

UNIVERSIDAD NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR  
ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS

**Dinámica de la estructura del paisaje en el ecosistema de páramo y  
su relación con factores climáticos e incendios: Cerro de la Muerte  
(Buena Vista) 1992 y 2012**

Seminario de Graduación

Paisaje y Conservación: Espacios de Conectividad y Amortiguamiento.

Presentado por

Baleska Vega Mena

Francinie Rodríguez Solano

Tutor. Dr. Carlos Morera Beita

Lectores: M.Sc. Julio Bustamante Bustamante

Lic. Luis Fernando Sandoval Murillo

Heredia, 2018

## **TRIBUNAL EXAMINADOR**

---

M.Sc. Tomás Marino Herrera

**Decano de la Facultad de Tierra y Mar**

---

M.Sc. Lillian Quirós Arias

**Directora de la Escuela de Ciencias Geográficas**

---

Dr. Carlos Morera Beita

**Tutor de Tesis**

---

Lic. Luis Fernando Sandoval Murillo

**Lector**

---

M.Sc. Julio Bustamante Bustamante

**Lector**

---

Baleska Vega Mena

**Estudiante**

---

Francinie Rodríguez Solano

**Estudiante**

---

---

## **DEDICATORIA**

---

---

Algunos de los pilares que tienen mi mamá y mi papá son la fortaleza, sacrificio, esfuerzo, perseverancia y otros, con los cuales han vivido y nos han criado a mis hermanas y a mí. Por ello se los agradezco. Gracias a todo aquello que me han enseñado he podido alcanzar muchos objetivos en mi vida.

Mi papá y mi mamá son como un roble. La vida les ha enseñado a vencer muchas situaciones difíciles y a construir por sí mismos la felicidad. Han llegado tan lejos como un árbol de secuoya, han dejado muchas cosas por darles a sus hijas lo mejor. Por eso y muchas cosas más le dedico esta investigación a mi familia la que SIEMPRE ha estado a mi lado.

Baleska Vega Mena

Todo esfuerzo y sacrificio tienen su recompensa, la satisfacción que conlleva el arduo trabajo por alcanzar un objetivo en la vida es una sensación indescriptible llena de múltiples emociones. Mi familia, mi pilar en la vida, mi motor constante, son la fuente principal de los logros alcanzados hasta ahora. Esta investigación quiero dedicársela a cada uno de los miembros de mi familia: mi mamá, mi papá, mi hermana y mi hermano, agradezco cada una de sus palabras de aliento que me impulsaron a finalizar una etapa más en mi vida.

Francinie Rodríguez Solano

---

---

## **AGRADECIMIENTOS**

---

---

Agradecemos al Tutor Carlos Morera Beita por su guía y paciencia, el camino no fue fácil y su apoyo incondicional fue de gran importancia en el seguimiento del proyecto, así como también a los tutores por sus múltiples observaciones para el mejoramiento de la investigación.

Asimismo extendemos un gran agradecimiento a los (las) profesores que nos permitieron adquirir un poquito de su conocimiento y sin importar la hora o el día nos brindaron su ayuda, a los conocidos (as), compañeros (as) y amigos (as) que siempre aparecieron para mostrarnos la luz cuando solo veíamos oscuridad. Al personal en general de la Escuela de Tierra y Mar, ICE, IMN, SINAC e IGN por brindarnos desde cada puesto su apoyo y colaboración.

---

---

## CONTENIDO

---

---

Dedicatoria .....	IV
Agradecimientos .....	V
Resumen .....	8
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 Planteamiento del problema .....	9
1.2 Justificación.....	14
1.3 Objetivos .....	16
1.3.1 Objetivo general .....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....	17
2.1 Geografía y Ambiente .....	17
2.2 Evolución del concepto de paisaje .....	17
2.3 El paisaje desde una perspectiva estructural .....	19
2.4 Conectividad y Fragmentación: sus efectos en el hábitat.....	21
2.5 amenazas ecológicas en el ecosistema de páramo.....	24
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO .....	30
3.1 Tipo de investigación .....	30
3.2 Correlación de variables con los objetivos específicos .....	31
3.2.1 Variable: Caracterización y estructura del paisaje .....	31
3.2.2 Variable: Factores climáticos e Incendios.....	36
3.2.3 Variable: Patrón futuro.....	39
CAPÍTULO 4: CARACTERIZACIÓN SOCIO- AMBIENTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	41
4.1 Historia.....	41
4.1.1 La nueva vereda al Sur .....	41
4.1.2 El origen del nombre “Cerro de la Muerte” .....	41
4.2 Características Socioeconómicas .....	42
.....	45
4.3 Caracterización geográfica.....	46
4.3.1 Geología y Geomorfología.....	46
4.3.2 Pendiente .....	47
4.3.3 Tipo de suelo .....	50

4.3.4 Hidrografía (Río Savegre y Río Cuericí) .....	51
4.3.5 Vegetación y Fauna en el área de estudio .....	54
CAPÍTULO 5: ELEMENTOS CLIMÁTICOS E INCENDIOS .....	56
5.1 Clima de Costa Rica.....	56
5.2 Condiciones climáticas en el Cerro de la Muerte .....	58
5.2.1 Precipitación.....	58
5.2.2 Temperatura .....	60
5.2.3 Humedad .....	64
5.3 Adaptabilidad de la vegetación del Cerro de la Muerte .....	66
5.4 Capacidad de recuperación del páramo y su relación con los incendios.....	73
CAPÍTULO 6: ESTRUCTURA DEL PAISAJE EN EL CERRO DE LA MUERTE .....	77
6.1 Análisis comparativo entre la superficie y número de fragmentos para cada categoría.....	77
6.2 Análisis de área y tamaño medio de los fragmentos para cada categoría.....	81
6.3 Análisis de la desviación estándar y el tamaño medio de los fragmentos .....	82
6.4 Análisis de la comparación entre el índice medio de forma, ponderado por el área de los fragmentos y el índice de forma promedio.....	83
6.5 Análisis del índice de longitud total de borde .....	84
6.6 Análisis de probabilidad de cambio (1992-2012) .....	85
6.7 Análisis probabilidad de cambio para el año 2037.....	88
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES.....	89
CAPÍTULO 8: RECOMENDACIONES .....	92
CAPÍTULO 9: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	93
CAPÍTULO 10: ANEXOS.....	101
Anexos del capítulo 5.....	101
Anexos del capítulo 6.....	118

---

---

## RESUMEN

---

---

De manera general los factores climáticos e incendios pueden influir en la dinámica de la estructura del paisaje de un ecosistema, por tanto, lo anterior podría tener graves consecuencias ecológicas. Al aumentar o disminuir las variables climáticas en las zonas bajas, las especies podrían tender a migrar a sitios más altos y fríos, en los cuales se localizan actualmente los páramos, en busca de condiciones ideales para su supervivencia, lo cual impactaría las especies típicas del ecosistema, disminuyendo además su superficie.

Para el desarrollo de esta investigación, se realizó una caracterización ambiental del área de estudio, así como de la estructura del paisaje para identificar su evolución durante los años; 1992 y 2012, luego se procedió con el procesamiento y análisis de datos climáticos. Dentro de los resultados se constata cómo la precipitación a futuro disminuirá, específicamente desde el 2008 al 2014 se obtuvo una disminución de 2243mm, presentando un déficit de agua en el ecosistema. A partir de los gráficos obtenidos de temperatura, no se observaron grandes cambios a lo largo del tiempo, sin embargo, es necesario analizar a profundidad la relación de la variabilidad climática con el comportamiento futuro de los páramos, con el fin de evitar teorías erróneas. El nivel de perturbación en cuanto a incendios en el área de estudio no se pudo conocer, debido a la escasa evidencia e información que hay en el Cerro de la Muerte.

Sin embargo, se presentó una disminución en la superficie de páramo de 56%, lo cual demuestra que existe un proceso de fragmentación, espacialmente se evidencia como el ecosistema de páramo pasó de ser continuo a estar dividido en fragmentos más pequeños. Lo anterior supone un riesgo para el futuro del ecosistema de páramo ya que de mantenerse ese comportamiento el bosque enano aumentaría cada vez su superficie y el páramo cada vez disminuiría más.

---

---

# CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

---

---

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La fragmentación y degradación de los ecosistemas provoca transformaciones ambientales, que se manifiestan en una disminución de la biodiversidad, afectando las especies endémicas. A lo anterior ha de sumarse, que la fragmentación y deterioro de los ecosistemas se deriva de la sobreexplotación de sus recursos, aunque sirve con un motivo económico provoca un impacto adverso en el equilibrio entre la sociedad y la naturaleza. Dentro de esto proceso se encuentran los páramos, que son áreas con una formación arbustiva y herbácea de alta montaña que corresponde a los pisos subalpino y alpino, en la cual casi no se encuentran árboles (Pierre y Vargas, 2010). Asimismo se caracteriza por ser un ecosistema escaso y único, con un alto potencial de endemismo y usos medicinales sobre los que se conoce muy poco (Kappelle & Horn, 2005).

Según Luteyn (2005), los “estudios paleoecológicos indican que los hábitats de páramo han sufrido repetidas expansiones y contracciones durante el Plioceno tardío y el Pleistoceno” (p. 77), asimismo este ecosistema es reconocido por su función reguladora del ciclo del agua. Tanto el suelo como la vegetación actúan como una esponja que en invierno posee la capacidad de absorber una gran cantidad de agua proveniente de las lluvias mientras que en verano, cuando se presenta escasez de lluvias, el páramo continua escurriendo lentamente el agua absorbida en época lluviosa y de esta manera los ríos pueden mantener una parte importante de su caudal (Buytaert, Célleri *et al.* 2006).

En el caso de Costa Rica que posee época seca y lluviosa, según Herrera (2005), la precipitación es abundante, por lo que consecuentemente los páramos poseen un excedente de humedad en el suelo en ocho o nueve meses consecutivos: de mayo a diciembre. Del mes de enero hasta abril disminuyen las lluvias y descienden las reservas de humedad, al punto de que ocurre un déficit para la vegetación con sistemas de raíces inferiores a 1 m de profundidad. En abril, la Zona de Convergencia Intertropical se mueve de su posición ecuatorial hacia el norte, dando lugar a las primeras lluvias fuertes en los páramos, que recargan los suelos hasta la primera semana de junio, cuando el excedente que se filtra escurre

hacia capas inferiores, alimentando la red de drenaje que proviene de la divisoria continental. Además Herrera (2005), afirma que en el Cerro de la Muerte y Cuericí:

[...] partiendo de suelos saturados, se alcanza la condición de sequía condicional después de 14 días consecutivos sin lluvias o con precipitaciones diarias inferiores a las necesidades (evapotranspiración potencial diaria). Si las reservas de agua continúan descendiendo, la sequía absoluta sobreviene a los 43 días consecutivos sin lluvias o con precipitaciones insuficientes (p. 126).

Por otra parte, el páramo además de función fundamental en las zonas de recarga acuífera es considerado un ecosistema muy frágil, especialmente si está expuesto a las actividades humanas. Actualmente el incremento de la población humana, ha aumentado la presión por una mayor producción de alimento y uso de la tierra, que a su vez ha desembocado en el deterioro del ambiente. Actividades como la deforestación, la construcción de carreteras, la agricultura, el pastoreo y las quemas han alterado significativamente el ecosistema de páramo. Según Chaverri (1998):

Las actividades humanas en las montañas son muy variadas: incluyen los diversos cultivos agrícolas (especialmente la papa, el maíz y el café), el pastoreo de ganado vacuno, ovino y caprino, la arboricultura de especies introducidas (Alnus, ciprés, pino, eucalipto y otros) y, desde luego, la tala de bosques (deforestación y quema), para hacer posibles los usos mencionados y la recolección selectiva de algunas especies (briófitos o helechos arborescentes para artesanías y como ornamentales) (párr.25).

De acuerdo con la cita anterior, un aspecto fundamental es la relación existente entre la sociedad y el ambiente. En la actualidad el ser humano ha sido capaz de modificar el medio natural siendo muy pocos los lugares donde la acción antrópica no influye de forma determinante. Para efectos de esta investigación se indaga acerca de la relación de los factores climáticos y de quemas con la dinámica paisajística en el Cerro de la Muerte.

En primera instancia, en Costa Rica, el páramo ha sido protegido a través del establecimiento de espacios para la conservación, por ejemplo el páramo del Cerro de la Muerte ubicado dentro del Parque Nacional Tapantí - Macizo de la Muerte establecido en el año 2000. Espacios que se encuentran amenazados por incendios que en la mayoría son originados por

el ser humano, afectando la biodiversidad de los mismos, así como también la economía local.

Con base en lo expuesto anteriormente, las quemadas han sido tema de controversia por las afectaciones que estas provocan en los ecosistemas de todo tipo, y los páramos no son la excepción. En este contexto, Ellenberg (1979), defendió que la vegetación climax de los Andes tropicales era el bosque y que el ser humano ha sido responsable, más que todo mediante el uso de fuego, de casi todas las grandes áreas deforestadas presentes.

El antecedente más significativo con respecto a las perturbaciones en el Cerro de la Muerte, es el incendio de 1992 del sector de Cerro Asunción, el cual es parte de este macizo, que destruyó aproximadamente 40 ha del ecosistema de páramo aunque no se tienen registros precisos. Asimismo en el 2009 se presentó un incendio en el sector del Cerro Las Vueltas, donde se destruyeron aproximadamente 9 ha, que fue origen antrópico.

Después del incendio de 1992 en el Cerro de la Muerte, el cual devastó grandes superficies, Horn (1997), realizó una investigación sobre la evolución de la vegetación en el Cerro Asunción, dicha investigación evidenció que:

[...] 90-98% del bambú dominante –*Chusquea subtessellata*– y del arbusto *ericoides* *Vaccinium consanguineum* produjeron retoños después del fuego, mientras que la segunda especie leñosa más común, el arbusto *Hypericumirazuense* (*Clusiaceae*), sufrió una mortalidad del 94%. Esta sensibilidad de las especies leñosas al fuego ciertamente afecta la composición de las especies y puede ser la razón de la predominancia del bambú en la actualidad (p. 529).

