



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

**“PATRONES DE DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN FUNCIÓN DE
LA GRADIENTE ALTITUDINAL DE LOS PÁRAMOS DEL
PARQUE NACIONAL PODOCARPUS”**

TESIS DE GRADO PREVIA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA FORESTAL

AUTORES:

Patricio Geovanny Guzmán Bustán

Lenin Stalin Salinas Tacuri

DIRECTOR:

Nikolay Aguirre M, Ph.D.

ASESOR:

Ing. Luis Sinche. Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2010

**PATRONES DE DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN FUNCIÓN DE
LA GRADIENTE ALTITUDINAL DE LOS PÁRAMOS DEL
PARQUE NACIONAL PODOCARPUS**

TESIS DE GRADO

Presentada al Tribunal Calificador como requisito parcial para la obtención del título
de:

INGENIERO FORESTAL

EN LA:

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES
RENOVABLES**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

APROBADA:

Ing. Jorge Garcia L, Mg. Sc.

PRESIDENTE

Ing. Johana Muñoz, Mg. Sc.

VOCAL

Ing. Manuel Quizphe C, Mg. Sc.

VOCAL

Ing. Nikolay Aguirre Mendoza Ph.D.

CERTIFICA

En calidad de Director de la tesis titulada **“PATRONES DE DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN FUNCIÓN DE LA GRADIENTE ALTITUDINAL DE LOS PÁRAMOS DEL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS”**; de autoría de los señores egresados de la Carrera de Ingeniería Forestal **Patricio Geovanny Guzmán Bustán** y **Lenin Stalin Salinas Tacuri**, ha sido dirigida, revisada y aprobada en su integridad; por lo que autorizo su presentación y publicación.

Loja, julio 2010



Atentamente,

Ing. Nikolay Aguirre Mendoza Ph.D.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Jorge Garcia L, Mg. Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR DE LA TESIS “PATRONES DE DISTRIBUCIÓN FLORRÍSTICA EN FUNCIÓN DE LA GRADIENTE ALTITUDINAL DE LOS PÁRAMOS DEL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS”

CERTIFICA:

Que en calidad de Presidente del Tribunal de Calificación de la Tesis titulada “**PATRONES DE DISTRIBUCIÓN FLORRÍSTICA EN FUNCIÓN DE LA GRADIENTE ALTITUDINAL DE LOS PÁRAMOS DEL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS**”, de autoría de los señores egresados de la Carrera de Ingeniería Forestal **Patricio Geovanny Guzmán Bustán y Lenin Stalin Salinas Tacurí**, ha sido dirigida revisada e incorporadas todas las sugerencias efectuadas por el Tribunal Calificador, y luego de su revisión se ha procedido a la respectiva calificación y aprobación. Por lo tanto autorizó su publicación pública definitiva.

Loja, julio del 2010

Atentamente,

Ing. Jorge García L. Mg. Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

AUTORÍA

**LAS IDEAS EXPUESTAS EN EL PRESENTE
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN, ASÍ COMO
LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN SON DE
EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE LOS
AUTORES**

Patricio Geovanny Guzmán B.

Lenin Stalin Salinas Tacuri.

DEDICATORIA

A mis padres *Geovanny* y *Mariana*, quienes con su ejemplo de esfuerzo superación y dedicación guiaron mi camino. A mis hermanos *Wagner*, *Jackson* y *Andy*. A mi abuelita *Mercedes*. A mis tíos en especial a mis tías *Judiht* y *Matilde*. A *Dilma* mi segunda mamá y mis primos por compartir mis éxitos y traspíés. A *Ileana*, quien se ha convertido en un pilar fundamental para alcanzar cada una de mis metas y sueños. A mis amigos y compañeros que me brindaron su amistad incondicional.

Patricio Guzmán B.

A mis padres Elizabeth y Luis por su amor y apoyo, quienes con su ejemplo supieron guiar cada uno de mis pasos con fortaleza y dedicación hacia el alcance de mis metas. A mis hermanos Pablo y Andrés por todas esas palabras de aliento y experiencias enriquecedoras. A mis abuelitos y Tías abuelas, que con sus consejos llenos de sabiduría formaron parte del desarrollo de este trabajo. A Paola, una persona muy especial en mi vida, por su amor, palabras de ánimo y permanente colaboración en el alcance de este nuevo logro en mi vida. A mis amigos y compañeros que como hermanos han estado siempre presentes en cada una de mis decisiones con sus consejos y palabras de motivación.

Lenin Salinas T.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más sincero sentimiento de gratitud hacia todos aquellos quienes hicieron posible la exitosa culminación de la presente investigación:

Agradecemos de manera especial al Dr. Nikolay Aguirre, quien con su experiencia nos guió a través del desarrollo de la fase de campo, análisis de información, dirección y revisión del presente trabajo.

De igual forma, un agradecimiento fraterno a la Ing. Tatiana Ojeda., Ing. Paul Eguiguren, por sus constantes observaciones y comentarios que sirvieron de guía a lo largo de todo el proceso de investigación.

A la Universidad Nacional de Loja, al Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, mediante la Carrera de Ingeniería Forestal, donde adquirimos los conocimientos teórico-técnicos puestos en práctica en este trabajo y base fundamental para nuestra vida profesional.

Al Centro de Estudios y Desarrollo de la Amazonía (CEDAMAZ) por su apoyo técnico y financiero como aporte esencial para la ejecución de esta investigación.

A los miembros del tribunal calificador de la tesis: Ing. Jorge García L., Ing. Johana Muñoz Ch., Ing. Manuel Quizhpe C., por sus valiosos comentarios y sugerencias encaminadas a la correcta culminación del presente trabajo.

Queremos dejar constancia de nuestras especiales consideraciones de gratitud hacia el Ing. Luis Sinche, Bolivar Merino, Ing. Ivonne González, por su valiosa contribución técnica en el desarrollo de ésta investigación.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. CALENTAMIENTO GLOBAL.....	4
2.1.1. Causas del Cambio Climático	4
2.1.2. Efectos del Calentamiento Global.....	5
2.1.2.1. Pérdida de la biodiversidad	5
2.2. MONITOREO GLOBAL Y LOCAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO.....	6
2.2.1. GLORIA (Iniciativa para la Investigación y Seguimiento Global de los Ambientes Alpinos).....	7
2.2.1.1. Metodología utilizada por GLORIA, para el monitoreo a largo plazo de los impactos del Cambio Climático en la biodiversidad de alta montaña	8
2.2.2. Proyecto para monitoreo a largo plazo del impacto del cambio climático en la biodiversidad de ecosistemas de páramo en el Parque Nacional Podocarpus, Provincia de Loja, Ecuador (MICCAMBIO)	9
2.2.2.1. Objetivo del Proyecto MICCAMBIO	10
2.3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	10
2.3.1. Ecosistema páramo.....	10
2.3.2. Distribución de los Páramos en Ecuador	11
2.3.3. Tipos de Páramos en el Ecuador	12
2.3.4. Diversidad de los Paramos y Gradiente altitudinal	14
2.3.5. Evaluación del Estado de Conservación de Recursos Naturales con énfasis en los Ecosistemas de Páramo	15
2.3.6. Parque Nacional Podocarpus.....	15
2.4. ÍNDICES DE BIODIVERSIDAD.....	17
3. METODOLOGÍA.....	18
3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	18

3.2. CUANTIFICACIÓN DE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN TRES CIMAS SELECCIONADAS EN LOS PÁRAMOS DEL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS.....	20
3.2.1. Establecimiento de las parcelas permanentes de estudio	20
3.2.2. Cuantificación de la Diversidad florística en relación a la Gradiente Altitudinal	23
3.2.2.1. Porcentaje de cobertura de superficie.....	23
3.2.2.2. Riqueza y Abundancia Florística.....	24
3.2.2.3. Pendiente en grados.....	25
3.3. DETERMINACIÓN DE PATRONES DE DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN LOS PÁRAMOS DEL PNP.....	26
3.4. CONOCER Y EVALUAR LAS RELACIONES ENTRE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y LA GRADIENTE ALTITUDINAL EN LAS TRES CIMAS SELECCIONADAS.....	28
3.5. DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN GENERADA.....	28
4. RESULTADOS	30
4.1. DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y PATRONES DE DISTRIBUCIÓN EN FUNCIÓN DE LA GRADIENTE ALTITUDINAL DE LA ZONA PILOTO DEL PNP.	30
4.1.1. Descripción de la zona piloto del PNP.....	30
4.1.2. Disposición de Transectos y parcelas permanentes	32
4.1.3. Composición Florística de la Zona Piloto del PNP.....	33
4.1.4. Parámetros Ecológicos	34
4.2. EVALUACIÓN DE LAS RELACIONES EXISTENTES ENTRE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y LA GRADIENTE ALTITUDINAL	46
4.2.1. Diversidad Florística (Índice de Shannon-Wiener).....	47
4.2.2. Riqueza Florística.....	47
4.2.3. Abundancia Florística	47
4.2.4. Densidad Florística.....	47
4.3. DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN GENERADA	49

5. DISCUSIÓN	50
5.1. DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE LA FLORA EN EL PNP EN FUNCIÓN DE LA GRADIENTE ALTITUDINAL	50
5.1.1. Aspectos Metodológicos	50
5.1.2. Diversidad Florística	52
5.1.3. Determinación de los patrones de distribución	53
5.2. EVALUACIÓN DE LAS RELACIONES EXISTENTES ENTRE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y LA GRADIENTE ALTITUDINAL	57
5.2.1. Aspectos Metodológicos	57
5.2.2. Evaluación de las relaciones existentes.....	58
6. CONCLUSIONES	60
7. RECOMENDACIONES.....	62
8. LITERATURA CITADA	63
9. APÉNDICES	71

ÍNDICE DE CUADROS

N ^o	TITULO	Pág.
Cuadro 1.	Tipos de páramo en el Ecuador (Mena et al. 2001).	13
Cuadro 2.	Clasificación de pendientes (adaptado de Iñiguez 1999).....	25
Cuadro 3.	Parámetros ecológicos empleados para el análisis de datos.....	27
Cuadro 4.	Descripción de las tres cimas de la zona piloto del PNP.	31
Cuadro 5.	Riqueza de especies en relación a la gradiente altitudinal en las tres cimas del PNP. P1-P8 representan la variación altitudinal dentro de la cima.	35
Cuadro 6.	Diversidad Beta entre cimas calculada a través del Índice de Similitud de Sorensen.	43
Cuadro 7.	Promedio de cada una de las categorías de cobertura de superficie en las cimas de la zona Piloto del PNP.	45
Cuadro 8.	Evaluación de las Relaciones existentes entre Diversidad Florística y Gradiente Altitudinal.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

N ^o	TITULO	Pág.
Figura. 1.	Ubicación espacial del área de estudio dentro del PNP en la región sur del Ecuador.....	19
Figura. 2.	Diseño del muestreo de la flora en el área cimera (a). Se planteó el establecimiento de cuatro transectos en las cuatro direcciones cardinales (NE, NO, SE y SO). Ubicación alternativa de las parcelas de muestreo dentro del transecto (NE) de la primera cima CIA 3 320 m s.n.m (b).	21
Figura. 3.	Esquema de marcación de cada metro de desnivel del transecto (Modificado de Pauli et al. 2003) (a); Ubicación de jalones en la línea principal de medida, empleando la brújula y medición del desnivel con el clinómetro (b).	22
Figura. 4.	Medición de cada metro de desnivel de la gradiente altitudinal mediante el clinómetro: Medición realizada por la Persona A (a): Medición realizada por la Persona B (b).....	22
Figura. 5.	Malla utilizada en la estimación de cobertura: Malla de madera (1 x1 m) (a), Malla de acetato (10 x10 cm) (b).....	23
Figura. 6.	Vista perpendicular para la estimación de la cobertura en las parcelas de 1m ²	24
Figura. 7.	Esquema gráfico de los niveles de comparación de variables para la evaluación de diversidad florística/gradiente altitudinal.....	26
Figura. 8.	Ubicación de las cimas de la zona piloto del PNP (Tomado de Eguiguren y Ojeda 2009).	30
Figura. 9.	Vista panorámica de las cimas de la zona piloto del PNP.	31
Figura. 10.	Disposición de las parcelas en cada transecto de las cimas de la zona piloto del PNP.	32
Figura. 11.	Formas de disposición de parcelas dentro de un transecto en la cima CIA.....	33
Figura. 12.	Curva Especie/Área de las tres cimas de la zona piloto del PNP.....	34
Figura. 13.	Riqueza florísticas de las tres cimas del sitio piloto del PNP.	35

Figura. 14. Riqueza florística de las orientaciones muestreadas en cada una de las cimas de la zona piloto del PNP.....	36
Figura. 15. Abundancia florística de cada una de las cimas de la zona piloto del PNP.....	37
Figura. 16. Abundancia florística de las diferentes formas de vida encontradas a lo largo de la zona piloto del PNP.....	38
Figura. 17. Abundancia Florística a lo largo de la gradiente de cada cima de la zona piloto del PNP.	38
Figura. 18. Diversidad de las 10 familias con mayor número de especies a lo largo de cada cima de la zona piloto del PNP.	40
Figura. 19. Índice de diversidad de Shannon promedio entre cimas, las barras indican el error estándar respecto al promedio $n=8$ (a), Índice de diversidad de Shannon promedio entre direcciones de todas las cimas, las barras indican el error estándar respecto al promedio $n=8$; Las letras iguales indican la inexistencia de diferencias significativas (Test Tukey $p \leq 0.05$) (b).	41
Figura. 20. Índice de diversidad de Shannon promedio entre cimas, las barras indican el error estándar respecto al promedio $n=4$. Las letras iguales muestran la inexistencia de diferencias significativas (Test Turkey $P \leq 0.05$).	42
Figura. 21. Análisis clúster para la determinación de similitudes entre cimas (Índice de Simpson).	43
Figura. 22. Porcentaje de cobertura de las cimas de la zona piloto del PNP: Categorías vegetales (a); Categorías no vegetales (b).....	46

ABREVIATURAS

BM:	Banco Mundial
CEDAMAZ:	Centro de Estudios y Apoyo al Desarrollo de la Amazonia
CEPAL:	Comisión Económica para América Latina y El Caribe
CORDELIM:	Corporación para la Promoción del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Ecuador
ECN:	Environmental Change Network
ECOLAP:	Instituto de Ecología Aplicada
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación
GEF:	Global Environment Facility
GEI:	Gases de efecto invernadero
GLORIA:	Iniciativa para la Investigación y Seguimiento Global de los Ambientes Alpinos
GTOS:	Sistema Global de Observación Terrestre
GTP:	Grupo de trabajo en Páramos del Ecuador
IGBP:	Organismo Internacional de la Geosfera y la Biosfera
IHDP:	The International Human Dimensions Program
INEFAN:	Instituto Ecuatoriano Forestal de Áreas Naturales y Vida Silvestre
IPCC:	Panel Intergubernamental sobre Cambio
MAE:	Ministerio del Ambiente Ecuador
MICCAMBIO:	Monitoreo a Largo Plazo del Impacto del Cambio Climático en la Biodiversidad de Ecosistemas de Páramo en el Parque Nacional Podocarpus, Provincia de Loja, Ecuador.
MRI:	Iniciativa de Investigación de Montañas
PNP:	Parque Nacional Podocarpus
PNUMA:	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
TMI:	The Mountain Institute
TNC:	The Nature Conservancy

RESUMEN

El calentamiento del sistema climático es inequívoco. Entre las principales causas del cambio climático global se ha identificado la concentración de gases de efecto invernadero (GEI), producidos especialmente por acciones del ser humano. Estudios han demostrado anomalías climáticas que afectan severamente a la biodiversidad, siendo los ecosistemas de alta montaña particularmente los más sensibles a dichos efectos por el calentamiento, puesto que están condicionados por las bajas temperaturas y son extremadamente especializados, los impactos pueden manifestarse en el desplazamiento, adaptación o extinción local de las especies, así como las alteraciones de su composición y funcionalidad.

La presente investigación, forma parte del proyecto MICCAMBIO; que se viene ejecutando por el CEDAMAZ de la UNL, se desarrolló entre los meses octubre del 2009 y julio de 2010, en los páramos del Parque Nacional Podocarpus, debido a la alta vulnerabilidad de estos ecosistemas frente a este fenómeno. El trabajo de campo se lo realizó utilizando una metodología estandarizada para el levantamiento de información básica para zonas andinas que en posteriores estudios permitirá predecir el comportamiento de estos ecosistemas a escalas regionales a través de estudios comparativos y así poder detectar los cambios inducidos por el clima en la cobertura de la vegetación y su composición específica, así como la migración de las especies. Para ello la presente investigación se desarrolló para dar cumplimiento a los siguientes objetivos: a) Cuantificar la diversidad florística y determinar los patrones de distribución de la misma en tres cimas seleccionadas en los páramos del Parque Nacional Podocarpus en función de la varianza de la gradiente altitudinal; b) Evaluar las relaciones existentes entre la diversidad florística y la gradiente altitudinal de los páramos del PNP; c) Difundir la información generada en la presente investigación a sectores interesados.

En esta investigación se expone a la diversidad florística en función de la gradiente altitudinal en tres cimas que conforman la zona piloto estas van desde 3 270 hasta los 3 400 m s.n.m., para el monitoreo de la diversidad florística del ecosistema páramo del PNP. En la zona piloto se instalaron un total de 12 transectos (cuatro por cima), dentro de los cuales se diseñaron un total de 96 parcelas permanentes de muestreo de 1m² (32 parcelas por cima, ocho por transecto) en las direcciones cardinales (NE, NO, SE y SO), para la identificación y cuantificación de la diversidad florística. Se registraron 104 especies, 71 géneros y 45 familias, de las cuales 69 especies están representadas en 1 558 individuos en la cima CIA; 63 especies y 982 individuos en CIB; y 71 especies distribuidas en 2 313 individuos en CIC. Entre todas las cimas se estableció que las familias más diversas son Asteraceae y Ericaceae. En un área aproximada de 6 140 m², evidenciando lo representativo de la muestra en los páramos de la Región Sur del Ecuador.

Finalmente se pudo establecer que todas las cimas poseen una diversidad alfa alta, sin embargo existe una diferencia significativa entre las cimas CIA y CIB, mientras que en lo relacionado a la similitud los resultados mostraron una similitud mediana, existiendo una mayor similitud entre las cimas CIB y CIC.

Las relaciones existentes entre los diferentes parámetros de la diversidad florística y la gradiente altitudinal reflejaron patrones en cuanto a la Abundancia Florística y la Densidad estos se describieron como un aumento conforme se presenta en igual forma el aumento de la gradiente altitudinal, mientras que en los demás parámetros evaluados (Riqueza y Diversidad) no se identifica una tendencia clara. En el caso de los tipos de cobertura denominadas vegetales presentes en la zona piloto la tendencia es la misma en todas las gradientes muestreadas, es decir, se presenta una dominancia en un alto porcentaje de la categoría de Plantas vasculares seguida por Briofitos y finalmente Líquenes.

Como producto de la identificación de patrones se determinan tres tipos de relaciones entre los parámetros florísticos evaluados: Lineal, Exponencial y Polinómica describiéndose finalmente como relaciones de tipo lineal frente a la necesidad de denominarlas de alguna manera. De esta forma se establece la naturaleza y significancia de las relaciones existentes entre los parámetros florísticos evaluados frente a la gradiente altitudinal.

SUMMARY

The increasingly global warming of the climatic system is an unequivocal fact. The concentration of greenhouse gases has been identified as one of the main reasons that contribute to the climate change, especially those produced by the human being's activities. Studies about this subject have demonstrated that climatic anomalies can severely affect biodiversity specifically in high mountain ecosystems, considered the most sensible ecological units since they are conditioned to low temperatures and present an extremely specialized nature. The impacts can be manifest by the displacement, adaptation or local extinction of species as well as modifications in their composition and functioning.

This research is part of the MICCAMBIO project coordinately worked on by CEDAMAZ of UNL. The field work was performed by using a standardized methodology that allowed the gathering of basic information for Andean zones; the following studies will let to predict the behavior of these ecosystems in regional scales through comparative researches, therefore the detection of changes produced by climate in the specific composition and vegetation cover, plus the species' migration patterns, will be facilitated.

For these reasons it was considered the fulfillment of the next objectives: a) quantify the floristic diversity and determine its distribution patterns in three summits located in the Paramos of the PNP, according to the altitudinal gradient variance; b) evaluate the existent connections between floristic diversity and altitudinal gradient in the PNP's Paramos and c) spread the information generated by this research to all the interested society sectors.

