetros estructurales de la categoría de regeneración brinzal bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	56
Tabla 6. Parámetros estructurales de la categoría de regeneración latizal bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	57
Tabla 7. Análisis de sobrevivencia por especie y categoría de regeneración natural bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	59
Tabla 8. Crecimiento en altura de la categoría de regeneración plántulas bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	62
Tabla 9. Crecimiento en altura de la categoría de regeneración brinzal bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	62
Tabla 10. Crecimiento en altura de la categoría de regeneración latizal bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	63

Tabla 11. Crecimiento en diámetro de la categoría de regeneración plántulas bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	64
Tabla 12. Crecimiento en diámetro de la categoría de regeneración brinzal bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	65
Tabla 13. Crecimiento en diámetro de la categoría de regeneración latizal bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	66
Tabla 14. Matriz de correlación de Pearson entre las variables ambientales y la regeneración natural en la categoría plántulas bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	70
Tabla 15. Matriz de correlación de Pearson entre las variables ambientales y la regeneración natural en la categoría brinzal bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	72
Tabla 16. Matriz de correlación de Pearson entre las variables ambientales y la regeneración natural en la categoría latizal bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
Figura 1. Ubicación del área de estudio dentro del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” en la provincia de Loja, Ecuador.	42
Figura 2. Diseño y delimitación de la parcela permanente para el levantamiento de la composición florística de la regeneración natural de las especies vegetales leñosas nativas bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> en el PUFVC.	43
Figura 3. Diseño de las parcelas permanentes de muestreo y subparcelas anidadas para el levantamiento de información de la regeneración natural de las especies vegetales leñosas nativas bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> en el PUFVC.	44
Figura 4. Diseño de las placas para el etiquetado de la regeneración natural de las especies vegetales leñosas nativas bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> en el PUFVC: a) Latizal; b) Brinzal; c) Plántulas.	45
Figura 5. Valores promedio del porcentaje de luminosidad que ingresa al sotobosque de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> en el PUFVC.	67
Figura 6. Valores promedio de profundidad del suelo y pendiente en las parcelas de estudio bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> en el PUFVC.	68
Figura 7. Análisis de componentes principales PCA de valores ambientales individuales sobre la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	69
Figura 8. Análisis de componentes principales PCA (Biplot) de las variables ambientales sobre la regeneración natural en la categoría plántulas bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	71
Figura 9. Análisis de componentes principales PCA (Biplot) de las variables ambientales sobre la regeneración natural en la categoría brinzal bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	73
Figura 10. Análisis de componentes principales PCA (Biplot) de las variables ambientales sobre la regeneración natural en la categoría latizal bajo el dosel de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.	75
Figura 11. Socialización de los resultados de la investigación a través de la plataforma Zoom, mediante una presentación.	76

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Pág.
Anexo 1. Hoja de campo para el levantamiento de información de la composición florística y variables dasométricas de las especies vegetales leñosas nativas bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.	98
Anexo 2. Hoja de campo para el levantamiento de información de las variables ambientales bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.	98
Anexo 3. Inventario de la composición florística en la categoría de regeneración plántulas bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.	99
Anexo 4. Inventario de la composición florística en la categoría de regeneración brinzal bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.	99
Anexo 5. Inventario de la composición florística en la categoría de regeneración latizal bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.	101
Anexo 6. Tabla de valores de profundidad del suelo, luminosidad y pendiente registrados en las parcelas de estudio bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.	104
Anexo 7. Tabla de datos para el análisis estadístico (t-student) de la composición florística bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.	106
Anexo 8. Tabla de datos para el análisis estadístico (PCA Biplot) de las variables ambientales y la regeneración natural bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.	108
Anexo 9. Código R utilizado para la obtención de las herramientas gráficas (PCA Biplot) de las variables ambientales y la regeneración natural bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.	110
Anexo 10. Tabla de datos para el análisis estadístico (PCA Individual) de las variables ambientales y la regeneración natural bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.	114

Anexo 11. Código R utilizado para la obtención de las herramientas gráficas (PCA Individual) de las variables ambientales y la regeneración natural bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.	115
Anexo 12. Instalación de las parcelas permanentes bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.	117
Anexo 13. Etiquetado de la regeneración natural bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.	117
Anexo 14. Identificación de especies leñosas de la regeneración natural bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.	118
Anexo 15. Registro de datos de las variables ambientales bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.	118
Anexo 16. Fotografías tomadas en las cinco parcelas de estudio bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”. a) Parcela 1; b) Parcela 2; c) Parcela 3; d) Parcela 4 y e) Parcela 5.....	119
Anexo 17. Uso de la aplicación HabitApp para medir la luminosidad bajo la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.	120
Anexo 18. Publicación de la invitación al evento académico virtual organizado por la Universidad Nacional de Loja.....	121

**DINÁMICA SUCESIONAL DE ESPECIES VEGETALES LEÑOSAS
NATIVAS BAJO LA PLANTACIÓN DE *EUCALYPTUS GLOBULUS*
LABILL., EN EL PARQUE UNIVERSITARIO “FRANCISCO
VIVAR CASTRO”, PROVINCIA DE LOJA, ECUADOR**

RESUMEN

Los bosques andinos han sufrido presiones de distinta naturaleza, por lo cual es necesario entender su funcionamiento, para ello se requiere una evaluación ecológica y silvicultural que estudie los atributos como estructura, composición, dinámica sucesional, dinámica poblacional y regeneración. También bajo las plantaciones forestales de especies exóticas de la región sur de Ecuador se desarrollan diversas especies vegetales nativas.

Se estudió la dinámica sucesional de especies vegetales leñosas nativas bajo el dosel de la plantación *Eucalyptus globulus* Labill., en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, provincia de Loja, Ecuador; con el objetivo de determinar la composición florística y monitorear la regeneración natural en el sotobosque de la plantación de eucalipto, en base a tres categorías de regeneración: plántulas, brinzal y latizal. Para ello, bajo la plantación de eucalipto se establecieron 5 parcelas permanentes de 20 m x 20 m para el estudio de latizales, se anidaron 5 subparcelas de 5 m x 5 m para brinzales y 5 subparcelas de 1 m x 1 m para plántulas. Se determinó la composición florística y los parámetros estructurales de la vegetación por cada categoría de regeneración natural en el primer momento de muestreo. Luego de un período de nueve meses (septiembre de 2019 a junio de 2020), se evaluó la sobrevivencia de las especies por cada categoría de regeneración natural; además, se midió la altura y el diámetro basal en el primer y segundo momento de muestreo, considerando las categorías de regeneración natural. Adicionalmente, se analizó la relación de las variables ambientales (profundidad del suelo, pendiente, luminosidad) con la abundancia y diversidad florística de la regeneración natural, a través de matrices de correlación y análisis de componentes principales con el programa estadístico InfoStat y R.

Bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* se registró 28 especies de 24 géneros y 21 familias. La categoría latizal tiene la mayor abundancia y diversidad, seguida de brinzal y la categoría plántulas posee la menor abundancia y diversidad. Las especies abundantes y con el IVI más alto fueron: *Solanum aphyodendron* y *Viburnum triphyllum* en plántulas, *Miconia obscura* y *Viburnum triphyllum* en brinzal; y, *Viburnum triphyllum* y *Piper barbatum* en latizal.

La mayor sobrevivencia de las especies vegetales leñosas se observó en la categoría plántulas con 100 %, seguida por latizales con 93,20 %; y, la menor sobrevivencia en brinzales con 88,55 %.

El crecimiento de la regeneración natural en la categoría plántulas está dominado por *Viburnum triphyllum* en altura (0,105 m) y *Solanum aphyodendron* en diámetro (0,133 cm), en la categoría brinzal domina *Verbesina cf. arborea* en altura (0,842 m) y *Alnus acuminata* en diámetro (0,453 cm); mientras en la categoría latizal destaca *Inga acreana* en altura (1,900 m) y *Critoniopsis pycnantha* en diámetro (0,830 cm).

Las variables ambientales tienen correlación con la diversidad florística en la categoría latizal, mientras en la categoría plántulas y brinzal no se pudo evidenciar ninguna relación significativa entre las variables ambientales y la regeneración natural.

Palabras clave: dinámica sucesional, regeneración natural, diversidad florística, variables ambientales, plantación forestal.

ABSTRACT

The Andean forests have suffered pressures of different nature, whereby it is necessary to understand its operation, for this an ecological and silvicultural evaluation is required that studies attributes such as structure, composition, successional dynamics, population dynamics and regeneration. Also, various native plant species are developing under the forest plantations of exotic species of the southern region of Ecuador.

The successional dynamics of native woody plant species was studied under the canopy of the *Eucalyptus globulus* Labill. plantation, in the University Park “Francisco Vivar Castro”, province of Loja, Ecuador; with the objective of determining the floristic composition and monitoring the natural regeneration in the understory of the eucalyptus plantation, based on three regeneration categories: seedling, sapling and pole stage. For this, under the eucalyptus plantation, 5 permanent plots of 20 m x 20 m were established for the study of pole stage, 5 subplots of 5 m x 5 m were nested for saplings and 5 subplots of 1 m x 1 m for seedling. The floristic composition and the structural parameters of the vegetation were determined for each category of natural regeneration in the first moment of sampling. After a period of nine months (September 2019 to June 2020), the survival of the species was evaluated for each category of natural regeneration. Furthermore, the height and basal diameter were measured at the first and second sampling time, considering the natural regeneration categories. Additionally, the relationship of environmental variables (soil depth, slope, luminosity) with the abundance and floristic diversity of natural regeneration was analyzed, through correlation arrays and principal component analysis with the statistical program InfoStat and R.

Under the *Eucalyptus globulus* plantation, 28 species of 24 genera and 21 families were recorded. The pole stage category has the highest abundance and diversity, followed by sapling and the seedling category has the lowest abundance and diversity. The abundant species with the highest IVI were: *Solanum aphyodendron* and *Viburnum triphyllum* in seedling, *Miconia obscura* and *Viburnum triphyllum* in sapling; and, *Viburnum triphyllum* and *Piper barbatum* in pole stage.

The highest survival of woody plant species was observed in the seedling category with 100%, followed by pole stage with 93.20 %; and, the lowest survival in saplings with 88.55 %.

The natural regeneration growth in the seedling category is dominated by *Viburnum triphyllum* in height (0.105 m) and *Solanum aphyodendron* in diameter (0.133 cm), in the sapling category, *Verbesina cf. arborea* dominates in height (0.842 m) and *Alnus acuminata* in diameter (0.453 cm); while in the pole stage category, *Inga acreana* stands out in height (1.900 m) and *Critoniopsis pycnantha* in diameter (0.830 cm).

The environmental variables have a correlation with the floristic diversity in the pole stage category, while in the seedling and sapling category, no significant relationship between environmental variables and natural regeneration could be evidenced.

Keywords: successional dynamics, natural regeneration, floristic diversity, environmental variables, forest plantation.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos 50 años se ha dado una transformación importante de los ecosistemas naturales a nivel mundial, lo cual ha causado fuertes presiones sobre atributos biológicos que caracterizan a estos ecosistemas, como la diversidad, la composición florística, la densidad y el crecimiento de las masas forestales. Este proceso destructivo se ha dado en todos los ecosistemas del Ecuador, causado principalmente por factores como conversión de uso del suelo, deforestación, sobreexplotación de recursos, obras de infraestructura y minería (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

El bosque andino en Ecuador, según Beck *et al.* (2008); Young (2006); Van der Hammen y Hooghiemstra (2001) y Tobón (2009) es considerado entre los sistemas biológicos más diversos y complejos de la biosfera; y, además, de mucho valor para la humanidad, debido a que provee bienes y servicios que suplen las múltiples necesidades de las sociedades que allí habitan, tales como frutos, madera, leña, fibras, medicinas, caza de animales silvestres, regulación del clima y agua (Melo y Vargas, 2003).

Los bosques andinos han sufrido presiones de distinta naturaleza, que incluyen, entre otras, las condiciones climáticas adversas, las poblaciones humanas asociadas, y la manera como estas usan los recursos que allí existen; y por ello, es necesario entender su funcionamiento, para lo cual se requiere una evaluación ecológica y silvicultural que conlleve al estudio de atributos como estructura, composición, dinámica sucesional, dinámica poblacional y regeneración, que son fundamentales para tomar acciones que permitan enfrentar la crisis ambiental actual en sus distintas escalas espaciales: mundial, regional, nacional y local (Melo y Vargas, 2003; Beck *et al.*, 2008; Young, 2006; Van der Hammen y Hooghiemstra, 2001; Tobón, 2009).

En los ecosistemas andinos su dinámica se basa en características como el crecimiento de las especies y su supervivencia, los procesos sucesionales que se dan luego de alteraciones antrópicas y la respuesta fenológica de éstas a factores exógenos (Fournier, 1976; Fournier y Champartier, 1978; Aguirre *et al.*, 2014). Asimismo, el entendimiento de la dinámica de un bosque y de sus especies involucra el conocimiento de atributos que incluyen el crecimiento de los árboles y su dinámica poblacional, las cuales dependen tanto de factores ambientales como de las características propias de las especies (Lambers *et al.*, 1998). Por ejemplo, las tasas de crecimiento individual dependen de la combinación de factores como el tamaño del árbol, los requerimientos ecológicos de las especies, así

como de la interacción con los árboles vecinos, de la misma u otra especie (Peâlissier y Pascal, 2000). Igualmente, las tasas de crecimiento de árboles varían a través de gradientes ambientales, lo cual es crítico para entender el problema de la distribución y abundancia de las especies (Smith y Smith, 2007).

Con respecto a los bosques plantados de la región sur de Ecuador, se ha demostrado que bajo estos ecosistemas se establecen diversas especies vegetales nativas (Aguirre *et al.*, 2016). Sin embargo, es poco lo que se conoce sobre las tasas de crecimiento e índices de supervivencia de esas especies del sotobosque de dichos ecosistemas. Por otro lado, la poca información disponible sobre tales especies se encuentra dispersa, por lo que tal información es poco asequible como conocimiento científico. Ante esta escasez de información se hace necesaria la realización de estudios que permitan conocer diferentes aspectos de la ecología de las especies del sotobosque de plantaciones. Entre los aspectos de interés estaría la dinámica sucesional de dichas especies en estos ecosistemas plantados (MAE y FAO, 2014).

El estudio de la dinámica sucesional es importante porque se fundamenta en la descripción de la estructura y composición de una determinada superficie de bosque y en el análisis de los cambios que experimenta en el tiempo (Veblen, 1992). Además, es el único método que permite conocer directamente las tasas de reclutamiento y de mortalidad de cada especie y los cambios netos en la estructura y composición de un bosque durante el período de estudio (Hibbs, 1983).

Por lo tanto, es necesario generar información científica sobre la dinámica sucesional de los bosques andinos de Ecuador, y en especial de la región sur. Para ello se deben desarrollar investigaciones sobre la sucesión vegetal en zonas abandonadas por pastoreo, así como, en aquellas que hayan sido alteradas por el establecimiento de plantaciones de especies exóticas o por la agricultura intensiva. Esta información aportaría conocimiento para la planificación de proyectos futuros con el uso de especies adecuadas que garanticen la sustentabilidad de la producción forestal.

Sobre la base de lo antes señalado se ejecutó esta investigación, la cual permitió identificar y conocer aspectos de la dinámica sucesional de las especies leñosas del sotobosque de una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill., establecida en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUFVC) de la provincia de Loja, Ecuador.

Este estudio se enmarca dentro del proyecto de investigación institucional: “Procesos ecológicos de la vegetación en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Universidad Nacional de Loja. Fase II”.

Los resultados de esta investigación contribuyen significativamente con conocimiento técnico-científico relacionado con la diversidad, composición florística y dinámica de la regeneración natural bajo el dosel de una plantación de eucalipto, necesarias para impulsar estrategias de manejo de recursos vegetales para la conservación de la diversidad florística del bosque andino.

En este estudio se plantearon y cumplieron las siguientes preguntas y objetivos:

- ¿Cuáles son las especies vegetales leñosas nativas que existen bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill?
- ¿Cómo se está desarrollando la dinámica sucesional de las especies vegetales leñosas nativas existentes bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill?

Objetivo General

Contribuir al conocimiento de la dinámica sucesional de especies vegetales leñosas nativas que ocurre bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Provincia de Loja, Ecuador.

Objetivos Específicos

- Determinar la composición florística de especies vegetales leñosas nativas bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.
- Monitorear la dinámica sucesional de especies vegetales leñosas nativas existentes bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.
- Difundir los resultados de la investigación y poner a disposición de docentes, investigadores y estudiantes de la FARNR e interesados en el tema.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUFVC)

Según Aguirre *et al.* (2016) el PUFVC es un área de conservación *in situ* dentro de la ciudad de Loja, que posee un remanente de bosque andino, que alberga una importante diversidad faunística, especialmente de aves, mamíferos y anfibios. Dentro del parque existen varios ecosistemas (plantaciones de pinos, bosque de aliso, nogal, matorral y páramo antrópico), que lo convierten en un importante escenario natural representativo de la biodiversidad de la región sur del Ecuador. Dentro del PUFVC nacen dos nanocuencas: Los Nogales y León Huayco, que abastecen de agua al Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa”. Asimismo, es un escenario natural muy importante para que estudiantes de ciencias agrícolas y de otras carreras de la Universidad Nacional de Loja (UNL) complementen su formación profesional y hagan educación e interpretación Ambiental.

El PUFVC fue establecido para alcanzar los siguientes objetivos: (i) contribuir en la enseñanza y formación profesional de los futuros profesionales de la Facultad Agropecuaria de la UNL, mediante prácticas en las asignaturas de ecología, botánica, suelos, fauna, biodiversidad e hidrología; (ii) aportar a la conservación de los recursos naturales del Ecuador, a través de la educación ambiental de la colectividad lojana y ecuatoriana, mediante el aprovechamiento de los diferentes espacios e infraestructura que posee; y (iii) impulsar la investigación científica en dinámica de la vegetación natural, dinámica de crecimiento de especies vegetales, fenología de especies vegetales y restauración ecológica.

Desde el punto de vista climático, el área del PUFVC presenta las siguientes características: (i) el tipo de clima es templado lluvioso, mesotérmico, frío e isotermal, que pertenece a una zona de vida denominada bosque seco montano bajo; (ii) precipitación media anual igual a 955 mm/año; (iii) temperatura media anual de 16,2°C; (iv) humedad relativa igual a 71,56 %; (v) evaporación media de 111,33; y (vi) la velocidad máxima del viento es 5,44 m/s y mínima de 3,64 m/s.

2.1.1. Tipos de cubierta vegetal del PUFVC

Aguirre *et al.* (2016) mencionan que existe: bosque natural, matorral alto, matorral bajo, páramo antrópico, pasto natural y plantaciones forestales.

El bosque natural se encuentra a una altitud de 2 250 m s.n.m.; abarca 12,93 ha que corresponde al 13,46 % del área total del PUFVC; es la cobertura boscosa de máximo crecimiento y desarrollo, con una gran diversidad florística formada por árboles, arbustos, hierbas, parásitas y epífitas. Gran parte del bosque se encuentra en lugares de difícil acceso, tanto por la estructura de la vegetación como por la pendiente del terreno. Dentro de este ecosistema, a su vez se diferencia el bosque dominado por *Juglans neotropica* (nogal), con 2,91 ha (3,03 %); y el bosque de *Alnus acuminata* (aliso), con 2,45 ha (2,55 %).

El matorral alto está constituido por especies secundarias que resultan de la destrucción del bosque primario; comprende 28,4 ha que corresponde al 29,58 % del área total del PUFVC. Se pueden distinguir dos estratos (arbustivo y herbáceo); que albergan gran cantidad de plantas inferiores, que conjuntamente con los residuos vegetales forman la cobertura del suelo, protegiéndolo de la erosión y pérdida de la humedad.

El matorral bajo está constituido por vegetación secundaria, producto de la destrucción del bosque primario; abarca 14,27 ha que constituye el 14,86 % del área total del PUFVC. Se encuentra ubicado en lugares caracterizados por tener fuertes pendientes; además, desempeña un papel muy importante en la protección del suelo. En este ecosistema se distinguen arbustos, hierbas y una gran cantidad de plantas inferiores.

El páramo antrópico se encuentra a una altitud de 2 380 a 2 468 m s.n.m.; ocupa 20,58 ha que corresponde al 21,44 % del área total del PUFVC; además, se ubica sobre terrenos con pendientes mayores a 35 %. Es una formación herbácea perenne, con dominio de *Calamagrostis intermedia* y *Puya eryngioides*, que en conjunto forman una vegetación densa muy importante por su capacidad retentiva de agua. Esta cobertura vegetal ha sufrido alteraciones en su estructura y composición, lo cual ha causado la degradación de los suelos.

El pasto natural se encuentra ubicado en los alrededores de la casa de visitantes; abarca 0,65 ha que constituye el 0,68 % del área total del PUFVC. Además, se distinguen especies forestales en asocio con frutales, lo cual se constituye como un muestrario de flora útil de la hoya de Loja, donde actualmente están inventariadas 40 especies.

Las plantaciones forestales están conformadas por eucalipto y pino; comprenden 13,83 ha que corresponde al 14,40 % del área total del PUFVC. Bajo el dosel de las plantaciones se desarrolla un sotobosque de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas.

2.2. Procesos ecológicos

Dentro de un ecosistema, los componentes bióticos y abióticos interactúan utilizando y transformando la materia y la energía disponible en él. Los procesos que operan en los ecosistemas se dan de manera simultánea y anidada a diferentes escalas espaciales y temporales. Por ejemplo, los procesos bioquímicos, como fotosíntesis y respiración celular, operan a escalas de unas cuantas micras y toman segundos en ocurrir; los procesos fisiológicos, como la abscisión foliar (pérdida o caída de las hojas, que tiene lugar al disolverse las paredes de un grupo de células localizadas en el pecíolo de las hojas) o la digestión, ocurren a una escala de cm^2 y en períodos de horas; y los procesos ecológicos, como la dispersión de semillas o el reciclaje de nutrientes, operan a escalas espaciales mayores (ha o km^2) y toman días o años en ocurrir (Maass, 1999).

En relación a los procesos ecológicos, es importante señalar que ellos ocurren en un tiempo y espacio determinado, y generan cambios en la ecología de los ecosistemas que, a su vez, conduce a la producción, cambio y regeneración de la biomasa (Fernández y Martín, 2001). Según González *et al.* (2013), existen cuatro procesos ecológicos fundamentales de los ecosistemas, que son: el ciclo del agua, los ciclos biogeoquímicos (o de nutrientes), el flujo de energía, y la dinámica de las comunidades, referida esta al cambio sucesional en la composición y estructura de un ecosistema después de una perturbación.

2.3. Factores que intervienen en un proceso ecológico

De acuerdo a los temas que estudia la ecología, existen diversos aspectos que afectan a los seres vivos, y entre ellos están los factores abióticos y los factores bióticos. Los factores abióticos son aquellas características físicas o químicas que afectan a los organismos, entre ellos estarían los factores climáticos (temperatura, luz, humedad, viento) y los factores geográficos (altitud y latitud). Por su parte, los factores bióticos son los definidos por las interacciones que existen entre los organismos de un ecosistema, bien, individuos de la misma especie o de diferentes especies (Torres, 2009).

2.4. Sucesión ecológica

El término “sucesión ecológica” es aceptado por la mayoría de los ecólogos para identificar a los cambios temporales que se presentan en la estructura, la composición

taxonómica y las funciones de un ecosistema después de que éste es perturbado (Martínez y García, 2007).

El término sucesión frecuentemente es utilizado para describir cambios en la vegetación en diferentes escalas temporales y espaciales. En sitios con poblaciones forestales, la sucesión es definida como el cambio directo con el tiempo de la composición de especies y fisionomía vegetal de un sitio en el cual el clima permanece efectivamente constante (Finegan, 1984).

Los cambios ecológicos que sufre el ecosistema en sucesión, así como, la velocidad con la que ocurren estos cambios, dependen de las características del disturbio (extensión, intensidad y frecuencia), la disponibilidad de propágulos regenerativos (como semillas y plántulas, de origen local y foráneo), del ambiente biótico (depredadores, granívoros, herbívoros, patógenos y parásitos, entre otros) y de las condiciones abióticas prevalecientes en el sitio perturbado (Martínez y García, 2007).

Whittaker (1970) define una sucesión como el proceso de desarrollo de una comunidad, causado en diferentes grados, fuera y dentro de dicha comunidad. Huston y Smith (1987) definen una sucesión como un cambio secuencial en las abundancias relativas de las especies dominantes en una comunidad (con base en la biomasa). El cambio secuencial implica que las especies, o un grupo de especies, una vez dominantes, no volverán a serlo a menos que una perturbación u otro cambio ambiental intervengan.