Siguiendo con la idea anterior, Luteyn (2005) cita a Hofstede & Sevink (1995), y explica que estos dos autores:

Demostraron que el páramo no perturbado tiene una capacidad de retención de agua mucho mayor que el páramo que ha sufrido quemadas y sobrepastoreo, y que una capa vegetal continuamente húmeda es importante para mantener el gran almacenamiento de agua en el suelo durante la época seca (p. 75).

Asimismo Hofstede (1995a) sostiene que con el pastoreo y las quemadas disminuye la cobertura vegetal, misma que es sustituida por cobertura de menor crecimiento, la cual posee menor

capacidad de retención de humedad, debido a que los suelos paramunos se han compactado, son más secos, menos ácidos y orgánicos. En adición a los factores de afectación mencionados, en la actualidad preocupa los impactos que puede provocar el cambio climático a estos ecosistemas de altura. Según la Dirección de Cambio Climático (DCC, s.f.), entidad adscrita al Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE), el tamaño del país es un factor determinante de su vulnerabilidad respecto a las consecuencias del calentamiento global. Además de los manglares, los arrecifes y los bosques de bajura, las zonas de montaña en las cuales se localiza el páramo, aparecen dentro de los escenarios de alto riesgo. De manera general, los bosques tropicales de Costa Rica están muy cerca de ser afectados por las altas temperaturas, lo anterior conlleva graves consecuencias ecológicas y sociales. Al aumentar la temperatura en las zonas bajas, las especies tenderían a migrar a sitios más altos y fríos, en los cuales se localizan actualmente los páramos, en busca de condiciones ideales para su supervivencia, impactando las especies típicas del ecosistema y a su vez, disminuyendo su superficie.

El SINAC (2013) realizó un análisis de vulnerabilidad al cambio climático de las áreas silvestres protegidas terrestres, entre los principales hallazgos de la investigación se destaca una probabilidad moderada de que la temperatura media anual aumente 3 °C o más para el año 2070, en el Área de Conservación de Osa (ACOSA) y el sur del Área de Conservación La Amistad Pacífico (ACLA-P). Mientras que la mayoría de las Áreas Silvestres Protegidas presentan una vulnerabilidad alta o muy alta al potencial de degradación de las existencias de carbono están en el ACLA-P y Área de Conservación Pacífico Central (ACOPAC), estas áreas presentan un gradiente altitudinal importante y los mayores cambios se presentan en los bosques de las partes altas.

Los factores tanto climáticos como antrópicos, pueden influir en la dinámica de la estructura del paisaje, el aumento de la fragmentación del ecosistema genera el aislamiento entre los fragmentos, de esta manera se conforman los llamados "hábitat-isla" (Wilcox & Murphy, 1985). Según lo predijo Alphonse de Candolle en 1855, si el porcentaje de fragmentación es muy alto, se facilitaría la extinción total de una o más especies endémicas y la preservación diferenciada de otras (Morlans, 2005a).

Bajo este escenario surgen las siguientes interrogantes que guiarán la presente investigación: ¿Qué cambios se han generado en la estructura del paisaje en el ecosistema de páramo en el Cerro de la Muerte? ¿Han influido los factores climáticos y las quemas en el patrón de estructura del paisaje?

Aunado a lo anterior, surge la hipótesis, para demostrar que el ecosistema de páramo ha modificado su estructura a través de los efectos climáticos y de las quemas, por lo que el estudio de estos efectos es importante investigarlo, ya que si el ecosistema de páramo se ha fragmentado, su impacto por consiguiente llevaría a la extinción de este ecosistema. Por tal razón, a través de esta investigación, se establecen recomendaciones para la protección de estos ecosistemas.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La Geografía es una de las disciplinas científicas más antiguas, sin embargo, logró consolidarse como tal hasta el siglo XIX tras los valiosos aportes de Humboldt, Ritter, Richthofen y Ratzel. Fueron diversos los paradigmas que la influyeron, y a través del tiempo fue adoptando diferentes enfoques para mejorar la comprensión de su objeto de estudio, que es el espacio geográfico.

Actualmente existen diversas corrientes geográficas, como la regional, ecológica humana, cultural, entre otras. Después de la Segunda Guerra Mundial emergen nuevos enfoques como el cuantitativo, sistémico, de la percepción y el comportamiento, radical, humanista, ambiental, entre otros (Edin, 2011).

En este desarrollo de la Geografía como ciencia, se considera a los seres humanos que trabajan y habitan en el espacio, así como sus necesidades, tradiciones y actividades; se consideran las relaciones sociedad-naturaleza, dentro de un enfoque ambiental cuantitativo neopositivista, para ordenar el territorio. La disyuntiva aparece cuando la demanda productiva por parte de los individuos hacia la naturaleza excede el equilibrio ecológico, al generar diversos efectos adversos tales como la fragmentación de los ecosistemas naturales, la extinción de especies, la contaminación de los ecosistemas, entre otros. A raíz del surgimiento de varios inconvenientes provocados por factores como el desarrollo industrial y urbanístico, el deterioro y la escasez de recursos naturales, así como el cambio climático, emerge la preocupación por conservar los ecosistemas más frágiles y amenazados.

En las últimas décadas, tomando en cuenta estas inquietudes, se han organizado, numerosas conferencias internacionales sobre la protección del ambiente, con el propósito de establecer estrategias que amortigüen los impactos adversos, tales como la Cumbre de la Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo, celebrada en 1992; la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en el 2002; la Conferencia sobre Cambio Climático celebrada en el 2009, con la participación del país.

Sin embargo, como menciona Meza (2001), refiriéndose a las áreas protegidas en Costa Rica, la mayoría de estas no tienen la debida protección, en parte porque se carece de los medios económicos, voluntad política y apoyo logístico necesarios para el adecuado mantenimiento

de las mismas. De igual forma, las investigaciones actualizadas sobre los ecosistemas son escasas, lo cual limita la toma de decisiones sobre su adecuado manejo y conservación, especialmente el páramo, que es de las vegetaciones menos estudiadas en el país, y los pocos estudios se han centrado en enfoques ecológicos, principalmente en el Cerro Chirripó debido a su extensión y relevancia por ser la mayor cima del país. De acuerdo a la revisión de literatura no existen investigaciones que aborden la estructura del paisaje para analizar las dinámicas espacio-temporales de los páramos a pesar de su relevancia ecológica.

Por lo cual, se requiere investigaciones que incrementen el conocimiento científico del ecosistema de páramo para proponer recomendaciones a sus principales retos, especialmente relacionado con los cambios globales que actualmente se ciernen sobre el planeta. Por tanto, conviene realizar estudios como el presente, ya que los páramos, por su importancia ecosistémica, así como su fragilidad y vulnerabilidad ante las actividades humanas, son relevantes para ser estudiados, como afirma Luteyn (2005):

Estas islas ecológicas de endemismos, de elevaciones altas y climas fríos, se encuentran rodeadas por un mar de bosque tropical caliente de elevaciones bajas. Por ello, la insularidad, la edad, el origen, las afinidades y los patrones evolutivos de los taxa de esta vegetación están completamente abiertos a estudios sistemáticos y biogeográficos evolutivos detallados (p. 77).

En el caso de Costa Rica, los páramos, se localizan en el Volcán Irazú, el Cerro Las Vueltas, el Cerro de la Muerte, el Cerro Cuericí y el Cerro Chirripó. Para la presente investigación el área de estudio corresponde al Cerro de la Muerte, localizado entre la provincia de San José y Cartago. Para implementar este estudio pionero, el cual se basará en un enfoque cuantitativo, se ha seleccionado como marco temporal los años 1992 y 2012, que son los periodos que tienen imágenes confiables para este estudio. Aunado a lo anterior, esta investigación tiene como motivo aportar conocimiento que respalde la toma de decisiones en cuanto al manejo de los ecosistemas de páramo, los cuales se encuentran fuertemente amenazados en la actualidad.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar la dinámica del paisaje en el ecosistema de páramo localizado en el Cerro de la Muerte, para establecer su relación con factores climáticos e incendios: 1992 y 2012.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Caracterización ambiental del área de estudio y la estructura del paisaje para identificar su evolución durante los años; 1992 y 2012.
2. Describir el comportamiento de los elementos climáticos e incendios del área de estudio en los últimos 20 años y su relación con la estructura del paisaje.
3. Determinar el patrón futuro de la estructura del paisaje para realizar recomendaciones que potencien la conservación del ecosistema de páramo en el área de estudio.

---

---

## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

---

---

### 2.1 GEOGRAFÍA Y AMBIENTE

La geografía, en un ámbito general, es una disciplina en la cual se analiza la relación de los seres humanos con su medio natural, esta perspectiva toma en cuenta tres posibilidades a considerar: la influencia de la naturaleza sobre el desarrollo, la acción del ser humano en la transformación de la naturaleza, y la interacción entre factores naturales y humanos. Asimismo, la geografía es de suma importancia ya que es utilizada para identificar y caracterizar secciones del espacio, tales como territorio, regiones, paisajes y localizaciones, y por ende a la obtención de métodos y técnicas de análisis específicos que respondan a los problemas de ordenamiento del territorio.

Dentro de las ciencias geográficas han existido dos ramas fundamentales, la Geografía Física y la Geografía Humana. Para efectos de la presente investigación la misma está incluida dentro de la Geografía Física, específicamente dentro del campo de la Biogeografía, que es una ciencia interdisciplinaria que estudia básicamente la distribución de los seres vivos en el territorio dentro de un contexto evolutivo, buscando dar respuesta a preguntas específicas y analiza patrones de distribución que permitan construir un espacio, en donde la información recolectada incrementa el conocimiento sobre la transformación y evolución del mismo. Por otro lado, la biogeografía es una disciplina que también está sujeta a estudios biológicos, de allí que sea utilizada para estudiar y analizar los distintos procesos naturales que experimentan los diversos ecosistemas alrededor del mundo, por lo que esta ciencia no estudia solamente la distribución de los seres vivos, sino también la distribución de ecosistemas y biomas (Espinoza, Morrone, *et al.* 2002).

### 2.2 EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE PAISAJE

El concepto de paisaje se puede interpretar y percibir de diferentes formas, por ejemplo, dicha definición no es la misma para los pintores, poetas, escritores, arquitectos, geólogos, geógrafos, ecólogos, biólogos, entre otros. Como lo indica Escribano *et al.* (1991) el paisaje puede ser igual en el fondo pero diferente en la manera de interpretarlo (Escribano *et al.* citado por Morláns, 2005b). Dicho lo anterior, el término ha variado en la historia, sin

embargo, a través de los trabajos realizados por Alexander van Humboldt y Charles Darwin, los cuales estudiaron de manera integrada las características físicas y su entorno biológico, se produjo un acercamiento entre las geociencias y biociencias (Romero & Morlans, 2009).

Posteriormente Ernest Haeckel (1869) incluye el concepto de ecología, definiéndolo como: “estudio entre los seres vivos y su ambiente”, sin embargo, este autor no pudo definir conceptualmente el objeto de estudio de la nueva ciencia. En 1919, Hassinger mencionó que la geografía regional debería considerar como objeto de estudio el paisaje, porque según él “ninguna otra ciencia distingue las múltiples relaciones que se establecen entre las manifestaciones de la naturaleza viva y la no viva, y con las personas de diferentes estratos sociales que actúan por motivos económicos” (Morlans, 2005b, párr. 15).

Ante un panorama de muchas ambigüedades y distintas definiciones, en 1938 el biogeógrafo Carl Troll, construyó el término “ecología del paisaje”, integrando a la vez la geografía y ecología, quien además justificó que la ecología y el paisaje son dos conceptos que se complementan, y que están relacionados con la sociedad (IBID). Además concluye, que existen dos aspectos fundamentales que debe estudiar la ecología del paisaje, el primero es el horizontal que trata la estructura geográfico-paisajística y el segundo es el vertical, centrado en el orden biológico- ecológico. Con estos dos conceptos integrados (ecología y paisaje) Troll (1950) define el paisaje geográfico como “una parte de la superficie terrestre definida por una configuración espacial determinada, resultante de su aspecto exterior, del conjunto de sus elementos y de sus relaciones externas e internas, que queda enmarcada por los límites geográficos naturales de otros paisajes de distinto carácter” (Troll citado por González, 2012, p. 178).

Actualmente se ha establecido que la naturaleza constituye un sistema heterogéneo, dinámico y organizado, donde se puede analizar, describir y estudiar desde sus características estructurales, funcionales y organización jerárquica (Marull, 2003). Por lo tanto, para efectos de esta investigación, el paisaje resulta de la modelación efectuada por distintos factores (abióticos, bióticos y antrópicos) cuya historia evolutiva y adaptabilidad del paisaje le proporciona características particulares (Romero & Morlans, 2009).

Con lo mencionado anteriormente se concluye, que el paisaje no es la añadidura de elementos geográficos dispersos, sino una unidad geográfica holística. En este contexto, el análisis de la dinámica del paisaje debe ser abordado desde varios niveles multidisciplinarios, los cuales permitan conocer e identificar tanto el paisaje natural como sus modificaciones, con el fin de aportar nuevo conocimiento sobre la utilización del paisaje natural a un paisaje económico y culturalmente aprovechado.

### **2.3 EL PAISAJE DESDE UNA PERSPECTIVA ESTRUCTURAL**

Según Forman & Godron (1986) la ecología del paisaje concibe la aproximación al estudio de la superficie terrestre en función de tres aspectos generales: la estructura, la funcionalidad y la temporalidad, los cuales deben ser abarcados en una dimensión integral para el objeto del conocimiento del paisaje. Dentro del estudio de la estructura del paisaje, básicamente se analizan las interacciones entre los distintos elementos bióticos y abióticos, así como su distribución a lo largo de un territorio. De esta forma Vilá, Varga, Llausas & Ribas (2006) explican:

La visión e interpretación del paisaje desarrollada desde la ecología del paisaje se fundamenta en una aproximación de carácter estructural - morfológica y a la vez funcional. En otras palabras, podemos decir que se analizan las características estructurales y morfológicas que componen un territorio en un momento determinado y/o su evolución a lo largo del tiempo, infiriendo a la vez en su incidencia a nivel de funcionalidad ecológica (p. 155).