Later on we expound the floristic diversity influenced by altitudinal gradient in three summits; the same that constitute the pilot zone extended from 3 270 to 3 400 m s.n.m. through the Paramos of the Podocarpus National Park. A total of twelve

transects were installed in the pilot zone (4 per summit) in which we designed 96 permanent sampling plots of 1 m² (32 plots per summit, eight per transect) orientated by the cardinal directions (NE, NW, SE, SW), in order to identify and quantify floristic diversity. We registered 104 species, 71 genus and 45 families; from which 69 species are represented by 1 558 individuals in summit CIA, 63 species and 982 individuals in summit CIB, and, 2 313 individuals distributed in 71 species in summit CIC. The most diverse families are Asteraceae and Ericaceae in approximately 6 140 m², making evident that the sample is representative for the Paramos in the Ecuadorian south region.

Finally we were able to establish that all the summits present high alpha diversity however there is a significantly difference between summits CIA and CIB; while the similarity parameter showed a medium similitude among the sites, being summits CIB and CIC the most similar.

The existent connections between different parameters of the floristic diversity and the altitudinal gradient showed patterns in regard to floristic Abundance and Density, these parameters reveal an increasing level in line with the increase in altitudinal gradient. The other evaluated parameters (Richness and Diversity) didn't show a distinct trend in their patterns. The categories of Land Cover that were found in the pilot zone present the same trend for all the sampled gradients; that is a high percentage dominance of Vascular plants, followed by Bryophytes and finally Lichens.

The identification of patterns gave as result three types of relations between the evaluated floristic parameters: Linear, Exponential and Polynomic, which finally should be described as linear relations because of the need of designating them somehow. In this way we can establish the nature and significance of the different associations occurred between the evaluated floristic parameters versus the altitudinal gradient.

1. INTRODUCCIÓN

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) ha declarado que “el calentamiento del sistema climático es inequívoco”. En especial, las temperaturas de la superficie de la tierra, han aumentado durante estos últimos 50 años al doble de velocidad que lo observado durante la primera mitad del siglo XX. Entre las principales causas del cambio climático global se ha identificado a la concentración de gases de efecto invernadero (GEI), especialmente por acciones del ser humano (De la Torre et al. 2009).

Los ecosistemas en zonas de alta montaña, incluyendo ecosistemas únicos como los asociados a áreas pantanosas en altitudes elevadas denominados páramos, son de los ambientes más sensibles al cambio climático. Estos ecosistemas brindan numerosos y valiosos bienes y servicios ambientales. En los últimos años ya se han observado reducciones drásticas en la flora y fauna montañosa (De la Torre et al. 2009).

En la investigación referente a los posibles efectos del calentamiento global sobre el nicho climático de algunas especies en los Andes Tropicales, se destaca una consistente contracción de los nichos climáticos al año 2050 de las plantas (28%) y aves (18%), destacándose que las especies que tendrían una mayor pérdida son aquellas climáticamente marginadas restringidas a los páramos o valles xerofíticos de la región (GTP 2008).

La biodiversidad evidencia cambios en las variaciones de los rangos potenciales de especies; alteraciones en las comunidades de especies, desplazamientos altimétricos de los ecosistemas, interacciones entre los efectos del cambio climático y la fragmentación del hábitat y cambios en el funcionamiento de los ecosistemas (Aguirre y Schwarzkopf 2008).

Debido a la alta vulnerabilidad de la población y ecosistemas en el Ecuador, se prevé grandes transformaciones como consecuencia del cambio climático. Así, existirán disminuciones de cultivos, manglares, áreas urbanas y suministro de agua, con pérdidas económicas que superarán los 2 billones de dólares, así como un aumento del 10 % del número de especies en peligro (BM 2009, CEPAL 2009). De este modo, todos los ecosistemas se verán afectados por el cambio climático, siendo los de alta montaña particularmente los más sensibles a dicho calentamiento, puesto que están condicionados por las bajas temperaturas y son extremadamente especializados (Morales y Estévez 2006, Bates et al. 2008, GTP 2008, BM 2009).

Al ser el páramo uno de los ecosistemas más sensibles a este fenómeno, son prioritarios los programas de monitoreo a largo plazo a nivel local, regional y nacional para proveer evidencias científicas que demuestren la realidad del cambio climático y sus impactos (ECN 2009, Risto et al. 2009), sobre todo a niveles locales. En Ecuador y en especial en la región sur, se han realizado pocos estudios relacionado con él para monitoreo del cambio climático, en especial en el ecosistema páramo. Por tal motivo se carece de información que permita determinar consecuencias directas del cambio climático en la composición florística de este tipo de ecosistemas. En conclusión se puede afirmar que lo que se conoce sobre la relación entre la diversidad florística y la varianza de la gradiente altitudinal en el ecosistema páramo es poco.

El ecosistema de alta montaña es el único que se puede encontrar en todas las latitudes, se distribuye por todos los biomas zonales (Walter 1985), constituyéndose en uno de los pocos ecosistemas que permite estudiar y comparar los cambios inducidos por el clima a lo largo de gradientes climáticos fundamentales (ya sea en altitud, en latitud o en longitud). Además este tipo de ecosistemas son relativamente sencillos, al menos en los niveles más altos, y serán particularmente sensibles al cambio climático.

La presente investigación, forma parte del proyecto “Monitoreo a largo plazo del impacto del clima en la biodiversidad de ecosistemas de páramo en el Parque Nacional Podocarpus” (MICCAMBIO) que viene ejecutando por el Centro de CEDAMAZ de la Universidad Nacional de Loja.

Debido a la relevancia del proyecto se han desarrollado investigaciones para contribuir a la generación de información sobre el tema, entre ellas se destacan el estudio desarrollado por Eguiguren y Ojeda (2009) denominado “Levantamiento de una línea base para el monitoreo a largo plazo del impacto del cambio climático, sobre la diversidad florística en una zona piloto del ecosistema Páramo del Parque Nacional Podocarpus”, y el estudio “Patrones de comportamiento de 10 especies vegetales del páramo del Páramos del Parque Nacional Podocarpus ante escenarios de Cambio Climático” implementado por Aguirre y Chamba (2010).

La presente investigación se desarrolló en los páramos del PNP. Para lo cual se construyó una metodología específica, debido a la complejidad de los páramos de la región andina, lo cual generó un protocolo, que puede ser usado para los páramos de la región.

Entre los objetivos que guiaron la presente investigación se encuentran los siguientes:

- Cuantificar la diversidad florística y determinar los patrones de distribución de la misma en tres cimas seleccionadas en los páramos del Parque Nacional Podocarpus en función de la varianza de la gradiente altitudinal.
- Evaluar las relaciones existentes entre la diversidad florística y la gradiente altitudinal de los páramos del PNP.
- Difundir la información generada en la presente investigación a sectores interesados.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CALENTAMIENTO GLOBAL

El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y glaciales, y el incremento del promedio mundial del nivel del mar (IPCC 2007).

El cambio climático global fue notado por primera vez en 1863, y fue el científico británico Tyndall el primero en observar que las concentraciones de ciertos gases en la atmósfera estaban aumentando, y que esto tenía una correlación con el incremento en la temperatura del planeta (CORDELIM 2008).

El cambio climático es un fenómeno que no sólo se refiere a las variaciones del clima y cambios de temperatura en los que aumenta o disminuye el calor o el frío en un tiempo determinado; sino que se trata de un proceso de calentamiento de la tierra, que es producido básicamente por las actividades antrópicas (MAE 2008).

2.1.1. Causas del Cambio Climático

Según el IPCC una de las principales causas del cambio climático global ha sido el incremento antropogénico, en la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI). La conclusión inevitable es que las emisiones de GEI provocadas por el hombre se han acumulado en la atmósfera, causando el aumento de las temperaturas globales. La mayor parte del aumento en la concentración total de gases de efecto invernadero observados desde la revolución industrial ha sido debido a actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles (contaminación industrial), cambios en el uso de la tierra (p. ej., La transformación de bosques a tierras agrícolas) y

agricultura (p. ej., la utilización de fertilizantes nitrogenados y emisiones de metano producida por la ganadería).

2.1.2. Efectos del Calentamiento Global

Los efectos están reflejados principalmente en la alteración del clima sobre todo en la precipitación y temperatura, ocasionando frecuentes inundaciones que afectarán gravemente al 60 % de la población mundial que vive cerca de las costas (IPCC, 2007). El cambio climático también ejerce presión sobre la fauna y la flora, en especial en ecosistemas con climas particulares (PNUMA 2007, Devall 2009); por ejemplo al extenderse la estación de crecimiento, las plantas necesitan más agua para crecer y se secarán, incrementándose el peligro de incendios; por otro lado se prevé que los bosques tropicales serán reemplazados por sabanas, las zonas semiáridas sufrirán cambios a vegetación de tierras áridas. Esto señala el riesgo de pérdidas en la biodiversidad regional y la posible extinción de especies, particularmente en las regiones tropicales (IPCC 2007).

2.1.2.1. Pérdida de la biodiversidad

Algunas plantas e insectos adelantan las fases más primitivas de su ciclo vital y las continúan hasta bien entrado el otoño o incluso el invierno. El agua desaparece del suelo, la nieve cubre de forma cada vez más irregular las montañas, afectando con ello al ritmo de los ecosistemas y a muchos de los bienes y servicios que nos prestan (IPCC 2002, Valladares 2005).

Algunos ecosistemas propios de zonas de llanura o fondos de valle empiezan a encontrarse cada vez en zonas de montaña más altas, pero para las especies propias de alta montaña no hay escape en altura y sus poblaciones se encuentran cada vez más amenazadas. La migración hacia latitudes más norteñas es muy poco viable por la

elevada fragmentación del territorio, con lo que muchas plantas y animales están desapareciendo a nivel local (Valladares 2005).

Las selvas amazónicas que sobrevivan a las talas e incendios, podrían colapsar hacia el 2100 debido a la disminución de lluvias y humedad relativa, con un escalofriante primer adelanto en la intensa sequía sufrida por la zona a finales del 2005 (Valladares 2005).

Según el GTP (2006) los impactos potenciales para el Ecuador están enfocados a que las zonas húmedas disminuirán, mientras que las zonas secas aumentarán, es así como con un incremento de temperatura de 1°C y de precipitación en un 20 %, las zonas secas se incrementarían en un 14 %, generando una profundización de los problemas actuales en las provincias de El Oro, Guayas, Manabí, Chimborazo, Bolívar y Loja. En lo referente a los ecosistemas de páramo los impactos se manifestarán en el desplazamiento, adaptación (ya sea en términos de cambios evolutivos o adaptaciones fisiológicas) o extinción local de las especies que lo conforman; es posible que los impactos a escala local pudieran reflejar las interacciones de estos tres mecanismos y derivar en alteraciones de las composiciones y funciones de las comunidades vegetales de los ecosistemas alto-andinos. Por ejemplo, desplazamientos abruptos en la distribución de especies pueden resultar en altas tasas de extinción así como importantes modificaciones en la fenología y fisiología de las especies (GTP 2008).

2.2. MONITOREO GLOBAL Y LOCAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Las evidencias del cambio climático detectadas por la comunidad científica en diferentes lugares del globo terrestre han generado respuestas para monitorear los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad de nuestro planeta, así por ejemplo se pueden citar las siguientes iniciativas:

2.2.1. GLORIA (Iniciativa para la Investigación y Seguimiento Global de los Ambientes Alpinos)

La red de investigación GLORIA tiene por objeto establecer un sistema para la observación a largo plazo y el estudio comparativo de los impactos del cambio climático en la biodiversidad de alta montaña (GRABHERR et al. 2000, PAULI et al. 2003). Esta iniciativa tiene establecidos más de 100 sitios piloto de observación en las principales cordilleras del planeta (Aguirre 2008).

Esta red busca suministrar datos estándar cuantitativos sobre las diferencias altitudinales en la riqueza de especies, composición específica, cobertura de la vegetación, temperatura del suelo y período de innivación en las cordilleras de todo el Mundo, además de calibrar los riesgos potenciales de pérdidas de biodiversidad por causa del cambio climático mediante la comparación de los patrones actuales de distribución de las especies y sus comunidades con los factores ambientales, todo ello a lo largo de gradientes verticales y horizontales (biogeográficos) y así, poder aportar información básica para el seguimiento y observación a largo plazo de las especies y los ecosistemas, con el fin de detectar los cambios inducidos por el clima en la cobertura de la vegetación y en su composición específica, así como en la migración de las especies a intervalos de 5 a 10 años e incluso más; de modo que los datos obtenidos permitan simular situaciones ante los diversos riesgos de pérdida de biodiversidad e inestabilidad de los ecosistemas (Pauli et al. 2003).

Debido a que el Proyecto GLORIA trata de una iniciativa global de colaboración abierta que permite aplicar una metodología desarrollada y adaptada a ecosistemas de montaña para el establecimiento de comparaciones futuras, el Parque Nacional Podocarpus como sitio piloto para el monitoreo de los impactos del cambio climático presenta las características y ofrece la oportunidad para estudiar y monitorear el verdadero impacto climático en múltiples elementos de su biodiversidad (Aguirre 2008).

2.2.1.1. Metodología utilizada por GLORIA, para el monitoreo a largo plazo de los impactos del Cambio Climático en la biodiversidad de alta montaña

a. Selección de las áreas de estudio o zonas piloto para GLORIA

Una *zona piloto* para el proyecto *GLORIA* debe albergar al menos un conjunto de cuatro cimas que representen un gradiente altitudinal desde el ecotono del límite superior de los árboles (donde sea aplicable) hasta los límites de la vida vegetal (vascular), o bien, en las regiones donde esos límites no se alcancen, hasta el piso de vegetación más elevado entendemos por *zona piloto* al área montañosa donde se localizan esas cuatro cimas (Pauli et al. 2003).

Todas las cimas de una *zona piloto* deben estar expuestas a un mismo clima local, de modo que las únicas diferencias climáticas se deban a la altitud. Las cuatro cimas de una *zona piloto* no se distribuirán a ambos lados de un umbral climático (Pauli et al. 2003).

Respecto a la extensión de una *zona piloto*, no se establece límite mínimo ni máximo, siempre que la situación climática general no presente diferencias fundamentales a lo largo de un gradiente horizontal. Así las cosas, una *zona piloto* tendrá que ser tan pequeña como sea posible, pero tan grande como sea necesario para acomodarse a los criterios de selección de cimas que se comentan en el apartado siguiente (Pauli et al. 2003).

b. Selección Concreta de las cimas

Lo más importante para el establecimiento de una nueva *zona piloto* para *GLORIA* es seleccionar un conjunto de cimas adecuadas capaz de mostrar los tipos o modelos de

vegetación característicos de la correspondiente región montañosa a lo largo del gradiente altitudinal (Pauli et al. 2003).

c. Gradiente altitudinal

La posición ideal de las cuatro cimas viene determinada por los ecotonos que separan pisos de vegetación, ya que los cambios inducidos por el clima deben tener lugar, sobre todo, en esas zonas de transición (Pauli et al. 2003).

Ahora bien, eso no significa que se deban excluir las regiones montañosas cuya biozona alpina no muestre una clara zonación altitudinal. En efecto, hay montañas que apenas alcanzan la biozona alpina y donde las biotas alpinas ocupan reducido espacio. Pero esas biotas se consideran particularmente expuestas a los riesgos inducidos por el clima y entonces las cimas seleccionadas deberán distribuirse a intervalos altitudinales iguales, siempre que sea posible (Pauli et al. 2003).

2.2.2. Proyecto para monitoreo a largo plazo del impacto del cambio climático en la biodiversidad de ecosistemas de páramo en el Parque Nacional Podocarpus, Provincia de Loja, Ecuador (MICCAMBIO)

La Universidad Nacional de Loja está poniendo en ejecución un proyecto de monitoreo a largo plazo del impacto del cambio climático en la biodiversidad de ecosistemas de páramo en el Parque Nacional Podocarpus, el cual está inserto en la Red GLORIA (Iniciativa para la Investigación y el Seguimiento Global de los Ambientes Alpinos). El proyecto pretende establecer sitios permanentes que permitan generar información a largo plazo para comprender el cambio climático, y facilitar el estudio comparativo de los impactos de éste en la biodiversidad de los ecosistemas de páramo en el Parque Nacional Podocarpus y otras regiones andinas (Aguirre 2008).

2.2.2.1. Objetivo del Proyecto MICCAMBIO

El objetivo de MICCAMBIO es fomentar el funcionamiento de una red andina y global como instrumento de intercambio de experiencias, fortalecimiento de las capacidades locales y establecimiento de estudios comparativos, tendientes a la evaluación de impacto, vulnerabilidad y determinación de capacidad adaptativa de ecosistemas y sistemas productivos humanos regionales (Aguirre 2008).

2.3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.3.1. Ecosistema páramo

La palabra páramo, viene del latín “paramus” y fue utilizada en España antes de la época de la conquista, para describir a las planicies desérticas o áridas que contrastaban con las regiones fértiles. Los primeros exploradores españoles aplicaban el término páramo a las áreas Andinas que eran elevadas, frías, inhóspitas con fuertes vientos y lluvias (Luteyn 1999, Sklenářet et al. 2005). Hofstede et al. (2003) manifiestan que el páramo es un ecosistema natural entre el límite del bosque cerrado y la nieve perpetua en los trópicos húmedos.

En países como Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela este tipo de ecosistemas son únicos, pero poco apreciados y socialmente invisibles, muchos de éstos forman un intrincado sistema hidrológico que sirve a numerosas comunidades de montaña y es el hábitat de una variada flora y fauna. Por su alta biodiversidad, el alto grado de endemismo y el atractivo que tiene este paisaje, algunas áreas de páramo están incluidas dentro de los sistemas nacionales de áreas protegidas de los países andinos (TMI 2008).

2.3.2. Distribución de los Páramos en Ecuador

En el Ecuador los páramos que aún mantienen su cobertura vegetal típica, cubren cerca de 12 600 km²; es decir casi el 5 % del territorio nacional; dentro del SNAP hay aproximadamente 4 800 km² de páramo (Ortiz y Mena 2002). Estos ecosistemas comienzan a los 3 500 m s.n.m., originados por los ramales oriental y occidental de la cordillera de los Andes que recorren paralelamente a lo largo de casi todo el país; no obstante, a 3°S del país, en las provincias de Cañar, Azuay y Loja, la forma de la cordillera cambia, es más angosta, baja y no se diferencian completamente los dos ramales, dando lugar a muchas ramificaciones con elevaciones de menor altura donde los páramos empiezan a 2 900 o 3 000 m s.n.m., (INEFAN y GEF 1996, Mena et al. 2001). Según Sierra et al. (1999), los páramos del sur del Ecuador se encuentran sobre 3 100 m s.n.m., donde las hierbas en penacho son reemplazadas por arbustos, hierbas de varios tipos, plantas en roseta y especialmente en los páramos más húmedos por plantas en almohadilla.

El clima de los páramos es generalmente húmedo la mayor parte del año, con una humedad continua en forma de lluvia, nubes y neblina, principalmente debido al levantamiento orográfico causado por los Andes; hacia el Sur de Ecuador se vuelven más secos debido a que son influenciados por dos masas de aire: una desde la Amazonía, compuesta por vientos alisios que soplan durante todo el año ascendiendo por las pendientes orientales cuya humedad al condensarse forma abundantes lluvias; la otra masa de aire seco y frío viene desde el oeste influenciada por la corriente de Humboldt (Eguiguren y Ojeda 2008).

Generalmente los suelos del páramo tienen una capa orgánica relativamente profunda, son muy ácidos con un alto nivel de saturación de agua y retención de humedad aún en períodos de baja precipitación, por lo que la capacidad de retención de agua del suelo es mucho más alta que la de la vegetación; es decir, 500 versus 31 m² (Eguiguren y Ojeda 2008).

Las plantas tienen formas de adaptación que tienden a aprovechar la humedad y el agua disponibles, ya que pese a la gran cantidad de precipitación anual existe una sequía fisiológica puesto que el agua del suelo tiene una alta presión osmótica y se encuentra a temperaturas tan bajas que las plantas no pueden aprovecharla en su totalidad (Eguiguren y Ojeda 2008).

2.3.3. Tipos de Páramos en el Ecuador

Según Mena et al. (2001) los páramos del norte y del sur son diferentes, hay páramos más secos y otros más húmedos; esta variabilidad viene dada por factores naturales y antropogénicos de diversa naturaleza. Valencia et al. (1999), reconocen seis tipos de páramo incluidos en las subregiones Norte Centro y Sur de la Región Sierra: Páramo herbáceo, Páramo de frailejones, Páramo seco, Páramo de almohadillas, Páramo arbustivo, Gelidofitia y Herbazal lacustre montano. Esta propuesta fue complementada por Mena et al. (2001), lo que dio como resultado los tipos de páramo que se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tipos de páramo en el Ecuador (Mena et al. 2001).

