UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

"EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA VEGETACIÓN DE PÁRAMO FRENTE AL CALENTAMIENTO INDUCIDO EXPERIMENTALMENTE EN EL ECOSISTEMA DE PÁRAMO DEL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS".

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

Autoras:

Saula Verónica Minga León.
Ana Lucía Moreno González

Director:

Ing. Nikolay Aguirre Mendoza, Ph. D

LOJA – ECUADOR

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

TESIS DE GRADO

"EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA VEGETACIÓN DE PÁRAMO FRENTE AL CALENTAMIENTO INDUCIDO EXPERIMENTALMENTE EN EL ECOSISTEMA DE PÁRAMO DEL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS"

Presentada al tribunal calificador como requisito parcial para la obtención del título de:

Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

Aprobada:

Ing. Diego Armijos Ojeda Mg. Sc. .....
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Diana Ochoa Gordillo Mg. Sc. .....
VOCAL DEL TRIBUNAL

Ing. Natalia Samaniego Rojas Mg. Sc. Natalia Samaniego R
VOCAL DEL TRIBUNAL

CERTIFICACIÓN

En calidad de Director de la tesis titulada "EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA VEGETACIÓN DE PÁRAMO FRENTE AL CALENTAMIENTO INDUCIDO EXPERIMENTALMENTE EN EL ECOSISTEMA DE PÁRAMO DEL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS", de autoría de las señoritas egresadas de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente: Minga León Saula Verónica, y, Moreno González Ana Lucía, certifico que se ha realizado dentro del cronograma aprobado por lo que autorizo su presentación y publicación.

Loja, 31 de octubre de 2013

Atentamente,

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Nikolay Aguirre Mendoza, Ph. D

AUTORÍA

Nosotras, Saula Verónica Minga León y Ana Lucía Moreno González declaramos ser autores del presente trabajo de tesis y eximimos expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente aceptamos y autorizamos a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de nuestra tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Saula Verónica Minga León
Cédula: 1104998727
Fecha: febrero de 2014

Ana Lucía Moreno González
Cédula: 1104425036
Fecha: febrero de 2014

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

Ana Lucía Moreno González y Saula Verónica Minga León, declaramos ser autores de la tesis titulada "Evaluación del comportamiento de la vegetación de páramo frente al calentamiento inducido experimentalmente en el ecosistema de páramo del Parque Nacional Podocarpus", como requisito para optar al título de Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, autorizamos al sistema bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 18 días del mes de febrero del dos mil catorce, firman los autores:

Firma:.....
Autora: Ana Lucía Moreno González
C.I. 1104425036
Dirección: Cdl. Los Geranios
Email: ana_luciamoreno@hotmail.com
Teléfono: 0983639236

Firma:.....
Autora: Saula Verónica Minga León
C.I. 1104998727
Dirección: Cdl. Esteban Godoy
Email: saula.vero@gmail.com
Teléfono: 0993454933

Director: Ing. Nikolay Aguirre Mendoza, Ph. D

Tribunal de Grado

Ing. Diego Armijos Ojeda Mg. Sc.
Ing. Diana Ochoa Gordillo Mg. Sc.
Ing. Natalia Samaniego Rojas Mg. Sc.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre por los ejemplos de perseverancia y constancia que la caracteriza, pero más que nada, por su amor. A mi padre por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien. Los amo papi y mami! A mi hermana, mi querida gordita, a quien quiero infinitamente, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento. A Alex, por tu compañía y ocurrencias, te quiero hermano. Con mucho cariño a mis abuelitos José (+) y Fadua que son mis segundos padres. A mis tíos, primos, amigos y a quienes recién se sumaron a mi vida para hacerme compañía.

Saula Verónica.

A dios que me cuida y me protege guiándome espiritualmente en cada etapa de mi vida. Con mucho amor a mis padres María y Pedro que están siempre a mi lado apoyándome y guiándome en cada paso que doy, con su ejemplo de esfuerzo y superación. Con mucho cariño a mis hermanas: María, Germania y Rosa, que con su ayuda y sabios consejos hicieron posible culminar mis estudios Universitarios. A mis hermanos: Milton, José, Gerardo, Jonathan, Alexander y Edison, por su apoyo incondicional. A todos mis sobrinos muy especialmente a Erick, quien ocupa un lugar muy especial en mi corazón. A mis amigas/o por compartir tristezas y alegrías, porque a lo largo del tiempo aprendimos que nuestras diferencias se convierten en riqueza cuando existe respeto y verdadera amistad.

Ana Lucía.

AGRADECIMIENTOS

La presente tesis fue realizada gracias al aporte valioso de muchas personas, hoy a través de esta página queremos dejar impresa nuestra eterna gratitud:

De manera muy especial al Director de Tesis Ing. Nikolay Aguirre Mendoza, Ph.D por sus orientaciones, aportes y sugerencias brindadas a lo largo de este trabajo.

A la Universidad Nacional del Loja, por su aporte financiero, al Ministerio del Ambiente de Loja, por brindarnos las facilidades necesarias y a su vez el uso de las instalaciones del Refugio de Cajanuma del Parque Nacional Podocarpus.

Al Herbario Loja, en especial al Ing. Bolívar Merino por su colaboración en la identificación de especies vegetales. A la Ing. Natalia Samaniego técnica del Proyecto mi CAMMBIO, quien nos apoyó a lo largo de la investigación, a pasantes de la Carrera Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, quienes colaboraron en la fase de campo, en especial a nuestro ex compañero de clase y amigo Jaime Luis Campoverde.

A toda la planta docente de la Carrera Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, quienes han contribuido con sus conocimientos y criterios oportunos para nuestra formación moral, ética y profesional.

A todos nuestros amigos y compañeros de clase con quienes compartimos muchas experiencias en nuestra vida estudiantil y por el apoyo desinteresado que nos brindaron en el desarrollo del presente trabajo.

Finalmente, queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a todas las personas que de una u otra manera aportaron con sus conocimientos y sugerencias para el logro de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 1

Objetivo General 3

Objetivos Específicos 3

2. REVISIÓN DE LITERATURA 4

2.1. Cambio climático. 4

2.1.1. Causas del Cambio climático 4

2.1.2. Efectos del Cambio Climático 5

2.1.3. Tendencias climáticas históricas observadas 6

2.2. Páramos 7

2.2.1. Los páramos del Ecuador y su importancia 8

2.2.2. Los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas de páramo 9

2.3. Necesidad del monitoreo ambiental de páramos 10

2.3.1. Utilización de las cámaras abiertas de calentamiento "Open Top Chambers (OTC)" para monitoreos de especies vegetales. 11

2.3.2. Características del diseño de las cámaras abiertas de calentamiento Open Top Chambers (OTC), según la Experiencia Internacional en Tundra. 11

2.4. Estrategias: Adaptación y Mitigación 13

2.5. Adaptación y desarrollo sostenible 13

3. METODOLOGÍA 16

3.1. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO 16

3.2. METODOLOGÍA PARA ANALIZAR DE MANERA EXPERIMENTAL EL COMPORTAMIENTO DE ESPECIES DE VEGETACIÓN DE PÁRAMO ANTE AL INCREMENTO INDUCIDO DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL. 18

3.2.1. Selección de los sitios 18

3.2.2. Aumento experimental de la temperatura 18

3.2.3. Diseño de la estructura de la cámara hexagonal de calentamiento y parcela control. 19

3.2.4. Instalación de las parcelas con tratamientos (cámara) y sin tratamiento (control) 19

3.2.5. Registro de datos en los tratamientos 20

3.2.6. Análisis de datos 23

3.3. METODOLOGÍA PARA LA GENERACIÓN DE ESTRATEGIAS LOCALES DE ADAPTACIÓN DE LAS ESPECIES MONITOREADAS ANTE FUTUROS CAMBIOS DE LOS PARÁMETROS CLIMÁTICOS. 25

3.3.1. Identificación de problemas ambientales del PNP 25

3.3.2. Priorización de problemas ambientales del PNP 25

3.3.2.1. Diseño de encuesta 25

3.3.2.2. Selección de expertos 25

3.3.2.3. Obtención e interpretación de información 26

3.3.3. Formulación de estrategias 26

4. RESULTADOS 27

4.1. ANÁLISIS DE MANERA EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO DE ESPECIES DE VEGETACIÓN DE PÁRAMO, ANTE EL INCREMENTO INDUCIDO DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL. 27

4.1.1. Composición y estructura de la diversidad de vegetación en las unidades experimentales. 27

4.1.1.1 Composición florística 27

4.1.1.2 Parámetros ecológicos 28

4.1.2. Análisis de posibles cambios en la diversidad de especies vegetales por el aumento inducido de temperatura 34

4.1.2.1. Densidad 34

4.1.2.2. Cobertura de plantas vasculares 36

4.1.2.3. Diversidad Alfa 38

4.1.2.4. Incremento de Riqueza Florística 39

4.1.3. Análisis estadístico de diversidad y estructura de la vegetación 40

4.1.4. Influencia de la temperatura sobre la estructura y composición de las especies vegetales. 43

4.2. ESTRATEGIAS LOCALES DE ADAPTACIÓN DE LAS ESPECIES MONITOREADAS ANTE FUTUROS CAMBIOS DE LOS PARÁMETROS CLIMÁTICOS. 45

4.2.1. Principales problemas ambientales que afectan a la biodiversidad del páramo del Parque Nacional Podocarpus. 45

4.2.2. Formulación de estrategias de adaptación para la conservación de la biodiversidad del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus. 48

5. DISCUSIÓN 58

5.1. ANÁLISIS DE MANERA EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO DE ESPECIES DE VEGETACIÓN DE PÁRAMO ANTE EL INCREMENTO INDUCIDO DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL. 58

5.1.1. Aspectos metodológicos de la evaluación del comportamiento de la vegetación de paramo frente al calentamiento inducido experimentalmente. 58

5.1.2. Composición y estructura de la diversidad de especies vegetales en las unidades experimentales. 61

5.1.3. Análisis de posibles cambios en la diversidad de especies vegetales por el aumento inducido de temperatura. 63

5.1.4. Análisis estadístico e influencia de la temperatura sobre la estructura y composición de las especies vegetales. 66

5.2. ESTRATEGIAS LOCALES DE ADAPTACIÓN DE LAS ESPECIES MONITOREADAS ANTE FUTUROS CAMBIOS DE LOS PARÁMETROS CLIMÁTICOS. 68

6. CONCLUSIONES 70

7. RECOMENDACIONES 72

8. BIBLIOGRAFÍA 73

9. APÉNDICES 86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Las tendencias históricas en (a) la precipitación media anual, (b) la media de las temperaturas máximas anuales y (c) la media de las temperaturas mínimas anuales para el período 1964-2008.. 7

Figura 2. Esquema para la construcción de una cámara hexagonal de 60°, 50 cm de alto, 2,08 m de diámetro basal (Molau y Mølgaard, 1996). 12

Figura 3. Ubicación espacial del área de estudio dentro del PNP en la región sur del Ecuador. 16

Figura 4. Cámara hexagonal de calentamiento con cúpula abierta en la parte superior y parcelas control. 19

Figura 5. a) Localización y distribución de las cimas experimentales dentro de la zona piloto del PNP. b) Localización y distribución de las unidades experimentales (cámaras de calentamiento y parcelas de control). 20

Figura 6. Malla de madera utilizada para la estimación de cobertura. 21

Figura 7. Vista perpendicular para la estimación de cobertura 22

Figura 8.Número de individuos y especies registradas en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control), de las cimas de la zona piloto del PNP. 27

Figura 9. Diversidad de 6 familias con mayor número de especies, de cada cima y por unidad experimental con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control)..... 28

Figura 10. Densidad de las 6 especies con mayor número de individuos/m2 de cada cima y por unidad experimental con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control). 29

Figura 11. Porcentaje de cobertura en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) en las tres cimas del Parque Nacional Podocarpus..... 30

Figura 12. Cambios de densidad de las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) por sitio, las barras indican el error estándar respecto al promedio, n=3..... 34

Figura 13. Cambios de densidad de las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) por orientaciones, las barras indican el error estándar respecto al promedio n=3. 35

Figura 14. Especies con mayor decremento de individuos en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control). 36

Figura 15.Cambios de porcentaje de cobertura vegetal en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) por sitio, las barras indican el error estándar respecto al promedio n=3..... 36

Figura 16. Cambios de porcentaje de cobertura en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) por Orientaciones, las barras indican el error estándar respecto al promedio n=3. 37

Figura 17.Especies con mayor decremento de porcentaje de cobertura en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control). 38

Figura 18. Cambios de diversidad Alfa en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) por sitio, las barras indican el error estándar respecto al promedio n=3. 38

Figura 19.Cambios de diversidad alfa en la flora, en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) por orientaciones, las barras indican el error estándar respecto al promedio n=3..... 39

Figura 20.Incremento de especies en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) por sitio. 40

Figura 21.Parámetros ecológicos calculados de flora, en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) 41

Figura 22. Temperaturas medias mensuales, tomados de los datalogger (cámaras) y sensores a 10 cm de profundidad (controles) de las unidades experimentales de la zona piloto del PNP, durante el período de monitoreo. 44

ÍNDICES DE CUADROS

Cuadro 1. Tipos y subtipos de cobertura de superficie 21

Cuadro 2. Parámetros ecológicos empleados para determinar la composición y estructura de la diversidad florística de las unidades experimentales. 23

Cuadro 3. Análisis estadístico de los datos, para determinar si el incremento de temperatura tuvo un impacto sobre las variables indicadoras. 24

Cuadro 4. Promedio cobertura de tipos de superficie de las parcelas con cámara y las parcelas control, por sitio y direcciones en la zona piloto del PNP. 31

Cuadro 5. Datos de las 2 especies de mayor porcentaje de cobertura en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control), por dirección y cimas. 32

Cuadro 6. Especies exclusivas en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control), por sitio. 32

Cuadro 7. Especies endémicas del Ecuador, en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control), por sitio. 33

Cuadro 8. Diversidad alfa de las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control), por cima. 33

Cuadro 9. Análisis estadístico aplicando la prueba T para muestras relacionadas (Antes-Después) con un nivel de significancia de p=0,005. 42

Cuadro 10. Análisis estadístico aplicando la prueba T para muestras independientes, con un nivel de significancia de p=0,005. 43

Cuadro 11. Relación entre las variables dependientes (parámetros florísticos) y variable independiente (temperatura) evaluados en las unidades experimentales de monitoreo de las tres cimas de la zona piloto del PNP (N=9). 44

Cuadro 12. Priorización de la gestión del área protegida, en relación a procesos de mejora del manejo de páramos, en base a encuestas dirigida a expertos. 46

Cuadro 13. Priorización de impactos de la actividad turística, en los páramos del PNP, en base a encuestas dirigida a expertos. 46

Cuadro 14. Priorización del grado de percepción de la sociedad en temas de educación ambiental, en los páramos del PNP, en base a encuestas dirigida a expertos. 47

Cuadro 15. Priorización de los potenciales impactos del cambio climático en el páramo del PNP, en base a encuestas dirigida a expertos. 47

Cuadro 16. Definición de estrategias en base a los resultados obtenidos mediante la aplicación de encuestas dirigidas a Expertos. 48

Cuadro 17. Objetivos, actividades y entidad responsable de la ejecución para la implementación de una base de datos, bajo un sistema de Información Geográfica. 50

Cuadro 18. Objetivos, actividades y entidad responsable de la ejecución para la implementación de un sistema de monitoreo climático en el Ecosistema Páramo del Parque Nacional Podocarpus. 53

Cuadro 19. Objetivos, actividades y entidad responsable de la ejecución para generación de información sobre servicios ecosistémicos que prestan los páramos del PNP. 55

Cuadro 20. Objetivos, actividades y entidad responsable de ejecución de la estrategia de educación, capacitación y difusión sobre la importancia de páramos y el cambio climático en el Ecuador en sus aspectos de vulnerabilidad, adaptación y mitigación. 57

ABREVIATURAS

CAN:	Comunidad Andina de Naciones
CC:	Cambio Climático
CDB:	Convenio sobre Diversidad Biológica
CMNUCC:	Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
EU:	Unión Europea
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GLORIA:	The Global Observation Research Initiative in Alpine Environments
GTP:	Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador
IACH:	Instituto Antártico Chileno
INEFAN:	Instituto Ecuatoriano Forestal de Áreas Naturales y Vida Silvestre
IPCC:	Intergovernmental Panel on Climate Change
ITEX:	International Tundra Experiment (Experimento Internacional Tumdra)
MAE:	Ministerio del Ambiente del Ecuador MAE
MICCAMBIO:	Monitoreo a Largo Plazo del Impacto del Cambio Climático en la biodiversidad de Ecosistemas de Páramo en el Parque Nacional Podocarpus
OMC:	Organización Mundial del Comercio
ONU:	Programa de Naciones Unidas
OTC:	Open Top Chambers (Cámaras de techo abierto)
PNP:	Parque Nacional Podocarpus
PNUD:	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA:	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

RESUMEN

El presente estudio se centra en un experimento de calentamiento In situ en el páramo del PNP- Sector Cajanuma que acelera el cambio climático a pequeña escala para predecir las respuestas de las comunidades vegetales, con el objetivo de obtener información a largo plazo para la toma de decisiones de uso, manejo y conservación del páramo. Para el aumento artificial de la temperatura se utilizó cámaras abiertas de policarbonato transparente, las cuales fueron diseñadas por la Experiencia Internacional en Tundra (ITEX), éstas estructuras aumentan pasivamente la temperatura de 1 a 2 °C (García, 2010).

La zona piloto consta de tres cimas a diferentes gradientes altitudinales, en cada cima se instalaron seis parcelas de 1 m^2, ubicadas a 12 metros del punto cumbre de la cima aprox. y en las direcciones NorEste, Este y SurEste, de las cuales 3 fueron sometidas a calentamiento y 3 se las utilizaron como parcelas control; dando un total de 18 parcelas (9 con cámaras y 9 parcelas control). En cada parcela se identificó y cuantificó el porcentaje de cobertura y número de individuos; también se registró datos de temperatura, que en posteriores estudios permitirá predecir el comportamiento de estos ecosistemas a escalas regionales a través de estudios comparativos. Al mismo tiempo se planteó estrategias locales de adaptación, en base a la identificación y priorización de las necesidades que atraviesa el páramo del PNP.

En todas las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control), se registraron un total de 65 especies, repartidas en 47 géneros y 33 familias. De los cuales las familias más representativas es Asteraceae, Ericaceae y Poaceae; mientras que la especie con mayor número de individuos es *Disterigma acuminatum.* Con respecto a la cobertura vegetal la categoría dominante es plantas vasculares; se pudo establecer que todos los tratamientos tanto parcelas con cámara y parcelas control en base a la altitud poseen una diversidad alfa alta; en un área aproximada de 18 m^2.

En cuanto al análisis de posibles cambios, la variable densidad en función de la altitud presentó un aumento del número de individuos en los dos tratamientos (cámara y control) durante el tiempo de monitoreo, sin embargo hay que mencionar que en las

parcelas con cámara el incremento fue menor en comparación con las parcelas control; en cuanto al porcentaje de cobertura y diversidad alfa presentaron incrementos en las parcelas control, mientras que en las parcelas con cámaras el porcentaje de cobertura y la diversidad disminuyó, probablemente a que el aumento de la temperatura alteró el comportamiento normal de la biodiversidad.

En cuanto al análisis de las tres variables en función de la orientación no presentaron tendencias marcadas. A nivel de tratamiento y sin tratamiento sin tomar en cuenta altitud y orientaciones. Los datos hasta la fecha, indica que no existen diferencias significativas estadísticamente es decir no hay un impacto drástico del calentamiento sobre el número de individuos (densidad), porcentaje de cobertura vegetal y diversidad (índice de Shannon). En lo referente a la relación existente entre las variables mencionadas anteriormente con la temperatura, no existe algún tipo de relación entre estas variables, posiblemente por el escaso tiempo de monitoreo. En cuanto al diseño de estrategias, estas fueron definidas en dirección a la solución de los problemas encontrados en los páramos del PNP.

SUMMARY

The present study focuses on a In situ heating experiment in the wilderness of the PNP-Sector Cajanuma accelerating climate change on a small scale for predicting responses of plant communities , in order to obtain long-term information for decision use decisions , management and conservation of the moor. For the artificial increase in temperature chambers open transparent polycarbonate, which were designed by the International Experience Tundra (ITEX) was used, these structures passively raise the temperature of 1-2 ° C (García, 2010).

The pilot area consists of three peaks at different altitudinal gradients in top six plots each 1 m2, located 12 meters from the high point of the summit were installed addresses and the Northeast, East and Southeast, 3 of which were subjected to the heating and 3 used as control plots, giving a total of 18 plots (9 plots cameras and 9 control). In each plot were identified and quantified the percentage of coverage and number of individuals; temperature data, which will allow future studies to predict the behavior of these ecosystems at regional scales through comparative studies were also recorded. At the same time local adaptation strategies are proposed, based on the identification and prioritization of needs through the wasteland of the PNP.

In all experimental treatment units (camera) and untreated (control), a total of 65 species in 47 genera and 33 families were recorded. Which is the most representative families Asteraceae , Ericaceae and Poaceae , while the species with the highest number of individuals is Disterigma acuminatum . With respect to the dominant vegetation category is vascular plants , it was established that all treatments plots both camera-based control plots altitude have high alpha diversity in an area of approximately 18 m2.

For analysis of possible changes in the variable density versus altitude showed an increase in the number of individuals in the two treatments (camera control) during the monitoring time , however it should be mentioned that in the plots with the camera increase was lower compared to the control plots , in terms of percentage cover and diversity alfa showed increases in the control plots, whereas plots with cameras percent cover and diversity decreased, probably because the temperature rise alter the normal behavior of biodiversity.

For analysis of the three variables based on the orientation showed no marked trends. In terms of treatment and no treatment regardless of altitude and orientations. The data to date indicates that there are no statistically significant differences ie no heating a dramatic impact on the number of individuals (density), percentage of plant cover and diversity (Shannon index). Regarding the relationship between the aforementioned variables with temperature, there is some relationship between these variables, possibly for the short time monitoring. As for the design of strategies, these were defined toward the solution of problems encountered in the wilderness of the PNP.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el incremento de la temperatura es una de las expresiones más claras del cambio climático a nivel global (Quirola, 2009; García, 2010). Según el IPCC (2013), señala que a partir de tres series independientes de datos globales, una de las cuales inició en 1850 y las otras dos en 1880, que entre 1880 y 2012 la temperatura media anual del planeta aumentó 0,85 °C, pero en algunas regiones, el incremento ha sido mucho mayor y es probable que sea superior en 2 °C.

Según Montalvo (2010), en América Latina el aumento de la temperatura y la correspondiente disminución de la humedad del suelo, provocará una sustitución gradual de los bosques tropicales por sabanas. La vegetación semiárida se sustituirá progresivamente por vegetación de tierras áridas, disminución de la productividad pecuaria, afectando negativamente a la seguridad alimentaria (IPCC, 2007).

Así también, en estudios realizados en los Andes se concluye que los cambios en el clima traerá consigo varios impactos negativos sobre la biodiversidad (Hoffmann, 2013; Báez *et al*., 2011) entre estos cambios se mencionan: (1) alteraciones en la fisiología de las especies y su capacidad de soportar eventos extremos como las heladas, (2) cambios en los patrones de distribución y riqueza de especies, (3) incrementos en las tasas de extinción locales de algunas especies o comunidades de especies y (4) alteraciones en los patrones fenológicos (Pearson, 2006; CDB, 2007; Quirola, 2009; Cuesta *et al.*, 2012).

En el Ecuador, las observaciones de temperatura muestran una tendencia creciente (CEPAL, 2012), ya que en la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (2011), mencionan que existe un incremento en la temperatura media, máxima y mínima anual, con algunas excepciones en ciertas zonas en el territorio Nacional. Tomando datos de 39 estaciones consideradas, entre 1960 y 2006 la temperatura media anual se incrementó en 0,8 °C, la temperatura máxima absoluta en 1,4 °C y la temperatura mínima absoluta en 1,0 °C. A esto se suma el modelo de desarrollo agroindustrial que ha erosionado la salud de los ecosistemas en el país, especialmente páramos, manglares, bosques secos y montanos que no tienen vocación para la

agricultura intensiva, la expansión de la frontera agrícola ha ido forzando su uso y degradación (CARE Ecuador, 2010).

El Parque Nacional Podocarpus es uno de los principales Parques Nacionales en la Región Sur, ya que protege las zonas altas de las microcuencas y las de mayor endemismo de especies de fauna y flora, de las vertientes occidentales y orientales (Becking, 2004). Uno de los rasgos que caracterizan a los ecosistemas de montaña es el gran número de microclimas que presentan, lo que va asociado a la diversidad de suelos, formas de vida, reguladores hídricos y que se constituyen como espacios de vida (Torres y Gómez, 2008).

Sin embargo, el acelerado calentamiento global afectaría a estos ecosistemas, ya que al aumentar la temperatura sus funciones ecosistémicas podrían ser extremadamente sensibles (García, 2010; Romero y Pinzón, 2011) y las especies que están adaptadas a las condiciones típicas del páramo deben migrar a sitios más altos y fríos en busca de las condiciones ideales para su supervivencia. Es por esto que es importante realizar 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 (Eguiguren y Ojeda, 2009; Aguirre, 2008).

Uno de los proyectos locales encaminados a la generación de información relacionada con el monitoreo del cambio climático es el proyecto denominado, “Monitoreo a Largo Plazo del Impacto del Cambio Climático en la Biodiversidad de Ecosistemas de Páramo del Parque Nacional Podocarpus (MICCAMBIO)” implementado por la Universidad Nacional de Loja, en el año 2008 y cuyo ámbito de intervención se ubica en la región sur del Ecuador; el cual tiene como objetivo principal la generación de información que fundamente el entendimiento del cambio climático. En este contexto el presente estudio de investigación pretende generar información sobre los posibles impactos que podría traer el aumento de temperatura sobre especies de vegetación, mediante la utilización de cámaras abiertas de calentamiento (OTC siglas en inglés) en el ecosistema de páramo del Parque Nacional Podocarpus. Y al mismo tiempo plantear estrategias locales de adaptación, que contribuyan a la toma de decisiones; para un buen manejo y

conservación de este ecosistema. Por tal razón los objetivos que se plantearon para el cumplimiento de este estudio fueron los siguientes:

Objetivo General

Contribuir a la conservación de los páramos del Parque Nacional Podocarpus (PNP), a través de la generación de información sobre el calentamiento experimental en la vegetación de páramo.

Objetivos Específicos

- Analizar de manera experimental el comportamiento de especies de vegetación de páramo ante el incremento inducido de la temperatura ambiental, en el Parque Nacional Podocarpus.

- Generar estrategias locales de adaptación de las especies monitoreadas ante futuros cambios de los parámetros climáticos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Cambio climático.

La Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) define el cambio climático como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana (ONU, 2008), que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables, mientras que la (IPCC, 2013) lo define como un "cambio en el estado del clima que se puede identificar por cambios en el promedio y/o la variabilidad de sus propiedades y que persiste durante un período prolongado, generalmente decenios o períodos más largos".

Se calcula que, en el último siglo, la temperatura media de la superficie del planeta ha aumentado aproximadamente 0,74 °C (OMC y PNUMA 2009), de + 0.56 °C a + 0.92 °C] en los últimos 100 años (1906-2005). Este aumento parece haberse acelerado desde la década de los 70, y para el año 2100 se prevé que aumente de nuevo entre 1,4º C y 5,8º C (Poveda, 2010).

