

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**



**DECANATO DE POSGRADO**

**TERCERA COHORTE**

**MAESTRÍA EN SILVICULTURA MENCIÓN MANEJO Y  
CONSERVACIÓN DE RECURSOS FORESTALES**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
MAGISTER EN SILVICULTURA**

**TEMA:**

**PROPUESTA DE RESTAURACIÓN CON BASES ECOLÓGICAS, PARA UN ÁREA  
PERTURBADA EN LA HACIENDA CUMBIJÍN DEL CANTÓN SALCEDO,  
PROVINCIA DE COTOPAXI**

**AUTORA:**

**ANJY CLARA BALAREZO NÚÑEZ**

**DIRECTOR DE PROYECTO:**

**PhD. DIEGO GUTIÉRREZ DEL POZO**

**PUYO-ECUADOR**

**2022**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios.

Por darme sabiduría, humildad y salud para concluir esta etapa académica.

A la Universidad Estatal Amazónica por instaurar maestrías que estimulan la superación personal y profesional.

A los facilitadores del ciclo de Maestría en Docencia y Currículo para la Educación Superior que impartieron sus conocimientos y experiencias profesionales.

Al PhD. Diego Gutiérrez del Pozo que me orientó en el desarrollo de este trabajo investigativo.

A mis padres, hermanos y amigos que de una u otra manera me motivan a ser mejor, gracias a su apoyo incondicional.

*Anjy Clara Balarezo Núñez*

## **DEDICATORIA**

A mis padres por su gran amor, apoyo incondicional y sabios consejos, ellos me brindaron la oportunidad de estudiar y poder superarme, inculcaron en mí, que no existe ninguna excusa y que toda meta se puede alcanzar con esfuerzo, dedicación, entrega y perseverancia, enfocada en ayudar a la sociedad; Apoyada siempre en la gran bondad del ser más justo del universo mi Dios.

*Anjy Clara Balarezo Núñez*

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo elaborar una propuesta de restauración con bases ecológicas para la restauración de un área perturbada por la acción del hombre en la hacienda Cumbijín ubicada en la provincia de Cotopaxi (Ecuador). Para ello, fueron instaladas 10 parcelas en la zona alta (P1A a P6A) y baja (P7B a P10B), mediante la delimitación de 400 m<sup>2</sup> por parcela. Utilizando el software ArcGis 10.5 se elaboró un mapa, determinando los sitios prioritarios para restaurar, sometidos a distintos grados de perturbación principalmente por la presencia de un bosque de pino de Monterrey (*Pinus radiata* D. Don), en actividad de aprovechamiento, tala (T), además de otras alteraciones identificadas como: caída de árboles (C), existencia de cultivos (Cu), deslizamientos de suelos (De), presencia de especies invasoras (Ei), pastoreo (Pa). El análisis de la composición florística presente en el ecosistema potencial estuvo representado por especies nativas e introducidas, con diferente número de individuos 130 nativas y 306 introducidas. Se aplicaron parámetros ecológicos como contribución a la conservación de la biodiversidad (índices de diversidad, abundancia y frecuencia relativas, y cociente de mezcla). Con los datos obtenidos se seleccionaron las especies idóneas del ecosistema potencial: *Baccharis latifolia*, *Rubus coriaceus*, *Disterigma acuminatum* y *Liabum eggersii*, para la restauración, incluidas las del listado del ecosistema arbustal siempreverde montano de los Andes según el MAE: *Coriaria ruscifolia*, *Mimosa quitensis*, *Hesperomeles ferrugínea*, *Oreopanax ecuadorensis* y *Duranta triacantha*.

**Palabras clave:** páramo, aprovechamiento, alteraciones, restauración, conservación.

## ABSTRACT

The objective of this work was to elaborate a restoration proposal with ecological bases for the restoration of an area disturbed by the action of man in the Cumbijín farm located in the province of Cotopaxi (Ecuador). For this purpose, 10 plots were installed in the high (P1A to P6A) and low (P7B to P10B) zones, delimiting 400 m<sup>2</sup> per plot. Using ArcGis 10.5 software, a map was prepared, determining the priority sites for restoration, subjected to different degrees of disturbance mainly due to the presence of a Monterey pine forest (*Pinus radiata* D. Don), in harvesting activity, logging (T), in addition to other identified disturbances such as: falling trees (C), existence of crops (Cu), landslides (De), presence of invasive species (Ei), grazing (Pa). The analysis of the floristic composition present in the potential ecosystem was represented by native and introduced species, with different numbers of 130 native and 306 introduced individuals. Ecological parameters were applied as a contribution to biodiversity conservation (diversity indexes, relative abundance and frequency, and mixing quotient). With the data obtained, suitable species from the potential ecosystem were selected: *Baccharis latifolia*, *Rubus coriaceus*, *Disterigma acuminatum* and *Liabum eggersii*, for restoration, including those of the list of the evergreen montane shrub ecosystem of the Andes: *Coriaria ruscifolia*, *Mimosa quitensis*, *Hesperomeles ferruginea*, *Oreopanax ecuadorensis* and *Duranta triacantha*.

**Keywords:** moorland, harvesting, alterations, restoration, conservation.

# TABLA DE CONTENIDO

## CAPÍTULO I

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1.</b>	<b>Problema Científico</b> .....	3
<b>1.2.</b>	<b>Hipótesis de la Investigación</b> .....	3
<b>1.3.</b>	<b>Objetivos</b> .....	3
<b>1.3.1.</b>	<i>Objetivo General</i> .....	3
<b>1.3.2.</b>	<i>Objetivos Específicos</i> .....	3

## CAPÍTULO II

<b>2.</b>	<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
<b>2.1.</b>	<b>Estado Actual de la Biodiversidad y Ecosistemas en el Ecuador</b> .....	4
<b>2.2.</b>	<b>Flora Nativa de Páramos de los Andes</b> .....	5
<b>2.3.</b>	<b>Restauración Ecológica</b> .....	8
<b>2.4.</b>	<b>Diagnóstico Ecológico</b> .....	10
<b>2.5.</b>	<b>Contexto General Relacionado con la Restauración Ecológica en el Ecuador</b> .....	11
<b>2.6.</b>	<b>Páramos y su Entorno</b> .....	13
<b>2.7.</b>	<b>Ecosistema Arbustal Siempreverde Montano del Norte de los Andes</b> .....	15
<b>2.8.</b>	<b>Perturbaciones de los Ecosistemas de Páramos Andinos en el Ecuador</b> ....	15
<b>2.9.</b>	<b>Plantaciones de <i>P. radiata</i> en Ecuador</b> .....	17
<b>2.10.</b>	<b>Criterios y Técnicas de Restauración Ecológica</b> .....	18
<b>2.11.</b>	<b>Beneficios de Restauración de Ecosistemas Arbustal Siempreverde Montano del Norte de los Andes</b> .....	20
<b>2.12.</b>	<b>Cuantificación de Diversidad y Estructura</b> .....	21

## CAPITULO III

<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	24
<b>3.1.</b>	<b>Localización del Área de Estudio</b> .....	24
<b>3.1.1.</b>	<i>Características del área de estudio</i> .....	25
<b>3.2.</b>	<b>Tipos de Investigación</b> .....	25
<b>3.2.1.</b>	<i>Investigación Descriptiva</i> .....	25
<b>3.2.2.</b>	<i>Investigación Bibliográfica-Documental</i> .....	26
<b>3.2.3.</b>	<i>Investigación de Campo</i> .....	26
<b>3.3.</b>	<b>Métodos de Investigación</b> .....	26
<b>3.3.1.</b>	<i>Método de Observación</i> .....	27
<b>3.3.2.</b>	<i>Método de Medición</i> .....	27
<b>3.3.3.</b>	<i>Método Sistemático</i> .....	27
<b>3.4.</b>	<b>Matriz Metodológica</b> .....	28
<b>3.5.</b>	<b>Muestreo y Diseño de las Parcelas</b> .....	29
<b>3.6.</b>	<b>Tratamiento de los Datos</b> .....	32
<b>3.6.1.</b>	<i>Grado de Perturbación en Función de la Alteración de la Cobertura Vegetal Natural</i> .....	32
<b>3.6.2.</b>	<i>Estado Actual por Parcelas</i> .....	35
<b>3.6.3.</b>	<i>Estructura Ecológica e Índices de Diversidad</i> .....	36
<b>3.6.4.</b>	<i>Propuesta de Restauración Componentes y Técnicas</i> .....	40
<b>4.</b>	<b>RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES</b> .....	42
<b>4.1.</b>	<b>Recursos Humanos</b> .....	42
<b>4.2.</b>	<b>Materiales y Equipos</b> .....	43
<b>4.3.</b>	<b>Costos</b> .....	43

## CAPÍTULO IV

<b>5.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	44
<b>5.1.</b>	<b>Niveles de Perturbación del Ecosistema Siempreverde Montano del Norte de los Andes</b> .....	44

5.1.1.	<i>Caracterización del Grado de Perturbación</i> .....	44
5.1.2.	<i>Análisis de Correspondencia y Distribución Espacial entre el Grado el Intervención y Sitios de Estudio</i> .....	45
5.2.	<b>Evaluación del Estado Actual de Conservación</b> .....	48
5.3.	<b>Análisis de la Estructura Ecológica del Ecosistema de Estudio</b> .....	49
5.3.1.	<i>Composición Florística de las Parcelas en la Zona Baja y Alta</i> .....	49
5.3.2.	<i>Estructura Ecológica Ecosistema Siempreverde Montano del Norte de los Andes</i> .....	59
5.4.	<b>Propuesta de Restauración con Bases Ecológicas</b> .....	63
5.4.1.	<i>Antecedentes</i> .....	63
5.4.2.	<i>Objetivos</i> .....	64
5.4.3.	<i>Propuesta</i> .....	64
 <b>CONCLUSIONES</b> .....		73
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		75
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS</b>		
<b>ANEXOS</b>		



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ambientes privativos en los páramos de los Andes.....	8
<b>Figura 2</b> Sistema ecológico y las interacciones entre el medio biótico y abiótico.....	9
<b>Figura 3</b> Ubicación geográfica de la hacienda Cumbijín .....	24
<b>Figura 4</b> Ubicación geográfica de las parcelas .....	30
<b>Figura 5</b> Clasificación del grado de perturbación según las alteraciones encontradas en la zona alta y baja de las parcelas del ecosistema en estudio .....	45
<b>Figura 6</b> Distribución espacial de las diez parcelas.....	48
<b>Figura 7</b> Frecuencia relativa (%) de las especies del ecosistema en estudio, indicando las familias a las que pertenecen cada una de ellas. ....	50
<b>Figura 8</b> Dendrograma jerárquico que muestra la clasificación de las parcelas de muestreo en función de la composición de especies a partir de las medidas de Bray-Curtis .....	58
<b>Figura 9</b> Desviación estándar en las parcelas de la zona alta y baja .....	62
<b>Figura 10</b> Diseño y dimensionamiento del vivero.....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Las familias de los páramos ecuatorianos con el mayor número de especies endémicas.....	6
<b>Tabla 2</b> Los 10 géneros con mayor número de especies endémicas en los páramos ecuatorianos .....	7
<b>Tabla 3</b> Principales programas de forestación en el Ecuador .....	17
<b>Tabla 4</b> Matriz metodológica.....	28
<b>Tabla 5</b> Coordenadas UTM de las parcelas de la zona alta .....	31
<b>Tabla 6</b> Coordenadas UTM de las parcelas de la zona baja .....	32
<b>Tabla 7</b> Índices de diversidad .....	38
<b>Tabla 8</b> Recursos Humanos .....	42
<b>Tabla 9</b> Materiales utilizados.....	43
<b>Tabla 10</b> Costos .....	43
<b>Tabla 11</b> Correspondencia con los niveles de intensidad de perturbaciones.....	46
<b>Tabla 12</b> Resultados del análisis de correspondencia entre los sitios y las categorías de sus alteraciones .....	47
<b>Tabla 13</b> Estado actual por parcelas conservadas.....	49
<b>Tabla 14</b> Total de especies e individuos de flora Nativa, registradas en las parcelas .....	52
<b>Tabla 15</b> Total de especies e individuos de flora introducida, registradas en las parcelas .....	53
<b>Tabla 16</b> Total de especies e individuos en la zona alta y baja de las diez parcelas .....	55
<b>Tabla 17</b> Índices de diversidad de las parcelas altas.....	59
<b>Tabla 18</b> Especies más predominantes en la zona alta de acuerdo con su abundancia relativa (AR), frecuencia relativa (FR) y cociente de mezcla (CM).....	60
<b>Tabla 19</b> Índices de diversidad de las parcelas altas. Se indica en negrita las que mostraron los menores valores .....	61
<b>Tabla 20</b> Especies más predominantes en la zona baja de acuerdo con su abundancia relativa (AR), frecuencia relativa (FR) y cociente de mezcla (CM).....	62
<b>Tabla 21</b> Especies seleccionadas para la restauración de la hacienda Cumbijín .....	66
<b>Tabla 22</b> Parámetros de monitoreo, por criterios e indicadores .....	71

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo A** Salida de campo 1, reconocimiento de la zona objeto de estudio

**Anexo B** Salida de campo 2, delimitación de parcelas zona baja y alta

**Anexo C** Secado de los ejemplares de las 10 especies no identificadas in situ

**Anexo D** Prensado de los ejemplares previo a su identificación

**Anexo E** Reunión de validación de propuesta

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

El Ecuador tiene uno de los ecosistemas más diversos en el mundo, y como parte fundamental de este, se encuentra el recurso ambiental, el cuál es invaluable departiendo en términos de biodiversidad, sin embargo existe una situación de extrema preocupación, principalmente, por las áreas perturbadas que registran el país en los últimos años, que según datos del Ministerio del Ambiente del Ecuador, es la mayor de Latinoamérica en relación a la superficie del mismo (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica (MAE), 2013).

Los ecosistemas andinos brindan valiosos bienes y servicios que son reconocidos en parte por la población local, sin embargo, este ecosistema se encuentra fuertemente amenazado debido a las presiones ejercidas por las poblaciones que lo habitan, causantes por su disminución y en ciertas regiones por su desaparición. Los Andes ecuatorianos albergan una gran población humana lo que provoca que sus ecosistemas naturales sufran gran amenaza y deterioro de los recursos naturales.

Los páramos del Ecuador son grandes extensiones de tierra, abarcan alrededor del 5% de todo el territorio nacional, considerados como un ecosistema con gran multiplicidad en su biodiversidad, tienen gran parte de la fauna y flora magnífica y exclusiva en cada páramo, además poseen encantadores lugares naturales los cuáles son apreciados por propios y extraños (Yanchatipán De la Cruz, 2012).

El páramo es un ecosistema propio de la parte norte de los Andes que comienza aproximadamente a los 3.500 msnm y va hasta el límite con las nieves perpetuas. Su flora y su fauna son únicas en el mundo porque estos seres vivos han tenido que adaptarse a una serie de características ecológicas y climáticas. Desde hace miles de años, la gente también ha sido parte de este ecosistema y lo ha transformado, a veces dramáticamente. En el Ecuador, aproximadamente 500.000 personas viven y dependen directamente de él; en el

páramo la gente tiene ganado y realiza tareas agrícolas. La mayoría de la población del país depende de manera indirecta de los servicios ambientales del páramo (Vargas, 2011)

El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), (2016), indica en la *Estrategia Nacional de la Biodiversidad del Ecuador* que: “La importancia de los Andes como albergue de una gran variedad de especies queda evidente en su flora: el 64% de todas las plantas vasculares registradas en el Ecuador están sobre los 1000 msnm”. En la actualidad, la restauración ecológica, aparece de la necesidad de manejar los recursos naturales en los páramos, de acuerdo con las realidades culturales, sociales y ecológicas locales del Ecuador. Se deben buscar opciones combinadas e imaginativas, así como diversos modelos alternativos y ensayar una y otra vez hasta conseguir los objetivos planteados.

La plantación de árboles maderables como el pino de Monterrey (*P. radiata*), para el aprovechamiento de madera, se ha vuelto muy perjudicial para el páramo, porque restringen el normal desarrollo de los ecosistemas y entregar bienes y servicios ambientales, acorde a la demanda de población de la comunidad de Cumbijín aledaña a la hacienda Cumbijín, ubicada en la del cantón Salcedo , es por eso, que en la actualidad los programas de reforestación son una alternativa de gran interés para restaurar o rehabilitar zonas degradadas (Baquero *et al.*, 2004).

Es por ello que, el presente proyecto tiene como principal objetivo elaborar una propuesta de restauración con bases ecológicas para un área perturbada en la hacienda Cumbijín del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, ya que existe menor número de especies nativas del ecosistema potencial al cual pertenece el arbustal siempreverde montano del norte de los Andes, debido a la presencia de la especie *P. radiata*, siendo muy común en la zona de estudio, tomando en cuenta que en épocas anteriores la población de la comunidad la introdujo para la protección de sus cultivos como cerca viva ante las diversas condiciones climáticas.

## **1.1. Problema Científico**

En el área de estudio de la hacienda Cumbijín del cantón Salcedo, el mayor problema identificado fue la alteración de la cobertura vegetal del ecosistema potencial, ocasionado por la introducción de la especie maderable *P. radiata*; esta actividad modificó las especies de flora nativa, además de disminuir los nutrientes del suelo, provocando deslaves cuando las plantaciones son taladas para su aprovechamiento, en definitiva causan un gran impacto al ecosistema, deteriorando la productividad de las tierras y afectando directamente a los habitantes del sector, que realizaran sus labores agrícolas de forma tradicional (Barba, 2006). Por lo tanto, se detalla la formulación del problema con la siguiente pregunta: ¿Qué criterios ecológicos deben aplicarse en el área perturbada de estudio para su adecuada restauración en la hacienda Cumbijín del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi?

## **1.2. Hipótesis de la Investigación**

Las bases ecológicas obtenidas a partir de la estructura ecológica e índices de diversidad determinan la restauración de un área perturbada por la especie *P. radiata* en la hacienda Cumbijín del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. *Objetivo General***

Elaborar una propuesta de restauración con bases ecológicas para un área perturbada en la hacienda Cumbijín del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi.

### **1.3.2. *Objetivos Específicos***

- Caracterizar el grado de perturbación y estado actual del ecosistema a restaurar.
- Analizar los patrones de estructura ecológica y diversidad de especies del área de estudio.
- Detallar por medio de una propuesta metodológica, los requerimientos y técnicas para la restauración del ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. Estado Actual de la Biodiversidad y Ecosistemas en el Ecuador

El término biodiversidad fue mencionado inicialmente por Edward O. Wilson, en el 1er foro de biodiversidad establecido en el año 1986 por el National Research Council of America (NRC). La biodiversidad es la cantidad, diversidad y variabilidad de organismos vivos que habitan los ecosistemas terrestres, y ecosistemas acuáticos, así como las complicadas relaciones ecológicas que se forman entre ellos; percibiendo la diversidad centralmente en una especie (diversidad de forma genética), entre diferentes especies (diversidad de forma de especies) y entre varios ecosistemas (Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), 1992; Martín-López *et al.*, 2012).

Más de la mitad de los ecosistemas terrestres están dañados por la intervención humana, lo que provoca un riesgo enorme para el bienestar, no sólo del resto de las especies terrestres, sino también para la especie humana: aparición de nuevas enfermedades, pérdida de la calidad del agua, aparición de las llamadas “zonas muertas” a lo largo de las costas, el colapso de los bancos de pesca y cambios climáticos regionales (Martínez, 2001).

Según los datos más actuales, en el Ecuador, la región Litoral conserva 24 tipos de ecosistemas, en la región de Los Andes fueron identificados 45 ecosistemas y para la región de la Amazonía se identificaron 22 tipos de ecosistemas (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica (MAE), 2013).

En el Ecuador, el páramo cubre cerca de las 1.250.000 ha, es decir alrededor de un 6% del territorio nacional según (Medina & Mena, 2001). En términos conexos, el Ecuador es el país que tiene más páramos, en relación con su extensión total; mientras que, Colombia, tiene la mayor extensión de páramos en términos totales, mientras que los restantes países los tienen en simetrías menores (Mena & Hofstede, 2006).

## 2.2. Flora Nativa de Páramos de los Andes

Según los estudios de Luteyn (1999), los sectores del páramo gozan de 3.400 variedades de plantas vasculares y 1.300 especies de plantas no-vasculares. Otro estudio importante de (Sklenár, 2005), confirma que existen alrededor de 3.595 especies de plantas vasculares en el páramo, divididas en 127 familias y 540 géneros, de las cuales 14 son endémicas del norte de los Andes. Los grupos de familias más ricas son: Asteraceae (100 géneros y 710 especies), Orchidaceae (57 géneros y 580 especies), Poaceae (40 géneros y 150 especies), Melastomataceae (12 géneros y 110 especies) y finalmente Bromeliaceae (7 géneros, 100 especies). Los géneros con mayor número de especies son: Epidendrum (105 especies), Espeletia (80 especies), Pleurothallis (80 especies), Diplostegium (75 especies), Miconia (65 especies), Hypericum (55 especies), Monticalia (55 especies) y Baccharis (55 especies) (Van der Hammen, 1986; Van der Hammen & Cleef, 1998).

El área andina presenta mayor nivel de endemismo con un 76%. También, más del 25% del total de especies de plantas endémicas residen exclusivamente en la zona altitudinal entre los 2.500 y 3.000 msnm (Mittermeier *et al.*, 2004); y enfrentan un alto nivel de amenaza; en consideración unas 353 especies (8%) están en *Peligro Crítico de extinción (CR)*, 1.071 (24%) están *En Peligro (EN)* y 2.080 (46%) se creen *Vulnerables (VU)* (León-Yáñez *et al.*, 2012).