Gómez (2010) manifiesta que la sucesión ecológica es una de las teorías principales para comprender la ecología, es decir, trasciende del carácter académico hacia las aplicaciones prácticas como facilitar la restauración o recuperación de ecosistemas. Por otra parte, en el proceso de sucesión, se denomina estado seral a cada una de las comunidades que se reemplazan por otras; así, los estados serales serán pioneros, tempranos, tardíos y finalmente el estado clímax, cuyo tipo de vegetación depende de factores climáticos y edáficos principalmente (Odum, 1986).

2.4.1. Tipos de sucesión ecológica

2.4.1.1. Sucesión Primaria

Elias y Dias (2004) definen a la sucesión primaria como el desarrollo de vegetación en sustratos recién formados o recién expuestos, sin legado biológico y baja fertilidad; especialmente en sustratos bajos en nitrógeno.

En una sucesión primaria el legado biológico es reducido o no existe, lo que se traduce en sustratos sin plantas, animales o microbios sobrevivientes del suelo. En el proceso de sucesión primaria, el desarrollo del ecosistema se realiza en superficies estériles donde perturbaciones severas han removido la mayoría de los vestigios de la actividad biológica, e incluye el desarrollo de sistemas complejos de componentes bióticos y abióticos. Por otro lado, la sucesión primaria está influenciada por las condiciones locales, el contexto y la historia del lugar (Walker y del Moral, 2003).

2.4.1.2. Sucesión Secundaria

Se conoce como sucesión secundaria al proceso de cambios en la vegetación a través del tiempo, después de haber sufrido perturbaciones (Walker y Del Moral, 2003). Frecuentemente, la sucesión secundaria ocurre cuando las plantas colonizan el suelo previamente ocupado por una comunidad viviente. Este tipo de sucesión es frecuente en campos de cultivo abandonados, en plantaciones forestales y en claros de bosque; en los cuales existen semillas y/o remanentes de la vegetación natural (Gurevitch *et al.*, 2006).

Según Bazzaz (2000), la sucesión secundaria es un proceso multidireccional y probabilístico, que puede tener diversos resultados. En este proceso, los cambios temporales en las características del ecosistema (nutrientes, biomasa, productividad), de la comunidad (diversidad de especies, composición, estructura) o de la población (distribución de edad) están cercanamente asociados con el cambio de especies; por lo que los estudios de sucesión se basan en esta última característica.

Según Alcaraz (2013), la sucesión secundaria tiene lugar tras la destrucción de la vegetación previa, originada por causas humanas o naturales y el fenómeno que tiene lugar es una recuperación ecológica.

En la sucesión secundaria, las plantaciones forestales se presentan como un factor favorable, pues facilitan este proceso a través de la atracción de agentes dispersores de semillas de ecosistemas cercanos a estas; creando un microclima que favorece el crecimiento de nuevas especies vegetales, y a su vez suprime la vegetación agresiva (Montagnini, 2007).

2.4.1.3. Sucesión cíclica

Es un tipo de sucesión en donde las especies experimentan cambios ecológicos, debido a cambios en las condiciones ambientales y/o fluctuaciones en las interacciones (Guariguata y Kattan, 2002).

2.4.2. Etapas de la sucesión vegetal

El modelo clásico propuesto por Finegan (1992), manifiesta que la sucesión secundaria en condiciones favorables es un proceso continuo en el tiempo, donde existen transiciones graduales entre las fases, las cuales se definen a continuación:

I Fase: En los primeros meses después del abandono del terreno (talas rasas del bosque, tierras agrícolas abandonadas), comienza la colonización de especies herbáceas y arbustivas (Finegan, 1992). La colonización en áreas desnudas se inicia con la llegada de semillas correspondientes a especies del gremio heliófitas efímeras. La sobrevivencia de estas semillas, se debe a que la mayoría son pequeñas de bajo contenido de humedad y son resistentes a su depredación (Gómez-Pompa y Vasquéz-Yanes, 1974). El establecimiento de la vegetación en las primeras etapas de sucesión, es propiciado por las especies pioneras del gremio heliófitas efímeras por la abundante lluvia de semillas en el sustrato (Vieira *et al.*, 1996). En los estadios tempranos de sucesión (2 y 10 años), sobresalen especies de las familias Piperaceae, Malvaceae, Melastomataceae.

II Fase: En esta fase las especies heliófitas efímeras y durables conforman una comunidad todavía de muy baja riqueza florística y comprenden pocas especies dominantes del género *Ochroma* spp., *Cecropia* ssp., *Inga* spp. y *Trema* spp. Esta fase se caracteriza por presentar un mayor número de especies de rápido crecimiento (heliofitas efímeras) y por ser el inicio del declive del gremio de las heliofitas efímeras, para dar lugar a las especies heliofitas de lento crecimiento (heliofitas durables); esta fase puede durar de 10 a 20 años (Finegan y Sabogal, 1988).

III Fase: A lo largo de esta fase la mayoría de las especies heliófitas durables son dominantes en el dosel superior del bosque. Estas especies se mantienen hasta la declinación de sus poblaciones, siendo reemplazadas por las poblaciones de las especies esciófitas. El ciclo de vida de estas especies dentro del proceso de sucesión puede comprender hasta los 100 años (Finegan, 1996).

Según Guariguata y Ostertag (2001), la sucesión vegetal es un proceso lento y ordenado, que tiene niveles o etapas de complejidad, las cuales son etapa inicial, etapa intermedia y etapa final. La etapa inicial es también conocida como etapa de constitución, dominada por especies pioneras y oportunistas, con una estrategia reproductiva que se basa en la producción de semillas con escasa viabilidad, por lo general son especies herbáceas. La etapa intermedia se denomina también como etapa de maduración, donde las especies pioneras son desplazadas por especies heliófitas, en esta etapa la dominancia de especies secundarias o arbustivas pioneras de vida corta eliminan a las especies herbáceas. La etapa final se caracteriza por la presencia de especies clímax, las cuales necesitan un alto rendimiento de energía y la producción de pocas semillas muy viables, las mismas que podrán desarrollar un ambiente ecológico apto para la formación inicial de un bosque joven.

2.4.3. Mecanismos Sucesionales

Los mecanismos que afectan la dinámica de la vegetación en el proceso de sucesión pueden ser intraespecíficos: estrategias de regeneración y, capacidad de colonización, crecimiento y desarrollo e interespecíficos: facilitación, tolerancia e inhibición (Walker y del Moral 2003).

2.4.3.1. Estrategias de regeneración, y capacidad de colonización, crecimiento y desarrollo

La sucesión es una función de las estrategias de regeneración de cada especie. El éxito del proceso para una especie específica está determinado genéticamente y limitado por las condiciones de sitio. En los árboles dichas estrategias incluyen tolerancia a la sombra, producción y tamaño de semillas, dispersión de las mismas, tasa de crecimiento y longevidad, resistencia a plagas y enfermedades, producción de biomasa, y requerimientos nutricionales. Las condiciones de sitio que regulan la regeneración son la disponibilidad de nutrientes y luz. La colonización de una especie en un ecosistema

depende de la cercanía de la especie al sitio, las condiciones de éste, el régimen de perturbación y la eficacia de la especie para colonizarlo (Tilman, 1993).

Las especies de los distintos grupos ecológicos presentan diferentes estrategias de regeneración y supervivencia de propágulos (Plana, 2000). Por ejemplo, la formación del banco de semillas depende de la longevidad de las semillas. De manera general, las especies tropicales presentan una longevidad menor que la propia de especies de clima templado, seguramente debido a que las circunstancias favorables para la germinación son más frecuentes a lo largo del año en los trópicos (Putz, 1993). La mayoría de las semillas presentes en el banco de semillas en el bosque tropical pertenecen a las especies pioneras de ciclo corto o heliófitas efímeras.

La dinámica del banco de semillas varía entre poblaciones persistentes de semillas de larga vida y poblaciones con alto índice de reposición de semillas de vida corta continuamente reemplazadas. Cambios en la calidad de luz o de temperatura asociado con grandes áreas promueven la germinación, que se inicia rápidamente después de una perturbación. Una alta capacidad fotosintética relativa y baja inversión de recursos en tallos y ramas, supone un crecimiento muy rápido en diámetro y altura, pero conlleva una baja esperanza de vida. Al contrario, las pioneras de ciclo largo o heliófitas durables presentan semillas grandes con viabilidad corta, tienen una baja capacidad fotosintética y elevada inversión de recursos en estructuras permanentes (crecimiento relativamente lento y elevada esperanza de vida) y consiguen el tamaño más grande en la madurez (Plana, 2000).

Se reconocen 4 patrones de disponibilidad de semillas y brinzales; en el espacio (aislada o superpuesta) y en el tiempo (transitoria o persistente). Una disposición aislada o superpuesta está en relación con el patrón fenológico y el tipo e intensidad de diseminación. Respecto al tiempo, la mayoría de especies pioneras al presentar latencia y una amplia diseminación, dominan el banco de semillas (persistentes). Después de una perturbación, la regeneración a partir del banco de semillas es mayor que la originada a partir de semillas transportadas de otros lugares. Para el resto de especies (pioneras restantes y primarias), en general las semillas son de vida corta y la diseminación ocurre durante un periodo corto, por lo que poseen bancos de semillas transitorios (Plana, 2000).

2.4.3.2 Facilitación, tolerancia e inhibición

Todas las plantas tienen requerimientos de luz, nutrientes, agua y espacio, los cuales difieren de una especie a otra, y durante la vida de cada especie. En la facilitación las especies de las primeras etapas de la sucesión modifican el ambiente a favor de las especies de las etapas posteriores, ya sea enriqueciendo el suelo, disminuyendo el estrés del medio o por cambios estructurales. La tolerancia se refiere a situaciones en las que las especies iniciales modifican el medio, pero estos cambios tienen pequeños o ningún efecto en el establecimiento y crecimiento de etapas posteriores; a menudo el término se relaciona con la capacidad de tolerar bajos niveles de recursos. La inhibición consiste en el efecto negativo de una especie sobre otra. La especie inhibidora detiene o disminuye el cambio sucesional, obstaculizando el establecimiento de especies de la siguiente etapa de la sucesión (Walker y del Moral, 2003).

2.4.4. Gremios ecológicos

Un gremio es un grupo de especies que utilizan de igual manera los recursos del ambiente (Finegan, 1993), es decir especies que tienen un comportamiento ecológico similar. Estos gremios agrupan especies que comparten patrones similares de exigencias de radiación lumínica, regeneración y crecimiento (Finegan, 1996). Según el último autor los gremios ecológicos se dividen en:

a) Especies heliófitas efímeras

Son aquellas especies intolerantes a la sombra, de reproducción masiva y precoz; su crecimiento es rápido en buenas condiciones de luz y tienen una vida corta, son aptas para la colonización de espacios abiertos. Las semillas mantienen su viabilidad por largo tiempo y a menudo se encuentran en los bancos de semillas. En bosques primarios intervenidos o no intervenidos, estas especies generalmente tienen poca presencia y una distribución diamétrica del número de árboles por hectárea en forma de campana, con los individuos concentrados en una a tres clases diamétricas (Gallegos *et al.*, 2008). El ciclo de vida de estas especies es de 10 a 15 años, y su edad de madurez reproductiva es de 2 a 4 años. Algunos géneros típicos de este grupo en los bosques tropicales son: *Cecropia*, *Heliocarpus*, *Ochroma*, *Trema* (Finegan, 1993).

b) Especies heliófitas durables

Son aquellas especies intolerantes a la sombra, de vida relativamente larga. Las semillas mantienen la viabilidad por menos tiempo que las heliófitas efímeras. Además de colonizar espacios abiertos, pueden regenerarse en claros más pequeños en el bosque, aunque requieren niveles altos de luz para poder establecerse y sobrevivir. La mayoría de las especies son comerciales “tradicionales” (de alto valor y muchas de las comerciales actuales pertenecen a este grupo ecológico). Muchas veces muestran una distribución diamétrica errática o en cohortes, porque la regeneración depende de los disturbios fuertes y entonces no ocurre todo el tiempo, sino a intervalos regulares (Gallegos *et al.*, 2008). El ciclo de vida de estas especies es de 10 a 25 años (Budowski, 1986). Su edad de madurez reproductiva es de 2 a 15 años. En los bosques tropicales, algunos géneros típicos de este grupo son: *Jacaranda*, *Bixa*, *Laetia*, *Schizolobium*, *Cedrela*, *Swietenia*, *Apeiba*, *Ceiba*, *Cordia*, *Vochysia*, *Alnus*, *Guazuma*, *Hyeronima*, *Triplaris*, *Rollinia*, *Cedrelinga*, *Piptocoma* (Finegan, 1993).

c) Especies Esciófitas

Son aquellas especies tolerantes a la sombra, aunque la mayoría de ellas aumentan su crecimiento más lento que las heliófitas, con mayor esfuerzo asignado a la producción de estructuras permanentes que favorecen una vida larga de los individuos. Las semillas y plántulas de las esciófitas generalmente son de tamaño mediano a grande (Gallegos *et al.*, 2008). El ciclo de vida de estas especies es centenario (100 o más años), y su edad de madurez reproductiva es de 25 años. Géneros típicos de este grupo en los bosques tropicales son: *Virola*, *Otoba*, *Carapa*, *Parkia*, *Juglans*, *Cabrlea*, *Dacryodes*, *Guarea*, *Brosimum*, *Pouteria*, *Vitex*, *Pseudolmedia*, *Ocotea*, *Nectandra*, *Tapirira*, *Huerteia*, *Minquartia*, *Platymiscium*, *Myroxylon*, *Maclura* (Finegan, 1993).

2.4.5. Factores ambientales que influyen en la sucesión de la vegetación

a) Disponibilidad de luz: este elemento es esencial para el desarrollo de las especies bajo el dosel de la vegetación, se menciona que la disponibilidad de luz permite la regeneración temprana de especies; por otra parte, la poca disponibilidad de luz, restringe el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales leñosas (Dorothea y Manfred, 1997). Hale y Brown (2005) mencionan que la cantidad de radiación solar transmitida a través de un dosel es crítica, ya que influye directamente en el crecimiento de las plántulas y el crecimiento de la vegetación competitiva.

b) Pendiente del terreno: en este factor se establece una relación de cómo se encuentra la superficie del terreno en un plano horizontal. Este factor es elemental, ya que define algunos procesos de erosión del suelo o a su vez la acumulación de materia orgánica (Dorothea y Manfred, 1997). Por otro lado, influye en la dispersión de semillas y asentamiento de las mismas, teniendo un grado de influencia sobre los patrones florísticos dependiendo del mayor o menor porcentaje de la pendiente (Monge, 2007).

c) Profundidad del suelo: este elemento está relacionado con las capas que componen el suelo, donde se generan varios procesos ecológicos que ayudan al desarrollo de las especies vegetales (Dorothea y Manfred, 1997).

2.4.6. Factores antrópicos que influyen en la sucesión de la vegetación

En el proceso de recuperación del bosque, las diferentes actividades antrópicas (uso del suelo) a las que fue sometido el suelo antes de recuperarse es otro factor que afecta el proceso continuo de sucesión secundaria del bosque tropical (Gómez, 1993). Según Finegan (1992), el uso previo de un lugar así como el pasado y presente de la tierra que lo rodea, determinan la identidad, distribución y abundancia de árboles semilleros potenciales y pueden afectar la productividad y composición de los bosques secundarios, que serán florísticamente más diversos mientras más bosque permanezca alrededor y de igual manera la sucesión será más rápida.

Ferreira y Prance (1999), menciona que las prácticas de manejo, presencia de ganado y uso del fuego pueden tener impactos positivos o negativos en el crecimiento de ciertas especies, alterando la diversidad natural y el tipo de sucesión. Si la intensidad de uso del suelo ha sido leve, la recuperación de la riqueza de especies es relativamente rápida, aunque puede no ser así en el caso de la composición de especies (Uhl, 1987).

Otro de los factores que afecta la sucesión de la vegetación son las perturbaciones o disturbios al que fue sometido el suelo. Poorter y Bongers (1993) caracterizan las perturbaciones según el tamaño, la frecuencia y la distribución espacial. La frecuencia por ejemplo, puede ser tan elevada que el proceso sucesional sea frenado reiterativamente y nunca se llega al climax potencial. Por otro lado, la distribución espacial de los claros en relación a la distancia de los recursos de semillas potenciales, determina si estos sitios pueden ser recolonizados de modo eficaz.

Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes (1985) hacen otra caracterización de las perturbaciones según: la magnitud, extensión e historia del área afectada y las condiciones ambientales durante la perturbación. Uhl (1987) diferencia el grado de perturbación de los pastos en ligero, moderado y fuerte según el cubrimiento de gramíneas después de la siembra inicial, el número de años de uso, veces desbrozado mecánicamente, veces quemado, de la intensidad de pastoreo y del uso o no de maquinaria pesada. Además, el grado de fertilidad inherente del suelo influye en los efectos de una perturbación; mayor será la probabilidad de una degradación permanente causada por la perturbación entre menor sea la fertilidad de un suelo (Plana, 2000).

2.5. Regeneración Natural

La regeneración natural se considera como un ciclo o proceso donde un tipo de cobertura vegetal se reestablece por su dinámica natural (Rollet, 1969). Según Buesso (1997), la regeneración es un proceso continuo natural del bosque que da sobrevivencia y se caracteriza normalmente por una abundante producción de semillas que germinan de manera natural sin la intervención antrópica.

Habrouk (2001) describe a la regeneración natural como un proceso de auto sucesión, esto quiere decir que se produce un restablecimiento de la comunidad en un ecosistema. Según Aguirre *et al.* (2013), la regeneración natural es un parámetro que permite medir la respuesta de las especies al aprovechamiento y los niveles de reposición del bosque.

La regeneración natural para una mejor comprensión y manejo de información se categoriza en diferentes tamaños de altura y diámetro como son: Plántulas: individuos \leq 30 cm altura; Brinzal: individuos $>$ a 30 cm y \leq 1,50 m altura; Latizal: individuos $>$ a 1,50 m altura y \leq a 10 cm de diámetro (Orozco y Brumer, 2002; Aguirre *et al.*, 2013).

2.6. Parámetros estructurales de la vegetación

2.6.1. Composición florística

Se basa en la variedad o heterogeneidad de especies que se logra identificar en la vegetación. Lo que permite demostrar la riqueza de las especies, mediante la suma de todos los individuos registrados en un ecosistema de los diversos estratos vegetativos (Aguirre, 2013).

2.6.2. Crecimiento en altura y diámetro

El crecimiento en altura se produce por la actividad de la yema apical o terminal, a través de la división celular. Este crecimiento es también llamado crecimiento primario. La variable de altura del árbol produce la modificación más notoria del crecimiento, especialmente en la edad juvenil que es fácil observar la rapidez de la modificación de la altura en períodos cortos de tiempo. El crecimiento en altura es evaluado midiendo las alturas al inicio y al final de un intervalo de tiempo definido (Imaña y Encinas, 2008). El crecimiento en diámetro de las plantas es uno de los parámetros de mayor uso para estudios de ecología vegetal, ya que genera un crecimiento transversal; además, es posible medir el crecimiento en diámetro haciendo medidas cada determinado tiempo (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

2.6.3. Supervivencia

Es el número de individuos que se encuentran vivos al final del periodo del ensayo (Tello, 1984). La supervivencia representa el porcentaje (%) de individuos vivos que sobreviven en distintas edades o la extinción gradual a medida que el tiempo transcurre (Morlans, 2004).

2.6.4. Densidad absoluta (D)

Esta dada por el número de individuos de una especie o de todas las especies por unidad de área o superficie determinada. Para el cálculo no es necesario contar todos los individuos de una zona, sino que se puede realizar muestreos en áreas representativas (Aguirre, 2019).

2.6.5. Densidad relativa (DR)

Esta dada por número de individuos de una misma especie con relación al total de individuos de la población (Aguirre, 2019).

2.6.6. Frecuencia relativa (FR)

Matteucci y Colma (1982) mencionan que la frecuencia es la probabilidad de encontrar uno o más individuos en una unidad muestral particular. Se expresa como el porcentaje del número de unidades muestrales en las que el atributo aparece en relación con el

número total de unidades muestrales. Mientras que Uday (2003) menciona que la frecuencia absoluta se la expresa en porcentajes (100 % = existencia en todas las subparcelas). La frecuencia relativa de una especie se calcula como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies.

2.6.7. Índice de Valor de Importancia (IVI)

Este índice indica qué tan importante es una especie dentro de una comunidad vegetal. La especie que tiene el IVI más alto significa que es ecológicamente dominante, además, que absorbe muchos nutrientes y que controla en un porcentaje alto la energía que llega a ese ecosistema. Su ausencia implica cambios substanciales en la estabilidad del ecosistema (Aguirre y Aguirre, 1999; Aguirre, 2013).

2.7. Procesos alelopáticos en eucalipto

Rice (1974) define la alelopatía como un efecto dañino directo o indirecto, por una planta (incluyendo microorganismos) sobre otra a través de la producción de compuestos químicos que escapan al medio. Las especies de *Eucalyptus* producen fuertes toxinas volátiles identificadas como α -pineno, α -felandreno, y cineole, los cuales se producen durante el verano seco y son absorbidos por el suelo en grandes cantidades, llegando al máximo en la temporada de lluvia (Granados y López, 2007).

Los eucaliptos contienen numerosos ácidos fenólicos, flavonoides, taninos y monoterpenoides que son fitotóxicos in vitro. Los extractos o lixiviados de hojas, corteza, hojarasca y semillas de varias especies de eucalipto contienen aleloquímicos capaces de afectar negativamente a varias especies de plantas. Las distintas partes de los eucaliptos tienen diferente capacidad para liberar sustancias alelopáticas. En general, cualquier parte molida o pulverizada liberará más metabolitos secundarios que en forma entera (Espinosa, 1996).

2.8. Estudios de dinámica sucesional, estado del conocimiento

Fernandez *et al.* (2012) analizaron una plantación ubicada en el bosque húmedo tropical, para determinar la posibilidad que tienen las especies nativas de formar un sotobosque bajo plantaciones de *Pinus caribaea* y *Eucalyptus pellita*. Para esto se registraron individuos clasificados por tamaño y hábito, además, se determinaron 49 familias botánicas y 102 especies. La mayor y menor diversidad se presentó en el bosque natural

y en la sabana con 53 y 18 especies, respectivamente. Entre plantaciones se encontró mayor diversidad en *Pinus caribaea* con 46 especies que en *Eucalyptus pellita* con 38 especies. El cociente de mezcla indicó una vegetación heterogénea en todos los usos.

Marín y Monsalve (1994) evaluaron la composición y estructura de la vegetación desarrollada bajo una plantación de 12 años de *Pinus oocarpa* y la compararon con un potrero utilizado en ganadería durante más de 80 años. Estas autoras hallaron 38 especies (13 familias) en el potrero y 67 especies (39 familias) en la plantación; de estas especies sólo 3 se comparten en los dos tipos de cobertura. Además, encontraron que las familias mejor representadas en la plantación fueron Asteraceae, Moraceae y Solanaceae; mientras que en el potrero dominaron Poaceae, Asteraceae y Cyperaceae.

León (2014) demostró que 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. Para este estudio se estableció 320 cuadrantes de 36 m², 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, esto con el objetivo de conocer el estado de la regeneración natural de especies forestales nativas bajo plantaciones de *Pinus patula* y rodales naturales de *Alnus acuminata*, distribuidas en cinco sitios en la Hoya de Loja. En este estudio 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*.

Jaramillo y Muñoz (2009) generaron información sobre la dinámica de los bosques en especial de la regeneración natural. Para esto se aplicó un tratamiento silvicultural intensivo en la primera microcuena Q5, luego intensidad leve en la microcuena Q3 y la microcuena Q2 constituyó el área testigo. Durante dos años se evaluó y comparó el estado actual de la regeneración natural para conocer la influencia del tratamiento silvicultural en el desarrollo de la misma. La regeneración natural de mayor densidad, abundancia y frecuencia en las áreas intervenidas y el área testigo estuvo representada en su mayoría por especies típicas del sotobosque y de bajo interés comercial. Las más representativas fueron: *Chamaedorea pinnatifrons*, *Palicourea* sp., *Solanum anisophyllum*, *Schefflera* sp., *Inga* sp., *Faramaea occidentalis*. La especie forestal *Cedrela* sp. fue la que tuvo la mejor respuesta al tratamiento silvicultural (intervención fuerte), sus

valores de regeneración natural fueron mayores al resto de especies de interés comercial, cuyos valores de regeneración natural son relativamente bajos. La influencia de la luz y apertura del dosel sobre la regeneración natural no fue significativa debido a que no se encontró correlaciones significativas con las variables de regeneración natural.