2.1.1. Causas del Cambio climático

Se estima que la acumulación de GEI en la atmósfera es una de las principales causas del actual cambio climático (Aliaga y Villegas, 2009). Las concentraciones de CO2 han aumentado en un 40% desde la era preindustrial debido, en primer lugar, a las emisiones derivadas de los combustibles fósiles y, en segundo lugar, a las emisiones netas derivadas del cambio en el uso de la tierra, el metano y óxido nitroso han aumentado a niveles sin precedentes en los últimos 800 000 años. Los océanos han absorbido alrededor del 30% del dióxido de carbono antropógenico emitido, provocando su acidificación. (PNUMA, 2006; IPCC, 2013). La variación de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) (CO2, N20, CH4, HFCs, PFCs, SF6) y aerosoles en la atmósfera, las variaciones de la cubierta terrestre y radiación solar, alteran el equilibrio energético del sistema climático de la tierra (Eguiguren y Ojeda, 2009; Agelvis *et al.*, 2007; OMC y PNUMA, 2009).

Sumado a esto actividades económicas que se describen a continuación:

- La producción, consumo y utilización de energía. Constituyen la fuente antropogénica principal de emisiones de GEI.

-La combustión del carbón, petróleo y gas natural. Esta actividad genera alrededor de las 3/4 partes de todas las emisiones de carbono.

- La tala de bosques, la expansión de la agricultura y la destrucción de tierras húmedas. Producen el resto de las emisiones de CO2. Sólo la deforestación produce alrededor de 1/5 del total del CO2 expulsado y la mitad del metano liberado.

- La extracción en origen y uso de los combustibles fósiles produce aproximadamente 1/5 de todo el metano antropogénico, la mayor parte del CO2, monóxido de carbono y otros contaminantes (González *et al*., 2003; García, 2011).

2.1.2. Efectos del Cambio Climático

Es difícil de pronosticar los efectos que traerá el cambio climático, aunque los científicos advierten de los probables impactos que ya vivimos y sentimos es el aumento de temperatura media de la Tierra que durante el presente siglo aumentara entre 1 y 3,5 grados, la disminución de las capas de hielo en los Polos, incremento del nivel del mar e inundaciones de zonas bajas e islas (Caballero *et al.,* 2007), aumento de la desertización, escasez de agua e inestabilidades atmosféricas (huracanes, incendios, etc.) (CAN, 2007), efectos secundarios de catástrofes humanas (propagación de la hambruna y enfermedades, etc.) (PNUMA, 2010).

A la vez, las alteraciones de los regímenes fluviales y/o de las características y la calidad del agua tendrán una incidencia tanto directa como indirecta sobre la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas asociados y sobre los sectores socioeconómicos. También ha sido identificado como un factor clave en la pérdida y degradación aceleradas de los servicios del ecosistema, que incluyen la producción de oxígeno, el almacenamiento de carbono, la filtración natural de toxinas y contaminantes, y la protección de las sociedades costeras ante inundaciones y viento durante las tormentas, estiajes prolongados (Caballero *et al*., 2007; PNUMA, 2010; ONU-HABITAT, 2011).

Según Vilá *et al* (2006), estos cambios constatados en las últimas décadas están provocando importantes alteraciones en el ciclo anual de muchas plantas y animales. Las hojas de muchos árboles, las flores de muchas plantas o muchos insectos asociados avanzan su aparición entre 10 y 20 días antes de lo que lo hacían hace 30 a 50 años. Ya que en estudio publicado en la revista científica Nature estima que del 15 al 37% de las especies de flora y fauna terrestre podían estar en peligro de extinción a causa de los impactos producidos por el hombre sobre el clima (Petit y Prudent, 2008).

En la última Lista Roja, están amenazadas 17 291 especies de un total de 47 677 especies evaluadas: 21 por ciento de todos los mamíferos conocidos, 30 por ciento de todos los anfibios conocidos, 12 por ciento de todas las aves conocidas, 28 por ciento de los reptiles, 37 por ciento de los peces de agua dulce, 70 por ciento de las plantas y 35 por ciento de los invertebrados (PNUMA, 2010; Petit y Prudent, 2008).

Los países en vías de desarrollo como el Ecuador y aquellos países que están ubicados en zonas tropicales, a pesar de que se caracterizan por concentrar la mayor diversidad biológica, poseen un alto índice de pobreza, lo que los convierte en países mucho más vulnerables frente al cambio climático (IPCC, 2007; MAE, 2012).

2.1.3. Tendencias climáticas históricas observadas

En términos generales, la precipitación anual en los últimos 45 años ha marcado una tendencia descendente, a excepción de la Cordillera Occidental de los Andes colombianos, la zona sur de los Andes del Ecuador y a nivel local en el Altiplano en el sur de Perú (Figura 1a). Por otra parte, las temperaturas máximas (Figura 1b) y mínimas (Figura 1c) anuales han señalado tendencias crecientes durante el mismo período en casi todos los Andes tropicales (Herzog *et al*., 2010).

Los análisis de los datos de radiación de onda larga emergente sugieren una tendencia positiva en la cobertura nubosa en la región norte de los Andes tropicales, especialmente de diciembre a febrero, mientras que una tendencia negativa fue observada en la zona sur de los Andes tropicales. La humedad relativa indica una tendencia positiva en Ecuador y en el sur de Colombia, mientras que el aumento es más moderado en el sur de Perú y en el oeste de Bolivia (Herzog *et al*., 2010).

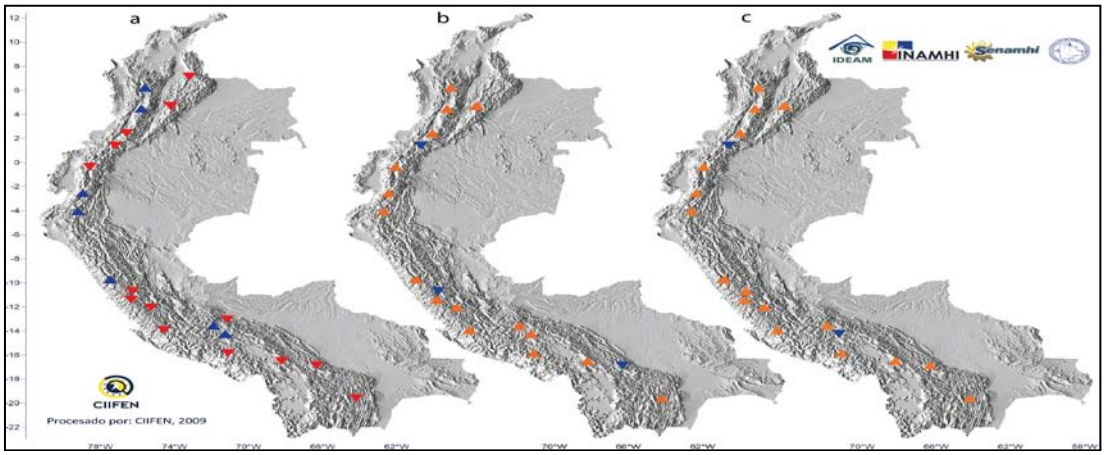


Figura 1 *Las tendencias históricas en (a) la precipitación media anual, (b) la media de las temperaturas máximas anuales y (c) la media de las temperaturas mínimas anuales para el período 1964-2008. Las tendencias en los índices de precipitación y temperatura se calcularon mediante el uso de RClimDex http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/) en base a datos diarios de precipitación y temperatura obtenidos de 24 estaciones meteorológicas. En cada panel sólo figuran las estaciones con una significancia estadística >80 %. Los datos proporcionados por los servicios nacionales de meteorología de Bolivia (SENAMHI), Colombia (IDEAM), Ecuador (INAMHI) y Perú (SENAMHI) fueron integrados por el Centro Internacional de Investigación del Fenómeno El Niño (CIIFEN). Los triángulos anaranjados indican tendencias crecientes en las temperaturas, y los rojos una tendencia decreciente en la precipitación, lo que indicaría mayor efecto de sequía y calentamiento, con consecuencias perjudiciales para el ambiente. Significancia estadística >80%.*

2.2. Páramos

Según Hofstede *et al.*, (2003) "el páramo es el ecosistema natural entre el límite del bosque cerrado y la nieve perpetua en los trópicos húmedos".

Los páramos son ecosistemas típicos de las grandes alturas de los Andes tropicales en Sudamérica, pero con presencia también en Panamá y Costa Rica, en Centroamérica, y (con otros nombres) en África, Asia y Oceanía. En términos ecológicos, los páramos se caracterizan básicamente por ser ecosistemas de gran altitud (más de 3.000 metros, aunque las variaciones locales son notables) y por estar en el cinturón tropical del planeta. Estas dos características esenciales se manifiestan en una estacionalidad diaria (a diferencia de la estacionalidad anual de ecosistemas templados y polares), un frío intenso (especialmente a horas de la noche y madrugada), una alta irradiación ultravioleta (por la delgada capa atmosférica en estas altitudes), y una cobertura caracterizada por una vegetación mayormente herbácea y una generalmente escasa presencia de vegetación arbórea (Mena *et al*., 2008).

2.2.1. Los páramos del Ecuador y su importancia

Los páramos son ecosistemas (semi) húmedos y fríos que en el Ecuador se encuentran formando un corredor casi intacto sobre la Cordillera de los Andes, por encima del límite superior actual o potencial de bosque (Mena *et al.,* 2001). Forman un ejemplo ideal para aplicar la visión de ecosistema de la Convención de Diversidad Biológica, porque su importancia para la sociedad ecuatoriana y para el mundo en general se caracteriza por sus atributos biológicos, pero también sus atributos geográficos, sociales y económicos apoyan a su gran valor.

Los atributos biológicos que determinan la singularidad son su relativamente rica biodiversidad: es el ecosistema de alta montaña más diverso del planeta. Pero más aún que el número de especies, impresiona el porcentaje de especies endémicas para el ecosistema: alrededor del 60% de todas las especies de plantas vasculares no se encuentran en otros ecosistemas. Este endemismo es un resultado del hecho que las plantas están muy adaptadas a las condiciones climáticas extremas, que también resulta en una gran fragilidad de su biodiversidad: con poco disturbio, se pierde una gran cantidad de las especies típicas del páramo (Hofstede, 2004).

Finalmente, un atributo que hace que el ecosistema páramo es importante biológicamente, es el hecho que está formando un corredor Norte-Sur de más de 2000 kilómetros entre Venezuela y el Perú, en una de las cordilleras más dinámicas, geológicamente y biogeográficamente hablando, del mundo (Hofstede, 2004).

Probablemente aún más llamativo para grandes grupos de pobladores Andinos que los atributos biológicos son los geográficos. Especialmente el rol del páramo como regulador hídrica determina probablemente más que cualquier otra característica su valor para la población. Todas las grandes ciudades de los Andes del Norte dependen para su agua potable y para la mayoría de su electricidad del agua de páramo, pero también el campo, especialmente en la Sierra seca de Venezuela y el centro del Ecuador produce los alimentos gracias al agua de riego proveniente del páramo (Mena *et al*., 2001).

Pero también el suelo en sí ayuda a que el páramo tenga este gran valor. En primer lugar, el suelo orgánico es la clave detrás de la regulación hídrica pero este suelo en sí, especialmente en zonas de origen volcánico, es un almacén de carbono y un potencial de productividad agrícola aprovechado para papas, habas, mellocos y pasto para ganado. Finalmente, el paisaje en sí, con volcanes espectaculares, valles planos con turberas y lagunas vistosas, pendientes y afloramientos rocosos aparentemente inaccesibles y la inmensidad del páramo lo hacen uno de los ecosistemas más apreciados por turistas nacionales y extranjeros y las lagunas como Cuicocha y nevados como el Cotopaxi hacen de las Áreas Protegidas en la cual éstos se encuentran, los lugares naturales más visitadas del país (Hofstede, 2004).

2.2.2. Los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas de páramo

Todos los ecosistemas de los Andes tropicales podrían ser vulnerables al cambio climático, algunos se encuentran especialmente en riesgo. El páramo, el superpáramo y la puna en los altos Andes podrían reducirse y fragmentarse como consecuencia del incremento de temperatura. Los páramos tienen una distribución similar a islas, lo que los hace vulnerables a los efectos de borde. Poseen una biota altamente endémica vulnerable a la extinción de especies. Con el calentamiento, los bordes más bajos pueden convertirse en terrenos más adecuados para la agricultura y quedar expuestos a incendios antropogénicos (Herzog *et al*., 2010).

En los bosques de niebla, donde la mayoría de las especies habitan rangos estrechos de altitud, el cambio en la frecuencia de formación de las nubes y niebla, combinado con un aumento en la altitud de las bases de las nubes resulta en una disminución de la humedad, lo que afectará las diversas comunidades de epífitas y la biota asociada tan característica de este ecosistema. Los hábitats acuáticos son particularmente vulnerables al cambio climático, con predicciones de disminución del oxígeno disuelto, aumento de la eutroficación y aumento de la evaporación en lagos y humedales, lo que provoca una reducción del hábitat y cambios en la calidad del agua. Los cuerpos de agua alimentados por el deshielo glaciar experimentarán un aumento temporal del nivel del agua durante el derretimiento de los glaciares, y luego disminuirá cuando la masa de hielo desaparezca. Los humedales, en particular los bofedales junto a los márgenes de los ríos

y manantiales en pajonales y desiertos en las zonas más altas de los Andes, son archipiélagos de diversidad en los que el cambio climático puede provocar una menor disponibilidad de agua, aumento de la salinización, y emisiones de carbono como dióxido de carbono y metano (Herzog *et al*., 2010).

2.3. Necesidad del monitoreo ambiental de páramos

Monitorear "es un proceso de observación continua que implica la recolección sistemática de datos mediante equipos y metodologías estandarizadas, que permite conocer la dinámica del objeto monitoreado. La información generada por el monitoreo puede ser utilizada con diferentes propósitos, entre ellos, caracterizar el comportamiento temporal del objeto bajo monitoreo, identificar tendencias, detectar tempranamente cambios nocivos lo que a su vez admite la implementación de correctivos, evaluar los logros, productos, resultados e impactos obtenidos con una determinada intervención y comparar los avances alcanzados con las metas previstas" (López, 2007).

El objetivo del monitoreo de los páramos es proveer al estado ecuatoriano una forma de tener acceso a la información sobre la salud del ecosistema en un lapso de dos a tres años para la toma de decisiones de uso, manejo y conservación (Castaño y Hofstede, 2002).

Las bases de datos que puedan ser utilizadas para monitorear biodiversidad y sus cambios a través del tiempo son esenciales. Sin embargo, las bases de datos de series de tiempos en los Andes son escasas además de que existe un vacío de conocimiento sobre las dinámicas de cambio y su dirección en los sistemas naturales, lo que dificulta detectar o aislar la naturaleza de estos cambios respecto a si son naturales o generados por efectos antrópicos. Por estas razones la comunidad científica y la cooperación ha renovado su interés en apoyar procesos de monitoreo que permitan generar series de datos de larga duración (Cuesta y Becerra, 2012).

Los datos de las cumbres de monitoreo GLORIA de los Andes han permitido el establecimento de una línea base de información sobre la composición y estructura de las comunidades de flora junto con una línea base climática (ej. temperatura del suelo)

que permitirá estudiar las dinámicas de estas comunidades de la alta montaña y relacionarlas con el cambio climático (Cuesta y Becerra, 2012).

2.3.1. Utilización de las cámaras abiertas de calentamiento "Open Top Chambers (OTC)" para monitoreos de especies vegetales

Es importante profundizar sobre algunos aspectos relacionados con la historia natural o ecología de las especies e identificar a qué nivel se podrían manifestar cambios y si serán transformaciones relacionadas con la composición de las especies que se extinguen, se adaptan o migran, o los cambios se manifestarán a un nivel más fino, como a nivel de la morfología de individuos dentro de una especie (Muriel *et al.*, 2012).

Estudios de las formas de crecimiento de las especies de los ecosistemas alto andinos o experimentos en condiciones ambientales controladas que emulan los efectos directos de calentamiento mediante el uso de cámaras hexagonales sin cubierta Open Top Chambers (OTC), que permiten evaluar los efectos de incrementos en temperatura en la comunidad de plantas, son herramientas que contribuirían a la comprensión de los procesos de cambios a nivel de las comunidades de plantas aplicadas en el International Tundra Experiment – ITEX.

De esta manera, el análisis de las formas de crecimiento de algunas especies claves presentes en los sitios de monitoreo podría proporcionar información valiosa sobre las posibles respuestas diferenciadas de las especies, las cuales pueden ser explicadas por sus estrategias de crecimiento, las cuales, a su vez, representan diferentes adaptaciones evolutivas y fisiológicas (Cuesta *et al.*, 2012).

2.3.2. Características del diseño de las cámaras abiertas de calentamiento Open Top Chambers (OTC), según la Experiencia Internacional en Tundra

Las cámaras abiertas de calentamiento fueron desarrolladas para simular el impacto de cambio climático en los ecosistemas terrestres en el corto y largo plazo en las regiones polares (Ártico y la Antártida). Las cuales son un pequeño invernadero que han sido probadas en diferentes ecosistemas alrededor del mundo para aumentar la temperatura ambiental de forma pasiva en un promedio de 1,5 °C a 2 °C (García, 2010).

Particularidades de las cámaras: (1) estructuras permanentes que se puede dejar en un lugar durante todo el año, (2) ser estructuras fuerte como para soportar fuertes vientos y el frío extremo, (3) dar una mejora significativa de la temperatura, y (4) minimizar efectos ecológicos no deseados.

Este es el diseño actualmente utilizado por Greg Henry y Michael Jones en Isla Ellesmere, Canadá. Para construir cámaras más pequeñas o más grandes se requieren cambios de escala apropiados. Las especificaciones para la construcción de una cámara de 50 cm de alto, 1,5 m de techo abierto hexágono se indica en la figura 2 (Molau y Mølgaard, 1996).

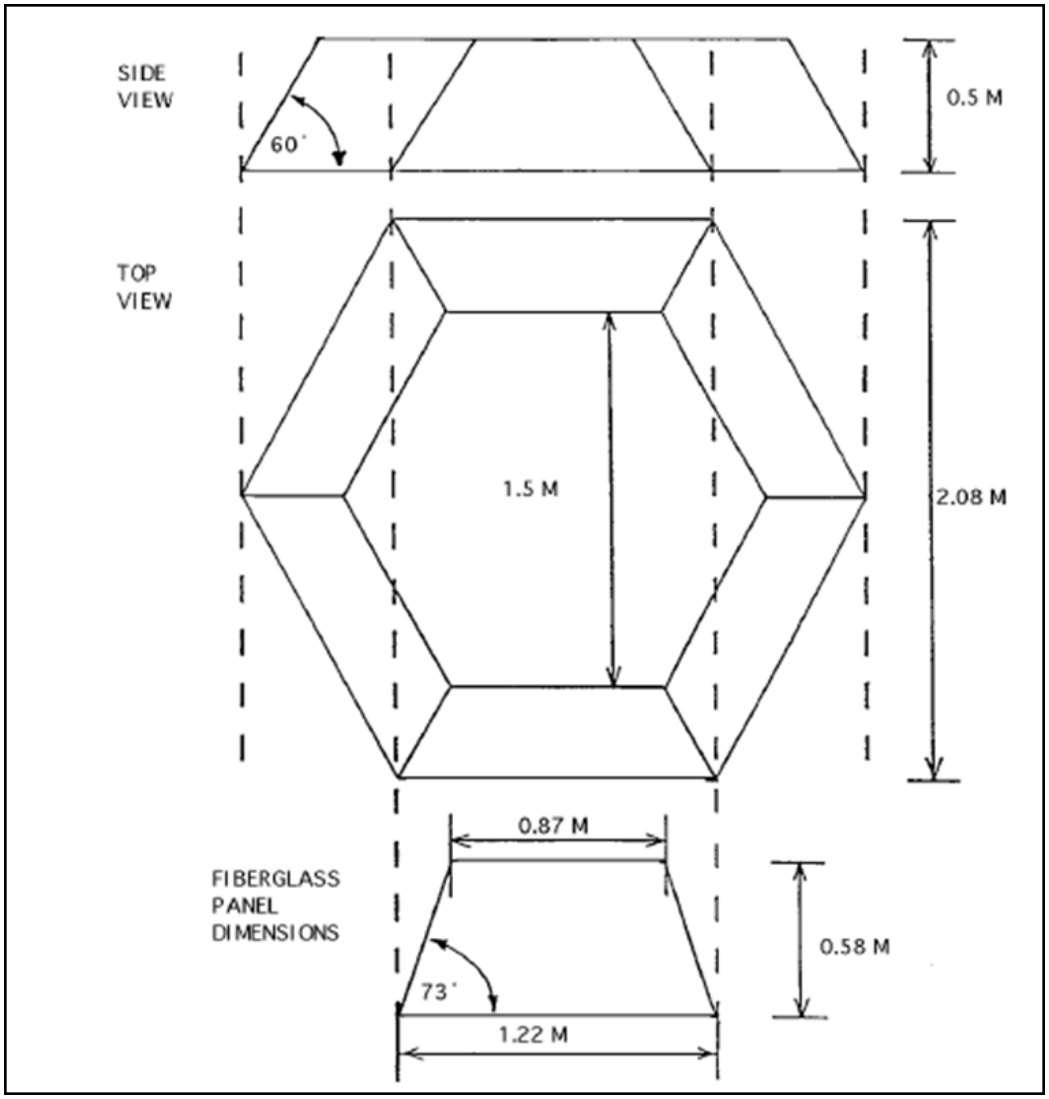


Figura 2. Esquema para la construcción de una cámara hexagonal de 60°, 50 cm de alto, 2,08 m de diámetro basal (Molau y Mølgaard, 1996).

2.4. Estrategias: Adaptación y Mitigación

Existen muchas definiciones distintas de la adaptación al cambio climático. El último informe de evaluación del IPCC, ofrece la siguiente definición de adaptación: "El ajuste que realizan los sistemas naturales o humanos, en respuesta a los estímulos o efectos –reales o esperados– del clima, que atenúa el daño que ocasionan o aprovecha las oportunidades que dichos estímulos o efectos ofrecen." Mientras que la mitigación consiste en rediseñar los sistemas agroproductivos y sus correspondientes cadenas de distribución y consumo de alimentos para disminuir las tasas de emisión de GEI y aumentar significativamente la captura de carbono (Ríos *et al.*, 2011).

Se están adoptando ya planes de adaptación al cambio climático. La adaptación puede reducir la vulnerabilidad, especialmente cuando se enmarca en iniciativas sectoriales más amplias. Hay opciones de adaptación viables que es posible aplicar en algunos sectores a bajo costo y/o con un alto coeficiente beneficio/costo. Sin embargo, las estimaciones completas de los costos y beneficios mundiales de la adaptación son escasas. La capacidad adaptativa está íntimamente relacionada con el desarrollo social y económico, aunque se halla desigualmente distribuida tanto entre las sociedades como en el seno de estas (Cotte *et al.*, 2009).

Podemos observar una diversificación creciente de tareas en el trabajo que ejecutan las comunidades profesionales sobre adaptación y mitigación. Sin embargo, también existen interrelaciones y sinergias entre ambas. Estrategias locales de mitigación, tales como la instalación de paneles solares, que pueden tener un enorme efecto sobre la adaptación. Por ejemplo, si no tuviesen que recolectar leña para combustible, las personas tendrían más tiempo para su educación, la cual constituye un prerrequisito clave para la adaptación y también para mejorar sus medios de vida (Amend, 2010).

2.5. Adaptación y desarrollo sostenible

El cambio climático puede hacer caer de nuevo a los países en desarrollo en la trampa de la pobreza y echar por tierra muchos de los logros conseguidos hasta la fecha con respecto a los objetivos de desarrollo del milenio (ODM).

El cambio climático repercute en todos los aspectos del desarrollo sostenible. La vulnerabilidad futura no solo depende del cambio climático sino también de las trayectorias de desarrollo elegidas El desarrollo sostenible puede reducir la vulnerabilidad.

La puesta en práctica de la adaptación debe ser integrada en las prioridades nacionales e internacionales de desarrollo sostenible, así como en los planes nacionales y sectoriales de desarrollo (ONU y UNFCCC, 2010).

Entre los pasos para estrategias eficaces de puesta en práctica de la adaptación en el plano nacional se incluyen los siguientes:

- Mejora de la base científica para la toma de decisiones;
- Fortalecimiento de los métodos e instrumentos para la evaluación de la adaptación;
- Educación, capacitación y sensibilización pública sobre la adaptación, enfocándolas, entre otros grupos, al de los jóvenes;
- Fomento de la capacidad individual e institucional;
- Desarrollo y transferencia de tecnología, y promoción de las estrategias locales de adaptación;
- Legislación y marcos normativos adecuados que promuevan medidas que favorezcan la adaptación;
- Un proceso de planificación de la adaptación que cubra diferentes escalas de tiempo, niveles (por ejemplo, nacional y regional) y sectores (ONU y UNFCCC, 2010).

La utilización del cambio climático, incluida la adaptación, como impulso para la realización de actividades con múltiples beneficios puede fomentar el progreso hacia el logro de los objetivos de desarrollo sostenible de un país. Muchos países están comenzando a tomar medidas concretas de adaptación al cambio climático. Dichas medidas deben ampliarse e integrarse en la planificación nacional y sectorial para garantizar que el desarrollo sostenible y la adaptación se refuercen mutuamente (ONU y UNFCCC, 2010).

– **Opciones disponibles hasta ahora para satisfacer las necesidades de adaptación**

Las opciones de adaptación son numerosas, entre ellas, las siguientes:

- Modificación del comportamiento individual, por ejemplo la reducción del consumo de agua en tiempos de sequía;
- Opciones tecnológicas y de ingeniería, como el fortalecimiento de las defensas marinas o la construcción de casas a prueba de inundaciones;
- Estrategias de gestión y reducción de los riesgos, como sistemas de alerta temprana frente a fenómenos extremos;
- Promoción de estrategias de gestión basadas en la adaptación;
- Desarrollo de instrumentos financieros, como planes de seguros;
- Promoción de prácticas de gestión de ecosistemas, como la conservación de la diversidad biológica para reducir los impactos del cambio climático en las personas, por ejemplo, conservando y restaurando los manglares para proteger a las personas frente a las tormentas (ONU y UNFCCC, 2010).

3. METODOLOGÍA

3.1. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Podocarpus (PNP), se encuentra ubicado en la región sur del Ecuador, con una superficie de 146 280 hectáreas aproximadamente (Registro Oficial n° 404, enero de 1983), con un rango altitudinal de 960 a 3 800 msnm, en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe (INEFAN y Fundación Natura, 1997). El área de estudio se localizan en el páramo del PNP-Sector Cajanuma, el cual está constituida por tres cimas (ver Figura 3), las mismas que se encuentran ubicadas en las siguientes gradientes altitudinales Cima A (CIA) 3 270 msnm, Cima B (CIB) 3 320 msnm, y Cima C (CIC) 3 400 msnm (Eguiguren y Ojeda, 2009).