TIPO	DISTRIBUCIÓN	ESPECIES CARACTERÍSTICAS
Páramo de pajonal	Es el más extenso y cubre alrededor del 70 % de la superficie del ecosistema en el Ecuador.	Calamagrostis, Festuca y Stipa, matizadas por manchas boscosas con Polylepsis, Buddleja, Oreopanaxy Miconia, arbustos de géneros como Valeriana, Chuquiraga, Arcytophyllum, Pernettyay Brachyotum.
Páramo de frailejones	Páramos norteños del Carchi y Sucumbíos, con una mancha pequeña en los Llanganates.	Espeletiapycnophylla es muy notable aunque la forma de vida dominante es el pajonal.
Páramo herbáceo de almohadillas	Sector de las antenas, cerca del páramo de la Virgen en la Reserva Ecológica Cayambe Coca.	Azorella, Werneria y Plantago.
Páramo herbáceo de pajonal y almohadillas	Es una combinación de los dos anteriores en el cual no se encuentra un dominio definido de una u otra forma de vida. Un análisis fitosociológico más detallado permitirá asegurar la existencia de este tipo de páramo o su inclusión en otro páramo de clima intermedio	
Páramo pantanoso	En los páramos de la cordillera oriental más húmeda especialmente en Cayambe, Antisana, Llanganates y Sangay.	Isoëtes, Lilaepsis, Cortaderia, Chusquea, Neurolepis; varios géneros formadores de almohadillas, Oreobolusy el musgo turbero Sphagnumma gellanicum.
Páramo seco	En el sur de Azuay y el norte de Loja.	Stipay otras hierbas resistentes a la desecación como Orthrosanthusy Buddleja.
Páramo sobre arenales	Se desarrollan sobre un suelo arenoso, como los arenales del Chimborazo. En estos sitios, la humedad es mayor y la escasez de cobertura vegetal se puede deber más bien a erosión climática y antropogénica.	
Páramo arbustivo del Sur	En la provincia de Loja	Vegetación arbustiva y herbácea dominada por Puya, Miconia, Neurolepis, Oreocallis Weinmannia y Blechnum. Hay muchos elementos de bosque andino y menos de páramo.
Superpáramo	Se sitúa a los 4 200 msnm	Draba, Culcitium, Chuquiraga, Cortaderia, Baccharisy Gentiana.
Superpáramo azonal	Los lahares del Cotopaxi y del Antisana son ejemplos notables.	Existen especies como las del superpáramo y líquenes foliosos.

2.3.4. Diversidad de los Paramos y Gradiente altitudinal

Los patrones de vegetación que se observan típicamente a lo largo de los gradientes altitudinales, son el resultado de complejas interacciones entre factores como la elevación, el grado de exposición a la radiación solar y la posición en el relieve, entre otros (Whittaker et al. 1967; McAuliffe 1994; y, Funes y Cabido 1995).

El páramo en realidad posee una variedad mucho mayor de lo que la imagen clásica (“lugar yermo desprovisto de árboles”) nos haría pensar. Los páramos, en toda su extensión en el Neotrópico, cubren alrededor del 2% de la superficie de los países; sin embargo, tienen cerca de 125 familias, 500 géneros y 3 400 especies de plantas vasculares. Entre las plantas no vasculares los números también son notables: 130, 365 y 1 300 respectivamente para familias, géneros y especies (Mena y Medina 2005).

En términos del Ecuador, aún no se conoce el número exacto de especies de plantas que viven en los páramos del país, pero León-Yáñez (2000) sugiere que son alrededor de 1 500. Esta cifra relativamente alta, especialmente para sitios elevados donde la biodiversidad tiende a ser menor que en partes más bajas, contradice la imagen popular del páramo como un ecosistema pobre y homogéneo. En general, los sitios menos disturbados son más ricos en especies, pero esta aseveración no es universal: por un lado, los sitios disturbados pueden tener una gran cantidad de malezas que, en términos puramente numéricos, también aumentan la biodiversidad y, en segundo lugar, hay sitios muy prístinos que pueden mostrar una biodiversidad baja (por ejemplo, los superpáramos o los sitios donde hay constante caída de cenizas volcánicas) (Mena y Medina 2005).

2.3.5. Evaluación del Estado de Conservación de Recursos Naturales con énfasis en los Ecosistemas de Páramo

El estado de conservación muestra cuales son las especies o los ecosistemas amenazados y debido a que las actividades humanas de ocupación y uso histórico del espacio en los Andes y en el mundo han tenido un principal papel sobre la situación actual de la vegetación y los impactos generados sobre la misma, es por estos que es muy importante realizar un análisis sobre el estado de conservación que sirva como base estimar las áreas que muy posiblemente hayan sufrido modificaciones sobre el estado original de la vegetación. (Araujo et al. 2006).

La vegetación y el suelo son indicadores importantes para la salud del páramo. La capa vegetal del páramo es importante en la protección del suelo y como hábitat para la fauna nativa. La flora tiene un alto grado de singularidad, demostrado por la biogeografía única y el alto grado de endemismo en este ecosistema. Los suelos, en su estado natural, tienen un alto contenido orgánico y pueden almacenar por ello grandes cantidades de agua; actúan como una especie de esponja que regula la hidrología andina. Adicionalmente, son grandes sumideros de carbono (Coppus et al. 1998).

2.3.6. Parque Nacional Podocarpus

El Parque Nacional Podocarpus (PNP) está ubicado en la región sur del Ecuador entre las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, posee una extensión de 146 280 ha, con rangos altitudinales que van desde 900 hasta 3 600 m s.n.m., su temperatura varía desde los 8°C hasta 20°C (MAE 2007). Declarado como área protegida dentro del SNAP, con la finalidad de proteger la extensión más grande de coníferas andinas del tipo Podocarpus y asegurar el buen estado de los ecosistemas, especies y fuentes hídricas que proveen de agua a las ciudades de Loja y Zamora Chinchipe (Arcoíris 2007).

El Parque Nacional Podocarpus es la única área protegida del sur del Ecuador donde confluyen las áreas de endemismo de los Andes y de la región Tumbesina. En las partes altas del páramo existen una serie de lagunas de formación glaciaria de donde nacen cuatro cuencas hidrográficas; una que fluye hacia el Pacífico (Catamayo-Chira) y las otras tres hacia la cuenca amazónica (Chinchipec - Mayo, Zamora y Nangaritza).

Según Becking (2004), el PNP contiene diferentes ecosistemas, estos son: páramo (3 100 - 3 600 m s.n.m.), subpáramo (3 000 - 3 100 m s.n.m.), bosque altoandino (2 900 - 3 000 m s.n.m.), bosque andino superior (2 700 - 3 000 m s.n.m.), bosque andino inferior (2 300 - 2 700 m s.n.m.), bosque subandino superior (1 400 - 2 300 m s.n.m.), bosque subandino medio (1 400 - 1 800 m s.n.m.), bosque subandino inferior (900 - 1 400 m s.n.m.) y selva húmeda tropical (0 - 900 m s.n.m.).

Los páramos del Parque Nacional Podocarpus representan cerca de 11 000 ha (Programa Podocarpus 2002), y se encuentran por encima de los 2 800 a 3 000 m s.n.m., principalmente sobre la Cordillera Real de los Andes; son ecosistemas singulares a nivel del país por estar en una zona de transición de los páramos de norte de los Andes hacia la Puna más al sur en el Perú (Becking 2004). Estudios realizados en los páramos del Parque reportan la presencia de 221 especies dentro de 93 géneros y 61 familias, siendo las familias más diversas Asteraceae, Melastomataceae y Poaceae (Programa Podocarpus 2002).

El Parque Nacional Podocarpus se le elige como el área permanente de monitoreo del cambio climático en el sur del Ecuador, puesto que pertenece al Sistema Nacional de Áreas Protegidas, convirtiéndolo en un sitio con un buen estado de conservación con ecosistemas poco degradados, además se lo seleccionó por los ecosistemas de páramo que existen en esta área, el cual es el requisito principal del proyecto GLORIA y así permitir el estudio y comparación de los cambios inducidos por el clima a lo largo de gradientes climáticas.

2.4. ÍNDICES DE BIODIVERSIDAD

A continuación se presentan algunos de los índices más importantes para la determinar la diversidad florística.

➤ Índice de diversidad de Shannon-Wiener

De acuerdo a BOLFOR (2000), es uno de los índices más utilizados para determinar la diversidad de especies de plantas de un determinado hábitat. Este índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum Pi * \ln Pi$$

Dónde:

H = Índice de Shannon-Wiener

Pi = Abundancia relativa ln = Logaritmo natural

➤ Índice de similitud de Sorensen

Este índice es el más utilizado para el análisis de comunidades y permite comparar dos comunidades mediante la presencia/ausencia de especies en cada una de ellas. Los datos utilizados en este índice son de tipo cualitativos, de todos los coeficientes con datos cualitativos, el índice de Sorensen es el más satisfactorio (BOLFOR 2000).

$$S = \frac{2Cpq}{Cp + CQ} * 100$$

Dónde:

S = Similitud de Sorensen

p,q = Comunidades

cp = Número de organismos de p

cq = Número de organismos de q Cpq = especies comunes en p y q

3. METODOLOGÍA

3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en los ecosistemas de páramo del Parque Nacional Podocarpus (PNP), donde existe una zona piloto de estudio conformada por tres cimas establecidas por el proyecto MICCAMBIO en el 2008. Se ubica entre las coordenadas geográficas 79°09'43,9" - 79°09'40,2" Longitud Oeste y 04°06'31,0" - 04°05'40,8" Latitud Sur. El PNP está ubicado en la región sur del Ecuador entre las provincias de Loja y Zamora Chinchipe (ver Figura 1); cubre una extensión de 146 280 hectáreas, con rangos altitudinales entre los 900 y 3 600 m s.n.m., (Lozano et al. 2003, MAE 2007).

La diversidad florística del PNP está representada con alrededor de 3 000 especies diferentes de plantas vasculares, destacándose el ecosistema de bosque nublado de Cajanuma donde se han registrado 70 especies de árboles y 135 de plantas vasculares en sus páramos. Adicionalmente, se considera un sitio de concentración de especies endémicas, con 40 especies de flora exclusivas de esta zona (ECOLAP y MAE 2007).

El PNP posee una gran diversidad faunística, especialmente en avifauna, así por ejemplo se menciona el registro de más de 500 especies de aves, 40 especies de mamíferos, 260 mariposas diurnas y 1 200 mariposas nocturnas (ECOLAP y MAE 2007, TNC 2008).

Los páramos del PNP poseen una temperatura diaria promedio de 10°C, con mínimas entre 0 - 3°C (Herbario LOJA 2000). La precipitación anual fluctúa entre 2 000 a 4 000 mm, registrándose valores que han llegado a los 6 000 mm, incluyendo la precipitación horizontal en el sector de Cajanuma (Apolo 1984, Lozano et al. 2003). Estos páramos contienen 11 000 de las 40 000 hectáreas existentes en el sur del Ecuador (Programa Podocarpus 2002) y se encuentran por encima de los 2 800 m

s.n.m., principalmente sobre la Cordillera Real de los Andes. Se trata de ecosistemas singulares, con una alta diversidad y endemismo a nivel del país por ubicarse en la formación de Huancabamba y en contacto con la zona Tumbesina, entre las cuencas Amazónica y del Pacífico, lo cual origina una zona de transición de los páramos de norte de los Andes hacia la Puna más al sur en el Perú (Programa Podocarpus 2002, Becking 2004).

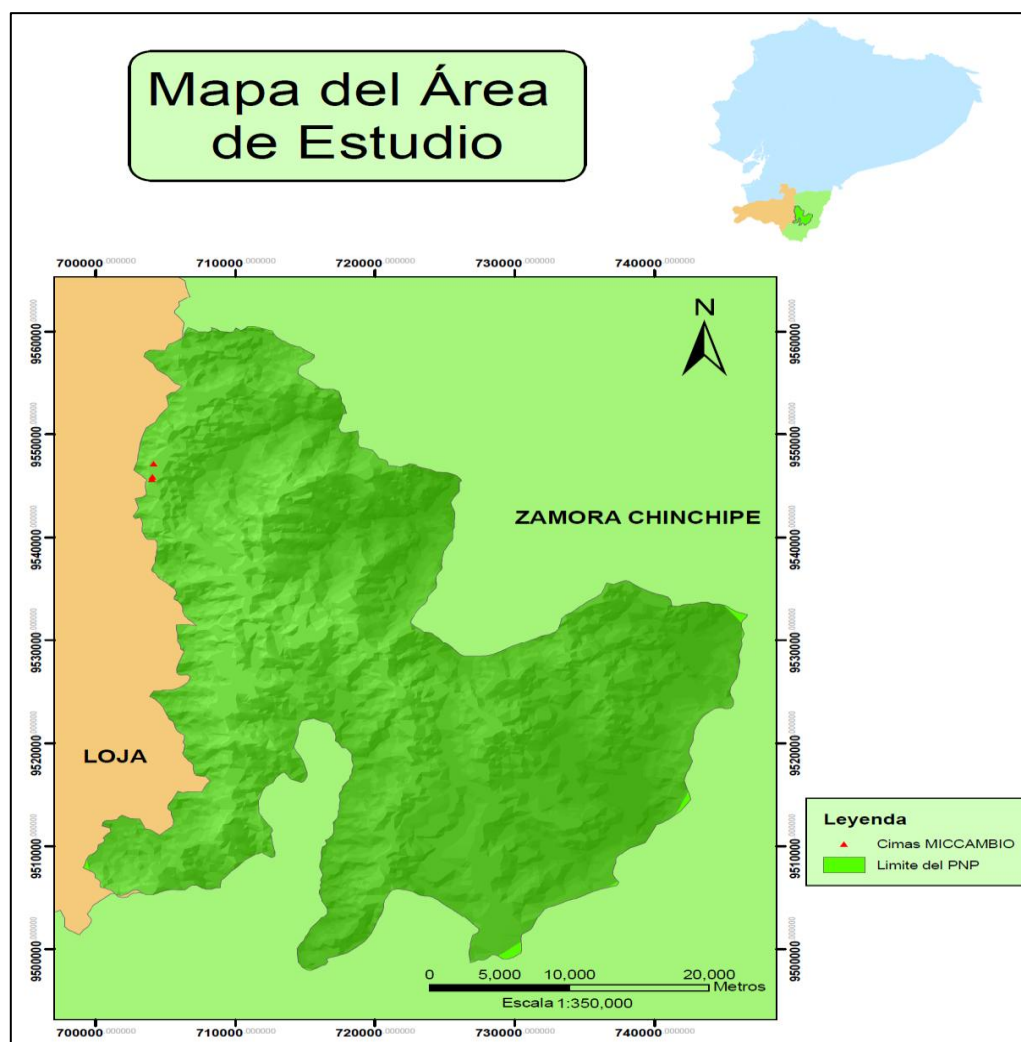


Figura. 1. Ubicación espacial del área de estudio dentro del PNP en la región sur del Ecuador.

3.2. CUANTIFICACIÓN DE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN TRES CIMAS SELECCIONADAS EN LOS PÁRAMOS DEL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS

En vista que el presente estudio, forma parte del proyecto MICCAMBIO se ha seguido la metodología planteada por Aguirre y Schwarzkopf (2009), que constituye una adaptación de la metodología de la RED Mundial GLORIA, debido a las complejidades de los páramos de la región andina.

3.2.1. Establecimiento de las parcelas permanentes de estudio

Se trazaron cuatro transectos que van desde un metro de desnivel bajo el punto cumbre (PC¹), hasta el límite inferior de las áreas cimaras. El transecto tiene un tamaño de dos metros de ancho y varia en las dimensiones del largo, dependiendo del grado de pendiente de la cima. Los transectos se construyeron en las direcciones cardinales (NE, SE, NO y SO) de las cimas de estudio. (ver Figura 2a).

En los transectos se delimitaron ocho parcelas de un metro cuadrado en forma intercalada, de con el fin de mantener un espacio para el ingreso al momento de la evaluación de las parcelas, las parcelas se trazaron a partir del metro de diferencia de gradiente altitudinal, la primera parcela empezó en la parte izquierda de la línea principal de medida del transecto² (dependiendo de las condiciones de cada cima). En total se instalaron 32 parcelas permanentes en cada cima, que suman un total de 96 parcelas en las tres cimas que conforman la zona piloto de estudio.

¹Punto cumbre de la cima, punto central más alto de la cima

²Línea principal de medida, es cada uno de los puntos cardinales (NE, NO, SE Y SO) que van desde el PC hacia ultimo desnivel, a partir de ella se establecen las parcelas permanentes.

Los vértices de las parcelas fueron marcados con estacas de polietileno, y las parcelas delimitadas con piola plástica, se evitó al máximo la perturbación de la vegetación dentro de las parcelas de muestreo, a fin de evitar dañar la vegetación muestreada.

La metodología considera la adaptación de la ubicación y disposición alternativa de los transectos con el propósito de adecuar los mismos a las condiciones morfológicas de las cimas, es decir, cuando el área cimera mide menos de cinco metros en las direcciones cardinales (NE, SE, NO Y SO), se traza parcelas adicionales a los lados hasta completar las ocho parcelas lo que se denomina ubicación alternativa de las parcelas de muestreo (ver Figura 2.b).

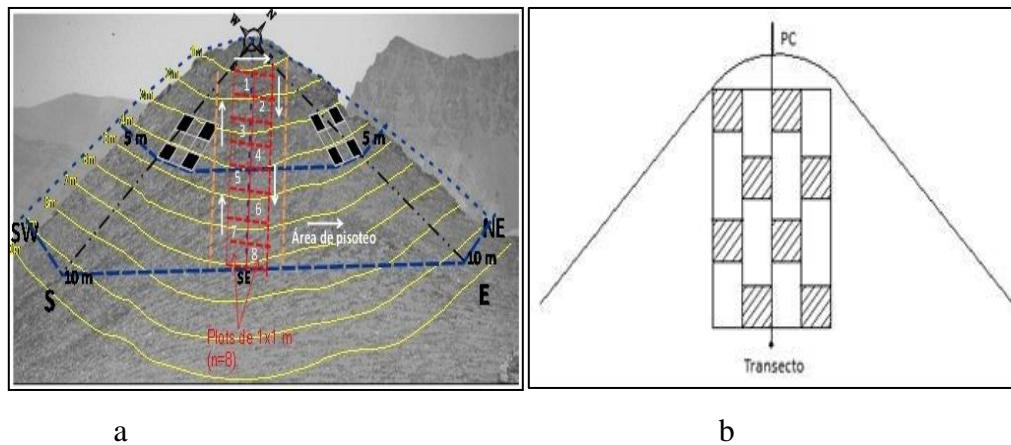


Figura. 2. Diseño del muestreo de la flora en el área cimera (a). Se planteó el establecimiento de cuatro transectos en las cuatro direcciones cardinales (NE, NO, SE y SO). Ubicación alternativa de las parcelas de muestreo dentro del transecto (NE) de la primera cima CIA 3 320 m s.n.m (b).

Para la medición de los 8 metros de desnivel requeridos para diseño de muestreo (ver Figura 3.a), la persona A se situó en el punto cumbre, y con la brújula determinó la dirección cardinal. Una vez determinada la dirección la persona B ubicó los jalones en la línea principal de medida (ver Figura 3.b) y al mismo tiempo mediante la utilización de un jalón de un metro por la persona A y otro de dos metros por la

persona B, la persona A utilizando el clinómetro realizó la medición de cada desnivel tal como se presenta en la Figura 4a. Para la comprobación de la medición se realizó una segunda medición con el clinómetro por la persona B mediante la utilización de dos jalones de un metro cada uno (ver Figura 4.b).

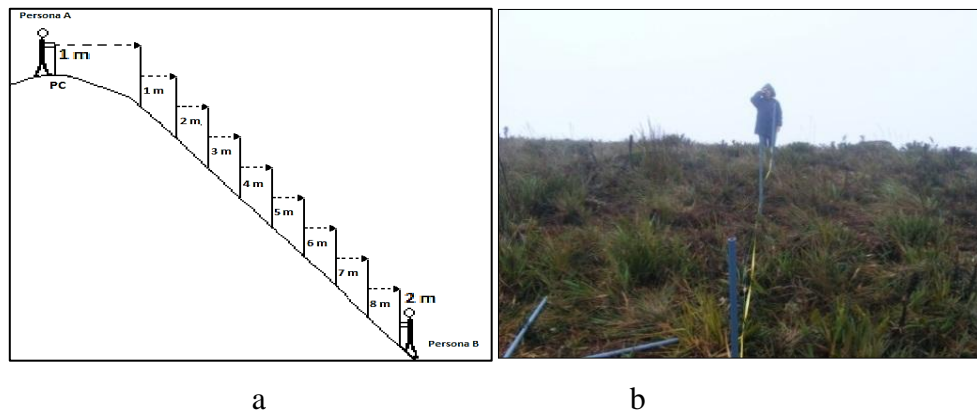


Figura. 3. Esquema de marcación de cada metro de desnivel del transecto (Modificado de Pauli et al. 2003) (a); Ubicación de jalones en la línea principal de medida, empleando la brújula y medición del desnivel con el clinómetro (b).