La investigación de Díaz (2019) muestra que existe una diversidad media bajo las plantaciones de pino y eucalipto del Parque Universitario Francisco Vivar Castro; por ejemplo, en la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill., se registró 75 especies dentro de 64 géneros y 42 familias. La diversidad florística según el índice de Shannon bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* es alta (3,64). Las especies arbóreas representativas que se regeneran bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* son *Rhamnus granulosa*, *Oreopanax rosei* y *Clusia latipes*.

3. METODOLOGÍA

3.1. Área de estudio

El Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUFVC) (Figura 1) se encuentra ubicado en la Ciudad Universitaria “Guillermo Falconí Espinosa” de la parroquia San Sebastián, cantón Loja, provincia de Loja; es propiedad de la Universidad Nacional de Loja y se encuentra a 5 km de la ciudad en la vía Loja-Vilcabamba. Se ubica en un rango altitudinal de 2 130 - 2 520 m s.n.m.; tiene una superficie total de 99,13 ha, entre las coordenadas UTM: 700 592 – 9 554 223 N, 700 970 – 9 553 139 S, 701 309 – 9 553 171 E y 699 961 – 9 554 049 W (Aguirre *et al.*, 2016).

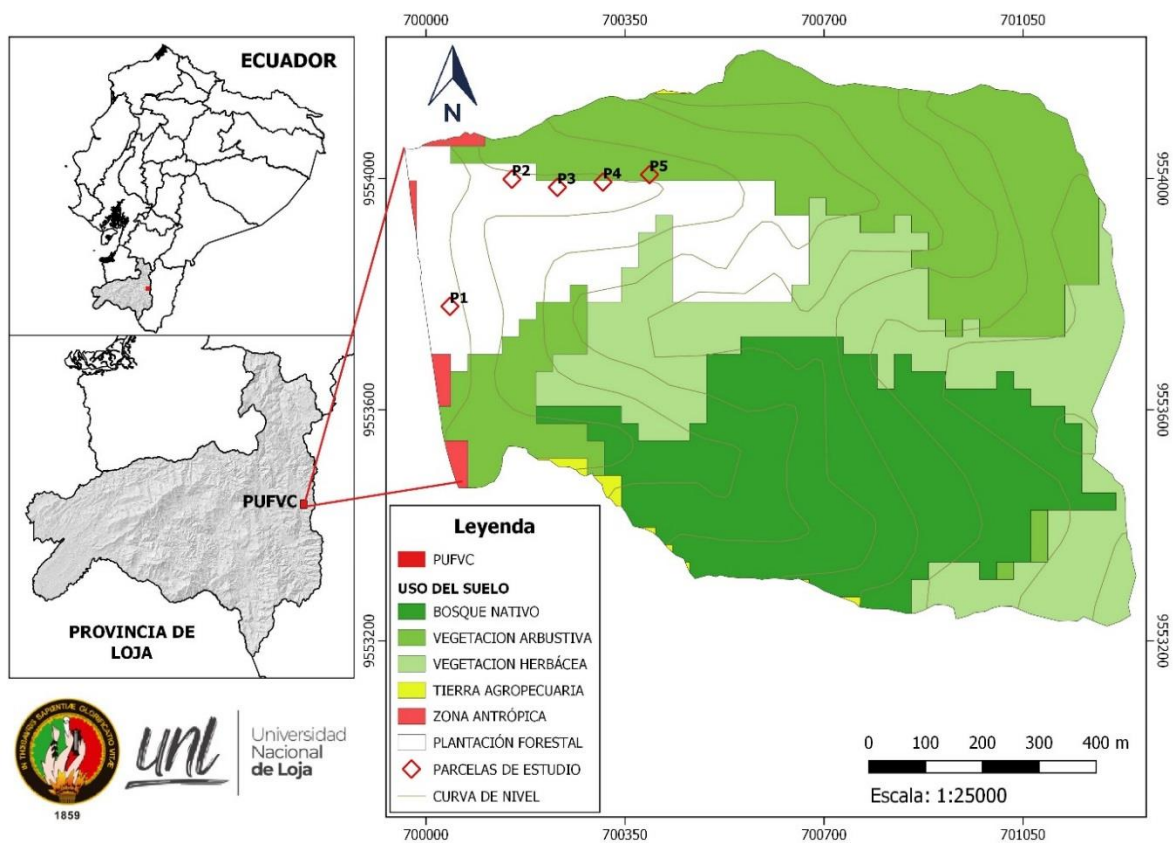


Figura 1. Ubicación del área de estudio dentro del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” en la provincia de Loja, Ecuador.

3.2. Determinación de la composición florística de especies vegetales leñosas nativas bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

3.2.1. Selección del sitio

La presente investigación se realizó en la plantación de *Eucalyptus globulus*, ubicada en la parte baja del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”; tiene una edad de 38 años y una extensión aproximada de 4,5 ha. En este sitio se estudió la composición florística de la sucesión de las especies vegetales leñosas nativas que se desarrollan bajo esta plantación, y a partir de esta evaluación inicial se inició el monitoreo de la sucesión de estas especies.

3.2.2. Instalación de parcelas permanentes para conocer la composición florística bajo el dosel de la plantación de eucalipto

Para el registro de la información se aplicó un muestreo sistemático siguiendo la metodología de Aguirre (2019). Para ello, se instalaron cinco parcelas permanentes de 20 x 20 m (400 m²), cuyas áreas se delimitaron con una cuerda, en los extremos de cada parcela se colocaron mojones de cemento con un tubo de PVC pintado de rojo de 1 m de altura (Figura 2 y Anexo 12).

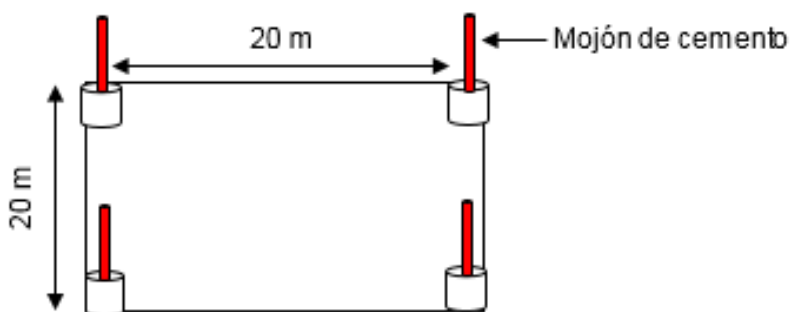


Figura 2. Diseño y delimitación de la parcela permanente para el levantamiento de la composición florística de la regeneración natural de las especies vegetales leñosas nativas bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* en el PUFVC.

3.2.3. Registro de especies vegetales

Una vez instaladas las parcelas permanentes se procedió a realizar la identificación y el registro de las especies vegetales leñosas nativas presentes bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus*.

El registro de la regeneración natural se hizo utilizando un diseño como se muestra en la figura 3; que consistió en: (i) en las parcelas permanentes de 20 x 20 m se registraron todos los latizales; (ii) en cada una de estas parcelas (400 m²) se anidaron cinco subparcelas de 5 x 5 m: cuatro en los vértices y una en el centro, donde se contabilizaron los brinzales; y (iii) dentro de cada subparcela de 5 x 5 m se anidó una subparcela de 1 x 1 m, en posición central, para contabilizar las plántulas. Se midió la altura y el diámetro de cada individuo de las categorías de regeneración natural. Los datos de campo fueron registrados en una plantilla cuyo diseño se muestra en el Anexo 1.

Para el estudio de la regeneración natural se utilizaron las categorías propuestas por Orozco y Brumer (2002): Plántulas: individuos \leq 30 cm altura; Brinzal: individuos $>$ a 30 cm y \leq 1,50 m altura; Latizal: individuos $>$ a 1,50 m altura y \leq a 10 cm de diámetro.

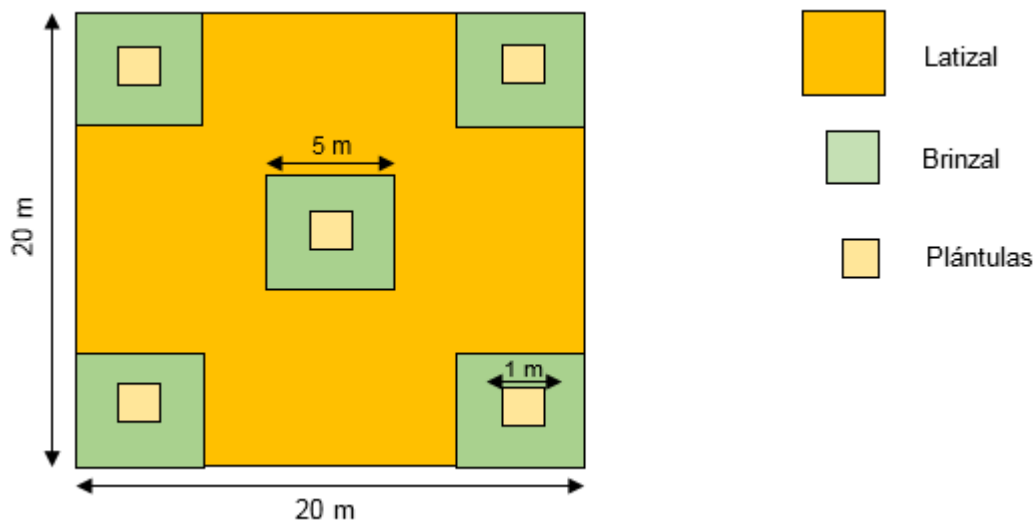


Figura 3. Diseño de las parcelas permanentes de muestreo y subparcelas anidadas para el levantamiento de información de la regeneración natural de las especies vegetales leñosas nativas bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* en el PUFVC.

Adicionalmente, cada individuo dentro de cada parcela fue etiquetado con una placa de plástico color amarillo, con el fin de realizar el monitoreo de la sobrevivencia y el crecimiento de las especies, siguiendo la metodología de Aguirre (2019). La placa se identificó con un código que hace referencia al número de la parcela (P1, P2, P3, P4, P5), al número de la subparcela (Sp1, Sp2, Sp3, Sp4, Sp5), a la categoría de regeneración natural (L, B y PL) con el respectivo número del individuo, y el nombre de la especie (Figura 4 y Anexo 13). Por ejemplo, un individuo identificado con el código P1-Sp1-

B01/*Prunus opaca* corresponde a un individuo de esta especie encontrado en la parcela 1, en la subparcela 1 y dentro de la categoría de brinzal.

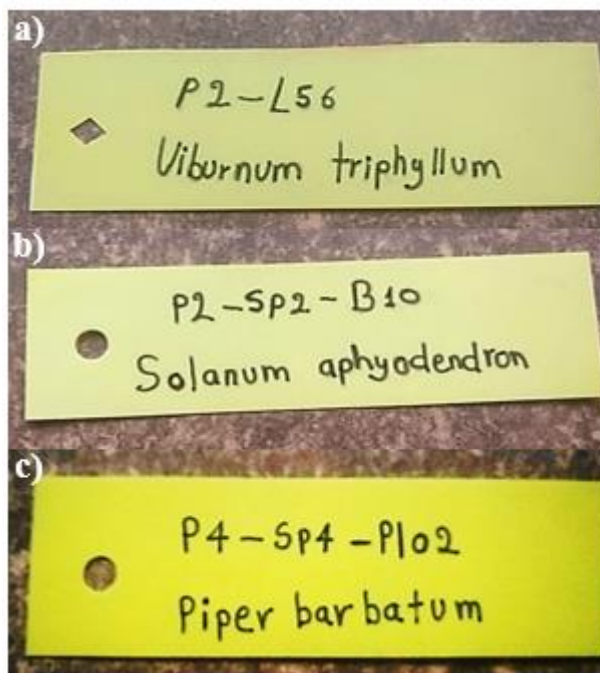


Figura 4. Diseño de las placas para el etiquetado de la regeneración natural de las especies vegetales leñosas nativas bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* en el PUFVC: a) Latizal; b) Brinzal; c) Plántulas.

La identificación se hizo hasta nivel de especie. Con estos registros se conoció la composición florística del sotobosque que se desarrolla bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* en estudio. Las especies que no se lograron identificar en el campo se recolectaron muestras botánicas para su posterior identificación en el Herbario “Reinaldo Espinosa” de la Universidad Nacional de Loja (Anexo 14).

3.2.4. Análisis de la información colectada

Se determinó la diversidad y composición florística por cada categoría de regeneración natural y se realizó una prueba de t para ver diferencias en la composición. La prueba t de Student es una prueba paramétrica de comparación de dos muestras, su función es comparar dos grupos de puntuaciones (medias aritméticas) y determinar que la diferencia no se deba al azar (que la diferencia sea estadísticamente significativa) (Juárez *et al.*, 2002). Además, se calcularon los parámetros estructurales de la vegetación: densidad relativa, frecuencia relativa e índice de valor de importancia.

Densidad relativa

El cálculo de este parámetro permitió hacer un análisis de la distribución o el porcentaje de relación de las especies que se distribuyen bajo la plantación. Se aplicó la ecuación:

$$\text{Densidad Relativa (DR)\%} = \frac{\text{No. de individuos por especie}}{\text{No. total de individuos}} \times 100$$

Frecuencia relativa

Este parámetro se calculó para todas las categorías de regeneración, y permitió determinar cuan frecuente es cada especie bajo la plantación. Se aplicó la ecuación:

$$\text{Frecuencia Relativa (Fr)} = \frac{\text{Número de parcelas en la que está la especie}}{\text{Sumatoria de las frecuencia de todas las especies}} \times 100$$

Índice de valor de importancia (IVI)

El cálculo de este parámetro permitió determinar las especies ecológicamente más importantes bajo la plantación, para ello se consideraron todas las especies; se hizo el análisis por especie y categoría de regeneración natural. Se aplicó la ecuación:

$$IVI (\%) = DR + FR$$

Dónde:

DR: Densidad relativa

FR: Frecuencia relativa

3.3. Monitoreo de la regeneración natural de especies vegetales leñosas nativas bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

Para el seguimiento de la regeneración natural, las parcelas permanentes fueron monitoreadas y evaluadas en dos momentos de muestreo (inventario): el primero, a finales del mes de septiembre de 2019; y el segundo, a finales del mes de junio de 2020.

3.3.1. Seguimiento y monitoreo de la regeneración natural de especies vegetales leñosas nativas

En el primer momento de muestreo, los individuos de la regeneración natural fueron registrados y etiquetados, además, se midió la altura y el diámetro basal (D_{basal}) de cada uno de los individuos por categoría de regeneración. A los nueve meses se volvió a realizar la medición de los individuos de regeneración de las diferentes categorías, considerando su respectivo código conforme al primer momento de muestreo. Además, en este segundo muestreo se evaluó la sobrevivencia de cada especie dentro de las parcelas permanentes, se hizo una verificación de las placas a fin de determinar si el individuo había sobrevivido o no. A los individuos sobrevivientes se les volvió a medir la altura y el diámetro basal (D_{basal}), considerando las categorías de regeneración natural. Los datos se registraron en una plantilla similar a la del primer muestreo (Anexo 1).

Con los datos obtenidos en ambos muestreos se hicieron los análisis respectivos para cumplir con los objetivos de la investigación. El monitoreo de estas parcelas permanentes continuará en futuras investigaciones.

3.3.2. Procesamiento y análisis de datos

Se estimó la sobrevivencia de cada una de las especies registradas al final del periodo de estudio (nueve meses). Además, para cada especie, dentro de cada parcela permanente, se hicieron análisis de crecimiento en altura y crecimiento en diámetro. Estos análisis en cada especie se obtuvieron para cada categoría de regeneración natural, cuyos cálculos se indican a continuación:

Sobrevivencia

En este parámetro se calculó el porcentaje (%) de individuos por especie que sobrevivieron en el tiempo de monitoreo. Esto permitió hacer un análisis de la cantidad de individuos por especie que se mantienen vivos y continúan formando parte de los procesos ecológicos. Se aplicó la ecuación:

$$\text{Sobrevivencia (\%)} = \left(\frac{\text{N}^{\circ} \text{ individuos vivos al final del periodo}}{\text{N}^{\circ} \text{ individuos vivos al inicio del periodo}} \right) \times 100$$

Crecimiento en altura

Este parámetro se calculó para cada individuo de cada especie y en cada categoría de regeneración, para lo cual se obtuvo en cada caso la diferencia entre los datos de altura registrados al comienzo y al final del periodo de estudio. Este análisis permitió evaluar, en promedio, si hubo un incremento en altura dentro de cada categoría de regeneración para cada especie estudiada. Se aplicó la ecuación:

$$CrH = Hf - Hi$$

Dónde:

CrH: Crecimiento en altura

Hf: Altura al final del periodo

Hi: Altura al inicio del periodo

Crecimiento en diámetro

Este parámetro se calculó para cada individuo de cada especie y en cada categoría de regeneración, para lo cual se obtuvo en cada caso la diferencia entre los datos de diámetro registrados al comienzo y al final del periodo de estudio. Este análisis permitió evaluar, en promedio, si hubo un incremento en diámetro dentro de cada categoría de regeneración para cada especie estudiada. Se aplicó la ecuación:

$$CrD_{basal} = D_{basal f} - D_{basal i}$$

Dónde:

CrD_{basal}: Crecimiento en diámetro

D_{basal f}: Diámetro al final del periodo

D_{basal i}: Diámetro al inicio del periodo

3.4. Medición de variables ambientales bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

Se registraron tres variables ambientales en el área bajo el dosel de la plantación de eucalipto, con el fin de evaluar su relación con la abundancia y diversidad florística de las especies leñosas registradas en el inventario e inferir sobre los posibles requerimientos ecológicos de estas especies en relación a dichas variables; y, a la vez establecer una descripción de la influencia de la heterogeneidad ambiental existente bajo la plantación en la sucesión de las especies vegetales estudiadas. Los datos de campo fueron registrados en una plantilla cuyo diseño se muestra en el Anexo 2.

3.4.1. Densidad de luz

Se utilizó fotografías hemisféricas del dosel para determinar el porcentaje de luminosidad que ingresa al sotobosque de la plantación de eucalipto. Para la toma de fotografías se empleó una cámara marca Canon SX 30 IS con el modo ojo de pez 180°, el cual ayuda a obtener un mejor realce de las fotografías (ver anexo 15 y 16). El procedimiento se explica de la siguiente manera:

- Se ajustó la cámara a un trípode para mayor estabilidad de la misma, y se la colocó en el centro de cada subparcela a 1,30 m de altura.
- Posteriormente, se niveló el trípode y el lente de la cámara para una mejor precisión.
- Una vez montada la cámara, se procedió a la toma de fotografías, se capturaron tres fotos por sub-parcela para luego seleccionar la más idónea, cabe mencionar que las fotos fueron tomadas con el cielo nublado, con la finalidad de optimizar el contraste entre el follaje y el cielo.
- Después, se seleccionó la mejor fotografía de cada subparcela para su respectivo análisis en la aplicación HabitApp, la cual esta diseñada con el fin de ayudar de manera simple en la evaluación de la cobertura del follaje de los árboles (Anexo 17). Además, la precisión de esta aplicación es comparable con otros instrumentos o programas como el densiómetro esférico o Gap Light Analyzer (Farfán *et al.*, 2016).
- Finalmente, se calculó un valor promedio para cada parcela permanente, a partir de los registros realizados en las cinco subparcelas de brinzales de cada parcela permanente.

3.4.2. Pendiente del terreno

Para la medición de la pendiente se utilizó un clinómetro tomando la medida en porcentaje (%) (Anexo 15). Los datos se registraron cada 5 m delimitando un transecto en el centro de la parcela en dirección este y oeste en cada parcela permanente; sobre esta distancia, el observador (usuario del clinómetro) se ubicó en la parte más alta, quien proyecta la visión hacia la parte baja del terreno, donde está ubicada la persona que sirvió de punto guía o de referencia, la cual debe estar a la misma altura del ojo del observador (Cruz, 2011).

3.4.3. Profundidad de suelo

Para esta variable se consideraron datos correspondientes al horizonte O, que corresponde a la capa de materia orgánica acumulada en el suelo. Para ello se tomaron datos en las cinco parcelas permanentes, en cada subparcela de la categoría de brinzales (Anexo 15). Posteriormente, se calculó un valor promedio para cada parcela permanente, a partir de los registros realizados en las cinco subparcelas de cada parcela permanente.

3.4.4. Análisis de la información

Se utilizó estadística descriptiva en la representación de los resultados de las variables ambientales, los cuales fueron simbolizados por gráficas y tablas.

Además, para observar la relación entre las variables ambientales de profundidad del suelo, pendiente y luminosidad con el número de individuos y número de especies registrados en la regeneración natural se realizó un análisis de correlación de Pearson, el cual se obtuvo mediante el software InfoStat versión 2017.

Finalmente, a partir de los datos de variables ambientales y de la abundancia y riqueza florística se realizó un análisis de componentes principales (PCA) con el programa estadístico R versión 4.0.2 (R Development Core Team, 2020). Esto con el fin de comprobar posibles relaciones e influencia de las variables ambientales en la presencia de la regeneración natural (ver anexo 9 y 11).

3.5. Difusión de los resultados a docentes, investigadores y estudiantes de la FARNR e interesados en el tema

La socialización de los resultados obtenidos en la presente investigación se realizó en un evento académico virtual organizado por la Universidad Nacional de Loja (UNL) el día 20 de agosto de 2020 (Anexo 18). En este evento se hizo una presentación a través de la plataforma Zoom dirigida a docentes, investigadores, técnicos, estudiantes y público en general.

Además, se entregó el documento de tesis a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja para interesados en la temática.

Finalmente, a partir del documento de tesis se elaborará un artículo científico para su publicación futura en una revista indexada.

4. RESULTADOS

4.1. Composición florística de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

Se registraron 28 especies dentro de 24 géneros y 21 familias, de estas especies 15 son árboles y 13 arbustos (Tabla 1). El registro total de los individuos en todas las parcelas consta en los anexos 3, 4 y 5.

Tabla 1. Árboles y arbustos de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

Hábito de crecimiento	Familia	Especie	Número de individuos
Árbol	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	35
	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	2
	Clusiaceae	<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	6
	Rhamnaceae	<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov	6
	Fabaceae	<i>Inga acreana</i> Harms	3
	Anacardiaceae	<i>Mauria heterophylla</i> Kunth	1
	Moraceae	<i>Morus insignis</i> Bureau	2
	Araliaceae	<i>Oreopanax rosei</i> Harms	17
	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	11
	Proteaceae	<i>Roupala monosperma</i> (Ruiz & Pav.) I.M. Johnst.	2
	Actinidiaceae	<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	2
	Siparunaceae	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	4
	Solanaceae	<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	30
	Boraginaceae	<i>Tournefortia fuliginosa</i> Kunth	2
	Asteraceae	<i>Verbesina cf. arborea</i> Kunth	29
Total		15 especies	152 individuos
Arbusto	Asteraceae	<i>Critoniopsis pycnantha</i> (Benth.) H. Rob.	1
	Bignoniaceae	<i>Delostoma integrifolium</i> D. Don	1
	Rosaceae	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	2
	Melastomataceae	<i>Miconia lutescens</i> (Bonpl.) DC.	5
	Melastomataceae	<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	56
	Primulaceae	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	14
	Primulaceae	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	8
Rubiaceae	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	1	

Rubiaceae	<i>Palicourea</i> sp.	1
Piperaceae	<i>Piper barbatum</i> Kunth	44
Solanaceae	<i>Solanum cf. cutervanum</i> Zahlbr.	9
Melastomataceae	<i>Tibouchina lepidota</i> (Bonpl.) Baill.	2
Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	138
Total	13 especies	282 individuos

4.1.1. Composición florística por categoría de regeneración natural bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

Bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* se registró 434 individuos que pertenecen a 28 especies, siendo la categoría latizal la que tiene mayor cantidad de individuos con 294 individuos dentro de 25 especies; la categoría brinzal posee 131 individuos de 18 especies; y la categoría plántulas con 9 individuos dentro de 4 especies (Tabla 2). Las especies representativas en la categoría latizal son *Viburnum triphyllum*, *Alnus acuminata*, *Miconia obscura* y *Piper barbatum*; en la categoría brinzal son *Miconia obscura* y *Viburnum triphyllum*, mientras que *Solanum aphyodendron* en la categoría plántulas.