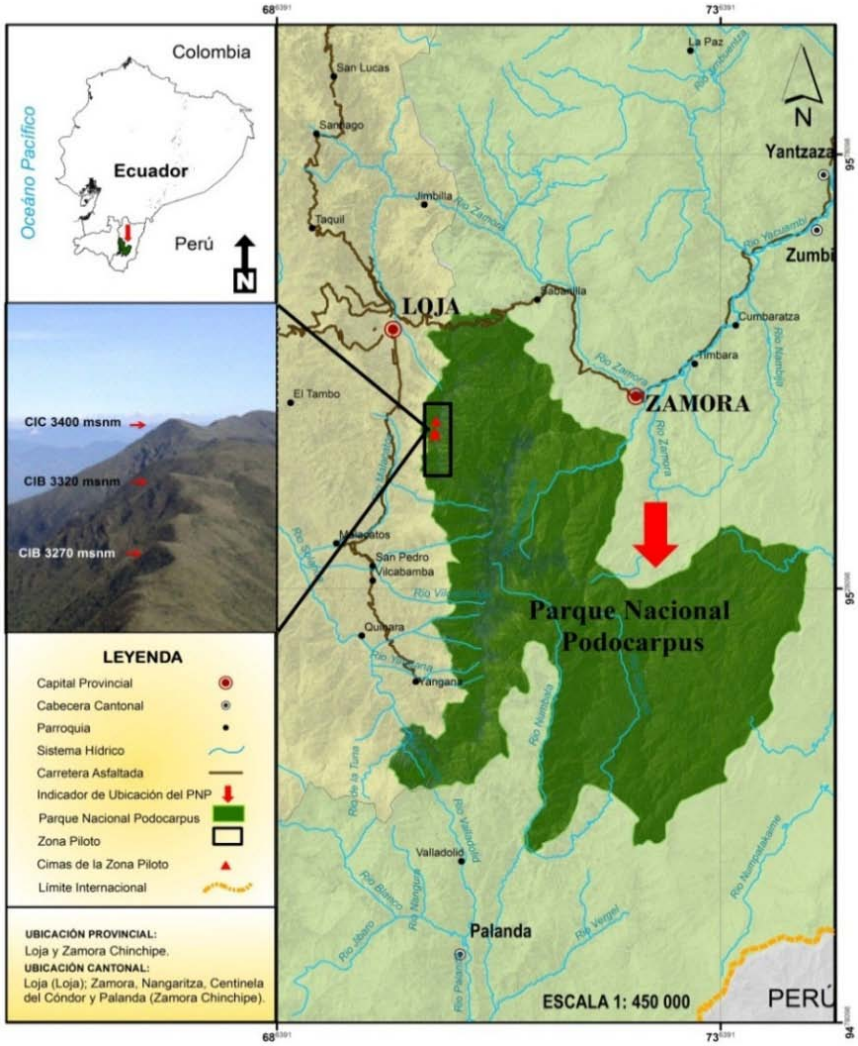


Figura 3. Ubicación espacial del área de estudio dentro del PNP en la región sur del Ecuador.

El PNP es una de las más importantes áreas naturales protegidas del Ecuador, el parque lleva el nombre científico de un árbol característico del bosque siempreverde montano bajo, que es la única conífera nativa del país-romerillo o sinsín. El área, en general se caracteriza por presentar una topografía donde predominan los valles y las laderas escapadas y un relieve muy irregular formados por montañas y colinas. En las partes altas de los páramos hay lagunas de origen glaciar desde donde nacen cuatro cuencas hidrográfica importantes, que coinciden políticamente con los cuatro cantones que comparten el parque: Catamayo-Chira (Cantón Loja), Chinchipe (Cantón Palanda), Zamora (Cantones Loja y Zamora) y Nagaritza (Cantón Nangaritza), estos alimentan los sistemas productivos de los valles que se extienden hasta el norte de Perú, así como a la ciudad de Loja y Zamora Chinchipe (ECOLAP y MAE, 2007).

En el PNP se estima que crecen entre 3000 y 4000 especies de plantas vasculares. En estudios e investigaciones preliminares se han registrado 477 especies entre los diferentes ecosistemas (Sánchez y Flores, 2012). Un sitio florísticamente interesante es Cajanuma, por presentar una combinación de especies de bosques nublados y páramos, así como zonas de transición con formaciones vegetales achaparradas únicas. En los bosques montanos de Cajanuma se han registrado 70 especies de árboles y en sus páramos 135 plantas vasculares. Adicionalmente, se considera un sitio de concentración de especies endémicas (Lozano y Bussmann, 2005) con 40 especies de flora exclusivas de esta zona (ECOLAP y MAE, 2007).

En cuanto respecta a la diversidad faunística, en el parque se han registrado más de 500 especies de aves que representa alrededor del 40 % del total del país, más de 40 especies de mamíferos, 260 mariposas diurnas y 1 200 mariposas nocturnas. Cajanuma es considerado un sitio clave para las especies migratorias boreales, provenientes de la zonas septentrionales de América del Norte, tales como la reinita pechinaranja (*Dendroica fusca*) y zorzal de swainson (*Catharus ustulatus*). Cabe agregar que en Cajanuma se ha identificado 212 especies del total registrado del PNP (ECOLAP y MAE, 2007).

Los páramos del PNP, ocupan una superficie de 15 284,5 hectáreas, se encuentran por encima de 2 800 msnm (Herbario Loja, 2000), principalmente sobre la Cordillera Real

de los Andes, con una temperatura promedio de 10°C. La precipitación anual fluctúa entre 2 000 a 4 000 mm, registrándose valores que han llegado a 6 000 mm incluyendo la precipitación horizontal en el sector de Cajanuma (INEFAN y Fundación Natura, 1997).

Se trata de ecosistemas singulares, con una alta diversidad y endemismo a nivel del país por ubicarse en la formación de Huamcabamba y en contacto con la zona Tumbesina, entre las cuencas Amazónica y del Pacífico, (ECOLAP y MAE, 2007). El PNP fue elegido como el área permanente de monitoreo del cambio climático en el sur del Ecuador, en razón del buen estado de conservación y también porque se trata de un ecosistema con mínima intervención humana (F. Arcoíris, 2007).

3.2. METODOLOGÍA PARA ANALIZAR DE MANERA EXPERIMENTAL EL COMPORTAMIENTO DE ESPECIES DE VEGETACIÓN DE PÁRAMO ANTE AL INCREMENTO INDUCIDO DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL

A continuación se detalla la metodología para el desarrollo de la presente investigación:

3.2.1. Selección de los sitios

Para establecer los sitios de tratamiento en la zona piloto del PNP se consideró los siguientes criterios: (1) no interferir con estudios de monitoreo ejecutados o en proceso de evaluación; (2) áreas que se encuentren libre de alteraciones (ej. pisoteo) y (3) las áreas seleccionadas deben presentar pendientes similares.

3.2.2. Aumento experimental de la temperatura

Para evaluar los potenciales efectos del incremento de la temperatura ambiental se basó en la metodología desarrollada por la Experiencia Internacional en Tundra - ITEX, que involucra la instalación de cámaras hexagonales de calentamiento con cúpula abierta (cámara) y parcelas de control.

3.2.3. Diseño de la estructura de la cámara hexagonal de calentamiento y parcela control

Las cámaras fueron construidas con láminas transparentes de policarbonato, con las siguientes dimensiones: 2,08 m de ancho; 0,5 m de altura, cada lado tiene una inclinación de 60 grados en relación al suelo (Figura 4a.). Estas cámaras han sido probadas en diferentes ecosistemas alrededor del mundo y aumentan la temperatura ambiental de forma pasiva en un promedio de 1,5 °C a 2 °C, debido al aumento de humedad y disminución de la fuerza del viento (García, 2010).

Las parcelas control son de 1m^2, se delimitó con tubos PVC en los extremos de cada cuadrante, para un fácil reconocimiento de las mismas (4b).

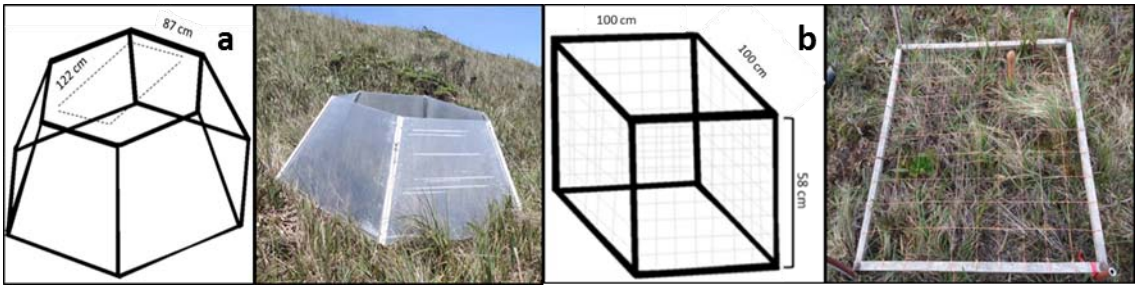


Figura 4. a) Cámara hexagonal de calentamiento con cúpula abierta en la parte superior. b) Parcelas control.

3.2.4. Instalación de las parcelas con tratamientos (cámara) y sin tratamiento (control)

Tomando en cuenta los criterios establecidos, los tratamientos fueron ubicados a 12 metros del punto cumbre de la cima (PC) y en base a las direcciones Nor-Este (NE), Este (E) y Sur-Este (SE) (ver figura 5). Para la determinación de las direcciones se usó la brújula; mientras que para obtener la pendiente o inclinación media se empleó el clinómetro. La distancia entre las parcelas con cámara y parcelas control es de tres metros aproximadamente.

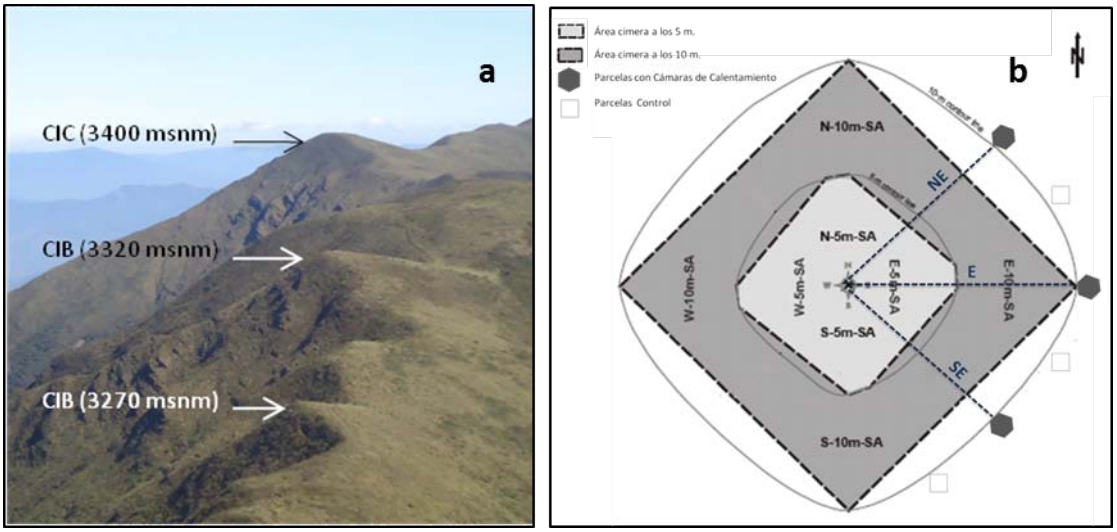


Figura 5. a) Localización y distribución de las cimas experimentales dentro de la zona piloto del PNP. b) Localización y distribución de las unidades experimentales (cámaras de calentamiento y parcelas de control) (Modificado de Pauli *et al*., 2003).

3.2.5. Registro de datos en los tratamientos

3.2.5.1. Medidas microclimáticas

Para evaluar los cambios microclimáticos dentro de las parcelas con cámaras, se instaló termómetros automáticos para los registros de temperatura, protegido de la radiación solar directa. Los termómetros fueron programados para registrar la temperatura cada hora.

Para conocer la temperatura de las parcelas control se recolectó los datos de sensores térmicos On Set Stow Away Tidbit ya instalados en las tres cimas de la zona piloto del PNP. Las mediciones de las parcelas control proporcionará la base para la comparación con las mediciones de las parcelas con cámara.

3.2.5.2. Anotación de las características del hábitat

En cada una de las unidades experimentales tanto para las parcelas con cámara y las parcelas control se fijó parcelas de 1 m^2 donde se registró los diferentes tipos y sub tipos cobertura de superficie en porcentaje (cuadro 1).

Cuadro 1. Tipos y subtipos de cobertura de superficie

Tipos de Cobertura (%)	**Subtipos de cobertura (%)**
Plantas vasculares	Líquenes Bajo Plantas vasculares
Rocas Solidas	Líquenes sobre las Rocas
Piedras Sueltas	Líquenes en Piedras Sueltas
Líquenes en el suelo no cubiertos por plantas vasculares.	Briofitos bajo plantas vasculares
Briofitos en el suelo no cubiertos por plantas vasculares.	Briofitos sobre rocas
Suelo Desnudo	Briofitos sobre piedras sueltas
Hojarasca	

Categorías asignadas por Eguiguren y Ojeda, 2009

Se utilizó una malla de madera de 1×1 m, dividida en celdillas de 0,10×0,10 m (la forma de la malla se presenta en la figura 6). A continuación se detallan las consideraciones para la toma de datos:

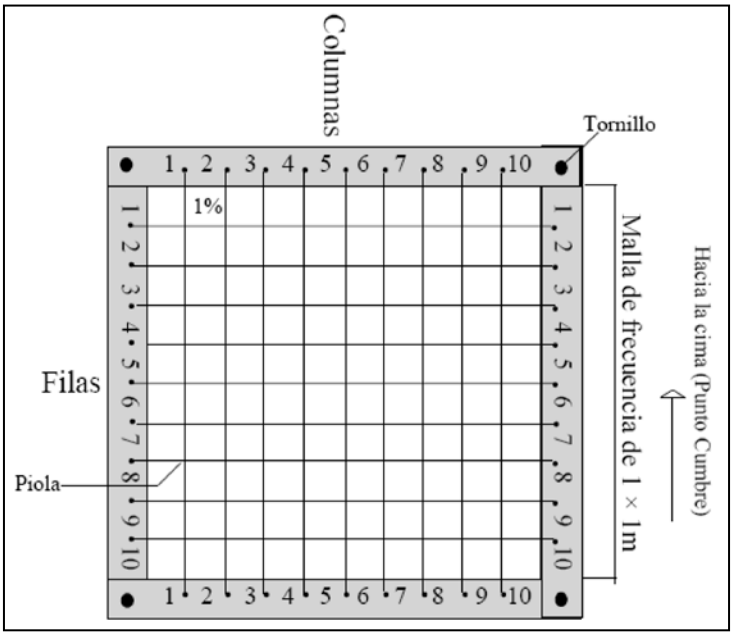


Figura 6. Malla de madera utilizada para la estimación de cobertura.

- Para empezar la recopilación del porcentaje de cobertura, se colocó la malla a una altura máxima de 0,5 m, lo que permitió una estimación más precisa.
- Luego se ubicó a cada uno de los lados de la parcela, y se determinó los porcentajes de cobertura con una vista perpendicular al terreno y a una altura máxima de 0,5 m (ver figura 7).

- A cada tipo de cobertura se le asignó un porcentaje según el número de celdas que éste ocupó, puesto que la malla estuvo constituida de 100 celdillas de 0,10×0,10 m que representaron el 1 % cada una; es así, como la suma de los tipos de cobertura dio un total del 100 %.
- En cada cuadrado se estima visualmente la cobertura porcentual máxima de cada tipo de superficie.

Figura 7. Vista perpendicular para la estimación de cobertura

3.2.5.3. Medidas de la estructura de la comunidad

El proceso metodológico para evaluar la estructura de la comunidad vegetal consta de dos aspectos:

- **Porcentaje de cobertura y número de individuos de cada especie**

La estimación de la cobertura de cada especie en las parcelas fue obligatoria para plantas vasculares y optativa para las criptógamas, para ello se utilizó la malla de madera, tomando en consideración el mismo criterio que en la cobertura del tipo de superficie, donde la sumatoria de cada uno de los porcentajes de las especies, podía sobrepasar el 100 %.

Se contó el número de individuos de cada especie, con el fin de tener mejores datos cuantitativos para la interpretación de los cambios en la vegetación. Además, se recolectó muestras de aquellas especies que no se pudieron identificar en el campo, y fueron identificadas en el Herbario Loja.

3.2.5.4. Documentación fotográfica

Se tomó una fotografía desde un plano horizontal que maximice la vista de las coberturas de las especies del cuadrante de 1 x 1 m. La fotografía fue tomada cuando el marco de 1 x 1 m estaba sobrepuesto al cuadrante. Las fotografías fueron almacenadas y organizadas en una base de datos.

3.2.6. Análisis de datos

Todos los datos recopilados en el campo, se sistematizaron en hojas electrónicas, a través de las cuales se determinó parámetros ecológicos e índice de diversidad.

Para determinar la composición y estructura de la diversidad florística en las unidades experimentales se empleó los siguientes parámetros ecológicos como: diversidad relativa de cada familia, densidad absoluta, densidad relativa, diversidad alfa; cuyas fórmulas se expresan a continuación (cuadro 2):

Cuadro 2. Parámetros ecológicos empleados para determinar la composición y estructura de la diversidad florística de las unidades experimentales.

Parámetro	Modelo	Descripción	Interpretación
Diversidad relativa de cada familia (DiR)	$\text{DiR} = \frac{\text{Número de especies por familia}}{\text{Número total de especies}} \times 100$	Expresa cuán diversa es una familia en base al número de especies por las que está representada.	La familia más diversa es la que alcanza el porcentaje más alto.
Densidad (D)	$\text{D} = \frac{\text{Número de individuos por especie}}{\text{Total del área muestrada}}$	Es el número de individuos existentes en un área determinada	La especie con más densidad es la que tiene un mayor número de individuos por hectárea.
Densidad relativa (DR)	$\text{DR} = \frac{\text{Número de individuos por especie}}{\text{Número total de individuos}} \times 100$	Es el número total de individuos de una especie expresada como una proporción del número total de individuos de todas las especies.	La especie con mayor densidad relativa es la que tiene el porcentaje más alto.
Diversidad alfa	Índice de Shannon-Wiener (H') $H' = -\sum_{i=1}^{S} (Pi)(\ln Pi)$ $\quad E = \frac{H'}{\ln S}$	S = número de especies Pi = proporción total de la muestra que corresponde a la especie i. ln= logaritmo natural E= índice de equitatividad	Div. baja: 0-0,35 Div. media:0,36-0,7 Div. alta:0,71-1

Fuentes: Aguirre y Aguirre, 1999; Mostacedo y Fredericksen, 2000.

Además se determinó porcentaje de cobertura de plantas vasculares, exclusividad y endemismo de las unidades experimentales.

Para realizar el análisis estadístico de los posibles cambios se tomó como variables indicadoras de cambio en la diversidad de especies vegetales a los siguientes parámetros ecológicos: densidad, porcentaje de cobertura de plantas vasculares y diversidad alfa.

Para el análisis estadístico, se agrupó los datos de la siguiente manera (ver cuadro 3):

Cuadro 3. Análisis estadístico de los datos, para determinar si el incremento de temperatura tuvo un impacto sobre las variables indicadoras.

Tipos de análisis de los datos	**Software estadístico**	**Parámetro Estadístico**	**Variables indicadoras de cambio**
Comparación de cambios[1] en base a la ubicación de las unidades experimentales (altitud y orientación).	InfoStat	Error estándar	• Densidad, • Porcentaje de cobertura de plantas vasculares y • Diversidad alfa
Comparación temporal de la variables indicadoras entre muestreo 1 y muestreo 2 (ante-después), en base a los tratamientos (parcelas con cámara y parcelas control).	IBM SPSS Statistics 20	Prueba T para muestras relacionadas	
Comparación de cambios de las variables indicadoras entre tratamientos (parcelas con cámara y parcelas control).	IBM SPSS Statistics 20	Prueba T para muestras independientes	

Además, se usó el Modelo de Regresión Lineal Simple, mediante el cual se analizó la influencia de variables independientes (temperatura, orientación y altitud) sobre las variables dependientes (% de cobertura de plantas vasculares, riqueza específica, densidad y diversidad alfa).

[1] Para los análisis de los posibles cambios se utilizaron la diferencia entre el último muestreo y el primero (muestreo2-muestreo1).

3.3. METODOLOGÍA PARA LA GENERACIÓN DE ESTRATEGIAS LOCALES DE ADAPTACIÓN DE LAS ESPECIES MONITOREADAS ANTE FUTUROS CAMBIOS DE LOS PARÁMETROS CLIMÁTICOS

Las estrategias de adaptación dirigidas a la conservación de la biodiversidad del páramo, se definieron en función de las necesidades principales que atraviesa los páramos del Parque Nacional Podocarpus, específicamente el sector Cajanuma.

3.3.1. Identificación de problemas ambientales del PNP

La identificación de problemas se lo realizó mediante recorridos de campo y consultas bibliográficas de estudios realizados en años anteriores en el área de estudio.

3.3.2. Priorización de problemas ambientales del PNP

Para la priorización de los problemas identificados, se elaboró una encuesta dirigida a profesionales con conocimientos y experiencias relacionadas a ecosistemas de páramo.

3.3.2.1. Diseño de encuesta

La encuesta fue estructurada en base a cuatros aspectos principales:

- Gestión del área protegida, en relación a procesos de mejora del manejo de páramos.
- Impactos de la actividad turística en los páramos del PNP.
- Grado de percepción de la sociedad en temas de educación ambiental.
- Potenciales impactos del cambio climático en el páramo del PNP (ver encuesta detallada en el apéndice 9).

La valoración de las preguntas se estableció de acuerdo al grado de importancia: bajo (1), medio (2), alto (3).

3.3.2.2. Selección de expertos

Para la selección de expertos se utilizaron los siguientes criterios: a) profesionales con al menos 2 años de experiencia en páramos; b) participación en proyectos o estudios en

ecosistemas de páramos; y c) directivos o miembros del Ministerio de Ambiente Loja que estén a cargo del manejo y conservación del Parque Nacional Podocarpus.

Respecto al número de expertos considerados, Ortega (2008) argumenta que un grupo de 15 a 20 expertos puede ser metodológicamente fiable. El presente estudio consideró un grupo de 10-20 personas como suficientemente fiable. No obstante, no se puede hablar de un número óptimo sobre el grupo de expertos que deben participar. Su tamaño se encuentra influenciado por factores de distinta índole como el ámbito geográfico, la diversidad de colectivos afectados, etc.

3.3.2.3. Obtención e interpretación de información

En esta etapa se envió el cuestionario para ser contestada por los expertos seleccionados (ver apéndice 11). Una vez recibidos los cuestionarios de todos los participantes se procedió a realizar la tabulación de las mismas.

Para la interpretación de los datos se obtuvo un Ranking final (orden de prioridad) de los aspectos sometidos a valoración. Esto se lo realizó mediante un proceso de tabulación tomando en cuenta el grado de importancia que el experto valoró.

3.3.3. Formulación de estrategias

En base a los resultados de la encuesta aplicada a expertos se diseñaron estrategias dirigidas a la solución de los problemas encontrados. Las estrategias fueron estructuradas de la siguiente manera: Nombre de la estrategia, objetivos estratégicos, actividades y responsable de la ejecución.

4. RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE MANERA EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO DE ESPECIES DE VEGETACIÓN DE PÁRAMO, ANTE EL INCREMENTO INDUCIDO DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL

Los resultados de este objetivo consta de tres partes: 1) Composición y estructura de la diversidad de especies vegetales en las unidades experimentales; 2) análisis de posibles cambios en la diversidad de especies vegetales por el aumento inducido de temperatura, por altitud y orientaciones y; 3) análisis estadístico general entre tratamientos (cámara vs control) de la diversidad y estructura de la vegetación.

4.1.1. Composición y estructura de la diversidad de vegetación en las unidades experimentales.

4.1.1.1 Composición florística

En las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control), se registraron un total de 65 especies, repartidas en 47 géneros y 33 familias. De los cuales el mayor número de especies e individuos se encuentran en la cima CIC y el menor número de especies e individuos en la cima CIB. En la figura 8 se detalla la composición florística de cada uno de los tratamientos.

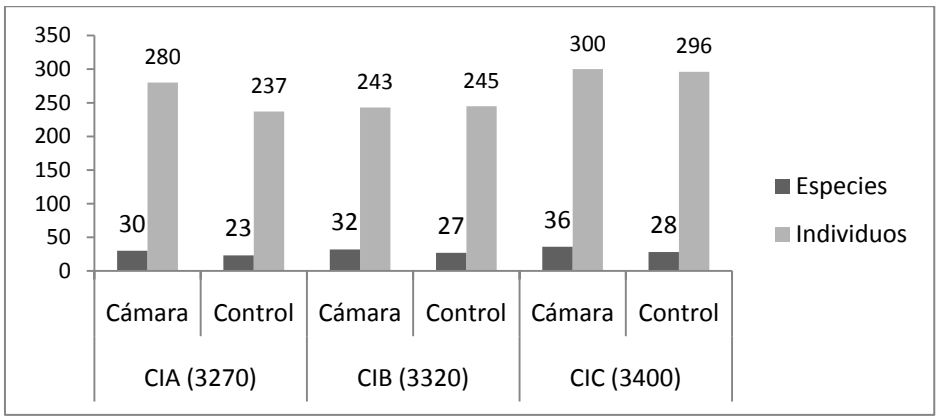


Figura 8. Número de individuos y especies registradas en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control), de las cimas de la zona piloto del PNP.

4.1.1.2 Parámetros ecológicos

A continuación se describen características de la diversidad por familia, densidad, densidad relativa, cobertura, endemismo, exclusividad, diversidad alfa de las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) en las tres cimas que conforman la zona piloto del PNP.

- **Diversidad por familia**

Las parcelas con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) se encuentran bien representadas por las familias Asteraceae, Ericaceae y Poaceae, ya que poseen un buen número de especies en cada sitio[2] de muestreo. En el caso de las parcelas con cámaras la familia Asteraceae registró mayor número de especies en la cima CIC con 10 especies, frente a 6 y 7 especies para CIA y CIB respectivamente. Mientras que en las parcelas control la familia Asteraceae registró mayor número de especies en la cima CIA con 9 especies, frente a 5 y 8 especies para CIB y CIC respectivamente. La familia Ericaceae y Poaceae no presenta mayor variación en cuanto al número de especies entre las parcelas con tratamiento y sin tratamiento (ver figura 9). Por otro lado, existen pequeñas variaciones entre cimas con respecto al orden que ocupan las 6 familias más ricas en especies tanto para las parcelas con cámara y control (en el apéndice 5 se presentan mayores detalles de la diversidad de familias).

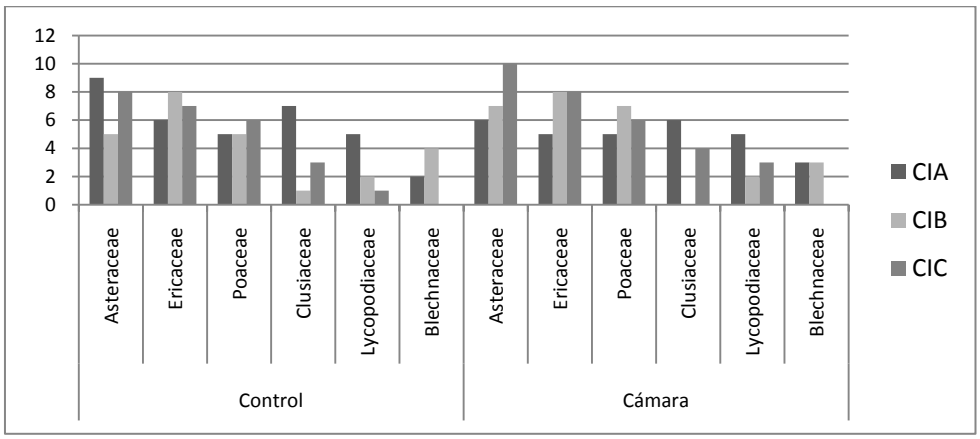


Figura 9. Diversidad de 6 familias con mayor número de especies, de cada cima y por unidad experimental con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control).