Por lo tanto, los ecosistemas que componen un paisaje, pueden variar en su estructura, función y composición de especies. Asimismo para evaluar y proteger un paisaje, es necesario e indispensable conocer el sistema completo así como también las partes que comprende, tanto en su estructura como en su función. Desde una perspectiva estructural, el paisaje funciona cuando presenta principalmente tres elementos: matriz, corredores y parches. La integración de los elementos establece la dominancia y heterogeneidad de cada paisaje, determinando de igual forma las características de cada uno de estos (Morlans, 2005a). Dependiendo de la forma en que se presenten estos elementos así será la forma de agrupación, diversidad y dominancia de ellos en el paisaje, a su vez estableciendo propiedades funcionales propias (Anzola, 2004).

En primera instancia, la matriz hace referencia al elemento del paisaje que tiende a ser más extenso y más interconectado, adquiriendo una dominancia en el funcionamiento de este, por lo tanto caracterizándose por poseer una gran cobertura y alta conectividad. No todo el paisaje tiene una matriz definible, sin embargo, si es posible identificar, ya que es la porción de cobertura que más domina y además ocupa la mayor área relativa (IBID). A lo anterior ha de agregarse, que la matriz es el elemento englobante, el cual posee los parches y los corredores. El conjunto de parches constituye un mosaico y el conjunto de los corredores una red (Morlans, 2005a).

Con base en lo expuesto anteriormente, Etter (1991) define la matriz de un paisaje como:

Aquel tipo de elemento del paisaje que ocupa la mayor área relativa [...] Los criterios necesarios a tener en cuenta para identificar la matriz de un paisaje serían pues:

- a. Extensión areal relativa: la matriz debe ser el elemento más extenso.
- b. Grado de conectividad: la matriz es el elemento más conectado (menos fraccionado) del paisaje.
- c. Control de la dinámica del paisaje: la matriz ejerce un grado de control mayor que cualquier otro elemento sobre la dinámica de un paisaje (p. 30).

Por otra parte, los elementos del paisaje tipo parche, lo define como “una superficie no lineal de tamaño variable que difiere fisionómicamente de sus alrededores, y que posee un grado de homogeneidad interno” (p. 26). Este mismo autor indica que los parches varían según su forma, tipo, tamaño, diversidad y sus características de borde. En este sentido el autor identifica cuatro tipos de parche (perturbación, remanentes, recursos ambientales y los introducidos).

El elemento del paisaje denominado corredor es definido como aquellos espacios que permiten el flujo y filtro de los recursos ecológicos, lo cual en principio son articuladores de procesos biológicos complementarios (Morera & Sandoval, 2013). Por tanto, todos los paisajes están tanto divididos como conectados por corredores y esta característica constituye la principal función de los corredores en el paisaje. Algunas de las funciones que cumplen, según Forman & Godron (1986), son: 1) hábitat de ciertas especies, 2) conducto para las especies, 3) filtro, 4) fuente y sumidero de especies y de materia que circula en el paisaje

(sedimentos, semillas, contaminantes, etc.) con efectos ambientales y ecológicos en el entorno.

Dicho lo anterior, se concluye que los componentes de la estructura del paisaje pueden ser afectados o modificados por variables antrópicas o climáticas. Donde el primer término hace alusión a los efectos negativos que ha provocado el ser humano en el paisaje y que, por ende, dimensionan la relación entre estos dos términos y el segundo concepto hace énfasis al cambio por procesos internos naturales del sistema climático.

#### **2.4 CONECTIVIDAD Y FRAGMENTACIÓN: SUS EFECTOS EN EL HÁBITAT**

Otros conceptos que se encuentran vinculados a la estructura del paisaje y que son necesarios abordar son el concepto de conectividad y fragmentación del paisaje. El primero está asociado a la capacidad que tienen los organismos para desplazarse entre parches separados de un determinado tipo de hábitat (Taylor *et al.* 1993; Hilty *et. al* 2006 citado por Vilá, Varga, Llausas & Ribas, 2006).

Existen dos tipos de conectividad: estructural y funcional. La primera estudia y analiza la distribución espacial. De igual forma, existen factores que influyen en su conectividad, tal y como lo indica Bennet (2003): “El proceso estructural está influenciado por la presencia y continuidad de hábitats adecuados de dispersores de especies, la extensión de las brechas, la distancia entre fragmentos y alternativas de redes” (p. 9).

Por otra parte, la conectividad funcional, verifica el movimiento de las especies y los procesos, es decir, específicamente se refiere al comportamiento de las especies en cuanto a la estructura física (pendiente, tipo de suelo, condiciones climáticas, entre otras). Según Vargas (2008) los factores que determinan este tipo de conectividad son: la capacidad de dispersión, la capacidad de reproducción, la amplitud ecológica y la tolerancia a hábitats alterados.

Dicho lo anterior, es importante anotar que el proceso estructural es más geográfico con respecto al funcional que es más biológico, a raíz de ello, es posible efectuar análisis y representaciones espaciales sobre el desplazamiento de las especies, con el fin de conocer por ejemplo, el tamaño de los fragmentos y como esto afecta la conectividad de un

ecosistema. El mismo autor plantea que, a escala de paisaje, la conectividad se ha definido como el paisaje que permite o impide el movimiento de especies entre un parche y otro. Como lo afirma cuando menciona: “La alta o baja conectividad va a estar en función del grado de desplazamiento de las especies entre las manchas de bosque [...]” (p15). Por ejemplo un mismo paisaje puede a la vez proporcionar una conectividad alta para algunas especies (caso de las aves que pueden alcanzar mayor desplazamiento), pero para otras muy baja (Taylor, Fahring, Henein & Meriam, 1993).

El segundo concepto importante en la estructura del paisaje es el de fragmentación, el cual consiste en la división de un paisaje en fragmentos. De acuerdo con Morello (1983): “La fragmentación es el proceso en qué áreas grandes y continuas de hábitat son reducidas y divididas en dos o más fragmentos los que quedan inmersos en una matriz con condiciones poco aptas para las especies de los fragmentos” (Morello citado por Pinto, 2006, p. 19). De esta forma, el aislamiento de una población de especies a través del tiempo y en condiciones naturales puede producir especiación. Sin embargo, cuando el aislamiento es producto de la fragmentación por razones antrópicas, la posibilidad que este provoque la extinción es mayor (García, 2002). Según Morláns (2005a):

La pérdida del hábitat es la razón más importante de la extinción de especies en los últimos tiempos, al disminuir el hábitat, se ve afectada su distribución del hábitat restante por la falta de continuidad [...] Otro efecto de la fragmentación es el aumento del efecto borde. Al disminuir los parches del hábitat, aumenta la vulnerabilidad de las especies a las condiciones ambientales adversas, que son frecuentes en los bordes de los parches del hábitat, pero no en su interior (p. 7).

Basado en lo anterior, el efecto de borde constituye un problema muy importante para los ecosistemas, ya que según Williams (1991) estos provocan espacios mayores como lo plantea Morláns (2005a):

Los bordes son ambientes distintos en el sentido que la estructura de vegetación y su biota difieren en ambas comunidades contiguas. Por otro lado, el conjunto de los efectos de la matriz sobre el fragmento se conoce como "efecto de borde", el cual se puede manifestar en cambios al interior del fragmento, principalmente en su perímetro. Se han definido bordes de tipo naturales, originados por

perturbaciones físicas como fuegos, tormentas, derrumbes, viento o perturbaciones bióticas como depredación o forrajeo; y los generados por actividades humanas que conforman la mayoría de los bordes existentes en el mundo (p.11).

Por otra parte, si bien desde la década de los 60 se estudia el término de la fragmentación del paisaje, los resultados de las diversas investigaciones son diversos, pero los más relevantes son la teoría de biogeografía de islas y teoría de metapoblaciones (Pinto, 2006). MacArthur y Wilson en 1967, propusieron la teoría de la biogeografía de islas, la cual consistía en explicar por qué las islas oceánicas siempre poseen menos especies que un área continental de tamaño semejante. Principalmente basaron su teoría en dos procesos: la inmigración de especies nuevas hacia una isla y la extinción de especies ya presentes en esa isla. A través de esta teoría se concluye que la distancia y el tamaño de los fragmentos son los factores que afectan la distribución y riqueza de las especies en una comunidad natural. Un ejemplo de lo anterior, son las porciones de bosques que se encuentran separadas debido al aislamiento, disminuyendo su superficie y a su vez provocando la disminución de la conectividad (García, 2002).

Como segunda teoría importante, en cuanto a la fragmentación del paisaje, surge “la teoría de metapoblaciones”, misma que fue implementada por Levins, con el fin de incorporar nuevos conocimientos sobre la dinámica de la población de las especies. El concepto de metapoblación hace referencia a un grupo de poblaciones de la misma especie conectadas entre sí, por procesos de aislamiento. Así también, según Levins: “El modelo considera especies que muestran patrones de distribución espaciales a manera de parches discretos y bien definidos en los que la especie puede vivir inmersa en una matriz de hábitat formada por ambientes no colonizables” (Levins citado por Valverde, 1999, p. 58). En síntesis, a las diferentes poblaciones de una especie que se encuentran interconectadas debido a la migración de individuos se les llama metapoblaciones (Valverde, 1999).

Recapitulando lo abordado anteriormente, se concluye que en los paisajes fragmentados, la conectividad se reduce drásticamente para muchas especies y la viabilidad de sus poblaciones queda comprometida, por lo que existe una estrecha relación con respecto a las definiciones de conectividad y fragmentación, de tal forma que si la conectividad de un ecosistema

disminuye la fragmentación aumenta y viceversa. Aunado a lo anterior, se expone un cuadro (n° 2.1) con las diferencias básicas entre conectividad y fragmentación, así como sus efectos en el hábitat, con el fin de simplificar la información detallada anteriormente.

**Cuadro 2.1: Comparación entre el concepto de conectividad y fragmentación.**

Conceptos	Definición	Efectos	
		Escenario 1: Alta Conectividad	Escenario 2: Baja Conectividad
<b>Conectividad</b>	Facilidad para las especies para transportarse entre los diferentes parches de bosque.	1. Diversidad de especies.	Se percibe en el área una disminución en la continuidad de los parches.
		2. Estabilidad ecosistémica.	
		3. Aumento de especies endémicas.	
<b>Fragmentación</b>	División de un área continúa en fragmentos más pequeños.	Se percibe en el área una disminución de la separación de los parches.	1. Pérdida del Hábitat.
			2. Extinción de especies.
			3. Aumento del efecto de borde.

Fuente: Elaboración propia, a partir de información recolectada de diversas investigaciones (Bennet, 2003; Vilá, Varga, Llausas y Ribas, 2006; Vargas, 2008; Taylor, Fahring, Henein y Meriam, 1993 et. al).

## 2.5 AMENAZAS ECOLÓGICAS EN EL ECOSISTEMA DE PÁRAMO

Según las referencias encontradas acerca de estudios que muestran y explican el comportamiento del páramo, este resulta ser uno de los ecosistemas menos analizados en relación con otros tipos de ecosistemas, todavía es necesario ampliar el nivel de comprensión y difundir las características ecológicas, socioculturales y económicas de dichos ecosistemas. Además, es sumamente importante explorar las relaciones y tensiones que se presentan entre conservación y uso, analizando los consecuentes impactos en la protección o deterioro de las funciones del ecosistema y de los servicios ambientales que presta.

Al analizar los estudios realizados a nivel internacional, resulta importante evaluar la eficacia en la ejecución de estrategias de manejo en estos ecosistemas, ya que actualmente se percibe una alta presión, siendo las actividades agropecuarias la principal amenaza. En el año 2008 se desarrolló un Segundo Conversatorio sobre páramos en Piura (Perú), durante la “Semana de los Ecosistemas de Montaña”, evento que facilitó la participación de líderes de las comunidades parameras y marcó la pauta de inclusión amplia para seguir fortaleciendo los Conversatorios sobre el páramo. En un primer abordaje, en este conversatorio se discutió la importancia de los páramos como ecosistemas que constituyen zonas de captación, filtración y distribución de agua, no solamente regula la cantidad de agua disponible a lo largo del año, sino que permite contar con ella en la estación seca. Además, tiene funciones importantes en el mantenimiento de la calidad del agua, paisaje y la biodiversidad endémica que tienen un alto valor ecológico, económico y cultural (Torres & López, 2008).

Asimismo se enfatizó en temas como la función fundamental y la dinámica del páramo como sistema hidrológico, el valor económico del agua en el nuevo contexto económico y la diferencia florística y analogía funcional de la zona andina del norte peruano vinculada con los páramos andinos de Ecuador, Colombia y Venezuela, lo cual refleja que si existe un interés por estudiar y analizar este tipo de ecosistema en otros países (Torres & López, 2008). Destacando que este tipo de ecosistema también es escasamente estudiado en otros países, como en Perú, donde los páramos se han convertido en una fuente de biodiversidad cuyo potencial está por conocerse.

Por otra parte, con base en investigaciones sobre páramos en Colombia, el eco-hidrólogo Conrado Tobón muestra la importancia en cuanto a captación de agua exponiendo lo siguiente:

[...] evidencias cuantitativas de las capacidades físicas de la compleja relación entre el suelo-planta de los páramos para retener y distribuir agua. Señaló que cada gramo de musgo-suelo tiene la capacidad retentiva de 8.0 gramos de agua; el rendimiento hídrico de este ecosistema es de 65%, en otras palabras suministra 65 litros de agua a una cuenca, por cada 100 recibidos de la atmósfera (Torres & López, 2008, p. 7).

Asimismo, durante el 2008, se realizaron investigaciones en los páramos andinos, las cuales estuvieron principalmente orientadas a conocer la relación entre las coberturas del páramo y

la hidrología o eco-hidrología, en las mismas se estudian los procesos de transferencia de agua entre el suelo, la vegetación y la atmósfera, a raíz de lo anterior, se ha elaborado un protocolo de investigación hidrológica que aplica métodos y resultados a implementarse en los páramos de la región andina. Por otra parte, en cuanto a la fragmentación, en los páramos andinos esta situación se ha convertido en una amenaza, en parte por la intervención de los seres humanos convirtiéndolos en áreas para cultivos agrícolas, por lo que los páramos están actualmente bajo una alta presión, siendo las principales amenazas la minería a cielo abierto, los cultivos agrícolas por la pérdida de la fertilidad natural y de capacidad de almacenamiento de agua, la ganadería, el incremento demográfico y las plantaciones forestales o reforestaciones con especies exóticas o ajenas a él (Torres & López, 2008).