Tabla 2. Número de individuos por especie y categoría de regeneración natural que se regeneran bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

Especie	Categoría de regeneración natural		
	Latizal	Brinzal	Plántulas
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	27	8	0
<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	1	1	0
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	4	2	0
<i>Critoniopsis pycnantha</i> (Benth.) H. Rob.	1	0	0
<i>Delostoma integrifolium</i> D. Don	1	0	0
<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov	4	2	0
<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	2	0	0
<i>Inga acreana</i> Harms	3	0	0
<i>Mauria heterophylla</i> Kunth	1	0	0
<i>Miconia lutescens</i> (Bonpl.) DC.	5	0	0
<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	27	29	0
<i>Morus insignis</i> Bureau	2	0	0
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	11	3	0
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	4	4	0

<i>Oreopanax rosei</i> Harms	1	15	1
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	0	1	0
<i>Palicourea</i> sp.	0	1	0
<i>Piper barbatum</i> Kunth	26	16	2
<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	3	8	0
<i>Roupala monosperma</i> (Ruiz & Pav.) I.M. Johnst.	2	0	0
<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	0	2	0
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	2	2	0
<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	16	10	4
<i>Solanum</i> cf. <i>cutervanum</i> Zahlbr.	8	1	0
<i>Tibouchina lepidota</i> (Bonpl.) Baill.	2	0	0
<i>Tournefortia fuliginosa</i> Kunth	2	0	0
<i>Verbesina</i> cf. <i>arborea</i> Kunth	23	6	0
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	116	20	2
Total	294	131	9

4.1.2. Análisis estadístico de la composición florística de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

Al realizar la prueba t-student entre las categorías de regeneración natural bajo la plantación de *Eucalyptus globulus*, no se evidenció diferencias significativas ($p\text{-valor} \leq \alpha 0,05$) en lo que respecta a la composición florística entre la categoría brinzal y latizal, así como entre latizal y plántulas (Tabla 3); estas categorías de regeneración natural son estadísticamente iguales. Sin embargo, entre la categoría brinzal y plántulas si se evidenció diferencias significativas ($p\text{-valor} \leq \alpha 0,05$) en la composición florística (Tabla 3); la categoría brinzal y plántulas no son estadísticamente iguales.

Tabla 3. Prueba t-student para muestras independientes de la composición florística de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

Variable	Comparación (1) vs (2)	n (1)	n (2)	Media (1)	Media (2)	p-valor	prueba
Composición Florística	Brinzal vs Latizal	18	25	7,28	11,76	0,3821	Bilateral
	Brinzal vs Plántulas	18	4	7,28	2,25	0,0195	Bilateral

	Latizal vs Plántulas	25	4	11,76	2,25	0,0560	Bilateral
--	----------------------	----	---	-------	------	--------	-----------

4.1.3. Parámetros estructurales de la categoría de regeneración plántulas bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

En la tabla 4 se muestra el cálculo de los parámetros estructurales de la categoría de regeneración plántulas bajo la plantación de *Eucalyptus globulus*, en base al mayor índice de valor de importancia (IVI).

Tabla 4. Parámetros estructurales de la categoría de regeneración plántulas bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

Especie	Familia	D Ind/ha	DR (%)	F	FR (%)	IVI (%)
<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	Solanaceae	20	44,44	2	33,33	38,89
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae	10	22,22	2	33,33	27,78
<i>Piper barbatum</i> Kunth	Piperaceae	10	22,22	1	16,67	19,44
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	Araliaceae	5	11,11	1	16,67	13,89
Total		45	100	6	100	100

Densidad (D); Densidad relativa (DR); Frecuencia (F); Frecuencia relativa (FR); Índice de valor de importancia (IVI)

En esta categoría de regeneración, la especie abundante es *Solanum aphyodendron* con una densidad de 20 ind/ha que corresponde a una densidad relativa de 44,44 %; y la especie menos abundante es *Oreopanax rosei* con una densidad de 5 ind/ha que representa una densidad relativa de 11,11 %.

Las especies con mayor frecuencia relativa son *Solanum aphyodendron* y *Viburnum triphyllum*, ambas especies con 33,33 %. Las especies con menor frecuencia relativa son *Piper barbatum* (16,67 %) y *Oreopanax rosei* (16,67 %).

La especie con mayor IVI es *Solanum aphyodendron* con 38,89 %; y la especie con menor IVI es *Oreopanax rosei* con el 13,89 %.

4.1.4. Parámetros estructurales de la categoría de regeneración brinzal bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

En la tabla 5 se indica el cálculo de los parámetros estructurales de la categoría de regeneración brinzal bajo la plantación de *Eucalyptus globulus*, en base al mayor índice de valor de importancia (IVI).

Tabla 5. Parámetros estructurales de la categoría de regeneración brinzal bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

Especie	Familia	D Ind/ha	DR (%)	F	FR (%)	IVI (%)
<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	Melastomataceae	145	22,14	4	9,76	15,95
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae	100	15,27	4	9,76	12,51
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	Araliaceae	75	11,45	5	12,20	11,82
<i>Piper barbatum</i> Kunth	Piperaceae	80	12,21	3	7,32	9,77
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	20	3,05	4	9,76	6,40
<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	Solanaceae	50	7,63	2	4,88	6,26
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Betulaceae	40	6,11	2	4,88	5,49
<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	Rosaceae	40	6,11	2	4,88	5,49
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	15	2,29	3	7,32	4,80
<i>Verbesina</i> <i>cf. arborea</i> Kunth	Asteraceae	30	4,58	2	4,88	4,73
<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov	Rhamnaceae	10	1,53	2	4,88	3,20
<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	Actinidiaceae	10	1,53	2	4,88	3,20
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	10	1,53	1	2,44	1,98
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	Siparunaceae	10	1,53	1	2,44	1,98
<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	Clethraceae	5	0,76	1	2,44	1,60
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Rubiaceae	5	0,76	1	2,44	1,60
<i>Palicourea</i> sp.	Rubiaceae	5	0,76	1	2,44	1,60

<i>Solanum cutervanum</i> Zahlbr.	cf. Solanaceae	5	0,76	1	2,44	1,60
Total		655	100	41	100	100

Densidad (D); Densidad relativa (DR); Frecuencia (F); Frecuencia relativa (FR); Índice de valor de importancia (IVI)

En la categoría de regeneración brinzal, las especies abundantes son *Miconia obscura* con una densidad de 145 ind/ha que corresponde a una densidad relativa de 22,14 %; seguida de *Viburnum triphyllum* con una densidad de 100 ind/ha que representa una densidad relativa de 15,27 %. Las especies menos abundantes son *Clethra fimbriata*, *Palicourea amethystina*, *Palicourea* sp. y *Solanum cf. cutervanum* con una densidad de 5 ind/ha que corresponde a una densidad relativa de 0,76 %.

Las especies con mayor frecuencia relativa son *Oreopanax rosei* (12,20 %), *Miconia obscura* (9,76 %), *Viburnum triphyllum* (9,76 %) y *Myrsine sodiroana* (9,76 %). Las especies menos frecuentes son *Clusia latipes*, *Siparuna muricata*, *Clethra fimbriata*, *Palicourea amethystina*, *Palicourea* sp. y *Solanum cf. cutervanum* con 2,44 %.

Las especies con mayor IVI son *Miconia obscura* con 15,95 %; seguida de *Viburnum triphyllum* con 12,51 % y *Oreopanax rosei* con 11,82 %. Las especies con menor IVI son *Clethra fimbriata*, *Palicourea amethystina*, *Palicourea* sp. y *Solanum cf. cutervanum* con el 1,60 %.

4.1.5. Parámetros estructurales de la categoría de regeneración latizal bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

La tabla 6 muestra el cálculo de los parámetros estructurales de la categoría de regeneración latizal bajo la plantación de *Eucalyptus globulus*, en base al mayor índice de valor de importancia (IVI).

Tabla 6. Parámetros estructurales de la categoría de regeneración latizal bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

Especie	Familia	D Ind/ha	DR (%)	F	FR (%)	IVI (%)
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae	580	39,46	5	8,62	24,04
<i>Piper barbatum</i> Kunth	Piperaceae	130	8,84	5	8,62	8,73

<i>Verbesina</i>							
<i>cf. arborea</i> Kunth	Asteraceae	115	7,82	5	8,62	8,22	
<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	Melastomataceae	135	9,18	4	6,90	8,04	
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Betulaceae	135	9,18	3	5,17	7,18	
<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	Solanaceae	80	5,44	4	6,90	6,17	
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	55	3,74	4	6,90	5,32	
<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov	Rhamnaceae	20	1,36	3	5,17	3,27	
<i>Solanum cutervanum</i> Zahlbr. <i>cf.</i>	Solanaceae	40	2,72	2	3,45	3,08	
<i>Miconia lutescens</i> (Bonpl.) DC.	Melastomataceae	25	1,70	2	3,45	2,57	
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	20	1,36	2	3,45	2,40	
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	20	1,36	2	3,45	2,40	
<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	Rosaceae	15	1,02	2	3,45	2,23	
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	Siparunaceae	10	0,68	2	3,45	2,06	
<i>Tibouchina lepidota</i> (Bonpl.) Baill.	Melastomataceae	10	0,68	2	3,45	2,06	
<i>Tournefortia fuliginosa</i> Kunth	Boraginaceae	10	0,68	2	3,45	2,06	
<i>Inga acreana</i> Harms	Fabaceae	15	1,02	1	1,72	1,37	
<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	Rosaceae	10	0,68	1	1,72	1,20	
<i>Morus insignis</i> Bureau	Moraceae	10	0,68	1	1,72	1,20	
<i>Roupala monosperma</i> (Ruiz & Pav.) I.M. Johnst.	Proteaceae	10	0,68	1	1,72	1,20	
<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	Clethraceae	5	0,34	1	1,72	1,03	
<i>Critoniopsis pycnantha</i> (Benth.) H. Rob.	Asteraceae	5	0,34	1	1,72	1,03	
<i>Delostoma integrifolium</i> D. Don	Bignoniaceae	5	0,34	1	1,72	1,03	
<i>Mauria heterophylla</i> Kunth	Anacardiaceae	5	0,34	1	1,72	1,03	
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	Araliaceae	5	0,34	1	1,72	1,03	
Total		1470	100	58	100	100	

Densidad (D); Densidad relativa (DR); Frecuencia (F); Frecuencia relativa (FR); Índice de valor de importancia (IVI)

En esta categoría de regeneración, la especie abundante es *Viburnum triphyllum* con una densidad de 580 ind/ha que representa una densidad relativa de 39,46 %; las especies menos abundantes son *Clethra fimbriata*, *Critoniopsis pycnantha*, *Delostoma integrifolium*, *Mauria heterophylla* y *Oreopanax rosei* con una densidad de 5 ind/ha que corresponde a una densidad relativa de 0,34 %.

Las especies con mayor frecuencia relativa son *Viburnum triphyllum*, *Piper barbatum* y *Verbesina cf. arborea* con 8,62 %. Las especies con menor frecuencia relativa son *Inga acreana*, *Hesperomeles obtusifolia*, *Morus insignis*, *Roupala monosperma*, *Clethra fimbriata*, *Critoniopsis pycnantha*, *Delostoma integrifolium*, *Mauria heterophylla* y *Oreopanax rosei* con el 1,72 %.

La especie con mayor IVI es *Viburnum triphyllum* con 24,04 %; las especies con menor IVI son *Clethra fimbriata*, *Critoniopsis pycnantha*, *Delostoma integrifolium*, *Mauria heterophylla* y *Oreopanax rosei* con 1,03 %.

4.2. Dinámica sucesional de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

4.2.1. Análisis de sobrevivencia de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

En la Tabla 7 se muestra el cálculo de la sobrevivencia por especie y categoría de regeneración natural bajo la plantación de *Eucalyptus globulus*.

Tabla 7. Análisis de sobrevivencia por especie y categoría de regeneración natural bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

Categoría: Plántulas			
Especie	Individuos al inicio	Individuos al final	Sobrevivencia (%)
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	1	1	100,00
<i>Piper barbatum</i> Kunth	2	2	100,00
<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	4	4	100,00
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	2	2	100,00
Total	9	9	100,00
Categoría: Brinzal			
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	8	8	100,00

<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	1	1	100,00
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	2	2	100,00
<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov	2	2	100,00
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	4	4	100,00
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	1	1	100,00
<i>Palicourea</i> sp.	1	1	100,00
<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	8	8	100,00
<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	2	2	100,00
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	2	2	100,00
<i>Solanum cf. cutervanum</i> Zahlbr.	1	1	100,00
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	20	19	95,00
<i>Piper barbatum</i> Kunth	16	15	93,75
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	15	14	93,33
<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	29	26	89,66
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	3	2	66,67
<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	10	5	50,00
<i>Verbesina cf. arborea</i> Kunth	6	3	50,00
Total	131	116	88,55
Categoría: Latizal			
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	27	27	100,00
<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	1	1	100,00
<i>Critoniopsis pycnantha</i> (Benth.) H. Rob.	1	1	100,00
<i>Delostoma integrifolium</i> D. Don	1	1	100,00
<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov	4	4	100,00
<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	2	2	100,00
<i>Inga acreana</i> Harms	3	3	100,00
<i>Mauria heterophylla</i> Kunth	1	1	100,00
<i>Miconia lutescens</i> (Bonpl.) DC.	5	5	100,00
<i>Morus insignis</i> Bureau	2	2	100,00
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	11	11	100,00
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	1	1	100,00
<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	3	3	100,00
<i>Roupala monosperma</i> (Ruiz & Pav.) I.M. Johnst.	2	2	100,00
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	2	2	100,00

<i>Solanum cf. cutervanum</i> Zahlbr.	8	8	100,00
<i>Tibouchina lepidota</i> (Bonpl.) Baill.	2	2	100,00
<i>Tournefortia fuliginosa</i> Kunth	2	2	100,00
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	116	108	93,10
<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	27	25	92,59
<i>Piper barbatum</i> Kunth	26	24	92,31
<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	16	14	87,50
<i>Verbesina cf. arborea</i> Kunth	23	19	82,61
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	4	3	75,00
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	4	3	75,00
Total	294	274	93,20

La sobrevivencia de los individuos de las categorías de regeneración natural bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* es de 91,94 % que corresponde a 399 individuos, en la categoría plántulas se registró la sobrevivencia total de los individuos (100 %); la categoría latizal alcanzó el 93,20 % de sobrevivencia; y la categoría brinzal tiene la menor sobrevivencia con 88,55 %.

Las especies con mayor sobrevivencia en la categoría plántulas fueron *Oreopanax rosei*, *Piper barbatum*, *Solanum aphyodendron* y *Viburnum triphyllum* con 100 %. En la categoría brinzal fueron *Alnus acuminata*, *Clethra fimbriata*, *Clusia latipes*, *Frangula granulosa*, *Myrsine sodiroana*, *Palicourea amethystina*, *Palicourea* sp., *Prunus opaca*, *Saurauia bullosa*, *Siparuna muricata* y *Solanum cf. cutervanum* con 100 %. En la categoría latizal fueron *Alnus acuminata*, *Clethra fimbriata*, *Critoniopsis pycnantha*, *Delostoma integrifolium*, *Frangula granulosa*, *Hesperomeles obtusifolia*, *Inga acreana*, *Mauria heterophylla*, *Miconia lutescens*, *Morus insignis*, *Myrsine andina*, *Oreopanax rosei*, *Prunus opaca*, *Roupala monosperma*, *Siparuna muricata*, *Solanum cf. cutervanum*, *Tibouchina lepidota* y *Tournefortia fuliginosa* con 100 %.

Las especies con menor sobrevivencia en la categoría brinzal fueron *Solanum aphyodendron* y *Verbesina cf. arborea* con 50 %. En la categoría latizal fueron *Clusia latipes* y *Myrsine sodiroana* con 75 %.

4.2.2. Crecimiento en altura de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

La tabla 8 muestra el crecimiento en altura de la categoría de regeneración plántulas, bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus*. La especie con mayor crecimiento es

Viburnum triphyllum; y la de menor crecimiento *Piper barbatum*. El crecimiento promedio de esta categoría es 0,072 m.

Tabla 8. Crecimiento en altura de la categoría de regeneración plántulas bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

Especie	Ind vivos	H _f prom/sp (m)	H _i prom/sp (m)	CrH total prom/sp (H _f - H _i) (m)
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	2	0,370	0,265	0,105
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	1	0,200	0,105	0,095
<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	4	0,248	0,184	0,064
<i>Piper barbatum</i> Kunth	2	0,090	0,045	0,045
Total	9	0,234	0,162	0,072

Altura final promedio por especie (H_f prom/sp); Altura inicial promedio por especie (H_i prom/sp); Crecimiento en altura total promedio por especie (CrH total prom/sp)

En la tabla 9 se muestra el crecimiento en altura de la categoría de regeneración brinzal, bajo la plantación de *Eucalyptus globulus*. Las especies con mayor crecimiento son *Verbesina cf. arborea* y *Alnus acuminata*; y las de menor crecimiento *Prunus opaca*, *Palicourea* sp. y *Clusia latipes*. El crecimiento promedio de esta categoría de regeneración es 0,229 m.

Tabla 9. Crecimiento en altura de la categoría de regeneración brinzal bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

Especie	Ind vivos	H _f prom/sp (m)	H _i prom/sp (m)	CrH total prom/sp (H _f - H _i) (m)
<i>Verbesina cf. arborea</i> Kunth	3	1,657	0,815	0,842
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	8	1,515	0,906	0,609
<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	1	1,060	0,700	0,360
<i>Solanum cf. cutervanum</i> Zahlbr.	1	0,850	0,490	0,360
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	2	1,600	1,300	0,300
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	1	0,640	0,340	0,300
<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	2	0,885	0,612	0,273
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	19	1,243	0,977	0,266
<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	26	0,952	0,739	0,212
<i>Piper barbatum</i> Kunth	15	1,055	0,881	0,175

<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	4	0,693	0,546	0,146
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	14	0,663	0,547	0,116
<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	5	0,672	0,563	0,109
<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov	2	0,550	0,445	0,105
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	2	0,650	0,560	0,090
<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	8	0,690	0,627	0,064
<i>Palicourea</i> sp.	1	0,450	0,390	0,060
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	2	0,805	0,778	0,028
Total	116	0,984	0,756	0,229

Altura final promedio por especie (H_f prom/sp); Altura inicial promedio por especie (H_i prom/sp); Crecimiento en altura total promedio por especie (CrH total prom/sp)

En la tabla 10 se indica el crecimiento en altura de la categoría de regeneración latizal, bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus*. Las especies con mayor crecimiento son *Inga acreana*, *Morus insignis* y *Critoniopsis pycnantha*; y las de menor crecimiento *Clusia latipes*, *Oreopanax rosei* y *Clethra fimbriata*. El crecimiento promedio para esta categoría de regeneración es 0,798 m.

Tabla 10. Crecimiento en altura de la categoría de regeneración latizal bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

Especie	Ind vivos	H_f prom/sp (m)	H_i prom/sp (m)	CrH total prom/sp ($H_f - H_i$) (m)
<i>Inga acreana</i> Harms	3	7,967	6,067	1,900
<i>Morus insignis</i> Bureau	2	7,750	5,900	1,850
<i>Critoniopsis pycnantha</i> (Benth.) H. Rob.	1	6,300	4,500	1,800
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	27	5,452	4,033	1,419
<i>Tibouchina lepidota</i> (Bonpl.) Baill.	2	5,350	4,250	1,100
<i>Tournefortia fuliginosa</i> Kunth	2	5,825	4,750	1,075
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	3	4,777	3,733	1,043
<i>Delostoma integrifolium</i> D. Don	1	4,500	3,500	1,000
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	2	3,600	2,650	0,950
<i>Verbesina cf. arborea</i> Kunth	19	3,751	2,878	0,872
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	108	4,150	3,294	0,856
<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	2	4,350	3,500	0,850

<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov	4	3,500	2,750	0,750
<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	14	3,504	2,771	0,733
<i>Roupala monosperma</i> (Ruiz & Pav.) I.M. Johnst.	2	4,500	3,800	0,700
<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	3	3,633	3,117	0,517
<i>Miconia lutescens</i> (Bonpl.) DC.	5	3,250	2,740	0,510
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	11	3,377	2,891	0,486
<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	25	3,151	2,676	0,475
<i>Solanum cutervanum</i> Zahlbr. cf.	8	2,913	2,563	0,350
<i>Piper barbatum</i> Kunth	24	2,808	2,484	0,324
<i>Mauria heterophylla</i> Kunth	1	4,300	4,000	0,300
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	3	3,533	3,267	0,267
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	1	2,000	1,750	0,250
<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	1	2,200	2,100	0,100
Total	274	3,994	3,196	0,798

Altura final promedio por especie (H_f prom/sp); Altura inicial promedio por especie (H_i prom/sp); Crecimiento en altura total promedio por especie (CrH total prom/sp)

4.2.3. Crecimiento en diámetro de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

La tabla 11 muestra el crecimiento en diámetro de la categoría de regeneración plántulas, bajo la plantación de *Eucalyptus globulus*. La especie de mayor crecimiento es *Solanum aphyodendron*; y, la de menor crecimiento *Piper barbatum*. El crecimiento promedio para esta categoría de regeneración es de 0,078 cm.

Tabla 11. Crecimiento en diámetro de la categoría de regeneración plántulas bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

Especie	Ind vivos	$D_{\text{basal f}}$ prom/sp (cm)	$D_{\text{basal i}}$ prom/sp (cm)	CrD total prom/sp ($D_{\text{basal f}} - D_{\text{basal i}}$) (cm)
<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	4	0,305	0,173	0,133
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	1	0,300	0,250	0,050
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	2	0,285	0,250	0,035
<i>Piper barbatum</i> Kunth	2	0,135	0,110	0,025
Total	9	0,262	0,184	0,078

Diámetro basal final promedio por especie ($D_{\text{basal f}}$ prom/sp); Diámetro basal inicial promedio por especie ($D_{\text{basal i}}$ prom/sp); Crecimiento en diámetro total promedio por especie (CrD total prom/sp)

En la tabla 12 se presenta el crecimiento en diámetro de la categoría de regeneración brinzal, bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus*. Las especies con mayor crecimiento son *Alnus acuminata*, *Verbesina cf. arborea* y *Clethra fimbriata*; y, las de menor crecimiento *Frangula granulosa*, *Myrsine andina* y *Piper barbatum*. El crecimiento promedio para esta categoría de regeneración es de 0,155 cm.

Tabla 12. Crecimiento en diámetro de la categoría de regeneración brinzal bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

Especie	Ind vivos	D _{basal f} prom/sp (cm)	D _{basal i} prom/sp (cm)	CrD total prom/sp (D _{basal f} - D _{basal i}) (cm)
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	8	1,096	0,644	0,453
<i>Verbesina cf. arborea</i> Kunth	3	1,017	0,647	0,370
<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	1	0,750	0,420	0,330
<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	2	0,850	0,580	0,270
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	2	0,900	0,635	0,265
<i>Solanum cutervanum</i> Zahlbr. cf.	1	0,550	0,290	0,260
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	1	0,500	0,300	0,200
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	2	1,030	0,850	0,180
<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	26	0,657	0,485	0,172
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	4	0,723	0,598	0,125
<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	5	0,458	0,334	0,124
<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	8	0,384	0,278	0,106
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	19	0,585	0,488	0,096
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	14	0,696	0,604	0,091
<i>Palicourea</i> sp.	1	0,350	0,270	0,080
<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov	2	0,290	0,215	0,075
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	2	0,750	0,675	0,075
<i>Piper barbatum</i> Kunth	15	0,590	0,516	0,074
Total	116	0,661	0,506	0,155

Diámetro basal final promedio por especie (D_{basal f} prom/sp); Diámetro basal inicial promedio por especie (D_{basal i} prom/sp); Crecimiento en diámetro total promedio por especie (CrD total prom/sp)

El crecimiento en diámetro de la categoría de regeneración latizal, bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* se presenta en la Tabla 13. Las especies con mayor crecimiento son *Critoniopsis pycnantha*, *Tournefortia fuliginosa* y *Morus insignis*; y, las de menor

crecimiento *Tibouchina lepidota* y *Clethra fimbriata*. El crecimiento promedio de esta categoría de regeneración es 0,307 cm.