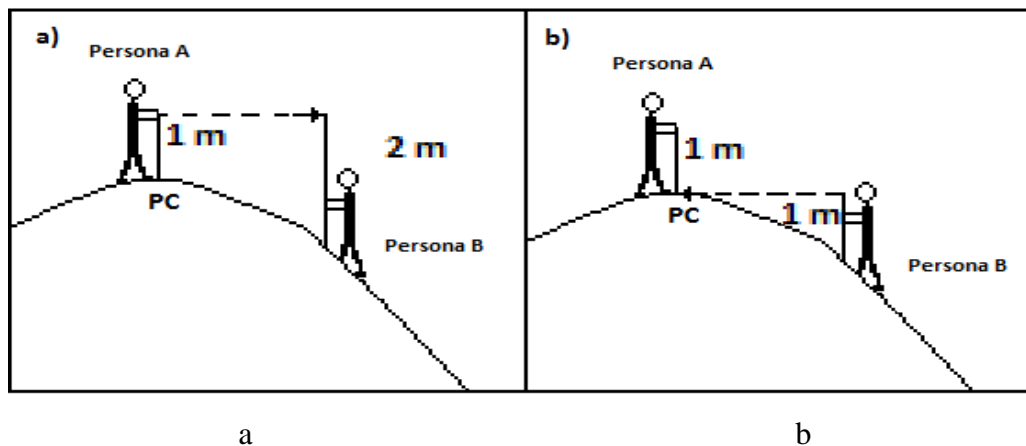


Figura. 4. Medición de cada metro de desnivel de la gradiente altitudinal mediante el clinómetro: Medición realizada por la Persona A (a): Medición realizada por la Persona B (b).

3.2.2. Cuantificación de la Diversidad florística en relación a la Gradiente Altitudinal

El muestreo se realizó en las 8 parcelas de un metro cuadrado (1m^2), instaladas en los transectos ubicados en las direcciones cardinales (NE, NO, SO y SE) de las tres cimas que conforman la zona de estudio muestreando un total de 96 parcelas, en las parcelas se registraron los siguientes datos:

3.2.2.1. Porcentaje de cobertura de superficie³

En las parcelas de un metro (1m^2), se registraron los diferentes tipos de cobertura en porcentaje (plantas vasculares, briofitas, líquenes, hojarasca, y suelo desnudo), utilizando una malla de frecuencia de 1m^2 (construida de madera), dividida en celdillas de $0,10 \times 0,10 \text{ m}$ (Figura 5 a). Para mayor detalle con respecto a categorías con menor cobertura de superficie se utilizó una malla impresa en una hoja de acetato con una dimensión de $0,10 \times 0,10 \text{ m}$ con celdillas de $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ (ver Figura 5 b). A continuación se detallan las consideraciones para la toma de datos:

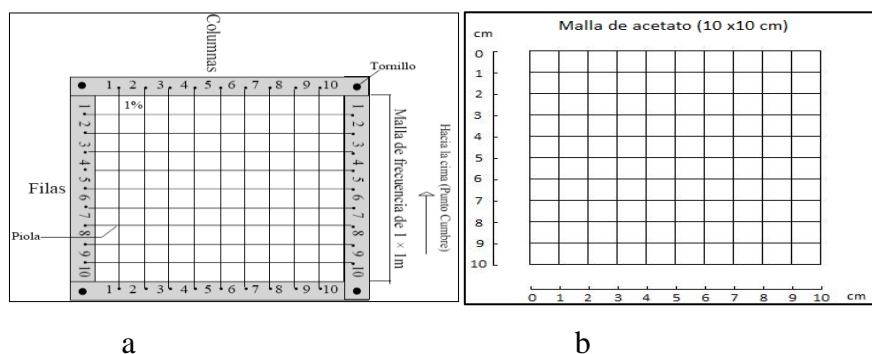


Figura. 5. Malla utilizada en la estimación de cobertura: Malla de madera ($1 \times 1 \text{ m}$) (a), Malla de acetato ($10 \times 10 \text{ cm}$) (b).

³**Cobertura de superficie.**-Proyección vertical expresada en porcentaje de cada tipo de superficie (plantas vasculares, rocas sólidas, piedras sueltas, líquenes sobre el suelo no cubiertos por plantas vasculares, briofitos no cubiertos por plantas vasculares, suelo desnudo y hojarasca). La suma de las diferentes coberturas debe ser igual al 100 % y nunca sobrepasar.

Para empezar la recopilación del porcentaje de cobertura, el investigador se ubicó a uno de los lados de la parcela de 1m^2 , determinando los porcentajes de cobertura con una vista perpendicular al terreno y a una altura máxima de 0,5m entre la malla y el investigador para lograr una estimación más precisa. (ver Figura 6).



Figura. 6. Vista perpendicular para la estimación de la cobertura en las parcelas de 1m^2 .

A cada tipo de cobertura se le asignó un porcentaje según el número de cuadros que ocupó, dado que la malla está constituida de 100 celdillas de $0,10 \times 0,10\text{m}$ que representaron el 1% cada una; es así, como la suma de los tipos de cobertura representa un total del 100%.

3.2.2.2. Riqueza y Abundancia Florística.

Para la estimación de la riqueza y abundancia florística se registraron datos básicos en una matriz de campo (Apéndice 1) y se anotó información adicional relacionada con las características de la zona piloto.

El muestreo consistió en la cuantificación e identificación taxonómica de la diversidad florística in situ; cuando no fue posible reconocer las especies directamente, la identificación se la realizó en el Herbario Reinaldo Espinosa, de la Universidad Nacional de Loja, utilizando claves taxonómicas, comparando con especímenes existentes.

3.2.2.3. Pendiente en grados

Usando un clinómetro se procedió a medir el grado de pendiente para cada una de las direcciones cardinales. Se utilizó la siguiente escala de clasificación.

Cuadro 2. Clasificación de pendientes (adaptado de Iñiguez 1999)

Clases	Pendiente porcentaje (%)	Definición
Clase 1	0 – 2	Plano o casi plano
Clase 2	2 – 6	Suavemente inclinado
Clase 3	6 – 13	Inclinado
Clase 4	13 – 25	Moderadamente escarpado
Clase 5	25 – 55	Escarpado
Clase 6	>55	Muy escarpado

3.3. DETERMINACIÓN DE PATRONES DE DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN LOS PÁRAMOS DEL PNP

La determinación de patrones de diversidad florística consistió en la definición de las tendencias encontradas a lo largo de la evaluación de las variables tomadas en cuenta para el estudio. Se realizó un contraste de los parámetros básicos obtenidos en campo (composición florística, riqueza, abundancia y diversidad florística) frente a las variables gradiente altitudinal y orientación.

El parámetro de diversidad florística se calculó a nivel de familia y especie (diversidad alfa). Esta variable se calculó dentro de cada una de las cimas entre parcelas de un mismo transecto a través del índice de *Shannon-Wiener*.

La diversidad florística entre cimas (diversidad beta) (ver Figura 7)., se determinó mediante el cálculo del Índice de Similitud de Sorensen. Para reforzar los resultados de la comparación también se realizó un análisis Cluster basado en el índice de Simpson, con el programa PAST 1.9.

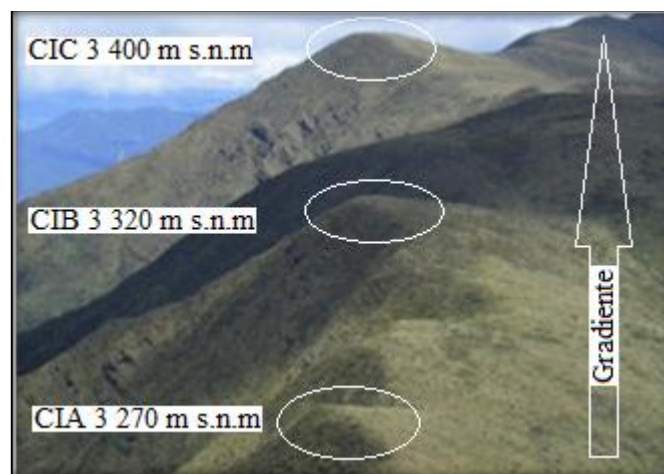


Figura. 7. Esquema gráfico de los niveles de comparación de variables para la evaluación de diversidad florística/gradiente altitudinal.

Todos los datos recopilados en el campo, se sistematizaron en hojas electrónicas Excel y para obtener un mayor respaldo estadístico de los datos obtenidos se utilizaron dos software de análisis estadísticos, SPSS 18.1 para la realización de pruebas de varianza (ANOVA) y el PAST para realizar un análisis Cluster, a través de las cuales se determinó la existencia de diferencias estadísticas significativas entre los diferentes parámetros ecológicos. Las fórmulas utilizadas para el cálculo de los parámetros ecológicos usados para el análisis se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Parámetros ecológicos empleados para el análisis de datos

Parámetro	Modelo	Descripción	Interpretación
Diversidad relativa familia (DiR)	$DiR = \frac{\text{Número especies por familia}}{\text{Número total de especies}} * 100$	Expresa cuán diversa es una familia en base al número de especies por las que está representada.	La familia más diversa las que alcanza porcentajes más alto.
Diversidad alfa	<p>Índice de Shannon-Wiener (H')</p> $H' = - \sum Pi * \ln Pi * E$	<p>H = Índice de Shannon-Wiener</p> <p>Pi = Abundancia relativa</p> <p>ln = Logaritmo natural</p> <p>E= índice de equitatividad</p>	<p>Div. baja: 0-0,35</p> <p>Div. media:0,36-0,7</p> <p>Div. alta:0,71-1</p>
Diversidad beta	<p>Índice de Sorensen (IS)</p> $S = \frac{2Cpq}{Cp + CQ} * 100$	<p>S = Similitud de Sorensen</p> <p>p,q = Comunidades</p> <p>cp = Número de organismos de p</p> <p>cq = Número de organismos de q</p> <p>Cpq = especies comunes en p y q</p>	<p>Disímiles:0-35</p> <p>Medianamente similares:36-70</p> <p>Muy similares:71-100</p>

Fuentes: Brower et al. 1997, Aguirre y Aguirre 1999, Mostacedo y Fredericksen 2000.

3.4. CONOCER Y EVALUAR LAS RELACIONES ENTRE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y LA GRADIENTE ALTITUDINAL EN LAS TRES CIMAS SELECCIONADAS

La evaluación de las relaciones entre las variables antes mencionadas fue realizada mediante un análisis de Regresión: Lineal, Exponencial, Logarítmica y Polinómica como un proceso de determinación del tipo de relación que se mantiene entre cada uno de los parámetros que conforman la variable diversidad florística y la variable gradiente altitudinal. El análisis de regresión fue sustentado a través del cálculo del valor R^2 (Coeficiente de Determinación Múltiple) estableciendo la significancia de la relación evaluada.

Los parámetros evaluados frente a la gradiente altitudinal fueron: Diversidad de Shannon, Abundancia Florística, Riqueza Florística y Densidad.

3.5. DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN GENERADA.

Para la difusión de la presente investigación se han desarrollado algunas actividades que se mencionan a continuación:

La realización de un artículo científico, que será sometido a la revista del Centro de Estudios y Desarrollo de la Amazonia (CEDAMAZ).

Se contribuyó a la generación de un protocolo para la instalación de sitios piloto para el monitoreo del cambio climático en la región andina, que constituye una adaptación de la metodología de la RED Mundial Gloria, debido a las complejidades de los páramos de la región andina.

Desarrollo de visitas de campo con los estudiantes del cuarto año de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja, así mismo se brindó espacios

para la realización de pasantías, con el fin de compartir las experiencias generadas durante el estudio.

La investigación fue compartida con autoridades y personal del departamento de biodiversidad del Ministerio del Ambiente Loja.

Se elaboró de un poster descriptivo del proyecto para la difusión sintetizada de los resultados de la investigación.

Se presentó un informe de los resultados de la investigación como aporte para el proyecto MICCAMBIO.

4. RESULTADOS

4.1. DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y PATRONES DE DISTRIBUCIÓN EN FUNCIÓN DE LA GRADIENTE ALTITUDINAL DE LA ZONA PILOTO DEL PNP

4.1.1. Descripción de la zona piloto del PNP

La conformación de la zona piloto está dada por tres cimas localizadas en el páramo del Parque Nacional Podocarpus (sector Cajanuma, Figura 8), en la Cordillera Oriental de los Andes, estas cimas se encuentran ubicadas en los siguientes gradientes altitudinales 3 270 m s.n.m., Cima A (CIA), 3 320 m s.n.m., Cima B (CIB) y 3 400 m s.n.m., Cima (CIC).

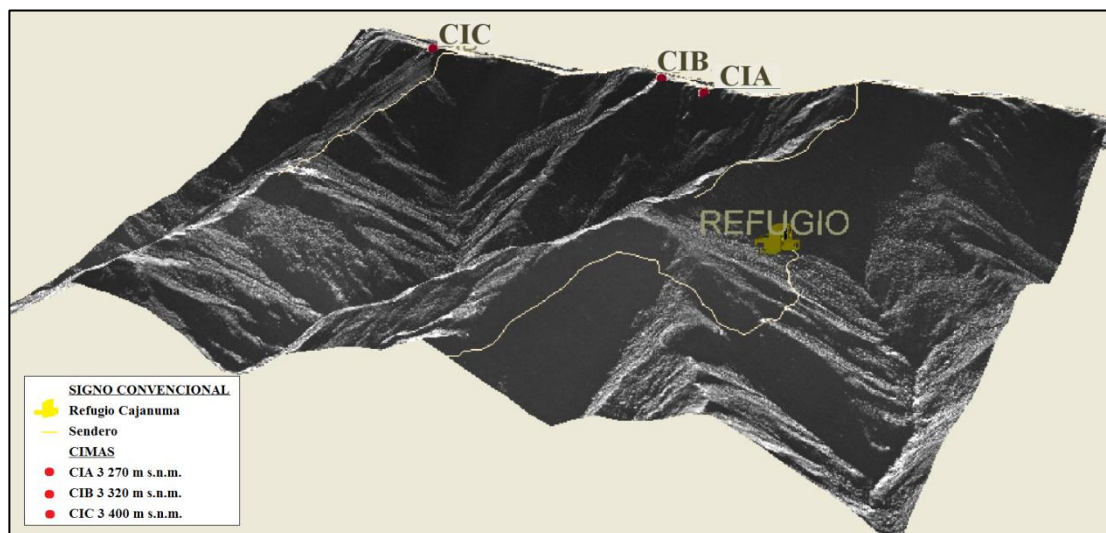


Figura. 8. Ubicación de las cimas de la zona piloto del PNP (Tomado de Eguiguren y Ojeda 2009).

Las tres cimas ocupan una superficie aproximada de 6 136,4 m² y su fisonomía es parecida entre sí presentando una forma cónica; en cuanto al tamaño las cimas CIA y CIB no difieren mucho ya que poseen una pendiente similar, mientras que la cima CIC tiene una superficie notablemente superior a las anteriores debido a que sus pendientes son más leves (Eguiguren y Ojeda 2009). A continuación se presenta una descripción detallada de cada una de las cimas de la zona piloto del PNP:

Cuadro 4. Descripción de las tres cimas de la zona piloto del PNP.

Cima	Altitud (m s.n.m.)	Coordenadas (gra/min/seg)	Área (m ²)	Pendiente promedio (%)	Interpretación
CIA	3 270	79°09'43,9" O 04°06'31,0" S	1 300,0	NE: 37 NO: 40 SE: 42 SO: 34	E= escarpada E= escarpada E= escarpada E= escarpada
CIB	3 320	79°09'43,0" O 04°06'22,6" S	1 440,9	NE: 33 NO: 40 SE: 23 SO: 35	E= escarpada E= escarpada Me= moderadamente escarpada E= escarpada
CIC	3 400	79°09'40,2" O 04°05'40,8" S	3 395,5	NE: 22 NO: 35 SE: 23 SO: 32	Me= moderadamente escarpada E= escarpada Me= moderadamente escarpada E= escarpada

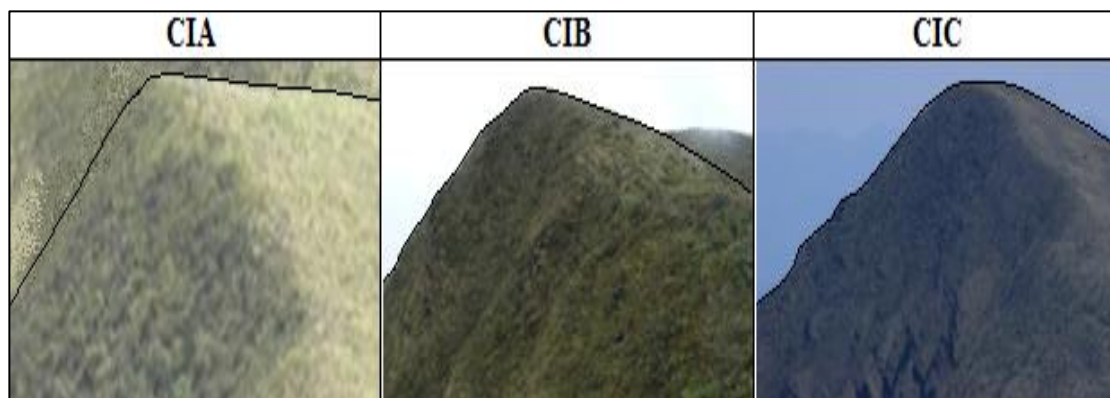


Figura. 9. Vista panorámica de las cimas de la zona piloto del PNP.

4.1.2. Disposición de Transectos y parcelas permanentes

Debido a la diferencia de gradiente que presentan las cimas en sus cuatro orientaciones cardinales, la disposición de cada una de las parcelas dentro de los transectos varió, es decir, las parcelas fluctúan su ubicación con respecto a la parcela anterior ya sea ampliando o reduciendo el espacio entre sí, dependiendo de los pisos altitudinales como se muestra en la Figura 10.

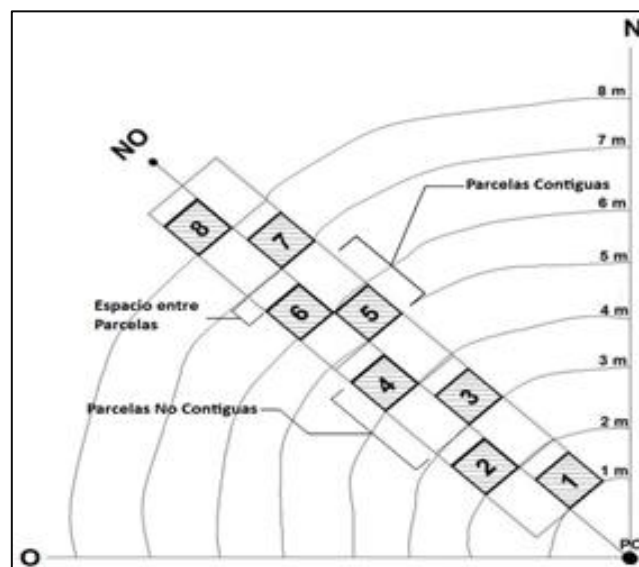


Figura. 10. Disposición de las parcelas en cada transecto de las cimas de la zona piloto del PNP.

La mayor parte de los transectos de la zona piloto se pudieron instalar mediante una disposición regular, excepto el transecto de la orientación cardinal NE de la cima CIA el cual presentó una disposición alternativa de sus parcelas, por no presentar los ocho metros de desnivel requeridos para la instalación normal (ver Figura 11).

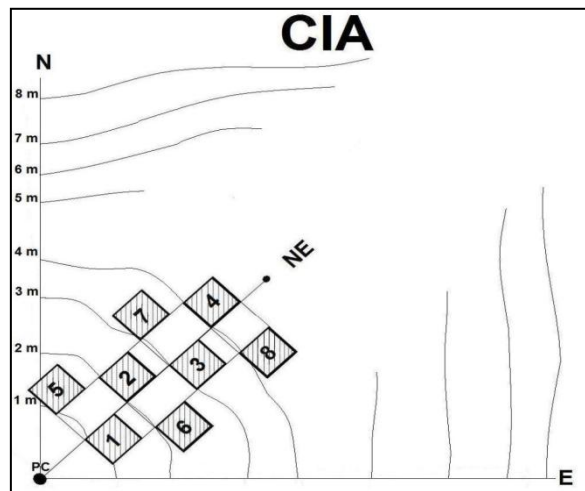


Figura. 11. Formas de disposición de parcelas dentro de un transecto en la cima CIA.

4.1.3. Composición Florística de la Zona Piloto del PNP

De acuerdo a la gradiente altitudinal en las cuatro direcciones cardinales (NE, NO, SE, SO) del sitio de muestreo del PNP se identificaron 104 especies distribuidas en 74 géneros pertenecientes a 47 familias., (ver Apéndice 2). La primera cima (CIA) registra un total de 69 especies, la segunda cima (CIB) 63 especies y la tercera cima (CIC) un total de 71 especies (Figura 12). La familia con mayor número de géneros es Asteraceae destacándose los géneros *Gynoxys* y *Senecio* con tres especies cada uno, mientras que el género más numeroso en términos de especie en todo el sitio de muestreo es *Miconia* de la familia Melastomatácea con cinco especies.