Las familias más diversas que conservan las especies endémicas en los páramos ecuatorianos pertenecen a 108 géneros que se agrupan a su vez en 40 familias. Las familias con el mayor número de especies endémicas son Asteraceae y Orchidaceae, (ver Tabla 1). Lamentablemente, el 78% de las especies de plantas endémicas del Ecuador están amenazadas en algún grado y un 32% corren grave riesgo de extinción debido a la deforestación y alteración de su hábitat (León-Yáñez, 2011).



**Tabla 1**

*Las familias de los páramos ecuatorianos con el mayor número de especies endémicas*

<b>FAMILIAS</b>	<b>NÚMERO DE ESPECIES ENDÉMICAS</b>	<b>PORCENTAJE DE ESPECIES ENDÉMICAS DEL PÁRAMO</b>
Asteraceae	45	16,13
Orchidaceae	44	16,12
Gentianaceae	25	9,16
Poaceae	18	6,59
Melastomataceae	12	4,40
Bromeliaceae	11	4,03
Campanulaceae	11	4,03
Berberidaceae	8	2,93
Brassicaceae	8	2,93
Fabaceae	8	2,93
Geraniaceae	8	2,93
Scrophulariaceae	8	2,93
Caryophyllaceae	6	2,20
Lycopodiaceae	6	2,20
Solanaceae	6	2,20

*Nota.* Fuente: (León-Yáñez *et al.*, 2012)

A nivel de género, también llama la atención el alto porcentaje de endemismo de *Gentianella* (Gentianaceae), seguido por *Draba* (Brassicaceae) y *Epidendrum* (Orchidaceae) (Tabla 2).

**Tabla 2**

*Los 10 géneros con mayor número de especies endémicas en los páramos ecuatorianos*

<b>GÉNERO (FAMILIA)</b>	<b>NÚMERO DE ESPECIES ENDÉMICAS</b>	<b>PORCENTAJE DE ESPECIES ENDÉMICAS</b>
<i>Gentianella</i> (Gentianaceae)	20	7.17
<i>Draba</i> (Brassicaceae)	11	3.93
<i>Epidendrum</i> (Orchidaceae)	10	3.58
<i>Lysipomia</i> (Campanulaceae)	9	3.23
<i>Berberis</i> (Berberidaceae)	8	2.87
<i>Puya</i> (Bromeliaceae)	8	2.87
<i>Geranium</i> (Geraniaceae)	8	2.87
<i>Brachyotum</i> (Melastomataceae)	8	2.87
<i>Lepanthes</i> (Orchidaceae)	8	2.87
<i>Gynoxys</i> (Asteraceae)	6	2.15
<i>Lupinus</i> (Fabaceae)	6	2.15

*Nota.* Fuente: (León-Yáñez *et al.*, 2012)

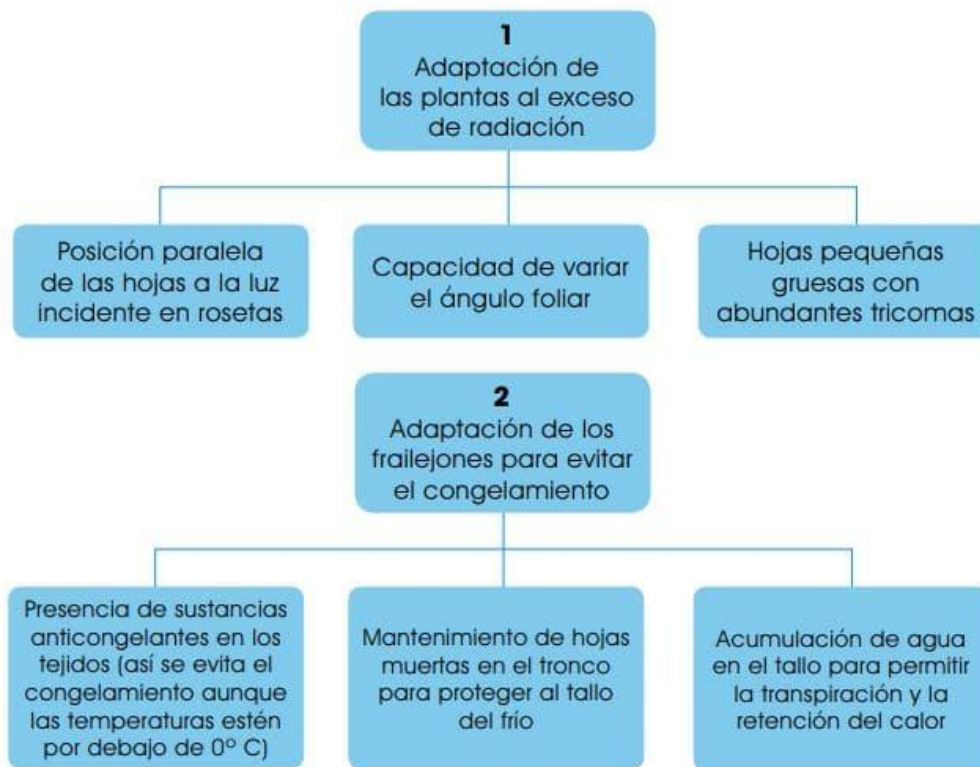
Si se examina la distribución de especies endémicas por provincia, el mayor número de especies se localiza en la provincia de Pichincha (94), seguida por las provincias de Azuay (89), Loja (83) y Chimborazo (82); después están las provincias de Napo (65) y Cotopaxi (50).

Las plantas para poder existir en unos ambientes privativos de la alta montaña de los Andes (Figura 1), se han adecuado y han avanzado en estas dos direcciones (OVACAN, 2018):

- Se protege de los altos niveles de radiación solar incidente.
- Se protege de las temperaturas congelantes, todos los días en las primeras horas del día y durante la noche.

## Figura 1

*Ambientes privativos en los páramos de los Andes*



*Nota.* Adaptado de *Páramo; Clima, flora, fauna y características*, por OVACAN, 2018 (<https://ecosistemas.ovacen.com/bioma/paramo/>).

### 2.3. Restauración Ecológica

La restauración como concepto, ha sido incluida en la normativa forestal ecuatoriana. Dentro del Código Orgánico del Ambiente, se menciona el concepto de restauración, conceptualizado como el “conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propicien la evolución de los procesos naturales y mantenimiento de servicios ambientales” (Código Orgánico del Ambiente, 2017).

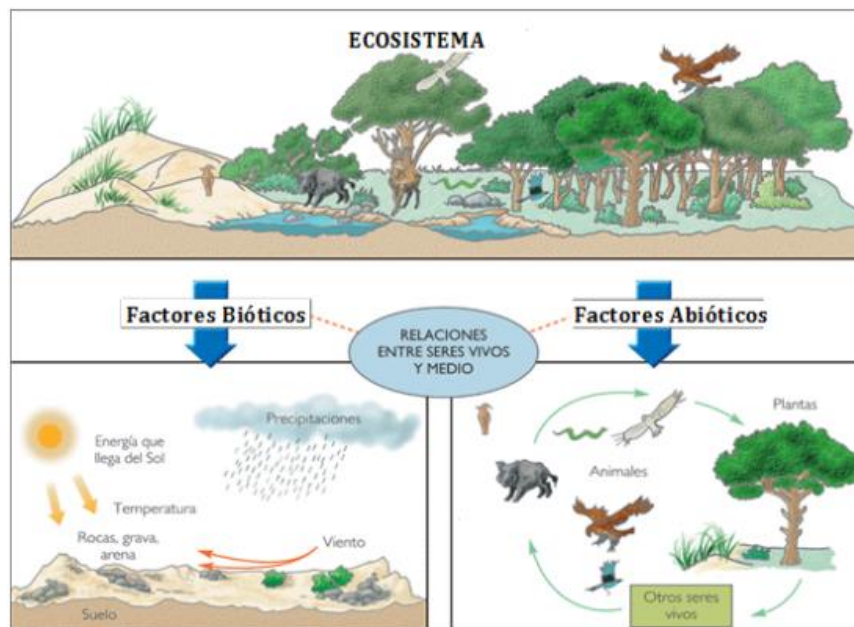
Por otro lado, la Ecología de la Restauración (ER), el campo de la ciencia asociado con la Restauración Ecológica (RE) surgió a mediados de los años 80 cuando Jhon Aber y William Jordan, profesores de la universidad de Wisconsin, reconocieron que, aunque la degradación de los ecosistemas continúa de forma acelerada, no existe una “Ciencia de la salud de la Tierra”. Estos investigadores propusieron que la Ecología de la Restauración proporcione un

marco para el estudio sistemático de la restauración y para la reconstrucción de comunidades y ecosistemas (Young *et al.*, 2005). En la actualidad, la Ecología de la Restauración provee conceptos, modelos, metodologías y herramientas para la práctica de la restauración ecológica.

La restauración ecológica existirá siempre con un ecosistema, donde está formada por dos componentes, el biótico (ambiente que sostiene conjunto de poblaciones de especies vegetales y animales que habitan una determinada región) y el abiótico (interacciones entre los seres vivos y el medio que componen el suelo, el medio atmosférico o acuoso, la hidrología, el clima, el relieve y la orientación topográfica, y los regímenes de nutrientes y salinidad), como se muestra la Figura 2. Existen ecosistemas naturales, que se trata de los procesos naturales y de integra de forma individual; y los ecosistemas culturales que contiene aspectos que se han perfeccionado bajo la influencia de procesos naturales y la distribución es atribuida por el ser humano (Ministerio del Ambiente de Colombia (MAC), 2001; Aguirre *et al.*, 2013)

**Figura 2**

*Sistema ecológico y las interacciones entre el medio biótico y abiótico*



*Nota.* Adaptado de *Guía para la restauración ecológica en los páramos del Antisana* (p. 7), por Aguirre *et al.*, 2013.

Para la implementación de un diseño de restauración ecológica se deben conocer las características ecológicas del bosque, así como el estado actual de conservación de este, para determinar los fragmentos de bosque que se deben restaurar (Aguirre *et al.*, 2013). Para lograr tener un conocimiento del estado de una comunidad vegetal, es necesario realizar un análisis estructural con el propósito de valorar sociológicamente una muestra y establecer una categoría en la asociación (Alvis Gordo, 2009).

Las metodologías de restauración deben incorporar una variedad de perspectivas y referencias ecológicas que permitan que la restauración sea parte de un proceso dinámico continuo, considerando varias restricciones críticas de los ecosistemas, tales como cambios catastróficos, umbrales y estados estables alternativos (Reis *et al.*, 2010). En este sentido existen diferentes estrategias y prácticas para la restauración, y para definirla es importante considerar el enfoque de restauración establecido, el uso al que se destinará al área posteriormente, el objetivo de restauración y los resultados del diagnóstico del sitio.

#### **2.4. Diagnóstico Ecológico**

Se define al diagnóstico ecológico, como la caracterización de los problemas ambientales, la identificación de estos, sus causas y efectos de esos problemas graves para el ecosistema (López *et al.*, 2016).

El diagnóstico ecológico o ambiental permite establecer el impacto ocasionado sobre los elementos ambientales como tal: el aire, agua, suelo, factores culturales, etc. y que están implicados en el normal perfeccionamiento de una empresa (Gallo, 2012).

Es el primer paso obligatorio para analizar la situación ecológica de una organización, se consigue identificar los factores ambientales de las actividades y cómo son gestionados (Alcaldía de El Peñol, 2011).

De acuerdo con (López *et al.*, 2016), para realizar un diagnóstico oportuno se requiere de:

- Recabar información científica de fuentes primarias que sean consistentes y rigurosas.

- Estudio científico de las distintos componentes que forman dicho ecosistema con sus unidades físicas, biológicas, humanas y su interrelación en el medio ambiente.

## **2.5. Contexto General Relacionado con la Restauración Ecológica en el Ecuador**

La restauración ecológica es un concepto comparativamente nuevo en el país, existen evidencias de su uso y su orientación en la década de los 70. Tenemos a Acosta Solís, (1974), que en uno de sus tratados precisa a la rehabilitación ecológica como la restitución de Recursos Naturales en el cual se han desatendido, destruido o degradado, en donde constan los elementos de cómo es la recuperación de suelos erosionados, la renovación de fuentes hídricas, la reforestación y la repoblación de arbustos.

El Ecuador cuenta con instrumentos legales y políticos adecuados para soportar procesos de restauración. El Estado a través de la Constitución Política de la República del Ecuador del año 1998, garantiza a favor de las personas el *Derecho a la Naturaleza*, donde en estos momentos son parte primordial de los derechos sobre los recursos naturales renovables y no renovables, componente principal de la soberanía nacional (Constitución de la República del Ecuador, 2008). En la actualidad, la carta magna dentro de sus reformas establecidas en el año 2008 en Montecristi instauró que la naturaleza es sujeto de derechos y que todas las personas pueden ser partícipes de este derecho. Por lo tanto, dentro de la Constitución Política de la República Ecuador existen algunos artículos importantes para la protección y restauración ecológica, que se mencionan a continuación:

- *Derecho que tiene la naturaleza a la restauración (Art. 72)*, donde el Estado establecerá mecanismos eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará medidas para eliminar o mitigar consecuencias ambientales nocivas (Constitución de la República del Ecuador, 2008).
- *Medidas de precaución y restricción (Art 73)*, para actividades que puedan conducir a la extinción de especies, destrucción de ecosistemas y alteración permanente de los ciclos naturales (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

- *Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades (Art. 74)*, tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir. Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado (Constitución de la República del Ecuador, 2008).
- *La conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos (Art. 411)* (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

El Art. 395 de la Constitución de la República del Ecuador establece cuatro principios ambientales que constituyen los pilares de la Estrategia Nacional de Biodiversidad (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), 2016):

- 1) El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas.
- 2) Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.
- 3) El Estado garantizará la participación y permanencia de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.
- 4) En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

Constantes con estos principios, el Art. 14 de la Constitución de la República del Ecuador expresa el interés público de la conservación de la biodiversidad, la subsistencia del ecosistema y la integridad del patrimonio genético ecuatoriano, y sobre todo a la recuperación de las zonas naturales perturbadas; y, de carácter más concreta, el Art. 400

declara de interés público la preservación de la biodiversidad y todos sus elementos, específicamente la biodiversidad agrícola, silvestre y el patrimonio genético del país.

## **2.6. Páramos y su Entorno**

Según Medina *et al.*, (2000), la palabra páramo procede del latín *paramus*, significando llanos, connotación bien diferente a la actual. La voz se considera de origen celta y en España denominaba las mesetas semidesérticas y áridas de Castilla, en contraposición a las regiones fértiles más bajas.

La definición de páramo por Morales & Estévez, (2006), “*Los páramos son espacios de nieblas, lloviznas y nubes adheridas a las rocas y al viento. Lugares encubiertos, sombríos, ignotos, donde los horizontes se multiplican y la totalidad se hace patente.*”. Los páramos desempeñan con trascendentales funciones de desarrollo natural, desarrollo cultural y crecimiento económico, estos proporcionan variados servicios dentro del ecosistema, concerniente con su capacidad de impedir, acaudalar y regular los flujos hídricos superficiales y subterráneos (Ministerio del Ambiente de Colombia (MAC), 2001; Vargas *et al.*, 2007).

Los páramos son ecosistemas inconsistentes sujetos por una vegetación herbácea y arbustiva; se sitúan sobre los 3.000 y 5.000 msnm, a lo largo de los Andes húmedos entre Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela, con extensiones hasta Costa Rica y Panamá (Hofstede *et al.*, 2014)

Las clases de páramos en el Ecuador, según Bernal *et al.*, (2009), se detallan a continuación:

- a) *Páramos interandinos*: Ubicados sobre estructuras montañosas centrales, delimitados por valles longitudinales paralelos, como en el caso de los situados sobre la Cordillera Central y algunas islas de los Andes Ecuatorianos.
- b) *Páramos de exposición oriental*: Ubicados sobre las cumbres del eje Oriental Andino, sometidos a la influencia de procesos dinámicos de las selvas y sabanas septentrionales de Suramérica.



- c) *Páramos de exposición occidental*: Localizados sobre las crestas más enhiestas del eje occidental andino, bajo la influencia de litorales semisecos y áreas selváticas lluviosas con incidencia de meteoros del pacífico ecuatorial.
- d) *Páramos de exposición norte*: Ubicados sobre las crestas más septentrionales de los andes, expuestos a una acción estacional de los vientos alisios del NE y circundados por una ola seca en el norte de Suramérica.
- e) *Páramos de exposición mixta*: Conjunto de Páramos que reciben una acción cambiada de las formas de exposición antes expuestos y que se sitúan indistintamente sobre cualquiera de los ejes cordilleranos

Los páramos tienen gran importancia para el ecosistema según Baquero *et al.*, (2004), que se detalla a continuación:

- Los páramos tienen un significativo cuantía científica y ecológica por su flora, fauna endémica y su paisaje insuperable, es decir tiene una integración ecológica.
- Desempeñan un trascendental rol en la producción pecuaria, agrícola, y forestal, lo cual figura una función socioeconómica.
- La representación histórica del uso y quehacer del suelo en el país concibe, que en el páramo en la actualidad los actores que aprovechan este sitio geográfico estén concentrados entre pequeños y grandes propietarios, generándose un uso extensivo de los recursos como la subutilización y la sobreutilización.
- Esta importante zona hasta la actualidad no ha sido valorada en las dimensiones enunciadas por ninguno de los actores de los cuales depende su aprovechamiento productivo y conservación, lo cual ha generado un manejo sin planificación y normativas, especialmente por parte del Estado, que han llevado a su deterioro y la tendencia hace prever fuertes impactos ambientales, sociales y económicos tanto a su interior como al contexto global nacional.

Para la restauración, conservación y protección de los páramos andinos como parte integral del ecosistema, se requiere de levantamiento de información relevante local a nivel de microcuenca, niveles en que se obtengan las características del régimen hidrológico con sus

componentes de estudio como el uso, cobertura, suelo y morfologías detectadas. Por lo tanto, el proceso de recuperación natural del páramo requiere mucho tiempo y los daños ambientales por quema repetida y pastoreo en estas zonas por largo plazo (Aguirre *et al.*, 2013; Morales & Estévez, 2006; Eguiguren & Ojeda, 2009).

## **2.7. Ecosistema Arbustal Siempreverde Montano del Norte de los Andes**

Es un ecosistema discontinuo ubicado en quebradas y áreas de difícil acceso con pendientes de hasta 60°. Se encuentra en las vertientes internas y laderas occidentales montañosas húmedas de la cordillera de los Andes. Se caracteriza por estar compuesta de vegetación sucesional, donde los bosques montanos han sido sustituidos por cultivos entre los cuales quedan remanentes formados por una vegetación arbustiva alta de dosel muy abierto de aproximadamente 5 m y sotobosque arbustivo hasta 2 m, compuesta de un conjunto característico de especies andinas, entre ellas algunas espinosas. La composición florística no muestra diferencias entre los arbustales montanos de la cordillera oriental y los de la cordillera occidental de los Andes; sin embargo, debe ser estudiado con más detalle para una adecuada clasificación de este ecosistema (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica (MAE), 2013).

## **2.8. Perturbaciones de los Ecosistemas de Páramos Andinos en el Ecuador**

Las perturbaciones inquietan la dinámica de los ecosistemas en todos los niveles de organización, desde individuos, urbes, comunidades, hábitats y paisajes (Vargas, 2000).

Menciona también Vargas & Velasco, (2011), que las perturbaciones son acontecimientos que provocan variación en la estructura y características del ecosistema. Las perturbaciones pueden ser naturales como terremotos, incendios, inundaciones entre otras; y antrópicos los cuales son estimulados por actividades como la agricultura y ganadería.

Actualmente los páramos tienen un ecosistema sometido a una influencia grande humana con un régimen de perturbaciones que tiene dos factores tanto naturales como antrópicos. Los

factores naturales, a gran escala, se exteriorizan sucesos adversos que altean la base ecológica y trastornan los componentes de permanencia y liberación de las especies, como los grandes fenómenos físicos de deriva continental, tectónica de placas como el levantamiento de los Andes, así como los ciclos glaciales y el constante aislamiento de los páramos en islas biogeográficas (Cleef, 1981).

Otras perturbaciones naturales existentes en los páramos pueden ser: las lluvias, erosión, vientos, heladas y los producidos por animales. Dentro de los disturbios antrópicos que se forman en el páramo son: el fuego, ganadería, agricultura, minería a cielo abierto como la explotación de carbón, oro, entre otros, y los viveros de especies exóticas como los pinos, acacias y eucaliptos, también posibles obras civiles como carreteras, oleoductos y embalses, oleoductos, especies invasoras como el pasto kikuyo, falsa y posible cacería de animales nativos (Vargas, 2008)

Las principales perturbaciones antrópicas se presentan en los bosques secos del sur de la Costa y Sierra del Ecuador constantemente se han enfrentado a las presiones de deforestación, agricultura y ganadería (Mongabay, 2018). Las primordiales perturbaciones en los páramos son la agricultura y ganadería: las actividades humanas agropecuarias tienen el efecto más rápido y drástico de todos los tipos de perturbación estudiados sobre este tipo de ecosistemas (Benavides, 2014).

Las plantaciones de especies forestales como pinos (*P. patula* y *P. radiata*) tienen un gran impacto en el páramo ya que destruyen completamente la vegetación y el suelo (Hofstede *et al.*, 1998). La agresividad de las especies introducidas puede causar cambios drásticos en la estructura y composición de los ecosistemas, o influenciar el ciclo hídrico de los páramos, como es el caso de las especies de pino y eucalipto que por su rápido crecimiento y profundo sistema de raíces demandan grandes cantidades de agua superficial y subterránea (Bièvre, *et al.*, 2011).

