

# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

## CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**Denominación del Título a obtener:**  
INGENIERA AMBIENTAL

**Título del proyecto de Investigación:**

La forestería análoga como herramienta para la restauración ecológica en un bosque plantado de *Eucalyptus globulus* en la Hacienda el Paraíso, provincia de Imbabura

**AUTORA:**

Cinthy Nicole Carrasco Hinojosa

**DIRECTOR:**

Dr. Yudel García Quintana, PhD

**Puyo-Ecuador**

2020

## **Agradecimiento**

A Dios por la vida, por darme la fortaleza todos y cada uno de los días en los que pensé en rendirme, acompañarme en esta etapa de mi vida que ha sido larga, permitirme tener y disfrutar de mi familia.

A mi madre María Eugenia cuyos esfuerzos por sacarme adelante sola han sido más que impresionantes, por haberme educado, darme todo lo necesario y más por verme feliz, siempre estaré inmensamente agradecida por el amor incondicional que me supo dar, me siento tan orgullosa que Dios la haya elegido para guiarme en mi camino que no encuentro las palabras para expresar lo afortunada que soy al tenerla ya que sin ella esto no hubiese sido posible.

A mis queridas hermanas Ivon, Emilia y Sofía quienes son mis mejores amigas.

A mi tutor Yudel García por darme su completo apoyo, por toda la paciencia que me ha tenido en este largo proceso al brindarme sus conocimientos y su ayuda incondicional.

## **Dedicatoria**

Para la mujer que me llena de orgullo todos los días y a quien adoro con todo mi corazón, te amo mami, sé que no hay manera de devolver todo lo que me ha dado, las largas noches desde que nací hasta ahora, el amor, la paciencia que me ha tenido, la vida en si te la debo, así que esto es para ti María Eugenia el motivo de mi felicidad.

Para una amiga muy especial que desde el cielo me observa, mi querida Nathaly.

Para mi familia es un placer compartir la vida con seres tan maravillosos.

## Resumen

El objetivo del proyecto fue elaborar una propuesta de forestería análoga como herramienta para la restauración ecológica en un área de bosque plantado de *Eucalyptus globulus* en la Hacienda el Paraíso, cantón San Luis de Otavalo, provincia de Imbabura. Para ello se realizaron tres transectos, dos en un bosque plantado de *E.globulus* de 6 y 35 años de edad y el otro en un bosque secundario, considerado como referente para la propuesta de forestería análoga, en los cuales se evaluaron mediante la técnica de valoración ecológica rápida un conjunto de indicadores como suelo, biodiversidad, estructura y productividad, además se calcularon índices de biodiversidad, valor de importancia ecológica, biomasa y carbono. Los resultados indicaron que los dos primeros transectos, correspondientes al bosque plantado se encontraron por debajo del umbral de sostenibilidad, debido a la alta erosión de los suelos, compactación y baja actividad biológica, pobre biodiversidad, fragilidad y desestabilidad estructural. La diversidad resultó baja en el bosque plantado de *E. globulus* y media en el bosque secundario, los aportes de biomasa y carbono fueron desproporcionados. Las especies que resultaron con mayores potencialidades para su inclusión en la restauración ecológica fueron *Oreopanax ecuadorensis* y *Myrcianthes hallii*, *M. pubescens* y *E. laurifolia*. Se elaboró una propuesta de forestería análoga como herramienta para la restauración ecológica en el área de bosque plantado de *E. globulus* tomando como modelo las especies presentes en el bosque andino secundario, lo que permitirá restaurar el paisaje degradado, con especial énfasis en las funciones de biodiversidad y carbono.

**Palabras clave:** *Eucalyptus globulus*, Forestería Análoga, bosque andino, biodiversidad, carbono.

## **Abstract, and Keywords**

The objective of the project was to develop a proposal of analog forestry as a tool for ecological restoration in an area of planted forest of *Eucalyptus globulus* in the Hacienda El Paraíso, canton San Luis de Otavalo, province of Imbabura. For this, three transects were carried out, two in a planted forest of *E.globulus* 6 and 35 years old and the other in a secondary forest, considered as a reference for the analog forestry proposal, in which they were evaluated by the technique of Rapid ecological valuation a set of indicators such as soil, biodiversity, structure and productivity, also biodiversity indices, value of ecological importance, biomass and carbon were calculated. The results indicated that the first two transects, corresponding to the planted forest were below the sustainability threshold, due to high soil erosion, compaction and low biological activity, poor biodiversity, fragility and structural instability. The diversity was low in the planted forest of *E. globulus* and medium in the secondary forest, the biomass and carbon contributions were disproportionate. The species that resulted with the greatest potential for inclusion in the ecological restoration were *Oreopanax ecuadorensis* and *Myrcianthes hallii*, *M. pubescens* and *E. laurifolia*. A similar forestry proposal was developed as a tool for ecological restoration in the planted forest area of *E. globulus*, taking as a model the species present in the secondary Andean forest, which will allow the restoration of the degraded landscape, with special emphasis on the functions of biodiversity and carbon.

**Keywords:** *Eucalyptus globulus*, Analog Forestry, Andean forest, biodiversity, carbon

# Índice

<b>CAPÍTULO I.</b> .....	1
Planteamiento del problema y Justificación.....	2
Formulación del problema .....	3
Objetivos .....	3
<b>CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	4
2.1 El Bosque Andino .....	4
2.2 Los problemas ambientales y globales del bosque Andino.....	5
2.3 Los servicios ecosistémicos derivados de los bosque .....	6
2.4 La Forestería Análoga como técnica de restauración.....	7
2.5 Principios de la Forestería Análoga .....	8
2.6 Experiencias de los modelos de Forestería Análoga .....	10
2.7 Características generales de la especie <i>Eucalyptus globulus</i> . Necesidades de la restauración .....	11
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	13
3.1 Localización .....	13
3.2 Tipo de Investigación .....	14
3.3 Métodos de Investigación .....	15
3.4 Diseño de la Investigación.....	15
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	24
4.1 Estado actual de los componentes edáficos y la vegetación existente .....	24
4.1.1 Análisis detallado de los criterios ecológicos de suelo, biodiversidad, estructura y productividad.....	24
4.1.2 Valoración ecológica integral de los indicadores de suelo y vegetación .....	27
4.2 Análisis de brecha de la biodiversidad entre el bosque plantado de <i>Eucalyptus globulus</i> y el bosque secundario .....	29
4.2.1 Riqueza y diversidad de especies .....	29
4.2.2 Índice de valor de importancia ecológica.....	31
4.3 Análisis de brecha del contenido de carbono <i>Eucalyptus globulus</i> y el bosque secundario ..	33
4.3.1 Estimación de biomasa aérea .....	33
4.3.2 Índice de valor de importancia de biomasa .....	35
4.3.3 Contenido de carbono almacenado .....	36
4.4 Propuesta de forestería análoga para el bosque plantado de <i>Eucalyptus globulus</i> .....	37
Acciones para ejecutar la propuesta de forestería análoga.....	37
<b>CAPÍTULO V.</b> .....	39
CONCLUSIONES .....	39

RECOMENDACIONES .....	40
<b>CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>41</b>
<b>CAPÍTULO VI. ANEXOS .....</b>	<b>48</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1	Coordenadas geográficas de la zona de estudio .....	14
Tabla 2	Calidad del Suelo.....	17
Tabla 3	Criterio de Biodiversidad .....	18
Tabla 4	Categorías de Estructura.....	19
Tabla 5	Indicador de Estructura.....	19
Tabla 6	Indicador de Productividad.....	20
Tabla 7	Ecuación alométrica utilizada para estimar la biomasa aérea. ....	22
Tabla 8	Valoración ecológica del criterio calidad del suelo de los tres transectos de estudio. .....	24
Tabla 9	Valoración ecológica del criterio biodiversidad de los tres transectos de estudio.	25
Tabla 10	Valoración ecológica del criterio estructura de los tres transectos de estudio. ....	26
Tabla 11	Valoración ecológica del criterio productividad de los tres transectos de estudio. .....	27
Tabla 12	Valores medios y desviación estándar de riqueza y diversidad por transectos. ..	30
Tabla 13	Índice de valor de importancia ecológica para cada una de las especies. ....	32
Tabla 14	Biomasa aérea para cada una de las especies por transectos.....	33
Tabla 15	Valores medios y desviación estándar de la biomasa acumulada por transectos.	34
Tabla 16	Índice de valor de biomasa aérea para cada una de las especies por transectos...	35
Tabla 17	Contenido de carbono almacenado por especies. ....	36



## Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	13
Figura 2 Modelo de transecto para estudio florístico. ....	16
Figura 3 Diseño de los transectos y subparcelas en cada tipo de bosque. Bosque plantado de <i>Eucalyptus Globulus</i> (BPE). ....	16
Figura 4 Diagrama de valoración ecológica integral del conjunto de indicadores por cada tipo de bosque. ....	29
Figura 5 Dendrograma jerárquico que muestra la clasificación de grupos ecológicos en función de la abundancia de especies. ....	31

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En muchos aspectos los seres humanos son los agentes predominantes del cambio en el planeta, siendo la especie de mayor fuente de cambio geomorfológico: usa al menos el 40% de la productividad potencial primaria neta terrestre y altera de forma directa entre un tercio y la mitad de la superficie del suelo del planeta (Harvey y Sáenz, 2007)

Los bosques son ecosistemas muy importantes debido a la provisión de múltiples beneficios, dentro de estos se encuentra la generación de oxígeno a través de la absorción de dióxido de carbono que ayudan a limpiar la atmósfera terrestre de los gases generados, protección al suelo de la erosión, mejoras en la calidad del agua, entre otros múltiples beneficios. La degradación de los ecosistemas a nivel mundial se ha intensificado generando no solo la pérdida de los recursos naturales que lo componen, sino también la disminución en la disponibilidad de elementos de la biodiversidad que generan condiciones favorables de vida para los seres humanos (Ranganathan y Daily, 2008).

La transformación del territorio, cambios de uso del suelo, contaminación, sobreexplotación de los recursos naturales y la introducción de especies exóticas son las principales acciones directas que alteran la estructura y composición florística de un bosque, de ahí que la continua degradación de los recursos naturales constituye un tema de preocupación mundial (Espinoza y Calet, 2012).

La región interandina conocida también como callejón interandino es la zona entre los flancos interiores de las cordilleras oriental y occidental del territorio donde predominan ecosistemas muy frágiles debido a la agricultura, ganadería y establecimiento de monocultivos. Las grandes áreas erosionadas existentes a lo largo de toda la Sierra, desde el valle del río del Chota, en la provincia de Imbabura, hasta los valles de la provincia de Loja, son causadas por el proceso de deforestación protagonizado por el hombre (Patzelt y Echeverría, 1996). Considerando que la región interandina está perdiendo su cubierta vegetal y que la erosión de los suelos avanza día a día, se requiere tomar medidas para restablecer las funciones de los ecosistemas andinos reforestando preferencialmente con especies nativas ya que éstas se desarrollan con mayor facilidad en su propio medio (Patzelt y Echeverría, 1996).

Una de las plantaciones de mayor importancia económica en la región es el eucalipto, siendo un árbol de rápido crecimiento que se cultiva en cualquier tipo de suelo, su introducción en estos ecosistemas ecuatorianos, desde 1865, ha constituido un acierto en el aspecto económico, pero en el campo ecológico tiene efectos negativos por cuanto sus raíces absorben mucha humedad y tienden a reseca la tierra imposibilitando los cultivos (Patzelt y Echeverría, 1996).

En este sentido con el afán de buscar soluciones a los problemas ambientales surge la forestería análoga, reconocida como una técnica para diseñar y crear ecosistemas estables que sostengan y aumenten los recursos naturales y los servicios ecológicos de un ecosistema, además busca crear un ecosistema dominado por árboles que sea análogo al ecosistema original maduro en cuanto a su estructura arquitectónica y funciones ecológicas (Senanayake y Beehler, 2000).

### **Planteamiento del problema y Justificación**

En la Hacienda el Paraíso, cantón San Luis de Otavalo, provincia de Imbabura los suelos han estado ocupados por más de 35 años por plantaciones puras de *Eucalyptus globulus*, con la finalidad de generar recursos económicos para el bienestar de los pobladores del lugar y sus alrededores, ocasionando la pérdida de biodiversidad, degradación y erosión de los suelos, disminución de recursos hídricos, fragmentación del paisaje, escaso alimento para la fauna de la zona, entre otras causas; por lo que se ha optado por la implementación de un modelo de Forestería análoga como medida de restauración ecológica que no solo aumenta la biodiversidad y la resiliencia ecológica en los ecosistemas, sino también mejora el paisaje y también provee recursos económicos con un valor agregado al sistema ecológico.

Al llevarse a cabo la implementación de la Forestería análoga en la Hacienda el Paraíso se espera que los recursos naturales puedan recuperar las condiciones iniciales que alguna vez tuvieron, como son aumento de la flora y fauna endémica de la zona, que funcione como un corredor biológico para especies que no encuentran un espacio en medio de los pastizales y la urbe, que sea este un espacio en el cual puedan encontrar refugio, la recuperación del suelo, protección de la cuencas hídricas aledañas, un notable mejoramiento del paisaje, mejorar la calidad del aire, y, a la vez, obtener recursos económicos que de igual manera satisfagan las necesidades cada vez más crecientes de la población rural.

## **Formulación del problema**

¿Cómo el uso de suelo determinado por una plantación de *Eucalyptus globulus* limita las funciones de ecológicas en la Hacienda el Paraíso de la ciudad de San Luis de Otavalo, provincia de Imbabura?

## **Objetivos**

### **General**

- Elaborar una propuesta de forestería análoga como herramienta para la restauración ecológica en un área de bosque plantado de *Eucalyptus globulus* en la Hacienda el Paraíso, cantón San Luis de Otavalo, provincia de Imbabura.

### **Específicos**

- Caracterizar el estado actual de los componentes edáficos y la vegetación existente mediante la técnica de valoración ecológica rápida.
- Determinar mediante el análisis comparativo de brechas el estado de la biodiversidad y carbono en un bosque plantado de *Eucalyptus globulus* y un bosque clímax en estado natural.
- Diseñar la propuesta de forestería análoga para el área de bosque plantado de *Eucalyptus globulus* enfocada en la restauración de las funciones de biodiversidad y carbono.

# CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

## 2.1 El Bosque Andino

La Cordillera de los Andes divide al Ecuador en tres regiones naturales, la región occidental o costa, la región central andina o sierra y la región oriental o amazónica (Sauer 1965; Acosta, 1968; Iriondo, 1994). Según Valencia *et al.*, (1999) la sierra norte del Ecuador incluye las áreas ubicadas sobre los 1.300 m de elevación, este límite disminuye hacia el sur hasta aproximadamente los 1.000 m de altitud. La región andina ecuatoriana localizada sobre los 1.000 m de altitud cubre aproximadamente un cuarto del país, lo que corresponde a 70.000 km<sup>2</sup>. El territorio andino posee una diversidad ecológica alta. La cordillera marcó importantes diferencias de relieve, clima, suelos y vegetación, que han resultado en la presencia de 11 formaciones vegetales (Acosta, 1968) en que se han identificado 9.865 especies de plantas, es decir el 64% del total de especies de todo el Ecuador (Jorgensen y León, 1999).

El hecho que la región andina sea precisamente la más densamente poblada históricamente y que por lo tanto su vegetación original haya sido modificada durante milenios (Ulloa & Jørgensen, 1995), hace que sea la más deforestada (Valencia *et al.*, 1999; Cerón, 2002). Menos del 3% de la superficie de la Sierra se encuentra en masas boscosas naturales (CESA, 1992).

Los bosques andinos son paisajes frágiles y vulnerables a los efectos de deforestación y degradación de bosques combinados del cambio climático y al mismo tiempo presentan un potencial importante para contribuir a mitigar el cambio climático, restaurar funciones ecosistémicas clave, y reducir la vulnerabilidad de las poblaciones andinas. Las reservas de carbono en los ecosistemas de los Andes son comparables con las de los bosques tropicales de tierras bajas, sobre todo cuando se considera las reservas de biomasa y carbono orgánico en los suelos. Los bosques andinos tienen un rol fundamental de regulación hídrica, asociada, entre otros procesos, a la presencia de musgos y plantas epífitas, que pueden capturar agua de la niebla o lluvia transportada por el viento por una cantidad que puede representar entre el 5 y 35% de la precipitación total anual (Doornbos, 2015).

Los Andes ecuatorianos se extienden por las provincias: El Carchi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo, Cotopaxi, Cañar, Azuay y Loja. La temperatura de la zona oscila alrededor de los 14 °C. El clima existente en la Sierra, así como la actividad volcánica en la cordillera de los Andes han estimulado el desarrollo de interesantes especies tanto vegetales

como animales. Debido a que los páramos cubren alrededor de 27.000 Km<sup>2</sup> de la región central y están ubicados entre los 3.500 y 4.500 msnm, se ha creado un hábitat ideal para cóndores, venados, llamas, vicuñas, colibríes, osos, tapires y pumas (MAE, 2013).

Las plantas han jugado un papel fundamental en el desarrollo de las culturas andinas. Desde que el hombre llegó a esta región hace aproximadamente 10.000 años (Almeida, 2000).

## **2.2 Los problemas ambientales y globales del bosque Andino**

La especie humana, en su proceso filogenético, siempre ha manipulado y alterado su entorno con el fin de obtener de él lo necesario para satisfacer sus necesidades. Que el hombre, por lo tanto, origine impactos, sobre el medio ambiente, forma parte de su naturaleza. Que en ese proceso adaptativo otras especies se vean afectadas, o que ciertos ecosistemas desaparezcan, se transformen y domestiquen entra dentro de la dinámica natural del desarrollo humano. La extinción y el cambio, la mayoría de las veces catastrófico, también forma parte de la dinámica natural (Meira, 2013).

La utilización de los recursos naturales para satisfacer las necesidades humanas de alimentos y bienes, a menudo es a expensas del deterioro del ambiente (Fole *et al.*, 2005).

Esto ha generado problemas ambientales como la alteración de: los ciclos biogeoquímicos, responsables en parte del calentamiento global y de la contaminación ambiental, el uso de la tierra, a partir del reemplazo de bosques, pastizales y humedales por sitios agrícolas, la biodiversidad global en todos los niveles, incluyendo desde la diversidad genética dentro de poblaciones hasta la diversidad de ecosistemas en un paisaje, ya sea alterando la composición, riqueza y equitatividad, como las interacciones entre organismos, y la dispersión de la biota más allá de los límites geográficos naturales, a partir de la acción del -hombre (De la Fuente, 2008).

Estos problemas generados por el hombre han afectado a los ecosistemas del Ecuador es así que, el bosque andino afronta grandes problemas ambientales como son el monocultivo, agricultura, ganadería intensiva y la implementación de especies invasivas como son los eucaliptos traídos desde Australia. En Ecuador existen varias especies de eucaliptos, estos se encuentran distribuidos por todo el corredor andino, las cuales traen graves problemas para el ecosistema, absorbiendo grandes cantidades de agua del suelo, impidiendo que otras especies se desarrollen y creciendo de una forma muy acelerada, perjudicando el desarrollo de las especies endémicas (Martínez y Ramos, 1999).

Las especies invasoras son especies cuya introducción o propagación fuera de sus hábitats naturales ponen en peligro la diversidad biológica, mientras que sólo un pequeño porcentaje de los organismos transportados a los nuevos entornos se convierten en invasivas, sus impactos negativos en la seguridad alimentaria vegetal, animal, en la salud humana y en el desarrollo económico puede ser amplia y sustancial (RAE, 2019).

El remplazo de la vegetación nativa por plantaciones de eucalipto tiene consecuencias significativas sobre la diversidad de especies, y sobre otras características de los ecosistemas como el contenido de materia orgánica y el balance hídrico del suelo. Pero además de estos impactos, el establecimiento de plantaciones de eucalipto puede alterar significativamente la naturaleza e intensidad del régimen de disturbio de una región, especialmente por tratarse de un árbol adaptado al fuego (Skolmen, 2000) que acumula grandes cantidades de materiales (por ejemplo, corteza, hojas, ramas) altamente inflamables, y cuya reproducción vegetativa se estimula intensamente después de los incendios. Estos incendios representan una amenaza para las especies nativas, y se han convertido además en un factor de riesgo para las obras de infraestructura y las personas, y en una fuente adicional de polución atmosférica (Anchaluisa y Suárez, 2013).

El reemplazo de la vegetación nativa por plantaciones de especies exóticas es una de las consecuencias más comunes derivadas de la urbanización (Terradas, 2001). Simultáneamente al desarrollo de los centros urbanos, es común que las áreas de vegetación nativa remanente sean remplazadas por plantaciones de especies forestales de alto valor comercial (Cisternas, 1999).

### **2.3 Los servicios ecosistémicos derivados de los bosques**

Es muy importante reconocer los servicios ecosistémicos que los bosques representan para el progreso de la humanidad, así como para la conservación de la vida misma, pero es más notable los cambios que han sufrido con los años, deforestación, agricultura y ganadería intensiva, introducción de especies invasoras, en este aspecto se ha ido modificando el paisaje y también a los recursos propios del bosque. De ahí, que existe la convicción de enfrentar esta problemática y manejarla desde un punto de vista ecológico y económico para mantener la provisión de bienes y servicios que se derivan de los bosques.

Los ecosistemas suministran a la humanidad toda una serie de beneficios, conocidos como bienes y servicios ecosistémicos, que resultan vitales para el bienestar y el desarrollo económico y social tanto en el presente como el futuro. En definitiva, son servicios que la

naturaleza provee a las personas y son los responsables de sustentar todas las actividades y la vida de los seres humanos (TEEB, 2005).

Según (FAO, 2012), los servicios ecosistémicos hacen posible la vida humana al proporcionar alimentos nutritivos y agua potable; al regular las enfermedades y el clima; al apoyar la polinización de los cultivos y la formación de suelos, y al ofrecer beneficios recreativos, culturales y espirituales.

Algunos de los servicios ecosistémicos que el bosque ofrece son:

**Paisajismo:** “La ecología del paisaje es, en términos generales, una disciplina científica orientada al estudio de los patrones y procesos básicos que se crean, inducen y transforman en los paisajes. Su orientación científica, nutrida de múltiples influencias, permite un conocimiento profundo y holístico de la estructura y dinámica de funcionamiento del paisaje a distintas escalas, lo que resulta de gran utilidad y aplicación directa en procesos de planificación y gestión del paisaje y el territorio, de protección de los recursos naturales, y de restauración de impactos en el medio ambiente” (Calvo, 2013).

**Biodiversidad:** “El término biodiversidad se refiere a la variedad de seres vivos sobre la tierra y los patrones naturales que la conforman, comprende también la gama de ecosistemas, de especies y de sus poblaciones, así como las diferencias genéticas entre los individuos que la constituyen” (Jiménez *et al.*, 2013).

**Captura de Carbono:** “Con la captura y almacenamiento de carbono se pretende evitar que las emisiones del sector energético no se viertan a la atmósfera, capturando el CO<sub>2</sub> de las chimeneas de las centrales térmicas y enterrándolo en el subsuelo. Se trata de una tecnología muy nueva que genera gran incertidumbre y cuya viabilidad no está todavía acreditada pero que constituye la excusa perfecta para seguir justificando la construcción del peor enemigo del clima, las centrales térmicas” (Barnasar, 2009).

## **2.4 La Forestería Análoga como técnica de restauración**

El concepto de “Forestería Análoga fue concebido originalmente en California y Guatemala en 1975, y fue puesto en práctica por primera vez en Sri Lanka basado en el modelo de huerto familiar tradicional (Purana Gama)” (RIFA, 2012).

Se entiende como un sistema que busca establecer ecosistemas que sean similares a la vegetación original y que son propios del lugar antes de sufrir cual intervención o un cambio drástico de uso hacia una actividad diferente que pudiera afectar su estructura (Hernández, 2008).



La forestería análoga consiste en la imitación de bosques naturales y las funciones ecológicas que estos proveen como son protección de cuencas hídricas, reducción de la erosión de los suelos, control biológico, regulación del clima, conservación genética, entre otros, pero a estos se les da un valor agregado que son los productos no maderables que se generan y que se pueden comercializar, utilizando los bosques naturales como guías para crear espacio productivos y ecológicamente estables (RIFA, 2012).

Se define a la forestería análoga como una herramienta efectiva para rehabilitar bosques, conservar sus recursos genéticos y aumentar la biodiversidad (Hecheverría, 2011).

La forestería análoga muestra que es posible mejorar la biodiversidad y la riqueza ecológica en las parcelas y generar buenos rendimientos económicos que sean sostenibles en las comunidades agrícolas (RIFA, 2012).

En Ecuador es una técnica novedosa que rescata las características naturales del bosque restaurando las funciones de biodiversidad, sin dejar de lado el interés económico, buscando de esta manera un equilibrio entre ambos. Se considera factible su implementación en ecosistemas donde las funciones ecológicas no sean equilibradas de manera tal que permita la sostenibilidad ambiental.

## **2.5 Principios de la Forestería Análoga**

Cuando un ecosistema es diseñado para ser análogo a una comunidad vegetal en estado maduro, la eficiencia y la dinámica de los procesos naturales puede ser replicado. Este bosque casi natural es diseñado para imitar los aspectos estructurales y funcionales del bosque local y adicionalmente, brindar beneficios económicos (Domínguez, 2014). Dentro de los principios de la forestería análoga según la (Red Internacional de Forestería Análoga RIFA 2008) se encuentran:

**Principio 1** – Observar y Registrar: Observar y anotar todo lo que ésta en la finca o parcela, principalmente lo nuevo que va apareciendo. Es importante que se sientan parte del entorno natural y observando los cambios que se presenten, en él acerca a los ritmos de la naturaleza.

**Principio 2**- Comprender y evaluar: Preguntar todo lo que desconoce, todo lo que no se entiende, lo que te hará entender que es lo mejor para su finca. Se trata de un intercambio de experiencias entre el conocimiento tradicional, local y científico para ampliar el horizonte y juntos mejorar las condiciones de la finca.

**Principio 3-** Conocer tu terreno: Los principios anteriores te servirán para conocer mejor su finca y entonces sabrá qué hacer con seguridad. El conocimiento que ustedes tienen sobre su lugar es clave para llegar a comprender cómo establecer armonía con el entorno natural.

**Principio 4-** Identificar niveles de rendimiento: El conocer mejor su finca te ayudará a detectar donde cada producto tendrá su mayor rendimiento.

**Principio 5-** Mapas de sistemas existentes y potenciales: Hacer un croquis o mapa de la dirección del viento en la finca, las vías fluviales, las diferencias de la vegetación, etc. A esto se le suman estudios científicos de la zona que ayudan a evaluar el potencial del terreno.

**Principio 6-** Reducir el índice de energía externa: Reducir los recursos externos para lograr la producción en la finca. Los pasos anteriores ayudan a identificar el potencial de recursos disponible en la finca, todo lo que ayuda a ser auto eficiente y aprender a aprovechar los recursos naturales que están al alcance.

**Principio 7-** Guiarse por el paisaje y las necesidades de sus vecinos: Determinar las características del paisaje como subcuentas donde está la finca y trabajar de acuerdo a los elementos naturales y humanos que estén presentes en las mismas.

**Principio 8-** Seguir la sucesión ecológica: Esto es seguir el dictado o fases de la naturaleza y, así, lo que se haga contribuirá a una mayor estabilidad del medio ambiente y el bienestar familiar y comunitario.

**Principio 9-** Utilizar los procesos ecológicos: Lo que se aprende de la naturaleza, si se utiliza en el diseño de la finca, mantiene la estabilidad y productividad. Esto significa que se debe estudiar las relaciones de la naturaleza para comprender y poder imitarla para su uso.

**Principio 10-** Valorar la biodiversidad: Valorar la biodiversidad y respetarla porque se correlaciona con la estabilidad ambiental. Valorar la biodiversidad significa interiorizar, apreciar y comprender de los ritmos de la naturaleza con la vida.

**Principio 11-** Respetar la madurez: Respetar y valorar la madurez, o sea, la capacidad de ser sostenible de un sitio/finca determinada es tener una visión a largo-plazo.

**Principio 12-** Responder creativamente: Adaptar las soluciones a las condiciones concretas de la finca; no ser dogmáticos, sino creativos. Solo basta ver la naturaleza para ver la diversidad y belleza que es su creatividad. La Forestería Análoga permite ser artistas del paisaje.