Como puede observarse en la Figura 12., los 32 m² muestreados por cima, permitieron abarcar un buen porcentaje de la diversidad florística, en vista de que la tendencia de la curva indica una estabilización a partir de esta área de muestreo fijada para los tres sitios de muestreo.

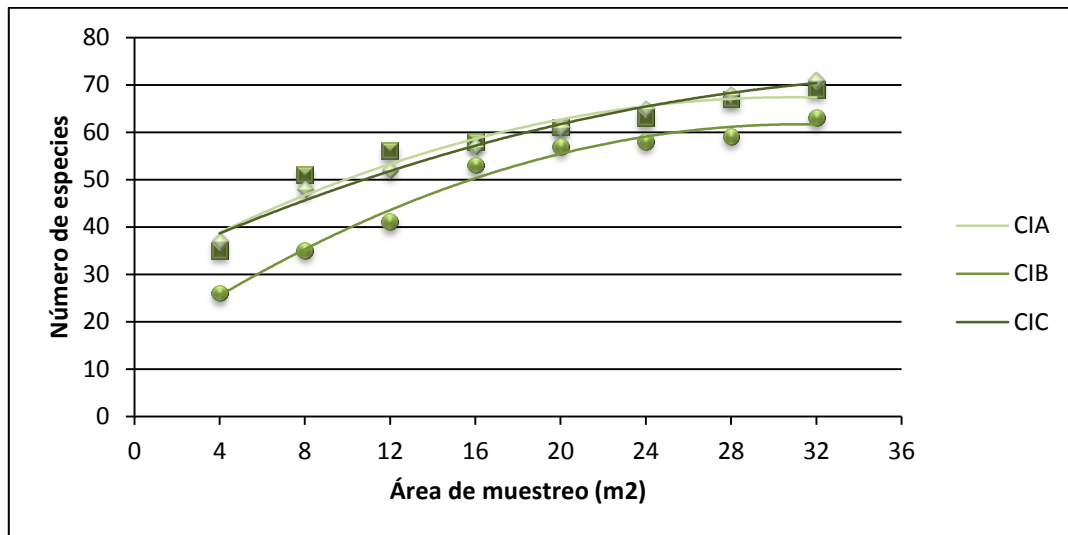


Figura. 12. Curva Especie/Área de las tres cimas de la zona piloto del PNP.

4.1.4. Parámetros Ecológicos

Los parámetros ecológicos de interés para la presente investigación se presentan en el siguiente orden: a) Riqueza florística, b) Abundancia florística, c) Diversidad; y, d) Cobertura.

4.1.4.1. Riqueza florística

Como puede observarse en la Figura 13, la riqueza florística entre cimas presenta una tendencia irregular marcada por la similitud del número de especies entre los pisos altitudinales extremos CIA (3 270 m s.n.m.), y CIC (3 400 m s.n.m.), y decrecimiento en la segunda cima CIB (3 320 m s.n.m.).

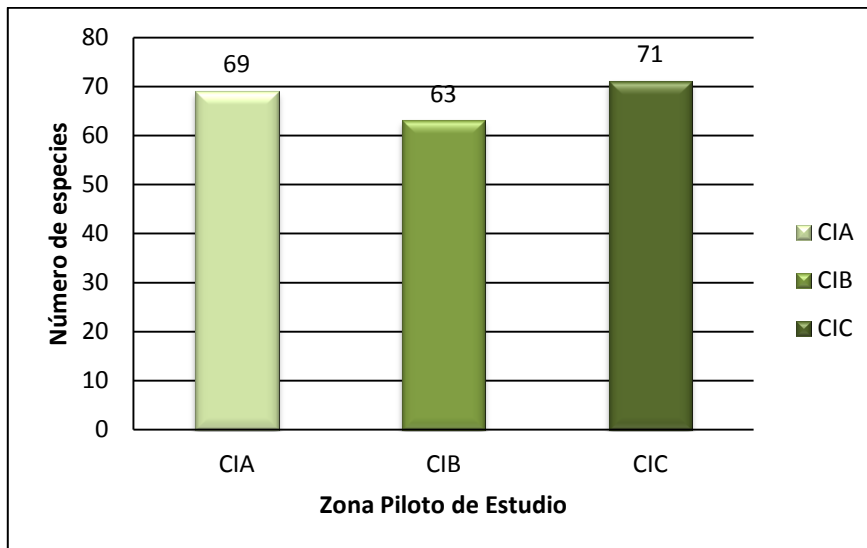


Figura. 13. Riqueza florísticas de las tres cimas del sitio piloto del PNP.

Con relación a la influencia de la gradiente altitudinal en la composición florística, se evidenció que el número de especies no presenta diferencias importantes al pasar de un piso altitudinal a otro, por lo que no se pudo identificar un patrón definido de distribución en relación a la gradiente altitudinal (ver Cuadro 5).

Cuadro 5. Riqueza de especies en relación a la gradiente altitudinal en las tres cimas del PNP. P1-P8 representan la variación altitudinal dentro de la cima.

NÚMERO DE ESPECIES POR GRADIENTE ALTITUDINAL								
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
CIA	35	39	37	34	41	35	46	41
CIB	26	31	35	43	36	33	33	33
CIC	36	38	34	41	34	38	34	43

El análisis de varianza (ANOVA) indicó que no existen diferencias significativas en cuanto al número de especies en relación a la orientación cardinal, en donde los valores fluctúan entre 25 y 49 especies., Las orientaciones NE y SO muestran un patrón decreciente en cuanto al número de taxones conforme aumenta la altitud. Como se evidencia en la Figura 14; en la orientación (SE), sucede todo lo contrario pues la riqueza florística aumenta conforme aumenta el piso altitudinal, mientras que en la orientación NO, no se muestra un patrón definido puesto que su distribución es muy irregular.

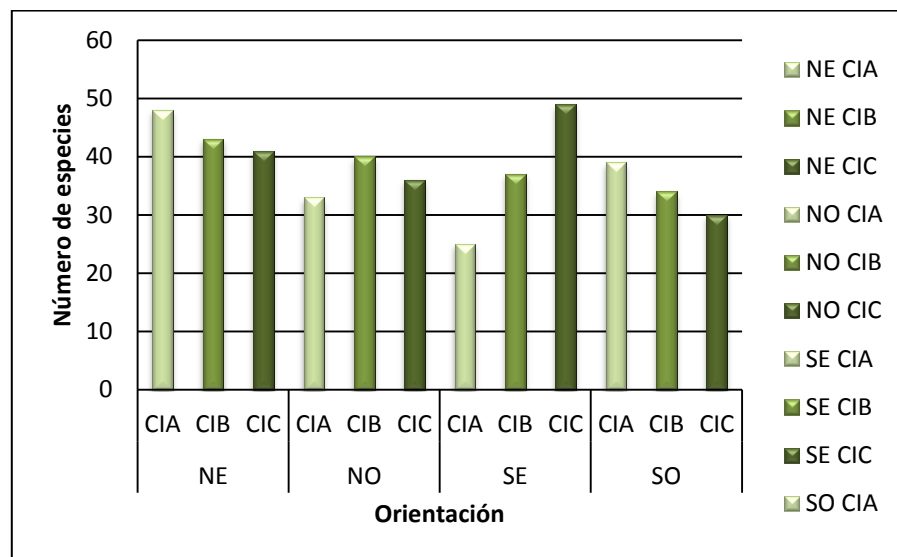


Figura. 14. Riqueza florística de las orientaciones muestreadas en cada una de las cimas de la zona piloto del PNP.

4.1.4.2. Abundancia Florística

El número de Individuos (Abundancia) presenta una tendencia de incremento conforme aumenta la altitud a lo largo del sitio de muestreo, lo que implica un patrón definido entre el parámetro Abundancia Florística y la gradiente altitudinal, tal como se muestra en la Figura 15.

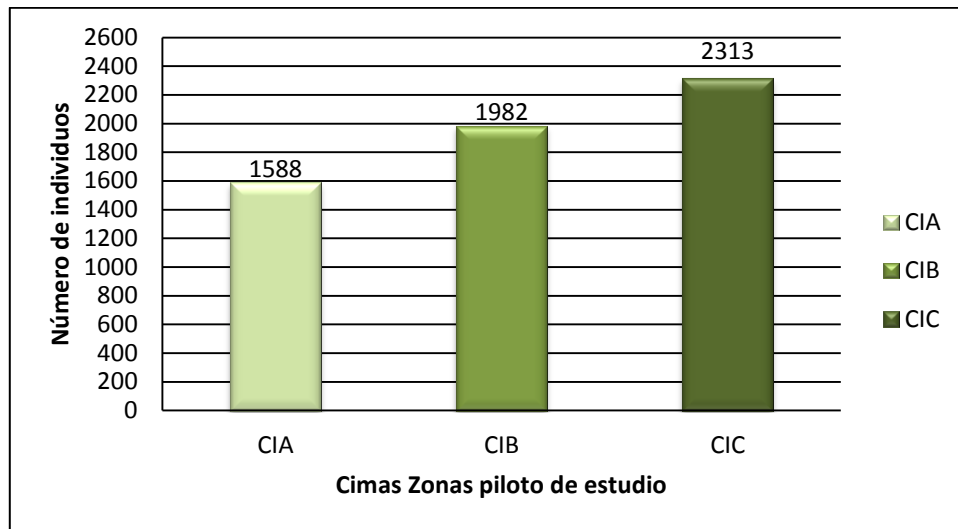


Figura. 15. Abundancia florística de cada una de las cimas de la zona piloto del PNP.

4.1.4.3. Número de especies de cada una de las formaciones de vida presentes en cada una de las cimas de la zona piloto.

Se encontró que la forma de vida con mayor número de especies es la categoría Arbusto con un promedio de 32 especies en la zona de estudio, encontrando el valor más alto en la segunda cima con 35 especies (CIB), mientras la cima CIC (de mayor altitud) presento a 30 (ver Figura 16).

La otra categoría correspondiente a las hierbas, tiene una diversidad de 17 especies en la cima más alta y decrece a 12 especies en la CIA., En la cima CIB se registraron únicamente siete especies, siendo esta la menor diversidad.

Con relación a las epífitas la cima con mayor número de especies es la primera cima con un número de siete especies mientras que las cimas CIB y CIC presentaron dos y tres respectivamente.

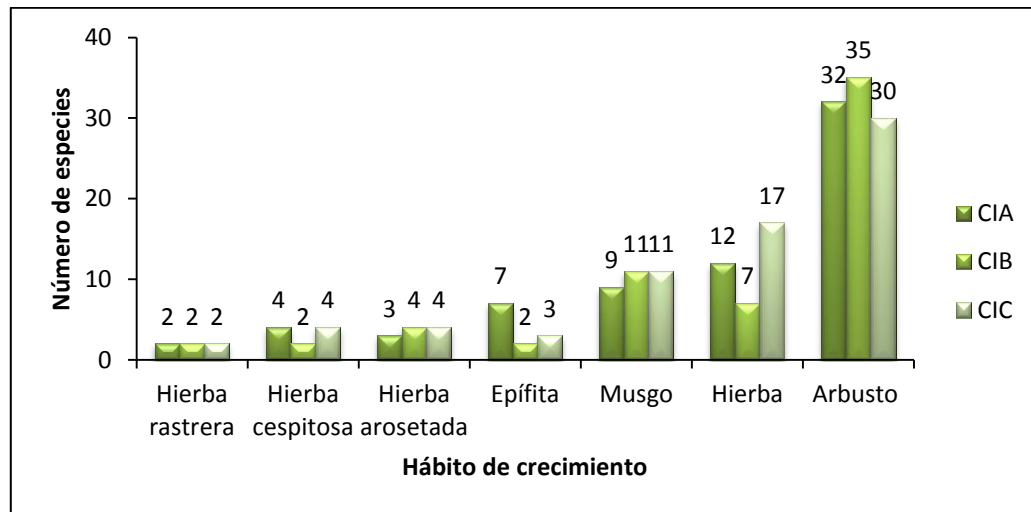


Figura. 16. Abundancia florística de las diferentes formas de vida encontradas a lo largo de la zona piloto del PNP.

La abundancia a través de la gradiente altitudinal sin tomar en cuenta las orientaciones de cada cima, no muestra una tendencia marcada en la cima CIA, en la cima CIB se observa una tendencia ligeramente ascendente y en la cima CIC se aprecia una tendencia descendente, tal como se muestra en la Figura 17.

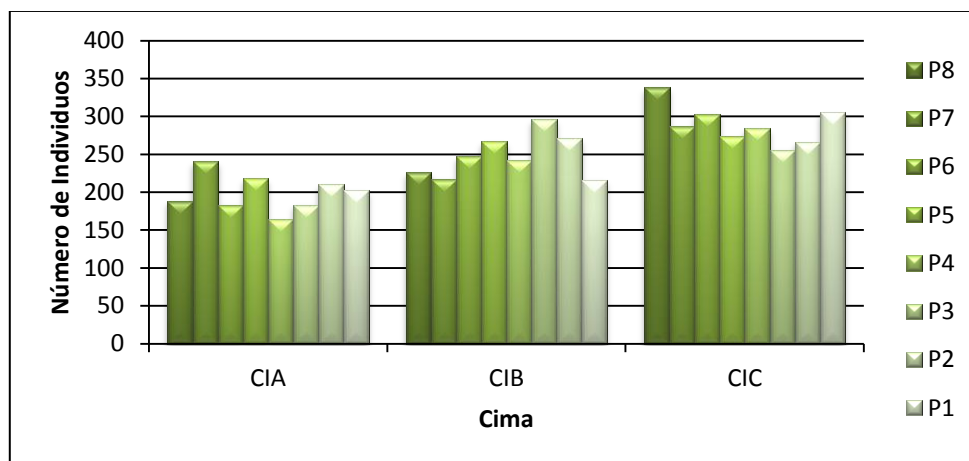


Figura. 17. Abundancia Florística a lo largo de la gradiente de cada cima de la zona piloto del PNP.

4.1.4.4. Diversidad Florística

A continuación se describen características de la diversidad florística en dos niveles: por familia y por especie, esta última se analiza bajo los criterios de Diversidad Alfa y Diversidad Beta.

a. Diversidad por Familia

La zona piloto posee un número de 47 familias. El número de familias presentes en cada una de las cimas resultan equivalentes entre sí, el mayor número se encuentra en la cima CIC con 38 familias, la cima CIA y CIB poseen un número menor con 36 familias cada una.

En las tres cimas las familias Ericaceae, Asteraceae, Poaceae y Bromeliaceae, se constituyen las más diversas en cuanto al número de especies presentes (ver Figura 18); sin embargo, se presentan diferencias entre una cima y otra, tal es el caso de la familia Asteraceae donde existen 9 especies en la cima CIC frente a las 7 registradas en CIB y CIA., (más detalles sobre la diversidad de familias en los Apéndices 3.1., 3.2. y 3.3).

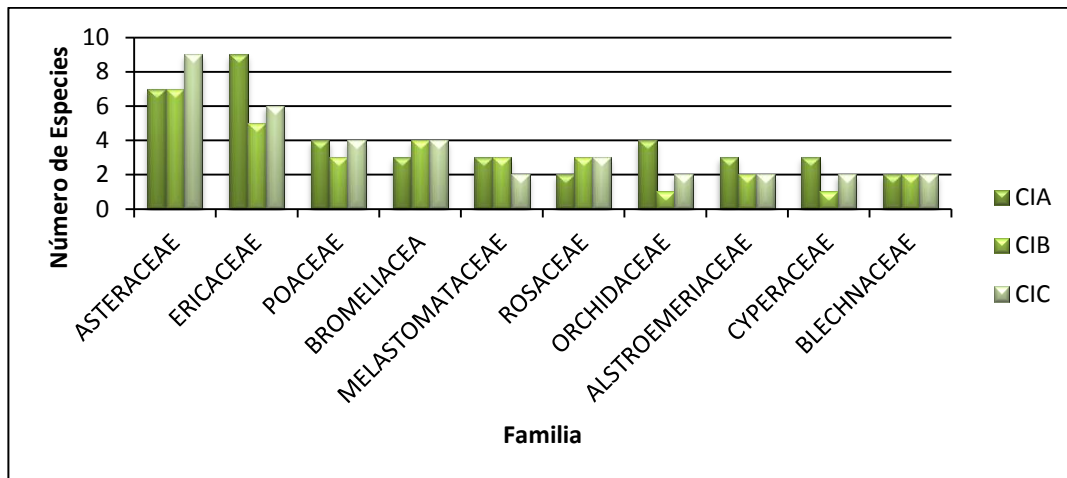


Figura. 18. Diversidad de las 10 familias con mayor número de especies a lo largo de cada cima de la zona piloto del PNP.

b. Diversidad Específica

Con respecto a la diversidad obtenida a nivel de especies a través de dos niveles de apreciación (Alfa y Beta) se presenta lo siguiente.

➤ Diversidad Alfa

El índice de Shannon-Wiener indicó la existencia de un alto valor diversidad para las tres cimas, corroborándose con el ANOVA, el cual indico que no existen diferencias marcadas entre cimas (ver Figura 19 a).

En cuanto a la diversidad florística entre direcciones cardinales representadas en la Figura 19 b, se observa que la orientación cardinal mayormente diferida es la Suroeste, en la misma figura también se aprecia una tendencia de incremento de diversidad en las dirección Noreste y Sureste conforme aumenta la altitud, todo lo contrario sucede para la dirección Noreste donde se denota un decrecimiento conforme aumenta la altitud.

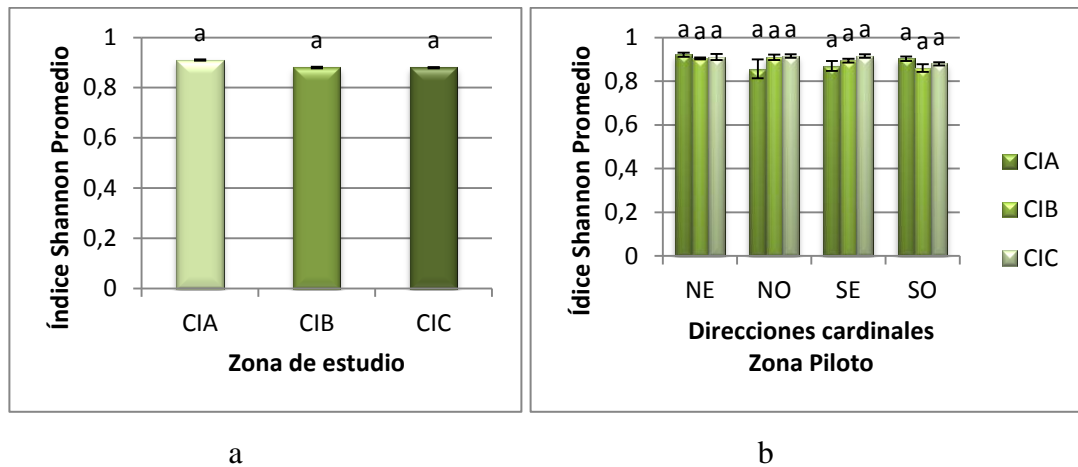


Figura. 19. Índice de diversidad de Shannon promedio entre cimas, las barras indican el error estándar respecto al promedio $n=8$ (a), Índice de diversidad de Shannon promedio entre direcciones de todas las cimas, las barras indican el error estándar respecto al promedio $n=8$; Las letras iguales indican la inexistencia de diferencias significativas (Test Tukey $p \leq 0.05$) (b).

Con relación a la diversidad, en el sitio de muestreo se puede identificar un patrón de dominancia de la cima CIA. Contrastando todas las gradientes muestreadas en una cima con el mismo nivel de gradiente de las otras cimas de la zona piloto, en un segundo plano se observa a la cima CIC con dominancia menor a la cima CIA y finalmente la cima CIB con la menor dominancia de la diversidad Alfa, mostrando que la diversidad florística tiende a ser mayor mientras más bajo es el piso altitudinal (ver Figura 20).