Otro aspecto de conocer es la invasión de especies al páramo es el resultado de todo el conjunto de disturbios por quemas, agricultura, ganadería y cimentación de carreteras. Las especies invasoras son aprovechadas de las perturbaciones y al localizar áreas abiertas las repueblan ágilmente, ejemplo de ello es el retamo espinoso que amenaza principalmente los páramos secos. Otros como los Pastos invasores registrados actualmente son el kikuyo

(*Pennisetum clandestinum*) y la falsa poa (*Holcus lanatus*) y en poca cantidad la yaragua (*Melinis minutiflora*) (Vargas *et al.*, 2007).

## 2.9. Plantaciones de *P. radiata* en Ecuador

En Ecuador las plantaciones forestales principiaron a ser determinadas a finales del año 1800, y con los ensayos forestales a partir del año 1920, fueron elegidas e inciertamente sembradas las especies que se desarrollaban mejor en sus ambientes. El *P. radiata* o de Monterrey fue una de las variedades seleccionadas por su viabilidad de evolución rápida en la zona de la Sierra; y esta especie comenzó a ser plantada en grandes extensiones entre la década los 70 y continuó así, bajo varios programas del gobierno encaminados al fomento de la forestación (Ecuador Forestal, 2013).

En el caso de las plantaciones desarrolladas en Ecuador, varios programas de forestación se han orientado en metas económicas y financieras, tal como la obtención de madera y el aporte al sector forestal con la finalidad de producir internamente y de exportarla adecuadamente; en otras zonas, estos programas definieron metas biofísicas, conteniendo la vigilancia de la erosión y el secuestro de carbono, y también efectos mucho más generales tales como la producción de “bienes y servicios”. Posteriormente, en otras áreas de influencia, no fueron metas económicas y financieras, ni tampoco las biofísicas, sino fueron la meta la forestación, tenemos los principales programas de forestación, ver la tabla siguiente:

**Tabla 3**

*Principales programas de forestación en el Ecuador*

INICIATIVA	ÉPOCA	METAS
Primeras plantaciones	Finales de 1800	Abastecimiento de leña y madera control de la erosión
Pruebas forestales	1920	Producción de madera
Primeros programas auspiciados por el MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería)	1970	No especificadas

Convenios de Participación	1980	Incremento de un recurso renovable. Producción de “bienes y servicios”
FONAFOR (Fondo Nacional para la Forestación) / Plan Bosque	1980	Madera para la exportación
BID (Banco Interamericano de Desarrollo)	1980	Manejo de tierras de baja productividad. Revitalización de los programas forestales por parte del gobierno
PLANFOR (Plan Maestro de Forestación)	1990	Promoción de la reforestación
PROFAFOR (Programa FACE de Forestación)	1990	Secuestro de carbono

*Nota.* Fuente: (Mena *et al*, 2021)

La presencia del *P. radiata* en nuestro país es relativamente reciente, Originario de California, Estados Unidos, fue introducido al Ecuador en 1905, pero la primera plantación real dada en el páramo de Cotopaxi fue en 1941; por lo que desde esa época se esparció a todo el Ecuador y muchas plantaciones actuales están cubiertas con el pino.

Posteriormente luego del eucalipto, el *P. radiata* es la segunda especie plantada en la sierra de Ecuador de alta capacidad productiva que progresa en suelos de textura media con pH desde ácido a neutro y con buen drenaje. Alrededor de 1.800 a 3.500 m.s.n.m., con una precipitación de 800 a 1.300 mm y una temperatura de 11 a 17°C (Ecuador Forestal, 2013). En la sierra, es prevalecta para la reforestación con fines comerciales debido a su adaptación rápida, rentabilidad y crecimiento sostenido (MAE, 2015, p.42).

## 2.10. Criterios y Técnicas de Restauración Ecológica

No es correcto utilizar la restauración ecológica como reforestación ya que es justificada únicamente en terrenos sin vegetación natural, donde se requiere una recuperación del suelo en corto plazo; esta técnica es considerada favorable para la estabilización y protección de

la tierra; al mismo tiempo, que permite obtener beneficios de los productos forestales como la madera, leña entre otros (Beek & Sáenz, 1992).

Existen varios criterios para seleccionar áreas o parcelas para restaurarlas y así tener un éxito en el proyecto a ejecutar, tenemos las siguientes:

- **Criterio de accesibilidad:** Se debe asemejar sitios que tengan la misma accesibilidad, cabe señalar, que conserven vías o caminos de acceso, ya que esto permitirá el cumplimiento del proyecto, donde se acceda el transporte de recursos y consecutivamente realizar un monitoreo (Vargas, 2007).
- **Criterio de referencia:** Es de gran importancia para el restablecimiento de ecosistemas, porque nos sirven como una guía o pasos para la restauración del ecosistema perturbado; y, asimismo, establecer las especies que se utilizará en las estrategias de restauración (Vargas, 2011).
- **Criterio ambiental:** En este elemento se reflexiona la parte ambiental como la priorización de hábitat para la preservación o restauración, esto se refiere a la apariencia de humedal, especies vegetales, bosque nativo, es decir, a la protección de la diversidad biológica (González *et al*, 2016).
- **Criterio económico:** Un proyecto tenga éxito en el cumplimiento, conteniendo el riesgo, liquidez y la rentabilidad para construir el presupuesto de inversión que se posea al iniciar se pueda culminar toda la investigación (Gomes *et al.*, 2018).
- **Criterio social:** Se debe pensar a la población humana, pueden ser asociaciones que se favorecieran del cumplimiento del proyecto o se ayudará a resolver un problema o conflicto que posea la sociedad (Gomes *et al.*, 2018).

Existen diversas técnicas de restauración utilizadas en diversos ecosistemas, no obstante, las principales se indican a continuación:

- **Introducción de especies nativas:** La selección de especies es el paso inicial para llevar a cabo esta técnica, hay que considerar especies nativas del lugar para evitar introducir alguna especie invasora. Se debe analizar la densidad y la distribución heterogénea en el espacio, ya que esto contribuye en la sucesión natural y aumenta en la efectividad del establecimiento de las especies en el área (Cabrera & Ramírez, 2014).
- **Traslación de suelo:** La perturbación como el sobrepastoreo, quema, y minería trastornan las tipologías físicas del suelo y con ello sobresalta a los organismos en su hábitat, para ello y consiste en trasladar tapetes de suelo de un páramo, y este proceso es lento pero efectivo por el transporte semillas, musgo, y organismos que permiten la recuperación de un páramo alterado (Vargas & Velasco, 2011).
- **Regeneración natural:** Es una restauración pasiva en la que coexisten dos tipos: la primera asistida en la cual actúa el ser humano para apoyar en la regeneración natural del ecosistema alterado y no asistida en que el ecosistema se restaura por sí mismo (Ramírez, 2015).
- **Aislamiento del sitio:** Esta técnica radica en circundar el área a restaurar, con pilotes de madera y alambre de puya o cualquier otro material que aproveche de barrera para el ingreso del ganado, evitando la contaminación y compactación del suelo (Vargas & Velasco, 2011).
- **Expansión de plantas Nativas:** En viveros comerciales no ocasiona plantas nativas, lo cual la elaboración de estas plantas es dificultosa cuando se quiere realizar una restauración de la vegetación (Vargas & Velasco, 2011).

## **2.11. Beneficios de Restauración de Ecosistemas Arbustal Siempreverde Montano del Norte de los Andes**

Arbustal siempreverde montano del Norte de los Andes son bosques bajos, con un dosel de 10-15 m de altura, donde normalmente son exclusivos a zonas de topografía escabrosa y montañas con pendientes que van desde muy sesgadas a empinadas (15-87°), según la categorización geomorfológica de Demek, (1972). Existiendo recubiertas de una gran

variedad de formaciones geológicas, en este ecosistema coexisten algunas variedades vegetales especializadas por la alta dominancia de una o varias especies.

Los bosques de montaña presentan una combinación peculiar de humedad, temperatura, geomorfología e historia evolutiva que determinan una altísima diversidad florística a diferentes escalas. Los procesos evolutivos a escala continental y regional, las características geomorfológicas, los tipos de suelos subyacentes, la variación en los patrones de precipitación, la fragmentación de hábitats y el gradiente de temperatura han creado un ambiente idóneo para la diversificación y mantenimiento de las especies registradas en los bosques montanos del Ecuador (Stadmiiller, 2012). Razón por la cual se ha convertido en uno de puntos calientes para la biodiversidad (Myers, 2003).

Las epífitas de las familias Orchidaceae y Bromeliaceae son grupos especialmente diversos y abundantes en los sectores de montaña, así como las hepáticas y briofitas que colaboran de forma especial a la generación de recursos hídricos convirtiendo a los ecosistemas de vertientes en una de las zonas más importantes en la prestación de servicios ambientales (Balslev & Øllgard, 2002).

## **2.12. Cuantificación de Diversidad y Estructura**

El mantenimiento de la armonía de los estratos del ecosistema a restaurar y las interacciones necesarias para el desarrollo de la variabilidad de especies, requiere evaluar la diversidad real del área de estudio y esto se consigue por medio de los siguientes índices:

- **Índice de Margalef**

Los índices propuestos para medir la riqueza de especies, de manera independiente al tamaño de la muestra, se basan en la relación entre S (número de especies) y N (número total de individuos observados), que se incrementa con el tamaño de la muestra (Margalef, 1951).



- **Índice de Diversidad de Shannon-Wiener**

Mide el contenido de información por símbolo de un mensaje compuesto por S clases de símbolos discretos, este índice relaciona el número de especies con la proporción de individuos pertenecientes a cada una de ellas presente en la muestra (Moreno, 2001).

- **Índice de Diversidad de Simpson**

Expresa la probabilidad compuesta de que dos individuos extraídos al azar de una comunidad; si dicha probabilidad es alta la comunidad es poco diversa (Moreno, 2001).

- **Índice de Equidad de Pielou**

Mide la proporción de la diversidad observada en cada estación con relación a la máxima diversidad esperada (Moreno, 2001).

- **Abundancia Relativa**

Hace referencia al número de individuos por 400 m<sup>2</sup> y por especie en relación con el número total de individuos. La abundancia relativa es la proporción de los individuos de cada especie en el total de los individuos del ecosistema (Alvis Gordo, 2009).

- **Frecuencia Relativa**

Permite determinar el número de parcelas donde se registra una determinada especie, con relación al total de parcelas inventariadas, o existencia o ausencia de una determinada especie en una parcela. La frecuencia relativa de una especie se determina como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies (Alvis Gordo, 2009).

- **Cociente de Mezcla (CM)**

Es el indicador de la homogeneidad o heterogeneidad del bosque, relacionando el número de especies y el número de individuos totales. El Cociente de Mezcla permite tener una idea

general de la intensidad de mezcla, es decir, de la forma como se distribuyen los individuos de las diferentes especies dentro del bosque (Alvis Gordo, 2009).

# CAPITULO III

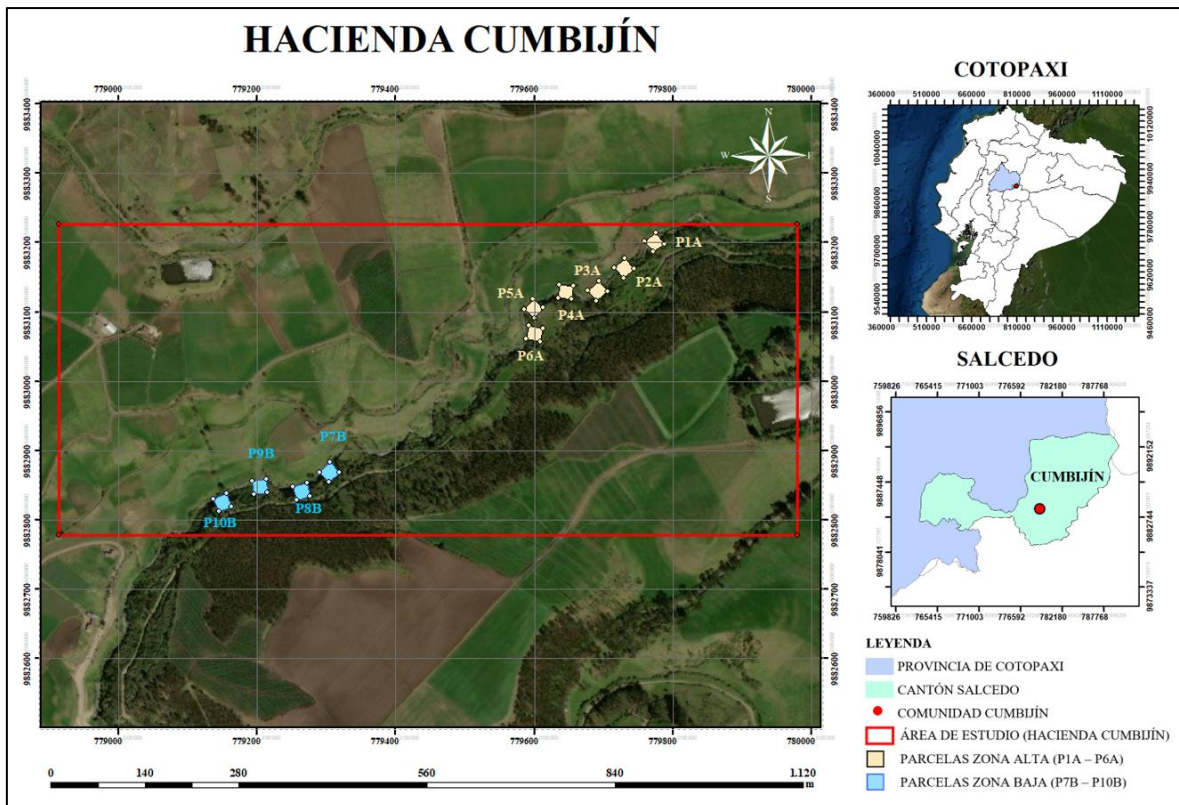
## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Localización del Área de Estudio

El sector Cumbijín se encuentra asentado en la cordillera occidental del Cotopaxi, perteneciente a la parroquia San Miguel del cantón Salcedo, a una altura entre 3100 a 3300 msnm, la hacienda Cumbijín posee una extensión de 106 has., se encuentra en las coordenadas X: -78,493855, -78,484284, -78,484281, -78,493852; Y: -1,055467, -1,055459, -1,059517, -1,059525 y limita al norte: Páramos de la Comuna de Sacha, sur: Comuna Galpón, este: Comuna Sacha y oeste: Comuna Chambapongo (ver Figura 3).

**Figura 3**

*Ubicación geográfica de la hacienda Cumbijín*



### **3.1.1. *Características del área de estudio***

La comunidad Cumbijín cuenta con un clima Mesotermico Semihumedo/seco, presentando en los meses de marzo y septiembre las temperaturas máximas y en los meses de junio y julio las mínimas temperaturas con una media anual de 14,1°C y amplitud térmica de 2,3 °C; mientras que las precipitaciones máximas se presentan en los meses de abril y noviembre (864 mm), las precipitaciones mínimas en los meses de julio y agosto (383 mm), con un promedio de 556 mm al año (Chango Pastrano, 2018).

El 60 % de sus suelos son negros, profundos, sueltos e impermeables, permitiendo mantener la humedad, son tierras fértiles: Cumbijín, Galpón, Chambapongo, Papahurco, Tuaylín, Chanchaló, Chanchalito, Palama, Rumiquincha, Yanahurco, Atocha, La Providencia, La Compañía (Alarcón, 2014).

Además, una de las áreas más afectadas por los vientos es Cumbijín, al situarse en la cordillera occidental, ya que los vientos varían desde los 30 a 50 km/h. Con respecto a la hidrografía a nivel provincial, Cotopaxi se destaca por ser un territorio de extremada importancia hídrica debido a que posee las cabeceras de las cuencas hídricas más importantes del país, sin embargo, debido a los disturbios generados por la ganadería y deforestación, varios de los caudales de las microcuencas han ido disminuyendo, en el caso de la hacienda Cumbijín, la quebrada a analizar solo posee un caudal hídrico en la temporada de lluvias (GAD Municipal del Cantón Salcedo, 2015).

## **3.2. Tipos de Investigación**

El presente proyecto aplica como principal tipo de investigación:

### **3.2.1. *Investigación Descriptiva***

Este tipo de investigación describe el diagnóstico del estado actual de la diversidad de especies nativas e introducidas presentes en el ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes de la hacienda Cumbijín, permitiendo elaborar una

propuesta de restauración a largo plazo para recuperar la estructura, composición, función y servicios ecosistémicos a través de un inventario de especies florísticas nativas.

Además, el proyecto está sujeto a los siguientes tipos de investigación:

### **3.2.2. *Investigación Bibliográfica-Documental***

Con este tipo de investigación se profundiza en cada tema teórico a través de la revisión de diferentes recursos bibliográficos como: libros, revistas científicas, artículos científicos, videos y otros recursos, que facilito registrar de forma ordenada los datos relativos para conocer el estado actual de perturbación del ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes. Este tipo de investigación fue utilizada para establecer el fundamento teórico del trabajo de estudio propuesto.

### **3.2.3. *Investigación de Campo***

Se realizan observaciones directas en la hacienda Cumbijín, permitiendo realizar la medición de la superficie *in situ* y aplicar los índices de biodiversidad en las diez parcelas de acuerdo con la realidad del ecosistema y su perturbación en la zona alta y baja del área objeto de estudio, con la práctica realizada se recolectó información para conocer la abundancia y frecuencia relativas en relación con las especies vegetales nativas e introducidas.

## **3.3. Métodos de Investigación**

Para el desarrollo del proyecto de investigación se utilizan los métodos de observación, medición y sistemático. La observación como instrumento de análisis facilita la observación directa del objeto de investigación. La medición comprende el conteo, comparación y valoración de un objeto. El sistemático permite el estudio de las formas del objeto y su relación en forma de sistema (Rodríguez, 2015).

### **3.3.1. *Método de Observación***

Para la caracterización del estado actual y grado de perturbación del sector del bosque en estudio, el método de observación, permite recorridos in situ, para identificar las perturbaciones antrópicas e inventarios de la cantidad de especies que han sido capaces de resistir ante episodios de degradación antrópicas en cada una de las parcelas de la hacienda Cumbijín; permitiendo analizar el estado actual del ecosistema, sus recursos hídricos, forestales, su fauna y flora del área objeto de estudio.

Este procedimiento, también permite reuniones con el propietario de la hacienda Cumbijín, para tener una visión de las características del lugar de investigación, ratificando en conocer de manera preliminar: la población, nivel de organización, recursos, aspectos sociales, políticos y culturales.

### **3.3.2. *Método de Medición***

El objetivo del método de medición es obtener información numérica acerca de una propiedad o cualidad del objeto, proceso o fenómeno, donde se comparan magnitudes medibles y conocidas. A través de este método se midieron y establecieron valores numéricos para las variables establecidas por cada objetivo, los mismos que sirvieron para calcular parámetros de la estructura ecológica para el área perturbada en la hacienda Cumbijín.

### **3.3.3. *Método Sistemático***

En este estudio se analizó una serie de variables que se interrelacionan entre sí para poder determinar el grado de perturbación y entender la distribución de las especies en función de los índices de cada parcela ubicadas en las zonas baja y alta. Este método sistemático incluye el estudio de varias bases ecológicas que ayudan a tomar decisiones para futuras acciones de restauración como contribución a la conservación de la biodiversidad (sitios perturbados, estructura, diversidad, biomasa).

### 3.4. Matriz Metodológica

**Tabla 4**

*Matriz metodológica*

OBJETIVO	PREGUNTA	METODOLOGÍA	TÉCNICA	HERRAMIENTA
Caracterizar el estado actual y grado de perturbación del ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes en estudio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Cómo se encuentra el estado actual del ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes de la hacienda Cumbijín?</li> <li>- ¿Cuáles son los grados de perturbación por parcelas de acuerdo con la zona baja y alta?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observación <i>in situ</i></li> <li>- Medición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Búsqueda de información en libros, revistas y artículos científicos, videos e imágenes y otros medios</li> <li>- Diseño y muestreo de parcelas en la zona baja y alta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biblioteca virtual de la Universidad Estatal Amazónica</li> <li>- Internet</li> </ul>
Valorar los patrones de estructura ecológica y diversidad de especies del ecosistema en estudio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Qué parcelas indicaron mayor índice de diversidad según la zona baja y alta?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observación</li> <li>- Medición</li> <li>- Sistémico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visitas al área de estudio</li> <li>- Diseño y muestreo de parcelas en la zona baja y alta</li> <li>- Registro de especies recolectadas e identificadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- GPS y herramientas para relazar la delimitación de parcelas</li> <li>- Bitácora de registro: zona baja/alta, N° de parcela, N° de especie, frecuencia</li> <li>- Internet</li> </ul>
Diseñar los componentes y técnicas para la restauración del ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Cuáles fueron los componentes para la restauración del ecosistema en estudio?</li> <li>- ¿Para realizar la restauración del ecosistema arbustal siempreverde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observación</li> <li>- Medición</li> <li>- Sistémico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Registro de especies nativas del área objeto de estudio</li> <li>- Propuesta de restauración para el ecosistema arbustal siempreverde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bitácora de registro: zona baja/alta, N° de parcela, N° de especie, frecuencia</li> <li>- Internet</li> </ul>

---

montano del norte	montano del
de los Andes que	norte de los
técnicas se	Andes
aplicaron?	