[2] Sitio (cima)

- **Densidad absoluta y Densidad relativa**

La especie con mayor número de individuos por superficie en la cimas CIA, CIB, y CIC y las unidades experimentales con tratamiento y sin tratamiento es *Disterigma acuminatum*. En la cima CIA- cámara presenta 78 individuos en 3 m^2 y 26 ind/m^2, mientras que en la parcela control presenta 28 ind/m^2. Al ser la especie, más abundante constituye el 31 % del total del área muestreada (6 m^2) en la CIA. En la cima CIB- cámara, 30 ind/m^2 y control 26 ind/m^2. Sumadas las densidades relativas representan el 35 % del total del área muestreada en la CIB. En la cima CIC- cámara, 28 ind/m^2 y la control 19 ind/m^2; representan el 28 % del total del área muestreada (cima CIC). En la figura 10, se presenta las especies con mayor densidad de las cimas y las unidades experimentales.

Las especies alcanzan mayor número de individuos por m^2 en la cima CIC (3400 msnm) y una menor densidad por m^2 en la CIB (3320 msnm); en los tres sitios las especies con densidades más altas son herbáceas.

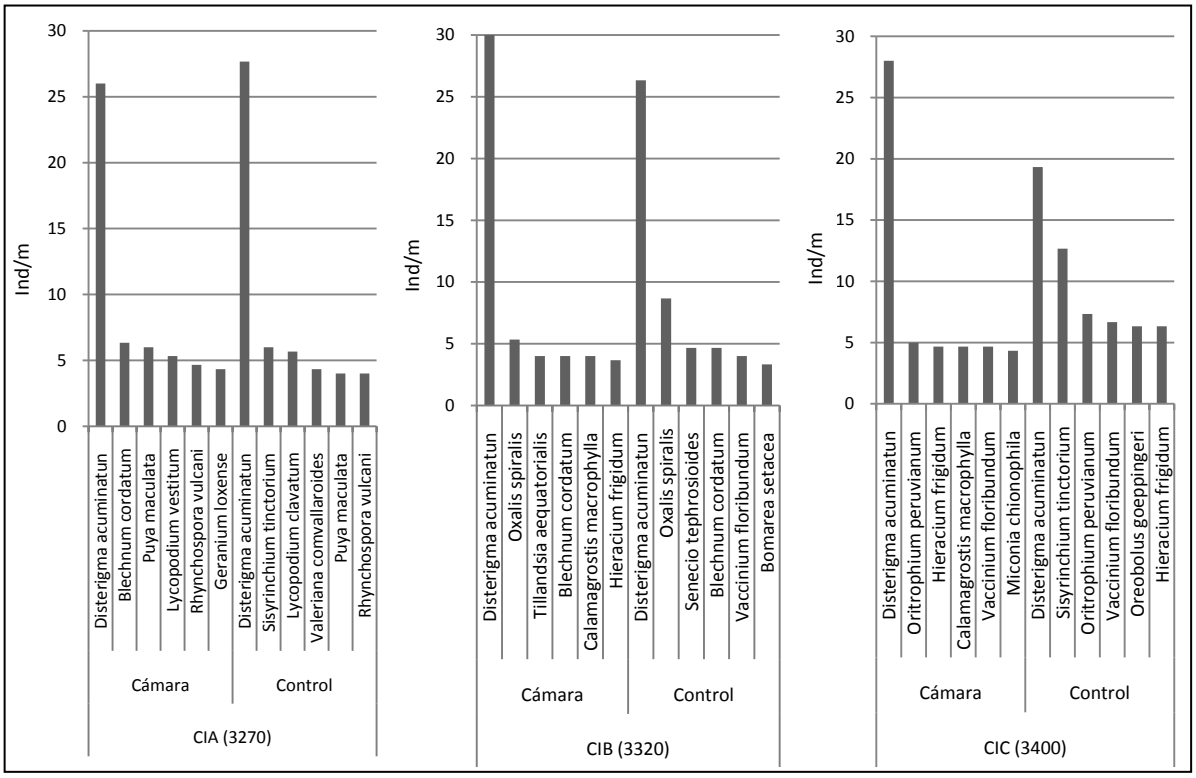


Figura 10. Densidad de las 6 especies con mayor número de individuos/m2 de cada cima y por unidad experimental con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control).

- **Cobertura**

Con respecto a la cobertura de las unidades experimentales, se observa que la superficie dominante es la categoría de plantas vasculares que alcanza promedios altos en los tres sitios con un máximo de 81 % en la cámara y 83 % en la parcelas control en la cima de 3 320 msnm y un mínimo de 73 % en la parcela con cámara y 67 % en la parcela control en la cima de 3400 msnm (ver figura 11).

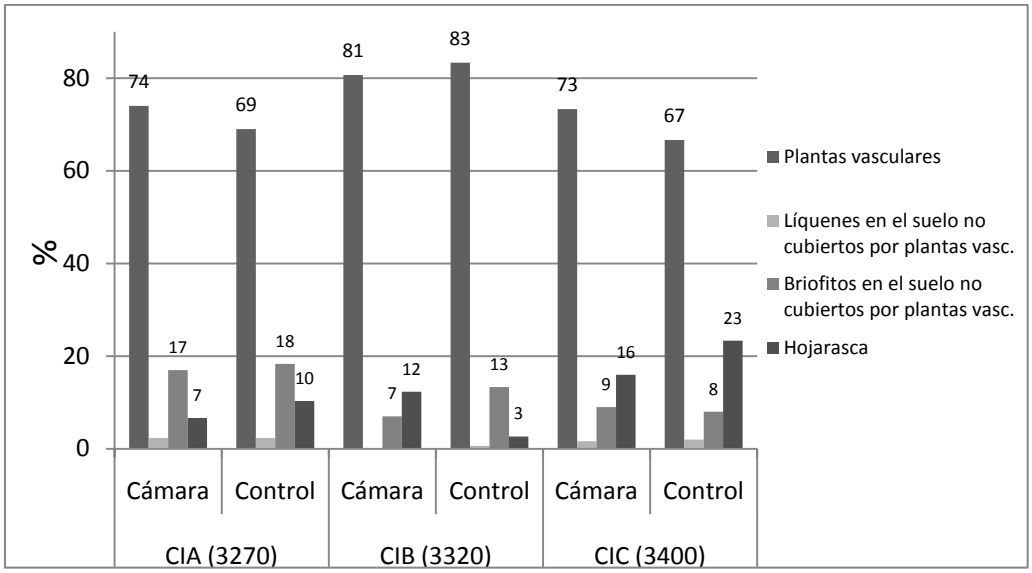


Figura 11. Porcentaje de cobertura en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) en las tres cimas del Parque Nacional Podocarpus.

En lo que respecta al porcentaje de cobertura en la cimas CIA y CIC se tiene una mayor cobertura de plantas vasculares en la dirección NE, y se corresponde con el estudio[3] realizado en la misma área por Salinas & Guzmán en el 2010, mientras que en CIB el mayor porcentaje de cobertura se dio en la dirección este. El siguiente tipo de cobertura más dominante corresponde a la categoría de briofitas que alcanzan un mayor porcentaje en la cima CIA. Al igual que los estudios realizados por Eguiguren y Ojeda (2009); Alulima y Cajamarca (2012) (ver cuadro 4).

[3] Tesis de grado "Patrones de diversidad florística en función de la gradiente altitudinal de los páramos del Parque Nacional Podocarpus". Página 63.

Cuadro 4. Promedio cobertura de tipos de superficie de las parcelas con cámara y las parcelas control, por sitio y direcciones en la zona piloto del PNP.

CIA (3270 msnm)								
Tipos de Cobertura (%)	**NE**		**E**		**SE**		**Promedio (%) Cámara**	**Promedio (%) Control**
	Cámara	**Control**	**Cámara**	**Control**	**Cámara**	**Control**		
Plantas vasculares	**72**	**80**	70	67	80	60	74	69
Líquenes no cubiertos por plantas vasc.	3	1	3	3	1	3	2.3	2.3
Briofitos no cubiertos por plantas vasc.	25	15	12	15	14	25	17	18
Hojarasca	0	4	15	15	5	12	6.7	10
CIB (3320 msnm)								
Tipos de Cobertura (%)	**NE**		**E**		**SE**		**Promedio (%) Cámara**	**Promedio (%) Control**
	Cámara	**Control**	**Cámara**	**Control**	**Cámara**	**Control**		
Plantas vasculares	65	60	**97**	**95**	80	95	81	83
Líquenes no cubiertos por plantas vasc.	0	2	0	0	0	0	0	1
Briofitos no cubiertos por plantas vasc.	15	35	1	5	5	0	7	13
Hojarasca	20	3	2	0	15	5	12	3
CIC (3400 msnm)								
Tipos de Cobertura (%)	**NE**		**E**		**SE**		**Promedio (%) Cámara**	**Promedio (%) Control**
	Cámara	**Control**	**Cámara**	**Control**	**Cámara**	**Control**		
Plantas vasculares	**85**	**75**	75	60	60	65	73	67
Líquenes no cubiertos por plantas vasc.	0	5	0	0	5	1	2	2
Briofitos no cubiertos por plantas vasc.	7	10	15	10	5	4	9	8
Hojarasca	8	10	10	30	30	30	16	23

Las especies que tienen mayor cobertura en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) de la cima CIA son *Neurolepis asymetrica* 48 % para las parcelas con cámara y 73% para las parcelas control, seguida del *Hypericum lancioides con* 38 % y 50 % en las parcelas cámara y control respectivamente. La cobertura en la cima CIB- parcelas con cámara está determinada por *Neurolepis asymetrica* (59%), *Calamagrostis macrophylla* (40%), mientras que para la parcela control la *Escallonia myrtilloides y Disterigma acuminatun.* En la cima CIC- parcelas con cámara la especie con la mayor cobertura es *Calamagrostis macrophylla* (57%), seguida de *Neurolepis laegaardii* (43%), mientras que en las parcelas control son *Calamagrostis macrophylla* (28,5%) y *Neurolepis laegaardii* (25%). En el cuadro 5 se detallan las especies con mayor porcentaje de cobertura.

Estas especies con mayor cobertura vegetal se corresponden con las especies señaladas en los estudios mencionados anteriormente (Eguiguren y Ojeda 2009; Alulima y Cajamarca 2012).

Cuadro 5. Datos de las 2 especies de mayor porcentaje de cobertura en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control), por dirección y cimas.

CIA				CIB				CIC			
Dir.	Parc.	Especies	%	Dir.	Parc.	Especies	%	Dir.	Parc.	Especies	%
NE	Cámara	***Neurolepis asymetrica***	31.15	NE	Cámara	*Calamagrostis macrophylla*	20.4	NE	Cámara	*Vaccinium floribundum*	15.3
		Puya maculata	16.7			***Neurolepis asymetrica***	40.2			*Calamagrostis macrophylla*	38.55
	Control	*Hypericum lancioides*	22.4		Control	*Lycopodium vestitum*	25.40		Control	*Oritrophium peruvianum*	20.1
		Neurolepis asymetrica	19.7			*Disterigma acuminatun*	20.89			*Calamagrostis macrophylla*	16.1
E	Cámara	*Neurolepis asymetrica*	17	E	Cámara	*Neurolepis asymetrica*	18.8	E	Cámara	*Calamagrostis macrophylla*	18.3
		Oritrophium peruvianum	12.3			*Tillandsia aequatorialis*	26.5			*Neurolepis laegaardii*	25.2
	Control	*Neurolepis asymetrica*	32.9		Control	*Escallonia myrtilloides*	21.3		Control	*Neurolepis laegaardii*	24.6
		Hypericum lancioides	16			*Tillandsia aequatorialis*	17.4			*Disterigma acuminatun*	16.1
SE	Cámara	*Puya maculata*	12.3	SE	Cámara	*Calamagrostis macrophylla*	19.3	SE	Cámara	*Neurolepis laegaardii*	17.85
		Hypericum lancioides	38			*Arcytophyllum setosum*	15.8			*Xyris subulata*	15.8
	Control	*Neurolepis asymetrica*	20.3		Control	*Escallonia myrtilloides*	37		Control	*Rhynchospora vulcani*	21.8
		Hypericum lancioides	11.8			*Disterigma acuminatun*	23.4			*Calamagrostis macrophylla*	12.4

- **Exclusividad**

En el cuadro 6 se indican las especies exclusivas registradas para cada una de las cimas, tomando en cuenta, tanto las parcelas con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control), siendo CIB la cima con mayor número de especies exclusivas con 14 especies, seguida de CIC y CIB con 11 y 2 especies respectivamente.

Cuadro 6. Especies exclusivas en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control), por sitio.

CIA (3270)	Cámara	Control	CIB (3320)	Cámara	Control	CIC (3400)	Cámara	Control
Huperzia Kuesteri	x		*Blechnum auratum*		x	*Baccharis oblongifolia*	x	
Miconia ligustrina	x		*Brachyotum campii*	x		*Bomarea densiflora*	x	
			Chusquea neurophylla	x	x	*Gaultheria amoena*		x
			Clethra revoluta		x	*Gaultheria erecta*	x	
			Displotephium espinosae	x		*Gaultheria reticulata*	x	
			Epidendrum sp.	x		*Genteanella sp.*		x
			Gynoxys buxifolia	x		*Geranium campi H.E.*		x
			Miconia cf. cladonia	x		*Jamesonia goudotii*		x
			Miconia dodsonii	x		*Monnina arbuscula*	x	
			Muehlenbeckia tamnifolia		x	*Neurolepis laegaardii*	x	x
			Polypodium sp.	x	x	*Puya pygmaea*	x	x
			Senecio sp.		x			
			Stellarria recurvata		x			
			Weinmania fagaroides		x			

- **Endemismo**

En el Cuadro 7, se presentan las especies endémicas presentes en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control). De todas las especies registradas, 8 son endémicas para el Ecuador. Las cimas CIB y CIC, son las

que mayor cantidad de especies endémicas tienen (5 especies registradas en cada cimas). La cima CIA registra 4 especies endémicas.

La familia que aportan con mayor número de especies endémicas se destaca la Bromeliaceae con 3 especies. Las familias Asteraceae, Geraniaceae, Lycopodiaceae, Melastomataceae y Poaceae tienen 1 especie endémica cada una.

Cuadro 7. Especies endémicas del Ecuador, en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control), por sitio.

N	Familia	Especie	Categoría IUCN	CIA		CIB		CIC		Distribución Natural *
				Cámara	Control	Cámara	Control	Cámara	Control	
1	Asteraceae	*Gynoxys miniphylla*	Casi Amenazada			x	x	x		AZU, CHI, LOJ, MOR
2	Bromeliaceae	*Puya maculata*	En Peligro Critico	x	x			x	x	AZU, LOJ
3	Bromeliaceae	*Puya pygmaea*	En Peligro Critico					x	x	AZU, LOJ, MOR
4	Bromeliaceae	*Tillandsia aequatorialis*	Vulnerable			x	x	x		AZU, IMB, LOJ
5	Geraniaceae	*Geranium loxense*	Vulnerable	x	x	x		x	x	AZU, LOJ, MOR, ZAM
6	Lycopodiaceae	*Huperzia kuesteri*	Vulnerable		x					
7	Melastomataceae	*Miconia dodsonii*	En Peligro			x				LOJ, ZAM
8	Poaceae	*Neurolepis asymetrica*	Vulnerable	x	x	x	x			LOJ

AZU = Azuay CHI= Chimborazo IMB = Imbabura
LOJ = Loja MOR = Morona Santiago ZAM = Zamora Chinchipe

- **Diversidad alfa**

El índice de Shannon-Wiener indicó la existencia de un alto valor diversidad para todas las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control), (ver Cuadro 8), el mayor índice fue para la cima CIC- parcelas control, ya que esta cuenta con 296 individuos contenidos en 28 especies, mientras que el menor índice fue para la CIB – parcelas con cámara. (Los índices de diversidad alfa de cada unidad experimental con tratamiento y sin tratamiento se pueden ver en el apéndice 5).

Cuadro 8. Diversidad alfa de las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control), por cima.

CIMA	PARCELA	VALOR	INTERPRETACION
CIA	Cámara	0.83	Diversidad alta
	Control	0.79	Diversidad alta
CIB	Cámara	0.76	Diversidad alta
	Control	0.80	Diversidad alta
CIC	Cámara	0.82	Diversidad alta
	Control	0.84	Diversidad alta

4.1.2. Análisis de posibles cambios en la diversidad de especies vegetales por el aumento inducido de temperatura

4.1.2.1. Densidad

Los cambios de densidad en las unidades experimentales según el sitio, presentan una tendencia en las parcelas control, es decir a medida que aumenta la altitud aumenta los cambios de densidad de manera positiva. En la cima CIA (3270 msnm) presenta un promedio de cambio de 1.33 individuos/m^2; la CIB (3320 msnm) 7.33 individuos/m^2; y CIC (3400 msnm) con 14.33 individuos/m^2. Mientras que las parcelas con cámaras no presentaron ninguna tendencia, siendo la CIA la que presentó mayor cambio con 5,67 individuos/m^2 y CIB con el menor cambio de densidad, 0.67 individuos/m^2 (figura 12).

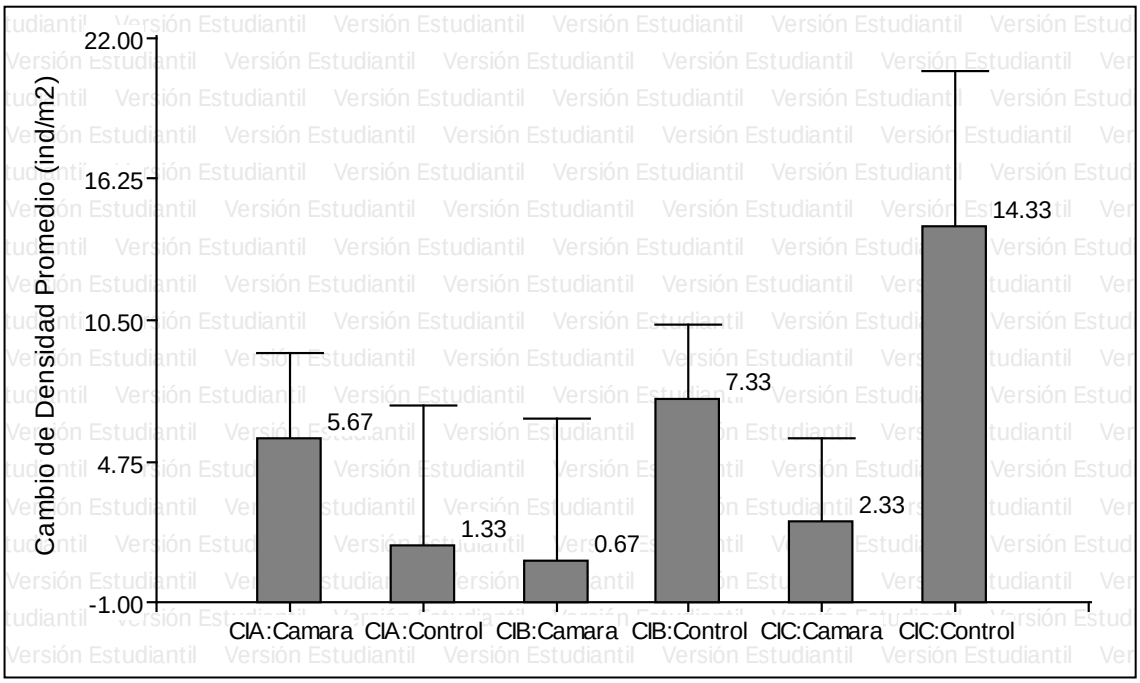


Figura 12. Cambios de densidad de las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) por sitio, las barras indican el error estándar respecto al promedio, n=3.

En lo referente a los cambios de densidad tomando en cuenta las orientaciones, las parcelas con cámara presentaron una tendencia de NorEste (NE) –Este (E) –SurEste (SE). En la dirección NE presentó un decremento promedio de –1 individuo/m^2, la

dirección Este (E) incrementó un promedio de 0.6 individuos/m2 y Sur-Este (SE) con un incremento de 10.33 individuos/m^2. Mientras que las parcelas control no presentaron ninguna tendencia, siendo la orientación NE la que presentó mayor cambio con un incremento promedio de 15,33 individuos/m^2 y la dirección E el menor cambio de densidad con 1 individuo/m2. Cabe indicar que en las parcelas con cámara, en las direcciones NE y E los cambios de densidad fueron negativos es decir hubo una ligero decremento de la densidad en estas parcelas; mientras que todas las parcelas controles los cambios de densidad fueron positivos (figura 13).

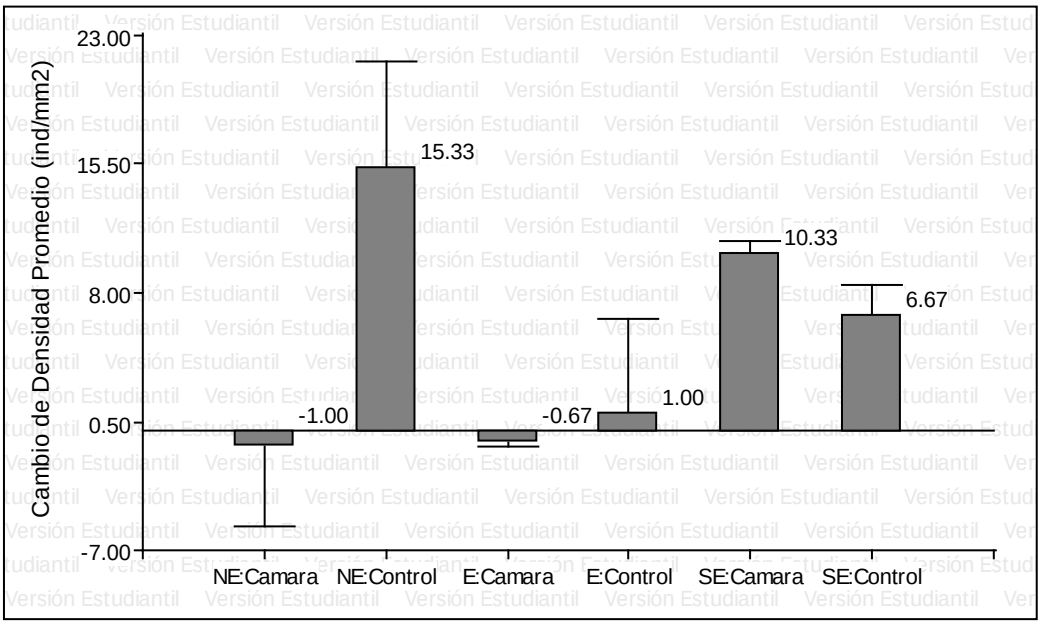


Figura 13. Cambios de densidad de las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) por Orientaciones, las barras indican el error estándar respecto al promedio n=3.

La especie con mayor decremento de individuos es *Disterigma acuminatun*, presentando valores de menos 56 individuos en las parcelas con cámara y menos 49 individuos en las parcelas control, en nueve metros cuadrados. Siguiéndole el *Blechnum cordatum* en la parcela con cámara y *Sisyrinchium tinctorium* para la parcelas control. En la figura 14 se detallan las especies con mayor decremento de número de individuos.

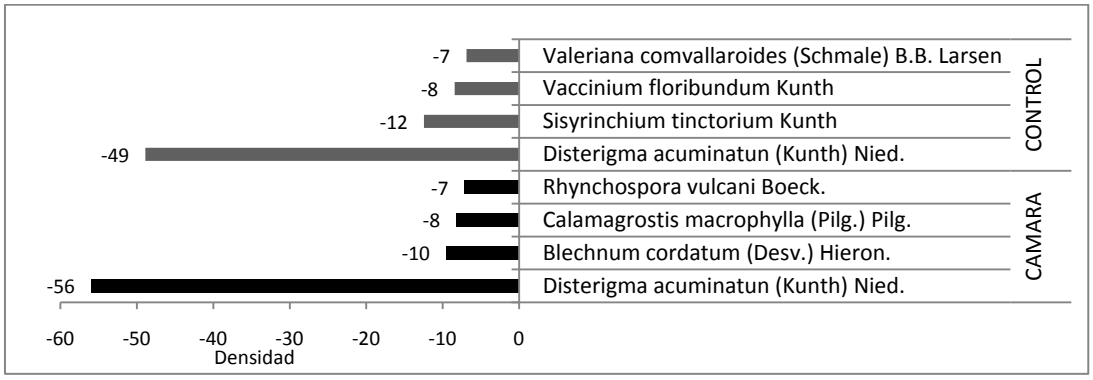


Figura 14. Especies con mayor decremento de individuos en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control).

4.1.2.2. Cobertura de plantas vasculares

En la figura 15 se observan los cambios de porcentaje de cobertura en las unidades experimentales por sitio. Las parcelas con cámara presentan una tendencia a disminuir su cobertura conforme se incrementa la altitud; la cima CIA (3270 msnm) presenta un promedio de 0.60 %; CIB (3320 msnm) -0.87 %; y CIC (3400 msnm) con -12,64%. Mientras que las parcelas controles no presentaron ninguna tendencia, siendo CIA la que obtuvo mayor cambio con 7.95 % y CIC con el menor cambio de porcentaje 3.52.

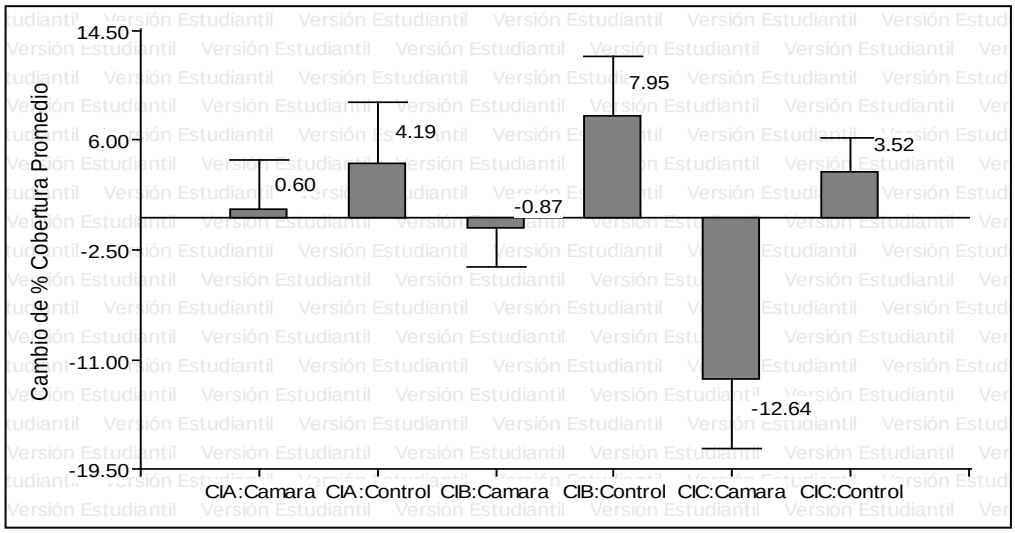


Figura 15. Cambios de porcentaje de cobertura vegetal en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) por sitio, las barras indican el error estándar respecto al promedio n=3.