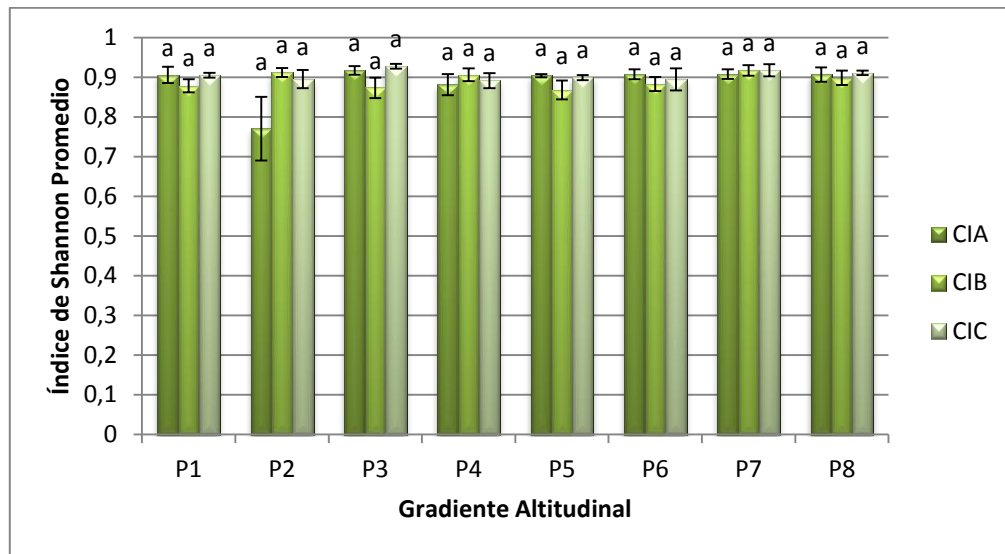


Figura. 20. Índice de diversidad de Shannon promedio entre cimas, las barras indican el error estándar respecto al promedio $n=4$. Las letras iguales muestran la inexistencia de diferencias significativas (Test Turkey $P \leq 0.05$).

➤ Diversidad Beta

La diversidad beta se analizó con los índices de Sorensen y Simpson ambos revelan que todas las cimas son medianamente similares (Simpson 37 %) (Sorensen 67,1 %), mostrando la mayor similitud la segunda y tercera cima CIB Y CIC (Simpson 44 % y Sorensen 68,7 %), mientras que la primera cima CIA guarda una similitud menor con respecto a las otras. Por otro lado al realizar el análisis entre las direcciones cardinales se pudo observar que aquellas exposiciones que comparten más elementos florísticos son la Noroeste (NO), Suroeste (SO) y Sureste (SE) de las cimas CIB y CIC, siendo la dirección Noroeste la orientación con el nivel más alto de similaridad (ver Figura 21).

Cuadro 6. Diversidad Beta entre cimas calculada a través del Índice de Similitud de Sorensen.

CIMA	CIA	CIB	CIC
CIA	-	68,2	64,3
CIB	-	-	68,7
CIC	-	-	-

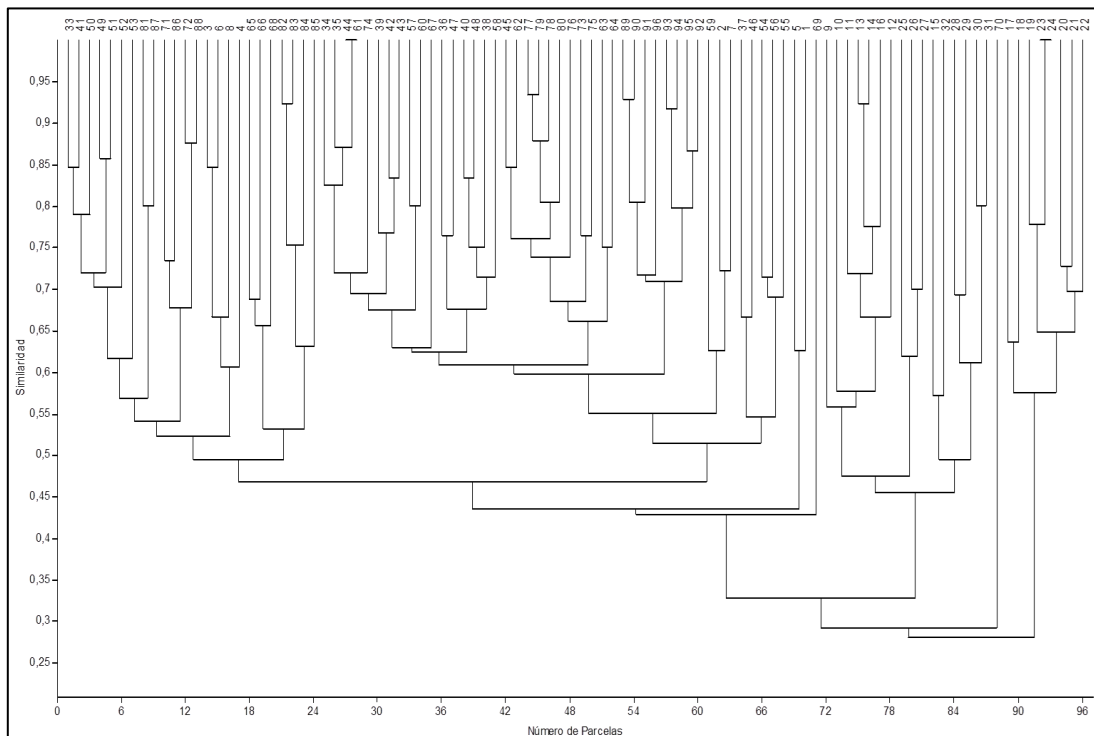


Figura. 21. Análisis clúster para la determinación de similitudes entre cimas (Índice de Simpson).

Una de las razones por las cuales se determina una mediana similitud entre las tres cimas es que no existe una gran separación entre las mismas, con lo cual las condiciones climáticas no varían significativamente influyendo en forma en la similar en la diversidad a lo largo de la zona piloto.

La diversidad beta entre gradientes corresponde a las categorías entre medianamente similares a muy similares, cuyos rangos oscilan entre 54,3% y 79,5% para la cima CIA 54,2% y 78,9% para la cima CIB, y finalmente entre 62,8 y 81,6% para la cima CIC como se puede observar en Cuadro 6.

4.1.4.5. Densidad Florística

Se puede identificar un patrón definido en cuanto a la densidad por cima y la tendencia lineal ascendente que adquiere esta variable cuando es analizada a través de cada metro de gradiente altitudinal. La densidad más baja se encuentra en la cima CIA con 124 063 ind/ha, la cima CIB presenta una densidad de 154 844 ind/ha, mientras que la más alta densidad la presenta la cima CIC con 180 703 ind/ha.

4.1.4.6. Cobertura

Como se puede observar en el Cuadro 7., los porcentajes en las cimas CIA y CIC el más alto porcentaje de cobertura de plantas vasculares se da en la dirección NE, por otra parte en la cima CIB la dirección con mayor porcentaje de esta categoría de cobertura es SO.

De los musgos puede decirse, al igual que los líquenes, que la zona piloto de estudio, es rica en estas plantas.

Los musgos son dentro de la flora de este ecosistema de una gran importancia, y los más destacados son los de género Sphangnun, que además de ser los más abundantes, tiene propiedades fundamentales desde el punto de vista hídrico, debido a su enorme capacidad para absorber agua. Por otra parte, los musgos después de las plantas vasculares, cubren la mayor superficie de la zona piloto de estudio, siendo el fundamento del páramo como almacenadores de agua.

Cuadro 7. Promedio de cada una de las categorías de cobertura de superficie en las cimas de la zona Piloto del PNP.

CIA (3270 m s.n.m.)					
Categoría/tipo de vegetación	Promedio Cobertura (%)				Promedio Cima (%)
	NE	NO	SE	SO	
Plantas Vasculares	77,3	55,8	57,4	64,8	63,8
Briofitos	10,5	11,5	15,2	6,9	11,0
Líquenes	2,6	0,7	1,3	0,2	1,2
Hojarasca	5,5	23,4	22,2	18,8	17,5
Suelo Desnudo	4,1	8,6	3,9	9,3	6,5
Total	100	100	100	100	100
CIB (3320 m s.n.m.)					
Categoría	Promedio Cobertura (%)				Total
	NE	NO	SE	SO	
Plantas Vasculares	72,1	71,4	74,7	75,1	73,3
Briofitos	13,5	16,4	8,9	11,4	12,6
Líquenes	1,0	0,9	0,5	0,1	0,6
Hojarasca	8,0	7,1	7,6	5,8	7,1
Suelo Desnudo	5,4	4,2	8,3	7,6	6,4
Total	100	100	100	100	100
CIC (3400 m s.n.m.,)					
Categoría	Promedio Cobertura (%)				Total
	NE	NO	SE	SO	
Plantas Vasculares	83,2	73,6	78,7	67,7	75,8
Briofitos	9,4	16,1	9,4	21,3	14,1
Líquenes	0,0	1,1	0,8	2,7	1,2
Hojarasca	6,9	8,2	9,9	7,1	8,0
Suelo Desnudo	0,5	1,0	1,2	1,2	1,0
Total	100	100	100	100	100

Con respecto a la tendencia que exhibe los porcentajes de cobertura de las diferentes categorías presentes en las parcelas de muestreo, se identifica un mayor promedio de cobertura de estas categorías en la cima CIC, lo contrario sucede con las dos categorías de cobertura de superficie no vegetal (Hojarasca y Suelos Desnudo) donde se observa un mayor porcentaje en la cima CIA. (ver Figura 22).

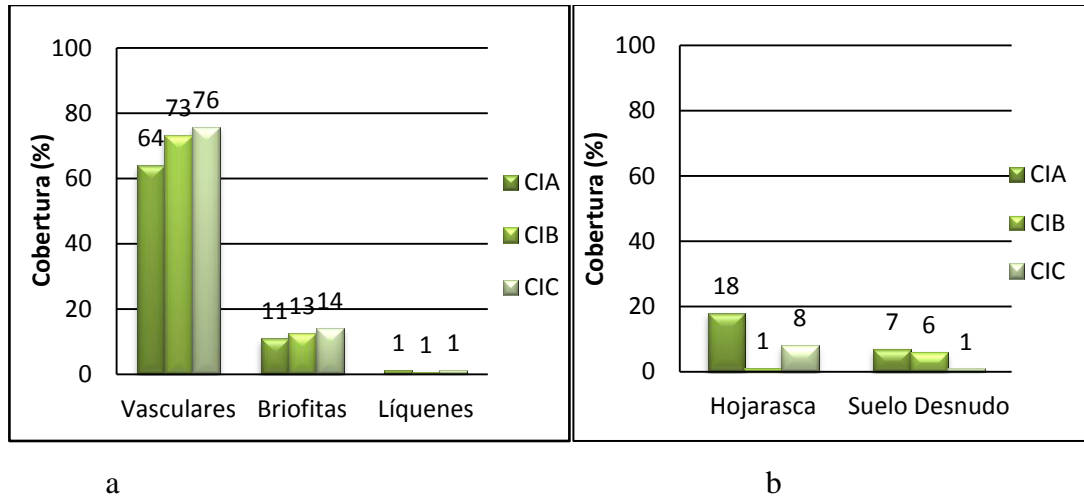


Figura. 22. Porcentaje de cobertura de las cimas de la zona piloto del PNP: Categorías vegetales (a); Categorías no vegetales (b).

4.2. EVALUACIÓN DE LAS RELACIONES EXISTENTES ENTRE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y LA GRADIENTE ALTITUDINAL

La forma en que se relacionan los parámetros que conforman la diversidad florística con la gradiente altitudinal se describen a continuación.

4.2.1. Diversidad Florística (Índice de Shannon-Wiener)

La diversidad florística calculada a través del índice de Shannon-Wiener frente a la gradiente altitudinal no demuestra un tipo de relación definida dentro de los cuatro tipos de regresión que se aplicaron para la evaluación de la relación entre estas variables al verificarse mediante el coeficiente de determinación R^2 (ver Cuadro 8).

4.2.2. Riqueza Florística

De manera similar forma a la diversidad florística la riqueza florística no presenta ninguna relación evidente con la variable gradiente altitudinal lo cual se puede corroborar con los valores de R^2 encontrados en los cuatro tipos de regresión aplicados.

4.2.3. Abundancia Florística

La abundancia florística a lo largo de la gradiente altitudinal de la zona piloto se presenta una tendencia notoria, que se comprueba con el coeficiente de determinación de significancia en tres de los cuatro tipos de regresión aplicados a esta relación. Como se puede apreciar en el Cuadro 8., la relación entre estas variables se cataloga como de tipo Lineal, Exponencial y Polinómica al obtener un valor de R^2 igual a 0,6.

4.2.4. Densidad Florística

Con respecto a la densidad florística, al igual que en el caso de la abundancia se presenta una relación marcada con la variable gradiente altitudinal, describiéndose como una relación de tipo Lineal, Exponencial y Polinómica por la significancia que refleja el coeficiente de determinación R^2 alcanzando valores de 0,6 demostrando la importancia de la relación.

En términos generales la evaluación de las relaciones entre los parámetros florísticos y la variable gradiente altitudinal se presenta en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Evaluación de las Relaciones existentes entre Diversidad Florística y Gradiente Altitudinal.

VARIABLES		TIPO DE RELACIÓN	R ²	SIGNIFICANCIA
Gradiente	Diversidad Shannon	Exponencial	0,176	No existe
		Lineal	0,179	No existe
		Logarítmica	0,237	No existe
		Polinómica	0,252	No existe
Gradiente	Riqueza	Exponencial	0,002	No existe
		Lineal	0,002	No existe
		Logarítmica	0,00002	No existe
		Polinómica	0,061	No existe
Gradiente	Abundancia	Exponencial	0,640	Existe
		Lineal	0,644	Existe
		Logarítmica	0,519	No existe
		Polinómica	0,646	Existe
Gradiente	Densidad	Exponencial	0,640	Existe
		Lineal	0,644	Existe
		Logarítmica	0,519	No existe
		Polinómica	0,646	Existe

4.3. DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN GENERADA

Dada la importancia que representa la generación de información local sobre este tema y su posterior divulgación, se analizaron algunas estrategias para la correcta difusión de los resultados de la presente investigación.

Se elaboró un artículo científico, que fue sometido a la revista del Centro de Estudios y Desarrollo de la Amazonia (CEDAMAZ), para su publicación.

Se contribuyó a la generación de un protocolo para la instalación de sitios piloto para el monitoreo del cambio climático en la región andina. Que constituye una adaptación de la metodología de la RED Mundial Gloria, debido a las complejidades de los páramos de la región andina.

Se desarrollaron dos visitas de campo con los estudiantes del cuarto año de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja, así mismo se brindaron espacios para la realización de pasantías, con el fin de compartir las experiencias generadas durante el estudio.

La investigación fue compartida con autoridades y personal del departamento de biodiversidad del Ministerio del Ambiente Loja, a través de la disertación de los resultados obtenidos de la presente investigación.

Se presentó un informe de los resultados de la investigación como aporte para el proyecto MICCAMBIO.

5. DISCUSIÓN

En el presente capítulo se analizan aspectos relacionados al proceso metodológico empleado para el levantamiento de la información, así también se discuten los resultados obtenidos en la investigación.

5.1. DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE LA FLORA EN EL PNP EN FUNCIÓN DE LA GRADIENTE ALTITUDINAL

5.1.1. Aspectos Metodológicos

Partiendo de la preocupación sobre los posibles cambios producidos por el calentamiento global y sus consecuencias sobre los distintos recursos naturales pertenecientes a las diversas regiones mundiales en la última década se han planteado iniciativas encaminadas a monitorear los efectos que se prevén ocurran en estas regiones. Entre las principales iniciativas internacionales se puede citar a la Iniciativa de Investigación de Montañas (MRI por sus siglas en inglés), Sistema Global de Observación Terrestre (GTOS por sus siglas en inglés), Evaluación Global de la Biodiversidad de Montaña (GMBA por sus siglas en inglés) y la Iniciativa para la Investigación y Seguimiento Global de los Ambientes Alpinos, denominada RED GLORIA (GMBA 2000, Pauli et al. 2003, GTOS 2008, IHDP e IGBP 2008).

Las iniciativas mencionadas corresponden a procesos investigativos cuyo punto de origen coincide con el levantamiento de una línea base para conocer el estado actual de los recursos a investigarse, analizando diferentes variables que puedan ser monitoreadas a lo largo de un determinado período con lo cual pueda estimarse la magnitud de influencia y las consecuencias en concreto de los efectos del cambio climático sobre los recursos naturales de interés.

Debido a las características únicas de los páramos de la región sur del Ecuador (Becking 2004), específicamente los páramos del Parque Nacional Podocarpus, no se recomienda realizar parcelas 16 m² por área cimera, tomando en cuenta que el área mínima para importantes formaciones vegetales de páramo está por encima de los 20 m² (Aguirre y Schwarzkopf 2009). Se propuso un protocolo para el monitoreo de los mismos mediante una metodología adaptada para la zona Andina dentro del proyecto MICCAMBIO (Aguirre et al. 2008). El protocolo manifiesta la necesidad de ampliar las áreas de muestreo en el páramo en función de la gradiente altitudinal y se ha preparado una propuesta para su inclusión en proyectos de levantamientos de líneas base florísticas, para evaluar los impactos del cambio climático.

La mencionada propuesta difiere de la planteada por Pauli et al, (2003) primeramente en el número de parcelas permanentes, la propuesta en el PNP contempla el muestreo del doble de la extensión del área de muestreo de la propuesta anterior; adicionalmente se replantea la orientación de las mismas, es decir, en lugar de disponerse conforme las direcciones cardinales la propuesta se orienta hacia las direcciones cardinales de cada cima (NE, SE, NO y SO). Por ello, se recomienda establecer franjas de parcelas a partir de 1m de desnivel por debajo del punto cumbre, desde esa altura hasta el límite inferior de las áreas cimera se trazan franjas de 2 m de ancho en las direcciones antes mencionadas, esta es otra diferencia con la propuesta anterior ya que la misma plantea el establecimiento de las parcelas a partir de los 5 m de desnivel de la cima partiendo del punto cumbre. La disposición de las parcelas permanentes de muestreo difiere entre propuestas en que la presente se esquematiza en forma de transectos con ocho parcelas contiguas de 1 x 1 m en cada uno de ellos, mientras que la propuesta de Pauli et al, (2003) lo hace en una parcela de 3 x 3 m por dirección con cuatro subparcelas cada una.

Entre las ventajas que se pueden encontrar en esta metodología al contar con una mayor área de muestreo es que permite monitorear en el tiempo no sólo los ingresos y salidas de especies sino también sus cambios de cobertura en parcelas fijas, de modo que ofrece mayor precisión y confiabilidad.

Con todo lo antes planteado se pudo obtener información de primer orden con alto grado de confiabilidad por las distintas adaptaciones a la zona local con lo cual se disminuye el grado de incertidumbre producido por la utilización de metodologías ajenas a las características regionales propias de un sitio.

Este proceso conlleva al entendimiento del comportamiento de los parámetros florísticos del páramo, así como de la importancia de la diversidad de especies en el funcionamiento de los ecosistemas y sus comparaciones con otras zonas piloto (Pauli et al. 2003, Swerhun et al. 2009).

En forma concluyente se destaca la alta factibilidad y validez de la propuesta aplicada en esta investigación por los resultados obtenidos a través de la misma, lo cual se evidencia con la curva especie-área que indica que la amplitud en el número de parcelas de muestreo así como su disposición alternativa representa una correcta adaptación de la propuesta conforme las características del PNP. Además la metodología adaptada permitió la identificación de patrones dentro de los parámetros florísticos evaluados pero se podría profundizar aún más el estudio de los mismos a través de una ampliación de los transectos dentro de cada cima hacia altitudes menores y el consecuente incremento del número de parcelas copando una mayor gradiente altitudinal.

5.1.2. Diversidad Florística

La Diversidad florística registrada en las parcelas permanentes a lo largo de la gradiente altitudinal en este estudio (96 parcelas en las tres cimas, en las direcciones

cardinales Noreste, Noroeste, Sureste y Suroeste) estuvo representada por 104 especies, siendo esta una muestra representativa de la vegetación existente en los Páramos del Parque Nacional Podocarpus, puesto que la misma representa un 47 % de lo encontrado por el Herbario LOJA (2000), entidad que muestreó mediante un diseño diferente al utilizado en la presente investigación 116 parcelas de 25 m² en cinco sitios del PNP. Demostrándose con ello, que la zona piloto del páramo de Cajanuma, contiene una muestra representativa de la diversidad florística de los páramos del PNP, considerando que representa un solo sitio frente a los cinco evaluados por el estudio mencionado. Así lo corrobora la curva especie/área (ver Figura 10).

De acuerdo al Índice de Shannon-Wiener la diversidad alfa determinada en el sitio de muestreo corresponde a un valor alto (ver Figura 18 a) debido a varios factores entre ellos la presencia de la llamada depresión de Huancabamba (Becking 2004), estas diferencias radican principalmente por la disminución de la altitud de las crestas de la cordillera de los Andes lo que incide en la producción de características especiales que determinan variaciones importantes de los factores abióticos, en relación a otras áreas de páramo en los Andes, entre las que se destacan: mayor precipitación y temperatura y menor radiación directa e incidencia de vientos, factores que posiblemente también incidieron en la evolución y formación de nuevas especies (Paladines 1997).

5.1.3. Determinación de los patrones de distribución

En lo concerniente a la riqueza florística, no se identificó un patrón definido de incremento o disminución de taxones conforme aumenta o disminuye la gradiente altitudinal, lo cual coincide con lo mencionado por Kanka et al. (2005), en cuyo estudio no existió una variación significativa del número de especies entre las cimas, aun cuando la diferencia altitudinal es mayor a 450 m entre las cimas, de la misma forma coincide con el estudio de Eguiguren y Ojeda (2009) quienes obtuvieron los

mismos resultados. Por el contrario otros autores (Bertinet al. 2003, Villar y Benito 2003, Erschbamer et al. 2006) indican que el número de taxa puede aumentar o disminuir en función de la gradiente altitudinal.