---

### 3.5. Muestreo y Diseño de las Parcelas

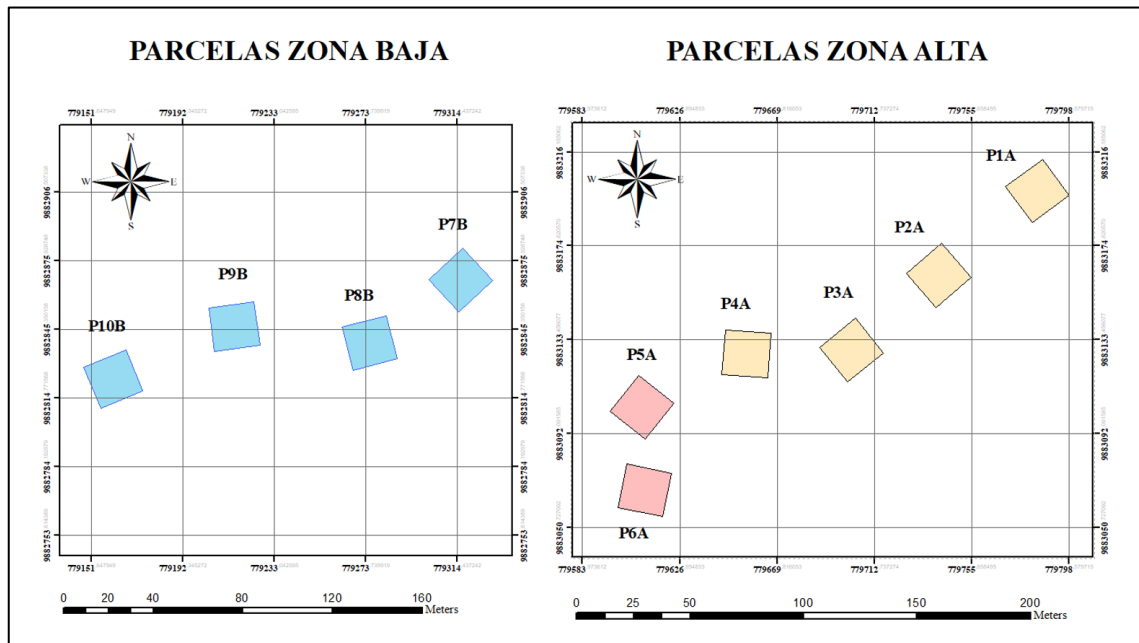
Para el estudio del proyecto se trabajó con una superficie de 0,4 hectáreas, donde se instalaron diez parcelas con 20 m de lado (400 m<sup>2</sup>), a través de un muestreo sistemático, para incrementar la eficacia estadística, tomando en cuenta que las parcelas fueron orientadas en función de la pendiente (Figura 4).

Con el software ArcGis 10.5 se elaboró un mapa, para identificar cada área de las parcelas, según su ubicación geográfica, además de determinar los sitios prioritarios para restauración. El muestreo en la zona objeto de estudio comprende una comunidad vegetal situada en una quebrada de la hacienda Cumbijín, dividiendo en parcelas de la zona alta: P1A - P6A con una altitud media de 3090 msnm y parcelas de la zona baja P7B – P10B con altitud media de 3067 msnm, sometidas a distintos grados de perturbación principalmente por la presencia de un bosque de pino de Monterrey (*P. radiata*) en actividad de aprovechamiento, además de otras alteraciones identificadas en el área de estudio.



**Figura 4**

*Ubicación geográfica de las parcelas*



Para la delimitación del área de estudio se buscó el sitio idóneo para instalar las parcelas de muestreo, evidenciando que algunos sitios de la quebrada estaban desbordados, debido al aprovechamiento de la especie (*P. radiata*), otras áreas son inaccesibles por las irregularidades en su relieve, además de ser sitios muy altos que van de 6-10 m de profundidad y semi accesible de 3-5 m de profundidad; se georreferenció con los puntos GPS obtenidos (Tabla 5 y 6). Se empleó un muestreo sistemático para la instalación de las parcelas, se consideró también la accesibilidad del terreno, topografía irregular, fuertes pendientes y niveles de perturbación. El trabajo de campo fue posible a partir de imágenes satelitales y cartas topográficas a una escala de 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar. El tamaño del muestreo se justificó a partir de adecuaciones de la metodología de Gentry, (1988), mediante la técnica de Inventario Rápido. El método de “Inventario Rápido” de Gentry es efectivo porque permitió alcanzar un tamaño adecuado de muestreo en un área relativamente pequeña, porque incluye brinzales y arbustos de menor diámetro (entre 2,5 y 10,0 cm diámetro) en el conteo total de la muestra.

**Tabla 5***Coordenadas UTM de las parcelas de la zona alta*

ZONA	PARCELAS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		X	Y
Alta	P1A	-78,486259	-1,055683
		-78,486113	-1,055574
		-78,486008	-1,055717
		-78,486154	-1,055826
		-78,486259	-1,055683
	P2A	-78,48665	-1,056029
		-78,486512	-1,055909
		-78,486396	-1,056043
		-78,486534	-1,056163
		-78,48665	-1,056029
	P3A	-78,486994	-1,056325
		-78,486852	-1,056208
		-78,486741	-1,056345
		-78,486883	-1,056462
		-78,486994	-1,056325
	P4A	-78,487368	-1,056253
		-78,487186	-1,056267
		-78,4872	-1,056445
		-78,487382	-1,056431
		-78,487368	-1,056253
	P5A	-78,487825	-1,056579
		-78,487711	-1,056435
		-78,487572	-1,056546
		-78,487686	-1,05669
-78,487825		-1,056579	
P6A	-78,487758	-1,056788	
	-78,487579	-1,056825	
	-78,487614	-1,056998	
	-78,487793	-1,056962	
	-78,487758	-1,056788	

**Tabla 6***Coordenadas UTM de las parcelas de la zona baja*

ZONA	PARCELAS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		X	Y
Baja	P7B	-78,490465	-1,058699
		-78,490331	-1,058573
		-78,490212	-1,058703
		-78,490346	-1,058829
		-78,490465	-1,058699
	P8B	-78,490812	-1,058891
		-78,490636	-1,058845
		-78,490592	-1,059017
		-78,490767	-1,059063
		-78,490812	-1,058891
	P9B	-78,491345	-1,058813
		-78,491164	-1,058788
		-78,491141	-1,058964
		-78,491322	-1,058989
		-78,491345	-1,058813
	P10B	-78,491845	-1,059053
		-78,491677	-1,058983
		-78,491609	-1,059147
		-78,491777	-1,059217
		-78,491845	-1,059053

### 3.6. Tratamiento de los Datos

#### 3.6.1. *Grado de Perturbación en Función de la Alteración de la Cobertura Vegetal Natural*

Para determinar el grado de perturbación se consideró información proporcionada por los moradores del sector de la hacienda Cumbijín y las observaciones *in situ* realizadas en la zona de estudio, lo que permitió identificar distintos tipos de alteraciones en la cobertura vegetal. La intensidad de la alteración se evaluó y clasificó según el grado de perturbación

del área de cada parcela, utilizando el método propuesto por Salmerón *et al.*, (2016), asignando distintas categorías numéricas para determinar si estas se encuentran muy perturbadas, medianamente o poco perturbadas, siendo de carácter natural y antropogénico como: existencia de cultivos, fuego, fabricación de carbón, limpieza de malezas o chapeas, presencia de especies invasoras, pastoreo y tala.

Ecuación Original:

$$\mathbf{Pe = Cu + F + Ca + Ch + Ei + Pa + T} \quad (1)$$

Por lo cual el método propuesto por Salmerón *et al.*, (2016), fue sometido a algunas adecuaciones, sustituyendo las alteraciones de la ecuación original que no fueron identificadas en el área de estudio, reemplazando: fuego y fabricación de carbón, ubicando en su lugar: deslizamientos de suelos y caída de árboles por efecto del viento.

De acuerdo con Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, (2019), los deslizamientos de suelo en la costa, sierra y en la región oriental ocurren debido a que el Ecuador es un país montañoso, la mayoría se produce en épocas de lluvia o a causa de un sismo. Otra de las causas por las que se originan, son cuando el suelo absorbe una gran cantidad de agua, la tierra se ablanda y se desprende formando flujos de lodo, que se precipitan pendiente abajo, cuando se realizan excavaciones que desestabilizan las laderas o también cuando el suelo queda desprotegido a causa de la deforestación.

Además, los deslizamientos de suelos ocurren debido a que el Ecuador está ubicado sobre el llamado Cinturón de Fuego del Pacífico, el cual se caracteriza por una gran actividad geodinámica, que a su vez genera intensos eventos sísmicos y volcánicos. Esta actividad geodinámica está directamente relacionada con los constantes cambios geológicos que ha sufrido la Tierra desde su formación hace miles de millones de años. Más del 80 % de toda la energía sísmica producida por la Tierra se libera en el Cinturón de Fuego y es el lugar de origen de los terremotos de mayor magnitud (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2014).

También según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, (2021), en el callejón Interandino de la Sierra ocurren fuertes vientos que provocan la caída de árboles, con niveles de velocidad del viento que oscilan entre medio y alto, desde los 25 hasta los 70 kilómetros

por hora en lugares ubicados a una altitud mayor a los 3000 msnm. Este fenómeno meteorológico es causado por factores locales como el calentamiento desigual de la superficie terrestre, las diferencias en la presión atmosférica y las brisas de las montañas y los valles.

Ecuación Modificada:

$$Pe = Cu + C + De + Ei + Pa + T \quad (2)$$

Dónde:

**Pe:** Nivel de perturbación.

De acuerdo con el valor de Pe, las áreas se considerarán como:

- Poco perturbados: ( $0 \leq Pe \leq 3$ )
- Medianamente perturbados: ( $4 \leq Pe \leq 7$ )
- Muy perturbados: ( $Pe > 7$ )

**C:** Caída de árboles por efecto del viento.

- Eventos ocurridos en los últimos 5 años: 3
- Eventos ocurridos en los últimos 25 años: 2
- Más de 25 años atrás: 1
- Sin ocurrencia verificada: 0

**Cu:** Existencia de cultivos u otros cambios de uso de suelo.

- En últimos 5 años: 3
- En últimos 25 años: 2
- Más de 25 años atrás: 1
- No verificados en el sitio: 0

**De:** Deslizamientos de suelos.

- Actual: 3
- En últimos 5 años: 2
- En últimos 25 años: 1

- No verificada en el sitio: 0

**Ei:** Presencia de especies invasoras.

- > 60 %: 3,31
- 60 %: 2,0
- 30 %: 1,0
- No verificada en el sitio: 0

**Pa:** Pastoreo.

- Actual: 3
- En últimos 5 años: 2
- En últimos 25 años: 1
- Sin verificar en el área: 0

**T:** Tala.

- Actual selectiva: 3
- Rasa entre 20 y 30 años atrás o selectiva en los últimos cinco años: 2
- Rasa más de 30 años atrás o selectiva en los últimos veinticinco años: 1
- No verificada en el sitio: 0

Además, se realizó un análisis de correspondencia como método multivariado a partir de la reducción de dimensiones con el propósito de agrupar por categorías los grados de perturbación reportados según sus alteraciones por categoría: a partir de los últimos 5 años: 3, en los últimos 25 años: 2, más de 25 años atrás: 1, no verificados en el sitio: 0. En el análisis se consideró el número de parcelas muestreadas en las filas y las categorías de alteraciones en las columnas. El tratamiento de los datos fue posible con el uso del programa estadístico SPSS versión 22.0.

### **3.6.2. *Estado Actual por Parcelas***

Para complementar el primer objetivo específico orientado a conocer el estado actual de conservación se tuvo en cuenta la metodología de Chacón-Moreno, (2010) y modificada por (Vázquez & Salim, 2011), con adecuaciones de la autora de este trabajo, donde se consideró

las categorías de excelente y buen estado de conservación para aquellas parcelas que se encuentren en el análisis del grado de perturbación como poco perturbadas con rango ( $0 \leq Pe \leq 3$ ), la categoría de conservación regular, para aquellas parcelas que se encuentren con el grado de perturbación medio con rango ( $4 \leq Pe \leq 7$ ) y la categoría pobre y muy pobre de conservación para aquellas parcelas que se encuentren con grado de perturbación de muy perturbadas de rango ( $Pe > 7$ ).

### **3.6.3. Estructura Ecológica e Índices de Diversidad**

Se realizó un análisis de la composición florística presente en el ecosistema potencial, representado por 28 especies con 436 individuos, donde se graficó el porcentaje de individuos por cada una de las especies, además se identificaron las especies nativas que contiene 14 especies con 130 individuos e introducidas por 14 especies con 306 individuos del inventario, lo cual fue posible mediante 4 salidas de campo ver (Anexos A, B y C).

Del total de las 28 especies recolectadas, 18 fueron descritas por habitantes de la comunidad Cumbijín y dueños de la hacienda, por lo que su caracterización tardó de uno a tres días y las 10 especies restantes que no fueron identificadas *in situ* se preparó ejemplares de herbario recolectando una muestra por cada especie, además se registró en campo los datos sobre la especie, extracción del material vegetal de su medio, acondicionamiento del material vegetal para su preservación mediante el prensado tratando que las hojas de la especie estén acomodadas en un sentido haz-envés, que permita observar la forma de las hojas por ambos lados, además para proteger y secar las muestras, se utilizó una hoja de papel periódico doblada a la mitad (aproximadamente de 45 x 30 cm) cuidando que todas sus partes queden extendidas sobre láminas de cartón que cubran la muestra y repitiendo esta actividad con el resto de ejemplares de las especies recolectadas, para el proceso de secado se ejerció presión colocando dos planchas de madera resistentes en la prensa botánica. Además, se revisó la prensa a diario para determinar que muestras están secas, de no ser el caso transcurridas las 24 horas del prensado, se cambió el periódico para evitar contaminación y daño del ejemplar, ya que, las mismas fueron trasladadas hacia el parque Botánico OMAERE de la ciudad del Puyo, provincia de Pastaza, para su identificación a nivel de género con la ayuda del Biólogo Chris Canaday. Las especies fueron constatadas con el Manual de Botánica Sistemática, Etnobotánica y Métodos de Estudio en el Ecuador (Cerón, 1993), Catálogo de Plantas

Vasculares del Ecuador (Jorgensen & León-Yáñez, 1999, Neill, 1999), y Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador (León-Yáñez *et al.*, 2019).

Con los datos de la composición florística por parcelas se realizó un dendrograma jerárquico a partir de las medidas de Bray Curtis con el objetivo de clasificar las parcelas en función de la abundancia de especies.

Para la determinación de los patrones de estructura ecológica y diversidad de especies del sector del ecosistema en estudio, se aplicó los parámetros ecológicos (Tabla 7) que ayudan a tomar decisiones para futuras acciones de restauración como contribución a la conservación de la biodiversidad (índices de diversidad, abundancia relativa, frecuencia relativa y cociente de mezcla).



**Tabla 7**

*Índices de diversidad*

NOMBRE	FÓRMULA	DESCRIPCIÓN	RANGOS	INTERPRETACIÓN
<b>Índice de Margalef</b>	$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$	S = número de especies	0 – 2	- Baja riqueza de especies: 0 a 2
		N = número total de individuos	2,1 – 5	- Media riqueza: 2,1 a 5
			> 5	- Alta riqueza: mayor a 5
<b>Índice de Diversidad de Shannon-Wiener</b>	$\bar{H} = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$	S = número de especies presentes	0 – 1,35	- Diversidad baja: 0 a 1,35
		pi = proporción de individuos de la especie	1,36 -3,5	- Diversidad media: 1,36 a 3,5
		i = respecto al total de individuos (abundancia relativa de la especie i)	> 3,5	- Diversidad alta: mayor a 3,5
<b>Índice de Diversidad de Simpson</b>	$\delta = \sum (p_i)^2$ $\lambda = 1 - \delta$	$\delta$ = índice de dominancia		
		pi = proporción de los individuos registrados en cada especie (n/N)		
		n = número de individuos de la especie	0 – 0,33	- Diversidad baja: 0 a 0,33
		N = número total de especies	0,34 – 0,66	- Diversidad media: 0,34 a 0,66
			> 0,67	- Diversidad alta: mayor a 0,67
		$\lambda$ = índice de diversidad de Simpson		
		$\delta$ = índice de dominancia		

<b>Índice de Equidad de Pielow</b>	$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$	<p>J' = equitatividad</p> <p>H' = índice de Shannon</p> <p>H' max = Ln del total de especies (S)</p>	<p>0 – 0,33</p> <p>0,34 – 0,66</p> <p>&gt; 0,67</p>	<p>- Heterogéneo en abundancia y Diversidad baja: 0 a 0,33</p> <p>- Ligeramente heterogéneo en abundancia y Diversidad media: 0,34 a 0,66</p> <p>- Homogéneo en abundancia y Diversidad alta: mayor a 0,67</p>
<b>Abundancia Relativa</b>	$Ai\% = \left(\frac{Ai}{At}\right) \times 100$	<p>Ai = número de individuos de la especie</p> <p>At = total de individuos de la parcela</p>	1	- Relación porcentual del número de individuos de la especie con respecto al total de individuos de la parcela.
<b>Frecuencia Relativa</b>	$Fi\% = \left(\frac{Fi}{Ft}\right) \times 100$	<p>Fi = frecuencia de la especie</p> <p>Ft = total de frecuencia de todas las especies</p>	1	- Relación porcentual entre la frecuencia de la especie (Fi) y la suma de frecuencia de todas las especies (Ft).
<b>Cociente de Mezcla</b>	$CM = \frac{S}{N}$	<p>N = número de individuos totales</p> <p>S = número de especies</p>	1:100 a 1:1	- División del número de especies encontradas entre el total de especies de las muestras de cada tipo

Nota. Fuente: (Margalef, 1951), (Moreno, 2001), (Alvis Gordo, 2009)

### **3.6.4. *Propuesta de Restauración Componentes y Técnicas***

Con los datos recopilados en la fase de campo, se procedió a caracterizar la vegetación existente en las diez parcelas, obteniendo un listado por cada parcela de especies nativas e introducidas en la quebrada de la hacienda Cumbijín, según: el grado de perturbación, el estado actual, la estructura ecológica y la diversidad de especies, permitiendo seleccionar las especies nativas adecuadas para la restauración, incluyendo las del listado del ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes, según el Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica (MAE), (2013). La adquisición de las especies seleccionadas del listado del MAE, se efectuará mediante la gestión en la institución gubernamental del Gobierno Provincial de Cotopaxi, que cuenta con un vivero forestal del Centro de Formación e Investigación Cotopaxi CIFCO, dedicado netamente al manejo y propagación de especies nativas: herbáceas, arbustos y árboles.

Se utilizó ciertos pasos como base de investigación según la metodología de Hobbs & Harris, (2001), basada en el programa de restauración ecológica, adecuando pasos de acuerdo con el entorno del ecosistema potencial:

#### **1) Definir el ecosistema o comunidad de referencia**

Analizar el estado histórico que presenta el ecosistema, en donde se determinará el área para obtener las especies vegetales a restaurar, en caso de no contar con ecosistemas aledaños similares, se procederá a la revisión bibliográfica, para identificar especies, propias de ese tipo de ecosistema, luego se define los puntos a restaurar, manteniendo la armonía de los estratos del ecosistema y las interacciones necesarias, para el desarrollo de la variabilidad de especies, siendo necesario tener muy claro que se va a realizar y se establecerá metas de trabajo que permitan direccionar de manera adecuada el proyecto y concluir con resultados favorables.

#### **2) Evaluar el estado actual del ecosistema o comunidad**

Pasos por seguir:

- Condiciones ecológicas actuales.
- Factores de perturbación y áreas afectadas.
- Incidencia negativa y positiva de externalidades en el área a restaurar.

### **3) Establecer las escalas y jerarquías de perturbaciones**

Identificar las fuentes generadoras de las perturbaciones, para proceder al respectivo análisis de los efectos, alteración de las áreas afectadas, siendo necesario identificar las perturbaciones de mayor incidencia y afectación para implementar medidas que impidan la continuidad de las afecciones.

### **4) Evaluar el potencial de regeneración del ecosistema**

Conocer si las condiciones de influencia permiten el desarrollo del ecosistema, es decir si hay disponibilidad de agua, nutrientes, horas de luz, es importante conocer si el área es una zona de paso de animales portadores de semillas, si las condiciones climáticas son adecuadas, etc.

### **5) Establecer las barreras a la restauración a diferentes escalas**

Definir las diferentes barreras a la restauración, tanto ecológicas como sociales.

### **6) Seleccionar las especies adecuadas para la restauración**

Para la selección se debe conocer cuáles son los atributos de las especies vegetales propias del lugar, por ejemplo, características favorables como retención de humedad, raíces con nódulos para la fijación de nitrógeno, resistencia a condiciones desfavorables, tipo de reproducción, etc.

### **7) Propagar y manejar las especies**

Inserción de las especies según aspectos importantes como la instalación de viveros para la reproducción y manejo de las especies, tomando en cuenta lo siguiente: seleccionar los sitios

y diseñar estrategias para superar las barreras a la restauración, monitorear el proceso de restauración y consolidar el proceso de restauración.

## **8) Lograr la participación comunitaria**

Para que el proyecto pueda tener continuidad y se logren los resultados esperados, es necesario lograr que la comunidad colabore y forme parte del desarrollo de la rehabilitación del ecosistema.

Además, la fundamentación de la propuesta de restauración fue validada con la técnica de experto, método Delphi, mediante la aplicación de un cuestionario a los representantes legales de Instituciones Gubernamentales y no Gubernamentales interesadas en el proyecto de restauración como Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Salcedo y Asociación de Ganaderos Sacha.