Se ha entablado una discusión sobre los efectos del calentamiento global en estos ecosistemas. Las amenazas de este proceso apuntan sobre los ecosistemas montañosos de todo el mundo, el desconocimiento de los componentes asociados con la morfología de los bosques nubosos hace difícil predecir los impactos negativos directos que el cambio climático tendrá sobre estos ecosistemas alrededor del planeta (Foster, 2001).

No obstante, según Flórez (2000):

[...] el calentamiento global puede producir "migraciones" altitudinales de las franjas paramunas. El superpáramo ocupará el espacio dejado por las nieves perpetuas y el páramo colonizará el espacio dejado por el superpáramo en su parte baja, mientras presumiblemente el bosque alto andino invadirá la parte inferior del páramo o zona de ecotonía, ampliando su límite superior y probablemente perdiendo espacio en su límite inferior (p. 29).

Ejemplo de lo anterior es Ecuador, las amenazas que enfrenta el páramo son el resultado del efecto antrópico (deforestación y cambios en el uso del suelo) y el cambio climático. El sapo jambato (*Atelopus ignescens*) ya ha desaparecido de los páramos, y se teme por la supervivencia de una gran variedad de especies (Sánchez, 2013).

Dado lo anterior, se concluye, que el ecosistema de páramo tiene una capacidad limitada para recuperar su estructura original y su biodiversidad una vez que estas se alteran, Mena y Medina (2001), argumentan que cualquier perturbación, e incluso las lluvias y los vientos,

causan efectos significativos en el corto, mediano y largo plazo. Es por esto que se debe tratar con mucho cuidado.

Las investigaciones sobre el ecosistema de páramo en Costa Rica son muy escasas, y hasta hace poco tiempo se han comenzado a estudiar sus componentes a profundidad, por lo que, entender la evolución del páramo, patrones y sus procesos, es sumamente difícil. Sin embargo, distintos autores extranjeros les ha interesado estudiar el ecosistema paramuno de Costa Rica y son ellos, junto con una escasa población nacional de científicos, los que han elaborado una lista de documentos científicos que abordan la composición del páramo.

Dichos estudios se han realizado desde diferentes metodologías. Por ejemplo: para conocer la evolución del clima en la parte alta de la Cordillera Volcánica Central se partió de la recopilación de información diaria de anuarios metodológicos de diferentes años, a partir de la información recolectada se elaboraron balances hídricos, y se estableció la frecuencia de las heladas en los páramos de Costa Rica (Herrera, 2005). La geología, geomorfología y depósitos glaciares en los páramos, se investigó a través de las visitas al Parque Nacional Chirripó y alrededores del Cerro de la Muerte, se estudiaron los depósitos superficiales, mediante el examen de los afloramientos y sedimentos expuestos en cortes y pozos, las extensiones y tipo de sedimentos se registraron e importaron en un Sistema de Información Geográfica (Lachniet, Seltzer & Solís, 2005). Para la investigación de la vegetación del páramo en la Cordillera de Talamanca, se procedió con la exploración botánico-ecológica en las áreas paramunas del Cerro Buenavista en 1973 y desde 1985 en los altos páramos del Chirripó, con la información se realizó una explicación en el tiempo y en el espacio de las diferentes proporciones fitogeográficas (Cleef & Chaverri, 2005).

En forma paralela a lo anterior, durante la primera parte del siglo XX los distintos biólogos y ecólogos no consideraban los páramos de Costa Rica como tales, en 1909, el botánico Carl Wercklé publicó un análisis de la flora costarricense (La Subregión fitogeografía Costarricense), documento donde resaltó que no había páramos en Costa Rica (Wercklé, 1909). Es hasta principios de la década de 1930, cuando los investigadores empiezan a interesarse en los ecosistemas de alta montaña. En 1937, Paul Standley en su libro *Flora of Costa Rica*, compara adecuadamente la vegetación del Macizo de la Muerte con la paramuna

sudamericana, a partir de este momento se reconoce el ecosistema de páramo como tal. En la siguiente década, en 1940 se abrió la Carretera Interamericana, lo que impulsó las visitas al páramo del Macizo Buenavista (Skutch, 1971, citado por Gómez, 2005, p. 103). Consecuentemente a mediados de la década de 1980, los botánicos y ecólogos que destacaron por su esfuerzo para producir nuevos conocimientos e investigaciones científicas fueron Antoine Cleef, Maarten Kappelle y Adelaida Chaverri (Gómez, 2005).

Algunos de ellos siguieron investigando el ecosistema de páramo, como lo fue Adelaida Chaverri, la cual exploró los ecosistemas de altura, principalmente en el Parque Nacional Chirripó y enfatizó en la fragilidad extrema de estas hábitats, por la alta incidencia del fuego durante las últimas tres décadas y el lento proceso de regeneración luego de las quemas frecuentes (Kappelle & Cleef, 2004). Uno de los estudios que efectuó Chaverri en el Parque Nacional Chirripó fue el de la sucesión de la vegetación después del incendio de 1976, los resultados se incorporaron dentro del libro *Historia natural del Parque Nacional Chirripó*. Dentro de la investigación se concluyó que de todas las amenazas y daños que han sufrido los páramos y los bosques nubosos, los incendios forestales son los más graves, ya que en unos cuantos minutos se destruyen acervos naturales y condiciones de desarrollo de los ecosistemas que necesitaron siglos para construirse (Chaverri, 2008).

Aunado a lo anterior, Esquivel (2014) recientemente presentó un estudio denominado “Cambio Climático e Incendios Forestales en el Caribe costarricense”, en donde se analiza por primera vez un incendio forestal en la vertiente caribe de la Cordillera de Talamanca, específicamente en Sitio Hilda. El estudio resalta la relación entre cambio climático y los incendios, evidenciando que:

[...] en los bosques de la vertiente del Parque Nacional Chirripó, el cual se caracteriza por su alto grado de humedad, de tal forma que un incendio al llegar al bosque era detenido o absorbido por la humedad existente bajo sombra. Hoy en día las precipitaciones y la humedad en general no son las mismas y la baja disponibilidad de agua en el suelo permite que los combustibles forestales estén disponibles para arder de forma desproporcionada (IBID, p. 3).

Recapitulando, de los puntos desarrollados anteriormente se concluye que el ecosistema de páramo es único, que protege una combinación de especies con adaptaciones en estructura

física, fisiológica, y de ciclos de vida con condiciones extremas de temperatura y radiación. Sin embargo, el difícil acceso de muchos sitios de páramo, principalmente en la Cordillera de Talamanca, y el hecho de que este tipo de ecosistema no comprende un área considerable de las zonas protegidas, ha provocado la falta de investigaciones y de interés nacional (Kappelle & Horn, 2005).

---

---

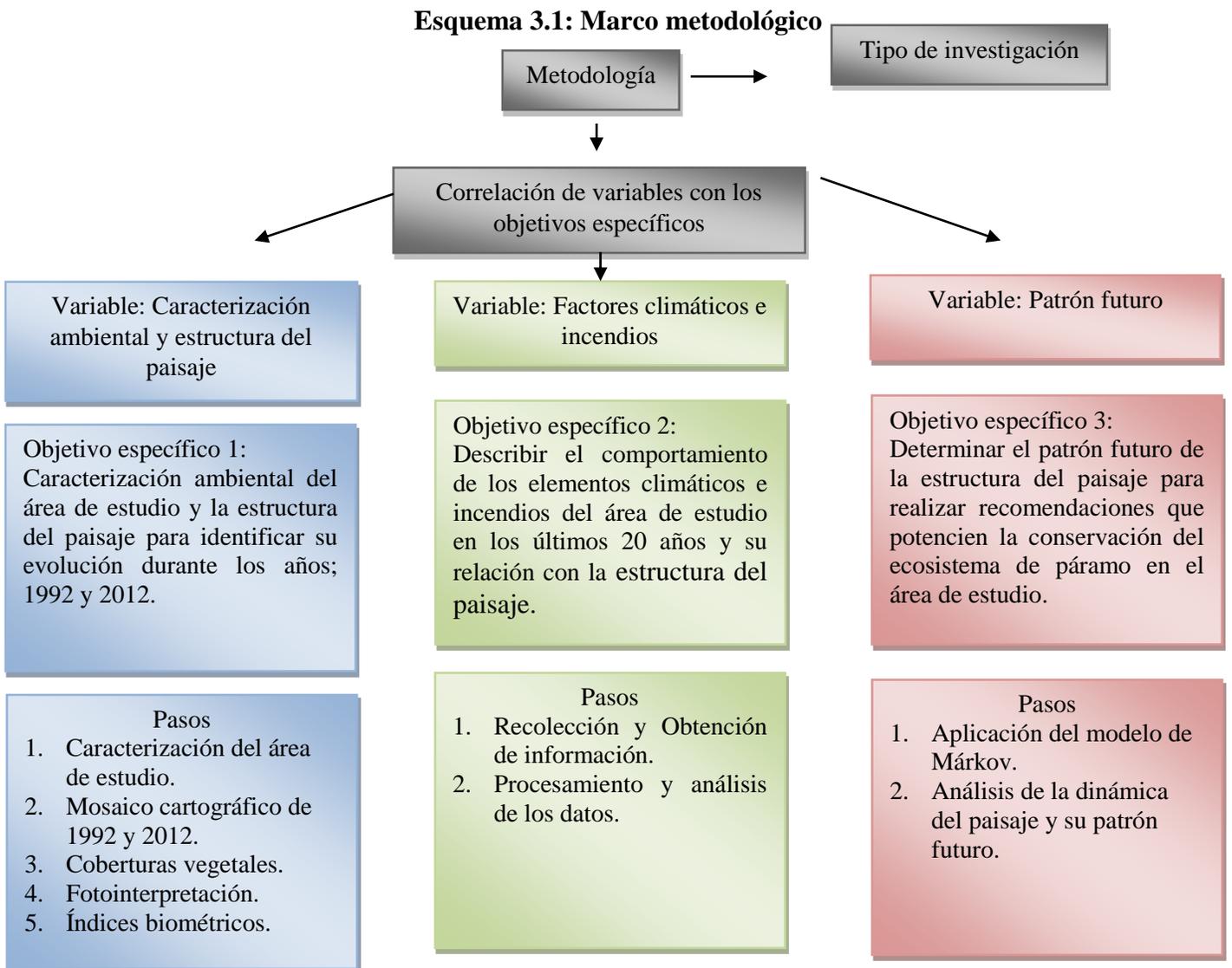
## CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

---

---

### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo descriptiva-cuantitativa, ya que caracteriza la dinámica de la estructura del paisaje en el ecosistema de páramo, para determinar cuál es el patrón de distribución espacial en los últimos 20 años utilizando índices de paisaje, asimismo analizar su relación con los factores climáticos e incendios (ver esquema 3.1).



Fuente: Elaboración propia.

## **3.2 CORRELACIÓN DE VARIABLES CON LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

### **3.2.1 VARIABLE: CARACTERIZACIÓN Y ESTRUCTURA DEL PAISAJE**

#### *Objetivo específico 1*

Caracterización ambiental del área de estudio y la estructura del paisaje para identificar su evolución durante los años 1992 y 2012.

#### **1. Caracterización del área de estudio**

De acuerdo al primer objetivo específico, para abordar de forma holística el problema de investigación, es necesario realizar previamente una caracterización del área de estudio, que analiza aspectos biofísicos como geología, geomorfología, suelos, vegetación y fauna. Por medio de la utilización de las investigaciones de Obando (2004) y Lachniet & Seltzar (2005), se obtuvo la geología y geomorfología. El tipo de suelo se determinó a partir del libro *Páramos de Costa Rica*, específicamente del estudio desarrollado por Kapelle y Van Uffelen (2005). Para el caso de la vegetación y la fauna se realiza una recopilación de diversas fuentes como el INBio y estudios relacionados como el de Kappelle y Van Omme (1997). Además se realizó una búsqueda de información correspondiente a las características socioeconómicas, el Plan Regulador de Cartago, información aportada por el Instituto de Desarrollo Rural de Pérez Zeledón y Plan de Desarrollo Humano Local del Cantón de Dota, entre otras.

#### **2. Mosaico cartográfico de 1992 y 2012**

A fin de identificar el patrón de evolución de la dinámica paisajística, fue preciso caracterizar la estructura del paisaje del área de estudio, para ello se recopilaron fotografías aéreas e imágenes satelitales (ver cuadro 3.1). Asimismo se identificaron los tipos de cobertura en el período de análisis (ver cuadro 3.2). Cabe destacar que de todas las fotografías e imágenes satelitales proporcionadas, solo se utilizaron las correspondientes a los años de 1992 y 2012 ya que eran los años que contaban con información precisa y completa acerca del área de estudio. Para el año de 1992 se utilizaron las fotos aéreas 24, 25, 26, 27, 28, 30, 242 y 243 correspondientes al rollo 1, estas fotografías pertenecen al proyecto DMA y cuentan con una escala de 1:60000. Para el año 2012 se utilizaron fotos satelitales, con una escala de 1:25000 y dichas fotos pertenecen al proyecto Rapid Eye (ver figura 3.1).

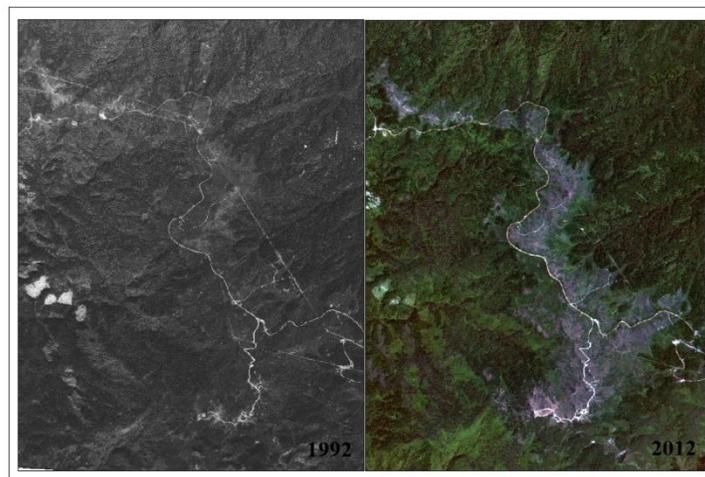
**Cuadro 3.1. Fotografías e imágenes recolectadas en la investigación.**

<b>Cerro de la Muerte</b>						
	Proyecto	Año	Características			
			Rollo	Línea	Foto	Escala/Pixel
<b>Fotos aéreas</b>	Infrarrojo	1984	4	8SE	17, 18,20,21	1:80000
			2	7NO	16, 19	
	DMA	1992	1	18	24, 25, 26, 27, 28, 30	1:60000
			1	17	242, 243	
	Terra	1997	6	27 <sup>a</sup>	104,105	1:40000
			6	28 <sup>a</sup>	59, 61	
BIC Catastro	2005	-	-	-	1:5000	
<b>Fotos satelitales</b>	Rapid Eye	2012	-	-	-	1:25000

Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que debido a la diferencia de escalas que se utilizaron en el presente estudio por motivo de falta de registro fotográfico aéreo, se realizaron acciones para minimizar los posibles sesgos en la investigación, tales medidas están dadas por el proceso de generalización de las escalas entre la fotografía aérea de 1992 a escala 1:60.000 y la imagen satelital del 2012 a escala 1: 25000, cabe destacar que se realizó un resample pixel size con el programa Erdas, para pasar la imagen satelital 2012 de 5 pixeles a 10 pixeles obteniendo como resultado una imagen con una escala de 1: 50.000.