La diferencia del número de especies entre las cimas no es significativa, esto puede ser explicado debido a la amplitud vertical de la flora altoandina ecuatoriana, con especies con una distribución altitudinal que supera los 1000 m de desnivel (Izco et al. 2007, Sklenář y Jørgensen 1999).

En lo referente al número de individuos, se identificó un patrón proporcional a la gradiente altitudinal, es decir conforme aumenta la altitud aumenta el número de individuos, notándose la diferencias más marcadas entre las cimas CIA y CIB, pese a la cercanía de las cimas y la menor diferencia de gradiente altitudinal; probablemente esto pueda relacionarse a la ubicación de CIA, en el límite más bajo y en una zona de ecotono entre el bosque andino y el páramo. Estas tendencias son similares a las obtenidas por Kazakis et al. (2007) en la zona alpina de Lefka Ori, Crete. Estos lugares medios (ecotonos) en relación al cambio climático son de gran importancia para identificar el posible cambio del límite en un futuro y predecir el destino de las especies en mayores altitudes (Kazakis et al. 2007, Pauli et al. 2007).

Haber identificado un patrón de distribución en lo referente a número de individuos y no así para la riqueza florística, debe estar ligado al estado de conservación de las cimas, donde Eguiguren y Ojeda (2009) manifiestan que el estado de conservación para las cimas es bueno, equivalente a 19 puntos para la cima CIA y CIC, mientras que para la cima CIB, el resultado fue de 18 puntos esta diferencia a pesar de ser pequeña influiría ya que en general, los sitios menos disturbados son más ricos en especies, pero esta aseveración no es universal: por un lado, los sitios disturbados pueden tener una gran cantidad de malezas que, en términos puramente numéricos, también aumentan la biodiversidad (Verweij 1995).

Diversidad Alfa

La diversidad alfa de las cimas, mostró valores altos lo que coincide con los valores tanto de riqueza como de abundancia de la zona piloto, se identifica en términos generales una marcada dominancia de la diversidad en la cima CIA 3 210 m s.n.m., La diversidad más baja en la comparación de todas las gradientes altitudinales entre cimas se presenta en la cima CIB 3 320 m s.n.m., mientras que en la cima CIC se presenta una diversidad intermedia entre las dos cimas anteriormente mencionadas. Esto podría generarse principalmente por la ubicación de la cima CIA, la cual se encuentra inmediatamente a la salida de la zona de transición entre el bosque nublado y el páramo, lo que repercute en las diferentes condiciones que determinan un aumento en la diversidad florística tal como lo indica Mena (2001), al mencionar que en sitios elevados la biodiversidad tiende a ser menor que en partes más bajas.

Realizando un análisis dentro de cada cima se puede observar cierta tendencia, aunque no marcada, de un mayor índice de diversidad en las gradientes más bajas de la cima lo que se contrasta con lo ocurrido en la comparación de las gradientes entre las tres cimas de la zona piloto.

Diversidad Beta

Las tres cimas que conforman la zona piloto de estudio son medianamente similares en términos de diversidad florística (ver Cuadro 7), sin embargo existe una mayor similitud entre las cimas más alejadas (CIB - CIC), lo cual contrasta con lo encontrado por Sklenář y Jørgensen (1999), donde la similitud entre formaciones cimaras decrece conforme incrementa la distancia de las mismas. Es posible que la variación de la similitud entre las cimas CIA - CIB y CIA - CIC, se deba a que la primera está en una zona de ecotono entre el páramo y el bosque nublado, y posee algunos elementos florísticos diferentes en contraste con las otras cimas (Eguiguren y Ojeda 2009). Variables ambientales en el ecotono, proveen características especiales

para la especiación y agrupamiento de las endémicas. Elementos como nitrógeno, materia orgánica, altitud y fisiografía, se muestran predominantes para el ordenamiento de la vegetación y cambian a lo largo de la gradiente, resultando relevante para la composición florística (Lozano y Bussmann 2005), además estudios han demostrado que las cimas más bajas situadas en zonas de transición presentan tendencias diferentes a aquellas localizadas a mayores altitudes (Pauli et al. 2003). Se cree que al existir una migración de especies desde la cima más baja hasta las de mayor altitud exista una variación en cuanto a los índices de similitud establecidos, donde posiblemente aquellas que están a altitudes menores (CIA - CIB) al verse afectadas por el cambio climático, lleguen a tener índices de similitud mucho más altos que los actuales. Por otro lado al analizar las direcciones de las cimas con mayor semejanza, se puede observar que las direcciones que tienen una similaridad considerable son la Noroeste, Suroeste y Sureste, resultado que concuerda con la diversidad alfa, ya que entre estas exposiciones no existen diferencias significativas; eso puede ser explicado por las condiciones climáticas en estas orientaciones sobre todo la velocidad del viento es menor, mientras que aquellos provenientes de la Amazonia, golpean con mayor fuerza a la dirección Noroeste provocando cambio en la estructura y composición entre las cimas.

En lo referente a la cobertura de los tipos de superficie, se obtuvieron altos niveles en la categoría de plantas vasculares tanto en las parcelas como en el resto de las áreas cimaras con valores entre al 63 - 72 % en las tres cimas, lo cual indica la riqueza de estos páramos. Los bajos porcentajes de suelo desnudo dan indicios de que en estos sitios no existe fragmentación, resultados similares a los de Eguiguren y Ojeda (2009), y contrastantes con los resultados obtenidos por Vargas et al. (1999) en el Parque Nacional Llanganates en donde la presencia de suelo desnudo es muy alta, llegando a un promedio de 20,5 % ya que se tratan de páramos con presencia de intervención antrópica. De la misma manera, los briofitos se encuentran ocupando porcentajes buenos de cobertura en las cimas (entre 11 - 14 %), indicando la importancia de este grupo en el monitoreo de los impactos del cambio climático como

fitoindicadores de patrones hídricos y térmicos debido a su alta cobertura, tal como lo mencionan Richter y Moreira (2005), quienes también indican que los musgos forman superficies compactas, sirviendo de sustrato para el crecimiento de vasculares esto se corrobora con los altos porcentajes de cobertura obtenidos para este tipo de superficie en el presente estudio.

La inexistencia de patrones definidos en la zona piloto en lo que respecta a diversidad y riqueza florística, demuestra la diferencia de los páramos de la Región Sur específicamente los del PNP en relación con los existentes en el norte del Ecuador, en donde la composición florística se mantiene igual en una distancia de 100 km (Aguirre 2009). Esta irregularidad en la zona piloto se debe a que los dos ramales de la cordillera Real de los Andes no están bien definidos, sino que hay muchas ramificaciones y son elevaciones a menor altura (Becking 2004), dando lugar a los diferentes procesos de especiación típicos de las cadenas andinas tropicales, producto de las oscilaciones de la temperatura durante la época glacial en los dos últimos millones de años, lo que ha conllevado a un cierto nivel de diferenciación en áreas relativamente pequeñas con terrenos abruptos, diferentes niveles de humedad y laderas de diferente exposición (Becking 2004, Richter y Moreira 2005).

5.2. EVALUACIÓN DE LAS RELACIONES EXISTENTES ENTRE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y LA GRADIENTE ALTITUDINAL

5.2.1. Aspectos Metodológicos

Las relaciones existentes entre la diversidad florística y la gradiente altitudinal se establecen mediante la identificación de patrones entre estas variables, es decir las tendencias que muestran los parámetros que conforman la diversidad florística frente al aumento o disminución de la gradiente altitudinal, como lo afirma Ragin (1994) El punto de partida del análisis cuantitativo es la idea de que el mejor camino para

comprender las relaciones es examinar los patrones de muchas maneras, por ello es importante analizar su relación para entender su comportamiento.

Existen varios métodos para el análisis de relaciones existentes entre variables, uno de los más confiables son los análisis de regresión. Este método es de gran simplicidad al momento de contrastar dos variables ofreciendo una alta percepción sobre las relaciones sometidas al mismo, además es altamente factible su utilización al considerarse como una técnica usada para describir la relación matemática entre una sola variable dependiente y una sola variable independiente (Patón et al. 1994), para ello se considera la medición de la confiabilidad en la tendencia de la relación presentada en cada una de estas formas mediante la interpretación del valor R^2 (Coeficiente de Determinación lineal). De acuerdo con Dolado (1999). El coeficiente R^2 es una medida de la relación lineal entre dos variables, a medida que su valor es mayor, el ajuste de la recta a los datos es mejor. Si todas las observaciones están en la línea de regresión, el valor de R^2 es 1, y si no hay relación lineal entre las variables dependiente e independiente, el valor de R^2 es 0.

En este contexto se permite la evaluación progresiva de cada parámetro de la diversidad florística frente a la variable gradiente altitudinal con el propósito de revelar la importancia de cada una de las relaciones y determinar a su vez la naturaleza de las mismas, como aporte al proceso de determinación de patrones de diversidad florística frente a la gradiente altitudinal.

5.2.2. Evaluación de las relaciones existentes

La evaluación de las relaciones identificadas entre los parámetros florísticos anteriormente mencionados a través de la utilización de diferentes tipos de correlación muestra tendencias particulares entre dos (abundancia y densidad florística) de los cuatro parámetros contrastados con la gradiente altitudinal al respecto es importante tener en cuenta el principio de selección del tipo de tendencia

que está dado por el tipo de datos de los que se dispone resultados similares a los obtenidos por Soriano y Bariego (2005). Estos parámetros se relacionan con la gradiente altitudinal en tres de las cuatro formas evaluadas, a través de relaciones de tipo lineal y no lineal (Exponencial y Polinómica).

Los parámetros florísticos Abundancia y Densidad están íntimamente relacionados entre sí ya que la abundancia interviene directamente en el cálculo de la densidad como tal como se afirma en su definición según Ramírez (1999), se entiende por densidad al número de individuos de una misma especie (Abundancia), que conforman una población por área o volumen del espacio vital que ocupa, esto se refleja además al presentar el mismo tipo de relación con una alta similaridad de significancia expresada mediante el valor R^2 . Esto conlleva a deducir que la relación de estas dos variables frente a la gradiente altitudinal se describe mediante la denominación de las relaciones antes mencionadas.

En vista de la similaridad de la significancia entre las relaciones (Valores R^2) se plantea la utilización del principio de parsimonia que expresa que si dos modelos de complejidad diferente explican un mismo conjunto de datos, debemos escoger el de menor complejidad (Navaja de Ockham) (Hutchinson 1981). (Quinteros et al. 2002). De acuerdo a esto se describe las relaciones como de tipo lineal ya que puede explicarse que a mayor altitud la abundancia al igual que la densidad se incrementan lo que no sucede con parámetros como la Riqueza cuya tendencia disminuye conforme aumenta la altitud, en consecuencia la Diversidad Florística tiende a disminuir de igual forma.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, se establecieron las siguientes conclusiones:

- La adaptación de la metodología utilizada en este estudio es altamente factible ya que permitió recopilar información de calidad e identificar patrones en dos de los parámetros florísticos evaluados.
- La diversidad florística de la zona piloto en función de la gradiente altitudinal constituye una muestra representativa para los páramos del PNP, puesto que representa un 47 % de lo encontrado por el Herbario LOJA (2000), considerando que el área de muestreo de la zona piloto representa un tres por ciento del área muestreada por el estudio mencionado.
- La riqueza y diversidad florística presentaron un patrón irregular en relación a la gradiente altitudinal asociado al estado de conservación de las cimas; por otro lado, la abundancia y densidad florística presentaron un patrón definido, representado por una relación linear creciente directamente proporcional a la gradiente altitudinal.
- En la zona piloto se diferencian áreas relativamente pequeñas con terrenos abruptos, diferentes niveles de humedad y laderas de diferente exposición, características dadas por los ramales no definidos de la Cordillera de Los Andes, estas condiciones influyen en la diversidad florística cuantificada y su comportamiento a lo largo de la gradiente altitudinal.

- De los parámetros florísticos evaluados, la abundancia y densidad florística fueron los únicos que presentaron una relación significativa con la gradiente altitudinal, presentándose como relaciones de tipo lineal y no lineal (Exponencial y Polinómica) pero con similar tendencia, y de acuerdo al principio de parsimonia se deduce la denominación de relación de tipo lineal entre estos, ello significa que están directamente relacionados al comportamiento de la gradiente altitudinal.

7. RECOMENDACIONES

Al término de la presente investigación, se mencionan las siguientes recomendaciones:

- Considerar la ampliación de los transectos de la zona piloto y su consecuente incremento en el número de parcelas de muestreo siempre y cuando las condiciones de las cimas lo ameriten, con la finalidad de profundizar aún más el análisis de patrones en cuanto a la diversidad y riqueza florística.
- Aplicar la metodología utilizada en el presente estudio en otros páramos tanto de la región para la revalidación de la misma y el levantamiento de información base necesaria para el contraste de los resultados de esta investigación.
- Continuar con el monitoreo de las parcelas para la evaluación del impacto del cambio climático en los diferentes parámetros florísticos, de tal forma que se contribuya al estudio de los patrones identificados y apuntar a la determinación de otros.
- Generar un estudio sobre las especies de briofitos en la zona piloto, como aporte a la base de datos del proyecto MICCAMBIO y orientarse a la determinación de patrones de estos a lo largo de la gradiente altitudinal, considerando su complejidad e importancia para la determinación de los impactos del cambio climático.
- Se sugiere que la Universidad Nacional de Loja en trabajo conjunto con sectores interesados (Gobiernos locales, Ministerio de Ambiente, ONGs y otros) utilicen los resultados obtenidos en esta investigación para la formulación de estrategias encaminadas a la gestión del cambio climático.

8. LITERATURA CITADA

- Aguirre N., 2008. Proyecto para monitoreo a largo plazo del impacto del cambio climático en la biodiversidad de ecosistemas de páramo en el Parque Nacional Podocarpus, Provincia de Loja, Ecuador (MICCAMBIO). Universidad Nacional de Loja, Ec.
- Aguirre Z., y N. Aguirre., 1999. Guía para realizar estudios en comunidades vegetales. Herbario Reinaldo Espinoza. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ec. 50 p.
- Araujo N., S. Cuellar., y P. Ibsch., 2006. Memoria explicativa: Mapa de los bosques nativos andinos. Disponible en: URL: <http://www.fan-bo.org> (Consultado 02.07.09).
- Becking M., 2004. Sistema microregional de conservación Podocarpus. Tejiendo (micro) corredores de conservación hacia la cogestión de una Reserva de Biosfera Cónдор - Podocarpus. Programa Podocarpus. Loja, Ec. Imprenta Monsalve Moreno. p. 35-36.
- Bertin L., Dellavedora R., Gualmini M., Rossi G., y M. Tomaselli., 2003. Monitoring plant diversity in the Northern Apennines Italy. Disponible en URL: www.gloria.ac.at (Consultado 10.04.2010).
- BOLFOR; Mostacedo Bonifacio., Fredericksen., y S. Todd., 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia (Consultado 14.07.09).

Brower J., Zar J., y C. Ende., 1997. Field and Laboratory Methods for General Ecology. 4ta ed. Estados Unidos de Norte América. 249 p. Cambio Climático Global., 2009. Actualización informe calentamiento Global. Disponible en: URL: www.cambioclimaticoglobal.com/cambio-climatico-global-2009.html (Consultado 03.07.09).

Coppus R., Endara L. y V. Mera., 2005. El estado de salud de algunos páramos en el Ecuador: una metodología de campo.

De la Torre A., Fajnzylber P., Nash J., 2009. Desarrollo con menos Carbono: Propuestas Latinoamericanas al desafío del Cambio Climático. Estudios del Banco Mundial sobre América Latina y el Caribe (Consultado 01.06.09).

Devall M., 2009. Efectos del cambio climático mundial en los árboles y arbustos raros. Revista UNASYLVA. Volumen 60. Disponible en: URL: <http://www.fao.org> (Consultado 01.09.09).

ECN (Environmental Change Network), 2009. Objectives of the UK Environmental Change Network (ECN). Disponible en: URL: <http://www.ecn.ac.uk>. (Consultado 05.07.09).

Eguiguren P., y T. Ojeda., 2009. Línea base para el monitoreo a largo plazo del impacto del cambio climático, sobre la diversidad florística en una zona piloto del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus. Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Loja – Ecuador.

Encalada M., 2008. Política y Estrategia Nacional sobre el Cambio Climático para el Ecuador. Ministerio del Ambiente del Ecuador, Dirección de Cambio Climático. Disponible en URL: www.bvsde.paho.org. Consultado: 05.05.2010

Erschbamer B., Mallaun M., y P. Unterluggauer., 2006. Plant diversity along altitudinal gradients in the Southern and Central Alps of South Tyrol and Trentino (Italy). Disponible en URL: www.gloria.ac.at (Consultado 22.07.08).

Funes, G. y M. Cabido., 1995. Variabilidad local y regional de la vegetación rupícola de las Sierras Grandes de Córdoba, Argentina. *Kurtziana* 24: 173-188.

Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador (GTP)., 2008. Cambio Climático. Páramo. Disponible en: URL: www.paramosecuador.org.ec (Consultado 26.06.2009).

Herbario LOJA., 2001. Evaluación Bioregional y Ecológica de los Páramos de Amaluza en el área de influencia del Proyecto Páramo, una propuesta para el Corredor Biológico Sabanilla, Provincia de Loja-Ecuador. Loja, Ecuador. 78 pp.

Hofstede R., Segarra P., y P. Mena., 2003. Los páramos del mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito, Ec. 297 p.

INEFAN (Instituto Ecuatoriano Forestal de Áreas Naturales y Vida Silvestre), GEF (Global Environment Facility)., 1996. Guía para los Páramos del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador.

IPCC (Panel Intergubernamental sobre cambio climático.), 2007. Climate change 2007: Synthesis report. Disponible en: URL: www.ipcc.ch/languages/spanish.htm (Consultado 28.05.09).

Izco, J; Pulgar, I; Aguirre, Z; Santin, F., 2007. Estudio florístico de los páramos de pajonal meridionales de Ecuador disponible en: <http://sisbib.unmsm.edu.pe> (Consultado 13.05.09).

- Kanka R., Kollár J., y P. Barančok., 2005. Monitoring of climatic change impacts on alpine vegetation in the Tatra Mts – first approach. Disponible en www.gloria.ac.at (Consultado 36.04.09).
- Kazakis G., D. Ghosn, I. Vogiatzakis y V. Papanastasis., 2007. Vascular plant diversity and climate change in the alpine zone of the Lefka Ori, Crete. disponible en URL: www.gloria.ac.at (Consultado 02.04.2010).
- Lozano, P., Bussmann R., 2005. Importancia de los deslizamientos en el Parque Nacional Podocarpus, Loja, Ecuador. Revista Peruana de Biología ISSN 1727-9933 versión on-line, Lima - Perú. Disponible en URL: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php>. (Consultado 28.06.2010).
- Lozano, P; Delgado, T; Aguirre, Z., 2003. Estado actual de la flora endémica exclusiva y su distribución en el Occidente del Parque Nacional Podocarpus. Publicaciones de la Fundación Ecuatoriana para la Investigación y Desarrollo de la Botánica. Loja, Ec. 180 p.
- Luteyn J., 1999. Páramos: a checklist of plant diversity, geographical distribution, and geobotanical literature. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 84:278 p.
- Mcauliffe R., 1994. Landscape evolution, soil formation, and ecological patterns and processes in Sonoran Desert Bajadas. *Ecol. Monogr.* 64: 111-148.
- Medina G., 2000. Los páramos: opciones para el futuro. *Terra Incognita* 2(9): 32-33 (Consultado 08.06.2009)
- Medina G., J Recharte., E. Suárez y F. Bernal., 1997. Perspectivas para la conservación de los páramos en el Ecuador. Informe final de proyecto de

EcoCiencia y el Instituto de Montaña a la Embajada de los Países Bajos. Quito. (Consultado 08.06.2009).

Medina G., Mena P., 1999. Proyecto Páramo. Los Páramos en el Ecuador. Disponible en: URL: www.puce.edu.ec. (Consultado 08.06.2009).

Mena P., y G. Medina., (2005) La biodiversidad de los páramos en el Ecuador. (Consultado 03.07.09).

Mena, P., Medina G., y R. Hofstede., 2001. Los Páramos del Ecuador: Particularidades, problemas y perspectiva. Eds. AbyaYala/Proyecto Páramo. Quito, Ec. 311p.

Ministerio del Ambiente del Ecuador., 2007. Parque Nacional Podocarpus. Disponible en: URL: www.ambiente.gov.ec/webloja/parque/pnp.htm (Consultado 11.06.09).