## **4. RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES**

### **4.1. Recursos Humanos**

**Tabla 8**

*Recursos Humanos*

<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>ENCARGADO</b>
Autora del proyecto	Ing. Anjy Balarezo
Tutor del proyecto	PhD. Diego Gutiérrez
Técnico asesor del proyecto	Blgo. Chris Canaday

## 4.2. Materiales y Equipos

**Tabla 9**

*Materiales utilizados*

<b>MATERIALES DE CAMPO</b>	<b>EQUIPOS DE OFICINA</b>	<b>SOFTWARE</b>
- Inventario florístico		
- Flexómetro		
- Lana para el marcaje de las plantas	- Libreta de campo	
- (Etiquetas)	- GPS	
- Hoyadora	- Cámara digital	- Arc.GIS
- Pala	- Laptop	- Microsoft Excel
- Piola plástica	- Impresora	- SPSS versión 22.0.
- Estacas de 80 cm	- Transporte	
- Rótulos	- Alimentación	
- Botas de caucho	- Memory Flash	
- Impermeable		
- Azada		
Insumos de oficina		

## 4.3. Costos

**Tabla 10**

*Costos*

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>PRECIO TOTAL USD</b>
Alimentación	\$ 450
Transporte	\$ 250
Alojamiento	\$ 250
Impresiones	\$ 100
Mano de obra	\$ 50
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1100</b>

## CAPÍTULO IV

### 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. Niveles de Perturbación del Ecosistema Siempreverde Montano del Norte de los Andes

##### 5.1.1. *Caracterización del Grado de Perturbación*

El histograma de frecuencia obtenido con los datos de las ponderaciones de la intensidad de las alteraciones permitió clasificar los sitios en categorías: poco perturbado ( $0 \leq Pe \leq 3$ ), medianamente perturbado ( $4 \leq Pe \leq 7$ ) y muy perturbado ( $Pe > 7$ ). Se encontró, a partir de la suma total de la ponderación de las alteraciones, que las parcelas P8B, P9B y P10B presentaron mayor frecuencia con valores de 16, y las parcelas P1A, P2A y P3A indicaron menor frecuencia con valores de 1 (Figura 5).

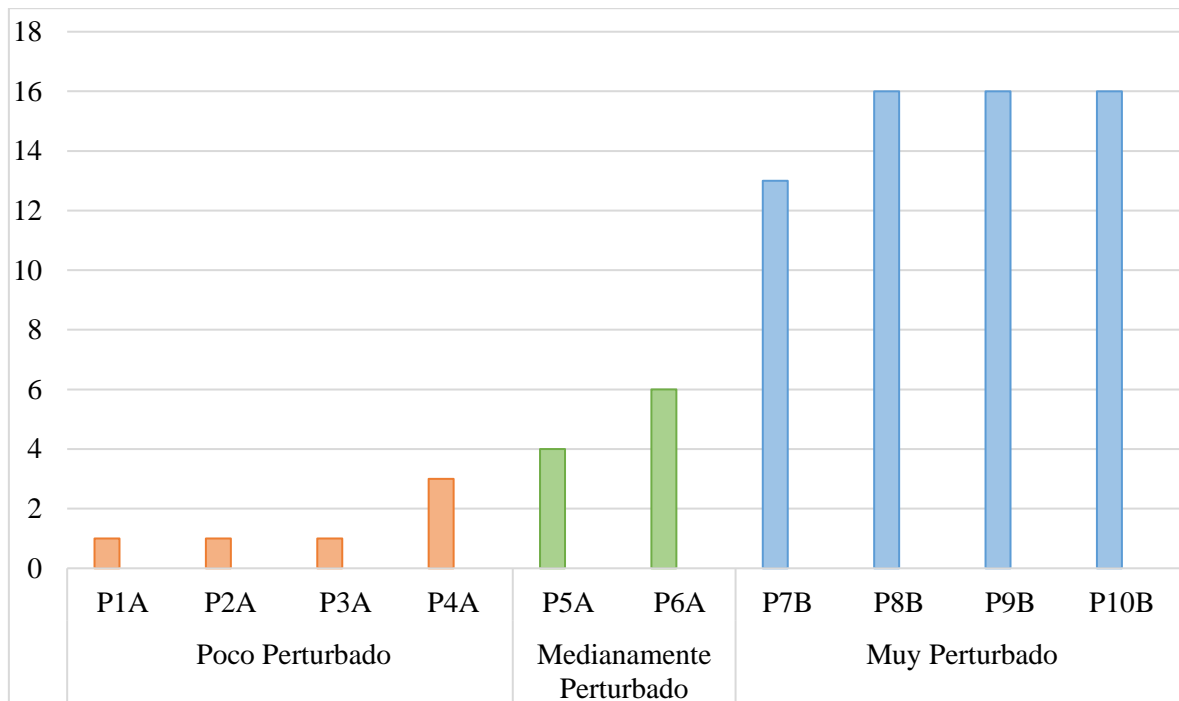
Las parcelas de la zona baja P7B, P8B, P9B y P10B presentan un área muy perturbada, debido a que se encuentran en una zona intervenida, donde las alteraciones antrópicas son muy frecuentes, por actividades de talas con fines de aprovechamiento de la especie *P. radiata* de interés maderable, cambio de uso del suelo, caída de árboles, presencia de especies invasoras y pastoreo, además se evidenció que la zona baja donde se instalaron las parcelas llevan un proceso muy lento de recuperación por la dinámica de estas alteraciones. Las parcelas P5A y P6A se encontraron medianamente perturbadas, donde las alteraciones asociadas a la caída de árboles por el viento y los deslizamientos de suelos fueron las más frecuentes, siendo esta la zona de más difícil acceso del área de estudio, con mayor pendiente y altitud. Las parcelas P1A, P2A, P3A y P4A se ubicaron en el área poco perturbada, siendo las de menor impacto de las perturbaciones del total de las parcelas de estudio.

En este estudio se utilizaron categorías cuantitativas similares al estudio realizado por (Salmerón *et al.*, 2016), donde se evaluó el grado de perturbación de tipos funcionales de plantas según su respuesta a las alteraciones, lo que facilitó clasificar los sectores de acuerdo con el nivel de intensidad de las perturbaciones encontradas.

Van Andel *et al.*, (2012) mencionan que contar con valores acertados de la perturbación permite planificar la ejecución de un conjunto de estrategias de restauración que respondan a la realidad del sitio, de forma que se pueda priorizar todos los recursos para la zona más degradada en un corto plazo (1 a 5 años), y las zonas menos degradadas para un mediano plazo (5 a 10 años).

**Figura 5**

*Clasificación del grado de perturbación según las alteraciones encontradas en la zona alta y baja de las parcelas del ecosistema en estudio*



**5.1.2. Análisis de Correspondencia y Distribución Espacial entre el Grado de Intervención y Sitios de Estudio**

Los resultados del análisis de correspondencia (Tabla 11) indicaron las tendencias y margen activo de cada una de las alteraciones identificadas por sitios de estudio. Es notable que en las parcelas de la zona alta 1, 2, 3, 4 y 5 se evidenció presencia de la categoría Sin Ocurrencia Verificada **SOV** y Más de 25 Años **M25A**, además las parcelas que se instalaron en esta zona presentaron mayor ponderación con el valor más alto en la categoría Sin Ocurrencia Verificada **SOV**. En la parcela P6A existió un predominio de categoría Más de 25 Años en



el sitio **M25A**. En las parcelas de la zona baja 7, 8, 9 y 10 se comprobó, según la tendencia, que los valores se concentraron más en la intensidad de los períodos de los **U25A** Últimos 25 Años y **U5A** Últimos 5 Años, o sea en los valores extremos cuyas ponderaciones oscilaron de 0 a 5. El margen activo representó la suma de todos los valores asignados en las distintas categorías de intensidades de perturbación (sin ocurrencia verificada con valor 0, más de 25 años valor 1, últimos 25 años valor 2 y en los últimos 5 años valor 3), esto indicó que fueron asignados diferentes valores en cada uno de los niveles como reflejo de las alteraciones presentes en los sitios.

**Tabla 11**

*Correspondencia con los niveles de intensidad de perturbaciones*

PARCELAS	C. ALTERACIONES				Margen
	SOV	M25A	U25A	U5A	Activo
P1A	5	1	0	0	6
P2A	5	1	0	0	6
P3A	5	1	0	0	6
P4A	3	3	0	0	6
P5A	2	4	0	0	6
P6A	0	6	0	0	6
P7B	0	0	5	1	6
P8B	0	0	2	4	6
P9B	0	0	2	4	6
P10B	0	0	2	4	6
<b>Margen Activo</b>	20	16	11	13	60

*Nota.* Niveles de intensidad de perturbaciones: **SOV** Sin Ocurrencia Verificada; **M25A** Más de 25 Años; **U25A** Últimos 25 Años; **U5A** Últimos 5 Años.

El análisis de correspondencia mostró una correlación significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre los sitios de estudio, con valores de inercia total de 1,400 (Tabla 12). Este resultado demostró el alto grado de perturbación al que están sometidas las parcelas de la zona baja del ecosistema en estudio, además de contar con espacios que han sufrido considerablemente perturbaciones naturales y antrópicas en la hacienda Cumbijín.

Villacis *et al.*, (2017) señala que se realizó un análisis de correspondencia en tres sitios de bosque siempreverde piemontano fragmentado (Shell, Mera y Puyo) mostrando una correlación significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre los sitios de estudio y el grado de antropización, con valores de inercia total de 0,83. Esto expresó el alto grado de deterioro de las áreas de bosque donde se realizan con frecuencia actividades de tala selectiva de los árboles de mayor valor comercial, considerado sitios vulnerables ante las perturbaciones. Sin embargo, estos resultados corresponden a distintos lugares de estudios, a pesar de ello presentan similitud en la correlación significativa y el grado de antropización que han sufrido estas áreas de bosque por la misma categoría que se utilizó en este estudio indicando que existe perturbación por esta alteración.

**Tabla 12**

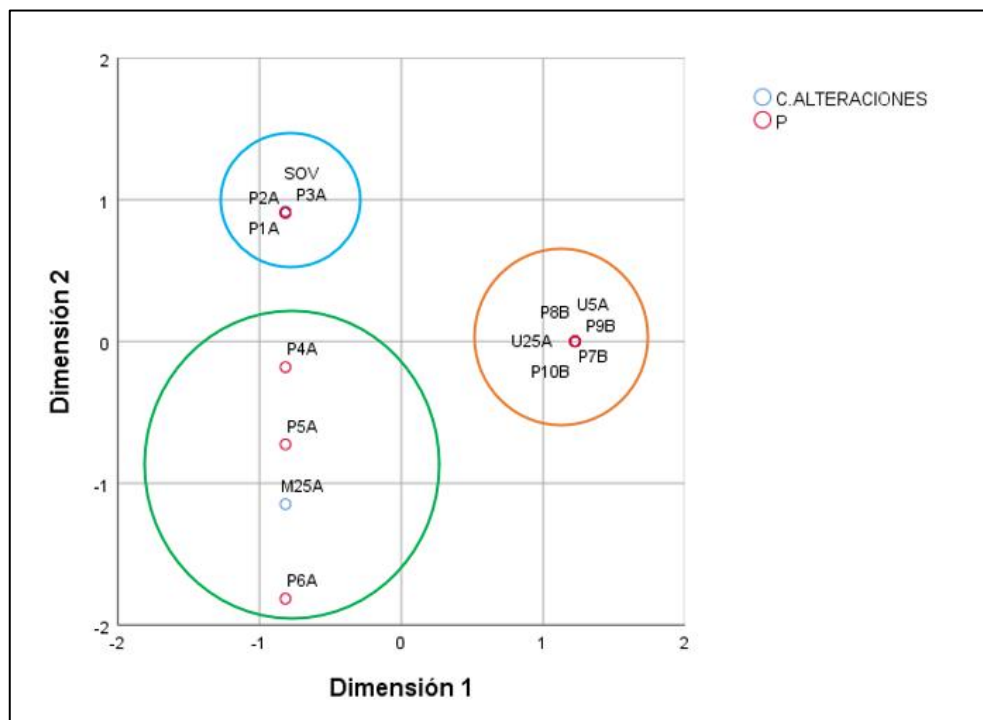
*Resultados del análisis de correspondencia entre los sitios y las categorías de sus alteraciones*

Dimensión	Valor singular	Inercia	Chi cuadrado	Sig.	Proporción de inercia	Valor singular de confianza
					Contabilizado para	Acumulado
1	1,000	1,000			,629	,629
2	,632	,400			,371	,881
<b>Total</b>		1,400	95,329	,000a	1,000	1,000

El diagrama espacial expresó la relación de los disturbios con los sitios de estudio (Figura 6), donde se puede observar que en las parcelas P1A, P2A y P3A, calificados como sitios poco perturbados, dio como resultado la categoría de alteración Sin Ocurrencia Verificada. En cuanto a las parcelas P4A, P5A y P6A, calificados como sitios medianamente perturbados a excepción de la P4A, que es calificada como sitio poco perturbado, se identificó alteraciones en más de 25 años, mientras que en las parcelas P7B P8B P9B y P10B indican alteraciones en los últimos 25 y 5 años, debido a que corresponden al mayor valor asignado en las categorías de perturbaciones como muy perturbadas. Expresando un nivel de diferenciación en cuanto a la intensidad de perturbaciones para los sitios evaluados con distintas zonas de estudio.

**Figura 6**

*Distribución espacial de las diez parcelas*



*Nota.* Grado de perturbación (P) y la intensidad de alteraciones (C. Alteraciones), agrupadas por categorías (SOV, M25A, U25A y U5A).

## 5.2. Evaluación del Estado Actual de Conservación

La evaluación del estado actual de conservación en cada parcela de estudio (Tabla 13) indicó que las instaladas en la parte alta tienen un estado de conservación bueno a regular, con menor incidencia de alteraciones. Sin embargo, las parcelas ubicadas en la zona baja presentaron varias categorías de alteraciones que han ocasionado cambios en el ecosistema en estudio tales como: existencia de cultivos (Cu), caída de árboles por efecto del viento (C), deslizamientos de suelos (De) y presencia de especies invasoras (Ei), mismos resultados arrojaron valores que las sitúa en un estado de conservación de pobre a muy pobre.

Stenhouse, (2004) plantea que la evaluación del estado de conservación basado en la estructura ecológica y su perturbación, la abundancia de malezas nativas y especies introducidas indican modificación del hábitat y pérdida de la biodiversidad nativa en ecosistemas.

**Tabla 13***Estado actual por parcelas conservadas*

<b>GRADO DE PERTURBACIÓN</b>	<b>PARCELAS</b>	<b>RANGO</b>	<b>ESTADO DE CONSERVACIÓN</b>
POCO PERTURBADO	P1A	$(0 \leq Pe \leq 3)$	EXCELENTE / BUENO
	P2A		
	P3A		
	P4A		
MEDIANAMENTE PERTURBADO	P5A	$(4 \leq Pe \leq 7)$	REGULAR
	P6A		
MUY PERTURBADA	P7B	$(Pe > 7)$	POBRE / MUY POBRE
	P8B		
	P9B		
	P10B		

### **5.3. Análisis de la Estructura Ecológica del Ecosistema de Estudio**

#### **5.3.1. Composición Florística de las Parcelas en la Zona Baja y Alta**

El análisis de la composición florística del ecosistema siempreverde montano del norte de los andes ubicado en la hacienda Cumbijín, indicó un total 28 especies vegetales y 436 individuos, con mayor predominio de vegetación herbácea introducida. Destacando la familia Poaceae con la especie *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. (95 individuos con frecuencia de 21,8%), familia Asteraceae con la especie *Taraxacum officinale* F.H. Wigg. (69 con 15,8%), *Cimhopogon* sp. (37 con 8,5%) y las familias Lycopodiaceae, Myrtaceae, Cupressaceae, entre otras con especies con pocos individuos que van del 0,5% al 0,7%, en su mayoría especies vegetales introducidas (Figura 7).

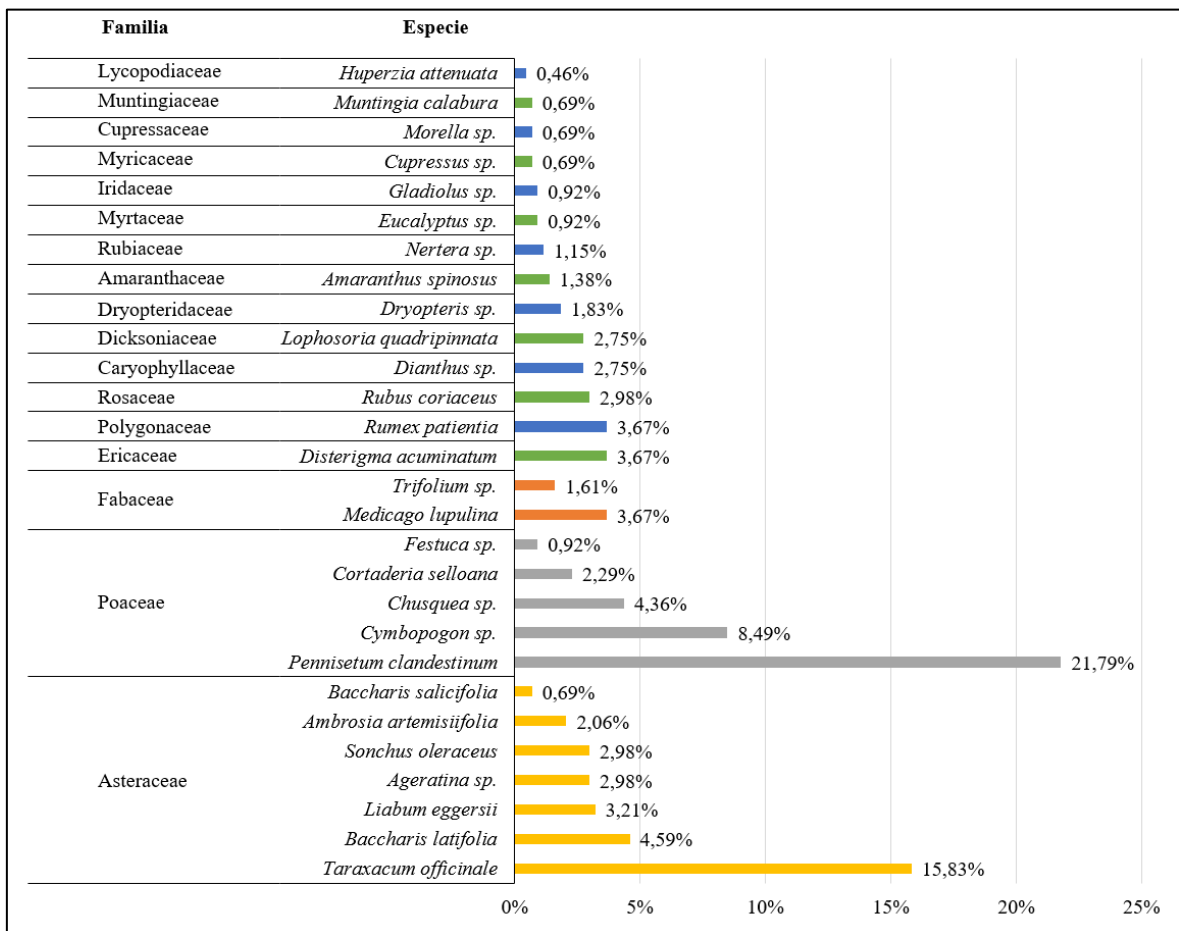
Los resultados corresponden con lo planteado por el GAD Parroquial de Santa Ana, (2019), indicando que la parroquia es pobre en diversidad nativa, debido a las especies introducidas que van ganando terreno como *Pennisetum clandestinum* (pasto o kikuyo), *Rubus niveus*, *Eucalyptus* sp. (eucalipto) y algunas especies del género *Pinus* (Pino).

Según Rasal *et al.*, (2012), en los andes peruanos destacan Asteraceae, Lauraceae, Melastomataceae y Solanaceae. Los datos en sí no tienen similitud, pero es importante insistir que, en los andes de Ecuador, Colombia y Perú, las familias sobresalientes son: Melastomataceae, Asteraceae, Lauraceae y Solanaceae.

Sklenár & Balslev, (2005) reportaron que a nivel de familias Asteraceae y Poaceae son los dos grupos más ricos en especies en la flora del arbustal subnivel. En su conjunto estas dos familias representan un tercio del total de especies presentes en el piso subnivel del Ecuador.

### Figura 7

Frecuencia relativa (%) de las especies del ecosistema en estudio, indicando las familias a las que pertenecen cada una de ellas.



En el área de estudio se reportó un total de 14 especies vegetales nativas con 130 individuos (Tabla 14) y un total de 14 especies introducidas con 306 individuos (Tabla 15). Se pudo comprobar que existe una proporción igual en cuanto a las especies nativas e introducidas,

lo cual está asociado a las perturbaciones que ha sufrido este tipo de ecosistema en el tiempo, permitiendo que un gran número de especies introducidas formen parte de la flora de este ecosistema.

Sin embargo, dentro de las especies nativas gran parte de ellas son del continente americano, siendo no específicas de la vegetación presente en el ecosistema potencial de esta región según el Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica (MAE), (2013), debido a que estas especies vegetales deben corresponder al arbustal siempreverde montano del norte de los Andes. Excepto ciertas especies endémicas que se identificó que forman parte del ecosistema potencial a restaurar que se indican en la Tabla 14 con negrita, esta información es importante, para la restauración de las parcelas con mayor grado de perturbación,

Beck & Heinz, (1977) indica que, en un estudio hecho en el Perú, se recomendó usar las especies nativas cultivadas para potenciar y restaurar los ecosistemas altos, por su rápida adaptación según las condiciones locales del sitio.