Tabla 13. Crecimiento en diámetro de la categoría de regeneración latizal bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

Especie	Ind vivos	D _{basal f} prom/sp (cm)	D _{basal i} prom/sp (cm)	CrD total prom/sp (D _{basal f} - D _{basal i}) (cm)
<i>Critoniopsis pycnantha</i> (Benth.) H. Rob.	1	4,170	3,340	0,830
<i>Tournefortia fuliginosa</i> Kunth	2	5,570	4,837	0,734
<i>Morus insignis</i> Bureau	2	7,496	6,780	0,716
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	2	2,469	1,932	0,536
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	27	4,355	3,897	0,458
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	3	3,607	3,150	0,457
<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	14	2,600	2,169	0,431
<i>Mauria heterophylla</i> Kunth	1	3,279	2,897	0,382
<i>Inga acreana</i> Harms	3	7,735	7,360	0,375
<i>Verbesina cf. arborea</i> Kunth	19	2,054	1,710	0,344
<i>Miconia lutescens</i> (Bonpl.) DC.	5	2,260	1,946	0,314
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	108	2,838	2,533	0,305
<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	25	1,948	1,670	0,279
<i>Delostoma integrifolium</i> D. Don	1	3,183	2,928	0,255
<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov	4	2,080	1,838	0,243
<i>Roupala monosperma</i> (Ruiz & Pav.) I.M. Johnst.	2	4,982	4,750	0,232
<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	3	3,591	3,376	0,215
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	1	1,690	1,480	0,210
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	11	2,711	2,537	0,174
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	3	3,162	3,002	0,160
<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	2	5,236	5,093	0,143
<i>Piper barbatum</i> Kunth	24	1,466	1,325	0,141
<i>Solanum cf. cutervanum</i> Zahlbr.	8	1,826	1,688	0,138
<i>Tibouchina lepidota</i> (Bonpl.) Baill.	2	4,631	4,516	0,115
<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	1	5,125	5,093	0,032
Total	274	2,846	2,540	0,307

Diámetro basal final promedio por especie (D_{basal f} prom/sp); Diámetro basal inicial promedio por especie (D_{basal i} prom/sp); Crecimiento en diámetro total promedio por especie (CrD total prom/sp)

4.3. Influencia de las variables ambientales sobre la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

4.3.1. Luminosidad

En la figura 5 se muestra los valores promedio del porcentaje de luminosidad obtenidos en las parcelas de estudio. En el anexo 6 se presenta los valores de porcentaje de luminosidad que se registraron en cada subparcela de las cinco parcelas en estudio.

El valor promedio de porcentaje de luminosidad más alto se registró en la parcela 2 (52 %), seguido de la parcela 4 (48,80 %) y parcela 3 (44,20 %); y los valores más bajos se registraron en la parcela 5 (42,40 %) y parcela 1 (27,60 %).

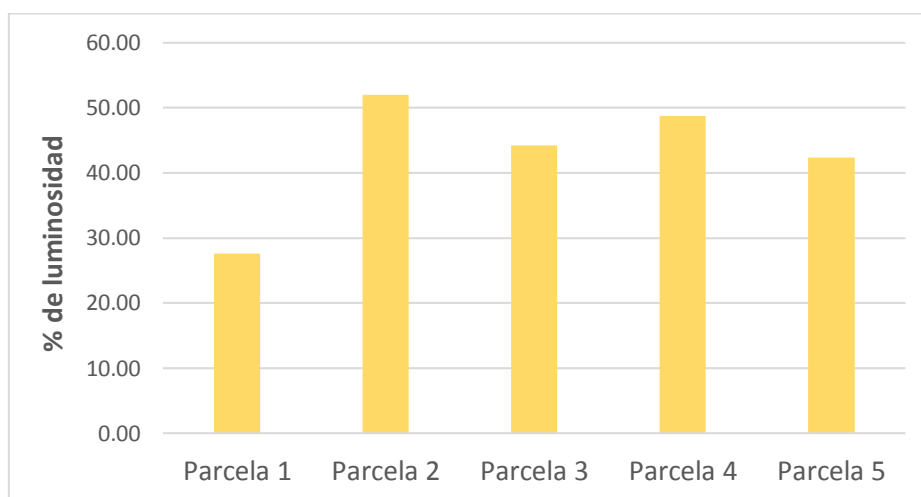


Figura 5. Valores promedio del porcentaje de luminosidad que ingresa al sotobosque de la plantación de *Eucalyptus globulus* en el PUFVC.

4.3.2. Profundidad del suelo y pendiente

La figura 6 indica los valores promedio de profundidad del suelo y pendiente obtenidos en las parcelas de estudio. En el anexo 6 se presenta los valores de profundidad del suelo y pendiente que se registraron en cada subparcela de las cinco parcelas en estudio.

El valor promedio de pendiente más alto se registró en la parcela 5 (69 %), seguido de la parcela 2 (63,53 %), las parcelas 4 y 3 tuvieron valores medios con 56,50 % y 47,50 %, respectivamente. El valor más bajo se registró en la parcela 1 con 36,10 %.

El valor promedio de profundidad del suelo más alto se registró en la parcela 5 (3,40 cm), las parcelas 3, 2 y 4 presentaron valores similares (2,80 cm), (2,60 cm) y (2,50 cm), respectivamente. El valor más bajo se registró en la parcela 1 con 2,20 cm.

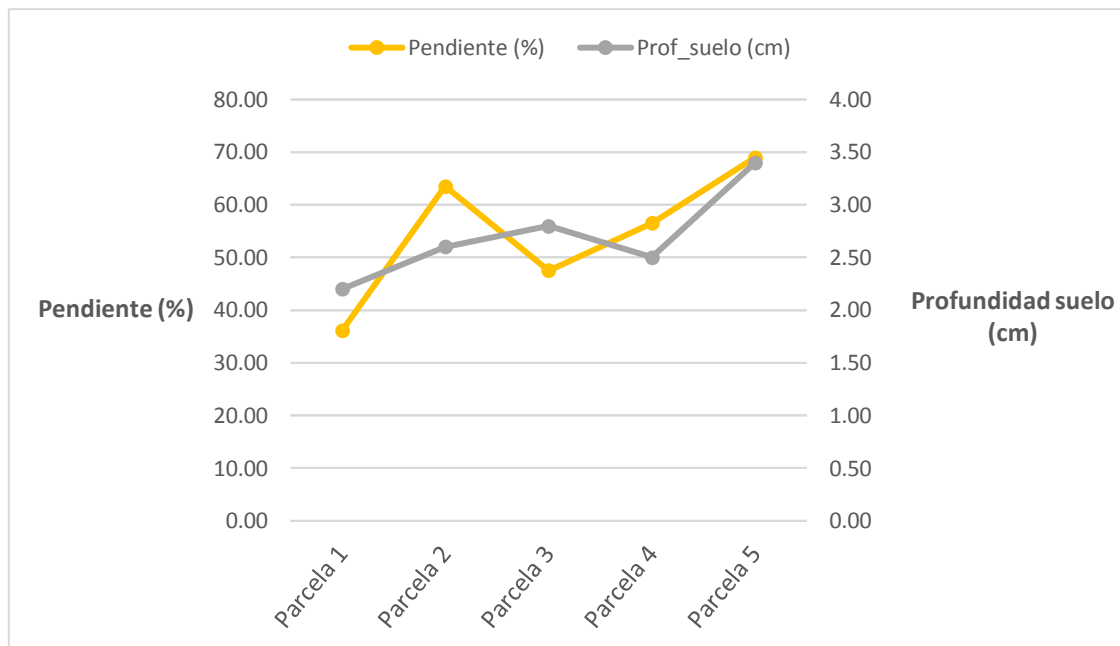


Figura 6. Valores promedio de profundidad del suelo y pendiente en las parcelas de estudio bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* en el PUFVC.

4.3.3. Influencia de las variables ambientales sobre las categorías de regeneración

El análisis de componentes principales en base a la abundancia y diversidad florística de las categorías de regeneración con las variables ambientales (profundidad del suelo, pendiente, luminosidad) mostró que la categoría brinzal tiene la mayor variabilidad de datos. Mientras que la categoría latizal y plántulas mostraron una variabilidad notablemente más baja. La categoría brinzal mostró una relación directa con latizal y plántulas; sin embargo, la categoría latizal y plántulas son variables independientes entre sí, como se indica en las elipses de la figura 7. Las tres categorías de regeneración natural contribuyen más a la dimensión 1 con un 47,4 % y a la dimensión 2 en 33,8 %.

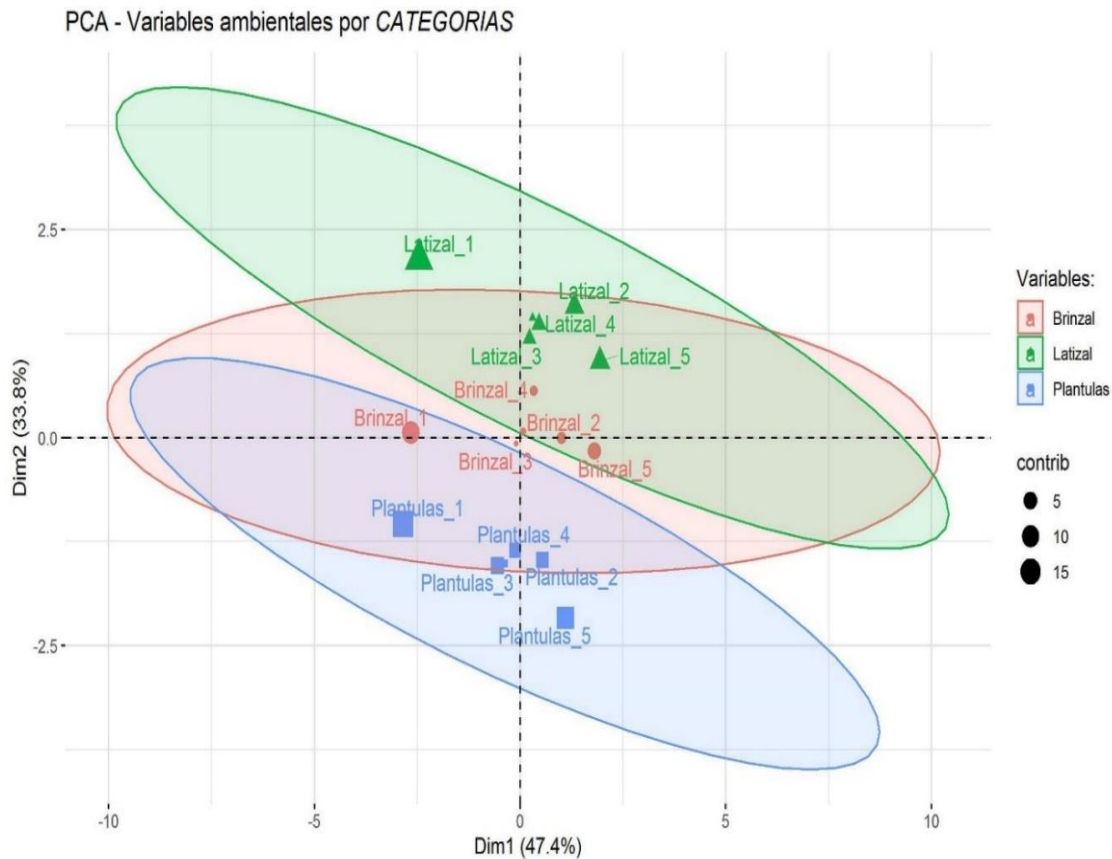


Figura 7. Análisis de componentes principales PCA de valores ambientales individuales sobre la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

4.3.3.1. Influencia de las variables ambientales sobre la categoría plántulas

La tabla 14 muestra las correlaciones entre las variables ambientales de profundidad del suelo, pendiente y luminosidad con la regeneración natural en la categoría plántulas, tomando en cuenta el número de individuos y el número de especies.

El análisis de correlación entre las variables es de 0,95 de significancia ($\alpha = 0,05$), las relaciones fueron de tendencia positiva y negativa. La luminosidad mostró una alta correlación con la pendiente ($r = 0,68$, $p\text{-valor} = 1,7E-04$), y una baja correlación con el número de individuos ($r = 0,21$, $p\text{-valor} = 0,31$) y muy baja con el número de especies ($r = 0,08$, $p\text{-valor} = 0,69$). En la variable pendiente se obtuvo una correlación muy baja con el número de individuos ($r = 0,08$, $p\text{-valor} = 0,72$), y una correlación negativa con el número de especies ($r = -0,03$, $p\text{-valor} = 0,89$). La profundidad del suelo presentó una baja correlación con la pendiente ($r = 0,31$, $p\text{-valor} = 0,13$), y de manera negativa una correlación con el número de individuos ($r = -0,19$, $p\text{-valor} = 0,37$) y el número de especies

($r = -0,37$, p -valor = 0,07). Por último, el número de individuos y de especies mostraron una correlación alta entre sí ($r = 0,86$, p -valor = 2,7E-08).

Tabla 14. Matriz de correlación de Pearson entre las variables ambientales y la regeneración natural en la categoría plántulas bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

Variables	Número de individuos	Número de especies	Profundidad horizonte O	Pendiente	Luminosidad
Número de individuos	1,00	2,7E-08	0,37	0,72	0,31
Número de especies	0,86	1,00	0,07	0,89	0,69
Profundidad horizonte O	-0,19	-0,37	1,00	0,13	0,99
Pendiente	0,08	-0,03	0,31	1,00	1,7E-04
Luminosidad	0,21	0,08	2,3E-03	0,68	1,00

*Los valores que se encuentran abajo de la diagonal representan el coeficiente de correlación, los valores arriba de la diagonal indican el p -valor. Los valores en negrita indican una correlación significativa.

De acuerdo al análisis de componentes principales, en la categoría plántulas se encontró una fuerte correlación entre la pendiente y la luminosidad, mientras que la profundidad del suelo no tuvo relación con la luminosidad. La variable de profundidad del suelo agrupó a la mayoría de plántulas. El número de individuos y de especies son variables independientes que se reflejan en mayor grado en la dimensión 2 y no tienen relación significativa con las variables ambientales (ver tabla 14 y figura 8).

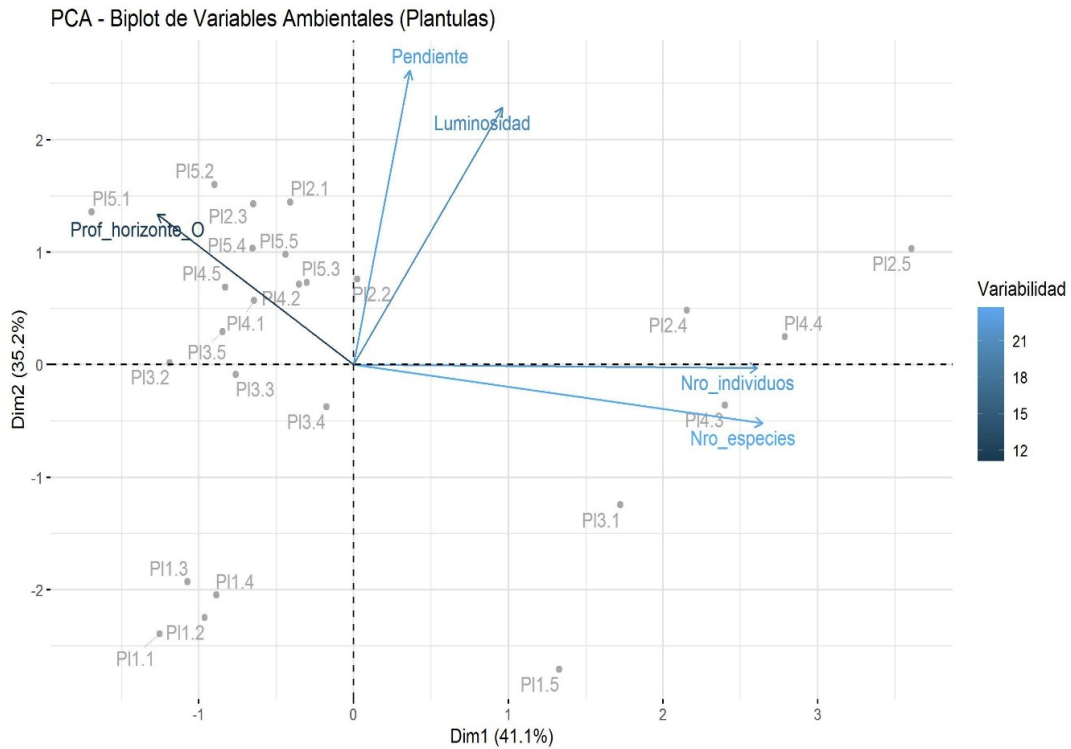


Figura 8. Análisis de componentes principales PCA (Biplot) de las variables ambientales sobre la regeneración natural en la categoría plántulas bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

4.3.3.2. Influencia de las variables ambientales sobre la categoría brinzal

En la tabla 15 se indica las correlaciones entre las variables ambientales de profundidad del suelo, pendiente y luminosidad con la regeneración natural en la categoría brinzal, tomando en cuenta el número de individuos y el número de especies.

El análisis de correlación de 0,95 de significancia ($\alpha = 0,05$) entre las variables mostró relaciones de tendencia positiva y negativa. La profundidad del suelo presentó una correlación negativa con el número de individuos ($r = -0,30$, p-valor = 0,15) y el número de especies ($r = -0,17$, p-valor = 0,42). En la pendiente se observó una correlación baja con la profundidad del suelo ($r = 0,31$, p-valor = 0,13) y el número de especies ($r = 0,27$, p-valor = 0,19), y una correlación negativa con el número de individuos ($r = -0,03$, p-valor = 0,88). La luminosidad mostró su mayor correlación con la pendiente ($r = 0,68$, p-valor = 1,7E-04), y una correlación baja con el número de especies ($r = 0,22$, p-valor = 0,29) y muy baja con el número de individuos ($r = 0,04$, p-valor = 0,83). Finalmente, el número de individuos y de especies tuvieron una alta correlación entre sí ($r = 0,68$, p-valor = 2,1E-04).

Tabla 15. Matriz de correlación de Pearson entre las variables ambientales y la regeneración natural en la categoría brinzal bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

Variables	Número de individuos	Número de especies	Profundidad horizonte O	Pendiente	Luminosidad
Número de individuos	1,00	2,1E-04	0,15	0,88	0,83
Número de especies	0,68	1,00	0,42	0,19	0,29
Profundidad horizonte O	-0,30	-0,17	1,00	0,13	0,99
Pendiente	-0,03	0,27	0,31	1,00	1,7E-04
Luminosidad	0,04	0,22	2,3E-03	0,68	1,00

*Los valores que se encuentran abajo de la diagonal representan el coeficiente de correlación, los valores arriba de la diagonal indican el p-valor. Los valores en negrita indican una correlación significativa.

Por otro lado, el análisis de componentes principales en la categoría brinzal mostró una alta correlación entre la pendiente y la luminosidad, mientras que la profundidad de suelo presentó baja correlación con la pendiente y ninguna relación con la luminosidad. Las variables de luminosidad, pendiente y profundidad del suelo separan a la mayoría de brinzales de las parcelas 2, 3, 4, 5, de los brinzales de la parcela 1. El número de especies tuvo una baja correlación con la pendiente y la luminosidad, mientras que el número de individuos no tiene relación con las variables ambientales; de igual manera se observó una correlación negativa con la profundidad del suelo (ver tabla 15 y figura 9).

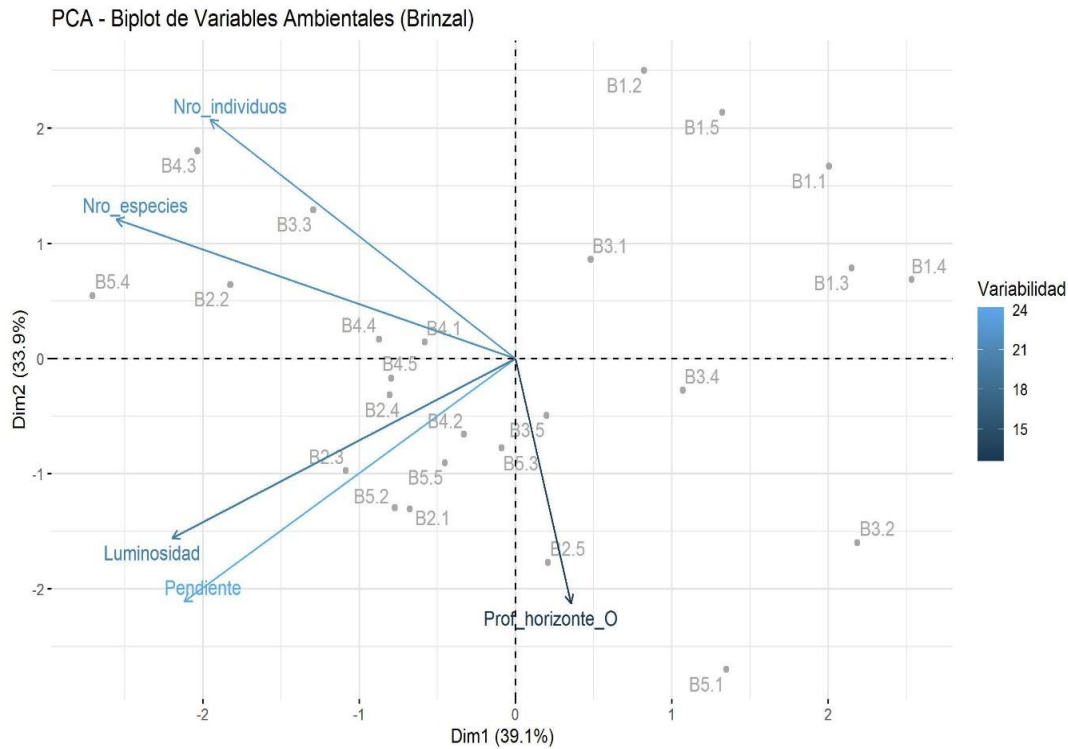


Figura 9. Análisis de componentes principales PCA (Biplot) de las variables ambientales sobre la regeneración natural en la categoría brinzal bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

4.3.3.3. Influencia de las variables ambientales sobre la categoría latizal

En la tabla 16 se muestra las correlaciones entre las variables ambientales de profundidad del suelo, pendiente y luminosidad con la regeneración natural en la categoría latizal, tomando en cuenta el número de individuos y el número de especies.

El análisis de correlación de 0,95 de significancia ($\alpha = 0,05$) entre las variables mostró relaciones de tendencia positiva y negativa. La luminosidad presentó una alta correlación con el número de especies ($r = 0,85$, p -valor = 0,06) y la pendiente ($r = 0,73$, p -valor = 0,16), y de manera negativa una correlación con el número de individuos ($r = -0,74$, p -valor = 0,16). La pendiente mostró una correlación alta con el número de especies ($r = 0,79$, p -valor = 0,11) y la profundidad del suelo ($r = 0,74$, p -valor = 0,15), y una correlación negativa con el número de individuos ($r = -0,63$, p -valor = 0,26). La profundidad del suelo tuvo su mayor correlación con el número de especies ($r = 0,66$, p -valor = 0,22), y de manera negativa se correlacionó con el número de individuos ($r = -0,72$, p -valor = 0,17). Por último, el número de individuos y de especies mostraron una correlación negativa ($r = -0,89$, p -valor = 0,04), mientras que la luminosidad tuvo una

baja correlación con la profundidad del suelo ($r = 0,32$, $p\text{-valor} = 0,60$). En la categoría latizal se presentaron correlaciones positivas altas, pero no fueron significativas ($p\text{-valor} \leq \alpha 0,05$) debido al tamaño de la muestra.

Tabla 16. Matriz de correlación de Pearson entre las variables ambientales y la regeneración natural en la categoría latizal bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

Variables	Número de individuos	Número de especies	Profundidad horizonte O	Pendiente	Luminosidad
Número de individuos	1,00	0,04	0,17	0,26	0,16
Número de especies	-0,89	1,00	0,22	0,11	0,06
Profundidad horizonte O	-0,72	0,66	1,00	0,15	0,60
Pendiente	-0,63	0,79	0,74	1,00	0,16
Luminosidad	-0,74	0,85	0,32	0,73	1,00

*Los valores que se encuentran abajo de la diagonal representan el coeficiente de correlación, los valores arriba de la diagonal indican el $p\text{-valor}$. Los valores en negrita indican una correlación significativa.

Finalmente, el análisis de componentes principales en la categoría latizal determinó una fuerte correlación entre las variables ambientales y el número de especies, mientras que el número de individuos presentó una fuerte correlación negativa con las variables ambientales y el número de especies. Las variables de luminosidad, pendiente y profundidad del suelo separan a los latizales de las parcelas 2, 3, 4, 5, de los latizales de la parcela 1. La variable pendiente mostró una alta correlación con la luminosidad y la profundidad del suelo, por otro lado la luminosidad y la profundidad del suelo tuvieron una baja correlación (ver tabla 16 y figura 10).