Tomando en cuenta la orientación, los cambios de porcentaje de cobertura en las parcelas control presentaron una tendencia de NE- E -SE, cuyos valores promedios son 4,27 %; 4,93 % y 6,47 % respectivamente. Las parcelas con cámara no presentaron ninguna tendencia, siendo la orientación SE la que presentó mayor cambio positivos con un promedio de 1,25 % y la dirección NE y E presentaron disminución del porcentaje de cobertura con valores de -6,09 % y -8,07 % respectivamente (figura 16). Es importante mencionar que en las parcelas control el porcentaje promedio de cobertura tiende a aumentar, mientras que en las parcelas con cámara el porcentaje de cobertura tiende a disminuir.

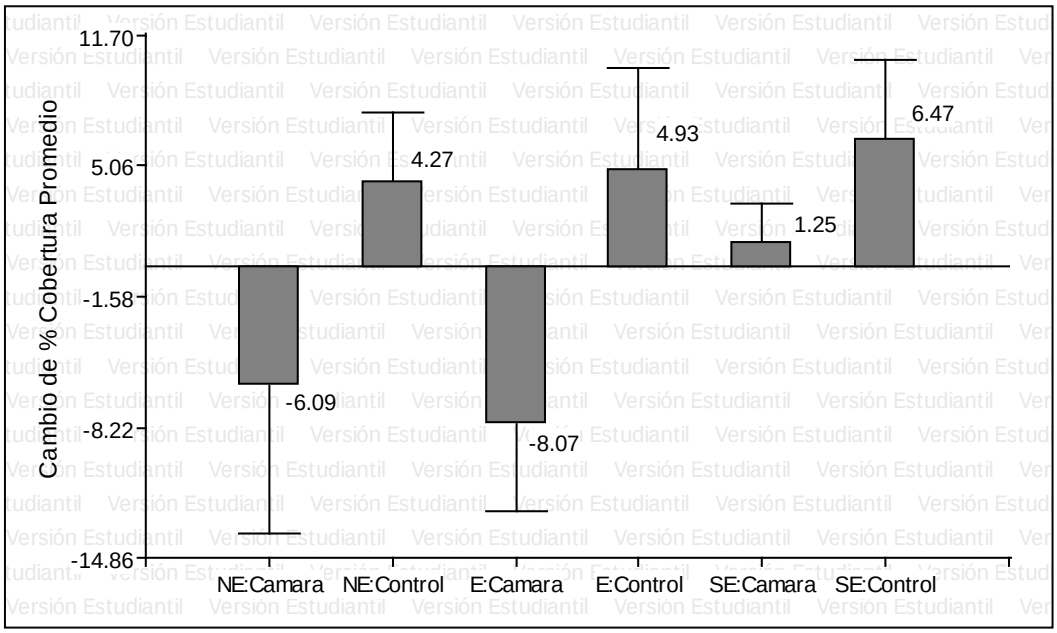


Figura 16. Cambios de porcentaje de cobertura en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) por Orientaciones, las barras indican el error estándar respecto al promedio n=3.

En la figura 17 se indican las especies con mayor decremento de cobertura vegetal en las unidades experimentales. En las parcelas con cámara la especie que presenta mayor disminución de cobertura vegetal es *Calamagrostis macrophylla* (- 30%), seguida de *Neurolepis laegaardii* (-7 %) y *Neurolepis asymetrica* (-7 %); en las parcelas control la especies con mayor reducción de porcentaje es *Valeriana comvallaroides* (-10 %), *Lycopodium clavatum* (-5 %) y *Puya maculata* (-5 %).

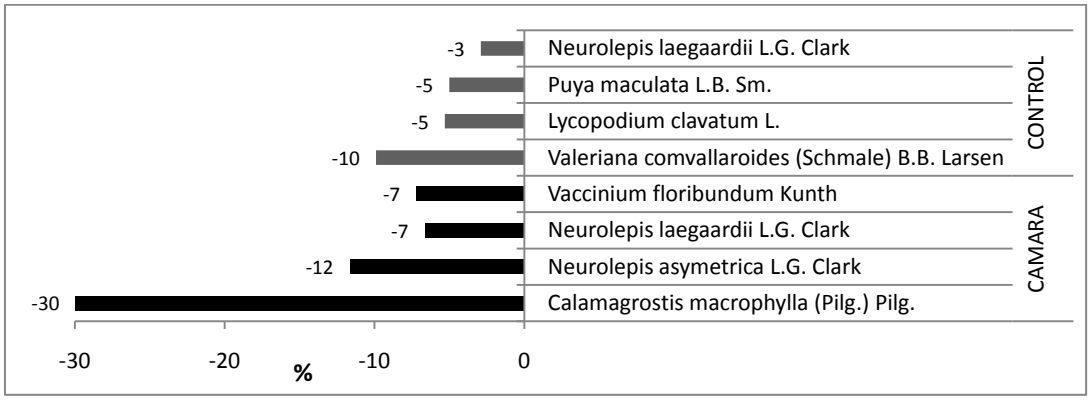


Figura 17. Especies con mayor decremento de porcentaje de cobertura en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control).

4.1.2.3. Diversidad Alfa

En lo que respecta a los cambios de diversidad Alfa (índice de Shannon-Wiener) tomando en cuenta el sitio, las parcelas con cámara y control no presentan ninguna tendencia. Pero es importante mencionar que en las parcelas con cámara, en CIA y CIC presentaron valores negativos es decir disminuye la diversidad; mientras que en todas las parcelas control existe un aumento de diversidad debido a que todos los valores promedios son positivos (figura 18).

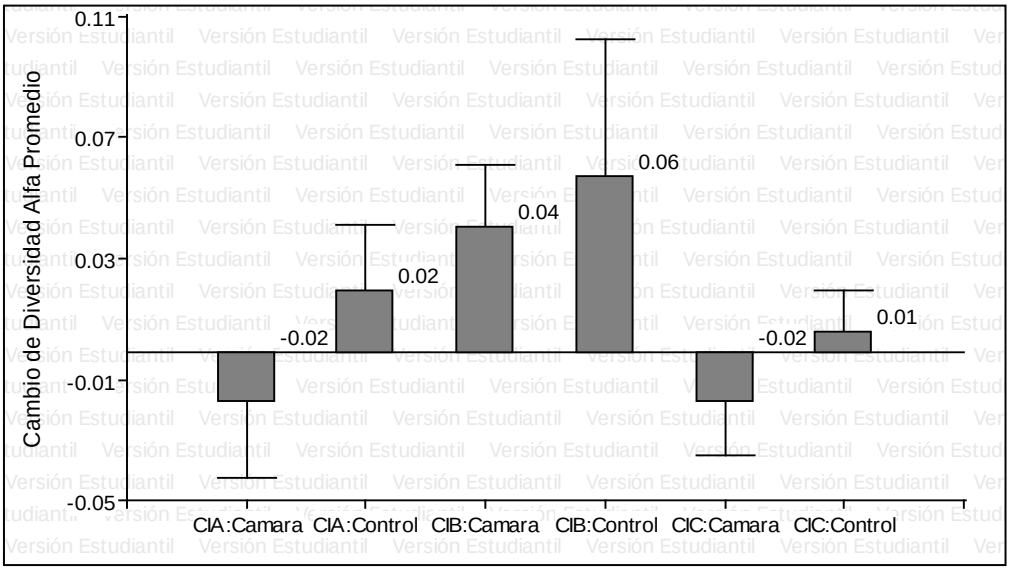


Figura 18. Cambios de diversidad Alfa en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) por sitio, las barras indican el error estándar respecto al promedio n=3.

Al analizar los cambios por orientaciones de la diversidad Alfa en las parcelas con cámara, presentaron valores promedios bajos en relación a las parcelas control (ver figura 19). En la orientación NE – cámara presenta un cambio de 0,02 mientras que en las parcelas control la diversidad alfa aumentó en un promedio de 0.05; en lo relacionado a la orientación E – cámara no existe ningún cambio, a diferencia de las parcelas control que tienen un aumento promedio de 0.01 y; la orientación SE- cámara presenta una ligera disminución de la diversidad con un valor de -0.01 mientras que en las parcelas control aumenta con un valor promedio de 0.03.

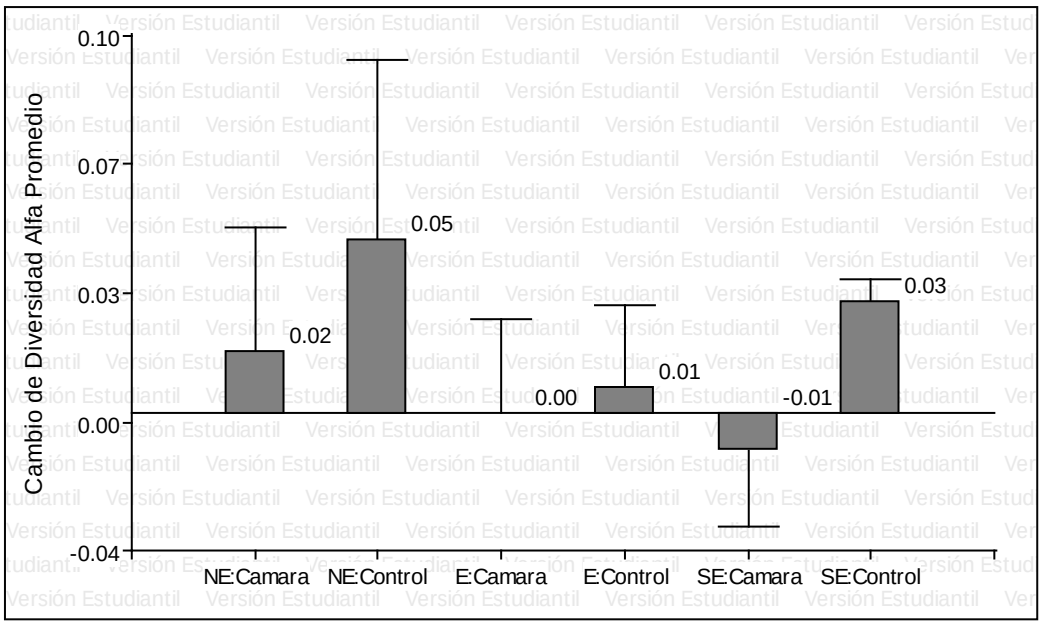


Figura 19. Cambios de diversidad alfa en la flora, en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) por Orientaciones, las barras indican el error estándar respecto al promedio n=3.

4.1.2.4. Incremento de Riqueza Florística

En la figura 20 se presenta el número de especies no registradas en el primer levantamiento de información tanto para las parcelas con cámara y parcelas control. Las parcelas control presentaron mayor incremento de especies con un número de 3 especies para cada cima, mientras que las parcelas cubiertas con cámara el incremento es menor, en la cima CIA y CIC hubo un incremento de una especie y en la CIB 2 especies. La especie con mayor frecuencia es Blechnum cordatum (3 spp.).

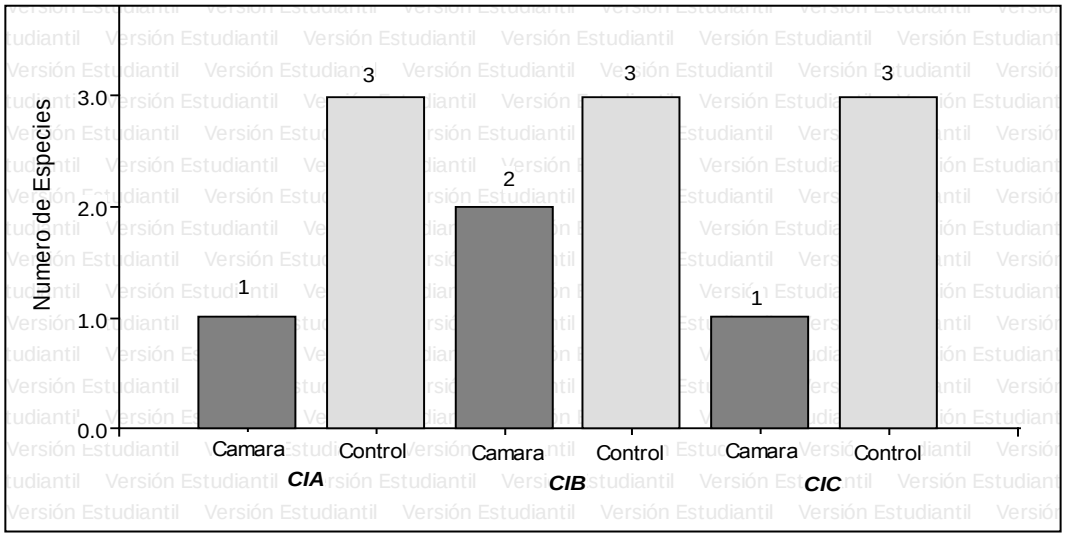


Figura 20. Incremento de especies en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) por sitio.

4.1.3. Análisis estadístico de diversidad y estructura de la vegetación

En la figura 21 se presentan los cambios temporales de las variables medidas en las unidades experimentales. En cuanto a densidad los valores de las medias indican que hay un aumento de densidad tanto para las parcelas con cámara y control. Resaltando que el mayor cambio se da en las parcelas control con un 7, 7 ind/9m^2 de diferencia. El porcentaje de cobertura presenta un decremento en las parcelas con cámara y un aumento de porcentaje en las parcelas control. Mientras que la variable diversidad Alfa las medias indican un aumento tanto para las parcela con cámara y control, señalando que en la parcela cámara el aumento es menor.

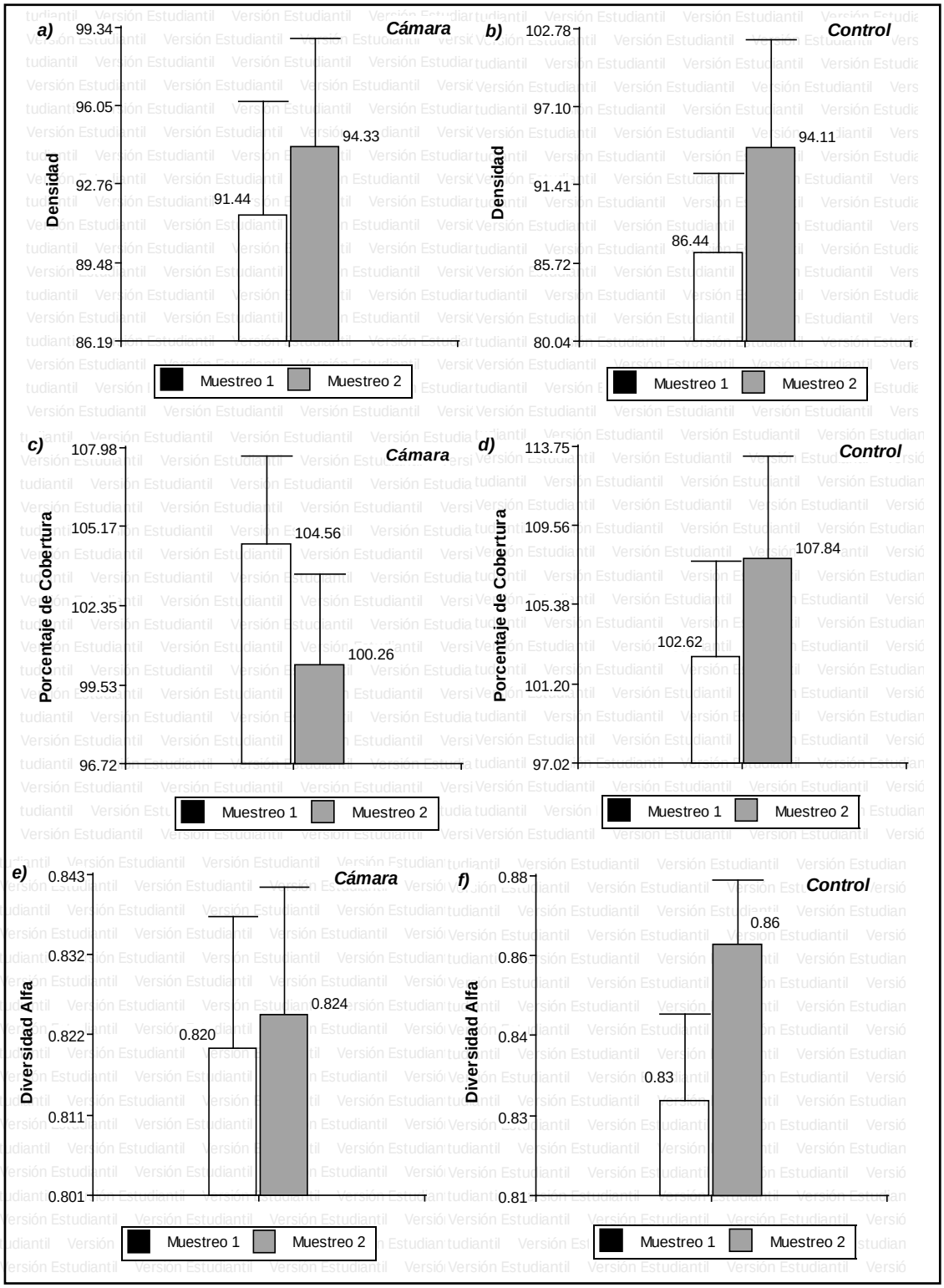


Figura 21. Parámetros ecológicos calculados de flora, en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control); a) y b) Cambios de densidad (ind/m2) en las parcelas con cámara y control entre el muestreo uno y muestreo dos. c)

y d) Cambios de Porcentaje de cobertura (%) en las parcelas con cámara y control entre el muestreo uno y muestreo dos. e) y f) Cambios de la Diversidad Alfa en las parcelas con cámara y control entre el muestreo uno y muestreo dos.

De manera general, en la mayoría de los casos se puede observar que existen cambios positivos, es decir, aumentos tanto de densidad, porcentaje de cobertura y diversidad alfa, sin embargo cabe recalcar que los mayores aumentos siempre se dan en las parcelas control, debido posiblemente a que éstas se encuentran en condiciones naturales a diferencia a las parcelas con cámara.

Sin embargo al aplicar la prueba estadística T para muestras relacionadas, no existen diferencias significativas de las medias entre el primer y el segundo muestreo (con un nivel de significancia de p=0,005) tanto para las parcelas con cámara y parcelas control (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis estadístico aplicando la prueba T para muestras relacionadas (Antes-Después) con un nivel de significancia de p=0,005.

Tratamientos	Parámetros	Muestreo 1		Muestreo 2		Prueba T de muestras relacionadas	Significancia
		Media	Error Típico	Media	Error Típico		
P. Cámara	Densidad	91.44	4,78	94.33	4,55	0,245	No hay diferencias significativa
P. Control	Densidad	86,44	5,82	94.11	7,88	**0.044**	Si hay diferencias significativa
P. Cámara	% de cobertura	104,56	3,11	100,26	3.22	0,183	No hay diferencias significativa
P. Control	% de cobertura	102,62	5,09	107,84	5,36	0,757	No hay diferencias significativa
P. Cámara	Diversidad Alfa	0,82	0,02	0,82	0,02	0,76	No hay diferencias significativa
P. Control	Diversidad Alfa	0,83	0,02	0.86	0,01	0,105	No hay diferencias significativa

A excepción de la variable densidad en las parcelas control, donde si existe una diferencia significativa de las medias. Por lo cual se puede decir que hubo un aumento de números de individuos en las parcelas control, mientras que en las parcelas con cámara no presentó cambios significativos.

Mientras que para comprobar si los cambios son significativos entre tratamientos, la prueba T de muestras independientes, nos indicó que no existe alguna diferencia significativa entre las parcelas con cámara y parcelas control (ver cuadro 10), tomando

en cuenta los datos registrados antes y el después de la colocación de las cámaras; tanto para las variables densidad, porcentaje de cobertura y diversidad Alfa.

Cuadro 10. Análisis estadístico aplicando la prueba T para muestras independientes, con un nivel de significancia de p=0,005.

Tratamientos	Parámetros	Cambios (Muestreo1-Muestreo2)		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias	Significancia
		Media	Error Típico	F	Sig. (bilateral)		
P. Cámara	Densidad	2,89	,0137	,000	**0,993**	**0,244**	No hay diferencias significativa
P. Control	Densidad	7,67	,0166				
P. Cámara	% de cobertura	4,30	2,300	,537	**0**,474	**0,019**	No hay diferencias significativa
P. Control	% de cobertura	5,22	3,215				
P. Cámara	Diversidad Alfa	,003	2,949	,080	**0,780**	**0,249**	No hay diferencias significativa
P. Control	Diversidad Alfa	,029	2,174				

Los valores de la prueba de Levene en el cuadro anterior demuestran en primera instancia no existe diferencias significativas de las medias es decir existe igualdad de varianza puesto que todos los valores p= son mayores a 0,05. El estadístico t con su nivel de significación bilateral, nos informa sobre el grado de compatibilidad entre la hipótesis de igualdad de medias y las diferencia entre medias poblacionales observadas; en el presente caso es mayor que 0.05, la conclusión es que las medidas de tratamiento (cámara y control) no son diferentes es decir no existen cambios significativos en las variables densidad, porcentaje de cobertura y Diversidad Alfa.

4.1.4. Influencia de la temperatura sobre la estructura y composición de las especies vegetales

En la figura 22 se presentan los datos de temperatura registrados durante los meses de monitoreo en las unidades experimentales de muestreo, tanto para las parcelas cubiertas con cámara y parcelas control.

Los datos de temperatura analizados presentan un incremento de temperatura durante el mes de mayo; mientras que el mes de julio la temperatura tiende a disminuir siendo este el mes más frío durante el monitoreo.

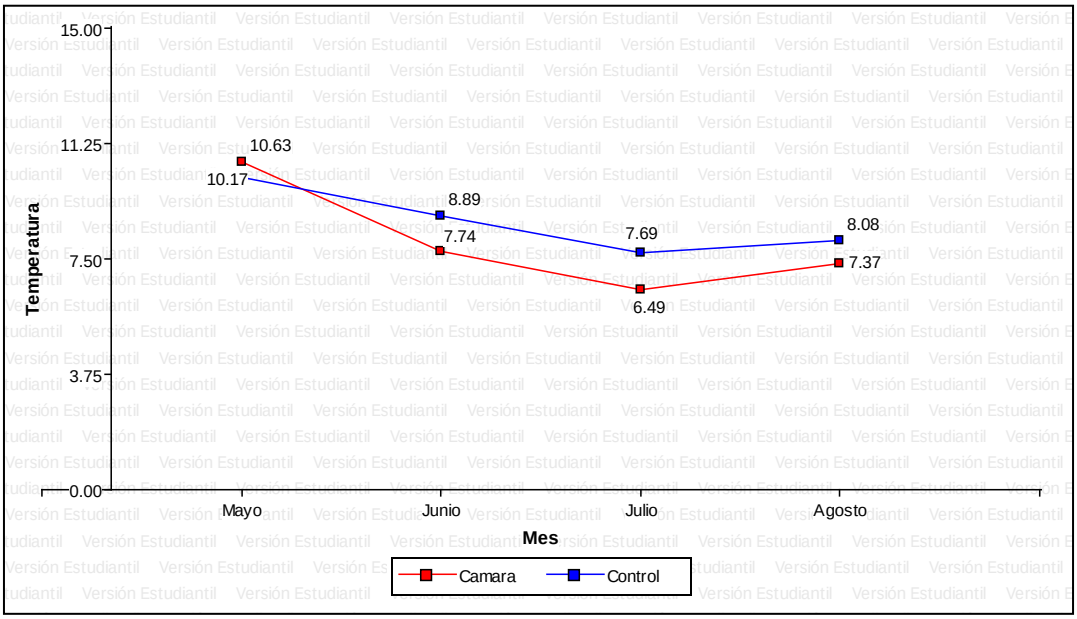


Figura 22. Temperaturas medias mensuales, tomados de los datalogger (cámaras) y sensores a 10 cm de profundidad (controles) de las unidades experimentales de la zona piloto del PNP, durante el período de monitoreo.

En el cuadro 11 se presenta la relación existente entre las variables dependientes (porcentaje de cobertura, densidad, diversidad y riqueza) con la variable independiente (temperatura). El mismo que señala que no existe algún tipo de relación entre estas variables, posiblemente por el tiempo de monitoreo (seis meses).

Cuadro 11. Relación entre las variables dependientes (parámetros florísticos) y variable independiente (temperatura) evaluados en las unidades experimentales de monitoreo de las tres cimas de la zona piloto del PNP (N=9).

Variable Dependiente	Variable Independiente	R^2	Significancia
Porcentaje de cobertura	Temperatura	0.42	No existe Relación
Densidad	Temperatura	0.13	No existe Relación
Diversidad Alfa	Temperatura	0.04	No existe Relación
Riqueza	Temperatura	2.9E-03	No existe Relación

4.2. ESTRATEGIAS LOCALES DE ADAPTACIÓN DE LAS ESPECIES MONITOREADAS ANTE FUTUROS CAMBIOS DE LOS PARÁMETROS CLIMÁTICOS

En el caso del cambio climático, prevenir es por supuesto, mejor que curar; ya se han definido algunos pasos urgentes para reducir el cambio climático, sin embargo, siguen siendo difíciles de alcanzar (IPCC, 2007). El cambio climático ya empezó y, a medida que las temperaturas globales sigan aumentando, será necesario desarrollar estrategias para conservar especies y hábitats incapaces de adaptarse al cambio climático (FAO, 2013).

Dada la importancia que los ecosistemas de páramo representan tanto en términos de biodiversidad como de su función en los procesos de producción y regulación hídrica, las estrategias propuestas están orientadas a contribuir a la conservación de esta área, de manera tal que se garantice en forma permanente la prestación de bienes y servicios ambientales que estos ecosistemas ofrecen.

4.2.1. Principales problemas ambientales que afectan a la biodiversidad del páramo del Parque Nacional Podocarpus

A continuación se presentan los cuadros con los resultados de la encuesta aplicada a los 10 expertos que participaron en el proceso de identificación y priorización de los principales aspectos ambientales que afectan a la biodiversidad del páramo del Parque Nacional Podocarpus.

→ **Gestión del área protegida, en relación a procesos de mejora del manejo de páramos:**

La mayoría de los expertos consideran que el aspecto Información de los páramos en una base de datos, bajo un sistema de Información Geográfica es la que menor gestión presenta; seguido de Elementos de información para la toma de decisiones e Información climática del páramo (ver cuadro 12).

Cuadro 12. Priorización de la gestión del área protegida, en relación a procesos de mejora del manejo de páramos, en base a encuestas dirigida a expertos.

		Bajo (1)	Medio (2)	Alto (3)	Total votaciones	Promedio Ponderado	Ranking Final
1	Apoyo en procesos investigativos.	2	5	3	10	2.1	6
2	Accesibilidad, señalética y mantenimiento de senderos.	3	6	1	10	1.8	5
3	**Elementos de información para la toma de decisiones.**	5	5	0	10	1.5	**2**
4	Formulación de propuestas de conservación y manejo.	4	5	1	10	1.7	4
5	Información sobre servicios ecosistémicos que prestan los páramos.	3	6	1	10	1.6	**3**
6	**Información de los páramos en una base de datos, bajo un sistema de Información Geográfica.**	8	2	0	10	1.2	**1**
7	Información climática del páramo.	4	6	0	10	1.6	**3**

→ **Impactos de la actividad turística en los páramos del Parque Nacional Podocarpus:**

En lo referente a los principales impactos de la actividad turística en los páramos del Parque Nacional Podocarpus, el Pisoteo y extracción de la flora (cerca de senderos) es el mayor impacto considerado por los expertos; seguido de apertura de nuevos caminos y contaminación del suelo por restos de residuos sólidos (ver Cuadro 13).