**Tabla 14**

*Total de especies e individuos de flora Nativa, registradas en las parcelas*

N°	FAMILIA	ESPECIE	ORIGEN	INDIVIDUOS
1		<i>Baccharis latifolia</i>	Nativa de la Sierra de Ecuador	20
2	Asteraceae	<i>Liabum eggersii</i>	Nativa de Ecuador se registra en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Cotopaxi, Loja, y Pichincha.	14
3		<i>Baccharis salicifolia</i>	Nativa del suroeste de EE. UU. hasta Sudamérica	3
4		<i>Chusquea sp.</i>	Nativa de los Andes de Ecuador, Perú, Colombia y Bolivia	19
5	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i>	Nativa de Sudamérica	10
6	Ericaceae	<i>Festuca sp.</i>	Nativa de todos los continentes salvo la Antártida	4
7		<i>Disterigma acuminatum</i>	Nativa en los países de Colombia, Ecuador y Perú	16
8	Rosaceae	<i>Rubus coriaceus</i>	Nativa América del Sur	13
9	Dicksoniaceae	<i>Lophosoria quadripinnata</i>	Nativa de América central y Sur	12
10	Amaranthaceae	<i>Amaranthus spinosus</i>	Nativa de América Central	6
11	Rubiaceae	<i>Nertera sp.</i>	Nativa de Suramérica	5
12	Myricaceae	<i>Morella sp.</i>	Nativa de Ecuador, Perú y Norte de Chile	3
13	Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i>	Nativa de Centroamérica y Sudamérica	3
14	Lycopodiaceae	<i>Huperzia attenuata</i>	Nativa de América	2
<b>TOTAL</b>				<b>130</b>

Nota. Fuente: (MAATE, 2019), (MAE & FAO, 2015)

**Tabla 15**

*Total de especies e individuos de flora introducida, registradas en las parcelas*

N°	FAMILIA	ESPECIE	ORIGEN	INDIVIDUOS
1		<i>Taraxacum officinale</i>	Introducida de Eurasia y Norteamérica	69
2	Asteraceae	<i>Ageratina sp.</i>	Introducida de América del Norte y Perú	13
3		<i>Sonchus oleraceus</i>	Introducida de Europa, el Mediterráneo y el occidente de Asia.	13
4		<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Introducida de Norteamérica	9
5	Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Introducida de África	95
6		<i>Cymbopogon sp.</i>	Introducida del Sur de Asia	37
7	Fabaceae	<i>Medicago lupulina</i>	Introducida de Europa, Asia y norte de África	16
8		<i>Trifolium sp.</i>	Introducida de Europa y Mediterráneo	7
9	Polygonaceae	<i>Rumex patientia</i>	Introducida de Europa	16
10	Caryophyllaceae	<i>Dianthus sp.</i>	Introducida de Europa meridional	12
11	Dryopteridaceae	<i>Dryopteris sp.</i>	Introducida de América del Norte y parte de Sudamérica	8
12	Myrtaceae	<i>Eucalyptus sp.</i>	Introducida de Australia	4
13	Iridaceae	<i>Gladiolus sp.</i>	Introducida de Mediterráneo y África	4
14	Cupressaceae	<i>Cupressus sp.</i>	Introducida del Mediterráneo y el Oriente Medio	3
<b>TOTAL</b>				<b>306</b>

Nota. Fuente: (MAATE, 2019), (MAE & FAO, 2015)



Especies identificadas en la Zona Alta: *Cymbopogon sp.* Spreng perteneciente a la familia Poaceae en la parcela 1A con el mayor número de individuos 13, tienen una reproducción esencialmente por tallos, sus semillas se dispersan fácilmente por efecto del viento; para las parcelas 2A, 3A y 4A se mantiene la misma familia, pero con la especie *P. clandestinum* Hochst. ex Chiov. registrando un alto número de individuos, ya que las semillas se dispersan fácilmente, tolerantes al pisoteo y temperaturas bajas y altas; además en la parcela 4A incide la familia Asteraceae con la especie *B. latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers., ya que su reproducción es por semillas y es resistente a temperaturas bajas y suelos pobres en nutrientes; mientras que la parcela 5A comprende la misma familia, pero con la especie *T. officinale* L. con 13 individuos, es resistente al frío y exposición directa al sol, también sus semillas son dispersadas por el viento o el agua, estas especies establecidas se propagan por rebrotes de las coronas radicales; en la parcela 6A predominan las familias Poaceae con la especie *Cymbopogon sp.* Spreng. y la Asteraceae *S. oleraceus* L., las dos poseen la misma reproducción por semillas y sus tolerancias son similares con la facilidad de adaptarse a distintas condiciones climáticas. Cabe destacar que las parcelas instaladas en la zona alta presentaron mayor número de individuos, ya que estas se encuentran dentro de un grado de poco a medianamente perturbados, debido al bajo valor que presento dentro de las categorías de las alteraciones evidenciadas en la hacienda Cumbijín.

Por otra parte, se observó que las parcelas 7B, 8B, 9B y 10B de la zona baja los resultados expresaron menor número de individuos (Tabla 16), porque presentaron alta incidencia en las categorías de las alteraciones como: pastoreo (Pa), ya que la hacienda se dedica a la crianza y venta de ganado vacuno y por ende esta actividad repercute directamente al área de estudio, además su extensión no se encuentra delimitada permitiendo el fácil acceso a la zona baja de las parcelas 9B y 10B, abarcando también las categorías de tala (T) dado que existe aprovechamiento de la especie *P. radiata*, provocando deslizamiento de suelo (De) en esta zona, para la parcela 8B la categoría caída de árboles (C) se constató por efecto del viento ya que la instalación de esta parcela cuenta con niveles de velocidad que oscilan entre medio y alto, desde los 25 hasta los 70 kilómetros por hora, igualmente, por su ubicación a una altitud mayor a los 3000 msnm y en la parcela 7B se verifico existencia de cultivos (Cu), siendo la hacienda Cumbijín productora de siembra y cosecha de papas, ajo y cebolla y existencia de especies invasoras una de ellas la especie *T. officinale* F.H. Wigg. con 37 individuos, perteneciente a la familia Asteraceae, esto se debe a su fácil dispersión de semillas por efecto del viento.

**Tabla 16***Total de especies e individuos en la zona alta y baja de las diez parcelas*

N°	FAMILIA	ESPECIE	DESCRIPTOR	INDIVIDUOS	P1A	P2A	P3A	P4A	P5A	P6A	P7B	P8B	P9B	P10B
1		<i>T. officinale</i>	F.H. Wigg.	69	6		13		13		37			
2		<i>B. latifolia</i>	(Ruiz & Pav.) Pers.	20				10	2		6	2		
3		<i>L. eggersii</i>	Hieron.	14						5				9
4	Asteraceae	<i>Ageratina sp.</i>	Spach	13						8				5
5		<i>S. oleraceus</i>	L.	13		3				10				
6		<i>A. artemisiifolia</i>	L.	9	1								8	
7		<i>B. salicifolia</i>	(Ruiz y Pav.) Pers.	3								3		
8		<i>P. clandestinum</i>	Hochst. ex Chiov.	95		27	43	11			3			11
9		<i>Cymbopogon sp.</i>	Spreng.	37	13					15			9	
10	Poaceae	<i>Chusquea sp.</i>	Kunth	19	7	3		5	1		3			
11		<i>C. selloana</i>	(Schult. & Schult. f.) Asch. & Graebn.	10		6		2	1	1				
12		<i>Festuca sp.</i>	L.	4									4	
13	Fabaceae	<i>M. lupulina</i>	L.	16			8	5	3					
14		<i>Trifolium sp.</i>	L.	7		2			5					
15	Ericaceae	<i>D. acuminatum</i>	(Kunth) Nied.	16				9		7				
16	Polygonaceae	<i>R. patientia</i>	L.	16	4		3	2					7	

17	Rosaceae	<i>R. coriaceous</i>	Poir.	13	8					5				
18	Caryophyllaceae	<i>Dianthus sp.</i>	L.	12	6	4		2						
19	Dicksoniaceae	<i>L. quadripinnata</i>	(J.F. Gmel.) C. Chr.	12				8				4		
20	Dryopteridaceae	<i>Dryopteris sp.</i>	Adans.	8	3			5						
21	Amaranthaceae	<i>A. spinosus</i>	L.	6								6		
22	Rubiaceae	<i>Nertera sp.</i>	Banks & Sol. ex Gaertn.	5			5							
23	Myrtaceae	<i>Eucalyptus sp.</i>	L'Hér.	4	2			2						
24	Iridaceae	<i>Gladiolus sp.</i>	L.	4	2		1			1				
25	Cupressaceae	<i>Cupressus sp.</i>	L.	3								3		
26	Myricaceae	<i>Morella sp.</i>	Lour.	3	1		1					1		
27	Muntingiaceae	<i>M. calabura</i>	L.	3								3		
28	Lycopodiaceae	<i>H. attenuata</i>	(Spring) Trevis.	2			2							
<b>TOTAL</b>				<b>436</b>	37	57	79	45	35	53	50	14	31	35

Nota. Fuente: (MAATE, 2019), (MAE & FAO, 2015)

El dendrograma jerárquico obtenido a partir de las medidas de Bray-Curtis, empleando un 35% de similitud en la abundancia de especies, permitió la identificación de tres grupos ecológicos en función de la composición florística del ecosistema en estudio (Figura 8), cuya vegetación es diferenciable por su estado de conservación, topografía y altitud. El primero y segundo grupo, estuvo conformado en su mayoría por parcelas de la zona alta que se encuentra a una altitud de 3090 msnm. Las parcelas P1A, P6A de la zona alta y P9B de la zona baja pertenecen al primer grupo. Las parcelas P2A, P3A, P4A y P5A de la zona alta y P7B de la zona baja pertenecen al segundo grupo. El tercer grupo estuvo conformado por las parcelas P8B y P10B de la zona baja a una altitud de 3060 msnm. La variación encontrada en cuanto a la abundancia indicó, la formación de nichos ecológicos, lo cual pudiera aportar información valiosa para entender los factores asociados a la heterogeneidad del microhábitat de cada especie. Aunque existen parcelas en la zona alta y baja, este dendrograma indica que no se agrupan en base a la altitud sino de forma aleatoria, por tanto, se puede verificar que no existe igualdad entre las parcelas.

Se determinó que para el grupo 1 constituido por la parcela P1A, P6A y P9B se encuentra las especies herbáceas *Cymbopogon sp.* Spreng. con una gran abundancia (37), *R. patientia* L. (11), *A. artemisifolia* L. (9) y la especie de helecho como *Dryopteris sp.* Adans. (8).

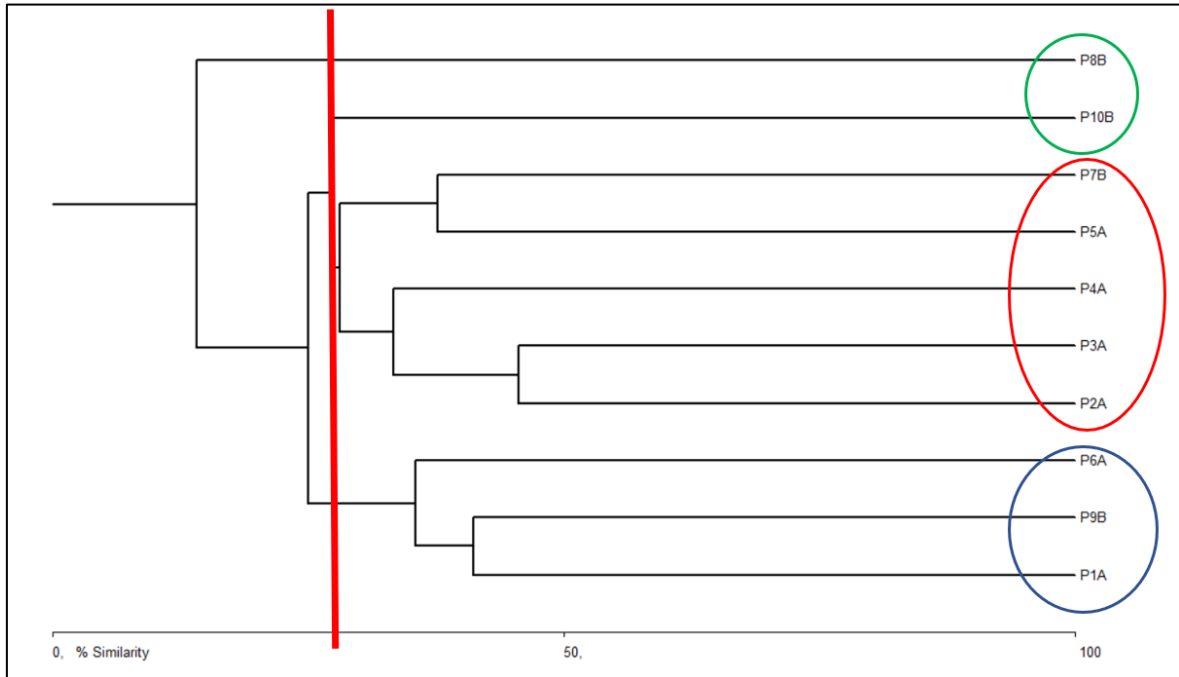
En el grupo 2 representado por las parcelas P2A, P3A, P4A y P5A y P7B, están *B. latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers. (18), *R. coriaceus* Poir. (8) y *D. acuminatum* (Kunth) Nied. (9) como especies arbustivas seleccionadas del ecosistema potencial, para la restauración mediante su propagación, además de las especies herbáceas *T. officinale* F.H. Wigg. (63), *C. selloana* (Schult. & Schult. f.) Asch. & Graebn. (9), *R. patientia* L. (5), *Gladiolus sp.* L. (4), *Chusquea sp.* Kunth (12), *P. clandestinum* Hochst. ex Chiov. (84), *Trifolium sp.* L. (7), *S. oleraceus* L. (3), *M. lupulina* L. (16), *Nertera sp.* Banks & Sol. ex Gaertn. (5), *H. attenuata* (Spring) Trevis. (2), *Dianthus sp.* L. (10) además de la especie arbórea *Eucalyptus sp.* L'Hér. (2) y la especie de helecho *L. quadripinnata* (J.F. Gmel.) C. Chr. (8).

En los resultados se obtuvo que el grupo 3 constituido por las parcelas P8B y P10B presentando especies arbustivas seleccionadas para el ecosistema siempre verde montano del norte de los Andes a restaurar como *B. latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers. (2), *R. coriaceus* Poir. (5) y *L. eggersii* Hieron. (9), a excepción de *B. salicifolia* (Ruiz & Pav.) Pers. (3), debido a su baja significancia y frecuencia, también se constató especies herbáceas como *P.*

*clandestinum* Hochst. ex Chiov. (9), *Ageratina* sp. Spach (5), *B. salicifolia* (Ruiz & Pav.) Pers. (3), *A. spinosus* L. (6), incluida la especie arbórea *M. calabura* L. (3) y la especie de helecho *L. quadripinnata* (J.F. Gmel.) C. Chr. (4).

### Figura 8

*Dendrograma jerárquico que muestra la clasificación de las parcelas de muestreo en función de la composición de especies a partir de las medidas de Bray-Curtis*



Estos resultados pueden constituir una herramienta importante en la planificación de los programas de gestión para la conservación, restauración y uso sostenible de los recursos de este importante ecosistema potencial, permitiendo conocer semejanzas y/o diferencias entre las diez parcelas. Cabe resaltar que las parcelas instaladas en la zona baja están altamente antropizada por la actividad ganadera por parte de los miembros de la comunidad y dueños de la hacienda Cumbijín y la intervención humana para el aprovechamiento de la especie *P. radiata*.

Según Armijos, (2019), señala que los resultados observados a través del dendrograma de similitud muestran pares de especies que se agrupan de acuerdo con su similitud, éste es el caso de los pares de especies *Cedrela odorata-Swietenia macrophylla*, y *Clethra fimbriata-Gynoxys nítida* las cuales mostraron la menor distancia en los dendrogramas lo que significa mayor similitud entre variables.

Correspondiendo a los resultados en el grupo 2 representado por las parcelas P2A, P3A, P4A y P5A y P7B, ya que es el grupo con mayor similitud con las especies arbustivas *B. latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers. (18), *R. coriaceus* Poir. (8) y *D. acuminatum* (Kunth) Nied. (9), esto se debe a la corta distancia que se identificó en el dendrograma.

### 5.3.2. *Estructura Ecológica Ecosistema Siempreverde Montano del Norte de los Andes*

Los resultados de los índices de diversidad reportaron una baja riqueza para la zona alta, ya que estos se ubicaron en el rango de 0 a 2, esto se debe al registrar menor número de especies nativas del ecosistema en estudio, para la diversidad todas las parcelas se encuentran en el rango de 1.36 a 3.5 señalando una media diversidad, mientras que la dominancia refleja que las P1A, P2A, P3A P4A, P5A Y P6A tienen dominancia alta con valores igual o mayores a 0,67 y para el índice de abundancia presentó homogeneidad en abundancia ubicándose todos los valores en el rango mayor a 0,67 (Tabla 17), de acuerdo al número de individuos que presentó cada especie en su parcela.

**Tabla 17**

*Índices de diversidad de las parcelas altas*

ÍNDICES	PARCELAS ZONA ALTA					
	P1A	P2A	P3A	P4A	P5A	P6A
Margalef Riqueza (R)	1,94	1,73	1,60	1,84	1,97	1,76
Shannon Diversidad (H)	1,77	1,65	1,46	1,85	1,72	1,87
Simpson Dominancia (D)	0,79	0,73	0,66	0,82	0,77	0,82
Pielow Abundancia (J)	0,85	0,79	0,70	0,89	0,83	0,90

En la instalación de las parcelas altas se identificaron 8 especies por parcela, destacando en la parcela 1A la especie vegetal *Cymbopogon sp.* mostrando un 35% de abundancia relativa, indicando que por cada 6 individuos es posible encontrar una especie diferente según su cociente de mezcla; mientras que para las parcelas 2A, 3A y 4A resultaron con mayor abundancia de la especie *P. clandestinum* incidiendo con el 54%, en la P3A con cociente de mezcla de 9 individuos, además presentó un 38% de frecuencia relativa para todas las

parcelas de la zona alta, adicional la parcela 4A cuenta con la especie seleccionada *B. latifolia* con el 22%, para la restauración del ecosistema en estudio, en la parcela 5A dio como resultado en el cociente de mezcla que por cada 4 individuos será posible encontrar una especie, esto se debe por contar con el menor número de individuos registrados en la parcela, mientras que para la parcela 6A resultaron las especies *S. oleraceus* y *Cymbopogon sp.* con mayor porcentaje de acuerdo con su abundancia relativa y con cociente de mezcla de 6 individuos, cabe recalcar que las parcelas ubicadas en la zona alta en su mayoría son especies introducidas (Tabla 18).

**Tabla 18**

*Especies más predominantes en la zona alta de acuerdo con su abundancia relativa (AR), frecuencia relativa (FR) y cociente de mezcla (CM)*

PARCELAS ZONA ALTA	TOTAL, DE INDIVIDUOS	FAMILIA	ESPECIE	A.R.	F.R.	C.M.
P1A	37	Poaceae	<i>Cymbopogon sp.</i>	35%		4,63
P2A	57	Poaceae	<i>P. clandestinum</i>	47%		7,13
P3A	79	Poaceae	<i>P. clandestinum</i>	<b>54%</b>		<b>9,88</b>
P4A	45	Poaceae	<i>P. clandestinum</i>	24%	38%	5,63
		Asteraceae	<i>B. latifolia</i>	22%		
P5A	35	Asteraceae	<i>T. officinale</i>	37%		<b>4,38</b>
P6A	53	Asteraceae	<i>S. oleraceus</i>	<b>19%</b>		6,63
		Poaceae	<i>Cymbopogon sp.</i>	28%		

Mientras que las parcelas ubicadas en la zona baja presentaron una baja riqueza, debido al predominio de especies introducidas en el ecosistema potencial, ya que estos se ubicaron en el rango de 0 a 2, para el índice de diversidad en la mayoría de las parcelas resultó una diversidad media según sus resultados que se encuentran en el rango de 1,36 entre 3,5, a excepción de la parcela 7 B indicando baja diversidad, debido al sobrevalor de la especie más abundante identificada de esta parcela *T. officinale*, además de presentar dominancia media, mientras que las parcelas 8B, 9B y 10 B según el índice de Simpson tienen dominancia alta con valores igual o mayores a 0,67, por ejercer un mayor control sobre la estructura de la comunidad en las parcelas con las especies *R. coriaceus*, *A. artemisifolia* y *P. clandestinum* y para el índice de abundancia las parcelas 8B, 9B y 10 B señalaron valores que van en el rango mayor a 0,67 indicando homogeneidad en abundancia, de acuerdo al

número de individuos que presento cada especie en su parcela, a diferencia de la P7B resultando ligeramente heterogénea ubicándose en el rango de 0,34 a 0,66 (Tabla 19).

**Tabla 19**

*Índices de diversidad de las parcelas altas. Se indica en negrita las que mostraron los menores valores*

ÍNDICES	PARCELAS ZONA BAJA			
	P7B	P8B	P9B	P10B
Margalef Riqueza (R)	1,02	1,52	1,16	1,13
Shannon Diversidad (H)	<b>0,89</b>	1,49	1,53	1,54
Simpson Dominancia (D)	<b>0,43</b>	0,76	0,77	0,77
Pielow Abundancia (J)	<b>0,55</b>	0,93	0,95	0,96

Sin embargo, en la zona baja se identificaron 5 especies por parcela (Tabla 20), reportando menor número de individuos probablemente debido a las mayores alteraciones que presentaron, por ende, en la parcela 7B la dominancia de la especie vegetal *T. officinale* indicó un 74% de abundancia relativa, lo que significa que por cada 10 individuos es posible encontrar otra especie diferente, según su cociente de mezcla; mientras que para la parcela 8B resultó la mayor abundancia para la especie *R. coriaceus*, en la P9B con la especie *A. artemisifolia* existió un 29% de abundancia relativa y cociente de mezcla de 6 individuos, mientras que para la parcela 10B resultó la mayor abundancia con la especie *P. clandestinum* con una abundancia del 31%, dando como resultado en el cociente de mezcla que por cada 7 individuos será posible encontrar una especie, además presentó un 25% de frecuencia relativa para todas las parcelas de la zona baja, debido al número de especies predominantes identificadas para el total de las especies, en este caso 4 identificadas en la zona baja.