**Figura 3.1: Mosaico Cartográfico por año.**



Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 3.2: Cobertura vegetal representativa en el área de estudio.**

<b>Cobertura Vegetal</b>	<b>Descripción</b>
<b>Páramo</b>	Vegetación de escaso crecimiento que se desarrolla en lugares fríos, ventosos, por las noches su temperatura es bastante baja, tanto así que en algunas ocasiones el suelo se cubre de una fina escarcha; posee una alta exposición a la radiación ultravioleta, altas precipitaciones, cambios radicales y bruscos de temperatura en un mismo día, es por eso que se suele decir que posee un clima extremo por lo cual es difícil para el hábitat de fauna. Suele ubicarse a partir de los 3000 m s.n.m. Suele estar predominado por el Bambú enano ( <i>Chusquea subtesseellata</i> ), aunque se pueden encontrar variedad de plantas de baja altura (ver fotografía 3.1).
<b>Bosque Enano</b>	El bosque enano es el área más baja, es también la más diversa y florísticamente más rica, es una zona transicional dominada por arbustos entre los 2800 y los 3500 msnm que consta de elementos del bosque de la franja inferior y del páramo de gramíneas de la franja superior. En algunas ocasiones, los cambios locales en la topografía y en los suelos pueden originar diferentes condiciones micro climáticas, lo que resulta en la ocurrencia de pequeños parches de bosque. En términos generales, de las tres zonas en las que se divide el páramo, el bosque enano es el más complejo en cuanto a su definición, ya que se ha extendido mucho y se ha expandido tanto horizontal como verticalmente, esto debido a factores tales como: la intervención humana y la destrucción de su hábitat, especialmente con la tala y la quema en la franja superior del bosque con fines de pastoreo y agricultura (ver fotografía 3.1).
<b>Bosque Nuboso</b>	El bosque nuboso se caracteriza por ser generalmente un bosque con una elevada concentración de niebla superficial, presentan una abundante cobertura de musgos y vegetación, por lo que también se conocen como bosques musgosos. Estos se desarrollan principalmente alrededor de montañas, donde la humedad introducida por nubes en formación es retenida con mayor efectividad. Estos bosques se caracterizan por un rocío persistente o nubes a nivel de la vegetación, lo que resulta en una reducción de la luz solar directa y, por consiguiente, de la evapotranspiración. Los árboles en estas regiones presentan habitualmente raíces superficiales, más cortas y más pesadas que otros bosques que presentan menor altitud en regiones similares, y el ambiente húmedo promueve el desarrollo de abundantes epifitas vasculares, por lo cual facilita que el suelo se cubra de musgo, helechos, y flores. Los suelos son ricos, pero presentan condiciones pantanosas con una preponderancia de turba y humus. Dentro de los bosques nubosos, la mayor parte de las precipitaciones se dan en forma de niebla, la que se condensa en las hojas de los árboles y posteriormente gotean al suelo (ver fotografía 3.2).

Fuente: Elaboración propia a partir de: Kappelle & Horn (2005).

**Fotografía 3.1: Páramo y Bosque enano.**



Fuente: Propia, obtenida el 13 de mayo del 2016.

**Fotografía 3.2: Bosque nuboso.**



Fuente: Propia, obtenida el 13 de mayo del 2016.

### **3. Fotointerpretación**

El análisis geoespacial se obtuvo por medio de la fotointerpretación de vegetación, la cual es una técnica que identifica áreas de textura homogénea, así como un análisis exhaustivo del área de estudio, lo cual permitió respuestas y toma de decisiones eficientes. Por consiguiente, lo anterior condescendió para hacer un estudio comparativo de los cambios de distribución espacial que sucede en el área.

Para realizar la fotointerpretación se utilizó un registro histórico de fotografías aéreas e imágenes de satélite desde 1992 hasta 2012, con el fin de identificar la distribución de los páramos para estos años. Asimismo, en el año 2016 y 2017 se llevó a cabo una comprobación de campo, para identificar las áreas de dudosa caracterización, y de esta forma realizar una comparación con lo obtenido de la fotointerpretación de las fotografías utilizadas.

Debido a que el área de estudio posee un clima extremo con temperaturas bajas y altas, la toma de las fotografías aéreas es compleja, por lo que se presentó una carencia de fotos e imágenes adecuadas. A partir de las fotografías aéreas e imágenes satelitales disponibles, se seleccionaron las correspondientes a los años 1992 y 2012, debido a que las fotos respectivas de los años 1984 (escala 1:80000), 1997 (escala 1:40000) y 2005 (escala 1:5000) contaban con escalas muy distintas constituyendo un sesgo en la investigación.

#### 4. Índices biométricos de paisaje

Los resultados de la aplicación de métodos cuantitativos en la ecología del paisaje se enfocan en los denominados índices de paisaje, los cuales aportan interesantes datos numéricos sobre la composición, configuración, proporción y la forma de los elementos del paisaje (Vilá, Varga, Llausas y Ribas, 2006). Los índices de fragmentación describen ciertos aspectos que resultan ser muy importantes para el estudio del paisaje, entre estos destacan: las características espaciales, patrones de distribución y relaciones entre fragmentos (Anzola, 2004). En la presente investigación se calculan los índices biométricos de paisaje, los cuales fueron obtenidos por medio de la aplicación Patch Analyst, es una aplicación especializada para obtener y calcular los diferentes índices de paisaje con el fin de analizar e integrar los resultados obtenidos, generados y recopilados en las fases anteriores (ver cuadro 3.3).

**Cuadro 3.3: Concepto y definición de los diferentes índices vinculados a la fragmentación del paisaje.**

Índice	Justificación
Superficie	Área de cada cobertura en hectáreas.
Número de fragmentos	Es el número total de fragmentos de cada cobertura.

<b>Tamaño medio de los fragmentos</b>	Muestra la superficie promedio de cada tipo de fragmentos, lo cual es un indicador del nivel de fragmentación que presenta el mosaico.
<b>Desviación estándar del tamaño de los fragmentos</b>	Indicador de la variación del tamaño de los fragmentos para cada cobertura, muestra la tendencia de cada tipo de fragmento.
<b>Índice de borde</b>	Índice que varía según la forma e irregularidad de los fragmentos, si tiene tendencia a ser irregular, puede tener más borde que una forma circular con la misma área. Es el resultado de la suma de los perímetros de todos los fragmentos que presentan la misma categoría.
<b>Índice de forma</b>	Se basa en el resultado del perímetro/superficie, el cual evalúa la complejidad de la forma de un fragmento, comparándolo con un fragmento circular de la misma superficie. El dominio de las condiciones naturales favorece las formas curvilíneas e irregulares, el dominio de la actividad humana supone mayor presencia de formas rectilíneas.

Fuente: Elaboración propia, a partir de información recolectada de las investigaciones de: Anzola, 2004; Vilá, Varga, Llausas & Ribas, 2006; Morera & Sandoval, 2012.

### **3.2.2 VARIABLE: FACTORES CLIMÁTICOS E INCENDIOS**

#### *Objetivo específico 2*

Describir el comportamiento de los elementos climáticos y antrópicos del área de estudio en los últimos 20 años y su relación con la estructura del paisaje (ver esquema 1).

#### **1. Recolección y procesamiento de datos**

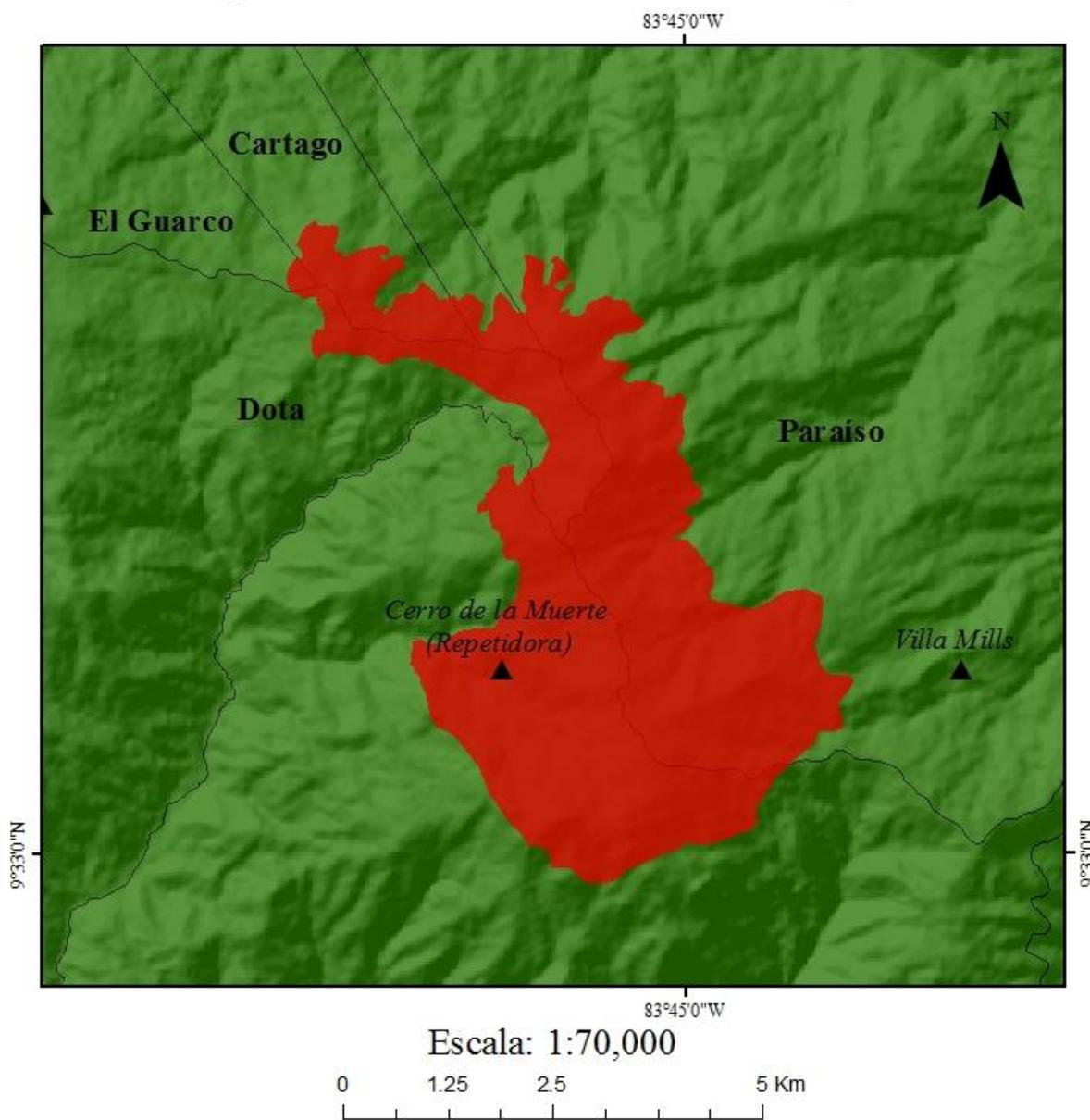
Se realiza una recolección de información relevante en cuanto a las variables del área de estudio, por ejemplo, información de los incendios que se han producido, así como también las características climáticas del área (temperatura, precipitación, humedad) para identificar de qué forma los efectos antrópicos y el clima han contribuido a la dinámica de la estructura del paisaje.

Para evaluar la dinámica del clima (1980-2015) en la Cordillera de Talamanca, específicamente Cerro de la Muerte, se contó con la información meteorológica mensual de la Estación Cerro de la Muerte (repetidora), aportada por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), ya que era la más cercana al área de estudio (ver mapa 3.1). Algunos datos diarios provenientes de la estación se encontraban incompletos debido a la falta de

información de algunos días por lo que fueron corregidos sustituyéndolos por el promedio total mensual. Ante este escenario se realizó un análisis estadístico a nivel anual, primeramente calculando la media aritmética y la desviación estándar de la estación respectiva, para conocer la tendencia del clima en el área de estudio.

Por otra parte, los datos referidos a incendios se obtuvieron de la información proporcionada por las dos áreas de conservación que abarcan el Cerro de la Muerte (Área de Conservación Cordillera Volcánica Central -ACCVC- y ACOPAC), donde se determina el año, el lugar, tipo del incendio, causa y la superficie afectada por tipo de vegetación. Para relacionar las variables climáticas e incendios se realizó un análisis estadístico comparativo que incluye definición de valores como; la desviación estándar, la medias y las correlaciones, entre otras.

### Mapa 3.1: Estaciones Meteorológicas, Cerro de la Muerte.



**Simbología**

- ▲ Est. Meteorológicas
- Área de estudio
- Cantones

Diagrama de ubicación



Proyección: CRTM05  
Datum: WGS84

Elaborado por:  
Baleska Vega  
Francinie Rodríguez

Fuente:  
Atlas (Estaciones) ITCR, 2014  
Fecha: 22/02/2017

### **3.2.3 VARIABLE: PATRÓN FUTURO**

#### *Objetivo específico 3*

Determinar el patrón futuro de la estructura de paisaje para realizar recomendaciones que potencien la conservación del ecosistema de páramo en el área de estudio (ver esquema 1).