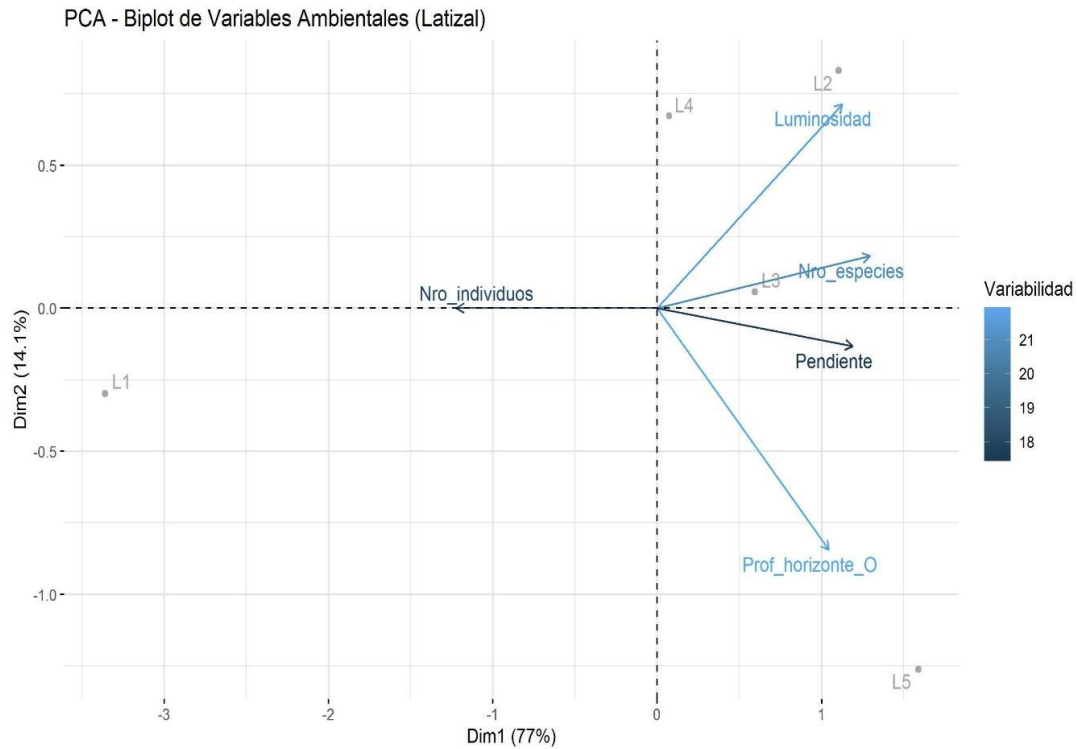


Figura 10. Análisis de componentes principales PCA (Biplot) de las variables ambientales sobre la regeneración natural en la categoría latizal bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

4.4. Difusión de resultados

La socialización de los resultados de la presente investigación se llevó a cabo en el evento académico virtual organizado por la Universidad Nacional de Loja (UNL) el 20 de agosto de 2020 a través de la plataforma Zoom, con la presentación denominada: **“DINÁMICA SUCESIONAL DE ESPECIES VEGETALES LEÑOSAS NATIVAS BAJO LA PLANTACIÓN DE *EUCALYPTUS GLOBULUS* LABILL., EN EL PARQUE UNIVERSITARIO “FRANCISCO VIVAR CASTRO”, PROVINCIA DE LOJA, ECUADOR”**, en donde se expuso a estudiantes, docentes investigadores y público en general la metodología utilizada, así como los resultados obtenidos en esta investigación (Figura 11).

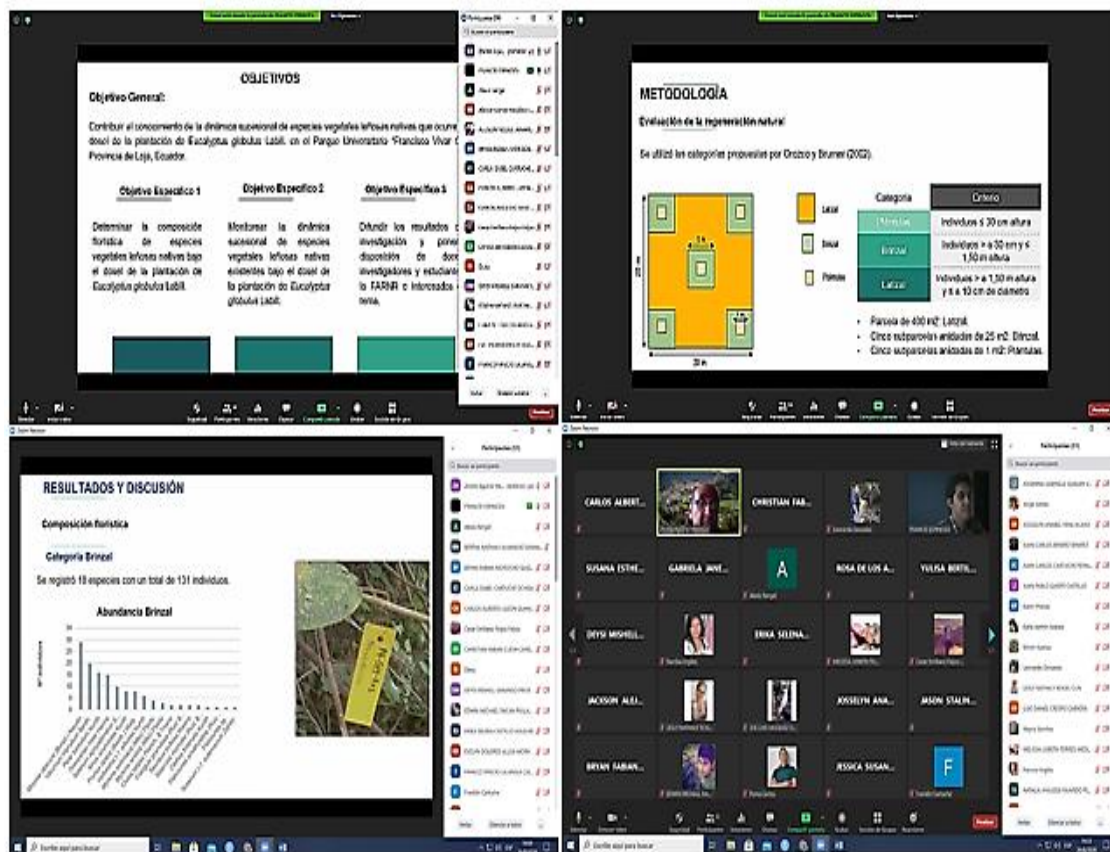


Figura 11. Socialización de los resultados de la investigación a través de la plataforma Zoom, mediante una presentación.

5. DISCUSIÓN

5.1. Composición florística de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

El conocimiento de la composición florística que ocurre bajo plantaciones forestales es importante para determinar cómo se desarrolla la dinámica sucesional de las especies presentes en estos sitios perturbados, y a su vez conocer la capacidad de recuperación de estos ecosistemas (Ballester *et al.*, 1982). De otro lado, Real de Abreu *et al.* (2011) manifiestan que las plantaciones forestales pueden recuperar una alta diversidad vegetal nativa, lo que concuerda con este estudio, en donde se encontró diversidad de especies arbóreas y arbustivas; de igual manera Ritter (2017) menciona que las especies nativas que crecen bajo plantaciones forestales son un indicio claro de la sucesión secundaria que ocurre luego de que un ecosistema ha sido perturbado. Además, varios autores como Lima (1996); Da Silva Junior *et al.* (1995); Ferreira *et al.* (2010); Fernandez *et al.* (2012) demuestran, al igual que el presente estudio, referencias de diversidad vegetal creciendo en los rodales de varias especies de eucalipto.

Bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* en el PUFVC se encontró 28 especies, de las cuales 15 son especies arbóreas y 13 arbustivas, esto representa una diversidad florística inferior a lo reportado por Chávez (2016), que en su estudio registró 50 especies bajo una plantación de *E. globulus* afectada por incendios forestales en la sierra norte del Ecuador; esto debido al mayor distanciamiento entre los árboles del rodal de eucalipto producto de los incendios, lo cual influye en la cantidad de especies de regeneración. En otro estudio de Coraizaca y Yamasqui (2018) reportan 30 especies bajo la plantación de Eucalipto de la Reserva de Llaviucuo dentro del Parque Nacional Cajas, lo que se asemeja a la diversidad florística del presente estudio. Al comparar con los resultados de Díaz (2019) que reporta 10 especies de árboles y 40 de arbustos bajo la plantación de *E. globulus* en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, se puede observar que la diversidad arbórea en este estudio es mayor y la diversidad arbustiva menor.

En lo referente a las categorías de regeneración natural bajo la plantación de *E. globulus*, la categoría latizal es la que posee la mayor diversidad con 25 especies, seguida de brinzal y plántulas con 18 y 4 especies, respectivamente. El mayor número de individuos de regeneración natural se encontró en la categoría latizal con 294 individuos, lo que difiere

con Aguirre *et al.* (2019), que en su investigación en la hoya de Loja encontraron 407 individuos en la categoría plántulas.

5.2. Parámetros estructurales de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

Bajo la plantación de *Eucalyptus globulus*, las especies abundantes de la categoría latizal, brinzal y plántulas son *Viburnum triphyllum* (580 ind/ha), *Miconia obscura* (145 ind/ha) y *Solanum aphyodendron* (20 ind/ha), respectivamente; la abundancia de estas especies podría explicarse debido a que estas también constituyen la composición florística del bosque nativo del parque universitario según Aguirre *et al.* (2017). Por otro lado, estos resultados se asemejan parcialmente a Díaz (2019), que indica en su estudio a *Viburnum triphyllum* como la especie arbustiva más abundante con una densidad de 145 ind/ha. Así mismo, en un estudio realizado en la provincia de Loja bajo plantaciones de pino y rodales naturales de aliso reportan a *Viburnum triphyllum* como la especie más frecuente y abundante con una densidad de 28 ind/ha (León, 2014).

Con respecto a las especies ecológicamente más importantes de acuerdo al IVI, estas fueron: *Solanum aphyodendron* con 38,89 % en plántulas, *Miconia obscura* con 15,95 % en brinzales y *Viburnum triphyllum* con 24,04 % en la categoría latizal. Cabe destacar que *Solanum aphyodendron* y *Viburnum triphyllum* también son las especies más frecuentes en plántulas y latizales, respectivamente. Estas especies son diferentes a las reportadas en el Parque Nacional Cajas bajo plantaciones de Eucalipto, en donde se destacan a *Brugmansia sanguinea* y *Piper andreanum* como especies con el IVI más alto (Coraizaca y Yamasqui, 2018).

5.3. Sobrevivencia de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

Después de monitorear las parcelas en un período de 9 meses, la sobrevivencia bajo la plantación de *E. globulus* alcanzó el 91,94 % que corresponde a 399 individuos vivos al final del período de monitoreo; lo que evidentemente es un porcentaje de sobrevivencia bueno, que sugiere un potencial de convertirse en un bosque secundario con una composición florística de especies leñosas semejante al bosque nativo del PUFVC, ya que algunas especies leñosas encontradas en el sotobosque de la plantación de eucalipto,

también forman parte de la composición florística del bosque nativo del PUFVC (Aguirre *et al.*, 2017).

Dentro de las tres categorías de regeneración, la categoría plántulas registró el 100 % de sobrevivencia, este dato es interesante, ya que contrasta con otros autores como Delgado (2007), que menciona que las plántulas son más sensibles a la mortalidad a causa de la competencia con especies pioneras e invasoras; además, Guadalupe (2001) manifiesta que 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.

Por otro lado, el alto porcentaje de sobrevivencia de las plántulas se debe a que los individuos de esta categoría no se encontraban suprimidos por brinzales o latizales adyacentes, y de cierta forma esto favoreció su sobrevivencia (observación personal). Sin embargo, es importante mencionar que la luz afecta las posibilidades de crecimiento y establecimiento de la regeneración, y por ende su sobrevivencia, por tal razón es importante clasificar las especies en función de su temperamento (Jaramillo y Muñoz, 2009). De igual forma, Panna y Sundriyal (2013) menciona que las plántulas de especies esciófitas se establecen en luz tenue en el suelo del bosque, mientras que las plántulas de especies heliófitas requieren luz alta, asociada con una apertura en el dosel para su establecimiento.

La sobrevivencia en la categoría latizal (93,20 %) fue mayor que en la categoría brinzal (88,55 %), en estas categorías la sobrevivencia es buena a pesar de que existen factores como el ganado que afectan a la regeneración natural y que fue uno de los factores que se evidenciaron en este estudio, en mayor medida para brinzales y en menor medida para latizales. Otro aspecto que debe mencionarse es que la sobrevivencia de brinzales y latizales parece verse afectada por la competencia entre individuos que crecen en claros (especialmente especies pioneras), ya que en la presente investigación se evidenció algunos individuos muertos por efecto de esta competencia, ya sea suprimidos por brinzales o latizales de su misma especie como en el caso de *Viburnum triphyllum*, o entre otras especies como en el caso de *Miconia obscura* y *Piper barbatum*. Por otra parte, Samper y Vallejo (2007) mencionan que la mortalidad disminuye en individuos grandes, esto podría explicar la mayor sobrevivencia de los latizales sobre los brinzales.

Con respecto a la sobrevivencia por especie, la mayoría de las especies registraron el 100 % de sobrevivencia, esto podría deberse a que cada una de las especies se vieron favorecidas de diferente manera; es decir, algunas se vieron beneficiadas en áreas más abiertas como el caso de la parcela 1 y 2, otras en cambio fueron favorecidas por condiciones más protegidas como las especies de la categoría plántulas.

Las especies que presentaron mayor porcentaje de sobrevivencia fueron varias, se mencionan algunas: *Alnus acuminata*, *Clethra fimbriata*, *Frangula granulosa*, *Prunus opaca*, *Siparuna muricata*, *Solanum cf. cutervanum*, con el 100 %. *Viburnum triphyllum*, *Piper barbatum*, *Oreopanax rosei*, *Miconia obscura*, *Myrsine andina*, *Clusia latipes* y *Myrsine sodiroana* con porcentajes mayores al 65 %; finalmente, *Solanum aphyodendron* y *Verbesina cf. arborea* tienen la menor sobrevivencia con 50 %. Cabe mencionar que la sobrevivencia por especie está igualmente determinada por cada categoría de regeneración natural, por lo que existen especies como *Piper barbatum* que tiene sobrevivencia de 100 % en plántulas, pero en brinzales posee el 93,75 %.

5.4. Crecimiento en altura y diámetro de la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

En el crecimiento de la regeneración natural se evidenció una relación positiva entre el crecimiento y el tamaño inicial de los individuos, siendo mayor el incremento en altura y diámetro en la categoría latizal con 0,798 m y 0,307 cm, respectivamente; después, la categoría brinzal alcanzó un incremento de 0,229 m en altura y 0,155 cm en diámetro, por último la categoría plántulas posee el menor incremento en altura y diámetro con 0,072 m y 0,078 cm.

Para Jaramillo y Muñoz (2009) el crecimiento de las plántulas está relacionado con el nivel de competencia por luz, disponibilidad de agua y minerales, capacidad fotosintética y niveles de depredación, esto podría explicar en cierta medida el bajo crecimiento de las plántulas. De igual forma, Hoyos *et al.* (2011) sostienen que las plántulas requieren de una combinación de variables ambientales y biológicas para alcanzar el estado adulto 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.

Otro aspecto importante es la diferencia en las tasas de crecimiento entre las especies, tanto en altura como en diámetro. El mayor crecimiento en altura se observa en especies

como: *Viburnum triphyllum* (heliófita durable) (plántulas); *Verbesina cf. arborea* (heliófita efímera), *Alnus acuminata* (heliófita durable) (brinzal); *Inga acreana* (heliófita durable), *Morus insignis* (esciófita), *Critoniopsis pycnantha* (heliófita efímera) (latizal); así como, el mayor crecimiento en diámetro en especies como: *Solanum aphyodendron* (heliófita durable) (plántulas); *Alnus acuminata* (heliófita durable), *Verbesina cf. arborea* (heliófita efímera), *Clethra fimbriata* (esciófita) (brinzal); *Critoniopsis pycnantha* (heliófita efímera), *Tournefortia fuliginosa* (esciófita), *Morus insignis* (esciófita) (latizal); lo cual podría deberse tanto a características fisiológicas propias de las especies, como también a las características ecológicas, en donde algunas especies heliófitas (efímeras y durables) se vieron beneficiadas de la ventaja inicial (mayor iluminación) que presentaban en las diferentes categorías en relación con otras especies. No obstante, en la categoría brinzal y latizal algunas especies esciófitas destacaron en el crecimiento (altura y diámetro), a pesar que estas se caracterizan por ser de crecimiento lento y muy lento (Budowski, 1986).

Lo expuesto anteriormente induce a pensar que de cierta forma especies tolerantes a la sombra (esciófitas) como *Clethra fimbriata*, *Morus insignis* o *Tournefortia fuliginosa*, cuando se encuentran bajo condiciones de luz semejante a las de otras especies supuestamente más demandantes de luz (heliófitas) como *Verbesina cf. arborea*, *Inga acreana*, *Viburnum triphyllum*, *Alnus acuminata* o *Critoniopsis pycnantha*, logran alcanzar tasas de crecimiento similares; en este estudio, especialmente en la categoría latizal. En este contexto, autores como Manokaran y Kochummen (1987) y Sáenz *et al.* (1999) han encontrado resultados que evidencian que algunas especies tolerantes a la sombra tienen tasas de crecimiento similares a las especies pioneras, lo que podría revalidar el planteamiento anterior.

Con base en lo anterior, Sáenz *et al.* (1999) consideran que a nivel juvenil, la agrupación estricta de especies en gremios ecológicos es operacionalmente difícil, por lo que es mejor adoptar una posición más flexible y elaborar un historial de las características de micrositio de las diferentes especies que permita conocer más acerca de sus patrones de crecimiento a través del tiempo. Sin embargo, a modo de contraste, Finegan (1992) menciona que en los bosques tropicales los patrones sucesionales son determinantes, en donde las primeras etapas de la sucesión están dominadas por especies heliófitas efímeras (pioneras de ciclo corto), seguidas por especies heliófitas durables (pioneras de ciclo largo). La etapa de la sucesión protagonizada por especies heliófitas, dura hasta que

empiezan a ser reemplazadas por especies más tolerantes a la sombra (esciófitas); lo cual se observó en este estudio, en donde aparecieron especies esciófitas como *Clethra fimbriata*, *Morus insignis* y *Tournefortia fuliginosa* con tasas de crecimiento altas, lo cual podría explicarse por la edad de la plantación de eucalipto del PUFVC que es de 38 años aproximadamente.

5.5. Influencia de las variables ambientales sobre la regeneración natural bajo el dosel de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

De acuerdo al análisis de componentes principales se pudo observar el nivel de correlación entre las categorías de regeneración en base a variables como profundidad del suelo, pendiente, luminosidad, número de individuos y número de especies; en donde la categoría brinzal presenta una correlación con la categoría latizal y plántulas. Sin embargo, los latizales y plántulas son independientes entre sí; esto indica, en cierta medida, que los brinzales comparten una o varias características de las variables analizadas con la categoría latizal y plántulas, pero no así las plántulas con los latizales.

Por otra parte, en la categoría plántulas y brinzal existe una alta correlación entre la pendiente y la luminosidad, esto debido a la distinta exposición del terreno a la radiación solar (orientación), ya que la radiación efectiva que llega a la superficie de la tierra sufre variaciones respecto a la topografía de la misma (inclinación o grado de pendiente) (Rodríguez y Blanco de Pablos, 1986). La profundidad del suelo en estas categorías no tiene relación con la luminosidad. En la categoría latizal, la pendiente se encuentra correlacionada con la luminosidad y la profundidad del suelo; sin embargo, la luminosidad no está correlacionada con la profundidad del suelo.

Por otro lado, la influencia de la luminosidad sobre la regeneración natural se presentó de manera diferenciada en cada categoría de regeneración, tal es el caso de la categoría plántulas, en donde no se evidencia una relación de la luminosidad con el número de individuos o el número de especies; no obstante, en la categoría brinzal se puede observar una baja correlación entre la luminosidad y el número de especies. Por el contrario, los latizales muestran una fuerte correlación entre la luminosidad y el número de especies.

Además, es importante mencionar que las plántulas, brinzales y latizales de la parcela 1 están separados del resto, ya que en esta parcela se registró el valor más bajo de luminosidad con 27,60 %. En otro sentido, el estudio de la influencia de la luminosidad

sobre la regeneración natural es importante, debido a que la luz se considera como una de las variables ambientales de mayor importancia en los procesos de regeneración dentro de los ecosistemas boscosos (Melo y Vargas, 2003).

Los valores de luminosidad en este estudio están entre 27,60 % y 52 %, lo que representa valores altos en comparación con Jaramillo y Muñoz (2009) que reportaron en la Estación Científica San Francisco valores de apertura del dosel bajos entre 11,84 % y 17,11 %; lo anterior se debe a que los doseles son más abiertos en zonas intervenidas como las plantaciones forestales en comparación con bosques nativos (Lamprecht 1990). Así mismo, Fredericksen *et al.* (2001) mencionan que el dosel se abre entre 1 % y 5 % cada año debido a la caída de árboles y ramas, esto también es un indicador claro de la alta luminosidad en la plantación de eucalipto puesto que tiene una edad de 38 años aproximadamente.

La influencia de la luminosidad sobre plántulas y brinzales no demostró correlaciones significativas que sirvan para reconocer la influencia de la luz sobre la abundancia y diversidad florística en estas categorías bajo la plantación de eucalipto, por lo mismo se puede suponer la existencia de factores más relevantes en el desarrollo de la regeneración natural que la luz (Jaramillo y Muñoz, 2009). Por ejemplo, Pariona *et al.* (2003) manifiestan que las especies forestales están influenciadas por la disponibilidad de luz, formación de claros y competencia con las especies pioneras del bosque. Sin embargo, en la categoría latizal si se pudo evidenciar influencia sobre la diversidad florística, dicha influencia se explicaría por el mayor número de especies (14) en los latizales de la parcela 2 que es la que posee la mayor luminosidad (52 %), y el menor número de especies (7) en los latizales de la parcela 1 que tiene la menor luminosidad (27,60 %).

Algo similar ocurre con la variable pendiente, en donde plántulas y brinzales no se ven influenciados por esta variable, mientras que los latizales si presentan una fuerte correlación entre el número de especies y la pendiente. En este caso, la influencia de la pendiente en los latizales podría explicarse a condición de que a mayor pendiente, mayor número de especies; esto debido a que los latizales de la parcela 2 y 5 poseen la mayor cantidad de especies y la mayor pendiente con 63,53 % y 69 %, respectivamente; por el contrario, los latizales de la parcela 1 poseen la menor cantidad de especies y la menor pendiente (36,10 %). Al contrario de lo que se considera en este estudio, Barreto *et al.* (2010) y Laurance *et al.* (2010) mencionan que en bosques andinos naturales, el incremento de la pendiente disminuye la abundancia, riqueza y diversidad de especies

vegetales, debido a que las zonas con mayor inclinación tienen condiciones más adversas para el establecimiento de la vegetación.

Por otro lado, la profundidad del suelo solamente muestra correlación con el número de especies en la categoría latizal, lo cual se explica en los latizales de las parcelas 2, 3, 4, 5, por la condición de tener los valores más altos de profundidad del suelo muestran un mayor número de especies que los latizales de la parcela 1.

Finalmente, en este estudio no se pudo encontrar evidencia suficiente en las categorías de plántulas y brinzal que sustente que mayor luminosidad, mayor pendiente o mayor profundidad del suelo sea la causa de mayor abundancia o mayor diversidad florística; sin embargo, en la categoría latizal si se pudo observar influencia por parte de las variables ambientales sobre la diversidad florística, como se manifestó anteriormente. Además, en consecuencia que en el presente estudio, las variables ambientales no afectaron la abundancia de la regeneración natural bajo la plantación de eucalipto, la cantidad de individuos de las especies vegetales leñosas podría estar determinada por otros procesos tales como el uso anterior del suelo, en donde autores como Gillespie *et al.* (2000) y Griscom *et al.* (2009), reportan en sus resultados el efecto negativo del pisoteo del ganado, que produce la compactación del suelo, aumentando de esta manera la densidad aparente, la reducción de la infiltración y el escurrimiento del agua superficial (Holl, 1999). Este proceso puede afectar el crecimiento y supervivencia de plántulas de árboles, reduciendo de este modo la abundancia de la regeneración natural.

Otro proceso que puede determinar la abundancia de especies vegetales es el mecanismo de dispersión de semillas, en donde la mayoría de las especies tropicales presentan una dispersión zoócora (por animales), pero existen también otros tipos de dispersión como baroócora (por gravedad), hidroócora (por agua), autoócora (por explosión de frutos) y anemoócora (por viento); siendo esta última propia de especies heliófitas efímeras, debido al pequeño tamaño de sus semillas (Whitmore, 1983). Por otra parte, el remanente de bosque nativo en el PUFVC contribuye con propágulos al sitio de estudio, lo cual se constituye como otro factor, conjuntamente con la edad de la plantación de eucalipto (38 años aproximadamente), que podría determinar la abundancia de las especies leñosas bajo la plantación de eucalipto.