**Tabla 20**

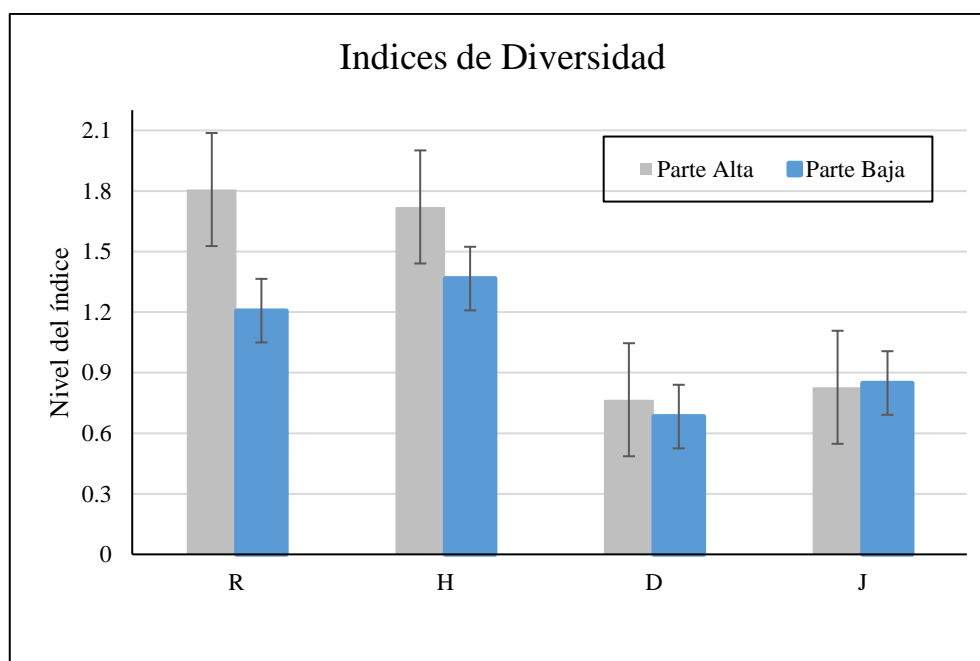
*Especies más predominantes en la zona baja de acuerdo con su abundancia relativa (AR), frecuencia relativa (FR) y cociente de mezcla (CM)*

PARCELAS ZONA BAJA	TOTAL, DE INDIVIDUOS	FAMILIA	ESPECIE	A.R.	F.R.	C.M.
P7B	50	<i>Asteraceae</i>	<i>T. officinale</i>	74%		10
P8B	14	<i>Rosaceae</i>	<i>R. coriaceus</i>	36%	25%	2,8
P9B	31	<i>Asteraceae</i>	<i>A. artemisifolia</i>	29%		6,2
P10B	35	<i>Poaceae</i>	<i>P.clandestinum</i>	31%		7

Los resultados obtenidos indican que entre las parcelas de la zona alta y baja no existe diferencias significativas (Figura 9), excepto en el caso del índice Margalef Riqueza (R). Por tanto, para la propuesta de restauración las parcelas de la parte alta serán menos manipuladas por presentar significancia de riqueza según sus especies registradas en las parcelas P1A, P2A, P3A, P4A, P5A y P6A.

**Figura 9**

*Desviación estándar en las parcelas de la zona alta y baja*



*Nota.* Índices de diversidad: Margalef Riqueza (R), Shannon Diversidad (H), Simpson Dominancia (D), Pielow Abundancia (J).

## **5.4. Propuesta de Restauración con Bases Ecológicas**

### **5.4.1. Antecedentes**

La cordillera de Los Andes por su compleja geografía y sus condiciones climáticas variadas otorga a los países de la región gran diversidad biológica y ecosistemas que implican servicios ecosistémicos correspondientes a esa diversidad. Por lo tanto, los países Andinos tienen una gran responsabilidad en emprender acciones para su conservación, ya que las ciudades dependen en gran medida del mantenimiento de los bienes y servicios que proveen los ecosistemas altoandinos (Josse *et al.*, 2007).

Generalmente los ecosistemas transformados por usos diversos del suelo y aprovechamiento de los recursos naturales pierden su diversidad biológica y consecuentemente su funcionalidad. Al interrumpirse las alteraciones, estos sistemas suelen ser colonizados por comunidades ecológicas en cierta secuencia, misma que está determinada por interacciones entre los miembros de la comunidad o por cambios derivados de factores externos (Beeby, 2004).

Por ello, la restauración ecológica es un proceso que busca recuperar la estructura, funcionalidad y autosuficiencia de un ecosistema, de tal forma que sea similar antes de que éste haya sido perturbado, el trabajo de restauración principalmente incluye la mejora ecológica siendo necesario añadir especies vegetales a un nivel específico según su función en la hacienda Cumbijín, ya que existe menor número de especies nativas del ecosistema potencial al cual pertenece arbustal siempreverde montano del norte de los Andes, identificando alta presencia de la especie *P. radiata* ya que es muy común en la zona de estudio, tomando en cuenta que en épocas anteriores la población de la comunidad la introdujo para la protección de sus cultivos como cerca viva, ante las diversas condiciones climáticas, sin embargo entre los últimos 25 a 5 años se evidenció alteración por el aprovechamiento de esta especie para fines comerciales.

### **5.4.2.    *Objetivos***

#### *Objetivo General*

Recuperar la vegetación potencial perteneciente al ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes en la hacienda Cumbijín, provincia de Cotopaxi.

#### *Objetivos Específicos*

Seleccionar las especies vegetales más idóneas, para la restauración existentes en la zona y eliminar paulatinamente las especies introducidas que no pertenecen a la vegetación potencial.

Diseñar un vivero para la propagación de las especies vegetales seleccionadas, para la restauración de aquellas parcelas que indicaron mayor perturbación.

Monitorear el proceso de restauración ejecutado en las parcelas de la hacienda Cumbijín.

### **5.4.3.    *Propuesta***

#### *Selección de Especies Propias del Ecosistema a Restaurar*

Con los datos recopilados en la fase de campo, se pudo caracterizar la vegetación existente obteniéndose un listado de especies identificadas y cuantificadas en el sector Cumbijín, la recopilación de datos ecológicos de cada parcela en la que se seleccionaron las especies más adecuadas, tomando en cuenta muchos atributos entre otros la protección frente a la erosión o la fijación de nitrógeno para la restauración.

En este estudio existen especies nativas del continente americano o de diferentes áreas de Sudamérica y de Ecuador, pero que no son especies propias de la vegetación potencial que se va a restaurar, la cual pertenece al ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes de Ecuador y por otro lado especies introducidas algunas de ellas con potencial invasor y que deben ser en la medida de lo posible removidas paulatinamente en función de

la frecuencia de cada una de ellas en las parcelas del estudio, ya que si esas especies tienen alta frecuencia y son eliminadas en un solo paso causará una perturbación elevada favoreciendo una mayor erosión en la zona.

Además, se consideró la opción de propagar especies que, aunque no existen en los inventarios realizados son propias de la vegetación potencial de esta zona, en base a los listados de inventarios florísticos de los ecosistemas potenciales, las especies nativas de la zona, según el arbustal siempreverde montano del norte de los Andes (Tabla 21), (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica (MAE), 2013).

Importancia de las especies seleccionadas en base a sus atributos, dentro de la familia Asteraceae se seleccionó las especies *B. latifolia* con raíz fibrosa y *L. eggersii* con un tipo de raíz principal adventicia, permitiendo tolerar suelos pobres y con alta pedregosidad y resistentes a temperaturas bajas, además se cuentan con las familias Rosaceae con la especie *R. coriaceus* tolerante a plagas y ambientes muy fríos, esta presenta una raíz pivotante con ramificaciones y Ericaceae con la especie *D. acuminatum* que cuenta con raíz principal y ramificaciones largas otorgando tolerancia a las sequías. Además, se consideró otras especies que forman parte del listado del Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica (MAE), (2013), pertenecientes a las familias Coriariaceae, Fabaceae, Rosaceae, Araliaceae y Verbenaceae, gracias a su adaptación a diferentes condiciones biofísicas en función al ecosistema siempreverde montano del norte de los Andes.

**Tabla 21**

*Especies seleccionadas para la restauración de la hacienda Cumbijún*

N°	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ORIGEN	CARACTERÍSTICA	TOLERANCIA
1	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca; Chilca negra; Chilca blanca	Nativa de la Sierra de Ecuador.	Arbusto de rápido crecimiento que puede alcanzar 2 m de altura en menos de un año, raíz fibrosa, con tallo flexible y cilíndrico pero ramificado, de aspecto glabro con ramas verticiliadas; hojas simples de 10 a 20 cm de largo, son elípticas u oblongo lanceoladas, enteras, acuminadas, coriáceas y brillantes, pecíolo de unos 4 mm de largo; flores masculinas dispuestas en inflorescencias en cabezuelas aplanadas de color blanco.	Esta planta presenta una alta tolerancia a suelos pobres y difíciles, siendo capaz de tolerar suelos con alta pedregosidad y estaciones carentes de agua
2	Rosaceae	<i>Rubus coriaceus</i>	Wakra maki; Mora gateadora	Nativa de América del Sur.	Arbusto de hasta 3 m, espinosos rastreros, tallos con venas rojizas; hojas alternas, de hasta 7 cm de largo, de forma ovada, gruesas, simples, bordes aserrados, flores solitarias, de 30 mm de diámetro, color rosado intenso, estambres y pistilos numerosos; fruto globoso, mide 15 mm de diámetro, formado por un conjunto de muchos frutos pequeños de 3 mm cada uno, carnosos y de color rojo.	Toleran plagas y ambientes muy fríos
3	Ericaceae	<i>Disterigma acuminatum</i>	Joyapa	Nativa en los países de Colombia, Ecuador y Perú.	Arbusto pequeño con hojas simples opuestas; flores subsésiles axilares 1–6, sostenidas por bractéolas pequeñas, subcoriáceas, flores de menos de 1 cm, cáliz con tubo corto campanulado, limbo subrecto y 4–5 lóbulos, corola blanca, verdosa o rojiza, cilíndrica o campanulada, 4–5 lóbulos, estambres (5–)8–10 iguales, filamentos libres, ligulados, villosos o glabros, anteras membranosas, prolongadas en 2 túbulo, dehiscencia por poros oblicuos, alargados, apicales, ovario ínfero 4–5 locular, disco anular carnoso, baya con numerosas semillas.	Resistente a la sequía
4	Asteraceae	<i>Liabum eggertii</i>	Hoja blanca	Nativa de Ecuador se registra en las provincias de Bolívar,	Arbusto con tallos superiores densamente blanco-tomentosos, a veces con manchas oscuras; hojas simples opuestas, ovadas a ampliamente elípticas o lanceoladas, márgenes remotamente denticulados, haz glabra, envés densamente blanco-tomentoso, pecíolos hasta 5 cm de largo, anchamente alados; flores fértiles, corolas	Tiene una resistencia al frío y a sequías prolongadas

			Chimborazo, Cotopaxi, Loja, y Pichincha.	amarillas, lígulas de 1–3 mm de largo, ápice hendido, tubo angosto, 4 mm de largo, ramas del estilo lineares, flósculos del disco 50–60, corolas angostas, amarillas, lobos lineares, de 1 mm de largo; frutos aquenios cilíndricos		
5	Coriariaceae	<i>Coriaria ruscifolia</i> *	Piñán, Shanshi, Tinta	Desde México a Perú. En el Ecuador está ampliamente distribuida en la Sierra	Arbustos o sufrútices, tallos cuadrangulares café-rojizos y ramas muy largas. Hojas verticiladas a opuestas, pequeñas, cortamente pediceladas, lanceoladas a ovadas, nervación palmada. Aquenios inconspicuos, comprimidos y recubiertos por los pétalos engrosados y carnosos que forman una pseudodrupa	Se adapta a variados tipos de suelo; pero prefiere suelos arenos limosos. Es abundante en taludes de carreteras, cárcavas y márgenes de quebradas y ríos
6	Fabaceae	<i>Mimosa quitensis</i> *	Algarrobo quiteño, Guarango	Nativa de Ecuador y Colombia	Arbusto o arbolito espinoso, perenne muy ramificado. Con hojas compuestas paripinadas, de color verde oscuras. Flores con capítulos globosos de color blanco amarillento ubicados en las partes terminales de las ramas. El fruto es una legumbre plana de color café aproximadamente de 5 cm	Resistente a temperaturas bajas y altas, además del pastoreo
7	Rosaceae	<i>Hesperomeles ferrugínea</i> *	Manzana caspi; Jalo; Quique o Pujín	Nativa de Ecuador, Bolivia, Colombia, Perú y Venezuela	Arbusto de tronco circular y ramificación alterna, la corteza externa es gris, fisurada y la madera es rojiza; hojas son simples, pecioladas de consistencia coriácea, el limbo es ovado de 5 a 6 cm de largo por 3 cm de ancho, de borde aserrado, ápice y base redondeados; flores son completas y se agrupan en racimos de umbelas que abarcan entre 18 y 20 flores, el fruto es un pomo pequeño, rojo, que posee generalmente 5 semillas.	Páramos y subpáramos. Precisa suelos húmedos
8	Araliaceae	<i>Oreopanax ecuadorensis</i> *	Pumamaqui	Nativa de la Sierra montañosa de Ecuador	Arbusto variable en relación a la morfología de sus hojas; por las características de las araliaceaeas puede poseer ramas lisas a estrelladas-tomentosas con estípulas lineares y adheridas al pecíolo; hojas lobuladas o enteras, alternadas de pecíolo largo, presentan dimorfismo foliar según la edad el mismo que va con presencia de hojas enteras lanceoladas, en otros casos trilobadas y cuando la planta es adulta con mayor frecuencia pentalobadas; flores polígamas dioicas, pentámeras; fruto con baya subglobosa o elipsoide, semillas oblongas pequeñas; inflorescencia terminal o subterminal, compuesta de cabezuelas o umbelas paniculadas o en ramo,	Es una especie del bosque montano, prefiere los suelos húmedos

			inflorescencia terminal o subterminal, compuesta de cabezuelas o umbelas paniculadas o en ramo.	
9	Verbenaceae	<i>Duranta triacantha</i> *	<p>Espino bravo; Espino chivo</p> <p>Nativa de Ecuador, desde el sur de México hasta Argentina</p>	<p>Arbusto muy considerado debido a su aspecto y floración. Tallo leñoso redondeado un poco áspero, muy consistente con muchas espinas, hojas verticiladas ovadas de color verde oscuro, borde liso y glabras. Inflorescencias zigomorfas de color violáceo, 5 pétalos, 5 sépalos. Fruto drupa de color amarillento. Se reproducen en primavera por semillas, o a fines del verano por esquejes semileñosos</p> <p>Toleran notablemente una variedad de condiciones, incluyendo suelos pobres y sequía.</p>

*Nota.* Con un asterisco se señalan las especies del listado del MAE que, aunque no se encuentren en las parcelas originalmente, serán introducidas ya que van a formar parte de la vegetación potencial del ecosistema arbustal siempre verde. Fuente: (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica (MAE), 2013), (MAE & FAO, 2015), (Romoleroux *et al.*, 2018), (Guerra, 2016), (Minga & Verdugo, 2016), (Ipiales, 2021), (Rodríguez, 2020), (Lizcano & Vergara, 2008), (Ledesma, 2010), (Hidalgo, 2016).

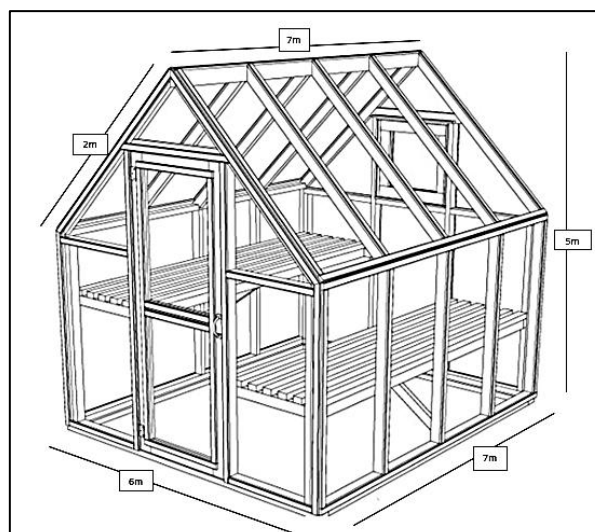
## *Propagación, Manejo de Especies y Selección del Sitio*

Para cumplir con la propagación y manejo de especies se optará por la construcción de un vivero que se ubicará en el área de estudio, mismo que presenta las siguientes características y dimensiones 7 metros de largo por 6 metros de ancho y 5 metros desde la base hasta el techo, una vez seleccionadas las especies se ubicaran en la infraestructura (Figura 10), para lograr su adaptación y crecimiento, además será indispensable monitorear su evolución y desarrollo con el fin de tener un número de especies considerables para el programa de restauración, es por ello que la construcción de un vivero es importante para obtener plántulas, rebrotes o semillas para sembrar directamente en las parcelas a restaurar, una vez que se verifique el acceso a las mismas.

La construcción del vivero se ejecutará con gastos mínimos, debido a que llevará materiales reciclables y de la zona que permitan ayudar a mantener un entorno con las mismas condiciones locales siendo beneficiario, para el proceso de crecimiento y adaptación de las plántulas. Serán propagadas por semilla las 8 primeras especies de la Tabla 21 con 15 fundas por cada una de las especies seleccionada, siendo un total de 120 individuos por las dimensiones con las que contará el vivero. El espino chivo (*Duranta triacantha* Juss.), será propagado vegetativamente por estacas en las inmediaciones del vivero con el sustrato adecuado.

### **Figura 10**

*Diseño y dimensionamiento del vivero*





## *Diseñar Estrategias para Superar las Barreras a la Restauración*

- Erradicar las especies introducidas en función de su abundancia en cada parcela, reforestando la zona de estudio con especies nativas que se logren adaptar fácilmente.
- Seleccionar especies vegetales que sean fijadoras de minerales como el nitrógeno para evitar la erosión de suelo.
- Lograr una comunicación activa y propicia con el propietario de la hacienda para que permita llevar a cabo el programa de reforestación.

## *Monitorear el Proceso de Restauración*

### *Programa de Monitoreo y Seguimiento*

Si las especies existentes son muy abundantes en esa parcela y se trata de especies introducidas, no se recomienda eliminar el cien por cien de especímenes sino dejar un porcentaje el primer año del 50% y al segundo año o tercer año eliminar otro 25% y finalmente al cuarto año eliminar por completo toda esa especie introducida, todo esto se debe a que son ecosistemas muy perturbados pero las plantas introducidas también cumplen una función a la hora de sujetar el suelo evitando la erosión eólica etc., por tanto no se recomienda eliminar las especies muy abundantes en un solo turno.

### **Proceso de ejecución del monitoreo**

- Evaluar el desarrollo de las especies nativas reforestadas en la zona seleccionada a restaurar.
- Realizar el levantamiento de datos como información para calcular los índices de biodiversidad.

### *Escalas Espaciales y Temporales*

El monitoreo se realizará a largo plazo de cada 6 meses un seguimiento y muestreo constante durante 3 años que se considera que se puede constatar las especies que se adaptaron y sobrevivieron y las que registraron mortalidad.

## *Parámetros de Monitoreo*

**Tabla 22**

*Parámetros de monitoreo, por criterios e indicadores*

<b>CRITERIOS</b>	<b>INDICADORES ECOLÓGICOS</b>
Estatus de las especies / poblaciones / comunidades	Cálculos de abundancia / densidad
Calidad del hábitat	Extensión de la cobertura vegetal
Procesos ecológicos	Número de nuevas especies
Salud de la especie / ecosistemas	Cantidad de especies reforestadas
Amenazas a la especie y su hábitat	Cantidad de especies invasoras

## *Metodología de Monitoreo*

Se ejecutará mediante una matriz de evaluación expuesta en el paso anterior en donde se tomará en cuenta la estructura ecológica aplicada, para realizar un seguimiento adecuado al programa de restauración.

## *Consolidar el Proceso de Restauración*

Para la validación de la propuesta de restauración se aplicó la técnica de experto método Delphi, mediante la aplicación de un cuestionario a los representantes legales de Instituciones Gubernamentales y no Gubernamentales interesadas en el proyecto de restauración como Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Salcedo y Asociación de Ganaderos Sacha, para un análisis sistémico que contribuyo a identificar un factor fundamental de restauración del ecosistema potencial en beneficio del sector y la hacienda Cumbijín, permitiendo validar la propuesta planteada en la investigación (Anexo E) .

Realizar visitas periódicas cada año a la zona restaurada, para constatar el estado anual de las especies nativas empleadas en las parcelas restauradas, y así mismo garantizar el buen estado del ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes, de la misma

forma verificar si existe alguna alteración natural o antrópica que pueda afectar a la zona restaurada; con el propósito de culminar y consolidar el proceso de restauración en este caso el programa de restauración con las bases ecológicas ya mencionadas.