La investigación concluye con la determinación de una proyección, que presenta la probabilidad de que ocurra un evento dependiendo de las condiciones anteriores, para ello se utilizará el método estadístico de Márkov. Dicho modelo se realiza a través de la aplicación Modeling / Environmental / Simulation /Markov del programa Idrisi, el cual tiene como objetivo proyectar una matriz de probabilidad de cambio, a través de esta matriz es posible analizar exhaustivamente la dinámica del paisaje con respecto a su patrón futuro, y proponer recomendaciones para la conservación del ecosistema de páramo (Morera y Sandoval, 2012). Para el área de estudio se utilizó la cobertura de uso de 1992 y de 2012, que se proyectó para el año 2032, de esta manera, permitirá el análisis de cuáles fueron las coberturas de uso que presentaron mayor ganancia o mayor pérdida de superficie para los próximos 20 años.

Como se mencionó anteriormente, con el objetivo de analizar la dinámica de cambios en el período analizado, se realizó una matriz de cambios para facilitar la determinación de las distintas modificaciones en las categorías a estudiar (páramo, bosque enano y bosque nuboso). Se asignaron pesos a cada una de las categorías con el fin de correlacionar las variables, se destaca que esta asignación de pesos puede desarrollarse de diferentes modos. Para esta investigación los pesos se establecieron con un sistema de numeración simple y siguiendo una secuencia continua (1-2-3) y (10-20-30), posteriormente se realizó una sumatoria entre los pesos y finalmente el resultado de esta sumatoria se agregaron a la base de datos en el programa Arcgis para facilitar la identificación de los cambios. Además, se asignó el color verde a aquellas categorías que presentaron cambios, mientras que aquellas categorías que presentan el color rojo representan las probabilidades de no cambio durante el periodo analizado.

**Cuadro 6.4: Matriz de relación de cambios**

Categoría 1992-2012	2012	Páramo	Bosque nuboso	Bosque enano
1992	Peso	1	2	3
Páramo	10	11	12	13
Bosque nuboso	20	21	22	23
Bosque enano	30	31	32	33

Fuente: Elaboración propia.

---

---

## **CAPÍTULO 4: CARACTERIZACIÓN SOCIO- AMBIENTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO**

---

---

### **4.1 HISTORIA**

#### **4.1.1 LA NUEVA VEREDA AL SUR**

Las intenciones del Gobierno por abrir un nuevo camino al sur inspiró a Pedro Calderón entre los años 1864 a 1868, dicho personaje con la ayuda de su yerno Juan López, se esforzó en llegar desde Cartago hasta Terraba, pasando por la Cordillera de Buena Vista. Las precipitadas filas del Roble y del Alto de la Garrafa, las selvas húmedas de movedizo suelo de Ojo de Agua, las escarpadas aristas y los hielos del Cerro Frío (Buena Vista), la peligrosa pendiente que desciende hacia las llanuras del General y las extensas selvas que las cubren no lograron desanimarlos, después de varios años de esfuerzo Calderón alcanzó las sabanas de Hato Viejo, actualmente “Buenos Aires”, donde vivían entonces algunos indios de Terraba. En 1870, Calderón se trasladó junto con su familia a este último lugar, entrando por el camino abierto por él y que él solo conoció (Barrantes, 2015).

La mayor parte de los nombres geográficos contenidos en el informe de Hernández y Zúñiga (integrantes de la comisión exploradora de la nueva vereda) deben atribuirse a Calderón y López, en dicho informe se mencionan por primera vez sitios como Buena Vista, División, La Hermosa, Peñas Blancas, San Pedro y Convento. Buena Vista se debe a la oportunidad que ofrece el Cerro de la Muerte de percibir ambos litorales, División por ser el punto donde el clima cambia y se torna más apacible si se dirige al General o viceversa; La Hermosa por algún rasgo que complació a Calderón y López; San Pedro hace referencia al nombre de Calderón; y Convento por la asociación de algún lugar comparado con algún edificio de esa naturaleza (IBID).

#### **4.1.2 EL ORIGEN DEL NOMBRE “CERRO DE LA MUERTE”**

El área de estudio está conformado por una serie de cerros que conforman lo que se conoce como Cerro de la Muerte, entre las principales cumbres se encuentran: el Cerro Buenavista que cuenta con una elevación de 3491 m s.n.m, el Cerro Zacatales con una altura de 3399 m

s.n.m., el Cerro Asunción con una altitud de 3396 m s.n.m. y el Cerro Las Vueltas con una elevación de 3156 m s.n.m. De acuerdo a referencias bibliográficas el Cerro de la Muerte es un lugar con historia, ya que fue el lugar por el que pasaron los pioneros del Valle de El General, entre las teorías más representativas con relación al origen del nombre destaca la muerte de campesinos a causa del intenso frío durante la noche.

Uno de ellos enfermó y murió de camino, indudablemente por las inclemencias del clima lo que fue presenciado por los señores Pedro Calderón, Juan López y Carmen Quesada con un hermano, (quienes) fueron los que enterraron el cadáver de este muerto, y más tres hombres de aquí del pueblo acabaron de enterrar las cosas menudas (Barrantes, 2015, p. 258).

## **4.2 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS**

El área de estudio abarca varios cantones, el primero de ellos es Pérez Zeledón (ver cuadro 4.1), a finales del siglo XIX, entre 1870 y 1899, ya habían varias familias habitando en el Valle de El General, fue a partir de 1900 que se poblaron los caseríos conocidos como El General y Palmares, y luego Rivas y Ureña; este último poblado creció rápidamente sobre todo a partir de 1911, durante la administración de Don Ricardo Jiménez Oreamuno, además se construyeron los refugios de Ojo de Agua, el Cerro de la Muerte y el de División, que tanto sirvieron a los pioneros y fundadores de Pérez Zeledón en años posteriores (Instituto de desarrollo Rural, 2016). Los distritos del territorio de Pérez Zeledón, comparten una característica en común y es que todos poseen población rural, sin embargo, algunos cuentan con población urbana, como es el caso del distrito de San Isidro de El General. En cuanto a las zonas con menor población en el cantón, cabe destacar que corresponden a los sectores que presentan las temperaturas más bajas, es decir, las partes más altas del cantón como el “Cerro de la Muerte” y el “Cerro Chirripó” (Instituto de desarrollo Rural, 2016).

Por otra parte, el segundo cantón que posee una relación con el área de estudio es el cantón de Dota, cuenta con tres distritos, entre ellos Copey, Santa María y Jardín. Su cabecera corresponde a la población de Santa María, tal como lo muestra la tabla adjunta. La zona de los Santos (Dota, Tarrazú y León Cortes) es caracterizada por definir su desarrollo económico a partir del cultivo del café. Esta zona es la segunda de las siete regiones en Costa Rica productoras de café, debido a las condiciones climáticas favorables que posee, hacen que este

cultivo conserve características especiales y además sea reconocido a nivel mundial (Valenciano, 2009). Además, la producción agrícola se mantiene a través de pequeños productores, tanto para la actividad cafetalera, como para el resto de los cultivos. Destacando a su vez, que el predominio de la actividad agraria como fuente de empleo es notable, ya que al ser un cantón meramente rural, las actividades productivas se rigen bajo esta modalidad. El resto del empleo proviene fundamentalmente del sector de los servicios y en cuanto al sector industrial, el empleo tiene poco empuje (Ambrogio, Camacho & Sánchez, 2009).

Dentro de la provincia de Cartago, los cantones que hacen referencia a la investigación: son Cartago, El Guarco y Paraíso, el primero de ellos es un cantón que por su trayectoria y relevancia histórica cuenta con un núcleo central rico en patrimonio. Es la cabecera de la provincia, donde se perciben diferentes usos de la tierra, donde destacan el uso residencial, comercial e institucional, principalmente en el centro del cantón. En el norte predomina el carácter residencial y comercial, mientras que en el sur el carácter predominante es educativo e institucional, además en el centro, el carácter sobresaliente es el patrimonial e histórico (López, Bolaños, Coto & Fournier, 2012).

En el cantón de Cartago se pueden encontrar importantes coberturas vegetales, entre las cuales destacan la Zona Protectora Río Navarro y el Parque Nacional Tapantí- Macizo Cerro de la Muerte, donde se perciben tres categorías sobresalientes: bosque muy húmedo premontano, bosque muy húmedo montano bajo y el bosque pluvial montano bajo. Otra de las categorías vegetales de gran influencia en el cantón son los cultivos, donde su densidad es relativamente alta y variada e incluye cultivos de papa, zanahoria, cebolla, remolacha y hortalizas.

El cantón de El Guarco corresponde al número ocho de la provincia de Cartago, posee una forma muy curiosa de un cuchillo mellado, que se eleva desde las llanuras del Valle del Guarco y se incrusta en las altas estribaciones de la Cordillera de Talamanca (Municipalidad de El Guarco). En sus inicios este cantón, era conocido como ciudad del lodo, ya que era víctima de abundantes avalanchas por parte del Río Reventazón. La actividad principal es la agricultura, donde se perciben cafetales y hortalizas, principalmente en la parte central del cantón. La ciudad se encuentra en el asiento del Valle de El Guarco; desde este sitio se aprecia la Cordillera Central, con las moles del Irazú y Turrialba. Su cabecera corresponde al poblado

del Tejar, es uno de los pueblos que tiene mayor cantidad de artesanías y por consiguiente, es una de las principales características que posee este poblado, además la agricultura también tiene un papel fundamental para su desarrollo económico, donde se pueden encontrar cultivos de café, granos básicos y hortalizas (Wolfgang, 1999-2016).

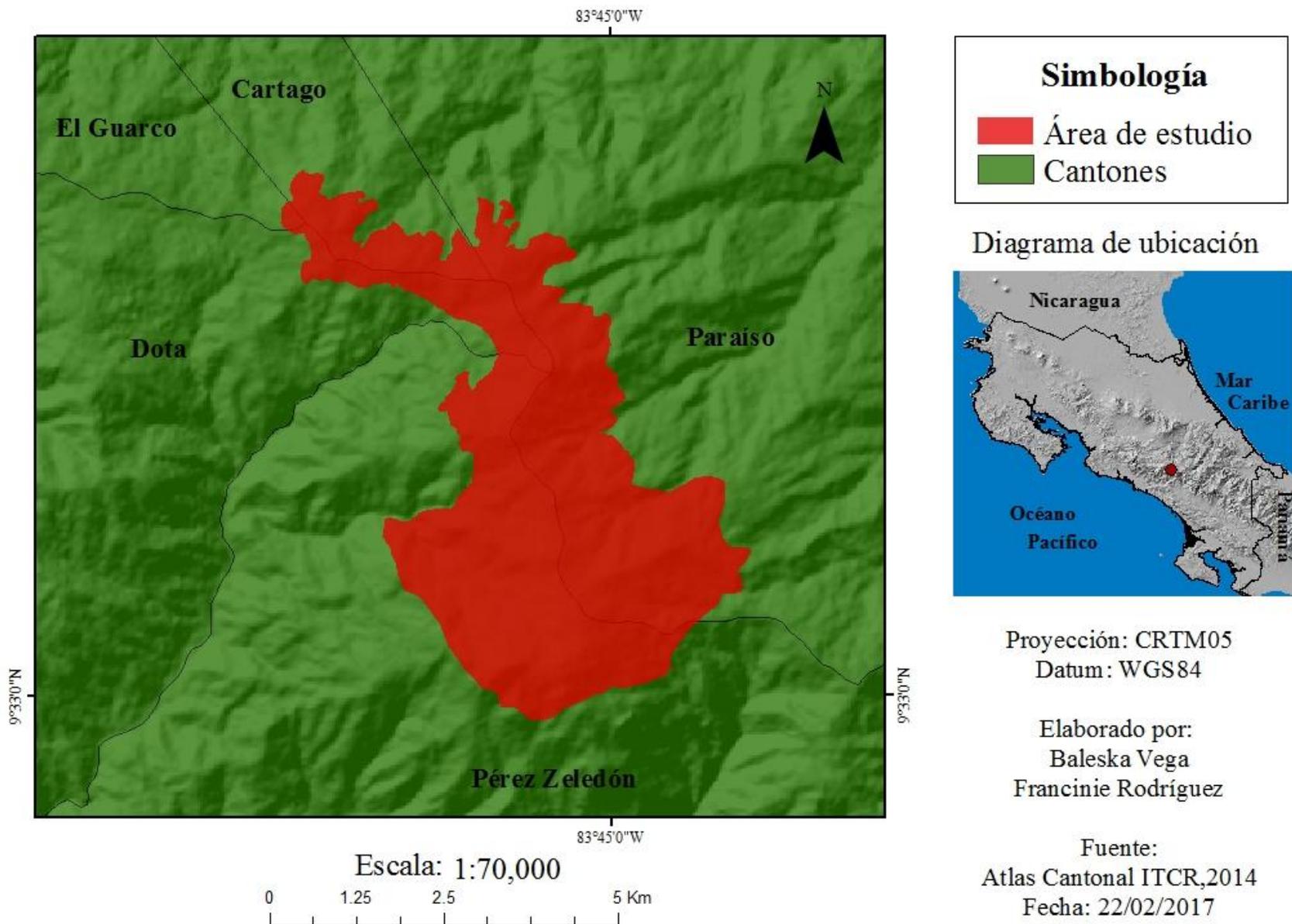
El pueblo de Ujarrás fue lo que dio origen a lo que actualmente se conoce como Paraíso, este cantón fue uno de los primeros lugares en ser colonizado cuando llegaron los españoles, de hecho como recuerdo de la colonización española, actualmente se conservan la iglesia colonial de Orosi y las ruinas de Ujarrás (Municipalidad de Paraíso). Cabe mencionar que Paraíso es el segundo cantón de la provincia de Cartago, está conformado por los distritos de Paraíso, Santiago, Orosi, Cachí y Llanos de Santa Lucía. Además, en este cantón se perciben actividades económicas relacionadas a aspectos agrícolas, comerciales y turísticos (Ledezma, 2009).