6. CONCLUSIONES

- La composición florística de la regeneración natural de especies vegetales leñosas en 0,2 ha bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* está representada por 28 especies de 24 géneros y 21 familias, siendo 15 especies de árboles con 152 individuos y 13 especies de arbustos con 282 individuos.
- La categoría latizal posee la mayor abundancia y diversidad florística con 294 individuos y 25 especies. Por su parte, la categoría brinzal registra 131 individuos y 18 especies, y las plántulas tienen la menor abundancia y diversidad florística con 9 individuos y 4 especies.
- Las especies más importantes ecológicamente en la regeneración natural son: *Solanum aphyodendron* (heliófita durable) (plántulas) con 20 ind/ha y un IVI de 38,89 %, *Miconia obscura* (heliófita durable) (brinzal) con 145 ind/ha y un IVI de 15,95 % y *Viburnum triphyllum* (heliófita durable) (latizal) con 580 ind/ha y un IVI de 24,04 %. Mientras que las especies frecuentes son: *Solanum aphyodendron* (heliófita durable) y *Viburnum triphyllum* (heliófita durable) en plántulas, *Oreopanax rosei* (heliófita durable) en brinzales; y, en la categoría latizal *Viburnum triphyllum* (heliófita durable), *Piper barbatum* (heliófita efímera) y *Verbesina cf. arborea* (heliófita efímera).
- Respecto a la sobrevivencia, la categoría plántulas alcanzó el 100 % de sobrevivencia de los individuos. Por su parte, la categoría latizal registra el 93,20 % y la categoría brinzal tiene la menor sobrevivencia con 88,55 %.
- La categoría latizal presenta el mayor crecimiento promedio tanto en altura como en diámetro (0,798 m y 0,307 cm), seguido de la categoría brinzal (0,229 m en altura y 0,155 cm en diámetro). Por su parte, la categoría plántulas posee el menor crecimiento promedio en altura y diámetro con 0,072 m y 0,078 cm, respectivamente.
- Las especies con mayor crecimiento promedio en altura fueron: *Viburnum triphyllum* (heliófita durable) (plántulas), *Verbesina cf. arborea* (heliófita efímera) (brinzal), *Inga acreana* (heliófita durable) (latizal). Las especies con mayor crecimiento promedio en diámetro son: *Solanum aphyodendron* (heliófita durable) (plántulas), *Alnus acuminata* (heliófita durable) (brinzal) y *Critoniopsis pycnantha* (heliófita efímera) (latizal).

- Las variables ambientales no influyeron de manera significativa en la abundancia y diversidad florística de la regeneración natural en la categoría plántulas y brinzal. Por su parte, en la categoría latizal se evidencia una influencia de las variables ambientales sobre la diversidad florística, especialmente de la luminosidad ($r = 0,85$).

7. RECOMENDACIONES

- Continuar con el registro periódico de los datos tomados en las parcelas permanentes establecidas en este estudio, para generar información a largo plazo que permita conocer el proceso completo de la dinámica sucesional de un bosque secundario.
- Replicar este tipo de estudios en otras áreas del país cubiertas con plantaciones forestales, para conocer la dinámica sucesional de la regeneración natural bajo bosques plantados con diferentes especies exóticas; con la finalidad de generar información que permita reconocer la importancia de los bosques secundarios en la actualidad.
- Incorporar en futuros estudios otras variables ambientales que condicionan la regeneración natural como precipitación, temperatura y humedad relativa; además, incluir diferentes análisis del suelo como el pH y el contenido de nutrientes, esto con el objetivo de determinar cuáles son los factores que afectan el establecimiento y desarrollo de la regeneración natural en los bosques secundarios.
- Utilizar en lo posible el mismo instrumento de medición de altura y diámetro con el que se midió la primera vez los individuos, esto con el fin de evitar errores en la medición futura de los individuos.
- Marcar los individuos de la regeneración natural en las tres categorías, en el sitio donde se midió la primera vez el diámetro, con la finalidad de homogeneizar la toma de datos de esta variable y a la vez reducir posibles errores.
- Etiquetar correctamente a los individuos con un material durable, para evitar confusiones u omisiones en las mediciones futuras de los individuos.

8. BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, Z. y Aguirre, N. (1999). *Guía práctica para realizar estudios de comunidades vegetales*. Herbario Loja # 5. Departamento de Botánica y Ecología de la Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

Aguirre, Z. (2013). *Guía de métodos para la medición de la biodiversidad*. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

Aguirre, Z., Geada, L. y Betancourt, Y. (2013). Regeneración natural en los bosques secos de la provincia de Loja y utilidad para el manejo local. *Revista CEDAMAZ*, 3(1), 54-65.

Aguirre, Z., Gaona, T. y Palacios, B. (2014). Dinámica de crecimiento de especies forestales establecidas en el jardín botánico El Padmi. *Revista CEDAMAZ*, 4(1), 62-75.

Aguirre, Z., Yaguana, C. y Gaona, T. (2016). *Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Ing. Francisco Vivar Castro*. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

Aguirre, Z., Gutiérrez, M., Gaona, T. y Jaramillo, N. (2016). *Escenarios para la enseñanza y valoración de la biodiversidad en la región sur del Ecuador*. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

Aguirre, Z., Reyes, B., Quizhpe, W. y Cabrera, A. (2017). Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso de un bosque montano en el sur del Ecuador. *Arnaldoa*, 24(2), 543-556.

Aguirre Z. (2019). *Métodos para medir la biodiversidad*. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

Aguirre, Z., Díaz, E., Muñoz, J. y Muñoz, L. (2019). Sucesión natural bajo plantaciones de *Pinus radiata* D. Don (Pinaceae) y *Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtaceae), en el sur del Ecuador. *Arnaldoa*, 26(3), 943-964.

Alcaraz, J. (2013). *Geobotánica: Sucesión Ecológica*. Geobotánica. Murcia, España.

Ballester, A., Arias, M., López, M. y Vieitez, E. (1982). *Estudio de potenciales alelopáticos originados por Eucalyptus globulus Labill., Pinus pinaster Ait., y Pinus radiata D.* Santiago de Compostela, España.

- Barreto, J. S., Montoya, A. J., López, D. C. y Hurtado, F. H. (2010). Variación florística de especies arbóreas a escala local en un bosque de tierra firme en la Amazonía colombiana. *Acta Amazónica*, 40(1), 179-188.
- Bazzaz, F. (2000). *Plants in Changing Environments: linking, physiological, population and community ecology*. Cambridge University Press.
- Beck, E., Bendix, J., Kottke, F., Mak, E. y Mosa, R. (eds.). (2008). *Gradients in a Tropical Mountain Ecosystem of Ecuador*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Budowski, G. (1986). *Distribución de especies arbóreas de los bosques tropicales de las Américas, a la luz del proceso sucesional*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- Buesso, R. (1997). *Establecimiento y manejo de regeneración natural, EMAPIF*. Yanaranguita. La Esperanza, Honduras.
- Chávez, P. (2016). *Regeneración natural en un bosque interandino de Eucalyptus globulus Labill afectado por incendios forestales* (Tesis de maestría de Biología de Conservación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador). Repositorio Institucional PUCE.
- Coraizaca, A. y Yamasqui, M. (2018). *Impacto de la tala selectiva del bosque nativo y de las plantaciones de pinus patula y eucalyptus globulus en la regeneración natural en los bosques de mazán y llaviucuo del parque nacional cajas* (Tesis de grado de Ingeniero Ambiental, Universidad de Cuenca). Repositorio Institucional Universidad de Cuenca.
- Cruz, A. (2011). *Efecto de la pendiente en la estructura de un bosque montano pluvial, Noreste del área natural de manejo integrado Apolobamba* (Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés). Repositorio Institucional Universidad Mayor de San Andrés.
- Da Silva Junior, M. C., Rubio, F. S. y De Souza Cardel, F. (1995). Regeneration of an Atlantic Forest formation in the understorey of a *Eucalyptus grandis* plantation in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 11(1), 147-152.
- Delgado, D. (2007). *Monitoreo ecológico en los bosques tropicales de Costa Rica*. Turrialba, Costa Rica.
- Díaz, E. (2019). *Dinámica sucesional de la vegetación natural bajo plantaciones forestales de Pinus sp., y Eucalyptus globulus Labill., en el Parque Universitario*

“Francisco Vivar Castro”, Loja (Tesis de grado de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Loja). Repositorio Institucional UNL.

Dorothea, F. y Manfred, F. (1997). Impactos de las plantaciones de pino oregón sobre la vegetación y el suelo en la zona centro-sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 70, 191-211.

Elias, R. y Dias, E. (2004). Primary succession on lava domes on Terceira (Azores). *Journal of Vegetation Science*, 15, 331-338.

Espinosa, F. J. (1996). Revisión sobre la alelopatía de *Eucalyptus* L'Herit. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 58, 55-74.

Farfán, F., Bermúdez, L. y González, N. (2016). *Evaluación de herramientas para valorar el porcentaje de sombra en sistemas agroforestales con café*. Cenicafé. Manizales, Colombia.

Fernandez, J. y Martin, J. (2001). *Naturaleza de las Islas Canarias*. Ecología y Conservación. Islas Canarias, España.

Fernandez, F., Camargo, K. y Sarmiento, V. (2012). Biodiversidad Vegetal asociada a plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet y *Eucalyptus pellita* F. Muell establecidas en Villanueva, Casanare, Colombia. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 65(2), 6749-6764.

Ferreira, F., Engel, V. L. y Cassola, H. (2010). Regeneração natural de espécies da Mata Atlântica em sub-bosque de *Eucalyptus saligna* Smith. em uma antiga unidade de produção florestal no Parque das Neblinas, Bertioga, SP. *Scientia Forestalis*, 38(85), 39-52.

Ferreira, L. y Prance, G. (1999). Ecosystem recovery in terra firme forest after cutting and burning: a comparison on species richness, floristic composition and forest structure in the Jaú National Park, Amazonia. *Bot. J. Linn. Soc*, 130, 97-110.

Finegan, B. (1984). Forest succession. *Nature*, 312(8), 109-114.

Finegan, B. y Sabogal, C. (1988). El desarrollo de sistemas de producción sostenible en bosques tropicales húmedos de bajura: un estudio de caso en Costa Rica. *El Chasqui*, 17, 3-24.

- Finegan, B. (1992). *El potencial del manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas*. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Finegan, B. (1993). *Bases ecológicas para la silvicultura. Los Gremios de especies*. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Finegan, B. (1996). Pattern and process in Neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession. *Tree*, 11(3), 119-124.
- Fournier, L. (1976). Observaciones fenológicas de un bosque húmedo premontano de San pedro de montes de Oca, Costa Rica. *Rev. Turrialba*, 26(1), 54-59.
- Fournier, L. y Champartier, C. (1978). El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en un estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Revista Cespedesia*, 2(25-26), 25-32.
- Fredericksen, T., Contreras, F. y Pariona, W. (2001). *Guía de silvicultura para bosques tropicales de Bolivia*. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.
- Gallegos, A., Gonzales, G., Hernández, E. y Castañeda, J. (2008). *Determinación de gremios ecológicos de ocho especies arbóreas de un bosque tropical de Jalisco, México*. Universidad de Pinar del Río “Hnos. Saiz Montes de Oca”. Pinar del Río, Cuba.
- Gillespie, T., Grijalva, A. y Farris, C. (2000). Diversity, composition, and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant Ecology*, 147, 37-47.
- Gómez, A. (2010). *The role of plant interactions in the restoration of degraded ecosystems: a meta-analysis across life-forms and ecosystems*. Ecology.
- Gómez, O. (1993). *Estudio semidetallado de suelos del asentamiento San Isidro, Hojanca, Guanacaste*. MAG - DPUT. San José, Costa Rica.
- Gómez-Pompa, A. y Vásquez-Yanes, C. (1974). *Studies on the secondary secession of tropical Lowland: The cycle of secondary species*. The Hague, Netherlands.
- Gómez-Pompa, A. y Vásquez-Yanes, C. (1985). Estudio sobre la regeneración de selvas en regiones calido-húmedas. Veracruz, México.
- González, J., Valenzuela, E., López, G., Castro, G., Betzabe, N., Ruiz, V. y García, V. (2013). *Procesos Ecológicos*. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

- Granados, D. y López, G. F. (2007). Fitogeografía y ecología del género *Eucalyptus*. *Revista Chapingo*, 13(2), 143-156.
- Griscom, H., Griscom, B. y Ashton, P. (2009). Forest regeneration from pasture in the dry tropics of Panama: effects of cattle, exotic grass, and forested riparia. *Restoration Ecology*, 17, 117-126.
- 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 de grado de Ingeniero Forestal, Universidad Autónoma de Chapingo). Repositorio Institucional Universidad Autónoma de Chapingo.
- Guariguata, M. y Ostertag, R. (2001). *Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics*. Forest Ecology and Management.
- Guariguata, M. y Kattan, G. (2002). *Ecología de bosques neotropicales*. Cartago, Costa Rica.
- Gurevitch, J., Scheiner, S. y Fox, G. (2006). *The ecology of plants*. Sinauer Associates.
- Habrouk, F. (2001). *Regeneración natural y restauración de la zona afectada por el gran incendio del Bages y Bergueda de 1994*. Barcelona, España.
- Hale, S. y Brown, N. (2005). Use of the canopy-scope for assessing canopy openness in plantation forests. *Forestry*, 78(4), 365-371.
- Hibbs, D. (1983). Forty years of forest succession in central New England. *Ecology*, 64, 1394-1401.
- Holl, K. (1999). Factors Limiting Tropical Rain Forest Regeneration in abandoned pasture: Seed rain, seed germination, microclimate, and soil. *Biotrópica*, 31(2), 229-242.
- Hoyos, R., Urrego, G., Estela, L. y Lema, A. (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* (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia). Repositorio Institucional Universidad Nacional de Colombia.
- Huston, M. y Smith, T. (1987). Plant succession: life history and competition. *The American Naturalist*, 130(2), 168-198.

- Imaña, J. y Encinas, O. (2008). *Epidometría Forestal*. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasilia. Brasilia, Brasil.
- Jaramillo, L. y Muñoz, L. (2009). *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 de grado de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Loja). Repositorio Institucional UNL.
- Juárez, F., Villatoro, J. y López, E. (2002). *Apuntes de Estadística Inferencial*. Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente. Ciudad de México, México.
- Lambers, H., Chapin III, F. S. y Pons, T. L. (1998). *Plant Physiological Ecology*. Springer.
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos*. GTZ. Alemania.
- Laurance, S., Laurance, W. F., Andrade, A., Fearnside, P. M., Harms, K. E., Vicentini, A. y Luizao, R. C. (2010). Influence of soils and topography on Amazonian tree diversity: a landscape-scale study. *Journal of Vegetation Science*, 21(1), 96-106.
- León, K. (2014). *Evaluación de la influencia de la luz en la regeneración natural de especies leñosas bajo plantaciones de pino (Pinus patula) y rodales naturales de aliso (Alnus acuminata) en bosques montanos de la Región Sur del Ecuador* (Tesis de grado de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Loja). Repositorio Institucional UNL.
- Lima, W. (1996). *Impacto ambiental do Eucalipto*. Editora da Universidade de Sao Paulo. Sao Paulo, Brasil.
- Maass, J. (1999). *La investigación de procesos ecológicos y el manejo integrado de cuencas hidrográficas: un análisis del problema de escala*. Centro de Investigaciones en Ecosistemas UNAM, Campus Morelia. España.
- Manokaran, N. y Kochummen, K. M. (1987). Recruitment, growth and mortality of tree species in a lowland dipterocarp forest in Peninsular Malaysia. *J. Trop. Ecol*, 3, 315-330.
- Marín, A. y Monsalve, M. (1994). *Caracterización ecológica de dos ecosistemas: potrero y plantación de Pinus oocarpa en la zona noroccidental del Valle del Cauca (Restrepo)*. Universidad del Valle. Santiago de Cali, Colombia.

- Martínez, M. y García, X. (2007). Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 80(Suplemento), 69-84.
- Matteucci, D. y Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Melo, O. y Vargas, R. (2003). *Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos*. Departamento de Ciencias Forestales, Universidad del Tolima. Tolima, Colombia.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press. Washington, United States of America.
- Ministerio del Ambiente de Ecuador y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *Evaluación Nacional Forestal. Resultados*. <https://www.ambiente.gob.ec/evaluacion-nacional-forestal-del-ecuador-enf/>
- Monge, R. (2007). Manual para promover la regeneración natural en pastos degradados en el Pacífico Central y Norte de Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 4(11), 70-138.
- Montagnini, F. (2007). *Pueden las plantaciones forestales actuar como catalizadoras de la sucesión secundaria*. CIFOR. Santiago, Chile.
- Morláns, M. (2004). *Introducción a la ecología de poblaciones*. Editorial Científica Universitaria, Universidad Nacional de Catamarca. San Fernando del Valle de Catamarca, Argentina.
- Mostacedo, B. y Fredericksen, T. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.
- Odum, E. (1986). *Fundamentos de Ecología*. Nueva Editorial Interamericana. Ciudad de México, México.
- Orozco, L. y Brumer, C. (2002). *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

- Panna, D. y Sundriyal, R. (2013). Seed Germination in Lowland Tropical Rainforest Trees: Interspecies, Canopy and Fruit Type Variations. *Research Journal of Forestry*, 7, 1-15.
- Pariona, W., Fredericksen, T. S. y 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.
- Peâlissier, R. y Pascal, J. (2000). Two-year tree growth patterns investigated from monthly girth records using dendrometer bands in a wet evergreen forest in India. *Journal of Tropical Ecology*, 16, 429-446.
- Plana, E. (2000). *Introducción a la ecología y dinámica del bosque tropical*. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona, España.
- Poorter, L. y Bongers, F. (1993). *Ecology of tropical forests*. Department of Forestry, Agricultural University of Wageningen. Holland.
- Putz, F. (1993). *Considerations of the ecological foundation of natural forest management in the American Tropics*. Center for Tropical Conservation, Duke University. USA.
- R Development Core Team. (2020). *R: a language and environment for statistical computing*. <http://www.R-project.org>
- Real de Abreu, R., Bessão de Assis, G., Frison, S., Aguirre, A. y Durigan, G. (2011). Can native vegetation recover after slash pine cultivation in the Brazilian Savanna? *Forest Ecology and Management*, 262(8), 1452–1459.
- Rice, E. L. (1974). *Allelopathy*. Academic Press Inc. Florida, USA.
- Ritter, L. J. (2017). *Regeneración de árboles nativos en plantaciones de Pinus taeda L. en el norte Misiones: efectos del manejo a nivel del rodal y el paisaje* (Tesis de doctorado de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata). Repositorio Institucional UNLP.
- Rodríguez, S. y Blanco de Pablos, A. (1986). *Radiación solar que incide en la topografía Salmantina: Valores representativos*. Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca (CEBA). Salamanca, España.

- Rollet, B. (1969). La regeneración natural en un bosque denso siempre verde de la llanura de la Guyana Venezolana. *Boletín Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación*, 35, 39-73.
- Sáenz, G., Finegan, B. y Guariguata, M. (1999). Crecimiento y mortalidad en juveniles de siete especies arbóreas en un bosque muy húmedo tropical intervenido de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 47(1-2), 45-57.
- Samper, C. y Vallejo, M. I. (2007). Estructura y dinámica de poblaciones de plantas en un bosque andino. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 31(118), 57-68.
- Smith, T. y Smith, R. (2007). *Ecología Sexta Edición*. Pearson Educación. Madrid, España.
- Tello, R. (1984). *Comportamiento del transplante a raíz desnuda de Cedrela odorata L. (Cedro), bajo diferentes tratamientos en Iquitos – Perú* (Tesis de grado de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana). Repositorio Institucional UNAP.
- Tilman, D. (1993). *Community diversity and succession: the roles of competition, dispersal and habitat modification*. Springer-Verlag. Berlín, Alemania.
- Tobón, C. (2009). *Los bosques andinos y el agua*. Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION, CONDESAN. Quito, Ecuador.
- Torres, G. (2009). *Factores y disciplinas de la ecología*. <http://www.monografias.com/trabajos73/factores-disciplinas-ecologia/factores-disciplinas-ecologia2.shtml>
- Uday, M. (2003). *Distribución florística del bosque de neblina montano en el sector Tapichalaca, cantón Palanda* (Tesis de grado de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Loja). Repositorio Institucional UNL.
- Uhl, C. (1987). Factors controlling succession following slash-and-burn agriculture in Amazonia. *Journal of Ecology*, 75, 377-407.
- Van der Hammen, T. y Hooghiemstra, H. (2001). *Historia y Plaeoecología de los bosques montanos andinos neotropicales*. Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio. Heredia, Costa Rica.

- Veblen, T. (1992). *Regeneration dynamics*. Chapman & Hall. London, UK.
- Vieira, I., Solano, R., Rosa, N. y Roma, J. (1996). O renascimento da floresta no rastro da agricultura. *Ciencia Hoje*, 20(119), 38-44.
- Walker, L. y Del Moral, R. (2003). *Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Whitmore, T. (1983). Secondary succession from seed in tropical rain forest. *Forestry Abstracts*, 44(12), 767-779.
- Whittaker, R. (1970). *Communities and ecosystems*. The Macmillan Company. New York, USA.
- Young, K. (2006). *Bosques húmedos*. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

9. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de campo para el levantamiento de información de la composición florística y variables dasométricas de las especies vegetales leñosas nativas bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

Parcela N°:								
Categoría de regeneración:								
N° de individuo	Código de la planta	Nombre científico	Nombre común	D _{basal} inicial (cm)	D _{basal} final (cm)	Altura inicial (m)	Altura final (m)	Hábito de crecimiento

Anexo 2. Hoja de campo para el levantamiento de información de las variables ambientales bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

Parcela	Subparcela	Profundidad del suelo (cm)	Luminosidad (%)	Pendiente	
		Horizonte O		°	%
1	Sp1				
	Sp2				
	Sp3				
	Sp4				
	Sp5				

Anexo 3. Inventario de la composición florística en la categoría de regeneración plántulas bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

Nº Parcela	Nombre científico	Familia	Nombre común	Nº individuos	Hábito de crecimiento
1	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae	Rañiz	1	Arbusto
2	<i>Oreopanax rosei</i> Harms	Araliaceae	Pumamaqui	1	Árbol
2	<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	Solanaceae	Sauco	3	Árbol
3	<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	Solanaceae	Sauco	1	Árbol
4	<i>Piper barbatum</i> Kunth	Piperaceae	Cordoncillo	2	Arbusto
4	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae	Rañiz	1	Arbusto
5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Total				9	

Anexo 4. Inventario de la composición florística en la categoría de regeneración brinzal bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

Nº Parcela	Nombre científico	Familia	Nombre común	Nº individuos	Hábito de crecimiento
1	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	Maco maco	1	Arbusto
1	<i>Oreopanax rosei</i> Harms	Araliaceae	Pumamaqui	1	Árbol
1	<i>Piper barbatum</i> Kunth	Piperaceae	Cordoncillo	13	Arbusto
1	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae	Rañiz	11	Arbusto

2	<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	Duco	2	Árbol
2	<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov	Rhamnaceae	Aliso amarillo	1	Árbol
2	<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	Melastomataceae		7	Arbusto
2	<i>Oreopanax rosei</i> Harms	Araliaceae	Pumamaqui	4	Árbol
2	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	Rosaceae		1	Árbol
2	<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	Actinidiaceae	Huevo frito	1	Árbol
2	<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	Solanaceae	Sauco	5	Árbol
2	<i>Verbesina cf. arborea</i> Kunth	Asteraceae		1	Árbol
2	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae	Rañiz	2	Arbusto
3	<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	Melastomataceae		1	Arbusto
3	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	Maco maco	1	Arbusto
3	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	Maco maco	1	Arbusto
3	<i>Oreopanax rosei</i> Harms	Araliaceae	Pumamaqui	4	Árbol
3	<i>Piper barbatum</i> Kunth	Piperaceae	Cordoncillo	1	Arbusto
3	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	Rosaceae		7	Árbol
3	<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	Actinidiaceae	Huevo frito	1	Árbol
3	<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	Solanaceae	Sauco	5	Árbol
4	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Betulaceae	Aliso	7	Árbol
4	<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	Melastomataceae		18	Arbusto
4	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	Maco maco	1	Arbusto
4	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	Maco maco	1	Arbusto
4	<i>Oreopanax rosei</i> Harms	Araliaceae	Pumamaqui	2	Árbol