## CONCLUSIONES

- Los resultados indicaron que P7B, P8B, P9B y P10B correspondieron a un área muy perturbada, debido a que se encuentran en una zona intervenida, donde las alteraciones antrópicas son muy frecuentes, por actividades de talas con fines de aprovechamiento de la especie *P. radiata* de interés maderable, cambio de uso del suelo, caída de árboles, presencia de especies invasoras y pastoreo, además se evidenció que la zona baja donde se instalaron las parcelas llevan un proceso muy lento de recuperación por la dinámica de estas alteraciones.
- Las parcelas instaladas en la zona alta P5A y P6A presentan un estado de conservación regular, esto se debe a que se encuentran en la quebrada con mayor inclinación, donde ocurren fuertes vientos que provocan la caída de árboles, con niveles de velocidad del viento que oscilan entre medio y alto, desde los 25 hasta los 70 kilómetros por hora, este fenómeno meteorológico es causado por factores locales como el calentamiento desigual de la superficie terrestre, las diferencias en la presión atmosférica y las brisas de las montañas y los valles.
- En la zona baja donde se ubicaron las parcelas P7B, P8B, P9B y P10B, se identificó un estado de conservación pobre y muy pobre, porque presentaron mayor incidencia de alteraciones como: existencia de cultivos (Cu), caída de árboles por efecto del viento (C), deslizamientos de suelos (De) y presencia de especies invasoras (Ei).
- Las familias que predominan el ecosistema potencial son Asteráceas y Poaceas propias de la zona, ya que en la hacienda Cumbijín se identificó mayor incidencia de familias de especies invasoras del ecosistema a restaurar.
- Se elaboró una propuesta de restauración en el área objeto de estudio, para implementarla en la zona baja principalmente con la eliminación paulatina y total de las especies introducidas en las parcelas P7B a P10B, con el fin de recuperar el ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes.

- La propuesta de restauración cuenta con especies fijadoras de minerales como el nitrógeno para evitar la erosión de suelo y la producción de deslaves en la zona, ocasionada por las especies introducidas en el ecosistema potencial.

## RECOMENDACIONES

- Coordinar con los propietarios de la hacienda y representantes de la comunidad Cumbijín, los resultados de la investigación para la restauración y propagación de las especies vegetales seleccionadas, para potenciar la zona más perturbada.
- Realizar acciones de talleres de socialización con la comunidad Cumbijín, en relación con la importancia del proceso de reforestación de la zona y el manejo adecuado de las especies vegetales ubicadas en el vivero.
- Por otro lado, sería interesante que se inicien evaluaciones o estudios sobre la dinámica de la vegetación que se está desarrollando sobre quebradas, para permitir conocer mejor la sucesión de estas especies.
- Incentivar a los estudiantes a crear programas de restauración con bases ecológicas, en conjunto con entidades gubernamentales a través del uso de especies de vegetación nativa, que ayuden a la conservación de los suelos, protección de fuentes y nacimiento de agua y varios beneficios adicionales para las comunidades y sus entornos. Una de las principales razones para proponer el uso de especies nativas es por la interacción que tienen con el medio y las demás especies, tanto de flora como de fauna.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Solís, M. (1974). Política Conservacionista de los Recursos Naturales Renovables. *Instituto Ecuatoriano de Ciencias Naturales*, 90, 1-43.
- Aguirre, M. N., Torres, C. J., & Velasco-Linares, P. (2013). Guía para la restauración ecológica en los páramos del Antisana. *Comunidad Andina*, 1-60.
- Alarcón, E. (2014). *Plan de Gobierno Cantonal*. Plan de Gobierno, Salcedo.
- Alcaldía de El Peñol. (2011). *Diagnóstico Ambiental Municipal 2011-2021*. Obtenido de <http://elpenol-narino.gov.co/apc-aa-files/38356563643764393934376466306535/peam-peol.pdf>
- Alvis Gordo, J. F. (2009). Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayán. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 7(1), 115-122. Obtenido de <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/710>
- Armijos, A. (2019). *Evaluación Anatómica de 50 Especies Forestales en el Sur del Ecuador*. Universidad Nacional de Loja, Loja.
- Balslev, H., & Øllgard, B. (2002). *Mapa de vegetación del sur de Ecuador*. Botánica Austroecuatorial: Abya Yala.
- Baquero, F., Sierra, R., Ordoñez, L., Tipán, M., Espinoza, L., Rivera, B., & Soria, P. (2004). La Vegetación de los Andes Ecuador: Memoria explicativa de los mapas de vegetación: potencial y remanente a escala 1:250.000 y del modelamiento predictivo con especies indicadores. *Ecociencia/Cesla*.
- Barba, R. (2006). *El cantón Salcedo*. Obtenido de Servicios GAD Salcedo: [http://www.salcedo.gob.ec/index.php?option=com\\_contact&view=contact&id=2](http://www.salcedo.gob.ec/index.php?option=com_contact&view=contact&id=2)
- Beck, S., & Heinz, E. (1977). Posibilidades de desarrollo en la zona andina desde el punto de vista ecológico. *Lehrstuhl für Geobotanik*.
- Beeby, L. (2004). Multiple functions increase the importance of biodiversity for overall ecosystem functioning. *Ecology*.
- Beek, R., & Sáenz, G. (1992). Manejo forestal basado en la regeneración natural de bosque: estudio de caso en los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales*. Centro Agronómico Tropical de

- Investigación y Enseñanza, CATIE, Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales.
- Benavides, J. (2014). Perturbaciones en las turberas de páramo: la acción del hombre y el clima. *Pontifica Universidad Católica*, 85-90. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/262213814>
- Bernal, F., Sánchez, O., & Zapatta, A. (2009). *Relaciones Socio-Organizativas y Legales en el Páramo y otras Zonas de Altura*. Ecuador.
- Bièvre, B., Íñiguez, V., & Buytaert, W. (2011). *Hidrología del páramo: importancia, propiedades y vulnerabilidad*. En P. Mena Vásconez (Ed). *Páramo: paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado*. Flacso Ecuador. Obtenido de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/144677-opac>
- Cabrera, M., & Ramírez, W. (2014). *Restauración ecológica de los páramos de Colombia: transformación y herramientas para su conservación*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Cerón, M. (1993). *Manual de botánica ecuatoriana, sistemática y métodos de estudio*. Quito, Ecuador: Ediciones Abya-Ayala.
- Chacón-Moreno, E. (2010). *Ecorregiones, Paisajes y Ecosistemas de Venezuela, Propuesta conceptual y metodológica bajo un enfoque de Ecología del Paisaje*. Mérida Venezuela: Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas.
- Chango Pastrano, K. E. (2018). *Caracterización Climatológica del sector Cumbijín, Cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, para la elaboración de la plataforma integrada de datos de la gestión Agropecuaria, 2018*. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga.
- Cleef, A. (1981). The vegetation of the paramos of the Colombian Cordillera Oriental. *Diss. Bot*, 61-121.
- Código Orgánico del Ambiente. (2017). Quito: Registro Oficial No. 983, de 12 de abril de 2017.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Quito: Registro Oficial No. 449, de 20 de octubre de 2008.
- Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). (1992). *Texto del Convenio*. Obtenido de En línea: <http://www.cbd.int/convention/text/>
- Demek, J. (1972). *Manual of Detailed Geomorphological Mapping*. Academia.



- Ecuador Forestal. (2013). *Organización Ecuador Forestal. Técnicas de especies forestales*. Obtenido de <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especiesforestales/ficha-tecnica-no-15-eucalyptus-globulus-labill/>
- Eguiguren, P., & Ojeda, T. (2009). *Línea base para el monitoreo a largo plazo del impacto del cambio climático, sobre la diversidad florísticas en una zona piloto del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus*. tesis Ingeniería Forestal. Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja.
- GAD Municipal del Cantón Salcedo. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del GAD Municipal del Cantón Salcedo. Obtenido de [https://www.academia.edu/25061048/ACTUALIZACION\\_DEL\\_PLAN\\_DE\\_DESARROLLO\\_Y\\_ORDENAMIENTO\\_TERRITORIAL](https://www.academia.edu/25061048/ACTUALIZACION_DEL_PLAN_DE_DESARROLLO_Y_ORDENAMIENTO_TERRITORIAL)
- GAD Parroquial de Santa Ana. (2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del GAD Parroquial de Santa Ana. Obtenido de [https://www.santana.gob.ec/images/PDOT\\_SANTA\\_ANA\\_2019-2023-comprimido.pdf](https://www.santana.gob.ec/images/PDOT_SANTA_ANA_2019-2023-comprimido.pdf)
- Gallo, G. (2012). *Fundación Patagonia. Metodología para elaboración de diagnósticos ambientales*. Obtenido de [www.funpat3mil.com.ar/documentos/Metodologia%20para%20la%20elaboracion%20de%20diagnosticos%20ambientales.pdf](http://www.funpat3mil.com.ar/documentos/Metodologia%20para%20la%20elaboracion%20de%20diagnosticos%20ambientales.pdf)
- Gentry, A. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of Missouri Botanical Garden*, 1-34.
- Gomes, V., Negreiros, D., Fernandes, W., Pires, A., & Silvia, R. (2018). Long-term monitoring of shrub species translocation in degraded Neotropical mountain grassland. *Restoration Ecology*, 26(1), 91-96.
- González, M., Plascencia, O., & Martínez, T. (2016). Áreas prioritarias para restauración ecológica y sitios de referencia en la región Chignahuapa- Zacatlán. *Madera y bosques*, 22 (2), 41-52.
- Guerra, P. (2016). *EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE BIOAUTOGRÁFICA DE DOS VARIEDADES DE ACEITES ESENCIALES ANDINOS Clinopodium nubigenum (Kunt) Kuntze y Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) Pers.* Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Quito. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12183/1/UPS-QT09569.pdf>

- Hidalgo, J. (2016). *EVALUACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS Y FRECUENCIAS DE APLICACIÓN EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE Oreopanax ecuadorensis Seem (Pumamaqui) EN LA PARROQUIA ULBA, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4883/1/33T0152.pdf>
- Hobbs, R. J., & Harris, J. A. (2001). Restoration Ecology: Repairing the Earth's Ecosystems in the New Millennium. *Restoration Ecology*, 9, 239-246.
- Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., & Ulloa, J. (2014). *Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo*. UICN Quito.
- Hofstede, R., Lips, W., Jongsma, & Sevink, Y. (1998). *Geografía, ecología y forestación de la sierra alta del Ecuador*. Ediciones Abya-Yala.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2021). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de <https://www.inamhi.gob.ec/boletines-meteorologicos/>
- Ipiates, V. (2021). *Estudio farmacognóstico de las partes aéreas de Coriaria ruscifolia L.* Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Jorgensen, P., & León-Yáñez, S. (1999). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. *Missouri Botanical Garden*.
- Josse, C., Navarro, G., Encarnación, F., Tovar, A., Comer, P., Ferreira, W., . . . Reátegui, F. (2007). Sistemas Ecológicos de la Cuenca Amazónica de Perú y Bolivia. Clasificación y mapeo. *NatureServe*, 94.
- Ledesma, G. (2010). *EVALUACIÓN DE TRES TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS CON CUATRO TIPOS DE SUSTRATOS PARA LA PROPAGACIÓN DE PUMAMAQUI (Oreopanax ecuadorensis Kunt)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/716/1/33T0072.pdf>
- León-Yáñez, J. (2011). *Particularidades culturales de la gente de montaña*. EcoCiencia/Abya Yala/ECOBONA.
- León-Yáñez, S. V., Pitman, N., Endara, L., Ulloa, C., & Navarrete, H. (2012). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador*, Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Segunda ed.). Quito: Publicaciones del Herbario QCA. Obtenido de <https://bioweb.bio/floraweb/librorojo>

- León-Yáñez, S., Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa, C., & Navarrete, H. (2019). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador*.
- Lizcano, A., & Vergara, J. (2008). *EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE LOS EXTRACTOS ETANÓLICOS Y/O ACEITES ESENCIALES DE LAS ESPECIES VEGETALES Valeriana pilosa, Hesperomeles ferruginea, Myrcianthes rhopaloides y Passiflora manicata FRENTE A MICRORGANISMOS PATÓGENOS*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8688/tesis151.pdf?sequence=1>
- López, R., Fadul, J., & Palomeque, J. (2016). Diagnóstico ecológico en la determinación de los destinos turísticos en la provincia El Oro, Ecuador. *Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos*, 8(3), 116-120. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v8n3/rus15316.pdf>
- Luteyn, J. L. (1999). *Páramos a checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature. Memoris of The New York Botanical Garden. Volumen 84*. The New York Botanical.
- MAATE. (2019). *Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. Obtenido de <http://biodiversidad.ambiente.gob.ec:8099/biodiversidad-web/taxonomicResolution/resolucionTaxonomica.jsf>
- MAE. (2015). *Programa de Incentivos para la Reforestación con Fines Comerciales*. Estudios Sectoriales.
- MAE, & FAO. (2015). *Especies forestales leñosas arbóreas y arbustivas de los bosques montanos del Ecuador*. Quito.
- Margalef, R. (1951). Diversidad de especies en las comunidades. *Publicación del Instituto Biología Aplicada*, 9, 5-27.
- Martínez, Y. (2001). *Tendencias sociales*. Obtenido de Más de la mitad de los ecosistemas terrestres están dañados por la intervención humana: [https://www.tendencias21.net/Mas-de-la-mitad-de-los-ecosistemas-terrestres-estan-danados-por-la-intervencion-humana\\_a589.html](https://www.tendencias21.net/Mas-de-la-mitad-de-los-ecosistemas-terrestres-estan-danados-por-la-intervencion-humana_a589.html)
- Martín-López, B., González, J., Vilardy, S., Montes, C., García-Llorente, M., Palomo, I., & Aguado, M. (2012). *Ciencias de la Sostenibilidad*. Universidad del Magdalena, Instituto Humbolt Colombia, Laboratorio de Socioecosistemas, Centro de Estudios de América Latina (CEAL). Universidad Autónoma de Madrid y Grupo Santander. 145 pp, Madrid.

- Medina, G., & Mena, P. (2001). *Los páramos del Ecuador*. Pp. 1-23 En: Mena, P., G. Medina & R.G.M. Hofstede (eds.). *Los Páramos del Ecuador*. Proyecto Páramo y Abya Yala.
- Medina, G., Josse, C., & Mena, P. (2000). La Forestación en los Páramos. *Serie Páramo 6*. GTP/Abya Yala.
- Mena, P., Medina, G., & Hofstede, R. (2021). *Los Páramos Del Ecuador. Particularidades, Problemas y Perspectivas*. Quito.
- Mena, V. P., & Hofstede, R. (2006). *Los páramos ecuatorianos*. Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés. Obtenido de <https://beisa.au.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdf/Capitulo%2006.pdf>
- Minga, D., & Verdugo, A. (2016). *Árboles y arbustos de los ríos de Cuenca. Serie Textos Apoyo a la Docencia Universidad del Azuay*. Cuenca: Imprenta Don Bosco.
- Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica (MAE). (2013). *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural, Quito.
- Ministerio del Ambiente de Colombia (MAC). (2001). *Programa para el manejo sostenible y restauración de ecosistemas de la alta montaña colombiana: Páramos*. Bogotá: Dirección General de Ecosistemas.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE). (2016). *Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2030*. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Obtenido de <http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/WebAPs/Estrategia%20Nacional%20de%20Biodiversidad%202015-2030%20-%20CALIDAD%20WEB.pdf>
- Mittermeier, R., Robles, P., Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Goettsch, C., . . . Fonseca, G. d. (2004). *Hotspots, biodiversidad amenazada II*. CEMEX.
- Mongabay, L. (2018). *Mongabay Latam*. Obtenido de Los peligros que enfrentan los bosques: <https://es.mongabay.com/2018/10/peligros-bosques-secos-ecuador>
- Morales, J., & Estévez, J. (2006). El páramo: ¿Ecosistema en vía de extinción? *Revista Luna Azul*, 22. Obtenido de <http://lunazul.ucaldas.edu.com>
- Moreno, C. (2001). Spatial and temporal analysis of the  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\gamma$  diversities of bats in a fragmented landscape. *Biodiversity and Conservation*.
- Myers, N. (2003). Puntos críticos de biodiversidad revisados. *BioScience*, 53 (2003), 916 - 917.

- Neill, D. (1999). Vegetación. En Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador, editado por P. Møller Jørgensen y S. León. *Missouri Botanical Garden Press*.
- OVACAN. (2018). *Páramo; Clima, flora, fauna y características*. Obtenido de <https://ecosistemas.ovacen.com/bioma/paramo/>
- Ramírez, N. (2015). *Restauración pasiva: Régimen de disturbio y su impacto en la dinámica de los ecosistemas*. Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas, Instituto de Ecología A.C. y El Colegio de la Frontera Sur.
- Rasal, M., Troncos, C., Lizano, O., Parihuamán, & Quevedo. (2012). La vegetación terrestre del bosque montano de Lanchurán (Piura, Perú). *Caldasia*, 1-24.
- Reis, A., Bechera, F., & Tres, D. R. (2010). Nucleation in tropical ecological restoration . *Scientia*, 244-250.
- Rodríguez, K. (2020). *Extracción y caracterización de metabolitos secundarios (polifenoles y flavonoides) obtenidos a partir de Pujín (Hesperomeles ferruginea) planta nativa del cerro*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32124/1/AL%20774.pdf>
- Rodríguez, M. (2015). *Tipos de investigación científica. Tesis e investigaciones*. Unir Editorial.
- Romoleroux, K., Bastidas, E., & Espinel, D. (2018). *Guía de MORAS del Ecuador*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. Obtenido de <https://edipuce.edu.ec/wp-content/uploads/2021/06/Guia-de-moras-del-Ecuador.pdf>
- Salmerón, A., González, A., & Geada, G. (2016). Tipos funcionales de plantas según su respuesta a las perturbaciones en un bosque semideciduo micrófilo costero de Cuba Oriental. *Bosque (Valdivia)*. 135- 145.
- Secretaría de Gestión de Riesgos. (2014). *Secretaría de Gestión de Riesgos*. Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/05/ProyectoPrevencion.pdf>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES). (2017). *Plan Nacional del Buen Vivir 2017-2021*. Quito. Obtenido de [https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL\\_0K.compressed1.pdf](https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf)
- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (2019). *Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias*. Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/deslaves/>

- Sklenár, P. (2005). *Flora genérica de los páramos. Guía Ilustrada de las Plantas Vasculares. Memoirs of The New York Botanical Garden. Volumen 92*. The New York Botanical.
- Sklenár, P., & Balslev, H. (2005). Superpáramo plant species diversity and phytogeography in Ecuador. *Flora 200*, 416-433.
- Stadmiiller, G. (2012). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental*. Ministerio del Ambiente del Ecuado.
- Stenhouse, R. (2004). Fragmentation and internal disturbance of native vegetation reserves in the Perth metropolitan area, Western Australia. *Landscape and Urban Planning* , 389-401.
- Van Andel, J., Grootjans, P., & Aronson, J. (2012). Unifying concepts. En J. Van Andel y J. Aronson, editors. *Restoration Ecology*. The New Frontier. Wiley-Blackwell. *Oxford*.
- Van der Hammen, T. (1986). *Development of the high andean páramo flora and vegetation*. Oxford University.
- Van der Hammen, T., & Cleef, G. (1998). *Diversidad biológica: informe nacional sobre el estado de la biodiversidad*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Vargas, O. (2011). *Reviviendo nuestros páramos: restauración ecológica de páramos*. Proyecto Páramo Andino: FONAG. Obtenido de [https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio\\_view.php?bibid=126185&tab=opac](https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio_view.php?bibid=126185&tab=opac)
- Vargas, O. (2000). *Sucesión – Regeneración del páramo después de quemas*. Tesis de Maestría, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, O. (2007). *Guía Metodológica para la Restauración Ecológica del Bosque Alto Andino*. Grupo de Restauración Ecológica de la Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, O. (2008). *Disturbios en páramos andinos*. Quito: Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, O., & Velasco, P. (2011). *Reviviendo nuestros páramos*. Artes Gráficas.
- Vargas, O., Reyes, S., Gómez, P., & Díaz, J. (2007). *Guías técnicas para la restauración ecológica de ecosistemas*. Grupo de Restauración Ecológica. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Vázquez, J., & Salim, Y. (2011). ESTADO DE CONSERVACION DE LOS BOSQUES Y OTRAS FORMACIONES VEGETALES EN VENEZUELA. *ResearchGate*.
- Villacis, H., Quintana, Y., López, G., Crespo, Y., Obregon, J., & Rubio, J. (2017). Efecto del grado de antropización en la estructura, en tres sitios fragmentados bosque

siempreverde piemontano. *Revista Cubana de Ciencias Forestales: CFORES*, 172-180.

Yanchatipán De la Cruz, M. B. (2012). *Elaboración de un Plan de Reforestación de las cuencas hídricas del páramo CAPULIS paso para mantener la captación de agua de consumo humano en la parroquia Belisario Quevedo cantón Latacunga provincia Cotopaxi*. Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniera en Medio Ambiente UTC.

Young, T., Petersen, D., & Clary, J. (2005). The ecology of restoration: historical links, emerging issues and unexplored realms. *Ecology Letters*, 662-673.

## **ANEXOS**

### **Anexo A**

*Salida de campo 1, reconocimiento de la zona objeto de estudio*



### **Anexo B**

*Salida de campo 2, delimitación de parcelas zona baja y alta*





### **Anexo C**

*Secado de los ejemplares de las 10 especies no identificadas in situ*



### **Anexo D**

*Prensado de los ejemplares previo a su identificación*



## **Anexo E**

### *Reunión de validación de propuesta*