**Cuadro 4.1: Comparación socioeconómica cantonal del área de estudio.**

<b>Provincia</b>	<b>Cantones</b>	<b>Población Proyectada 2017</b>	<b>Cabecera</b>	<b>Actividades Productivas</b>
<b>San José</b>	Dota	7 788	Santa María	Agricultura, principalmente el cultivo de Café.
	Pérez Zeledón	142 550	San Isidro de El General	Agricultura, comercial, ganadería.
<b>Cartago</b>	Cartago	160 457	Cartago	Agricultura, comercial e institucional.
	El Guarco	45 154	Tejar	Cafetales y Hortalizas
	Paraíso	61 503	Paraíso	Comercial-Turismo

Fuente: Elaboración propia a partir de fuentes bibliográficas.

## Mapa 4.1: Área de estudio según división Política- Administrativa



### **4.3 CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA**

Dicha área a estudiar está ubicada entre las coordenadas geográficas 83°46'50.973"W 9°36'12.818"N, su área total es 22 km<sup>2</sup>.

#### **4.3.1 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA**

Los páramos de Costa Rica presentan aspectos geológicos y geomorfológicos únicos en el país, debido a su alta elevación y su clima frío. Las evidencias mejor desarrolladas se encuentran en la Cordillera de Talamanca. Debido a la elevada altitud que presenta y su característico clima, los páramos fueron afectados por fuertes cambios climáticos en el pleistoceno, época durante la cual existían glaciares de montaña y masas de hielo permanente en los picos más altos del país, tales como los cerros Chirripó, Cerro de la Muerte y Kámuk (Lachniet, Seltzar & Solís, 2005).

En el área de estudio afloran rocas sedimentarias no diferenciadas, formada geomorfológicamente por formas de origen tectónico y erosivo (Atlas, 2014), que específicamente corresponden con areniscas volcanigénicas someras, brechas medias a gruesas, calcarenitas fosilíferas y lutitas arenosas negras calcáreas correlacionadas con la Formación Peña Negra y la secuencia somera de areniscas dominantes con una variación de facies de la Formación Coris (secuencia de arenisca cuarzosa, espesa, con capas delgadas de lutita).

Además, las rocas ígneas y sedimentarias en esta área han sido sometidas a la influencia no solo de la meteorización, sino de la alteración hidrotermal provocada por las intrusiones cercanas, ya sean gabroicas o dioríticas encontradas hacia San Isidro de El General. El análisis morfológico muestra tres direcciones de alineamientos en donde el dominante tiene una dirección Norte-Oeste y cuyos rasgos se han dividido en escarpes, alineamientos y alineamientos de cerros volcánicos (Obando, 2004).

Otra característica geológica asociada con los páramos de Costa Rica son las superficies planas de poca inclinación, varias superficies en la Cordillera de Talamanca encima de los 3000 m s.n.m. presentan esta particularidad, tales como los Cerros Urán (3333 m s.n.m.), Cuericí (3345 m s.n.m. y 3394 m s.n.m.), y Vueltas (3156 m s.n.m.). La presencia de estas

pendientes y superficies suaves en una región montañosa con muchos declives muy abruptos y disectados, es posible que se debiera a procesos de nivación o de periglaciales, es decir, a procesos de meteorización y erosión asociados a bancos de nieve persistentes (Lachniet, Seltzar & Solís, 2005). Como resultado de los cambios de clima del cuaternario, había glaciares y masas de hielo permanente en los páramos de Costa Rica, los cuales han modelado y producido depósitos superficiales, terrazas, morrenas laterales, mediales, y frontales, y fluvio-glaciales (Lachniet, Seltzar y Solís, 2005).

#### **4.3.2 PENDIENTE**

El relieve es uno de los elementos que caracterizan un terreno, ya que presenta un conjunto de irregularidades que cambian de forma lenta o muy brusca, cuando ocurre por ejemplo un terremoto o un suceso natural de mayor magnitud. El grado de inclinación de una vertiente, superficie o perfil se le denomina pendiente, por tanto, la misma establece qué tan quebrado, ondulado o plano es un territorio. El sistema de pendientes es la combinación de algunos tipos de estas en un mismo medio, combinación nacida de una misma evolución morfogenética (Pierre & Vargas, 2010). Asimismo, la representación del relieve se realiza por medio de un modelo de elevación, el cual permite obtener información sobre la morfología de forma objetiva y exhaustiva de un territorio en específico, según Felicísimo (2000): “Puede definirse como una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua” (p.16).

Dentro de las numerosas razones por las cuales es de gran importancia el modelo de elevación para el estudio de un territorio se encuentra el caracterizar las distintas formas del relieve y los elementos presentes en el mismo. Además son ampliamente utilizados en aplicaciones relacionadas con el uso y manejo de recursos naturales, algunos campos de gran aplicabilidad son: geodesia y fotogrametría, ingeniería civil, planeación y manejo de recursos naturales, ciencias de la tierra, en aplicaciones militares, cartografía especializada, prevención y atención a desastres naturales (INEGI, s.f.).

Por otra parte, para efectos de la presente investigación se desarrolló un mapa de pendientes (ver mapa 4.2), el cual muestra las distintas categorías de la pendiente en el área de estudio de acuerdo a las categorías oficiales determinadas por el Instituto Geográfico Nacional

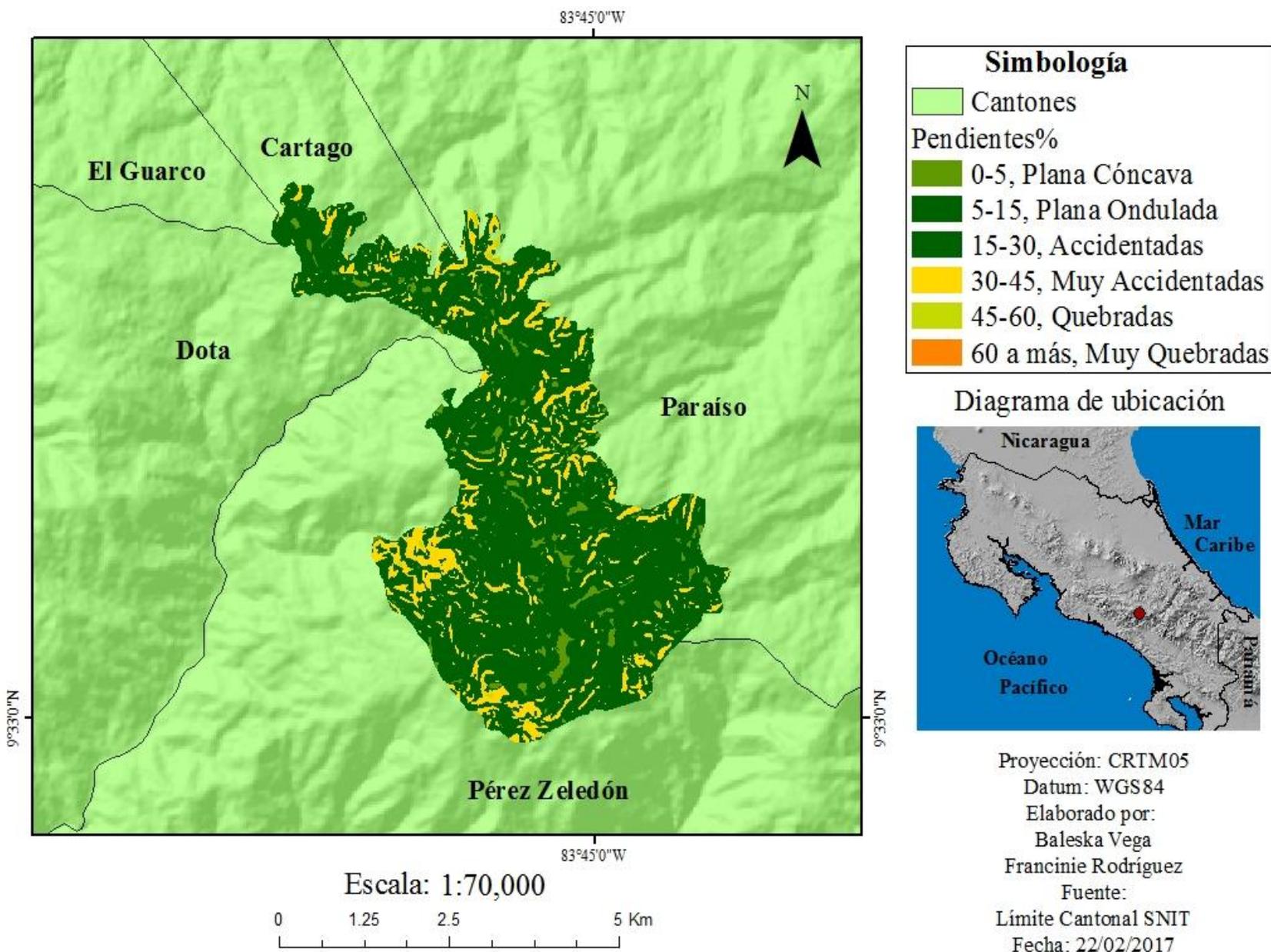
(IGN). De acuerdo al mapa 4.2 se puede identificar las distintas categorías que puede presentar el relieve en un territorio son: plana cóncava, plana ondulada, accidentada, muy accidentada, quebrada y pendiente muy quebrada, cada una representa un porcentaje en el grado de la pendiente (ver cuadro 4.2). Para el área de estudio predomina la pendiente ondulada y accidentada, ambas representadas con un color verde oscuro, la primera posee un intervalo de 5% a 15% constituyendo 623 ha, asimismo la segunda posee un porcentaje que oscila entre el 15% a 30% con 1194 ha, por lo cual puede interpretarse como un territorio con un relieve muy pronunciado, debido a que el área de estudio está constituido por varios cerros, por ejemplo Cerro Asunción, Buenavista, Sákira, entre otros.

**Cuadro 4.2: Área por categoría de pendiente.**

<b>Pendiente (%)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área (ha)</b>
0-5	Plana Cóncava	79
5-15	Plana Ondulada	623
15-30	Accidentadas	1194
30-45	Muy Accidentadas	289
45-60	Quebradas	5
60 a más	Muy Quebradas	0

Fuente: Elaboración propia a partir de información descrita en el Instituto Geográfico Nacional.

## Mapa 4.2: Tipo de pendiente en el Cerro de la Muerte



### 4.3.3 TIPO DE SUELO

Debido a que la geología de los páramos es variable, sus suelos por ende presentan una diversidad extraordinaria. El primer estudio registrado sobre los suelos en los páramos costarricenses fue realizado por Otárola y Alvarado en 1976, la investigación fue realizada en el Cerro de la Muerte, específicamente en el Cerro Buenavista entre los 2000 y 3400 m s.n.m. específicamente en las faldas y cumbre del Cerro, taxonómicamente se pudo reconocer Histosoles con Lithic Tropofolists (ver cuadro 4.3) en las partes más altas (>3000 m s.n.m) y en las partes bajas, en los bosques montanos por debajo de la zona de los páramos, Tropohumods y Dystrandeps (2500-3000 m s.n.m.). Para todo el transecto registraron valores de pH muy bajos (Kappelle, 2005).

**Cuadro 4.3: Tipo de suelo del Cerro de la Muerte.**

Tipo de suelo	Histosoles
<b>Caracterización General</b>	Suelo caracterizado por ser orgánico en más del 50% en sus 80 cm superiores. Bajo condiciones naturales, la mayoría de los Histosoles son saturados la mayor parte del año. Son suelos en los cuales el material parental consiste de restos vegetales preservados.
<b>Suelo principal</b>	USDA: Lithic Tropofolist; FAO: Litosol
<b>Reconocido por</b>	Otárola y Alvarado (1976), Pérez <i>et al.</i> (1978)
<b>Localidad</b>	Cerro Buenavista
<b>Rango altitudinal</b>	Elevaciones mayores de 3000 m s.n.m.
<b>Vegetación</b>	Vegetación paramuna en general
<b>Orden asociado</b>	Inceptisoles
<b>Suelos asociados</b>	Lithic Placandeps y Lithic Tropofibrist
<b>Caracterización Específica</b>	Orgánico, poco profundo, asociado con suelos derivados de cenizas volcánicas con un pan de hierro delgado poco profundo.

Fuente: Elaboración propia a partir de información descrita en el documento “Los suelos de los páramos de Costa Rica” de Kappelle (2005).

Indiscutiblemente la humedad y la temperatura están relacionadas con los procesos químicos, físicos y biológicos del suelo. En Costa Rica dependiendo de la cantidad de lluvia recibida y el nivel de insolación, la vegetación boscosa es reemplazada por el páramo, mientras que en la zona de transición la vegetación boscosa es reemplazada por bosques enanos, destacando que este fenómeno sucede aproximadamente entre los 3100 y 3300 m s.n.m de altitud (Kappelle & Van Omme, 1997). De acuerdo con lo anterior, a pesar de que se conoce poco sobre los suelos paramunos es un hecho que actúan como reguladores del recurso hídrico, por tanto es fundamental conservar en buen estado los páramos con los que cuenta Costa Rica.