Cuadro 13. Priorización de impactos de la actividad turística, en los páramos del PNP, en base a encuestas dirigida a expertos.

		Bajo (1)	Medio (2)	Alto (3)	Total votaciones	Promedio Ponderado	Ranking Final
1	Compactación del suelo.	7	2	1	10	1.4	3
2	**Pisoteo y extracción de la flora (cerca de senderos).**	2	8	0	10	1.8	**1**
3	Cambios, alteración o eliminación de la cubierta vegetal.	7	3	0	10	1.3	4
4	Perturbación a la fauna.	4	5	1	10	1	6
5	Contaminación del suelo por restos de residuos sólidos.	5	4	1	10	1.6	**2**
6	Apertura de nuevos caminos.	6	2	2	10	1.6	**2**
7	Disminución de la calidad de paisaje.	7	3	0	10	1.3	5

→ **Grado de percepción de la sociedad en temas de educación ambiental:**

La mayoría de los expertos coinciden que el aspecto con menor grado de importancia y conocimiento por parte de sociedad es la vinculación de la colectividad con el ecosistema páramo, y el conocimiento sobre causas e impactos actuales y futuros del cambio climático en páramos (ver Cuadro 14).

Cuadro 14. Priorización del grado de percepción de la sociedad en temas de educación ambiental, en los páramos del PNP, en base a encuestas dirigida a expertos.

		Bajo (1)	Medio (2)	Alto (3)	Total votaciones	Promedio Ponderado	Ranking Final
1	Importancia del ecosistema páramo como proveedor de servicios ambientales.	7	2	1	10	1.4	3
2	**Vinculación de la colectividad con el ecosistema páramo.**	9	1	0	10	1.1	**1**
3	Conocimiento sobre causas e impactos actuales y futuros del cambio climático en páramos.	7	3	0	10	1.3	2
4	Uso del ecosistema páramo para actividades de formación/capacitación	7	3	0	10	1.3	2

→ **Potenciales impactos del Cambio Climático en el páramo del PNP:**

Entre los potenciales impactos del cambio climático, la Extinción local de especies de flora y fauna es la que mayor preocupación presenta para los expertos encuestados. El resto de impactos presentan una misma valoración indicando que todos tienen un mismo nivel de importancia para los expertos (ver cuadro 15).

Cuadro 15. Priorización de los potenciales impactos del cambio climático en el páramo del PNP, en base a encuestas dirigida a expertos.

		Bajo (1)	Medio (2)	Alto (3)	Total votaciones	Promedio Ponderado	Ranking Final
1	Pérdida de la diversidad biológica	1	5	4	10	2.3	3
2	Cambios en la estructura del ecosistema	1	3	6	10	2.5	**2**
3	Alteraciones en los patrones fenológicos de las especies.	1	3	6	10	2.5	2
4	Alteraciones en la fisiología de especies.	0	5	5	10	2.5	2
5	**Extinción local de especies de flora y fauna.**	1	2	7	10	2.6	**1**

4.2.2. Formulación de estrategias de adaptación para la conservación de la biodiversidad del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus

Las estrategias están diseñadas en base a los resultados de las encuestas aplicadas a los expertos que participaron en el proceso de identificación y priorización de los principales aspectos ambientales que afectan a la biodiversidad del páramo del Parque Nacional Podocarpus (Cuadro 16).

Cuadro 16. Definición de estrategias en base a los resultados obtenidos mediante la aplicación de encuestas dirigidas a Expertos.

Aspectos prioritarios	Problemática identificada	Estrategias
Elementos de información para la toma de decisiones.	Escasa información para la toma de decisiones.	→ Implementación de una base de datos, bajo una plataforma SIG. → Implementación de un sistema de monitoreo climático en el Ecosistema Páramo del Parque Nacional Podocarpus. → Generar información sobre servicios ecosistémicos que prestan los páramos.
Pisoteo y extracción de la flora (cerca de senderos).	Altos niveles de pisoteo en la zona de paramos.	→ Educación, capacitación y difusión sobre la importancia de páramos y el cambio climático en el Ecuador en sus aspectos de vulnerabilidad, adaptación y mitigación.
Vinculación de la colectividad con el ecosistema páramo.	Baja vinculación de la colectividad con el ecosistema páramo.	
Extinción local de especies de flora y fauna.	Posible extinción local de especies de flora y fauna, ante futuros incrementos de temperatura.	

A continuación se detallan las estrategias y sus respectivos programas para orientar las acciones a tomar a las respectivas entidades y organizaciones. Se identifican, las actividades prioritarias, y las entidades responsables de su ejecución.

Estrategia 1. Implementación de una base de datos, bajo una plataforma SIG

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) es una herramienta que utiliza una plataforma tecnológica que permite ubicar, localizar, analizar y modelar información georeferenciada, representada por eventos u objetos que existen y/o suceden sobre la tierra (OSINFOR, 2013).

La aplicación de los SIG en estudios relacionados con el medio ambiente, permiten tener acceso a información cartográfica, que brinda elementos útiles para el diagnóstico y generación de propuestas de manejo de los recursos locales. Además, aportan en la construcción de nuevos procesos de percepción del territorio, así como también permiten que la población cuente con una base de datos que puede ser actualizada con mayor facilidad y en menos tiempo. Otra ventaja de la utilidad de los SIG en este tipo de estudios es que permite realizar evaluaciones presentes y futuras del comportamiento de los recursos naturales en función de las actividades realizadas (Monge y Narváez, 2006; Díaz, *et al.*, 2008).

Por tal razón se ha creído conveniente plantear una estrategia encaminada a la implementación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) para el ecosistema de paramo del parque Nacional Podocarpus, en el cuadro 17, se menciona la propuesta con los objetivos y actividades planteadas.

Cuadro 17. Objetivos, actividades y entidad responsable de la ejecución para la implementación de una base de datos, bajo un sistema de Información Geográfica.

Objetivos estratégicos	Actividades	Responsables de ejecución.
Objetivo estratégico 1 Diseñar una plataforma de Sistema de Información Geográfica	→ ***Actividad 1.1*** Definición de la zona de estudio. → ***Actividad 1.2*** Recolección y adquisición de información existente sobre mapas, fotografías aéreas, puntos de GPS etc., de los páramos del Parque Nacional Podocarpus. → ***Actividad 1.3*** Recolección y adquisición de información georreferenciada para la zona de estudio. → ***Actividad 1.4*** Análisis y procesamiento de la información obtenida. → ***Actividad 1.5*** Generación de información cartográfica digital del área de estudio. → ***Actividad 1.6*** Estructuración de una plataforma SIG bajo los estándares de generación de información cartográfica a nivel nacional. → ***Actividad 1.7*** Definir los programas y equipos para el SIG, de manera que satisfagan los requerimientos para producción de mapas, datos tabulares y procesamiento digital de imágenes (recursos humanos, económicos y logísticos para la operativización de la actividad).	Ministerio del Ambiente. Ilustre Municipio de Loja. Organizaciones No Gubernamentales.

Cuadro 17…. Continuación

Objetivo estratégico 2 Sistema de información geográfico establecido.	→ ***Actividad 2.1*** Aprobación de redes y base de datos. → ***Actividad 2.2*** Prueba de las aplicaciones, instalación y prueba del nuevo sistema. → ***Actividad 2.3*** Entrega del sistema para puesta en funcionamiento. → ***Actividad 2.2.*** Concretar políticas de mantenimiento y actualización del sistema.	Ministerio del Ambiente. Ilustre Municipio de Loja. Organizaciones No Gubernamentales.

Estrategia 2: Implementación de un sistema de monitoreo climático en el Ecosistema Páramo del Parque Nacional Podocarpus

Los ecosistemas de páramo son categorizados como uno de los sitios con mayor biodiversidad del mundo, considerado por algunos como archipiélago biológico (Pauli *et al*. 2003; Azócar, 1981). El monitoreo de este ecosistema alto andino frente a los impactos del cambio climático, es esencial, ya se podrá definir como es el comportamiento de la flora frente a este tipo de variaciones (Eguiguren y Ojeda, 2009).

La información climática del parque es escasa y, en la mayoría de los casos, incompleta y no actualizada. La red actual de control tiene muy pocas estaciones meteorológicas y se encuentran ubicadas fuera de sus límites (INEFAN y Fundación Natura, 1997).

Este eje estratégico considera el establecimiento de un sistema de monitoreo climático a través de la instalación de estaciones meteorológicas en campo, lo cual se espera genere información útil de la situación actual del páramo del PNP que sirva como base para la planificación de medidas de adaptación.

En el cuadro 18 se plantea dos objetivos estratégicos y sus respectivas actividades para el cumplimento de la estrategia:

Cuadro 18. Objetivos, actividades y entidad responsable de la ejecución para la implementación de un sistema de monitoreo climático en el Ecosistema Páramo del Parque Nacional Podocarpus.

Objetivos estratégicos	Actividades	Responsables de ejecución.
Objetivo estratégico 1 Plan de trabajo detallado y diseño conceptual del sistema de monitoreo climático**.**	→ ***Actividad 1.1*** Búsqueda del lugar idóneo para el establecimiento de un sistema de monitoreo climático en los páramos del PNP (precipitación, temperatura, velocidad del viento, etc) y el análisis de la información generada. → ***Actividad 1.2.*** Definición de potenciales usuarios del sistema de monitoreo y análisis de la información para la adaptación al cambio climático, con la finalidad de generación y uso de información científica para la toma de decisiones. → ***Actividad 1.3.*** Socialización del diseño del sistema de monitoreo a los actores competentes.	Ministerio del Ambiente Ilustre Municipio de Loja Organizaciones No Gubernamentales
Objetivo estratégico 2: Sistema local de monitoreo del páramo establecido, lo cual incluye las estaciones instaladas y funcionando, así como los acuerdos con las partes interesadas para el análisis de los datos de las estaciones.	→ ***Actividad 2.1*** Instalación y funcionamiento de la estación de monitoreo climático. → ***Actividad 2.2.*** Programa de capacitación a actores competentes para el manejo y mantenimiento de las estaciones de monitoreo. → ***Actividad 2.3.*** Convenio con universidades e instituciones, para el uso de la información y análisis de los datos. → ***Actividad 2.4.*** Difusión a la comunidad en general de la existencia y beneficios de un sistema de monitoreo climático.	Ministerio del Ambiente Ilustre Municipio de Loja Organizaciones No Gubernamentales

Estrategia 3. Generar información sobre servicios ecosistémicos que prestan los páramos del PNP

Los páramos han sido sometidos a severos procesos de transformación como consecuencia de actividades que afectan su funcionamiento, lo que conlleva a una disminución de la disponibilidad y calidad de los bienes y servicios que estas áreas generan (Hofstede, 2003). En particular los páramos del PNP tienen un bajo nivel de intervención, debido principalmente a lo accidentado del terreno y al difícil acceso (INEFAN y Fundación Natura, 1997).

Según Andrade *et al.* (2011) las Instituciones en su gestión se han visto enfrentadas al desconocimiento de la complejidad del fenómeno que representa el vínculo entre la gestión ambiental de un ecosistema y las condiciones de vida de las poblaciones que de él dependen, en razón a la falta de información pertinente y de indicadores que permitan orientar su gestión y sus decisiones.

Esta estrategia considera la generación de información sobre los servicios ecosistémicos que prestan los páramos del PNP, de manera de poder contribuir con información necesaria para la toma de decisiones; con la finalidad que estos beneficios puedan mantenerse a lo largo del tiempo.

A continuación se plantean tres objetivos estratégicos y sus respectivas actividades para el cumplimento de la estrategia (cuadro 19):

Cuadro 19. Objetivos, actividades y entidad responsable de la ejecución para generación de información sobre servicios ecosistémicos que prestan los páramos del PNP.

Objetivos estratégicos	Actividades	Responsables de ejecución.
Objetivo estratégico 1 Valoración de servicios ecosistémicos hídricos (calidad y cantidad)	→ ***Actividad 3.1.*** Definición de las necesidades de información y selección de métodos apropiados. → ***Actividad 3.2.*** Diagnóstico ambiental del recurso hídrico. → ***Actividad 3.2.*** Valoración económica del servicio ecosistémicos hídricos (calidad y cantidad)	Ministerio del Ambiente Ilustre Municipio de Loja Organizaciones No Gubernamentales
Objetivo estratégico 2 Valoración de los servicios generados por la biodiversidad	→ ***Actividad 3.1*** Definición de las necesidades de información y selección de métodos apropiados → ***Actividad 3.2.*** Identificación y caracterización de los servicios generados por la biodiversidad. → ***Actividad 3.2.*** Valoración económica de los servicios generados por la biodiversidad.	Ministerio del Ambiente. Ilustre Municipio de Loja. Organizaciones No Gubernamentales.
Objetivo estratégico 3 Medición de la reserva de carbono	→ ***Actividad 3.1*** Establecimiento de un marco de análisis sobre el carbono → ***Actividad 3.2.*** Diagnóstico de los datos existentes sobre carbono → ***Actividad 3.1*** Muestreo y medición de la reserva de carbono	Ministerio del Ambiente. Ilustre Municipio de Loja. Organizaciones No Gubernamentales.

Estrategia 4: Educación, capacitación y difusión sobre la importancia de páramos y el cambio climático en el Ecuador en sus aspectos de vulnerabilidad, adaptación y mitigación

Se requiere elevar el nivel de conciencia y participación de la sociedad en materia de cambio climático mediante la educación, la capacitación y la difusión (información y comunicación) (Comisión Intersecretarial del Cambio Climático, 2012). Este eje estratégico hace énfasis a las causas y efectos negativos del cambio climático principalmente en ecosistemas de páramo y las medidas adaptación necesarias que se debería adoptar para contrarrestar los efectos negativos del CC.

A continuación se plantean dos objetivos estratégicos y sus respectivas actividades para el cumplimento de la estrategia (ver cuadro 20):

Cuadro 20. Objetivos, actividades y entidad responsable de ejecución de la estrategia de educación, capacitación y difusión sobre la importancia de páramos y el cambio climático en el Ecuador en sus aspectos de vulnerabilidad, adaptación y mitigación.

Objetivos estratégicos	Actividades	Responsables de ejecución.
Objetivo estratégico 1 Educación y capacitación	→ ***Actividad 3.1*** Diseño e implementación de un plan de educación ambiental formal en el sistema educativo de la ciudad de Loja, en el que eduque sobre la causa y los impactos actuales y futuros del cambio climático en el Ecuador y las medidas que se debería tomar para reducir los efectos negativos de este fenómeno. → ***Actividad 3.2.*** Diseño e implementación de un sistema de interpretación ambiental, dirigido a centros educativos y turistas. En el que se eduque sobre la importancia de los páramos mediante el contacto directo con el recurso y la utilización de técnicas, pretendiendo despertar el interés, cambio de actitud, entendimiento y disfrute del visitante.	Ministerio del Ambiente. Ilustre Municipio de Loja. Organizaciones No Gubernamentales.
Objetivo estratégico 2 Información y de comunicación	→ ***Actividad 4.1*** Diseño e implementación de campañas permanentes de sensibilización y comunicación principalmente sobre cambio climático y la importancia de la conservación de páramos, con el apoyo de material gráfico y audio visual. → ***Actividad 4.2.*** Desarrollar campañas no formales de difusión y sensibilización sobre las causas y efectos del cambio climático y medidas que se debería tomar para reducir los efectos negativos de este fenómeno. Mediante la ayuda de medios de comunicación. ***Actividad 4.3.*** Dar a conocer las distintas acciones que realizan las instituciones competentes y ONGs, a fin de que la sociedad participe en ellas.	Ministerio del Ambiente. Ilustre Municipio de Loja. Organizaciones No Gubernamentales.

5. DISCUSIÓN

El ecosistema de páramo es indispensable ya que provee de agua a diferentes comunidades de la provincia de Loja y juega un importante papel en la lucha contra el cambio climático como acumulador de carbono (Calatayud *et al*., 2009)

5.1. ANÁLISIS DE MANERA EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO DE ESPECIES DE VEGETACIÓN DE PÁRAMO ANTE EL INCREMENTO INDUCIDO DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL

5.1.1. Aspectos metodológicos de la evaluación del comportamiento de la vegetación de paramo frente al calentamiento inducido experimentalmente

Numerosos estudios experimentales y observacionales han puesto en manifiesto los cambios en las comunidades vegetales en respuesta al reciente cambio climático. Algunos de los más grandes y bien documentados son los cambios en la vegetación de la tundra, en particular en el Ártico, donde la biomasa se ha incrementado, la diversidad vegetal ha disminuido y arbustos se han expandido. Estos resultados se observaron primero en experimentos de manipulación, tales como el Experimento Internacional Tundra (ITEX Red), que utilizan cámaras de techo abierto (OTC) que aumentan pasivamente la temperatura ambiente (Wahren, *et al.* 2013).

La metodología aplicada para el presente estudio se basó en la investigación de García (2010), el cual utiliza cámaras abiertas de policarbonato transparente que aumenta pasivamente la temperatura de 1 a 2 ^{o}C.; y en la metodología desarrollada por Báez *et al.* (2012)[4], el mismo que se basa en los lineamientos y protocolos metodológicos de tres redes mundiales de monitoreo ecológico y de cambio climático: primero consideraron los protocolos de la Red de Nutrientes (Nutrient Network - NutNet), que tiene como objetivo monitorear y realizar estudios experimentales a largo plazo en temas de ecología y

[4] "Manual de Monitoreo y evaluación de la diversidad de plantas vasculares y productividad de ecosistemas herbáceos alto andinos a los efectos del cambio climático"

ecosistemas en vegetación herbácea. La NutNet está formada por 63 sitios alrededor del mundo, con dos sitios de investigación en América del Sur.

En segundo lugar, la red de Internacional de Experimentos en Tundra (International Tundra Experiments - ITEX) ha promovido estudios experimentales para conocer los efectos del calentamiento global en ecosistemas de tundra. Actualmente incluye 61 sitios en la zona ártica. Finalmente, la Red Global de Observación e Investigación en Ambientes Alpinos (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments - GLORIA), que al momento agrupa 64 sitios de monitoreo en el mundo, de los cuales 15 se encuentran en la región andina (Elmendorf *et al*., 2012; Báez *et al.*, 2012).

Dentro de este protocolo que fue generado con el propósito de proveer una metodología estandarizada para el monitoreo y experimentación de plantas vasculares en ecosistemas herbáceos (Báez *et al*., 2012), se introdujeron una serie de cambios metodológicos en relación a lo recomendado, por ejemplo con respecto al diseño experimental el cual recomiendan un diseño de bloque completamente aleatorio con tres bloques, cada bloque con 10 unidades experimentales. Sin embargo para aplicar este diseño se requiere áreas que tengan uniformidad con respecto a ciertos parámetros tales como: suelo, cobertura vegetal, ángulo de inclinación, y exposición. Además recomienda que el sitio tenga un área homogénea mayor a 1000 m^2. En vista de que estas consideraciones no se asemejan a nuestra área de estudio debido principalmente a la topografía de las cimas (Eguiguren y Ojeda, 2009), se planteó la distribución de las unidades experimentales siguiendo las siguientes direcciones geográficas Nor-Este, Este y Sur-Este. Se excluyó las demás direcciones geográficas debido a los niveles de pendientes muy pronunciadas.

Además estas direcciones cumplieron con recomendaciones dadas en el protocolo desarrollado por Báez *et al*. (2012), donde se señala que las áreas seleccionadas deben estar libre de alteraciones naturales (ej. pisoteos), y presentar pendientes similares. Como también se tomó en cuenta la recomendación dada por el proyecto MICCAMBIO, el no interferir con estudios de monitoreo que se encuentran en ejecución en la zona de estudio.

Otra de las modificaciones fue que no se realizó ningún tipo de manipulación de nutrientes, la disponibilidad de luz, biomasa aérea y muestreo de suelos, debido a la disponibilidad del tiempo y recursos económicos limitados. Pero sería recomendable desarrollarlas en futuras investigaciones.

Según Báez *et al*. (2012) indica que idealmente, el experimento deberá durar 10 años. La metodología presentada han sido desarrollada tomando en cuenta las siguientes características: 1) proponer sistemas simples y poco costosos, 2) tener estructuras que puedan permanecer en el campo durante todo el año, 3) tener estructuras que puedan soportar cambios ambientales, 4) utilizar métodos que causen un aumento sustancial en la temperatura , y 5) minimizar efectos ecológicos no deseados.

Para la determinación de cambios a nivel de la comunidad en la composición de la vegetación. Se levantó información sobre las características del hábitat, medidas de la estructura de la comunidad (porcentaje de cobertura y número de individuos de cada especie); siguiendo la metodología aplicada por Eguiguren y Ojeda (2009); Alulima y Cajamarca (2013) para la estimación de cobertura.

Cabe indicar que el estudio desarrollado por García (2010) monitoreó a tres especies representativas del área de estudio (Reserva El Ángel), utilizando variables fenológicas[5] como indicadoras de cambios; Mientras que el presente estudio monitoreó a nivel de comunidad vegetal variables como densidad, cobertura vegetal y diversidad alfa; se tomó en cuenta éstos parámetros con indicadores de cambio principalmente por la existencia de vegetación densa (Eguiguren y Ojeda, 2009) que dificulta el monitoreo por especies.

[5] Número de hojas, altura máxima y número de flores (El estudio desarrollado por García, 2010).

5.1.2. Composición y estructura de la diversidad de especies vegetales en las unidades experimentales

En general los sitios de muestreo establecidos reportan valores de diversidad alto en los dos indicadores medidos principalmente (riqueza, y diversidad). A nivel de riqueza de especies, el número de especies registradas tanto para las parcelas con cámara y parcelas control es de 65 especies en 18 m^2. Situación que se relaciona con los resultados obtenidos por Alulima y Cajamarca (2013) realizados en la misma área de estudio, presentando 86 especies pero en 48 m^2; lo que significa que se abarcó el 75 % de las especies encontradas por este estudio. Según Cuesta *et al.,* (2012) la alta riqueza del Podocarpus podría ser el resultado de las características ambientales locales y su historia biogeográfica. En estos páramos, debido a la alta radiación y al frío adiabático, producto de la influencia de la corriente de Humboldt, se produce una reducción en los rangos de distribución altimétricos de las áreas de vida, razón por la cual aquí el límite inferior del páramo se encuentra 300/400 metros más abajo que en el resto de páramos de Ecuador. Adicionalmente, la precipitación total anual reportada para estos páramos es mayor a los 3.000 mm y la presencia de nubes es muy frecuente, por lo que la temperatura ambiental promedio es próxima a los 10 ºC. Debido a estas condiciones climáticas locales, la vegetación de estos páramos es fisonómicamente mucho más similar a un bosque montano que a un herbazal montano, por lo que comúnmente se los define cómo páramos arbustivos azonales.

Un patrón similar se observa con el índice de diversidad de Shannon. Las unidades experimentales presentaron altos valores de diversidad (promedio de 0,86). Situación que lo confirma estudios realizados anteriormente en el sitio, pero con mayor área de muestreo, presentando promedios de índice de diversidad de 0.85 y 0.83 en diferentes años Eguiguren y Ojeda (2009) y Alulima y Cajamarca (2013) respectivamente. Cuesta, *et al*. (2012) indica que los páramos del PNP presenta los valores más altos de diversidad en páramos arbustivos en comparación con los páramos del Parque Nacional El Cocuy (Colombia), Reserva Ecológica El Ángel (Ecuador), Complejo Volcánico (Perú), Sibinacocha — Cordillera de Vilcanota (Perú).

Adicionalmente, se caracterizó parámetros ecológicos como diversidad por familia, densidad, densidad relativa, porcentaje de cobertura, exclusividad y endemismo. En cuanto a diversidad por familia, densidad relativa y porcentaje de cobertura los resultados coinciden con estudios realizados anteriormente en la misma zona de estudio por Alulima y Cajamarca (2013); Guzmán y Salinas (2010); Eguiguren y Ojeda (2009) siendo la familias más diversas en el presente estudio la Asteraceae, Ericaceae y Poaceae, mientras que la especie con mayor número de individuos la *Disterigma acuminatum*. Con respecto a la cobertura de las unidades experimentales, el estrato dominante corresponde a la categoría de plantas vasculares; siendo las especies con mayor cobertura vegetal en la unidades experimentales Neurolepis *asymetrica, Hypericum lancioides, Calamagrostis macrophylla* entre otras. Los resultados de la investigación no difieren mucho con los estudios mencionados anteriormente debido a que se encuentra en la misma zona de estudio pero con diferente área muestreo.

En cuanto a endemismo y exclusividad, las unidades experimentales registran 8 especies endémicas del Ecuador, en una área de 18 m^2, esto se relaciona con el estudio realizado por Eguiguren y Ojeda (2009) donde se registró 20 especies en 48 m^2, lo que significa que abarcamos el 40 %; esto indica que existe un alto grado de endemismo en relación al área muestreada. Esto se deba posiblemente a que estos páramos forman parte de la región conocida como Amapote-Huacabamba, la cual constituye uno de los centros más importantes de endemismo de los Andes del Norte, debido a su natural confinamiento entre la depresión de Paute Girón en el centro-sur del Ecuador y la depresión de Huancabamba en el norte del Perú; este confinamiento se expresa en su flora, la que registra 61 familias, 93 géneros y 221 especies, de las cuales 68 son exclusivas de los páramos arbustivos del Podocarpus (Bendix, 2010; Cuesta *et al.*, 2012).

Las especies localizadas en un solo sitio, consideradas como exclusivas para cada cima, así como las endémicas con distribución más restringida y estado de conservación menor, encontradas en la zona piloto del PNP, podrían tener mayores probabilidades de ser

afectadas por el cambio climático debido a que se desarrollan en microclimas muy específicos (Eguiguren y Ojeda, 2009).

5.1.3. Análisis de posibles cambios en la diversidad de especies vegetales por el aumento inducido de temperatura

Para el análisis de los posibles cambios se utilizó valores de las diferencias entre el segundo muestreo y el primer muestreo siguiendo la metodología del estudio realizado por García (2010) sobre la interacción de las quemas y el calentamiento experimental sobre la regeneración de la vegetación de Páramo en el noroccidente del Ecuador.

El presente estudio analizó las siguientes variables como indicadoras de cambios: densidad, porcentaje de cobertura y diversidad alfa en función de la ubicación de las unidades experimentales de tratamiento por la altitud y orientación.

En cuanto a densidad en función de la altitud existieron cambios positivos es decir hubo un aumento del número de individuos durante el tiempo de monitoreo, sin embargo hay que mencionar que las parcelas que no se les aplicó tratamiento alguno (control) existió una tendencia a medida que aumenta la altitud aumentó el número de individuos, evidenciando que existe un incremento de especies herbáceas conforme aumenta la gradiente altitudinal, caso similar sucede con los estudios realizado por Alulima *et al.* (2013) y Mazzola *et al.* (2008). Por lo contrario en las parcelas sometidas a calentamiento esta tendencia no existe aunque su aumento de números de individuos fue positivo, pero fue baja en comparación con las parcelas control, esto posiblemente a que el aumento de la temperatura altera el comportamiento normal de la biodiversidad. Según Herranz *et al.* (2009) el cambio climático pueden producir desincronizaciones en las interacciones entre las especies, por ejemplo entre las plantas y sus polinizadores o entre las plantas y sus herbívoros, alterando así la estructura de las comunidades.