## 2.6 Experiencias de los modelos de Forestería Análoga

La conservación de recursos naturales, que incluye entre sus vías de acción la protección y el uso sostenible, constituye la principal manera de mantener para el futuro grandes núcleos ecológicamente valiosos de vida silvestre. Sin embargo, cada día queda menos que conservar, solo se pueden apreciar áreas usadas por el hombre en todo tipo de construcciones y utilidades propias, como es natural del desarrollo humano, incluso en áreas que a simple vista podrían parecer conservadas son víctima de acciones antrópicas; ¿Qué hacer para que estos ecosistemas degradados no parezcan a la vista paisajes foráneos, o para recuperar parte de sus características y funciones originales?, ¿reforestar?, ¿rehabilitar?, ¿usar otra técnica? o ¿restaurar? (Matos y Ballate, 2006).

En este sentido se cuenta con valiosas experiencias en la implementación de modelos de forestería análoga que facilitan la recuperación de las funciones ecosistémicas. Por su parte Montalvo et al., (2011) utilizaron las técnicas de la Forestería Análoga como propuesta para conformar un sistema de manejo silvícola y ecológico que busca establecer un ecosistema dominado por árboles idénticos o análogos en estructura y función ecológica a la vegetación original clímax o a la subclímax. Se demostró que al principio los finqueros no aplicaban medidas de conservación de suelo y agua, y solo cultivaban algunos frutales, tubérculos, y varios árboles utilizados como cercas vivas y con el objetivo de mejorar la diversidad florística, los tres finqueros mediante la correcta aplicación de técnicas de forestería análoga que, por supuesto, incluyen distintas variedades de especies, pero con el objetivo de ir conformando los diferentes estratos del posible bosque clímax, comenzaron a cambiar la situación. Además, se utilizó el índice de riqueza Margalef D, para comparar la diversidad en las parcelas antes y después, y entre las parcelas antes y después; los resultados mostraron un aumento en la riqueza de especies.

También Hechavarría *et al.*, (2011) emplearon la Forestería Análoga como una oportunidad para restablecer ecosistemas forestales totalmente degradado. Los diagnósticos, inventarios, mapeos, análisis de la estructura del bosque con sus fórmulas fisionómicas, el análisis de brechas, las valoraciones ecológicas del suelo y vegetación, la elaboración de base de datos con especies maderables y no maderables permitieron seleccionar las especies análogas a las existentes en la zona. La participación de los finqueros ha permitido definir el mapa del paisaje y el diseño de trabajo para las fincas con vista a los trabajos de restauración en la localidad y han obtenido sus primeros productos agrícolas para su consumo.

O'Farrill *et al.*, (2011) refieren que en este contexto de ecosistemas degradados es aconsejable la opción del fomento forestal utilizando la técnica de restauración de Forestería Análoga, que conjuga la participación comunitaria y la conservación sostenible. Requiere de la evaluación de las oportunidades y potencialidades económicas que ofrecen estas áreas para obtener bienes y servicios. Se propone usar para ello el método de Valoración Económica Total, lo que permitiría establecer los mecanismos de incentivos necesarios para los finqueros.

## **2.7 Características generales de la especie *Eucalyptus globulus*.**

### **Necesidades de la restauración**

La especie *Eucalyptus globulus* perteneciente a la familia botánica Myrtaceae, es nativa de Australia y llegó a Latinoamérica a inicios del siglo XIX (Jacobs, 1981) para suplir la creciente demanda de madera, carbón y leña en toda la región (Cisternas, 1999). Actualmente, el eucalipto está presente en más de 90 países y ocupa 22 millones de hectáreas en todo el mundo (sin considerar Australia) (ENCE, 2009).

Las características más comunes del *Eucalyptus globulus* son: Rápida reproducción y crecimiento, alta capacidad de dispersión (capacidad de moverse de un lugar a otro), capacidad de adaptarse a las nuevas condiciones, capacidad para sobrevivir en una amplia gama de condiciones ambientales, los ecosistemas que han sido invadidos por eucaliptos podrán no tener los depredadores y competidores naturales que controlaban la población en su ambiente nativo, los ecosistemas naturales que han sido objeto de perturbación inducidos por el hombre a menudo son más propensos a las invasiones exóticas porque hay menos competencia por parte de las especies nativas (Martínez y Ramos, 1999).

Los árboles de esta especie pueden alcanzar hasta 30 metros de altura, tienden a tener una corteza blanquecina que con facilidad se desprende en tiras, esto se puede observar en los ejemplares adultos. Sus frutos son como una cápsula campaniforme de color blanco, cubierta de un polvo blanquecino, de 1,4 a 2,4 cm de diámetro. Se multiplica por semillas, es algo sensible a las sequías prolongadas y prefiere suelos ligeramente ácidos y frescos. Las hojas que se agrupan agolpadas en los extremos de las ramillas producen una copa de aspecto poco frondoso (Maquera, 2017).

Las especies del género *Eucalyptus* han sido plantadas en varias regiones del mundo debido a su alta productividad, aún en áreas donde suelen ocurrir deficiencias de agua y nutrientes (Fabiao *et al.*, 1994). Según Carbon *et al.*, (1980) la buena adaptación de estas especies a

diferentes condiciones ambientales, puede estar relacionada con la alta plasticidad de su sistema radical.

El aprovechamiento de esta especie se realiza en turnos cortos, normalmente entre 12 y 15 años. El crecimiento medio a los 15 años oscila entre 8 y 35 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, lo que está influenciado tanto por la calidad de estación (condicionantes climáticos y edáficos, fundamentalmente) (Calvo de Anta, 1992), como por las técnicas silvícolas (uso de fertilizantes, empleo de planta de calidad o la aplicación de prácticas selvícolas) (González-Río *et al.*, 1997).

Una vez que son talados los restos de corta pueden ser eliminados total parcialmente, quemados o incorporados al suelo. Se ha demostrado que la retirada de estos restos, junto con preparaciones del terreno intensivas, incide negativamente en la fertilidad (Merino *et al.*, 1998) y conservación de estos suelos (Edeso *et al.*, 1999).

El aumento en la degradación de las condiciones naturales en ecosistemas de bosques plantados de eucalipto ha promovido la generación de nuevas estrategias que permitan restaurar el ecosistema de forma integral y adecuada, de acuerdo con sus características. Los escenarios de plantaciones forestales de *Eucalyptus globulus* han sido intervenidos con procesos de restauración ecológica, generando una disminución en el impacto ocasionado al suelo por los fuertes procesos erosivos inherentes a estas especies. Esto evidencia la necesidad de actuar con enfoques de restauración en áreas sensibles, por lo que las actividades de restauración ecológica deben iniciar con una caracterización de las especies que se encuentran en la zona y la vegetación típica. Posteriormente se deben implementar las estrategias más adecuadas acorde con las características de la región, con el fin de reintroducir las especies nativas, de forma paulatina (Cortés *et al.*, 2015).

# CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

## 3.1 Localización

La presente investigación se llevó a cabo en la Hacienda el Paraíso, provincia de Imbabura, cantón San Luis de Otavalo, ubicado en el kilómetro 17 de la vía Selva Alegre, dentro del cual se realizó la evaluación de tres transectos de 0,1 ha, el primero de ellos un bosque joven de *Eucalyptus globulus* de más o menos seis años de edad el mismo que fue incendiado accidentalmente y las semillas fueron liberadas, el segundo transecto en un bosque plantado de *Eucalyptus globulus* de 35 años de edad que fueron los primeros plantados en la zona, y el tercer transecto en un bosque secundario de la zona que debido a su ubicación no pudo ser modificado (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación geográfica del área de estudio.

San Luis de Otavalo es la cabecera cantonal de la provincia de Imbabura se localiza al norte de la región interandina del Ecuador, fue declarada cantón el 25 de junio de 1824, posee una extensión de 490,225 km<sup>2</sup>, con una población de alrededor 115 725 habitantes según el último censo que se realizó en el país en el año 2010 (PDOT, 2015). En la Tabla 1 se

muestran las coordenadas geográficas de los tres transectos de estudio y la altitud de cada uno de ellos.

**Tabla 1** Coordenadas geográficas de la zona de estudio

Transectos	Coordenadas geográficas		Altitud
	X	Y	
T1	864688,2	12223	3005
T2	956843,3	13566,5	2961
T3	1070544,0	15187,6	2956

Las características bioclimáticas de la zona de estudio pertenecen a lo que se identifica como tierra fría esa comprende la amplia formación vegetativa entre los páramos y piso helado o nival. La característica ecológica de los páramos, además del frío es el viento intenso, los cambios bruscos de temperatura, la humedad variable y las precipitaciones (Patzelt, 2012).

La temperatura media anual en el cantón es de 14.7 °C, una precipitación media anual de 981 mm, humedad relativa de 64% y presión 754.5 Hpa (INAMHI, 2019).

### **3.2 Tipo de Investigación**

Se empleó el tipo de investigación de campo, a través de la recolección de datos en tres transectos de 0,1 ha, dos de ellos en un bosque plantado de *Eucalyptus globulus* y uno en un bosque secundario, tomado como referente para la elaboración del modelo de forestería.

También se utilizó la investigación descriptiva ya que facilita medir la información recolectada para luego describir, analizar e interpretar sistemáticamente las características del fenómeno estudiado con base a la realidad del escenario planteado (Díaz y Calzadilla, 2016). Este tipo de investigación consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta (Palella y Martins, 2010) citado por Moran *et al.*, (2015).

En este caso se describe el comportamiento de variables relacionadas con el componente edáfico, el estado de la vegetación, la diversidad biológica presente en cada transecto de estudio, aspectos de la estructura del bosque, productividad y contenido de carbono.

### **3.3 Métodos de Investigación**

Para el desarrollo de presente proyecto de investigación se utilizaron los métodos de observación y medición. La observación científica como método consiste en la percepción directa del objeto de investigación. La observación es el instrumento universal del científico ya que permite conocer la realidad mediante la percepción directa de los objetos y fenómenos (Ferrer, 2010). El empleo de este método se debe a los diferentes recorridos *in situ* en los transectos de estudio del bosque de eucalipto y el bosque secundario para comprobar visualmente el estado de la zona de estudio.

La medición es el método que se desarrolla con el objetivo de obtener información numérica acerca de una propiedad o cualidad del objeto, proceso o fenómeno, donde se comparan magnitudes medibles y conocidas (Ferrer, 2010). Su empleo se debe a que en las áreas de estudio se midieron características de tipo estructural en los árboles, tales como altura total,  $DAP \geq 10$  cm.

### **3.4 Diseño de la Investigación**

El diseño de esta investigación por su naturaleza al pertenecer a una investigación de campo se sostuvo en el inventario florístico mediante el establecimiento de transectos y subparcelas. Para ello se establecieron tres transectos de 0,1 ha (10 x 100 m) en cada uno de las áreas de estudio que comprendieron el bosque plantado de *Eucalyptus globulus* de 6 y 35 años de edad y el bosque secundario. Para el establecimiento de estos transectos, primeramente, se estableció un eje central a partir de este eje de referencia se tomaron cinco metros a cada lado, donde se registraron en una matriz de campo todas las especies con  $D \geq 10$  cm, medido desde el suelo, matriz que constara de los siguientes datos: nombre común, nombre científico, diámetro a la altura del pecho y altura total, a partir de la metodología FAO (2004) (Figura 2).



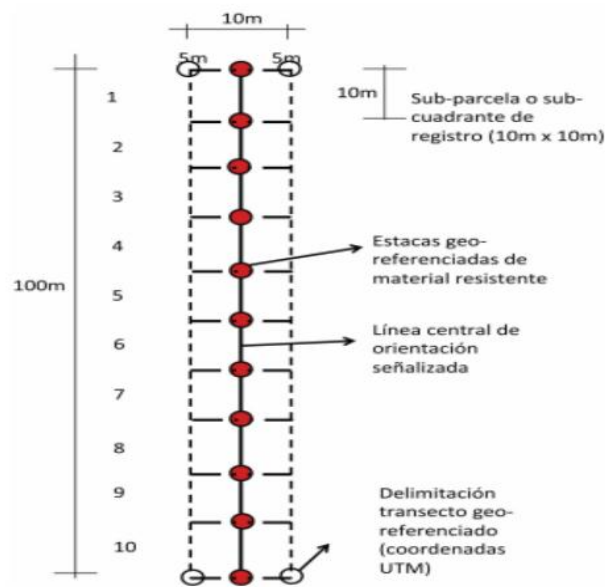


Figura 2 Modelo de transecto para estudio florístico.

En cada transecto se establecieron tres subparcelas con un tamaño de 10 x 10 m, para lo cual se obtuvo un total de nueve subparcelas: Transecto 1, Bosque plantado de *Eucalyptus globulus* de 6 años de edad (Subparcela 1, 2 y 3), Transecto 2, Bosque plantado de *Eucalyptus globulus* de 35 años de edad (Subparcela 1, 2 y 3) y Transecto 3 Bosque secundario en estado natural (Subparcela 1, 2 y 3) (Figura 3).

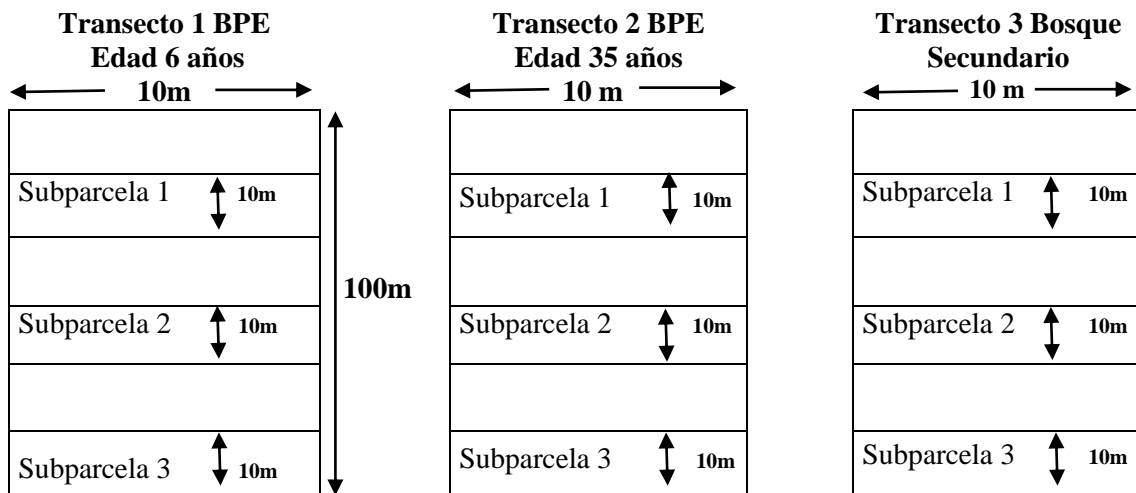


Figura 3. Diseño de los transectos y subparcelas en cada tipo de bosque. Bosque plantado de *Eucalyptus* (BPE).