4	<i>Piper barbatum</i> Kunth	Piperaceae	Cordoncillo	2	Arbusto
4	<i>Solanum cf. cutervanum</i> Zahlbr.	Solanaceae		1	Arbusto
4	<i>Verbesina cf. arborea</i> Kunth	Asteraceae		5	Árbol
4	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae	Rañiz	2	Arbusto
5	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Betulaceae	Aliso	1	Árbol
5	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	Clethraceae	Almizcle	1	Árbol
5	<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov	Rhamnaceae	Aliso amarillo	1	Árbol
5	<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	Melastomataceae		3	Arbusto
5	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	Maco maco	1	Arbusto
5	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	Maco maco	1	Arbusto
5	<i>Oreopanax rosei</i> Harms	Araliaceae	Pumamaqui	4	Árbol
5	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Rubiaceae	Cafetillo	1	Arbusto
5	<i>Palicourea</i> sp.	Rubiaceae	Cafetillo	1	Arbusto
5	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	Siparunaceae	Limoncillo	2	Árbol
5	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae	Rañiz	5	Arbusto
Total				131	

Anexo 5. Inventario de la composición florística en la categoría de regeneración latizal bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

Nº Parcela	Nombre científico	Familia	Nombre común	Nº individuos	Hábito de crecimiento
1	<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov	Rhamnaceae	Aliso amarillo	2	Árbol

1	<i>Inga acreana</i> Harms	Fabaceae	Guaba	3	Árbol
1	<i>Piper barbatum</i> Kunth	Piperaceae	Cordoncillo	19	Arbusto
1	<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	Solanaceae	Sauco	1	Árbol
1	<i>Solanum cf. cutervanum</i> Zahlbr.	Solanaceae		7	Arbusto
1	<i>Verbesina cf. arborea</i> Kunth	Asteraceae		1	Árbol
1	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae	Rañiz	53	Arbusto
2	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Betulaceae	Aliso	11	Árbol
2	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	Clethraceae	Almizcle	1	Árbol
2	<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	Duco	3	Árbol
2	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	Rosaceae	Quique	2	Arbusto
2	<i>Mauria heterophylla</i> Kunth	Anacardiaceae	Sarnoso	1	Árbol
2	<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	Melastomataceae		2	Arbusto
2	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	Maco maco	2	Arbusto
2	<i>Piper barbatum</i> Kunth	Piperaceae	Cordoncillo	1	Arbusto
2	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	Siparunaceae	Limoncillo	1	Árbol
2	<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	Solanaceae	Sauco	3	Árbol
2	<i>Tibouchina lepidota</i> (Bonpl.) Baill.	Melastomataceae		1	Arbusto
2	<i>Tournefortia fuliginosa</i> Kunth	Boraginaceae	Desvanecedora	1	Árbol
2	<i>Verbesina cf. arborea</i> Kunth	Asteraceae		1	Árbol
2	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae	Rañiz	27	Arbusto
3	<i>Delostoma integrifolium</i> D. Don	Bignoniaceae	Guaylo	1	Arbusto
3	<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov	Rhamnaceae	Aliso amarillo	1	Árbol

3	<i>Miconia lutescens</i> (Bonpl.) DC.	Melastomataceae		1	Arbusto
3	<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	Melastomataceae		5	Arbusto
3	<i>Morus insignis</i> Bureau	Moraceae	Sapán amarillo	2	Árbol
3	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	Maco maco	2	Arbusto
3	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	Maco maco	1	Arbusto
3	<i>Piper barbatum</i> Kunth	Piperaceae	Cordoncillo	1	Arbusto
3	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	Rosaceae		1	Árbol
3	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	Siparunaceae	Limoncillo	1	Árbol
3	<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	Solanaceae	Sauco	8	Árbol
3	<i>Verbesina cf. arborea</i> Kunth	Asteraceae		9	Árbol
3	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae	Rañiz	10	Arbusto
4	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Betulaceae	Aliso	7	Árbol
4	<i>Critoniopsis pycnantha</i> (Benth.) H. Rob.	Asteraceae		1	Arbusto
4	<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	Melastomataceae		12	Arbusto
4	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	Maco maco	1	Arbusto
4	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	Maco maco	3	Arbusto
4	<i>Piper barbatum</i> Kunth	Piperaceae	Cordoncillo	3	Arbusto
4	<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	Solanaceae	Sauco	4	Árbol
4	<i>Solanum cf. cutervanum</i> Zahlbr.	Solanaceae		1	Arbusto
4	<i>Tournefortia fuliginosa</i> Kunth	Boraginaceae	Desvanecedora	1	Árbol
4	<i>Verbesina cf. arborea</i> Kunth	Asteraceae		10	Árbol
4	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae	Rañiz	15	Arbusto

5	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Betulaceae	Aliso	9	Árbol
5	<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	Duco	1	Árbol
5	<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov	Rhamnaceae	Aliso amarillo	1	Árbol
5	<i>Miconia lutescens</i> (Bonpl.) DC.	Melastomataceae		4	Arbusto
5	<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	Melastomataceae		8	Arbusto
5	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	Maco maco	6	Arbusto
5	<i>Oreopanax rosei</i> Harms	Araliaceae	Pumamaqui	1	Árbol
5	<i>Piper barbatum</i> Kunth	Piperaceae	Cordoncillo	2	Arbusto
5	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	Rosaceae		2	Árbol
5	<i>Roupala monosperma</i> (Ruiz & Pav.) I.M. Johnst.	Proteaceae	Roble andino	2	Árbol
5	<i>Tibouchina lepidota</i> (Bonpl.) Baill.	Melastomataceae		1	Arbusto
5	<i>Verbesina cf. arborea</i> Kunth	Asteraceae		2	Árbol
5	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae	Rañiz	11	Arbusto
Total				294	

Anexo 6. Tabla de valores de profundidad del suelo, luminosidad y pendiente registrados en las parcelas de estudio bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

Parcela	Subparcela	Profundidad_suelo (cm)	Luminosidad (%)	Pendiente (%)	
1	Sp 1	2,50	23,00	36,00	36,20
	Sp 2	2,00	28,00		
	Sp 3	2,50	30,00		

	Sp 4	2,00	31,00		
	Sp 5	2,00	26,00		
	Sp 1	3,00	54,00		
	Sp 2	1,50	52,00		
2	Sp 3	3,50	51,00	47,00	80,05
	Sp 4	2,00	50,00		
	Sp 5	3,00	53,00		
	Sp1	2,00	38,00		
	Sp2	4,00	41,00		
3	Sp3	3,00	45,00	43,00	52,00
	Sp4	1,50	49,00		
	Sp5	3,50	48,00		
	Sp 1	3,00	47,00		
	Sp 2	2,50	52,00		
4	Sp 3	1,00	49,00	61,00	52,00
	Sp 4	2,50	50,00		
	Sp 5	3,50	46,00		
	Sp 1	5,50	34,00		
	Sp 2	4,00	46,00		
5	Sp 3	2,00	44,00	64,00	74,00
	Sp 4	3,00	43,00		
	Sp 5	2,50	45,00		

Anexo 7. Tabla de datos para el análisis estadístico (t-student) de la composición florística bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

Categoría	Especie	Nº individuos
Latizal	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	116
Latizal	<i>Piper barbatum</i> Kunth	26
Latizal	<i>Verbesina cf. arborea</i> Kunth	23
Latizal	<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	27
Latizal	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	27
Latizal	<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	16
Latizal	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	11
Latizal	<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov	4
Latizal	<i>Solanum cf. cutervanum</i> Zahlbr.	8
Latizal	<i>Miconia lutescens</i> (Bonpl.) DC.	5
Latizal	<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	4
Latizal	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	4
Latizal	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	3
Latizal	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	2
Latizal	<i>Tibouchina lepidota</i> (Bonpl.) Baill.	2
Latizal	<i>Tournefortia fuliginosa</i> Kunth	2
Latizal	<i>Inga acreana</i> Harms	3
Latizal	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	2
Latizal	<i>Morus insignis</i> Bureau	2
Latizal	<i>Roupala monosperma</i> (Ruiz & Pav.) I.M. Johnst.	2
Latizal	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	1
Latizal	<i>Critoniopsis pycnantha</i> (Benth.) H. Rob.	1
Latizal	<i>Delostoma integrifolium</i> D. Don	1

Latizal	<i>Mauria heterophylla</i> Kunth	1
Latizal	<i>Oreopanax rosei</i> Harms	1
Brinzal	<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	29
Brinzal	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	20
Brinzal	<i>Oreopanax rosei</i> Harms	15
Brinzal	<i>Piper barbatum</i> Kunth	16
Brinzal	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	4
Brinzal	<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	10
Brinzal	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	8
Brinzal	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	8
Brinzal	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	3
Brinzal	<i>Verbesina cf. arborea</i> Kunth	6
Brinzal	<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov	2
Brinzal	<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	2
Brinzal	<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	2
Brinzal	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	2
Brinzal	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	1
Brinzal	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	1
Brinzal	<i>Palicourea</i> sp.	1
Brinzal	<i>Solanum cf. cutervanum</i> Zahlbr.	1
Plántulas	<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	4
Plántulas	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	2
Plántulas	<i>Piper barbatum</i> Kunth	2
Plántulas	<i>Oreopanax rosei</i> Harms	1

Anexo 8. Tabla de datos para el análisis estadístico (PCA Biplot) de las variables ambientales y la regeneración natural bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

Código	Parcela	Categoría	Nro_individuos	Nro_especies	Prof_horizonte_O	Pendiente	Luminosidad
L1	1	Latizal	86	7	2,20	36,10	27,60
L2	2	Latizal	57	14	2,60	63,53	52,00
L3	3	Latizal	43	13	2,80	47,50	44,20
L4	4	Latizal	58	11	2,50	56,50	48,80
L5	5	Latizal	50	13	3,40	69,00	42,40
B1.1	1	Brinzal	6	2	2,50	36,10	23,00
B1.2	1	Brinzal	10	3	2,00	36,10	28,00
B1.3	1	Brinzal	2	2	2,50	36,10	30,00
B1.4	1	Brinzal	1	1	2,00	36,10	31,00
B1.5	1	Brinzal	7	3	2,00	36,10	26,00
B2.1	2	Brinzal	3	3	3,00	63,53	54,00
B2.2	2	Brinzal	9	4	1,50	63,53	52,00
B2.3	2	Brinzal	5	4	3,50	63,53	51,00
B2.4	2	Brinzal	5	3	2,00	63,53	50,00
B2.5	2	Brinzal	2	1	3,00	63,53	53,00
B3.1	3	Brinzal	5	3	2,00	47,50	38,00
B3.2	3	Brinzal	0	0	4,00	47,50	41,00
B3.3	3	Brinzal	11	5	3,00	47,50	45,00
B3.4	3	Brinzal	1	1	1,50	47,50	49,00
B3.5	3	Brinzal	4	3	3,50	47,50	48,00
B4.1	4	Brinzal	10	2	3,00	56,50	47,00
B4.2	4	Brinzal	3	3	2,50	56,50	52,00
B4.3	4	Brinzal	11	5	1,00	56,50	49,00

B4.4	4	Brinzal	8	3	2,50	56,50	50,00
B4.5	4	Brinzal	7	4	3,50	56,50	46,00
B5.1	5	Brinzal	1	1	5,50	69,00	34,00
B5.2	5	Brinzal	6	3	4,00	69,00	46,00
B5.3	5	Brinzal	3	2	2,00	69,00	44,00
B5.4	5	Brinzal	8	8	3,00	69,00	43,00
B5.5	5	Brinzal	3	3	2,50	69,00	45,00
P11.1	1	Plántulas	0	0	2,50	36,10	23,00
P11.2	1	Plántulas	0	0	2,00	36,10	28,00
P11.3	1	Plántulas	0	0	2,50	36,10	30,00
P11.4	1	Plántulas	0	0	2,00	36,10	31,00
P11.5	1	Plántulas	1	1	2,00	36,10	26,00
P12.1	2	Plántulas	0	0	3,00	63,53	54,00
P12.2	2	Plántulas	0	0	1,50	63,53	52,00
P12.3	2	Plántulas	0	0	3,50	63,53	51,00
P12.4	2	Plántulas	1	1	2,00	63,53	50,00
P12.5	2	Plántulas	3	1	3,00	63,53	53,00
P13.1	3	Plántulas	1	1	2,00	47,50	38,00
P13.2	3	Plántulas	0	0	4,00	47,50	41,00
P13.3	3	Plántulas	0	0	3,00	47,50	45,00
P13.4	3	Plántulas	0	0	1,50	47,50	49,00
P13.5	3	Plántulas	0	0	3,50	47,50	48,00
P14.1	4	Plántulas	0	0	3,00	56,50	47,00
P14.2	4	Plántulas	0	0	2,50	56,50	52,00
P14.3	4	Plántulas	1	1	1,00	56,50	49,00
P14.4	4	Plántulas	2	1	2,50	56,50	50,00
P14.5	4	Plántulas	0	0	3,50	56,50	46,00
P15.1	5	Plántulas	0	0	5,50	69,00	34,00

P15.2	5	Plántulas	0	0	4,00	69,00	46,00
P15.3	5	Plántulas	0	0	2,00	69,00	44,00
P15.4	5	Plántulas	0	0	3,00	69,00	43,00
P15.5	5	Plántulas	0	0	2,50	69,00	45,00

Anexo 9. Código R utilizado para la obtención de las herramientas gráficas (PCA Biplot) de las variables ambientales y la regeneración natural bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

```

rm(list=ls()) # Limpiar espacio de trabajo
graphics.off() # Limpiar area de graficos
# Ctrl + l # Limpiar consola

#####
# PCA (Análisis de componentes principales)
#
#####
setwd("C:/Users/Usuario/Desktop/Francis Espinoza/Francis Espinoza")

### PCA datos individuales (Latizal)

## 1. abrir archivo csv
data <- read.csv("variables_ambientales_categorias.csv", sep = ",", dec = ".", row.names = 1)
data2 <- data[1:5,]

```

```

## 2. Crear objeto lista de PCA
pca.ind <- prcomp(data2[, 3:7], scale = T, center = T) # en columnas y filas seleccionadas

## 3. Vizualizacion de datos individuales

#3.1. Biplot de valores individuales
library(factoextra) # Abrir libreria para realizar los graficos

# 3.2 Biplot

# 3.2.1. Biplot individuales

jpeg(filename="pca.latizal.eucalipto.jpg", width = 250, height = 150, units = "mm", res=300)

fviz_pca_biplot(pca.ind,
  title = "PCA - Biplot de Variables Ambientales (Latizal)",
  col.var = "contrib",
  col.ind = "grey70", # Individuals color
  #addEllipses = T,
  legend.title = "Variabilidad",
  label = "all",
  repel = T)

dev.off()

### PCA datos individuales (Brinzal)

```

```
## 1. abrir archivo csv
data <- read.csv("variables_ambientales_categorias.csv", sep = ",", dec = ".", row.names = 1)
data2 <- data[6:30,]
```

```
## 2. Crear objeto lista de PCA
pca.ind <- prcomp(data2[, 3:7], scale = T, center = T) # en columnas y filas seleccionadas
```

```
## 3. Visualizacion de datos individuales
```

```
#3.1. Biplot de valores individuales
```

```
library(factoextra) # Abrir libreria para realizar los graficos
```

```
# 3.2 Biplot
```

```
# 3.2.1. Biplot individuales
```

```
jpeg(filename="pca.brinzal.eucalipto.jpg", width = 250, height = 150, units = "mm", res=300)
```

```
fviz_pca_biplot(pca.ind,
  title = "PCA - Biplot de Variables Ambientales (Brinzal)",
  col.var = "contrib",
  col.ind = "grey70", # Individuals color
  #addEllipses = T,
  legend.title = "Variabilidad",
  label = "all",
```



```

    repel = T)

dev.off()

#### PCA datos individuales (Plantulas)

## 1. abrir archivo csv
data <- read.csv("variables_ambientales_categorias.csv", sep = ",", dec = ".", row.names = 1)
data2 <- data[31:55,]

## 2. Crear objeto lista de PCA
pca.ind <- prcomp(data2[, 3:7], scale = T, center = T) # en columnas y filas seleccionadas

## 3. Vizualizacion de datos individuales

#3.1. Biplot de valores individuales
library(factoextra) # Abrir libreria para realizar los graficos

# 3.2 Biplot

# 3.2.1. Biplot individuales

jpeg(filename="pca.plantulas.eucalipto.jpg", width = 250, height = 150, units = "mm", res=300)

```

```
fviz_pca_biplot(pca.ind,
  title = "PCA - Biplot de Variables Ambientales (Plantulas)",
  col.var = "contrib",
  col.ind = "grey70", # Individuals color
  #addEllipses = T,
  legend.title = "Variabilidad",
  label = "all",
  repel = T)
```

```
dev.off()
```

Anexo 10. Tabla de datos para el análisis estadístico (PCA Individual) de las variables ambientales y la regeneración natural bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

Código	Parcela	Categoría	Nro_individuos	Nro_especies	Prof_horizonte_O	Pendiente	Luminosidad
Latizal_1	1	Latizal	86	7	2,20	36,10	27,60
Latizal_2	2	Latizal	57	14	2,60	63,53	52,00
Latizal_3	3	Latizal	43	13	2,80	47,50	44,20
Latizal_4	4	Latizal	58	11	2,50	56,50	48,80
Latizal_5	5	Latizal	50	13	3,40	69,00	42,40
Brinzal_1	1	Brinzal	26	4	2,20	36,10	27,60
Brinzal_2	2	Brinzal	24	9	2,60	63,53	52,00
Brinzal_3	3	Brinzal	21	8	2,80	47,50	44,20
Brinzal_4	4	Brinzal	39	9	2,50	56,50	48,80
Brinzal_5	5	Brinzal	21	11	3,40	69,00	42,40
Plántulas_1	1	Plántulas	1	1	2,20	36,10	27,60
Plántulas_2	2	Plántulas	4	2	2,60	63,53	52,00
Plántulas_3	3	Plántulas	1	1	2,80	47,50	44,20

Plántulas_4	4	Plántulas	3	2	2,50	56,50	48,80
Plántulas_5	5	Plántulas	0	0	3,40	69,00	42,40

Anexo 11. Código R utilizado para la obtención de las herramientas gráficas (PCA Individual) de las variables ambientales y la regeneración natural bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

```

rm(list=ls()) # Limpiar espacio de trabajo
graphics.off() # Limpiar area de graficos
# Ctrl + l # Limpiar consola

#####
# PCA (Analisis de componentes principales)
#
#####
setwd("C:/Users/Usuario/Desktop/Francis Espinoza/Francis Espinoza")

### PCA datos individuales (todos)

## 1. abrir archivo csv
data <- read.csv("variables_ambientales_general.csv", sep = ",", dec = ".", row.names = 1)
data2 <- data[1:15,]

## 2. Crear objeto lista de PCA
pca.ind <- prcomp(data2[, 3:7], scale = T, center = T) # en columnas y filas seleccionadas

```

```
## 3. Vizualizacion de datos individuales
```

```
#3.1. Plot de valores individuales
```

```
library(factoextra) # Abrir libreria para realizar los graficos
```

```
#3.1.1 Por categorias
```

```
jpeg(filename="pca.plot.jpg", width = 250, height = 150, units = "mm", res=300)
```

```
fviz_pca_ind(pca.ind,  
  title = expression("PCA - Variables ambientales por " italic("CATEGORIAS")),  
  legend.title = "Variables:",  
  habillage = data2$Categoria,  
  addEllipses = T,  
  ellipse.level = 0.99,  
  label = "all", # "all" es para ver todas las etiquetas  
  repel = TRUE,  
  labelsize = 4,  
  pointsize = "contrib" )
```

```
dev.off()
```

Anexo 12. Instalación de las parcelas permanentes bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.



Anexo 13. Etiquetado de la regeneración natural bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.



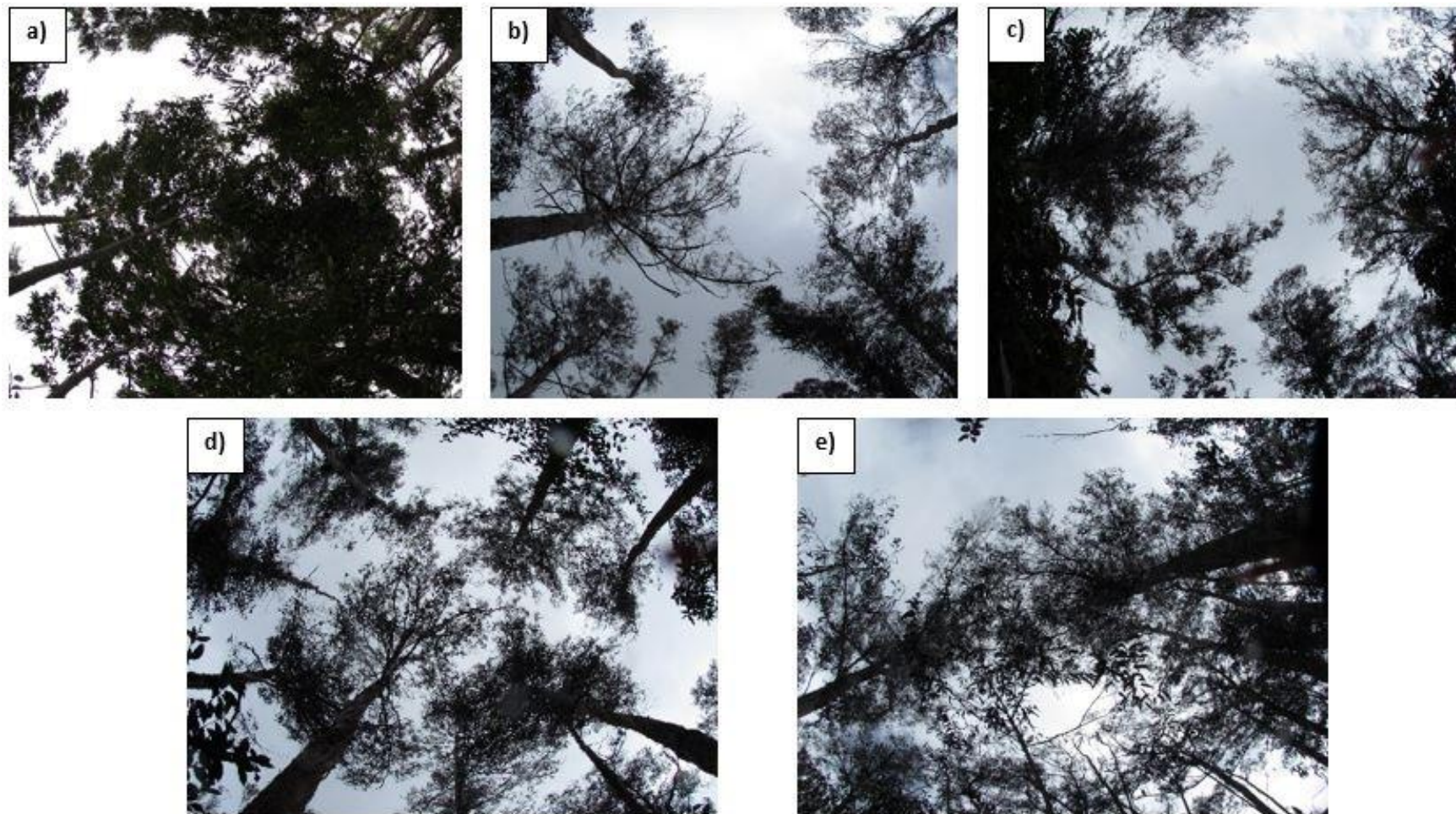
Anexo 14. Identificación de especies leñosas de la regeneración natural bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.



Anexo 15. Registro de datos de las variables ambientales bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.



Anexo 16. Fotografías tomadas en las cinco parcelas de estudio bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”. a) Parcela 1; b) Parcela 2; c) Parcela 3; d) Parcela 4 y e) Parcela 5.



Anexo 17. Uso de la aplicación HabitApp para medir la luminosidad bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.



Anexo 18. Publicación de la invitación al evento académico virtual organizado por la Universidad Nacional de Loja.

 **unl** Universidad Nacional de Loja

Participación de los resultados

TEMA 1
MONITOREO DE LA SUCESIÓN DE ESPECIES VEGETALES LEÑOSAS NATIVAS BAJO LA PLANTACIÓN DE *Pinus radiata* D. Don, DEL PARQUE UNIVERSITARIO "FRANCISCO VIVAR CASTRO", PROVINCIA DE LOJA, ECUADOR

TEMA 2
DINÁMICA SUCESIONAL DE ESPECIES VEGETALES LEÑOSAS NATIVAS BAJO LA PLANTACIÓN DE *EUCALYPTUS GLOBULUS* LABILL., EN EL PARQUE UNIVERSITARIO "FRANCISCO VIVAR CASTRO", PROVINCIA DE LOJA, ECUADOR

Autores:
Leonardo González N.
Francis Espinoza

DIRECTOR DE TESIS: Zhofre Aguirre

Jueves 20 de agosto 2020
15h00

 **zoom**
ID de la reunión: 946 4015 3647

Educamos para Transformar