En lo referente al porcentaje de cobertura en las parcelas sometidas a calentamiento en función de la altitud, presentó una tendencia, a medida que aumenta la gradiente altitudinal

el porcentaje de cobertura disminuyó, mientras que las parcelas control no presentaron alguna tendencia, además los cambios no fueron significativos, pero sus valores fueron positivos es decir hubo un incremento de porcentaje de cobertura durante el tiempo de monitoreo. En estudios realizados en sitios de ITEX, entre 2004 y 2010, existieron cambios en cuanto a cobertura vegetal, por ejemplo en cobertura de graminoide se redujo en un 25%, mientras que la cubierta de herbáceas y arbustos aumentó un 9% y 20%, respectivamente (Wahren *et al.,* 2013).

En cuanto a la diversidad alfa (índice de Shannon-Wiener) en función de la altitud no se presentó ninguna tendencia tanto para las parcelas con cámara y parcelas control. Pero se debe aludir que las parcelas con tratamiento, dos de sus valores fueron negativos (CIA y CIC) es decir hubo una disminución del índice de diversidad, a diferencia de las parcelas control los cuales presentaron valores positivos es decir hubo un aumento del índice en condiciones naturales, lo que nos lleva a presumir que el calentamiento inducido si afectará a la comunidad vegetal. Según Wahren *et al*. (2013) los resultados de los estudios sobre el calentamiento a corto plazo en la tundra indican una disminución en la diversidad, en particular como resultado de una disminución de la cubierta de musgos y líquenes, mientras que los estudios a largo plazo no han demostrado necesariamente tales cambios en la diversidad. Algunas series de datos desde el Ártico están empezando a ocupar más de dos décadas, pero las simulaciones de modelos sugieren que pueden ser necesarios estudios de más largo plazo aún.

En cuanto al análisis de las tres variables en función de la orientación no presentaron tendencias marcadas. En lo referente a densidad y diversidad (índice de Shannon) en las parcelas con cámara, ambas presentaron un patrón similar en las direcciones de NE- E-SE tendiendo a disminuir sus valores respectivamente en ese orden, es decir durante el tiempo de monitoreo hubo un decremento de número de individuos y del índice de diversidad. Mientras que las parcelas controles no presentaron ningún patrón siguiendo la secuencia de estas direcciones, pero cabe mencionar que sus valores son positivos, es decir presentaron

un incremento de número de individuos y del índice de diversidad, desde el levantamiento de la línea base hasta el remuestreo.

A diferencia de las variables mencionadas anteriormente, el porcentaje de cobertura presentó una tendencia en las parcelas control en las direcciones mencionadas anteriormente de NE-E-SE, estas presentaron un incremento del porcentaje de cobertura de la especies en el orden señalado. Mientras que las parcelas con cámara no presentaron este tipo de tendencia, señalando que sus valores fueron negativos, es decir hubo disminución del porcentaje de cobertura.

Se puede decir que se denota los cambios existentes pero a nivel de tratamiento y sin tratamiento sin tomar en cuenta altitud y orientaciones. La inexistencia de patrones definidos en las unidades experimentales, permite concluir que los páramos del PNP en el sector de Cajanuma, son muy diferentes a los existentes en los ecosistemas Alpinos y ecosistemas Árticos, donde se realizan esta clase de estudios. Según Eguiguren y Ojeda (2009) esta irregularidad en el área de estudio se debe a que en los páramos del sur del Ecuador 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, dando lugar a los diferentes procesos de especiación que son 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.

En lo referente al incremento de especies (riqueza específica) de las unidades experimentales con tratamiento (cámara), presentaron una respuesta positiva puesto que las especies aumentaron pero no indican una tendencia marcada es decir es irregular, ya que en CIA y CIC hubo un incremento de una especie y CIB dos especies, a diferencia de las parcelas sin tratamiento (control), en el cual se observó un aumento de tres especies por cada cima observándose una tendencia positiva, es decir no tienen el mismo comportamiento que las especies sometidas a tratamiento, un estudio similar utilizando las

cámaras de calentamiento realizado por García (2010), desde el punto de vista microclimático, un incremento de la temperatura ambiental como el que se simuló con las cámaras, resultará en un impacto a nivel del suelo, entonces los cambios en el régimen de temperatura posiblemente alterarán la dinámica de materia orgánica y, consecuentemente la dinámica de nutrientes y disponibilidad de agua y por esto la vegetación posiblemente disminuya. Es importante mencionar que en futuros estudios utilizando las cámaras de calentamiento, necesariamente se deberían considerar las variables antes mencionadas.

Pero también cabe indicar que estos aumentos podrían ser debido a problemas metodológicos tales como: por movimiento de la malla al momento de levantar la información florística (estimación de la cobertura vegetal), las especies incrementadas no fueron visualizadas en el primer muestreo florístico, o debido a que las cámaras aíslan la comunidad vegetal monitoreada, impidiendo la interacción con plantas que se encuentran en estado natural.

5.1.4. Análisis estadístico e influencia de la temperatura sobre la estructura y composición de las especies vegetales

Según el Instituto Antártico Chileno (2013) el escenario que enfrentarán las especies vegetales a futuro está plagado de incertidumbres. Entre otras cosas, debido que los modelos pronostican que a fines de este siglo la temperatura promedio podría aumentar en rangos tan amplios como 2° a 5°C. Puesto que la temperatura está asociada con el metabolismo general de la planta, su capacidad de absorber CO2, generar oxígeno y vapor de agua.

En este contexto de manera general el objetivo principal de esta investigación fue evaluar si un incremento en la temperatura ambiental influiría en la composición y estructura de la diversidad vegetal. Ya que según Mora (2004) a medida que aumenta la altura, la variación de la temperatura es mayor. En el nivel altitudinal del páramo, los cambios contrastantes diarios de los factores climáticos determinan el crecimiento lento de las plantas del páramo.

Esto se explica, por las bajas temperaturas nocturnas, cercanas al punto de congelamiento que deben soportar las plantas, dentro de las condiciones del clima.

Si bien es cierto los datos hasta la fecha de este estudio, indican que no existen diferencias significativas es decir no hay un impacto drástico del calentamiento sobre el número de individuos por área muestreada (densidad), porcentaje de cobertura vegetal y diversidad (índice de Shannon). Esto debido posiblemente por el poco tiempo de monitoreo. Pero en un estudio publicado por Herzog *et al*. (2012) menciona que ciertas características de los ecosistemas tropicales los hacen vulnerables al cambio climático de manera distinta. Por ejemplo, la extensión y la futura viabilidad de los ecosistemas del páramo alto-andino son preocupantes por estar situados a grandes alturas. En ellos, un incremento de temperatura de 3° C podría dar lugar a un desplazamiento teórico de las especies 600 m hacia arriba, y la consecuente pérdida de superficie de su hábitat podría afectar de manera significativa a su vialidad. Se esperan mayores cambios en los ecosistemas de páramo, en parte debido a su distribución a modo de islas y a su biota altamente endémica. Se estima que los páramos andinos, alrededor del 60% de especies vegetales (125 especies) se extinguirían o resultarían críticamente dañadas para 2080. La vulnerabilidad de los ecosistemas debido al cambio climático podría desembocar en una reducción de la disponibilidad de agua, salinización reducción de la superficie e incremento de las emisiones de carbono (en especial CO2).

Por otra parte según Elmendorf *et al*. (2012) indica que existen diversos estudios realizados sobre calentamiento experimental en el bioma tundra, en todo el mundo. Los cuales han ofrecido numerosos ejemplos de cambio en vegetación pero en un lapso largo de monitoreo. Por ejemplo, un estudio alpino encontró que el calentamiento inducido causó la pérdida de más de 25% de riqueza de especies, otro estudio en el sub-ártico, encontró que los arbustos de hoja perenne en parcelas sometidas a calentamiento aumentó el doble de la tasa en comparación a las parcelas de control durante un período de 12 años, y un matorral sub-ártico, donde se detectaron cambios sustanciales en los arbustos, musgos y líquenes, después de 20 años de calentamiento. Sin embargo difieren de las conclusiones de un meta-

análisis publicado previamente, que detectaron los efectos del calentamiento experimentales sobre la composición de la vegetación en tan sólo 2 años.

5.2. ESTRATEGIAS LOCALES DE ADAPTACIÓN DE LAS ESPECIES MONITOREADAS ANTE FUTUROS CAMBIOS DE LOS PARÁMETROS CLIMÁTICOS

Las consecuencias del cambio climático seguirán agudizándose en el futuro, puesto que afecta a todos los ecosistemas, siendo el ecosistema páramo uno de los más sensibles a este cambio, por lo que es importante contar ya con alternativas, estructuras y sistemas que nos hagan menos vulnerables frente al cambio climático (MAE, 2012).

Según DNP (2012), el costo de no actuar hoy con miras a la adaptación, será mayor en un futuro, así como el grado de dificultad para alcanzarla. Por esto es importante que los proyectos, estrategias y políticas que diseñemos en todos los niveles de la sociedad, comiencen a formularse en cooperación con autoridades de gobierno, colaboración de la ciudadanía, organizaciones nacionales e internacionales y grupos sociales.

Si bien casi todos los ecosistemas de los Andes tropicales podrían ser vulnerables al cambio climático, algunos se encuentran especialmente en riesgo, tales como: el páramo, el superpáramo y la puna en los altos Andes podrían reducirse y fragmentarse como consecuencia del incremento de temperatura (Herzog *et al.* 2010); por lo cual es indispensable contar con información específica sobre el clima, el potencial de recursos naturales presentes, sistemas de información geográfica; así como también programas de educación ambiental sobre la vulnerabilidad del ecosistema páramo ante el cambio climático.

Cómo también sería necesario sugerir investigaciones ecológicas sobre el comportamiento y distribución de las especies ya registradas en el PNP. Ya que según Morales y Estévez (2006) los inventarios de fauna en el páramo están lejos de ser completos a nivel de Sudamérica. Herzog *et al.* (2010) indica que el cambio climático afectará la composición de

las comunidades biológicas y los ecosistemas, con la posible formación de nuevos ensamblajes de especies que no tienen equivalente hoy en día, lo que hace difícil predecir su comportamiento y función.

6. CONCLUSIONES

- Las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) estuvieron representadas por 65 especies de plantas vasculares, de las cuales 8 especies son endémicas para el Ecuador, en un área de muestreo de 18 m^2, lo que demuestra la alta diversidad de este ecosistema, valor reflejado en el índice de Shannon-Wiener.

- La especie con mayor número de individuos por superficie en las unidades experimentales, incluidas las parcelas control es *Disterigma acuminatum*. En cuanto a las especies con mayor porcentaje de cobertura en las unidades experimentales con tratamiento (cámara) y sin tratamiento son: *Neurolepis asymetrica, Hypericum lancioides, Calamagrostis macrophylla, Escallonia myrtilloides, Disterigma acuminatun y Neurolepis laegaardii.*

- En cuanto a las variables consideradas para determinar algún tipo de cambio (densidad, porcentaje de cobertura y diversidad alfa) tomando en cuenta la altitud y la orientación no presentó una tendencia definida; sino más bien a nivel de tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) se evidenció algún tipo de cambio, siendo la mayoría valores positivos para las parcelas control es decir hubo un aumento de números de individuos, porcentaje de cobertura y diversidad alfa; mientras que las parcelas sometidas a calentamiento presentaron disminución de las variables mencionadas.

- En cuanto al análisis general estadístico a nivel de tratamiento (cámara) y sin tratamiento (control) tomando en cuenta el primer muestreo y el segundo muestreo en las unidades experimentales, estadísticamente no se logró evidenciar algún tipo de cambio marcado.

- Las estrategias propuestas se basaron fundamentalmente en función y criterio de las expertos encuestados, no se tomó en cuenta los resultados obtenidos, por lo que no se evidenció algún tipo de cambio significativo durante el monitoreo, por lo tanto las actividades planteadas son encaminadas específicamente a la conservación de la biodiversidad del ecosistema páramo.

7. RECOMENDACIONES

- Es importante seguir con el monitoreo, ya que el período en el cual se realizó el muestreo no fue suficiente para identificar cambios significativos, por el aumento artificial de la temperatura mediante las cámaras de calentamiento y por ende identificar los posibles impactos sobre vegetación del páramo del parque Nacional Podocarpus.

- Aumentar el número de tratamientos y parcelas control para de esta manera poder conocer mucho mejor, la respuesta de especies de paramo frente al calentamiento inducido artificialmente, y como seria la dinámica de estas especies a través del tiempo.

- Usar los resultados de la línea base como punto de partida para el monitoreo de manera continua., y estandarizar un protocolo y ajustarlo a los páramos del Parque Nacional Podocarpus, puesto que sus características no son similares a otros paramos del país.

- Realizar estudios sobre la radiación solar, la humedad del suelo y el balance de carbono, la dirección y velocidad del viento, para de esta manera poder generar más conocimientos sobre el comportamiento de las especies de páramo, en respuesta al cambio climático, siendo las instituciones de educación superior junto con instituciones del estado y ONGs, las que unan esfuerzos para generar, formular proyectos encaminados a la investigación y conservación de estos ecosistemas.

8. BIBLIOGRAFÍA

Agelvis M., Álvarez C., Chacón J. y Vivas. A. 2007. Calentamiento global: causas y consecuencia. Maestría en Educación Mención: Enseñanza de la Geografía, Universidad de los Andes Táchira. San Cristóbal, Venezuela. 7 p. (Consultado abril 25, 2013).

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, Ecuador.

Aguirre Z; Aguirre N. 1999. Guía para realizar estudios en comunidades vegetales. Herbario Reinaldo Espinoza. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ec. 50 p.

Aliaga L. y Villegas O. 2009. Cambio Climático, Desarrollo Económico y Energías Renovables: Estudio exploratorio de América Latina. 44 p. Disponible en: http://www.fes-ecuador.org/media/pdf/Cambio_%20Climatico_%20Desarrollo_y_Energias_Renovables.pdf (Consultado junio 25, 2013).

Alulima A. y Cajamarca P. 2013. Evaluación del Impacto del Cambio Climático, sobre la Diversidad Florística en una zona Piloto del Ecosistema Páramo del Parque Nacional Podocarpus. Tesis Ing. Forestal. Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja, Ecuador. 131 p.

Amend S. (Ed.) 2010. Áreas Protegidas como respuesta al Cambio Climático. Publicado por: Programa Desarrollo Rural Sostenible (PDRS-GTZ). 16 p. Disponible en: http://www.pdrs.org.pe/img_upload_pdrs/36c22b17acbae902af95f805cbae1ec5/FOLLETO_APCC___GTZ___OK.pdf (Consultado abril 24, 2013).

Andrade G., Sandino J., Aldana J. 2011. Biodiversidad y territorio: innovación para la gestión adaptativa frente al cambio global, insumos técnicos para el Plan Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos. Bogotá, Colombia. 64

p. Disponible en: http://www.humboldt.org.co/publicaciones/uploads/ Biodiversidad_ territorio_innovacion_frente_al_cambio_climatico.pdf (Consultado noviembre 22, 2013).

Azócar A. 1981. La flora de los páramos, En “Los páramos venezolanos”. De Karl Weidman. Edi. Librería Alemena S.R.L. 6-27 pp. Disponible en: http://www.ciens.ula.ve/icae/publicaciones/paramo/articulos_por_autorb.php. (Consultado abril 25, 2013).

Báez S., Cuesta F., Cáceres Y., Arnillas C. y Vásquez R. 2011. Síntesis del conocimiento de los efectos del Cambio Climático en la biodiversidad de los Andes Tropicales. Serie Panorama Andino sobre Cambio Climático. CONDESAN, SGCAN. Lima-Quito. Disponible en: http://www.condesan.org/portal/sites/default/files/ publicaciones/archivos/estado_de_arte_biodiv.pdf (Consultado enero 5, 2014).

Báez S., Muriel P., Cuesta F. y Salgado S. 2012. Manual de Monitoreo y evaluación de la diversidad de plantas vasculares y productividad de ecosistemas herbáceos alto andinos a los efectos del cambio climático. Iniciativa de Estudios Ambientales Andinos, CONDESAN. Departamento de Biología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 17 p.

Becking M. 2004. Sistema microregional de conservación Podocarpus. Tejiendo (micro) corredores de conservación hacia la cogestión de una Reserva de Biosfera Cóndor-Podocarpus. Programa Podocarpus. Loja, Ec. Imprenta Monsalve Moreno. 35-36 p.

Caballero A., Lozano S. y Ortega B. 2007. Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. Revista Digital Universitaria Vol. 8 Número 10. 11 p. Disponible en: http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm (Consultado abril 25, 2013).

Calatayud G., García V., Martín P., Sierra N. y Vélez A. 2009. Restauración de un ecosistema de páramo en Villonaco (Loja, Ecuador) afectado por una plantación de pino patula (Pinus patula). Disponible en: http://www.rncalliance.org/WebRoot/rncalliance/

Shops/rncalliance/4C41/439A/88BF/FFF9/D056/C0A8/D218/D26A/Paramo_Villonaco.pdf (Consultado 05 de agosto, 2013).

CARE Ecuador. 2010. Estrategia de Cambio Climático. 24 p. Disponible en: http://www.care.org.ec/webcare/wp-content/uploads/2011/07/ESTRATEGIA-DE-CAMBIO-CLIMATICO-version-resumida.pdf (Consultado febrero 5, 2014).

Castaño C. y Hofstede R. 2002. Congreso Mundial de Páramos: Memorias. Tomo II. Disponible en: http://www.paramocolombia.info/Documentos/Primer%20Congreso%20 Mundial%20de%20Paramos/TOMO%202.pdf (Consultado abril 17, 2013).

Cevallos P. 2013. "Evaluación de parámetros florísticos de la diversidad de briófitos en el páramo de Cajanuma, Parque Nacional Podocarpus". Tesis Ing. Forestal. Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja, Ecuador. 116 p.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2012. La economía del cambio climático en el Ecuador. 132 p. Disponible en: http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/9/51439/CambioclimaticoEcuador.pdf. (Consultado noviembre 14, 2013).

Comisión Intersecretarial del Cambio Climático. 2012. Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012. Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/programas/ Documents/PECC_DOF.pdf (Consultado abril 17, 2013).

Comunidad Andina de Naciones (CAN). 2007. Clima Latino. Disponible en: www.comunidadandina. org (Consultado abril 20, 2012).

Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). 2007. Día Internacional de la Diversidad Biológica: cambio climático y diversidad biológica. Disponible en: http://www.cbd.int/doc/bioday/2007/ibd-2007-booklet-01-es.pdf. 44 p. (Consultado noviembre 10, 2013).

Cotte W., Henríquez M. y Castillo J. 2009. Análisis del Cambio Climático en el país y acciones de la Cruz Roja Colombiana para reducir el riesgo. Disponible en: http://www.cruzrojacolombiana.org/publicaciones/pdf/Primer_libro_cambio_climatico_1472010_100037.pdf (Consultado julio 12, 2012)

Cuesta F. y Becerra M. 2012. Biodiversidad y Cambio climático en los Andes: Importancia del monitoreo y el trabajo regional. Revista Virtual REDESMA. Vol. 6. Disponible en: http://www.cebem.org/cmsfiles/articulos/REDESMA_13_art02.pdf (Consultado abril 17, 2013).

Cuesta F., Muriel P., Beck S., Meneses R., Halloy S., Salgado S., Ortiz E. y Becerra M.T. (Eds.) 2012. Biodiversidad y Cambio Climático en los Andes Tropicales - Conformación de una red de investigación para monitorear sus impactos y delinear acciones de adaptación. Red Gloria-Andes, Lima-Quito. 180 p.

Departamento Nacional de Planeación (DNP). 2012. Plan Nacional de adaptación al Cambio Climático: ABC; adaptación bases conceptuales; Marco conceptual y lineamientos. 12 p Disponible en: http://www.sigpad.gov.co/sigpad/archivos/ABC_Cambio_Climatico.pdf. (Consultado diciembre 8, 2013).

Díaz M., Céspedes D., Tamayo A., Clavijo W. y Sáenz J. 2008. Sistemas de Información Geográfica como Herramienta de Apoyo al Estudio de Cuencas de Páramo. 7 p. Disponible en: http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/congresoparamo /sistemas.pdf. 7 p. (Consultado noviembre 22, 2013).

ECOLAP y MAE. 2007. Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM. Quito, Ecuador. Disponible en: http://web.ambiente.gob.ec/sites/default/files/archivos/PUBLICACIONES/BIODIVERSIDAD/GuiaPatrimonioareasNaturalesProtegidasEcuador/37-portadageneralultimaspags. pdf (Consultado marzo 4, 2013).

Eguiguren P. y Ojeda T. 2009. Línea base de la diversidad florística del Parque Nacional Podocarpus. Tesis Ing. Forestal. Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 120 p.

Elmendorf, Carolina del Sur, Henry, GHR, Hollister, RD, Björk, RG, Bjorkman, AD, Callaghan TV, Collier LS, Cooper EJ, Cornelissen JHC, Día TA, Fosaa AM, Gould, WA, Grétarsdóttir J., Harte J., Hermanutz L., Hik DS, Hofgaard A., Jarrad F., Jónsdóttir IS, Keuper F., Klanderud K., Klein JA, Koh S., Kudo G. Lang SI, Loewen V., Mayo JL, Mercado J., Michelsen A., Molau U., Myers-Smith IH, Oberbauer SF, Pieper S., Post E., Rixen C., Robinson CH, Schmidt NM, Shaver GR, Stenström A., Tolvanen A., Totland Ø., Troxler T., Wahren C.-H., Webber PJ, Welker JM y Wookey PA. 2012. Global assessment of experimental climate warming on tundra vegetation: heterogeneity over space and time. Ecology Letters, 15: 164-175. Disponible en: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1461-0248.2011.01716.x/pdf (Consultado diciembre 16, 2013).

Fundación Arcoíris. 2007. Parque Nacional Podocarpus. Disponible en: www.arcoiris.org.ec. (Consultado agosto 14, 2012).

García C. 2011. El cambio climático: los aspectos científicos y Económicos más relevantes. 28 p. Disponible en: http://pendientedemigracion.ucm.es/info/nomadas/32/cristinagfernandez.pdf (Consultado febrero 6, 2014).

García V. 2010. Fase inicial de la interacción de las quemas y el calentamiento experimental sobre la regeneración de la vegetación de Páramo en el noroccidente del Ecuador. Tesis para el título de Máster Universitario en Biodiversidad en Áreas Tropicales y su Conservación. Quito, Ecuador. 39 p.

González M., Jurado E., González S., Aguirre O., Jiménez J., Navar J. 2003. Cambio climático mundial: origen y consecuencias. 10 p. Disponible en: http://eprints.uanl.mx/530/1/cambio_climatico.pdf (Consultado febrero, 6 de 2014).

Herbario LOJA. 2000. Diagnóstico de la vegetación natural y de la intervención humana en los páramos del Parque Nacional Podocarpus. Programa Podocarpus. Informe final. Loja, Ec. 75 p.

Herranz J., Copete M. y Ferrandis P. 2009. Posibles efectos del cambio climático sobre las especies vegetales en Castilla-La Mancha. Disponible en: http://www.castillalamancha.es/sites/default/files/documentos/pdf/20121003/12_capitulo9_flora.pdf (Consultado diciembre 15, 2013)

Herzog S.K., Jørgensen P.M., Martínez Güingla R., Martius C., Anderson E.P., Hole D.G, Larsen T.H., Marengo J.A., Ruiz D. y Tiessen H. 2010. Efectos del cambio climático en la biodiversidad de los Andes tropicales: el estado del conocimiento científico. Resumen para tomadores de decisiones y responsables de la formulación de políticas públicas. Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI), Brasil. Disponible en: http://iaibr3.iai.int/twiki/pub/IAI/MacReport/sintesis_cientifica.pdf. (Consultado noviembre 4, 2013).

Herzog, S., Martinez, R.; Jorgensen, P., Tiessen, H. 2012. Cambio climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales. 401 p. Disponible en: http://wwwsp.iai.int/files/communications/publications/scientific/Climate_Change_and_Biodiversity_in_the_Tropical _ Andes_SP/libro completo.pdf (Consultado enero 24, 2014).

Hoffmann D. 2013. Estado actual de los glaciares en los Andes tropicales: una perspectiva multi-siglo sobre evolución glaciar y cambio climático. Disponible en: http://www.cambioclimatico-bolivia.org/pdf/cc-20130408-_quot_Esta___.pdf (Consultado enero 5, 2014).

Hofstede R. 2004. El estado de salud de los páramos: un esfuerzo para relacionar la ciencia con la práctica de manejo sustentable. Quito, Ecuador. Disponible en: http://www.lyonia.org/articles/rbussmann/article_266/pdf/article.pdf (Consultado abril 22, 2013).

Hofstede R., Segarra P. y Mena P (Eds.). 2003. Los Páramos del Mundo; proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Quito, Ecuador. 85 p. Disponible en: http://www.condesan.org/apc-aa-files/c6924e7390318016d869182e0da9470c /Introduccion_Paramos_mundo.pdf (Consultado noviembre 22, 2013).

Instituto Antártico Chileno (IACH). 2013. Cambio climático expandirá la biodiversidad vegetal antártica. Disponible en: http://www.inach.cl/2013/cambio-climatico-expandira-la-biodiversidad-vegetal-antartica/ (Consultado enero 23, 2014).

Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre (INEFAN), Fundación Natura. 1997. Actualización del Plan de Manejo del Parque Nacional Podocarpus. 87 p. Disponible en: http://web.ambiente.gob.ec/?q=node/66&page=0,1 (Consultado febrero 6, 2014).

López Castro M. 2007. Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana SIAT-AC: Lineamientos conceptuales y metodológicos del Sistema de Indicadores Ambientales Amazonia en el marco del Programa Regional de Monitoreo Ambiental. Disponible en: http://siatac.co/c/document_library/get_file?uuid=6977a60d-3e12-40c1-aa18-2246bfdb48e6&groupId= 762 (Consultado abril 17, 2013).

Lozano P. y Bussmann R. 2005. Importancia de los deslizamientos en el Parque Nacional Podocarpus, Loja, Ecuador. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-9933200500020000 5&lng=es&nrm=iso (Consultado febrero 6, 2014).

Mazzola M., Kin A., Moricil E., Babinec F. y Tamborini G. 2008. . Efecto del gradiente altitudinal sobre la vegetación de las sierras de Lihue Calel (La Pampa, Argentina). Bol. Soc. Argent. 18 p. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/pdf/bsab/v43n1-2/v43n1-2a08.pdf (Consultado diciembre 15, 2013).

Mena P., Medina G. y Hofstede R. (eds.). 2001. Los páramos del Ecuador: Particularidades, Problemas y Perspectivas. Editorial Abya Yala/Proyecto Páramo. Quito, Ecuador.

Mena P., Morales M., Ortiz P., Ramón G., Rivadeneira S., Suárez E., Terán J. y Velázquez C. 2008. Gente y Ambiente de Páramo: Realidades y Perspectivas en el Ecuador. Disponible en: http://www.ecociencia.org/archivos/gente_paramo-091128.pdf (Consultado abril 17, 2013).

Ministerio de Ambiente Ecuador (MAE). 2007. La Gestión de los Recursos Hídricos y el Cambio Climático en el Ecuador, MAE/PNUD, marzo 2007. Disponible en: www.aguaycambioclimatico.info/biblioteca/ASO_SEM9_005.pdf (Consultado marzo 4, 2013).

Ministerio del Ambiente (MAE). 2012. Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025. 99 p. Disponible en: http://www.redisas.org/pdfs/ENCC.pdf. (Consultado diciembre 02, 2013).

Molau U. y Mølgaard P. 1996. International Tundra Experiment: manual (ITEX). Second Edition. Danish Polar Center. Disponible en: http://www.geog.ubc.ca/itex/PDFs/ITEXmanual.pdf (Consultado abril 24, 2013).