Para dar cumplimiento a los objetivos del proyecto de investigación se realizó primeramente una caracterización del estado actual de los componentes edáficos y la vegetación existente en los tres transectos de estudio, mediante la técnica de valoración ecológica rápida, en el bosque plantado de *Eucalyptus globulus* de 6 y 35 años de edad y el bosque secundario en estado natural. La técnica facilita la valoración cualitativa mediante matrices con un conjunto de indicadores asociados al suelo, estructura, biodiversidad y productividad, de acuerdo a la metodología de RIFA (2008).

## Suelo

La forestería análoga considera que el suelo es un componente muy importante ya que existe una relación simbiótica entre el suelo y la vegetación existente en la zona. Se evaluó la calidad del suelo considerando los siguientes parámetros (Tabla 2).

**Tabla 2. Calidad del Suelo**

<b>Suelo- Perfil del Suelo</b>	
<b>Valor</b>	<b>Características</b>
1-2	Capa arable casi ausente
3-5	Suelo superficial delgado
6-8	Suelo superficial más profundo
<b>Suelo-Densidad Aparente</b>	
<b>Valor</b>	<b>Característica</b>
1-2	Muy Compactado
3-5	Compactado
6-8	No compactado
<b>Suelo- Macro-organismos</b>	
<b>Valor</b>	<b>Características</b>
1-2	Sin signos de actividad biológica, macro-organismos casi ausentes.
3-5	Presencia de pequeñas cantidades de macro-organismos, tales como lombrices y artrópodos
6-8	Presencia abundante de macro-organismos, tales como lombrices y artrópodos.

## Biodiversidad

Para realizar el análisis de biodiversidad existente en un ecosistema es necesario tener en cuenta la complejidad que tiene el bosque nativo del sistema más complejo existente en este caso un bosque secundario, el mismo que fue tomado como referente y modelo para poder

comparar con el ecosistema de bosque plantado y de esta manera realizar la valoración ecológica del criterio Biodiversidad (Tabla 3).

**Tabla 3. Criterio de Biodiversidad**

<b>Biodiversidad- Componente vegetal (flora)</b>	
<b>Valor</b>	<b>Características</b>
1-2	Muy poca variabilidad de especies arbóreas y no arbóreas (1-2 especies presentes)
3-5	Poca variabilidad de especies presentes (más de 5 especies arbóreas presentes pocas especies de sotobosque)
6-8	Mucha variabilidad de especies arbóreas y no arbóreas (más de 10 especies arbóreas presentes y presencia de epífitas, plantas de sombra, hojas suaves y grandes, plantas de sotobosque)
<b>Biodiversidad- Componente Fauna</b>	
<b>Valor</b>	<b>Características</b>
1-2	Muy poca presencia visible y diversidad de aves, reptiles, mamíferos, insectos, anfibios.
3-5	Poca presencia visible y diversidad de especies.
6-8	Presencia y diversidad de especies visiblemente abundante.

## **Estructura**

El bosque andino se encuentra claramente estratificado por los tres estratos arbóreos, para establecer la valoración ecológica se consideraron ocho valores que determinan la altura del dosel de cada sistema de bosque. El estrato superior está formado por las copas de los árboles más altos, resultando discontinuo. Después le sigue uno no claramente diferenciado cuyo estrato es discontinuo. El tercer estrato es continuo, y absorbe la mayor parte de la luz incidente. Por debajo de este se encuentra un estrato con sombra y escasa vegetación, y por último se encuentran varios estratos basales en el que predominan herbáceas, plántulas y helechos. Para identificar los diferentes doseles existentes en el ecosistema de bosque se tuvo en cuenta la “Tabla de Categorías de Estructura considerados en Forestería Análoga”, que se muestra a continuación (Tabla 4). De igual manera se determinaron indicadores de estructura en función de la etapa serial desde pastizales, vegetación baja, bosque secundario hasta bosque primario en cada área de muestreo (Tabla 5).

**Tabla 4. Categorías de Estructura**

<b>Altura (Doseles)</b>	
<b>Valor Ecológico</b>	<b>(m)</b>
8	Mayor que 35m
7	20-35m
6	10-20m
5	5-10m
4	2-5m
3	0,5-2m
2	10-50cm
1	Menos de 10 cm

**Tabla 5. Indicador de Estructura**

<b>Indicador de estructura</b>		
<b>Símbolo</b>	<b>Estructura-Etapa serial</b>	<b>Valor Ecológico</b>
A	Pastizales	1
B	Vegetación baja, menos de un 1 año	2
C	Árboles bajos y arbustos pequeños	3
D	Árboles diversos, sotobosque con arbusto y especies herbáceas	4
E	Bosque secundario joven, alta diversidad de especies.	5
F	Bosque secundario con diversidad de doseles, presencia de epifitas, líquenes, etc.	6
G	Bosque intervenido maduro	7
H	Bosque primario	8

### **Productividad**

En este criterio se valoraron aspectos socioeconómicos, productivos, así como las funciones ecológicas y valores para la conservación, lo cual permitió entender que tan importante y productivo es el ecosistema para el hombre (Tabla 6).

**Tabla 6. Indicador de Productividad**

<b>Productividad-Económica</b>	
<b>Valor</b>	<b>Características</b>
1-2	No existe, ningún sistema productivo.
3-5	Existe un sistema productivo para autoconsumo o para comercialización, pero no cumple con todos los objetivos del propietario.
6-8	Existe un sistema productivo para auto consumo y comercialización.
<b>Productividad-Funciones Ecológicas y Valores de Conservación</b>	
<b>Valor</b>	<b>Características</b>
1-2	Las funciones ecológicas están débiles, y no existe ningún sistema con respaldo en estudios científicos, captura de carbono o turismo.
3-5	Existen algunas funciones ecológicas (calidad de agua, conservación del suelo, hábitat y alimentos para animales, mamíferos, etc.) o sistemas en desarrollo por estudios científicos, captura de carbono o turismo.
6-8	Existen funciones ecológicas fuertes y estables y/o existen sistemas estables respaldados por estudios científicos, captura de carbono o turismo.

Para determinar el análisis comparativo de brechas se empleó la metodología de RIFA (2008), mediante el cual se calcularon los índices de riqueza (Margalef, 1995) y diversidad de Shannon-Weiner (González y Ojeda, 2012). Se determinó el índice de valor de importancia ecológica como criterio para conocer las especies de mayor valor ecológico en cada tipo de bosque de manera tal que permita tomar decisiones como parte de la propuesta de forestería análoga en la zona de estudio. Además, se determinó el contenido de carbono a partir de la estimación de biomasa aérea en las especies presentes en el bosque plantado de *Eucalyptus globulus* y el bosque secundario, mediante la ecuación alométrica propuesta por Chave *et al.*, (2005). Con esta información se determinó el índice de valor de importancia de biomasa a partir de los descrito por Torres *et al.*, (2019).

Para el análisis de la diversidad se realizó un inventario florístico mediante un muestreo sistemático, en los tres transectos de estudio, considerando la accesibilidad, topografía y la inexistencia de información florística. El muestreo fue posible en todos los árboles que tuvieron un diámetro a la altura del pecho (DAP)  $\geq 10$  cm. La identificación botánica de

cada individuo en campo se realizó con la colaboración de un indígena otavaleño conocedor de las plantas nativas del lugar y la verificación taxonómica de cada especie se realizó con el apoyo del Libro Flora del Ecuador (Patzel y Hecheverría, 2002).

Los datos obtenidos del inventario permitieron elaborar una matriz de especies con la cantidad de individuos por cada especie y por parcela, lo cual se obtuvo con el apoyo del software Biodiversity profesional.

El índice de Margalef se basa en la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados, aumenta al aumentar el tamaño de la muestra (Margalef, 1995). El mismo se calcula mediante la expresión:

$$Dmg = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Dónde:

S= Número de especies

N= Número total de individuos

El índice de Shannon-Weiner expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev y Penev, 1995). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988). El mismo se calcula mediante la expresión (Shannon, 1949).

$$H = - \sum_{i=1}^S Pi \text{Log} 2 Pi$$

Dónde:

S= Número de especies.

Pi=Proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i):  $\frac{ni}{N}$

Ni= número de los individuos de la especie.

N= número de todos los individuos de todas las especies.

Los datos obtenidos de la riqueza y diversidad por cada transecto fueron procesados estadísticamente mediante ANOVA de clasificación simple y pruebas de comparación de rangos múltiples de medias de Tukey al 95% de confiabilidad mediante el uso del programa SPSS ver. 22.0. Además de realizó un dendrograma jerárquico como método de clasificación que permitió la formación de grupos ecológicos en función de la abundancia de especies, con el programa SPSS ver. 22.0.

El índice de valor de importancia ecológica (IVIE) se determinó a partir de la suma de la diversidad relativa (entendida como riqueza), la densidad relativa y la dominancia relativa de todos los individuos para posicionar la importancia de las familias de árboles (Moreno, 2001; Lozada, 2010). Se calculó la abundancia relativa (AR), frecuencia relativa (FR) y dominancia relativa (DR).

$$\text{IVIE} = (\text{AR} + \text{FR} + \text{DR}) / 3$$

La biomasa aérea fue estimada a partir de la ecuación alométrica propuesta por Chave *et al.*, (2005) (Tabla 7).

**Tabla 7 Ecuación alométrica utilizada para estimar la biomasa aérea.**

Grupo de plantas	Ecuación alométrica	Fuente
Madera	$\text{AGB} = \rho \times \exp(-1.499 + 2.148 \ln(\text{DBH}) + 0.207(\ln(\text{DBH}))^2 - 0.0281(\ln(\text{DBH}))^3)$	(Chave et al., 2005)

Dónde:

- $\rho$ = densidad específica de la madera en  $\text{g/cm}^3$
- **DBH**= todos los árboles  $\geq 10$  cm de diámetro a la altura del pecho
- **AGB**= biomasa en kg de masa seca.

La densidad específica de la madera de las especies en estudio fue tomada de la tabla de densidad global de las especies y cuando esta información no estuvo disponible se utilizó la media global ( $\rho$ ) para América ( $0,632 \text{ g/cm}^3$ ) (Chave *et al.*, 2014).

Los datos obtenidos de la biomasa aérea acumulada por cada transecto fueron procesados estadísticamente mediante ANOVA de clasificación simple y pruebas de comparación de

rangos múltiples de medias de Tukey al 95% de confiabilidad. Esto fue posible con el uso del programa SPSS ver. 22.0.

El índice de valor de importancia de biomasa (BIV) propuesto por (Torres *et al.*, 2019) se obtuvo para determinar las especies que tienen mayor peso ecológico en función de la estructura y biomasa acumulada, a partir de la suma de abundancia relativa (ARF) dominancia relativa (DRF) y Biomasa relativa (BRF) cuya expresión es:

$$\mathbf{BIV} = (\mathbf{AR} + \mathbf{DR} + \mathbf{BR}) / 3$$

**BIV**= Índice de valor de importancia biomasa

**ARF**= Abundancia relativa

**DRF**= Dominancia relativa

**BRF**= Biomasa relativa

El contenido de carbono almacenado se obtuvo considerando los datos de biomasa aérea acumulada y la fracción de carbono, para lo cual se empleó la siguiente ecuación:

$$C=B * Fc$$

Dónde:

C: Carbono en toneladas de carbono

B: Biomasa aérea

Fc: Fracción de carbono (0,5)

La propuesta de forestería análoga se realizó tomando como base el estudio del estado actual de los componentes edáficos y la vegetación existente obtenido mediante la valoración ecológica rápida, así como el análisis de las brechas que incluye de manera comparativa el estudio de biodiversidad y carbono almacenado, además de considerar los criterios expuestos por los propietarios de la Hacienda el Paraíso y las experiencias de trabajos realizados sobre forestería análoga por Hechavarría *et al.*, (2011); Montalvo *et al.*, (2011) y Abilio *et al.*, (2011).



## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Estado actual de los componentes edáficos y la vegetación existente

#### 4.1.1 Análisis detallado de los criterios ecológicos de suelo, biodiversidad, estructura y productividad

La calidad del suelo determinada por los indicadores perfil del suelo, densidad aparente y presencia de macroorganismos del suelo mostró un comportamiento diferente en los transectos que corresponden al bosque plantado de *E. globulus* de 6 y 35 años de edad (transectos 1 y 2) en comparación con el bosque secundario (transecto 3) (Tabla 8). Se pudo observar que en los transectos 1 y 2 los indicadores tienen un comportamiento similar, en un rango de valores de 1 y 2, debido a la alta erosión de los suelos, compactación y baja actividad biológica, lo cual acentúa la fragilidad y desestabilidad estructural de los suelos.

**Tabla 8. Valoración ecológica del criterio calidad del suelo de los tres transectos de estudio.**

	CARACTERÍSTICAS	TRANSECTO1			TRANSECTO2			TRANSECTO3		
		SP1	SP2	SP3	SP1	SP2	SP3	SP1	SP2	SP3
<b>PERFIL DEL SUELO</b>	Capa arable casi ausente.	1	1	1	1	1	1			
	Suelo superficial delgado.									5
	Suelo superficial más profundo.							7	7	
<b>DENSIDAD APARENTE</b>	Muy compactado	2	2	2	2	2	2			
	Compactado									5
	No compactado							7	7	
<b>SUELO MACRO-ORGANISMOS</b>	Sin signos de actividad biológica, macro-organismos casi ausentes.	2	2	2	2	2	2			
	Presencia de pequeñas cantidades de macro-organismos, tales como lombrices y artrópodos.								4	4
	Presencia abundante de macro-organismos, tales como lombrices y artrópodos.								7	

La biodiversidad resultó con mayor valoración en el bosque secundario (transecto 3), reportándose en las áreas de bosques plantados de *E. globulus* de 6 y 35 años de edad (transectos 1 y 2) muy poca variabilidad de especies arbóreas y no arbóreas, con predominio

de la especie *E.globulus* (Tabla 9). Es notable que la abundancia de vegetación es diferenciable en las áreas de estudio, lo cual indicó un deterioro en la biodiversidad, por lo que es recomendable reforestar con especies nativas que permitan aumentar la biodiversidad de flora y fauna. Según Young (2006), en la región andina existen remanentes de bosques, los cuales abarcan una interesante diversidad de especies de flora del Ecuador, recomendadas para repoblar áreas degradadas.