Mittermeier R., P Robles., y C. Götsch-Mittermeier., 1997. Megadiversidad. Los países biológicamente más ricos del mundo. CEMEX S.A. y Agrupación Sierra Madre. México. (Consultado 08.06.2009).

Ortiz D., y P. Mena., 2002. Serie Páramo 10: Las áreas protegidas y los páramos. Eds. GTP/AbyaYala. Quito.

Paladines R., 1997. Conferencia Electrónica “Estrategias para la Conservación y Desarrollo Sostenible de Páramos y Punas en la Ecorregión Andina: Experiencias y Perspectivas” (CDCPP, del 15 de agosto al 3 de octubre de 1997). Estación Científica San Francisco, Ecuador. Disponible en: URL: [www.paramo.org/portal/files/recursos/Particularidades de los Páramos del sur Ecuador.pdf](http://www.paramo.org/portal/files/recursos/Particularidades%20de%20los%20P%C3%A1ramos%20del%20sur%20Ecuador.pdf) (Consultado: 14.06.2010).

Pauli H., Gottfried M., HoheNOallner D., Reiter K., y G. Grabherr., 2003 Manual para el trabajo de campo del proyecto GLORIA. Disponible en: URL: www.gloria.ac.at (Consultado 01.10.09).

PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente)., 2007. Cambio Climático y Diversidad Biológica. Disponible en: URL www.biodiv.org (Consultado 05.09.09).

Programa Podocarpus., 2002. Informe Podocarpus 1997 - 2002. Programa Podocarpus. Loja, Ec. Impresión NINA Comunicaciones. Quito, Ec. pp. 13, 24-26.

Ragin Ch., 1994. Constructing Social Research: The Unity and Diversity of Method. Chapter 6. Using Quantitative Method to Study Covariation. Northwestern University, Pine Forge, Thousand Oaks. Disponible en: URL: <http://poli.haifa.ac.il/~levi/res/mgsr5.htm> (Consultado 14.08.2010).

Ramírez R. 1999. Comunidades Ecológicas. Disponible en: URL: <http://www.monografias.com/trabajos/comuneco/comuneco.shtml>. (Consultado 15.07.2010).

Risto S., Buck A., y P. Katila., 2009. Adaptation of Forests and People to Climate Change: A Global Assessment Report. Eds. IUFRO World Series Volume 22. Helsinki. 224 p. Disponible en: URL: www.iufro.org (Consultado 30.06.2010)

Sierra R., 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y Ecociencia. Quito, Ec. pp. 107-108.

- Sklenář P., Luteyn J., Ulloa C., Jørgensen P., y M. Dillon., 2005. Flora genérica de los páramos: Guía ilustrada de las plantas vasculares. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 92. 499 p.
- Soriano C., Gastón A y P. Bariego., 2005. Diversidad florística en las parcelas españolas de Nivel II de la Red Europea de Seguimiento Intensivo y Continuo de Ecosistemas Forestales. Disponible en: URL: www.icp-forests.org (Consultado 10.07.2010).
- TMI (The Mountain Institute)., 2008. Ecosistemas de páramo andino disponible en URL: <http://www.mountain.org/work/andes/paramo> (Consultado 01.08.09).
- Valencia R., Cerón C., Palacios W., y R. Sierra., 1999. Formaciones Vegetales de la Sierra del Ecuador. En: Sierra R. (Ed.) (1999) Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ec.
- Valladares F., 2005. Efecto del cambio climático disponible en: www.cin.tv (Consultado 03.07.09).
- Verweij P., 1995. Spatial and temporal modelling of vegetational patterns: burning and grazing in the paramo of Los Nevados National Park, Colombia. Tesis Ph.D. Universidad de Amsterdam. Holanda.
- Villar L., y J. Benito., 2003. La flora alpina de Europa y el cambio climático: El caso del Pirineo central disponible en URL: <http://www.aet.org> (Consultado 26.02.08).

WHITTAKER, R. H., S. W. BUOL, W. A. NIERING & Y. H. HAVENS., 1967. A soil and vegetation pattern in the Santa Catalina Mountains, Arizona. *Ecology* 48: 440-450.

9. APÉNDICES

Apéndice 1: Formulario de datos de cobertura y de especies de las subparcelas de 1m².

Código Cima:		Fecha:	
Código Transecto:		Pendiente:	
Código Parcela:			
Especies	Número Individuos	Cobertura (%)	Hábito de crecimiento
Suma de cobertura:			
Comentarios Generales:			

Apéndice 2. Composición Florística de las tres cimas de la zona piloto del PNP.

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
ALSTROEMERIACEAE	Bomarea	<i>Bomarea brachysepala</i> Benth.
		<i>Bomarea setacea</i> Benth.
APIACEAE	Niphogeton	<i>Niphogeton dissecta</i> (Benth.) J.F. Macbr.
AQUIFOLIACEAE	Ilex	<i>Ilex myricoides</i> Kunth.
		<i>Ilex</i> sp.
ARALIACEAE	Shefflera	<i>Shefflera</i> J.R. Forts. & G. Forst.
ASTERACEAE	Ageratina	<i>Ageratina cutervensis</i> (Hieron.) R.M.King & H.Rob.
	Baccharis	<i>Baccharis</i> sp.
	Gynoxis	<i>Gynoxis miniphylla</i> Cuatrec.
		<i>Gynoxys buxifolia</i> (Kunth). Cass.
		<i>Gynoxys cuicochensis</i> Cuatrec.
	Hieracium	<i>Hieracium roseum</i> Schultz.
	Mikania	<i>Mikania brachyphylla</i> Hieron.
		<i>Mikania featherstonia</i> B.L.Rob.
	Monticalia	<i>Monticalia myrsinites</i> (Turcz.) C.Jeffrey.
	Oriotrophium	<i>Oriotrophium peruvianum</i> (Lam.) Cuatrec.
	Pentacalia	<i>Pentacalia arbutipholia</i>
	Pernettya	<i>Pernettya prostrata</i> (Cav.) DC.
	Senecio	<i>Senecio</i> sp.
<i>Senecio tephrosioides</i> Turcz.		
<i>Senecio vernalis</i> Waldst. & Kit.		
BLECHNACEAE	Blechnum	<i>Blechnum auratum</i> (Fée) Rm. Tyron & Stolze.
		<i>Blechnum cordatum</i> (Desv). Hieron.
BROMELIACEAE	Puya	<i>Puya</i> cf. <i>Parviflora</i> L.B. Sm.
		<i>Puya maculata</i> L.B. Sm.
		<i>Puya pygmaea</i> L.B.Sm.
Tillandsia	<i>Tillandsia aequatorialis</i> L.B. Sm.	
CHLORANTHACEAE	Hedyosmum	<i>Hedyosmum cumbalense</i> H.Karst.
CLADONIACEAE	Cladonia	<i>Cladonia</i> sp.
		<i>Cladonia tomentosa</i>
CLETHRACEAE	Clethra	<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.

Apéndice 2.....Continuación

CUNONIACEAE	Weinmannia	<i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth.
		<i>Weinmannia glabra</i> L.f.
		<i>Weinmannia rollotti</i> Killip.
CYATHEACEAE	Cyathea	<i>Cyathea sp.</i>
CYPERACEAE	Oreovbolus	<i>Oreovbolu sgoeppingeri</i> Suess.
	Rhynchospora	<i>Rhynchospora tenuis</i> Link.
		<i>Rhynchospora vulcani</i> Boeck.
DRYOPTERIDACEAE	Elaphoglossum	<i>Elaphoglossum lingua</i> (L.Presl) Brack.
		<i>Elaphoglossum sp.</i>
ERICACEAE	Disterigma	<i>Disterigma acuminatum</i> (Kunth) Nied.
		<i>Disterigma empetrifolium</i> (Kunth) Drude.
	Gaultheria	<i>Gaultheria erecta</i> Vent.
		<i>Gaultheria reticulata</i> Kunth
		<i>Gaultheria sp.</i>
		<i>Gaultheria vaccinioides</i> Wedd.
	Macleania	<i>Macleania rupestris</i> (Kunth) A.C.Sm.
	Pernettya	<i>Pernettya prostrata</i> (Cav.) DC.
	Themistoclesia	<i>Themistoclesia epiphytica</i> A.C. Sm.
		<i>Themistoclesia recondita</i> A.C. Sm.
Vaccinium	<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth.	
FAMILIA M1	Género 1	<i>Musgo 1</i>
FAMILIA M2	Genero 2	<i>Musgo 2</i>
FAMILIA M3	Género 3	<i>Musgo 3</i>
FAMILIA M4	Género 4	<i>Musgo 4</i>
FAMILIA M5	Género 5	<i>Musgo 5</i>
GENTIANACEAE	Gentianella	<i>Gentianella sp.</i>
GERANIACEAE	Geranium	<i>Geranium campii</i> H.E.Moore.
		<i>Geraniumloxense</i> Halfdan Niels.

Apéndice 2.....Continuación

GROSSULARIACEAE	Escallonia	<i>Escallonia myrtilloides</i> L.f.
	Ribes	<i>Ribes</i> sp.
HYPERICACEAE	Hypericum	<i>Hypericum lancioides</i> Cuatrec.
IRIDACEAE	Orthrosanthus	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i> (Kunth.) Baker.
LYCOPODIACEAE	Huperzia	<i>Huperzia</i> sp.
	Lycopodium	<i>Lycopodium vestitum</i> Desv.exPoir.
MELANTHACEAE	Idrogalvia	<i>Idrogalvia falgata</i> Ruiz & Pav.
MELASTOMATACEAE	Brachyotum	<i>Brachyotum campii</i> Wurdack.
	Miconia	<i>Miconia</i> cf. <i>Cladonia</i>
		<i>Miconia chinophila</i> Naudin.
		<i>Miconiadodsonii</i> Wurdack.
		<i>Miconia ligustrina</i> (Sm.) Triana.
<i>Miconia steophylla</i> Wurdack.		
MYRSINACEAE	Cybianthus	<i>Cybianthus marginatus</i> (Benth.) Pipoly.
		<i>Cybianthus</i> sp.
	Myrsine	<i>Myrsine</i> sp.
MYRTACEAE	Myrteola	<i>Myrteola</i> sp.
ORCHIDACEAE	Epidendrum	<i>Epidendrum cochlidium</i> Lindl.
		<i>Epidendrum fimbriatum</i> Kunth.
	Gomphichis	<i>Gomphichis crassilabia</i> Garay.
	Maxillaria	<i>Maxillaria</i> sp.
	Pachyphyllum	<i>Pachyphyllum peperomiacea</i> Kranenzl.
OXALIDACEAE	Oxalis	<i>Oxalis elegans</i> Kunth.
		<i>Oxalis spiralis</i> Ruiz y Pav.ex G. Don.
POACEAE	Calamagrostis	<i>Calamagrostis intermedia</i> (J.Persl.) Steud.
		<i>Calamagrostis macrophylla</i> (Pilg.) Pilg.
	Chusquea	<i>Chusquea leonardiotum</i> L.G Clark.
	Neurolepis	<i>Neurolepis asymetrica</i> L.G. Clark.
<i>Neurolepis nana</i> L.G.Clark.		
POLYGALACEAE	Monnina	<i>Monnina arbuscula</i> Chordat.

Apéndice 2.....Continuación

POLYGONACEAE	Muehlenbeckia	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn.
POLYPODIACEAE	Polypodium	<i>Polypodium sp.</i>
POLYTRICHACEAE	Polytrichum	<i>Polytrichum sp. 1</i>
		<i>Polytrichum sp. 2</i>
PTERIDACEAE	Jamesonia	<i>Jamesonia goudotti</i> (Hieron.) C/Chr.
ROSACEAE	Hesperomeles	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.
	Lachemilla	<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz & Pavon).
	Rubus	<i>Rubus legaardii</i> Rom.
RUBIACEAE	Arcytophyllum	<i>Arcytophyllum setosum</i> (Ruiz & Pav.) Schldtl.
SCROPHULARIACEAE	Calceolaria	<i>Calceolaria fusca</i> Pennell.
		<i>Calceolaria microbefaria</i> Kraenzl.
SPHAGNACEAE	Sphagnum	<i>Sphagnum capillaceum</i> (Weiss) Schrank.
STERCULIACEAE	Symplocos	<i>Symplocos canescens</i> B. Sahl.
VALERIANACEAE	Valeriana	<i>Valeriana convallaroides</i> (Schmale) B.B. Larsen.
		<i>Valeriana microphylla</i> Kunth.
XIRIDACEAE	Xiris	<i>Xiris subulata</i> Ruiz & Pav.

Apéndice 3. Diversidad por Familia de cada una de las cimas de la zona piloto del PNP.

Apéndice 3.1. Diversidad por familia de la cima CIA 2 270 m s.n.m., del PNP.

# Familia	FAMILIA	#sp/Familia	DiR %
1	ERICACEAE	9	13,043
2	ASTERACEAE	7	10,145
3	POACEAE	4	5,797
4	ORCHIDACEAE	4	5,797
5	ALSTROEMERIACEAE	3	4,348
6	BROMELIACEA	3	4,348
7	CYPERACEAE	3	4,348
8	MELASTOMATACEAE	3	4,348
9	BLECHNACEAE	2	2,899
10	CLADONIACEAE	2	2,899
11	MYRSINACEAE	2	2,899
12	POLYTRICHACEAE	2	2,899
13	ROSACEAE	2	2,899
14	APIACEAE	1	1,449
15	AQUIFOLIACEAE	1	1,449
16	CUNONIACEAE	1	1,449
17	CYATHEACEAE	1	1,449
18	DRYOPTERIDACEAE	1	1,449
19	FAMILIA M1	1	1,449
20	FAMILIA M2	1	1,449
21	FAMILIA M3	1	1,449
22	GROSSULARIACEAE	1	1,449
23	HYPERICACEAE	1	1,449
24	IRIDACEAE	1	1,449
25	LYCOPODIACEAE	1	1,449

Apéndice 3.1.....Continuación

26	MYRTACEAE	1	1,449
27	OXALIDACEAE	1	1,449
28	POLYGALACEAE	1	1,449
29	POLYGONACEAE	1	1,449
30	POLYPODIACEAE	1	1,449
31	RUBIACEAE	1	1,449
32	SCROPHULARIACEAE	1	1,449
33	SPHAGNACEAE	1	1,449
34	STERCULIACEAE	1	1,449
35	VALERIANACEAE	1	1,449
36	XIRIDACEAE	1	1,449
Total		69	100,00

Apéndice 3.2. Diversidad por familia de la cima CIB 3 320 m s.n.m., del PNP.

# Familia	FAMILIA	#sp/Familia	DiR %
1	ASTERACEAE	7	11,111
2	ERICACEAE	5	7,937
3	BROMELIACEA	4	6,349
4	MELASTOMATACEAE	3	4,762
5	POACEAE	3	4,762
6	ROSACEAE	3	4,762
7	ALSTROEMERIACEAE	2	3,175
8	BLECHNACEAE	2	3,175
9	CLADONIACEAE	2	3,175
10	CUNONIACEAE	2	3,175
11	GROSSULARIACEAE	2	3,175
12	POLYTRICHACEAE	2	3,175
13	SCROPHULARIACEAE	2	3,175
14	VALERIANACEAE	2	3,175
15	APIACEAE	1	1,587
16	AQUIFOLIACEAE	1	1,587
17	ARIALIACEAE	1	1,587
18	CHLORANTHACEAE	1	1,587
19	CLETHRACEAE	1	1,587
20	CYATHEACEAE	1	1,587
21	CYPERACEAE	1	1,587
22	FAMILIA M1	1	1,587
23	FAMILIA M2	1	1,587
24	FAMILIA M3	1	1,587
25	FAMILIA M4	1	1,587
26	FAMILIA M5	1	1,587
27	HYPERICACEAE	1	1,587

Apéndice 3.2.....Continuación

28	LYCOPODIACEAE	1	1,587
29	MYRSINACEAE	1	1,587
30	ORCHIDACEAE	1	1,587
31	OXALIDACEAE	1	1,587
32	POLYGALACEAE	1	1,587
33	POLYGONACEAE	1	1,587
34	POLYPODIACEAE	1	1,587
35	RUBIACEAE	1	1,587
36	SPHAGNACEAE	1	1,587
Total		63	100,000

Apéndice 3.3. Diversidad por familia de la cima CIC 3 400 m s.n.m., del PNP.

# Familia	FAMILIA	#sp/Familia	DiR %
1	ASTERACEAE	9	12,676
2	ERICACEAE	6	8,451
3	BROMELIACEA	4	5,634
4	POACEAE	4	5,634
5	ROSACEAE	3	4,225
6	ALSTROEMERIACEAE	2	2,817
7	BLECHNACEAE	2	2,817
8	CLADONIACEAE	2	2,817
9	CUNONIACEAE	2	2,817
10	CYPERACEAE	2	2,817
11	GERANIACEAE	2	2,817
12	LYCOPODIACEAE	2	2,817
13	MELASTOMATAACEAE	2	2,817
14	MYRSINACEAE	2	2,817
15	ORCHIDACEAE	2	2,817
16	OXALIDACEAE	2	2,817
17	VALERIANACEAE	2	2,817
18	APIACEAE	1	1,408
19	AQUIFOLIACEAE	1	1,408
20	FAMILIA M1	1	1,408
21	FAMILIA M2	1	1,408
22	FAMILIA M3	1	1,408
23	FAMILIA M4	1	1,408
24	FAMILIA M6	1	1,408
25	FAMILIA M7	1	1,408
26	GENTIANACEAE	1	1,408
27	GROSSULARIACEAE	1	1,408

Apéndice 3.3.....Continuación

28	HYPERICACEAE	1	1,408
29	MELANTHACEAE	1	1,408
30	POLYGALACEAE	1	1,408
31	POLYGONACEAE	1	1,408
32	POLYPODIACEAE	1	1,408
33	POLYTRICHACEAE	1	1,408
34	PTERIDACEAE	1	1,408
35	RUBIACEAE	1	1,408
36	SCROPHULARIACEAE	1	1,408
37	SPHAGNACEAE	1	1,408
38	XIRIDACEAE	1	1,408
Total		71	100,000

Apéndice 4. Fotografías de las parcelas de muestreo de cada uno de los transectos en las cimas de la zona piloto del PNP.

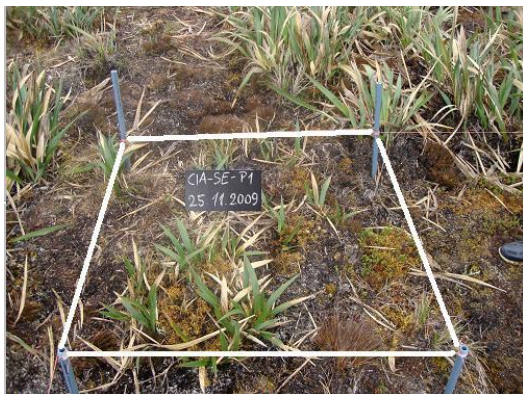
Apéndice 4.1. Fotografías de las parcelas de muestreo de la cima CIA 3 270 m s.n.m.



Parcela NE-P1



Parcela NW-P1



Parcela SE-P1

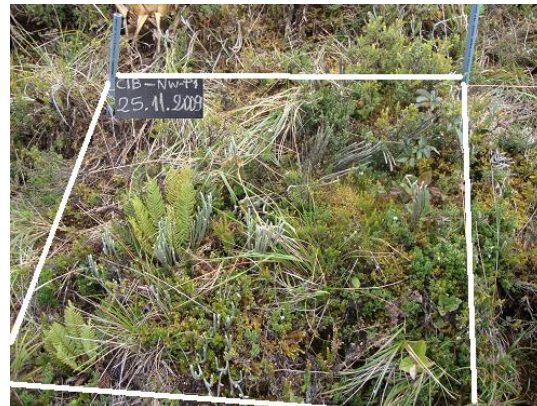


Parcela SW-P1

Apéndice 4.2. Fotografías de las Parcelas de muestreo de la cima CIB 3 320 m
s.n.m.



Parcela NE-P1



Parcela NW-P1



Parcela SE-P1



Parcela SW-P1

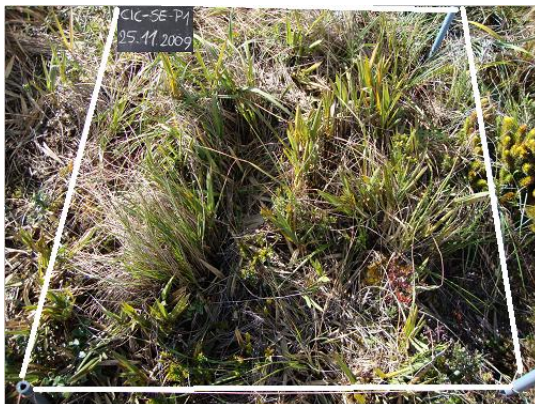
Apéndice 4.3. Fotografías de las parcelas de muestreo de la cima CIC 3 400 m
s.n.m.



Parcela NE-P1



Parcela NW-P1



Parcela SE-P1



Parcela SW-P1