Monge J. y Narváez H. 2006. Elaboración de un Plan de Manejo Participativo del Páramo de Contrahierba del Comité de Desarrollo Agrícola El Piñán. Tesis Ing. en Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo. Escuela de Ciencias Agro Pecuarias y Ambientales, Universidad Católica del Ecuador. Ibarra, Ecuador. 122 p.

Montalvo T. (en prensa). 2010. CCN MEXICO. América Latina es la región más afectada por el cambio climático. Disponible en: http://mexico.cnn.com/planetacnn/ 2010/10/25/america-latina-es-la-region-mas-afectada-por-el-cambio-climatico (Consultado noviembre 10, 2013).

Mora L. 2004. El ciclo climático circadiano, los cambios intempestivos del clima durante el foto período y las respuestas adaptativas de las plantas del páramo. Disponible en: http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/congresoparamo/el-ciclo-climatico.pdf (Consultado enero 24, 2014).

Morales J. y Estévez J. 2006. El páramo: ¿Ecosistema en vía de extinción? Revista Luna azul. 13 p. Disponible en: http://bibliotecaverde.wikieco.org/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/fa7fadfeRevista22_4.pdf (Consultado febrero 05, 2014).

Mostacedo B., Fredericksen T. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia. 82 p. Disponible en: http://www.bio-nica.info/biblioteca/Mostacedo2000EcologiaVegetal.pdf (Consultado abril 21, 2013).

Muriel P., Cuesta F., Beck S. 2012. Memoria conjunta del 4to y 5to Taller Regional: Red Andina de Monitoreo (GLORIA-Andes) "Revisión y curación taxonómica de las especies registradas en los sitios piloto. 34 p. Disponible en: http://www.condesan.org/gloria/sites/default/files/Mem4toy5toTallerversion%20final%2031.05.2012.pdf (Consultado febrero 6, 2014).

Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre (OSINFOR). 2013. Implementación del Sistema de Información Geográfica del OSINFOR. 37 p. Disponible en: http://www.osinfor.gob.pe/portal/destacados.php?id=20. (Consultado noviembre 19, 2013).

Organización de las Naciones Unidas (ONU) y Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC). 2010. Ficha informativa: La necesidad de adaptación. 7 p. Disponible en: https://unfccc.int/files/portal_espanol/press/application/pdf/fact_sheet_ adaptation.pdf (Consultado 12 de julio, 2012).

Organización de las Naciones Unidas (ONU). 2008. El cambio climático y la reducción del riesgo de desastres Nota Informativa No. 1. Dirección de Cambio Climático de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Ginebra, Argentina. Disponible en: http://eird.org/publicaciones/RRD-Cambio-Climatico.pdf (Consultado abril 20, 2012).

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2013. La fauna silvestre en un clima cambiante. 81 p. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/017/i2498s/i2498s.pdf (Consultado noviembre 20, 2013).

Organización Mundial del Comercio (OMC) y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2009. El Comercio y el Cambio Climático. 216 p. Disponible en: http://onlinebookshop.wto.org (Consultado abril 22, 2013).

Ortega F. 2008. El método Delphi, prospectiva en Ciencias Sociales; través del análisis de un caso práctico. Revista EAN No. 64: septiembre-diciembre de 2008 p.31-54 Disponible en: http://journal.ean.edu.co/index.php/Revista/article/viewFile/452/444 (Consultado abril 22, 2013).

Panel Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático (IPCC). 2007. Cambio climático: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al 68 Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Disponible en: www.ipcc.com (Consultado junio 25, 2012).

Panel Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (comunicado de prensa) (IPCC). 2007. Cuarto Informe de Evaluación del Cambio Climático -Resumen. U.S.A. Grupo Intergubernamental de Expertos en el Cambio Climático. Disponible en: www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf (Consultado noviembre 14, 2013).

Panel Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (comunicado de prensa) (IPCC). 2013. La influencia humana en el clima es clara. Grupo de trabajo I del IPCC. Disponible en: http://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/ar5/press_release_ar5_wgi_sp.pdf (Consultado noviembre 07, 2013).

Pauli H., Gottfried M., Dirnbock T., Dullinger S. y Grabherr G. 2003. Assessing the long-term dynamics of endemics plants at summit habitats. Disponible en: www.gloria.ac.at. (Consultado julio 12, 2012)

Pearson R. 2006. Climate change and the migration capacity of species. Trends in Ecology and Evolution. Disponible en: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/ 10.1111/geb.2003.12. issue-5/issuetoc (Consultado noviembre 14, 2013).

Petit J., Prudent G. 2008. Cambio Climático y Biodiversidad en los Territorios de Ultramar de la Unión Europea. Publicado por: UICN, Gland, Suiza y Bruselas, Bélgica en colaboración con ONERC. 200 p. Disponible en: UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) www.iucn.org/publications. (Consultado abril 23, 2013).

Poveda J. 2010. Reunión Internacional sobre Cambio Climático y el Sector Agropecuario en Colombia: una mirada hacia México - Efectos del cambio climático y la deforestación sobre los recursos hídricos en Colombia. Escuela de Geociencias y Ambiente, Universidad Nacional de Colombia Medellín. Medellín, Colombia 11 p. Disponible en: http://www.minagricultura.gov.co/archivos/3_german-poveda-unal.pdf. (Consultado abril 21, 2012).

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2006. Clima de Cambio. 84 p. Disponible en: http://www.unep.org/pdf/annualreport/UNEP_AR_2006_Spanish.pdf (Consultado abril 12, 2013).

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2010. Anuario: avances y progresos científicos en nuestro cambiante medio ambiente. 80 p. Disponible en: Earthprint.com http://www.earthprint.com. (Consultado abril 22, 2013).

Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-HABITAT). 2011. Ciudades en la Iniciativa para el Cambio Climático: Estrategia de adaptación y mitigación al Cambio Climático para el Cantón Esmeraldas. Esmeraldas, Ecuador. 52 p. Disponible en: www.unhabitat.org/pmss/getElectronicVersion.aspx?nr=3298&alt=1 (Consultado noviembre 15 de 2013).

Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-HABITAT). 2011. Informe Mundial Sobre Asentamientos Humanos; Las Ciudades y el Cambio Climático: orientaciones para políticas – Resumen Ejecutivo. 67 p. Disponible en: http://www.unhabitat.org/downloads/docs/GRHS2011_S.pdf (Consultado abril 22, 2012).

Quirola D. 2009. América Latina, el Cambio Climático y la ruta hacia Copenhague. Disponible en: http://library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/06814.pdf. (Consultado noviembre 07, 2013).

Registro Oficial no 404, enero de 1983. 3 p. Disponible en: http://web.ambiente.gob.ec/sites/default/files/archivos/PUBLICACIONES/BIODIVERSIDAD/RegistroOficialAcuerdosMinisteriales/podocarpus.pdf (Consultado enero 29, 2013).

Ríos H., Vargas D. y Funes F. 2011. Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático. 243 p. Disponible en: http://www.redagres.org/Innovacion%20 Agroecologica.pdf (Consultado abril 25, 2013).

Romero A. y Pinzón L. 2011. Siecha un bioma mágico que puede sufrir perturbaciones locales de origen biótico. Disponible en: www.capycua.com.co (Consultado febrero 6, 2014).

Sánchez O. y Flores L. 2012. Diversidad biológica y representativa ecosistémica del subsistema patrimonio de áreas naturales del estado de la zona 7 y la importancia de los humedales del Parque Nacional Yacuri y Parque Nacional Podocarpus. Ministerio del Ambiente/Proyecto: Implementación del Plan de Manejo del Área de Conservación Colambo Yacuri. Loja, Ecuador. 80 p.

Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático Ecuador 2011. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Disponible en: http://unfccc.int/resource/docs/natc/ecunc2.pdf (Consultado enero 21, 2014).

The International Tundra Experiment (ITEX). 2012. Alpine plants, Climate Change & Altered fire regimes: Catastrophe or Resilience: How do ecologists assess climate change & what do we know so far?. Disponible en: http://jscamacresearch.wordpress.com/2011/05/12/the-international-tundra-experiment-itex/ (Consultado diciembre 02, 2013).

Torres J. y Gómez A. (Ed). 2008. Adaptación al cambio climático: de los fríos y los calores en los Andes.145 p. Disponible en: http://www.ibcperu.org/doc/isis/9805.pdf (Consultado febrero 6, 2014).

Vilá M., Bacher S., Hulme P., Kenis M., Kobelt M., Nentwig W., Sol D. y Solarz W. 2006. Impactos ecológicos de las invasiones de plantas y vertebrados terrestres en Europa. Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente. Disponible en: http://www.montsevila.org/generalpublic/Impactos%20ecologicos.pdf (Consultado enero 20, 2014).

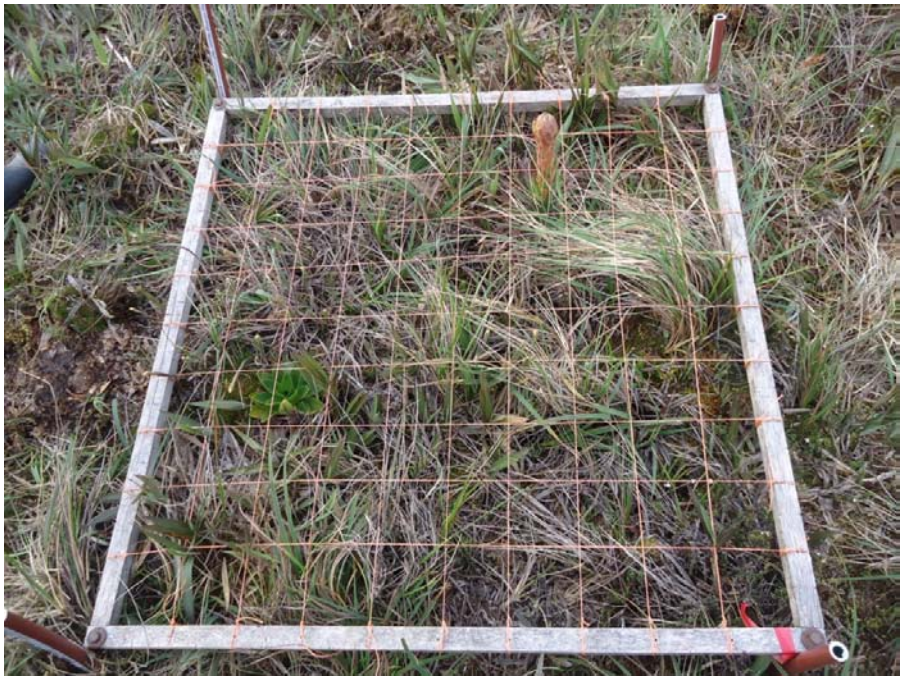
Wahren C.H., Camac J.S., Jarrad F.C., Williams R.J., Papst W. Hoffmann A.A. 2013. Exp erimental warming and long-term vegetation dynamics in an alpine heathland. *Australian Journal of Botany* 61, 36–51. Disponible en: http://www.publish.csiro.au/?act=view_file&file_id=BT12234.pdf (Consultado diciembre 15, 2013).

9. APÉNDICES

Apéndice 1. Cámara hexagonal abierta de calentamiento con láminas de policarbonato.

Apéndice 2. Vista panorámica de las parcelas con cámara hexagonal de calentamiento, en los páramos del Parque Nacional Podocarpus, sector Cajanuma, provincia Loja, Ecuador.

Apéndice 3. Parcela control, delimitada con tubos PVC en las esquinas.



Apéndice 4. Levantamiento de información florística dentro de las parcelas con cámaras de calentamiento y parcelas control.

Apéndices 5. Familias registradas en las unidades experimentales (parcelas con cámara y parcelas control).

Familia	CIA		CIB		CIC	
	Cámara	Control	Cámara	Control	Cámara	Control
Orchidaceae			1			
Alstromeliaceae	1	1	1	3	2	
Apiaceae	2				1	1
Asteraceae	**5**	**7**	**7**	**5**	**10**	**8**
Blechnaceae	3	2	3	4	2	
Bromeliaceae	3	3	2	4	6	3
Caryophyllaceae				1		
Cletharaceae				1		
Clusiaceae	5	5		1	4	3
Cunonaceae				2		
Cyperaceae	4	3	3	2	3	5
Ericaceae	**6**	**9**	**8**	**8**	**8**	**7**
Eriocaulaceae	2	2			1	2
Gentianaceae	2	1		1	4	4
Geraniaceae	3	1	1		2	4
Grossulariaceae	1		2	2		
Liliaceae			1			
Lycopodiaceae	5	5	2	2	3	1
Melanthiacea	1	2			1	3
Melastomataceae	2		4		3	1
Orchidaceae			1			
Oxalidaceae	3	2	3	2	3	3
Poaceae	**6**	**6**	**6**	**5**	**6**	**6**
Poaceae			1			
Polygalaceae					1	
Polygonaceae				1		
Polypodiaceae			1	1		
Pteridaceae						2
Rosaceae			2	1	1	
Rubiaceae			2	3	2	1
Thelypteridaceae	1	1	1			
Valerianaceae	2	3	2	1	3	4
Xyridaceae	2				2	2
Total general	**59**	**53**	**54**	**50**	**68**	**60**

Apéndice 6. Parámetros ecológicos de las parcelas con calentamiento (cámara) y sin calentamiento (control), según altitud y orientación, en el Parque Nacional Podocarpus.

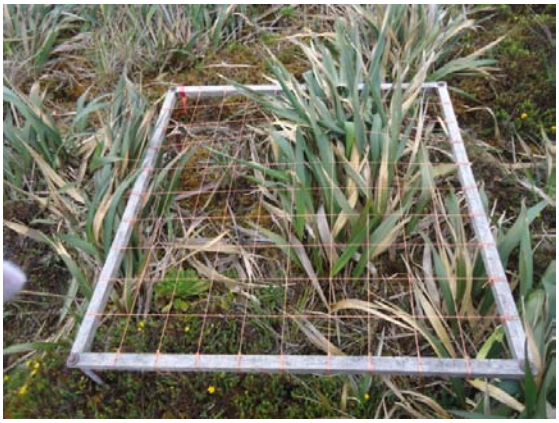
Cima	Orientación	Tratamiento	Número de Especies (Riqueza)		Número de Individuos (Abundancia)		Porcentaje de Cobertura		Densidad (m2)		Índice de Shannon (Diversidad Alfa)	
			Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 1	Muestreo 2
CIA	NE	P. Cámara	22	21	94	101	97.69	104.5	105	101	0.855	0.829
	E	P. Cámara	17	17	104	103	92.8	86.1	86	103	0.880	0.907
	SE	P. Cámara	18	18	82	93	104.3	106	106	93	0.806	0.756
	NE	P. Control	17	18	66	72	109.98	113.5	114	72	0.881	0.865
	E	P. Control	18	16	85	75	85.8	82.05	82	75	0.758	0.808
	SE	P. Control	16	16	86	94	83.9	96.7	97	94	0.811	0.846
CIB	NE	P. Cámara	16	17	74	65	101.4	95.7	96	65	0.710	0.789
	E	P. Cámara	22	23	99	99	115.3	114.1	114	99	0.812	0.831
	SE	P. Cámara	14	14	70	81	108.1	112.4	112	81	0.824	0.849
	NE	P. Control	18	20	94	107	109.99	120.75	121	107	0.754	0.898
	E	P. Control	12	12	62	68	113.1	127.2	127	68	0.868	0.855
	SE	P. Control	17	17	89	92	131.1	130.1	130	92	0.856	0.897
CIC	NE	P. Cámara	25	23	110	109	116.85	97.47	97	109	0.879	0.879
	E	P. Cámara	22	22	105	104	112.63	96.33	96	104	0.829	0.778
	SE	P. Cámara	20	20	85	94	91.95	89.7	90	94	0.788	0.793
	NE	P. Control	21	20	111	138	100.98	99.5	100	138	0.903	0.922
	E	P. Control	13	15	74	81	100.06	104.5	105	81	0.825	0.808
	SE	P. Control	23	23	111	120	88.69	96.3	96	120	0.831	0.847

Apéndice 7. Fotografías de las parcelas con calentamiento (cámara) y sin calentamiento (control) de la cima CIA (3270 msnm).

Parcela con cámara NE

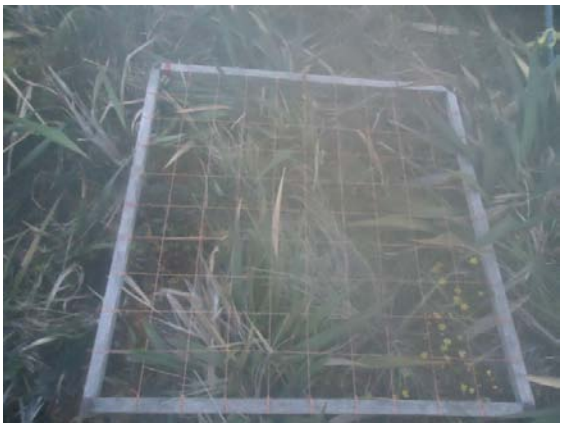
Parcela control NE

Parcela con cámara E



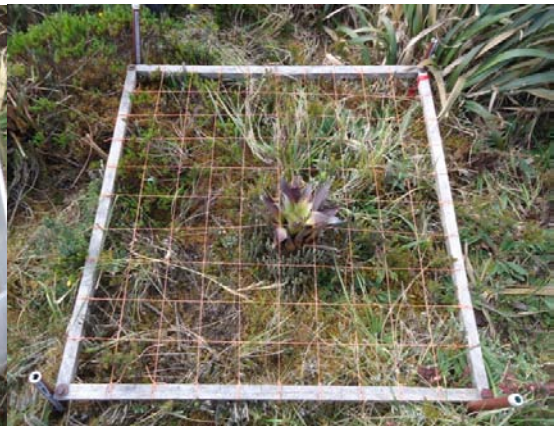
Parcela control E

Parcela con cámara SE

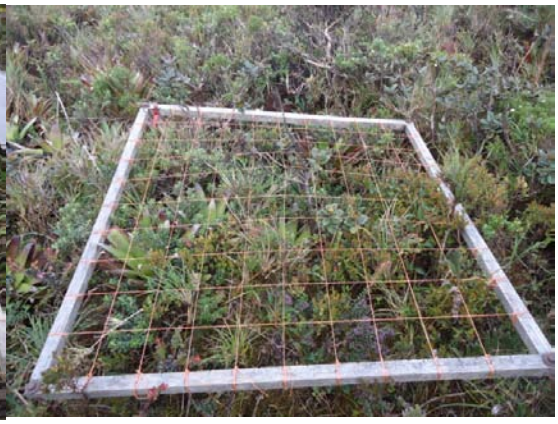


Parcela control SE

Apéndice 8. Fotografías de las parcelas con calentamiento (cámara) y sin calentamiento (control) de la cima CIB (3320 msnm).



Parcela con cámara NE Parcela control NE

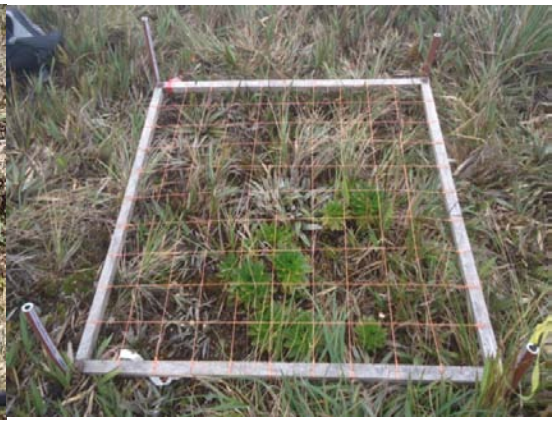


Parcela con cámara E Parcela control E

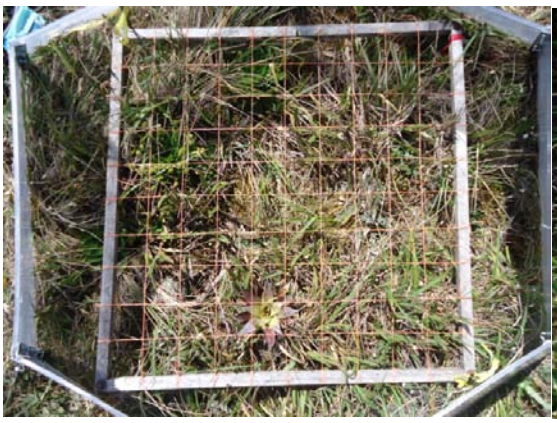
Parcela con cámara SE Parcela control SE

Apéndice 9. Fotografías de las parcelas con calentamiento (cámara) y sin calentamiento (control) de la cima CIA (3400 msnm).

Parcela con cámara NE

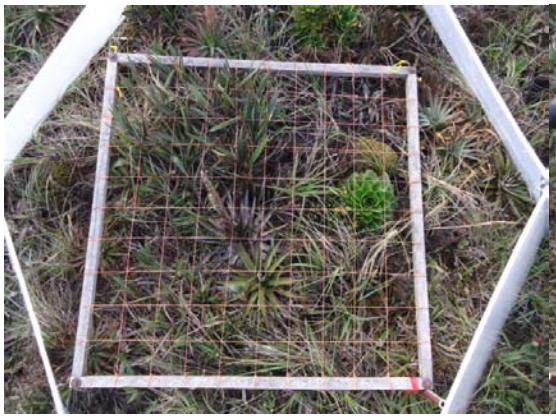


Parcela control NE

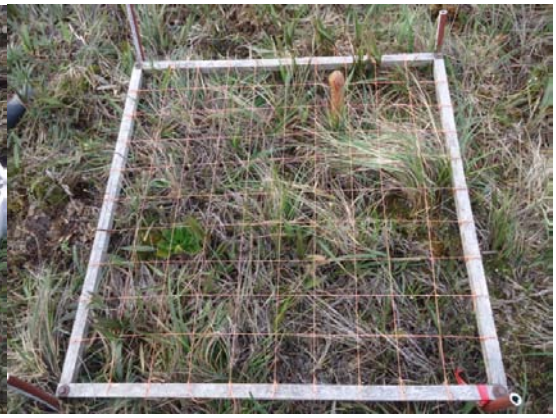


Parcela con cámara E

Parcela control E



Parcela con cámara SE



Parcela control SE

Apéndice 10. Encuesta dirigida a expertos.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRRERA DE INGENIERIA EN MANEJO Y CONSERVACION DEL MEDIO AMBIENTE

La Universidad Nacional de Loja, a través del proyecto MICCAMBIO Fase 2 se encuentra realizando el estudio denominado **"EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA VEGETACIÓN DE PÁRAMO FRENTE AL CALENTAMIENTO INDUCIDO EXPERIMENTALMENTE EN EL ECOSISTEMA DE PÁRAMO DEL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS".** El mismo que abarca un objetivo direccionado a la generación de estrategias de adaptación frente a los impactos del cambio climático, para lo cual se ha considerado importante conocer la perspectiva de expertos en relación a la identificación de problemas del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus (PNP).

Usted ha sido seleccionado por su experiencia y los resultados de su labor profesional, como experto para valorar los distintos aspectos identificados en el ecosistema. La presente encuesta se encuentra estructurada de 4 ítems principales, los mismos que tendrán que ser valorados mediante la siguiente escala: (1) Bajo, (2) Medio y (3) Alto.

Desarrollo:

1. ¿Cómo ve usted la gestión del área protegida, en relación a procesos de mejora del manejo de páramos?

	Valoración
Apoyo en procesos investigativos.	Elija un elemento.
Accesibilidad, señalética y mantenimiento de senderos.	Elija un elemento.
Elementos de información para la toma de decisiones.	Elija un elemento.
Formulación de propuestas de conservación y manejo.	Elija un elemento.
Información sobre servicios ecosistémicos que prestan los páramos.	Elija un elemento.
Información de los páramos en una base de datos, bajo un sistema de Información Geográfica.	Elija un elemento.
Información climática del páramo.	Elija un elemento.

¿Qué otros procesos de mejora considera Ud. sería necesario tener en cuenta para el mejoramiento de la gestión en el ecosistema páramo?

1.
2.
3.

2. Mencione su criterio sobre los impactos de la actividad turística en los páramos del PNP:

	Valoración
Compactación del suelo.	Elija un elemento.
Pisoteo y extracción de la flora (cerca de senderos).	Elija un elemento.
Cambios, alteración o eliminación de la cubierta vegetal.	Elija un elemento.

Perturbación a la fauna.	Elija un elemento.
Contaminación del suelo por restos de residuos sólidos.	Elija un elemento.
Apertura de nuevos caminos.	Elija un elemento.
Disminución de la calidad de paisaje.	Elija un elemento.

¿Qué otros impactos considera Ud. que genera la actividad turística en los páramos del PNP:

1.
2.
3.

3. Mencione su criterio. ¿Grado de percepción de la sociedad en temas de educación ambiental, tales como:

	Valoración
Importancia del ecosistema páramo como proveedor de servicios ambientales.	Elija un elemento.
Vinculación de la colectividad con el ecosistema páramo.	Elija un elemento.
Conocimiento sobre causas e impactos actuales y futuros del cambio climático en páramos.	Elija un elemento.
Uso del ecosistema páramo para actividades de formación/capacitación	Elija un elemento.

¿Qué otros temas de educación ambiental considera Ud. sería necesario tener en cuenta para contribuir a la conservación del páramo del PNP?

1.
2.
3.

4. Valore los potenciales impactos del Cambio Climático en el páramo del PNP:

	Valoración
Pérdida de la diversidad biológica	Elija un elemento.
Cambios en la estructura del ecosistema	Elija un elemento.
Alteraciones en los patrones fenológicos de las especies.	Elija un elemento.
Alteraciones en la fisiología de especies.	Elija un elemento.
Extinción local de especies de flora y fauna	Elija un elemento.

¿Qué otros impactos considera Ud. sería necesario tener en cuenta?

1.
2.
3.

Observaciones / Comentarios/ Sugerencias:

Gracias por su colaboración.

Apéndice 11. Lista de Expertos considerados

1	Ing. Vladimir Placencia	Responsable de la Unidad de Patrimonio Natural Dirección Provincial del Ambiente de Loja
2	Ing. Orlando Sánchez Mg. Sc.	Técnico del Departamento de Calidad Ambiental/ MAE Loja.
3	Abg. Wilson Guzmán Mg. Sc.	Ex-Administrador del Parque Nacional Podocarpus/ MAE Loja
4	Ing. Santos Calderón	Ex -Administrador del Parque Nacional Podocarpus/ MAE
5	Leonardo Ordóñez Delgado	Docente de la Escuela de Gestión Ambiental/ UTPL
6	Ing. Lenin Salinas	Ex técnico y ex tesista del proyecto "Monitoreo a Largo Plazo del Impacto del Cambio Climático en la Biodiversidad de Ecosistemas de Páramo del Parque Nacional Podocarpus (MICCAMBIO)"
7	Ing. Natalia Samaniego	Técnica del proyecto "Monitoreo a Largo Plazo del Impacto del Cambio Climático en la Biodiversidad de Ecosistemas de Páramo del Parque Nacional Podocarpus (MICCAMBIO)"
8	Ing. Johana Muñoz	Docente de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente/ UNL
9	Ing. Bolívar Merino	Administrativo del Herbario Loja/UNL
10	Ing. Tatiana Ojeda	Ex técnica y ex tesista del proyecto "Monitoreo a Largo Plazo del Impacto del Cambio Climático en la Biodiversidad de Ecosistemas de Páramo del Parque Nacional Podocarpus (MICCAMBIO)"Investigadora de la UNL.