**Tabla 9. Valoración ecológica del criterio biodiversidad de los tres transectos de estudio.**

CARACTERÍSTICAS	TRANSECTO 1			TRANSECTO 2			TRANSECTO 3		
	SP1	SP2	SP3	SP1	SP2	SP3	SP1	SP2	SP3
<b>FLORA</b> Muy poca variabilidad de especies arbóreas y no arbóreas (1-3) especies presentes.	1	1	1	1	1	1			
Poca variabilidad de especies (más de 5 especies arbóreas presentes, pocas especies de sotobosque)									
Mucha variabilidad de especies arbóreas y no arbóreas (más de 10 especies arbóreas presentes y presencia de epífitas, plantas de sombra, hojas suaves y grandes plantas de sotobosque)							7	7	7
Muy poca presencia visible de diversidad de aves, reptiles, mamíferos, insectos, anfibios.	1	1	1	1	1	1			
<b>FAUNA</b> Poca presencia visible de diversidad de especies.									5
Presencia y diversidad de especies visiblemente abundante.							7	7	

En las áreas de bosque plantado de *E. globulus* de 35 años (transecto 2) la altura del dosel de los árboles fue superior, en un rango de 20 a 35m, le sigue el bosque plantado de *E. globulus* de 6 años de edad (transecto 1) con alturas entre 10 y 20 m y por último los árboles del bosque secundario (transecto 3). Sin embargo, existe predominio de un solo estrato con poca complejidad estructural (Tabla 10).

**Tabla 10. Valoración ecológica del criterio estructura de los tres transectos de estudio.**

	CARACTERISTICAS	TRANSECTO 1			TRANSECTO 2			TRANSECTO 3		
		SP1	SP2	SP3	SP1	SP2	SP3	SP1	SP2	SP3
<b>H.D</b>	Mayor que 35 m									
	20-35 m				7	7	7			
	10-20 m	6	6	6						6
	5-10 m							5	5	
	2-5 m									
	0,5-2 m									
	10-50 cm									
	Menos de 10 cm									
<b>E.S</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>									
	Bosque plantado monoespecífico	1	1	1	1	1	1			
	Pastizales									
	Vegetación baja, menos de 1 año									
	Arboles bajos y arbustos pequeños									
	Arboles diversos, sotobosque con arbusto y especies herbáceas.									
	Bosque secundario joven							6	6	6
	Bosque intervenido maduro.									
	Bosque primario.									
	Ecosistema de poca complejidad, poca diversidad de especies y pocas interacciones entre elementos.	1	1	1	1	1	1			
<b>C</b>	Ecosistema moderadamente complejo, diversidad de especies e interacciones entre elementos.									5
	Ecosistema con una complejidad comparable a un bosque natural climax, diversidad abundante de especies y de interacciones entre elementos.							6	6	

*Leyenda: H.D(Altura del dosel; E.S (Estado Serial); C (Complejidad estructural)*

La productividad resultó con mayor valoración en los transectos 1 y 2, lo cual se corresponde con las características de los sistemas de bosques plantados con fines de comercialización,

pero las funciones ecológicas y los valores para la conservación son bajos, que incide en el umbral de sostenibilidad de estas áreas (Tabla 11).

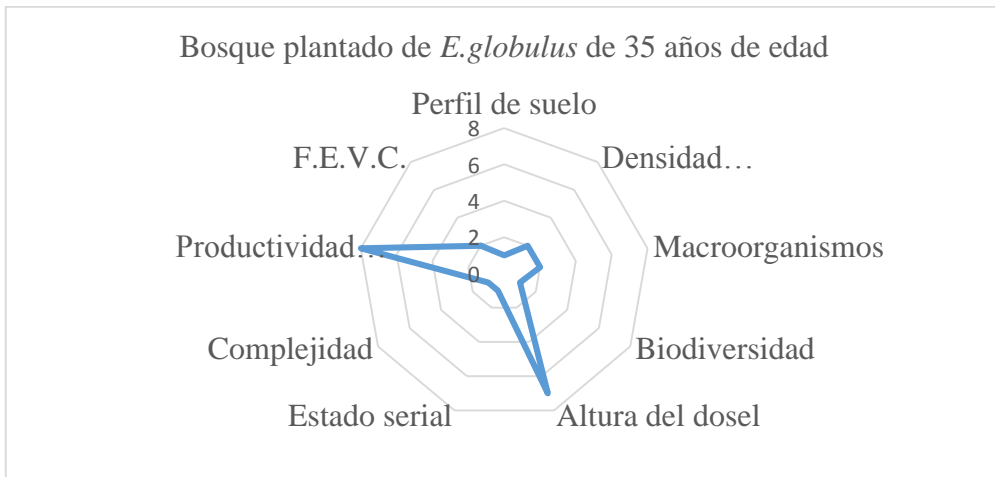
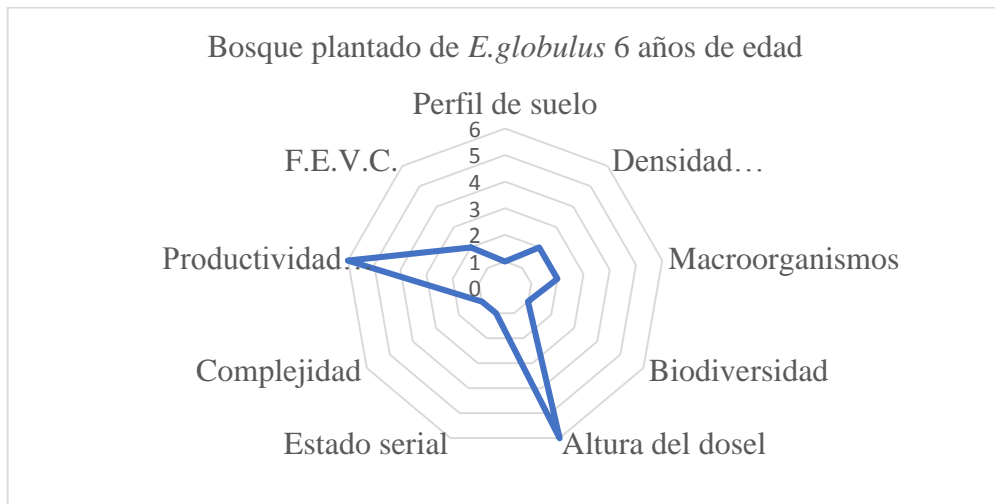
**Tabla 11. Valoración ecológica del criterio productividad de los tres transectos de estudio**

CARACTERÍSTICAS	TRANSECTO1			TRANSECTO2			TRANSECTO3		
	SP1	SP2	SP3	SP1	SP2	SP3	SP1	SP2	SP3
<b>P.E</b> No existe, ningún sistema productivo.							1	1	1
Existe un sistema productivo para autoconsumo o para comercialización, pero no cumple con todos los objetivos del propietario.									
Existe un sistema productivo para autoconsumo o comercialización	6	6	6	8	8	8			
<b>F.E.V.C</b> Las funciones ecológicas están débiles, y no existe ningún sistema con respaldo es estudios científicos, captura de carbono o turismo.	2	2	2	2	2	2			
Existen algunas funciones ecológicas (calidad de agua, conservación del suelo, hábitat y alimentos para animales, mamíferos, etc.)							5	4	4
Existen funciones ecológicas fuertes y estables y/o existen sistemas estables.									

#### **4.1.2 Valoración ecológica integral de los indicadores de suelo y vegetación**

La valoración ecológica integral de los indicadores relacionados con la calidad del suelo y la vegetación resultó en la mayoría de los casos con bajo umbral de sostenibilidad para el bosque plantado de *E.globulus* de 6 y 35 años de edad y alto para el bosque secundario (Figura 4). La valoración ecológica refleja que los indicadores inferiores a cinco serán considerados por debajo del umbral de sostenibilidad, por lo tanto, requerirán de un manejo que permitan mejorarlos, mientras más se aproximen al valor de ocho, más sostenible es el

sistema (Altieri y Nicholls, 2002). Se pudo observar que en los transectos 1 y 2 los indicadores tienen un comportamiento similar, en un rango de valores de 1 y 2, con excepción de la productividad económica y la altura del dosel, estando por debajo del umbral de sostenibilidad, debido a la alta erosión de los suelos, compactación y baja actividad biológica, pobre biodiversidad y complejidad estructural, lo cual acentúa la fragilidad y desestabilidad estructural de estas áreas.





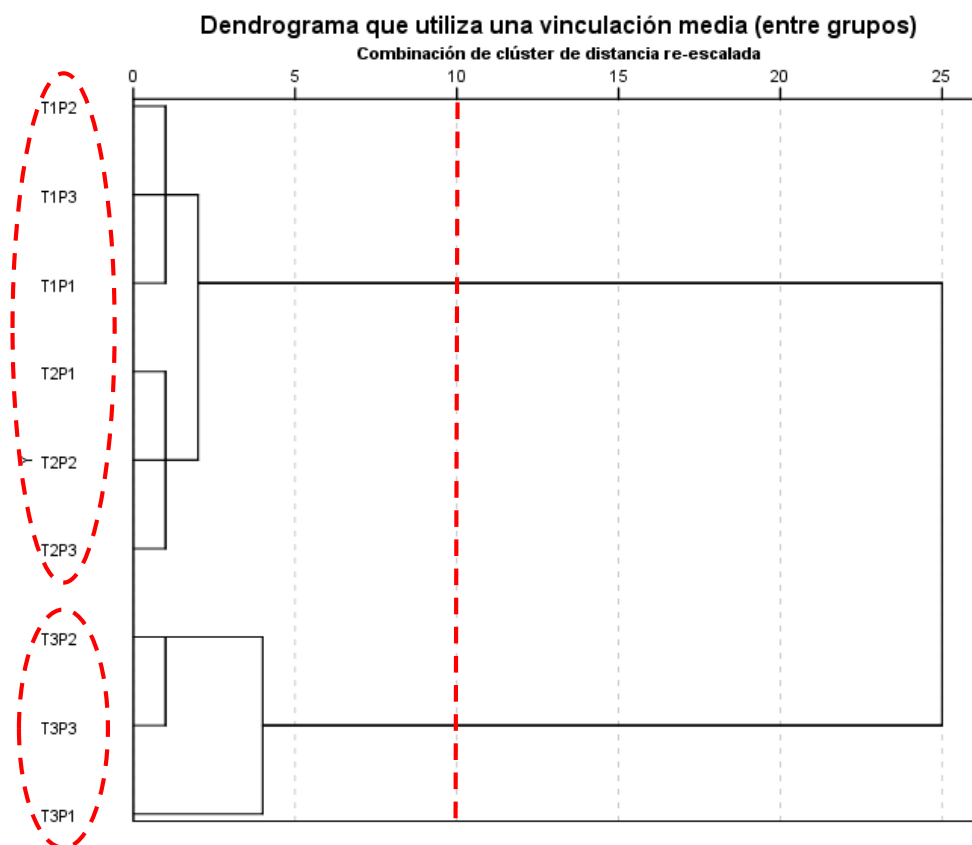
y endemismo, principalmente de plantas epífitas asociadas con la presencia de niebla y alta humedad relativa (Uribe 1991, Churchil et al. 1995, Rangel, 1997).

**Tabla 12. Valores medios y desviación estándar de riqueza y diversidad por transectos**

<b>Transectos</b>	<b>Margalef (Riqueza)</b>	<b>Shannon (Diversidad)</b>
<b>T1 (BPE 6 años de edad)</b>	1,06 ± 0,06b	1,30 ± 0,21b
<b>T2(BPE 35 años de edad)</b>	0,75 ± 0,22b	0,56 ± 0,20c
<b>T3(Bosque secundario)</b>	<b>3,87 ± 0,72<sup>a</sup></b>	<b>2,07 ± 0,14<sup>a</sup></b>

*Leyenda: Letras desiguales en la columna muestran diferencias significativas para la prueba de Tukey con una  $p \leq 0,05$ . BPE(Bosque plantado de eucalyptus)*

La Figura 5 muestra el dendrograma jerárquico a partir de la abundancia de las especies presentes en cada una de las subparcelas de estudio correspondientes al bosque plantado de *E. globulus* de 6 y 35 años de edad y bosque secundario en estado natural. Esto permitió clasificar dos grupos ecológicos de bosques a una distancia de diez unidades euclidianas, un grupo conformado por las subparcelas del bosque de *E.globulus* (T1P2, T1P3, T1P1, T2P1, T2P2 y T2P3) y el otro por las subparcelas del bosque secundario (T3P2, T3P2 y T3P1). Esta diferencia obedece al carente patrón de abundancia que caracteriza el bosque plantado de *E.globulus* donde solo predomina esta especie a diferencia de la abundancia encontrada en el bosque secundario.



**Figura 5. Dendrograma jerárquico que muestra la clasificación de grupos ecológicos en función de la abundancia de especies.**

#### **4.2.2 Índice de valor de importancia ecológica**

El índice de valor de importancia ecológica permitió identificar las especies de mejor comportamiento a partir de parámetros ecológicos relacionados con la abundancia, frecuencia y dominancia relativa (Tabla 13). Las especies que presentaron mayor peso ecológico fueron *E. globulus*, *Oreopanax ecuadorensis* y *Myrcianthes hallii*, la primera predominante en el bosque plantado y las dos últimas abundantes en el bosque secundario. Es notable que el mayor peso ecológico de las especies mayoritariamente está determinado por la abundancia y frecuencia relativa. Estos resultados son sobresalientes aun cuando se conoce que la plantación de *E.globulus* deteriora las funciones ecológicas, por lo que la existencia en la zona de otras especies que tengan valor ecológico y a la vez económico pudiera resultar factible para la restauración ecológica.

*O. ecuadorensis* es una especie nativa que se encuentra en peligro de extinción, aunado a la introducción de especies maderables de rápido crecimiento y la creciente tala indiscriminada de los bosques naturales por pastizales y cultivos. La misma presenta un alto valor maderable y ecológico. La madera es suave y flexible, siendo utilizada para la elaboración de



herramientas y como fuente de carbón vegetal. La planta tiene propiedades medicinales que permiten aliviar diferentes afecciones de la piel. Los cocimientos e infusiones de las hojas son empleados en medicina tradicional. Gracias a las propiedades terapéuticas se aplica para lavar heridas, contusiones, salpullidos, úlceras y granos; además es útil para baños postparto. Las infusiones o té de las hojas se aprovechan como purga para limpiar el sistema digestivo. El vapor que se desprende del cocimiento directo en brazas de hojas y ramas sirve en la medicina tradicional para aliviar problemas de reumatismo (León *et al.*, 2011). Estas características ofrecen un alto potencial a la especie para su uso, por lo que sería recomendable como parte de las acciones de restauración ecológica en las áreas de bosques plantados de *E. globulus*.

La especie *M. hallii*, de la familia Myrtaceae, también tiene su importancia ecológica, cultural y económica, es nativo de los bosques andinos de Ecuador; nombrado en honor al coronel inglés Francis Hall, quien participó en el proceso independentista de Quito (Terraecuador, 2012). Resulta una especie ideal para la restauración en los bosques de la sierra ecuatoriana (Mora, 2005). También se encuentra en peligro de extinción debido a su explotación para materia prima y combustible (Loján, 1992).

**Tabla 13. Índice de valor de importancia ecológica para cada una de las especies**

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>AR</b>	<b>FR</b>	<b>DR</b>	<b>IVI</b>
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	24,02	6,52	0,06	10,20
Pumamaqui	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	8,17	4,35	0,01	4,17
Sarafino	<i>Weinmannia fagaroides</i>	1,63	2,17	0,00	1,27
Laurel	<i>Morella pubescens</i>	0,98	3,26	0,03	1,42
Pullinguelo	<i>Myrcianthes hallii</i>	3,27	2,17	0,00	1,81
Judas	<i>Cestrum tomentosum</i>	0,98	3,26	0,00	1,41
Sauce	<i>Salix humboldtiana</i>	0,16	1,09	0,00	0,42
Pigala	<i>Solanum oblongifolium</i>	1,80	3,26	0,01	1,69
Lechero	<i>Euphorbia laurifolia</i>	0,65	2,17	0,02	0,65
Capulí	<i>Prunus serotina</i>	0,82	2,17	0,01	1,00
Ivilán	<i>Monnina phyllerioides</i>	0,49	2,17	0,00	0,89
Angoyuyo	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	0,33	2,17	0,00	0,83

### 4.3 Análisis de brecha del contenido de carbono *Eucalyptus globulus* y el bosque secundario

#### 4.3.1 Estimación de biomasa aérea

La Tabla 14 muestra el potencial de biomasa aérea acumulada (AGB) en cada transecto de estudio. Se comprobó que la especie *M. pubescens*, *E. laurifolia* y *E. globulus*, en orden representativo, presentaron una mayor estimación de biomasa. Este resultado es alentador por cuanto se pudo comprobar que existen en la zona especies que acumulan mayor biomasa que el eucalipto, lo cual puede servir como base para la restauración con especies que presenten un alto potencial de biomasa.

Tabla 14. Biomasa aérea para cada una de las especies por transectos

Transecto	Nombre científico	Número individuos	DAP promedio	g/cm <sup>3</sup>	AGB(Ton)	AB(Ton/has)
T1	<i>Eucalyptus globulus</i>	126	7,37	0,804	0,02	0,24
T2	<i>Eucalyptus globulus</i>	19	24,33	0,804	0,56	5,63
T3	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	50	15,22	0,62	0,13	1,26
	<i>Weinmannia fagaroides</i>	10	10,03	0,62	0,04	0,42
	<i>Morella pubescens</i>	6	36,29	0,62	1,22	12,19
	<i>Myrcianthes Hallii</i>	20	9,33	0,62	0,03	0,34
	<i>Cestrum tomentosum</i>	6	7,38	0,62	0,02	0,19
	<i>Salix humboldtiana</i>	1	4,77	0,62	0,01	0,06
	<i>Solanum oblongifolium</i>	11	17,83	0,62	0,19	1,92
	<i>Euphorbia laurifolia</i>	4	31,83	0,62	0,87	8,72
	<i>Prunus serotina</i>	5	25,46	0,47	0,37	3,71
	<i>Monnina phyllerioides</i>	3	9,55	0,62	0,04	0,37
	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	2	9,55	0,62	0,04	0,37

De acuerdo a Young (2006), los bosques almacenan carbono en los fustes de los árboles y en la materia orgánica del suelo, ayudando de esta forma con el ciclo de dióxido de carbono. Los bosques andinos son importantes en el mantenimiento del clima a escala regional y continental y, ofertan una gama de servicios ecosistémicos como: provisión de agua, control de la erosión y regulación de clima, belleza escénica, protección de la biodiversidad; cumplen una función transcendental en el almacenamiento y balance del carbono atmosférico ya que pueden llegar a acumular entre 20 y 40 toneladas de carbono por hectárea,

lo que convierte en sumideros muy importantes (Cuesta *et al.*, 2009). De esta manera, los bosques se destacan por su gran capacidad de fijar carbono en sus estructuras leñosas (Ordóñez *et al.*, 2001), así, el fuste de un árbol almacena aproximadamente el 84% de biomasa, de la cual el 46% es carbono (Avendaño *et al.*, 2009).

En la Tabla 15 se presenta el promedio de biomasa acumulada por cada uno de los transectos de estudio, resultando el transecto 2 que corresponde al bosque plantado de *E.globulus* de 35 años de edad el que presentó un potencial de biomasa aérea acumulada muy superior al resto, con diferencias significativas según el ANOVA y prueba de comparación de medias de Tukey con ( $p \leq 0,05$ ), lo cual se debe a su mayor área basal. En cambio, en el bosque secundario donde se evidencia la presencia de especies con mayor acumulación que el bosque de eucalipto presentó valores medios debido a que algunas especies a penas acumulan biomasa, lo cual puede comprobarse con los valores de la desviación estándar que fueron elevados.

Las plantaciones forestales pueden brindar un importante servicio ambiental por su potencial de capturan carbono, lo almacenan principalmente en la biomasa dura como la madera, hojas, ramas, corteza y raíces; esto depende de la composición de las especies en un bosque o plantación (López-Reyes *et al.*, 2016). Sin embargo, es importante no solo considerar su potencial de biomasa sino también sus beneficios ecológicos.

En el caso de las plantaciones de *E.globulus* se ha comprobado que estos presentan un incremento de biomasa con fermentos en el suelo con la edad de la plantación y una vegetación de sotobosque reducida, se ha asumido que las hojas de *Eucalyptus spp.*, tienen tasas de descomposición bajas por sus altos contenidos de aceites, sustancias alelopáticas, fenoles y lignina (Evans, 1982; Kardell *et al.*; Taylor *et al.*, 1989; Michelsen *et al.*, 1993). Se argumenta que este tipo de especies son las responsables de aumentar o mantener la condición de degradación de los suelos (Chacón *et al.*, 2006).

Se sustenta también en el criterio altamente difundido de que el impacto de las plantaciones sobre el suelo está relacionado con la erosión. La hidrofobicidad en los suelos forestales donde está plantada la especie *Eucalyptus globulus*, puede reducir la infiltración del agua y por consiguiente el flujo de agua en la superficie y la erosión (Zaruma y Tacuri, 2006).

**Tabla 15. Valores medios y desviación estándar de la biomasa acumulada por transectos**

Transecto	Valores medios de AB
T1 (BPE 6 años de edad)	0,24 ± 0,01b
T2(BPE 35 años de edad)	<b>5,63 ±0,01 a</b>
T3(Bosque secundario)	2,60 ±3,88ab

Leyenda: Letras desiguales en la columna muestran diferencias significativas para la prueba de Tukey con una  $p \leq 0,05$ . BPE(Bosque plantado de eucalyptus)

### 4.3.2 Índice de valor de importancia de biomasa

El índice de valor de biomasa reflejó en términos relativos que las especies no solo son importantes por su estructura sino también por el valor de biomasa que acumulan. Las especies con mayor valor de importancia de biomasa fueron: *E.globulus*, *Muehlenbeckia tamnifolia*, *Weinmannia fagaroides*, *Solanum oblongifolium* y *Morella pubescens* (Tabla 16).

Las ventajas que facilita el análisis ecológico de las comunidades vegetales en cuanto a la acumulación de biomasa de cada especie, la calidad, productividad del sitio y la calidad ambiental de cada bosque sirve de base para la toma de decisiones en programas de restauración. En este sentido (Firbank & Watkinson, 1990) afirman que es de suma importancia realizar estudios de estimaciones de biomasa para determinar la pérdida de bosques y la alteración en cuanto a la pérdida de las reservas de carbono.

**Tabla 16 Índice de valor de biomasa aérea para cada una de las especies por transectos**

Transecto	Nombre científico	AR	DR	BR	IVB
T1	<i>Eucalyptus globulus</i>	24,02	0,06	1,47	8,51
T2	<i>Eucalyptus globulus</i>	24,02	0,06	1,47	8,51
T3	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	8,17	0,01	0,63	2,94
	<i>Weinmannia fagaroides</i>	1,63	0,00	0,21	0,61
	<i>Morella pubescens</i>	0,98	0,03	6,09	2,37
	<i>Myrcianthes Hallii</i>	3,27	0,00	0,17	1,15
	<i>Cestrum tomentosum</i>	0,98	0,00	0,09	0,36
	<i>Salix humboldtiana</i>	0,16	0,00	0,03	0,06
	<i>Solanum oblongifolium</i>	1,80	0,01	0,96	0,92
	<i>Euphorbia laurifolia</i>	0,65	0,02	4,36	1,68
	<i>Prunus serotina</i>	0,82	0,01	1,85	0,90
	<i>Monnina phyllerioides</i>	0,49	0,00	0,18	0,23
	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	0,33	0,00	0,18	0,17

### 4.3.3 Contenido de carbono almacenado

Se comprobó que no todas las especies fueron las de mayor contribución de biomasa y por cuanto a la captura de carbono dentro de las zonas de estudio, esto constituye una contribución desproporcionada en cuanto a especies para mantener el nivel de las reservas de carbono (Tabla 17). Estos resultados indican las especies potenciales en cuanto a la captura de carbono, comprobando que el bosque joven de eucalipto acumula menor carbono que el bosque maduro, por su parte se evidencian especies del bosque secundario con grandes reservas de carbono.

El almacenamiento neto de carbono orgánico en los bosques depende del manejo dado a la cobertura vegetal, edad, distribución de tamaños, estructura y composición de ésta. Además, estos ecosistemas permiten reducir la concentración de carbono en la atmósfera, misma que se incrementa debido a las emisiones producto de la actividad humana (Torres & Guevara, 2002).

Gran determinante en la cantidad de biomasa registrada para especies como *Weinmannia ssp.*, y *Oreopanax ssp.* se remite a las condiciones climáticas del bosque, y al déficit hídrico que determina que las plantas inviertan mayor cantidad de energía en su sistema radicular garantizando así la adecuada captación de agua (Hayashida *et al.*, 2003).

**Tabla 17 Contenido de carbono almacenado por especies**

Transecto	Nombre científico	Biomasa	Carbono
T1	<i>Eucalyptus globulus</i>	0,24	0,12
T2	<i>Eucalyptus globulus</i>	5,63	0,68
T3	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	1,26	0,63
	<i>Weinmannia fagaroides</i>	0,42	0,21
	<i>Morella pubescens</i>	12,19	6,10
	<i>Myrcianthes Hallii</i>	0,34	0,17
	<i>Cestrum tomentosum</i>	0,19	0,10
	<i>Salix humboldtiana</i>	0,06	0,03
	<i>Solanum oblongifolium</i>	1,92	0,96
	<i>Euphorbia laurifolia</i>	8,72	4,36
	<i>Prunus serotina</i>	3,71	1,86
	<i>Monnina phyllerioides</i>	0,37	0,18
	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	0,37	0,18

## **4.4 Propuesta de forestería análoga para el bosque plantado de *Eucalyptus globulus***

### **Objetivo**

El objetivo de esta propuesta fue establecer las bases que permitan la implementación de la forestería análoga en la Hacienda el Paraíso, cantón San Luis de Otavalo, provincia de Imbabura, como herramienta para la restauración del bosque plantado de *E.globulus* y el uso sostenible de la tierra. La restauración de este ecosistema degradado de forma compatible con el desarrollo socioeconómico, supone actualmente uno de los mayores retos ambientales para los productores de la zona, convirtiéndose la forestería análoga en una herramienta para la restauración de socio ecosistemas que aporta, tanto a técnicos como a propietarios, una metodología, que contribuye a conservar la biodiversidad y a restaurar paisajes degradados, como es el caso de los bosques plantados de *E.globulus* que proporcionan una serie de limitaciones ecológicas debido a la erosión de los suelos y empobrecimiento de la biodiversidad.

### **Meta**

Paisajes restaurados con funciones ecológicas y alto valor para la biodiversidad y captura de carbono, que permitan, a la vez satisfacer necesidades de los propietarios en cuanto a la obtención de recursos económicos de forma sostenible.

### **Acciones para ejecutar la propuesta de forestería análoga**

#### **-Talar el bosque plantado de *E.globulus***

En correspondencia con los criterios aportados por los propietarios de la Hacienda el Paraíso se pretende talar el bosque plantado de *E.globulus* de 35 años de edad, en una primera etapa de aprovechamiento y posteriormente el bosque plantado *E.globulus* de 6 años de edad. En su lugar establecer un bosque análogo al bosque secundario estudiado cuyos servicios ecosistémicos de biodiversidad y carbono sean consecuentes con el ambiente.

#### **- Seleccionar especies nativas de la zona**

Para ello se deben seleccionar las especies con mayores potenciales para el proceso de restauración, en este caso pudieran formar parte de la propuesta de restauración aquellas especies que resultaron con alto valor ecológico, de importancia por su biomasa y estructura, tales como: *Oreopanax ecuadorensis* y *Myrcianthes hallii*, *M. pubescens* y *E. laurifolia*.

#### **- Seleccionar las fuentes semilleras**

Las fuentes semilleras serán consideradas a partir de árboles de la propia zona, de manera tal que permita garantizar el material genético *in situ*, para lo cual se debe monitorear la época de recolección de semillas de las especies consideradas y, a su vez, elaborar un calendario fenológico de recolección de las semillas.

**-Establecer un vivero forestal en la zona para la propagación de las especies arbóreas**

Se debe establecer un vivero temporal con materiales rústicos obtenidos de la propia zona para el cultivo de las especies consideradas en el programa de forestería análoga. Se realizarán las actividades iniciales de la silvicultura que permitan obtener un material plantable de buena calidad, el cual será diagnosticado a partir de la evaluación de los parámetros morfológicos y fisiológicos.

**-Georeferenciar y establecer la plantación en las zonas de mayor degradación.**

Georeferenciar las áreas de estudio clasificando las zonas de mayor degradación para el establecimiento de la plantación multifuncional de especies nativas de la zona que permitan obtener su uso sostenible y a la vez conservar la biodiversidad existente. La plantación se deberá realizar con el enfoque de silvicultura participativa.

**-Mantener las áreas plantadas**

Se realizarán mantenimiento a las áreas plantadas hasta el establecimiento de las mismas, de manera tal que se garantice la supervivencia de las plantas.

**-Establecer un programa de monitoreo de las funciones de biodiversidad y carbono en el área plantada.**

Una vez establecida la plantación se debe realizar un monitoreo en diferentes etapas al suelo y la vegetación, aplicando la metodología de valoración ecológica rápida que permita comparar los patrones de comportamiento de la biodiversidad y captura de carbono. Además, se realizarán estudios de los parámetros estructurales del suelo que faciliten un criterio más certero sobre el proceso de recuperación del mismo.

**- Capacitar a los técnicos, propietarios y pobladores**

Se realizarán actividades de capacitación, talleres participativos donde se oriente sobre la metodología de la forestería análoga, actividades básicas de la silvicultura y acciones para restaurar las funciones ecológicas de los ecosistemas degradados.

**-Aplicar a fuentes de financiamiento para el respaldo de las actividades silvícolas.**

Gestionar diversas fuentes de financiamiento a entidades gubernamentales y no gubernamentales que permitan poner en práctica la propuesta de forestería análoga.

## CAPÍTULO V.

### CONCLUSIONES

- La técnica de valoración ecológica rápida permitió caracterizar el estado actual de los componentes edáficos y la vegetación existente, comprobando que las áreas de bosque plantado de *E.globulus* de 6 y 35 años de edad presentaron un umbral de sostenibilidad bajo en la mayoría de los indicadores, en comparación con el bosque secundario.
- Se demostró el carácter empobrecedor de las funciones ecológicas en las zonas donde predomina el bosque plantado de *E.globulus*, lo cual requiere orientar acciones a favor de la restauración de las áreas más degradadas.
- El análisis comparativo de brechas de la biodiversidad y carbono facilitó información relevante en cuanto a la estabilidad ambiental de cada sistema de bosque, resultando con diferencias en la diversidad florística y reservas de carbono. Los valores de diversidad fueron bajos en el bosque plantado y medios en el bosque secundario y los aportes de biomasa y carbono fueron desproporcionados para la mayoría de las especies.
- Las especies que resultaron con mayores potencialidades para su inclusión en las acciones de restauración ecológica ya sea por su importancia ecológica, estructura, aporte de biomasa y captura de carbono fueron: *Oreopanax ecuadorensis* y *Myrcianthes hallii*, *M. pubescens* y *E. laurifolia*, consideradas claves para el proceso de restauración.
- Se elaboró una propuesta de forestería análoga como herramienta para la restauración ecológica en el área de bosque plantado de *E. globulus* en la Hacienda el Paraíso, lo que permitirá restaurar el paisaje degradado, con especial énfasis en las funciones de biodiversidad y carbono.



## RECOMENDACIONES

- Ejecutar la propuesta de forestaría análoga como herramienta de restauración ecológica en la Hacienda el Paraíso y desarrollar las acciones de mejora para la sostenibilidad del ecosistema mediante la sustitución de las áreas plantadas de *E.globulus* con especies propias de la zona típicas del bosque andino.
- Monitorear el área restaurada en una dinámica de tiempo que permita la evaluación de los indicadores biodiversidad, suelo, estructura, productividad, para establecer comparaciones con el diagnóstico actual de las áreas de plantaciones de *E.globulus*
- Desarrollar talleres participativos con las entidades gubernamentales que permitan validar la toma de decisiones en relación a la restauración ecológica de áreas degradadas mediante el modelo de forestería análoga.

## CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta Solís, M. (1968). *Divisiones fitogeográficas y formaciones geobotánicas del Ecuador* (No. 581.9866 A2D5).
- Almeida, E. 2000. Culturas prehispánicas del Ecuador. Viajes Chasquiñán Cía. Ltda., Quito. 180 p.
- Anchaluisa, S., & Suárez, E. (2013). Efectos del fuego sobre la estructura, microclima y funciones ecosistémicas de plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus*; Myrtaceae) en el Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 5(2).
- Barnasar, M. (2009). Captura y almacenamiento de carbono. *Ecología Política*, (39), 9-12.
- Calvo de Anta, R. (1992). El eucalipto en Galicia: sus relaciones con el medio natural.
- Calvo, P.M. (2013). Ecología del paisaje, conectividad ecológica y territorio. Una aproximación al estado de la cuestión desde una perspectiva técnica y científica. Grupo de Alternativas Medioambientales y Territoriales.
- Carbon, B.A.; Bartle, G.A.; Murray, A.M.; Macpherson, D.K. (1980) The distribuyion of root length and the limits to flow of soil water to roots in a dry sclerophyll forest. *Forest Science*, v.26, p.656-664.
- Ceccon, E., & Martínez-Ramos, M. (1999). Aspectos ambientales referentes al establecimiento de plantaciones de eucalipto de gran escala en áreas tropicales: aplicación al caso de México. *Interciencia*, 24(6), 352-359.
- Cerón, C. E. (2002). Aportes a la flora útil de Cerro Blanco, Guayas-Ecuador. *Cinchonia*, 3(1), 17-35.
- CESA, I. S. (1992). Usos Tradicionales de Especies Forestales Nativas en el Ecuador. *CESA Quito-Ecuador*.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., ... & Lescure, J. P. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145(1), 87-99.

Churchill, S. P., E. Baslev, E. Forero & J. Luteyn. (eds.). 1995. Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests. New York Botanical Garden, New York.  
Crane, P. R., E. M. Friis & K. R. Pedersen. 1995.

Cisternas, M.; Martínez, P.; Oyarzun, C.; Debels, P. 1999. “Caracterización del proceso de reemplazo de vegetación nativa por plantaciones forestales en una cuenca lacustre de la Cordillera de Nahuelbuta, VIII Región, Chile”. *Revista Chilena de Historia Natural*, 72:661 – 676.

Cortés, L. R. G., Bejarano, J. S., & Mejía, L. Y. L. (2015). Restauración ecológica en plantaciones forestales de *Eucalyptus globulus* Labill y *Acacia melanoxylon* R. Br. *RIAA*, 6(2), 145-156.

Cuvi, N. 2005. “Dos cajones con semillas de eucalipto”. in *Terra Incógnita*. Ecuador.

De la Fuente, E. B., & Suárez, S. A. (2008). Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura. *Ecología austral*, 18(2), 239-252.

Díaz, V. P., y Calzadilla, A. (2016). Artículos científicos, tipos de investigación y productividad científica en las Ciencias de la Salud. *Revista Ciencias de la Salud*, 14(1), 115-121.

Domínguez, C. F. A. (2014). Propuesta de restauración ecológica con base en los principios de forestería análoga para la zona amortiguadora del pnn Tatama en el municipio de San José del Palmar (Chocó), Colombia. *La Revista Forestal Venezolana*, 58(1), 101-104.

Doornbos, B. (2015). El valor de los bosques andinos en asegurar agua y suelo en un contexto de creciente riesgo climático: ¿(re) conocemos lo imperdible. *Bosques Andinos*, 2-5.

Edeso J.M., Merino A., González M.J., MARAURI P., 1999. Soil erosion under different harvesting managements in steep forestlands from Northern Spain. *Land Degrad. Developm*, 10, 79-88.

ENCE. 2009. “La gestión forestal sostenible y el eucalipto”. Grupo Empresarial ENCE S.A., España

Espinoza, P., & Calet, P. (2012). Estructura y composición florística del bosque de terraza media adyacente al arboretum “el Huayo”, CIEFOR-Puerto Almendras, río Nanay, Iquitos-Perú.

Fabiao, A.; Madeira, M.; Steen, E.; Kätterer, T.; Ribeiro, C. (1994) Growth dynamic and spatial distribution of root mass in *Eucalyptus globulus* plantations in Portugal. In : PEREIRA, J. S. ; PEREIRA, H. (Ed). *Eucalyptus for biomass production : the state of the art*. Brussels : CEC., p.60-76.

FAO. (2004). Inventario forestal Nacional. Manual de campo. Departamento de Montes. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

FAO. (2012). El Estado de los Bosques del Mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma.

Ferrer, J. (2010). Métodos de la investigación. Obtenido de: <http://metodologia02.blogspot.com/p/metodos-de-la-investigacion.html>.

Fole, P. (2005). TITAN. Sistema de gestión técnica y administrativa de las centrales nucleares de Ascó y Vandellós II. *Nuclear España: Revista de la Sociedad Nuclear española*, (249), 19-24.

Fonseca, P., Raquel, D., Catrillo, G., & del Socorro, A. (2017). *Valoración socio-cultural de los servicios ecosistémicos como acción estratégica de educación ambiental, en la comunidad El Barro, municipio de Esquipulas, departamento de Matagalpa, durante el año 2016* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua).

González-Río F., López J., Astorga R., Castellanos A., Fernández O., Gómez C., 1997. Fertilización y control de la vegetación accesoria en plantaciones de eucalipto. *Comunicaciones II Congreso forestal español*, 3, 271-276.

Harvey, C. A., Sáenz, J. C., & Montero, J. (2007). Resultados clave de la investigación.

Hayashida, O., Boot, R. G. A., Poorter, L. (2001). Influencia de la disponibilidad de agua y luz en el crecimiento y la morfología de plantines de *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y *Bertolletia excelsa*. *Ecología en Bolivia*. 35: 51-60.

- Hechavarría, O., Toirac, W., Baracoa, E. E. F., Sordo, L., Bravo, J., & Montalvo, J. (2011). La Forestería Análoga: Una oportunidad para reforestar ecosistemas forestales. *Revista Forestal Baracoa*.
- Hechavarría, O., Toirac, W., Baracoa, E. E. F., Sordo, L., Bravo, J., & Montalvo, J. (2011). LA FORESTERIA ANALOGA: UNA OPORTUNIDAD PARA REFORESTAR ECOSISTEMAS FORESTALES. *Revista Forestal Baracoa*.
- Hernández, R. V., & Marroquín, K. E. (2008). La forestería análoga como alternativa para el desarrollo rural y la conservación ambiental: el caso de Finca Buenaventura, Pacayitas, Turrialba, Costa Rica.
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). (2014). Anuario Metereológico Nro. 51–2011. Quito-Ecuador.
- INEC, I. (2010). Censo de población y vivienda. Censo de Población y Vivienda.
- Iriondo, M. (1994). The quaternary of Ecuador. *Quaternary International*, 21, 101-112.
- Jacobs, M. 1981. “Los eucaliptos como árboles en plantaciones”. in El eucalipto en la repoblación forestal,(Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia).
- Jiménez, V.A.; Acevedo, P.; Barbosa, A.M.; Lobo, J.M. & Real, R. (2013). Discrimination capacity in species distribution models depends on the representativeness of the environmental domain. *Global Ecology and Biogeography*, 22(4), 508-516.
- Jørgensen, p. m. y s. León-Yáñez (eds.). 1999. Catalogue of the vascular plants of Ecuador. *Monographs of Systematic Botany of the Missouri Botanical Garden* 75: i–viii, 1–1182.
- Lojan, L. 1992. El Verdor de los Andes. Árboles y Arbustos Nativos para el Desarrollo Forestal Alto Andino. s.e. Quito, EC. p. 111-115
- Lozada, D.J.R. (2010). Consideraciones metodológicas sobre los estudios de comunidades forestales. *Revista Forestal Venezolana*, 54(1):77-88.
- MAE. (2013). Ministerio del ambiente del ecuador. Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- Maquera Maquera, D. (2017). Determinación del contenido de carbono por especie forestal en el bosque del CIP Camacani-UNA-Puno por titulación.

- Margalef, R. (1995). *Ecología*. Barcelona: Omega. 951 p.
- Martínez-Ramos, M. 1999. "Aspectos ambientales referentes al establecimiento de plantaciones"
- Matos, J., & Ballate, D. (2006). ABC de la restauración ecológica. *Empresa Nacional para la Protección de la Flora y la Fauna. Ed. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara. Cuba.*
- Meira Cartea, P. Á. (2013). Problemas ambientales globales y educación ambiental: Una aproximación desde las representaciones sociales del cambio climático<sup>1</sup>. *Revista Integra Educativa*, 6(3), 29-64.
- Merino A., Edeso J.M., González M.J., Marauri P., 1998. Soil properties in a hilly area following different harvesting management practices. *For. Ecol. Manage.* 103, 235-246.
- Montalvo, J., Peña, Y., Bravo, J., Hechavarría, O., Sordo, L., Pérez, L.,... & Salinas, M. (2011). EXPERIENCIAS DE LA FORESTERIA ANALOGA EN LA FINCA 3, EN COJIMAR. *Revista Forestal Baracoa*.
- Mora, F. 2005. Diagnóstico del rodal del Arrayán (*Eugenia myrteloides*) en la comunidad la Quinta, Parroquia Bilován, Provincia Bolívar. Tesis. Ing. Agrónomo. Guaranda, EC. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Escuela de Ingeniería Agronómica. p.102
- Morán, J. L. (2015). La observación.
- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T manuales y tesis SEA. Volumen I. Zaragoza 84 p.
- O'Farrill, A., Hechavarría, O., & Castellanos, M. (2011). La forestería análoga, una opción promisoriosa para el fomento forestal en tiempos de cambio. Enfoque metodológico. *Revista Forestal Baracoa*.
- Patzelt, E., & Echeverría, M. (1996). *Flora del Ecuador* (No. 582 (866) PAT). Quito: Banco Central del Ecuador.
- PDOT.(2015).Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón San Luis de Otavalo.

Quiróz Jenniffer, F., González-Donna, L., Ojeda-Sandra, A., Cabanillas Patricia, K. C., & Perona-Guido, K. (2013). Manejo multidisciplinario de Oligodoncia No Asociada a Síndrome. Reporte de caso. *Odontología Pediátrica [revista en internet]*, 146-153.

Ranganathan, J., & Daily, G. C. (2008). LA BIOGEOGRAFÍA DEL PAISAJE RURAL: OPORTUNIDADES. *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*.

Rangel, O. (ed.). 1997. Colombia Diversidad Biótica, Volumen II. Tipos de vegetación de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá.

Red Internacional de Forestería Análoga. RIFA (2008). Manual práctico de Forestería Análoga. Ed. Quito – Ecuador. 38p

Red Internacional de Forestería Análoga. RIFA (2012). La Gran Guía de la Forestería Análoga. Ed. Centro Falls Brook Centre. Canadá. 21p

Sauer, W. (1965). Geología del Ecuador. *Ministerio de Educacion*.

Senanayake R, BM Beehler. 2000. Forest Gardens: Sustaining Rural Communities Around the World Through Holistic Agro Forestry. Pp. 95-98. In: Sustainable Development International, Second Edition IGC Publ. London

Shannon, C. E. (1949). *The Mathematical Theory of Communication by CE Shannon and W. Weaver*.

Skolmen, R.; Ledig, T. 2000. “Eucalyptus globulus Labill. Eucalipto goma azul”. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC: U.S.

TEEB for Local and Regional Policy makers, Chapter 1, page 16-17. Source: MA – Millennium Ecosystem Assessment (2005) ‘Ecosystems and Human Well-being: Synthesis’, Island Press, Washington DC.

Terradas, J. 2001. “Ecología Urbana”. Rubes, Barcelona, España.

TerraEcuador. 2012. Una mirada diferentes del Ecuador. (en línea). Quito, EC. Consultado 30 de ene 2013 Disponible en [http://www.terraecuador.net/revista\\_65/especies\\_quitenas.html](http://www.terraecuador.net/revista_65/especies_quitenas.html).

Torres, B.; Vasseur, L.; López, R.; Lozano, P.; García, Y.; Arteaga, Y.; Bravo, C.; Barba, C. & García, A. (2019). Structure and above ground biomass along an elevation gradient in an Evergreen Andean Amazon Forest of Napo, Ecuador

Ulloa, C., & Jørgensen, P. M. (1995). Árboles y arbustos de los Andes del Ecuador. Segunda Edición Edt. *Abya-Yala, Quito*.

Uribe, C. (ed.). 2001. Bosques de Niebla de Colombia. Banco de Occidente, Cali.

Valencia, R., N. Pitman, S. León-Yáñez y P. M. Jørgensen (eds.). 2000. Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador 2000. Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. 489 pp.



## CAPÍTULO VI. ANEXOS

### Tablas del inventario florístico

<b>SUBPARCELA 1</b>		
<b>ESPECIE</b>	<b>DAP cm</b>	<b>ALTURA</b>
Eucalyptus globulus	10	12m
Eucalyptus globulus	10	14m
Eucalyptus globulus	20	10m
Eucalyptus globulus	30	14m
Eucalyptus globulus	40	16m
Eucalyptus globulus	36	12m
Eucalyptus globulus	20	10m
Eucalyptus globulus	30	13m
Eucalyptus globulus	20	11m
Eucalyptus globulus	18	10m
Eucalyptus globulus	20	11m
Eucalyptus globulus	30	14m
Eucalyptus globulus	32	15m
Eucalyptus globulus	34	17m
Eucalyptus globulus	40	20m
Eucalyptus globulus	20	12m
Eucalyptus globulus	16	10m
Eucalyptus globulus	30	14m
Eucalyptus globulus	18	10m
Eucalyptus globulus	24	14m
Eucalyptus globulus	32	16m
Eucalyptus globulus	23	15m
Eucalyptus globulus	25	13m
Eucalyptus globulus	20	12m
Eucalyptus globulus	30	17m
Eucalyptus globulus	37	18m
Eucalyptus globulus	20	12m
Eucalyptus globulus	23	13m
Eucalyptus globulus	12	8m
Eucalyptus globulus	15	7m
Eucalyptus globulus	13	9m
Eucalyptus globulus	13	7m
Eucalyptus globulus	32	18m
Eucalyptus globulus	23	16m
Eucalyptus globulus	15	9m

Eucalytus globulus	16	8m
Eucalytus globulus	15	12m
Eucalytus globulus	27	14m
Eucalytus globulus	13	8m
Eucalytus globulus	37	19m
Eucalytus globulus	40	20m
Eucalytus globulus	35	18m
Eucalytus globulus	23	16m
Eucalytus globulus	24	17m
Eucalytus globulus	25	18m
Eucalytus globulus	21	16m
Eucalytus globulus	18	12m
Eucalytus globulus	30	14m
Eucalytus globulus	40	20m
Eucalytus globulus	30	17m
Eucalytus globulus	31	14m
Eucalytus globulus	30	14m
diametro promedio	1286	24,730769
Rubus adenotrichus	17 individuos	Mora
Baccharis latifolia	10 Individuos	chilca
Nephrolepis pendula	13 individuos	Helecho
Coriaria thymifolia	7 individuos	Shanshi
Cortaderia rudiusscula	6 individuos	Sigse
Número de Especies	6	
Total de Individuos	105	

<b>SUBPARCELA 2</b>		
<b>ESPECIE</b>	<b>DAP cm</b>	<b>ALTURA</b>
Eucalyptus globulus	20	18m
Eucalyptus globulus	38	22m
Eucalyptus globulus	14	10m
Eucalyptus globulus	24	18m
Eucalyptus globulus	33	20m
Eucalyptus globulus	36	22m
Eucalyptus globulus	12	12m
Eucalyptus globulus	40	22m
Eucalyptus globulus	19	13m
Eucalyptus globulus	23	15m

Eucalyptus globulus	12	10m
Eucalyptus globulus	11	11m
Eucalyptus globulus	24	15m
Eucalyptus globulus	33	16m
Eucalyptus globulus	13	9m
Eucalyptus globulus	11	9m
Eucalyptus globulus	17	12m
Eucalyptus globulus	27	20m
Eucalyptus globulus	33	21m
Eucalyptus globulus	26	23m
Eucalyptus globulus	17	16m
Eucalyptus globulus	26	18m
Eucalyptus globulus	20	15m
Eucalyptus globulus	14	15m
Eucalyptus globulus	40	25m
Eucalyptus globulus	40	9m
Eucalyptus globulus	11	9m
Eucalyptus globulus	10	10m
Eucalyptus globulus	11	8m
Eucalyptus globulus	32	20m
Eucalyptus globulus	20	15m
Eucalyptus globulus	28	20m
Eucalyptus globulus	27	20m
Eucalyptus globulus	24	21m
Eucalyptus globulus	17	18m
Rubus adenotrichus	8 individuos	
Baccharis latifolia	7 individuos	
Coriaria thymifolia	2 individuos	
Cortaderia rudiusscula	8 individuos	Sigse
Diámetro promedio	803	22,942857

<b>SUBPARCELA 3</b>		
<b>ESPECIE</b>	<b>DAP</b>	<b>ALTURA</b>
Eucalyptus globulus	22	18m
Eucalyptus globulus	38	22m
Eucalyptus globulus	14	10m
Eucalyptus globulus	24	18m
Eucalyptus globulus	30	13m
Eucalyptus globulus	20	11m

Eucalyptus globulus	18	10m
Eucalyptus globulus	20	11m
Eucalyptus globulus	30	14m
Eucalyptus globulus	40	22m
Eucalyptus globulus	19	13m
Eucalyptus globulus	23	15m
Eucalyptus globulus	12	10m
Eucalyptus globulus	11	11m
Eucalyptus globulus	25	13m
Eucalyptus globulus	20	12m
Eucalyptus globulus	30	17m
Eucalyptus globulus	37	18m
Eucalyptus globulus	20	12m
Eucalyptus globulus	23	13m
Eucalyptus globulus	40	25m
Eucalyptus globulus	12	9m
Eucalyptus globulus	11	9m
Eucalyptus globulus	10	10m
Eucalyptus globulus	11	8m
Eucalyptus globulus	32	20m
Eucalyptus globulus	20	15m
Eucalyptus globulus	13	9m
Eucalyptus globulus	13	7m
Eucalyptus globulus	32	18m
Eucalyptus globulus	23	16m
Eucalyptus globulus	15	9m
Eucalyptus globulus	16	8m
Eucalyptus globulus	15	12m
Eucalyptus globulus	27	14m
Eucalyptus globulus	13	8m
Eucalyptus globulus	20	15m
Eucalyptus globulus	28	20m
Eucalyptus globulus	27	20m
Eucalyptus globulus	24	21m
Eucalyptus globulus	17	18m
Rubus adenotrichus	8 individuos	Mora
Baccharis latifolia	5 individuos	Chilca
Coriaria thymifolia	6 individuos	Shanshi
Cortaderia rudiusscula	4 individuos	Sigse

<b>SUBPARCELA 1</b>		
<b>ESPECIE</b>	<b>DAP</b>	<b>ALTURA</b>
Eucalytus globulus	120	35m
Eucalytus globulus	80	30m
Eucalytus globulus	56	20m
Eucalytus globulus	65	25m
Eucalytus globulus	27	12m
Eucalytus globulus	57	20m
Eucalytus globulus	37	14m
Eucalytus globulus	60	25m
Eucalytus globulus	75	26m
Oreopanax ecuadorense	1 individuo	
Quercus coccifera	3 individuos	

<b>SUBPARCELA 2</b>		
<b>ESPECIE</b>	<b>DAP</b>	<b>ALTURA</b>
Eucalytus globulus	50	20m
Eucalytus globulus	140	35m
Eucalytus globulus	50	20m
Eucalytus globulus	150	35m
Eucalytus globulus	63	20m
Quercus coccifera	2 Individuos	
Lupinus pubescens	1 Individuo	Chocho

<b>SUBPARCELA 3</b>		
<b>ESPECIE</b>	<b>DAP</b>	<b>ALTURA</b>
Eucalytus globulus	50	18m
Eucalytus globulus	50	15m
Eucalytus globulus	115	30m
Eucalytus globulus	115	28m
Eucalytus globulus	43	12m
Quercus coccifera	2 Individuos	

## Índice de valor de importancia ecológica

NOMBRE CIENTÍFICO	TRANSEC TO 1			TRANSEC TO 2			TRANSEC TO 3			AA	FA	AR	FR	DIAMETRO P	DIAMETRO AL CUADRADO	GA	DR	IVI	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3										
Eucalyptus Globulus	52	35	41	9	5	5	0	0	0	147	6	24,02	6,52	15,85	15,85	251,28	197,35	0,06	10,20
Oreopanax ecuadorensis	0	0	0	1	0	0	44	3	2	50	4	8,17	4,35	15,22	15,22	231,50	181,82	0,01	4,17
Weinmannia fagaroides	0	0	0	0	0	0	1	9	0	10	2	1,63	2,17	10,03	10,03	100,54	78,96	0,00	1,27
Morella pubescens	0	0	0	0	0	0	2	1	3	6	3	0,98	3,26	36,29	36,29	1.316,76	1.034,18	0,03	1,42
Myrcianthes Hallii	0	0	0	0	0	0	5	5	0	20	2	3,27	2,17	9,33	9,33	86,98	68,32	0,00	1,81
Hypericum perforatum	0	0	0	0	0	0	1	0	1										
Erythrina velutina	0	0	0	0	0	0	1	1	1										
Hesperomeles obtusifolia	0	0	0	0	0	0	1	0	0										
Coriaria thymifolia	7	2	6	0	0	0	8	3	8										
Bidens andicola.	0	0	0	0	0	0	1	2	3										
Cestrum tomentosum	0	0	0	0	0	0	2	1	3	6	3	0,98	3,26	7,38	7,38	54,53	42,83	0,00	1,41
Salix humboldtiana	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0,16	1,09	4,77	4,77	22,80	17,90	0,00	0,42
Solanum oblongifolium	0	0	0	0	0	0	1	9	1	11	3	1,80	3,26	17,83	17,83	317,74	249,55	0,01	1,69
Tecoma stans	0	0	0	0	0	0	3	2	1										
Buddleia incana	0	0	0	0	0	0	1	0	0										
Taraxacum officinales	0	0	0	0	0	0	7	6	4										
Tillandsia fraseri	0	0	0	0	0	0	1	3	5										
Baccharis latifolia	10	7	5	0	0	0	5	6	3										
Rubus adenotrichus	17	8	8	0	0	0	20	5	15										
Nephrolepis pendula	13	0	0	0	0	1	20	0	0										
Cortaderia rudiusscula	6	8	4	0	0	0	0	0	0										
Euphorbia laurifolia	0	0	0	0	0	0	3	0	1	4	2	0,65	2,17	31,83	31,83	1.013,21	795,77	0,02	0,95
Prunus serotina	0	0	0	0	0	0	0	3	2	5	2	0,82	2,17	25,46	25,46	648,45	509,29	0,01	1,00
Monnina phyllerioides	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	2	0,49	2,17	9,55	9,55	91,19	71,62	0,00	0,89
Muehlenbeckia tamnifolia	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0,33	2,17	9,55	9,55	91,19	71,62	0,00	0,83

Baccharis macrantha	0	0	0	0	0	0	2	1	0										
Phytolacca bogotensis	0	0	0	0	0	0	4	6	4										
Gnaphalium elegans	0	0	0	0	0	0	3	2	0										
Phenax rugosus	0	0	0	0	0	0	1	2	1										
Tillandsia complanata	0	0	0	0	0	0	1	1	0										
Cynanchu m microphyl lum	0	0	0	0	0	0	4	0	0										
Passiflora mixta	0	0	0	0	0	0	1	0	3										
Cestrum peruvianu m	0	0	0	0	0	0	1	1	1										
Miconia bractiolat a	0	0	0	0	0	0	2	1	2										
										<b>A</b>	26	3							
										<b>T</b>	8	3			210,28		<b>GT</b>	3.551, 28	

## Biomasa

CÓDIGO	NOMBRE CIENTÍFICO	NÚMERO DE INDIVIDUOS	DAP PROMEDIO	Especies utilizadas gravedad g / cm <sup>3</sup>	TB(Mg)	TB(Mg/has)	BIOMASA
TRANSECTO 1	Eucalytus globulus	126,00	7,37	0,80	0,02	0,24	0,12
TRANSECTO 2	Eucalytus globulus	19,00	24,33	0,80	0,56	5,63	2,82
TRANSECTO 3	Oreopanax ecuadorensis	50,00	15,22	0,62	0,13	1,26	0,63
	Weinmannia fagaroides	10,00	10,03	0,62	0,04	0,42	0,21
	Morella pubescens	6,00	36,29	0,62	1,22	12,19	6,09
	Myrcianthes Hallii	20,00	9,33	0,62	0,03	0,34	0,17
	Cestrum tomentosum	6,00	7,38	0,62	0,02	0,19	0,09
	Salix humboldtiana	1,00	4,77	0,62	0,01	0,06	0,03
	Solanum oblongifolium	11,00	17,83	0,62	0,19	1,92	0,96
	Euphorbia laurifolia	4,00	31,83	0,62	0,87	8,72	4,36
	Prunus serotina	5,00	25,46	0,47	0,37	3,71	1,85
	Monnina phyllerioides	3,00	9,55	0,62	0,04	0,37	0,18
Muehlenbeckia tamnifolia	2,00	9,55	0,62	0,04	0,37	0,18	