#### **4.3.4 HIDROGRAFÍA (RÍO SAVEGRE Y RÍO CUERICÍ)**

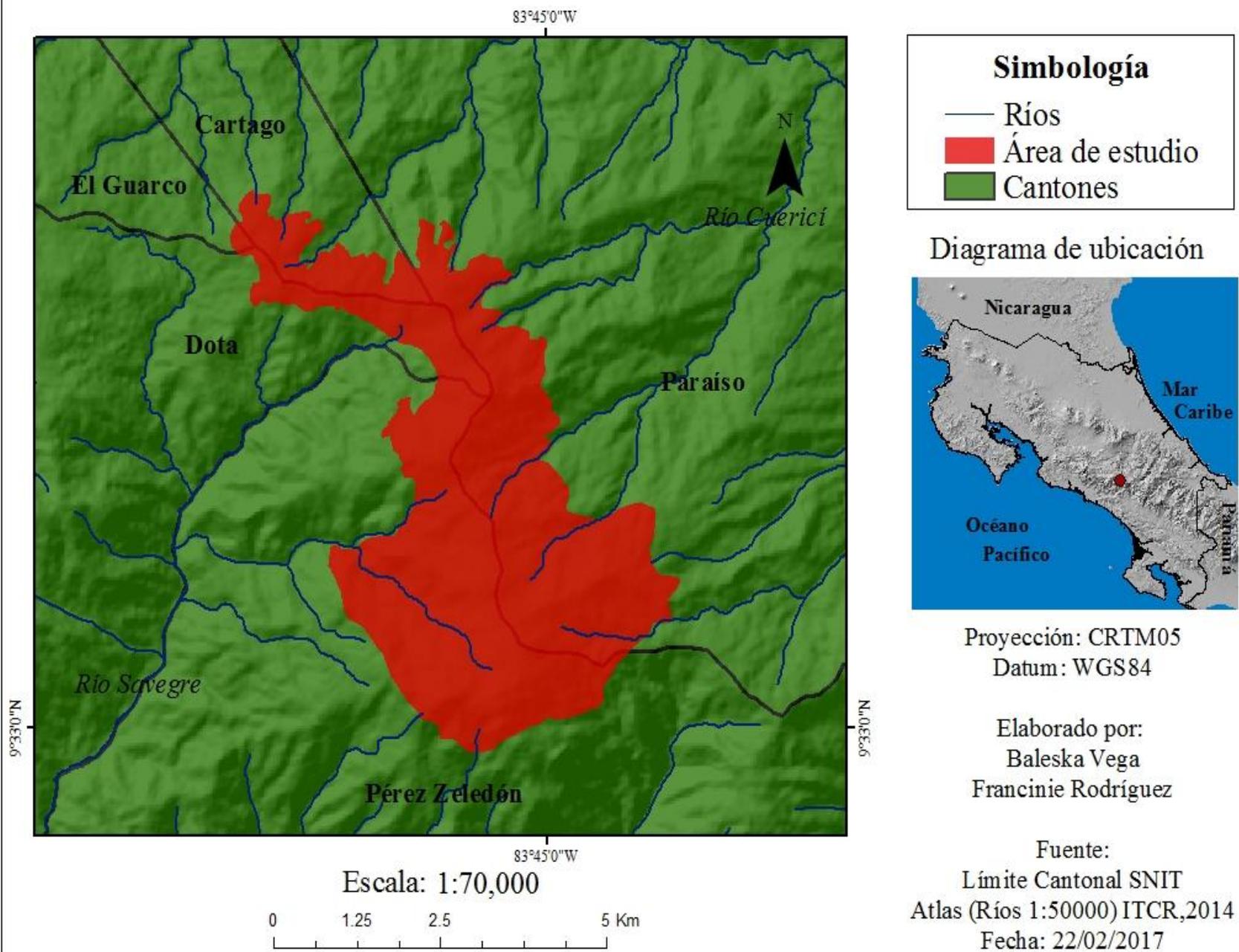
El Río Savegre comprende parte de los cantones de Quepos, Tarrazú, Dota y Pérez Zeledón (ver mapa 4.3), se caracteriza por poseer un territorio donde predominan pendientes abruptas y significativas. Dicha cuenca desciende desde los 3492 m s.n.m, es decir a partir del Cerro Buena Vista hasta el nivel del mar, específicamente en Playa del Rey que se encuentra dentro del Parque Nacional Manuel Antonio. En el trayecto del río en la parte montañosa se pueden percibir profundos valles, esto debido a la acción que tienen sus aguas, por otro lado, en las partes bajas se aprecian planicies, principalmente por la acumulación de depósitos aluviales (IMBio, s.f.).

Con respecto a las condiciones climáticas que presenta la cuenca, varía según la altitud, dando como resultado gran variedad de microclimas. En la parte superior se registran precipitaciones entre los 2050 mm y 2600 mm al año, mientras que en la cuenca baja llueve de 3080 mm a 3420 mm al año. En cuanto a biodiversidad, parte importante de sus ecosistemas se encuentran en buen estado, predominando en la parte alta los bosques nubosos, así como algunos parches de páramo, mientras que en las partes bajas dominan los árboles del bosque tropical lluvioso (IMBio, s.f.).

Otro de los afluentes que cubren el área de estudio es el Río Cuericí, el cual ha sido escasamente investigado, y se localiza mayoritariamente en la provincia de Cartago (ver mapa 4.3), en el cantón de Paraíso, donde su sistema fluvial corresponde a la subvertiente Caribe; el cual pertenece a la cuenca del río Reventazón- Parismina, que se caracteriza por

presentar dos áreas topográficas muy diferentes, destacando que en el sector sur se presentan muy pocos caminos de penetración, así como escasa población, donde además, una gran parte de esta área se encuentra ordenada debido a la conformación de áreas silvestres protegidas tales como: el Parque Nacional Tapantí – Macizo de la Muerte, Reserva Forestal Los Santos, el Parque Nacional Quetzales, la Reserva Biológica Cerro Las Vueltas, la Reserva Forestal Río Macho, Zona Protectora Río Navarro y Tuis, Zona Protectora río Sombrero, Parque Nacional Volcán Irazú, Refugio de Vida Silvestre La Marta y el Parque Nacional Volcán Turrialba (Arce, 2004).

## Mapa 4.3: Hidrología, Cerro de la Muerte.



#### 4.3.5 VEGETACIÓN Y FAUNA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

La vegetación está constituida principalmente de hierbas y arbustos de baja estatura. Predominan los bambúes enanos, como la chusquea; así como poáceas, gramíneas, ciperáceas y helechos. Una característica muy peculiar, es la presencia de tricomas (pelos), como una adaptación para protegerse del frío y de la radiación solar, así como la abundancia de pigmentos rojizos en las hojas tiernas, para proteger los tejidos jóvenes contra los rayos ultravioleta que podrían resultar perjudiciales.



Fotografía 4.1: Bambú Enano (*Chusquea subtessellata*, Cerro de la Muerte).

En los páramos residen diversos tipos de insectos y arañas, algunos mamíferos como la danta (*Tapirus bairdii*), el conejo (*Sylvilagus dicei*) y el coyote (*Canis latrans*), así como dos especies de aves muy comunes, como *Selasphorus flammula* (chispita volcanera), dos de lagartijas y una de salamandras. Las aves y las lagartijas son activas durante el día, al igual que varias especies de insectos y arañas, pero ajustan su actividad a las fluctuaciones diarias de temperatura, determinadas especialmente por condiciones de nubosidad. Estos animales reducen su metabolismo hasta el punto de no poder moverse mientras no caliente el sol. Sin embargo, los mamíferos residentes (algunas especies de ratones y una de conejo de monte) son nocturnos. Además, en la noche es frecuente la visita de algunos mamíferos que proceden de los bosques cercanos, tales como cabras de monte (*Mazama americana*, Cervidae), pumas (también tienen actividad durante el día) y manigordos.



Fotografía 4.2: Lagartija (*Sceloporus malachiticus*, Cerro de la Muerte).

Finalizando este apartado es importante mencionar que la mayoría del área de estudio cuenta con una pendiente plana ondulada y accidentada, terreno típico de un cerro, asimismo los ríos Savegre y Cuericí generan un buen drenaje en el Cerro de la Muerte. En cuanto a la diversidad de flora se destacan especies con capacidad para soportar altas y bajas temperaturas, comunes en el ecosistema de páramo, consecuentemente la fauna que habita en este lugar suele ser poca debido a las condiciones climáticas. Sin embargo, se destaca la presencia de diversas aves, por tanto, la conservación de la biodiversidad y de los ecosistemas es imprescindible, ya que proporcionan servicios esenciales para el bienestar humano, por ejemplo oxígeno, agua, alimentos, entre otros.

---

---

## CAPÍTULO 5: ELEMENTOS CLIMÁTICOS E INCENDIOS

---

---

### 5.1 CLIMA DE COSTA RICA

Costa Rica tiene una orografía marcada, con un sistema montañoso central con orientación noroeste-sureste, el cual divide al país en dos vertientes; Caribe y Pacífica. Ambas poseen particularidades que las caracterizan y diferencian. La Vertiente del Caribe presenta una estación lluviosa casi permanente durante todo el año y una alta humedad relativa. La Vertiente del Pacífico, cuenta con dos estaciones muy marcadas: una seca y otra lluviosa. Cabe destacar que esta vertiente, se divide en tres secciones: Pacífico Norte, Pacífico Central y Pacífico Sur, cada una cuenta con características climáticas distintas producto del régimen pluvial, el cual disminuye considerablemente hacia el Norte; de manera que el Pacífico Sur es la región de mayor humedad en la zona, con un alto régimen pluvial (Meléndez, 2016).

El régimen Pacífico, además, se caracteriza por tener precipitación abundante en los meses de mayo, junio, julio, agosto, setiembre, octubre y noviembre, siendo los meses más lluviosos setiembre y octubre, las precipitaciones suelen ser vespertinas y primeras horas de la noche. El régimen costero Caribe comprende la faja litoral y las llanuras circunvecinas. No presenta una estación seca a lo largo del año, pero si suele mostrar un descenso considerable de la precipitación durante los meses de marzo y abril y en setiembre y octubre. Las lluvias además suelen ocurrir durante la noche y la mañana, asimismo en el período diurno no tienen un patrón definido (Herrera, 1985).

Existen diversos factores que determinan el clima en Costa Rica, uno de ellos es el factor ístmico, el cual incide en forma evidente en el clima del país. Los disturbios atmosféricos que se presentan en el Mar Caribe pueden afectar tanto la vertiente oriental como la vertiente occidental, así como las regiones montañosas y viceversa, mientras que los disturbios que se originan en el Pacífico afectan también la vertiente caribeña, esto debido principalmente por lo angosto del territorio. El grado de modificación que sufren las masas de aire puede ser representado a través de un índice de continentalidad, lo cual implica que entre más continentalidad tenga un lugar, más influencia tendrá el sistema orográfico y la geomorfología sobre las masas de aire y la determinación del clima. En el caso de Costa Rica

los sitios que presentan un clima más continental son: Alajuela, Naranjo, y San Vito de Coto Brus, localizados en valles intermontanos, por su parte, las regiones con clima oceánico suelen ser las de las cumbres montañosas, áreas costeras y de llanura (Herrera, 1985).

El clima que caracteriza un territorio, considera los sistemas atmosféricos, específicamente en Costa Rica se rigen bajo la Zona de Convergencia Intertropical, las ondas del Este u ondas de inestabilidad, los frentes fríos, los huracanes y las circulaciones meteorológicas locales. La zona de convergencia es el área de interacción entre vientos alisios del hemisferio norte y vientos alisios del hemisferio sur, destacando que las regiones bajo su influencia se caracterizan por presentar fuertes lluvias, tormentas eléctricas y turbulencia con gran predominio de vientos del suroeste.

Costa Rica está regida desde inicios de mayo hasta finales de año, presentándose cuantiosas precipitaciones, principalmente en la Vertiente del Pacífico. En cuanto a los frentes fríos, son vientos alisios que transportan masas de aire provenientes de frentes fríos modificados, provocando precipitaciones importantes e inundaciones principalmente en el sector Caribe de Centroamérica. Por otra parte, las ondas del este, son definidas como perturbaciones atmosféricas características de los trópicos, en Costa Rica el período es de mayo a octubre especialmente, provocando que en la vertiente del Caribe se produzcan malas condiciones climáticas, mientras que en las montañas, valles intermontanos y en las partes bajas de la Gran Área Metropolitana se presentan derrames de nubosidad, lluvias débiles y persistentes (IBID).

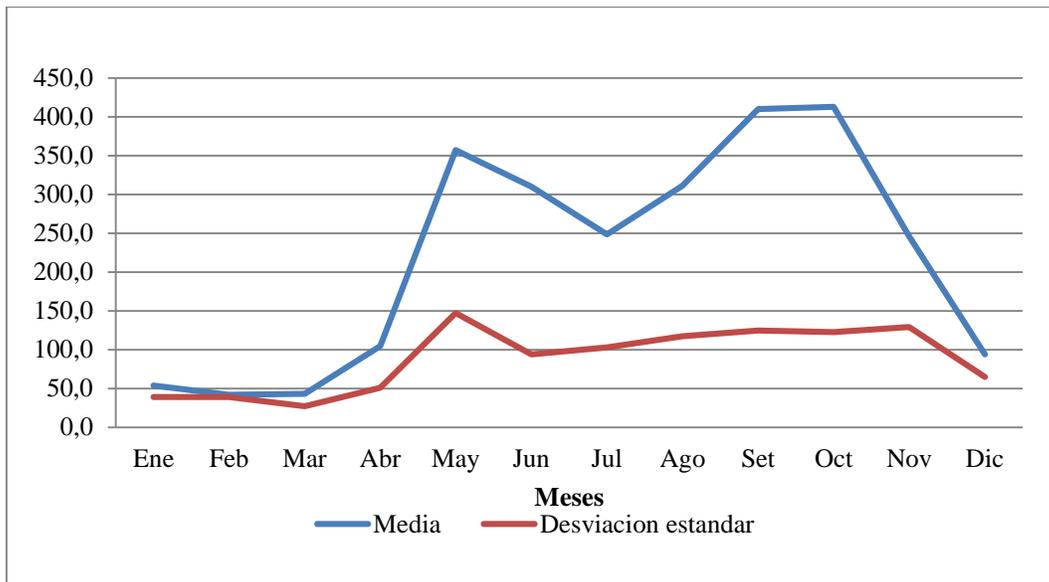
## 5.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS EN EL CERRO DE LA MUERTE

### 5.2.1 PRECIPITACIÓN

Uno de los estudios que ponen al descubierto la vulnerabilidad al cambio climático de la biodiversidad y de los ecosistemas en Costa Rica fue el realizado por el IMN, PNUD (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo) y GEF (Global Environmental Science) (2009) en el cual se evidencia que el 58% del país las precipitaciones para el año 2030 se mantendrán iguales o con pocos cambios, el 26% disminuirá sus precipitaciones, caso contrario al 15% del país donde aumentarán. Las zonas con mayor reducción de precipitación son los parques nacionales Tapantí-Macizo de la Muerte y Braulio Carrillo, bajando considerablemente sus niveles de recarga acuífera, lo cual afectará a los habitantes de la Gran Área Metropolitana. El Parque Nacional Tapantí-Macizo de la Muerte tendrá un 72,48% de la extensión terrestre que sufrirá cambio en la precipitación anual, alterará el comportamiento en gran medida de las tierras altas, y obtendrá un índice de afectación de 1,79 donde se entiende que entre más se aleje el resultado de 0 la afectación se incrementará.

Aunado a lo anterior, el área de estudio se caracteriza por ser uno de los sitios más lluviosos del país, con una tasa anual de más de 6500 mm de precipitación, donde incluso, se ha registrado hasta los 8000 mm aproximadamente (el período más lluvioso es de mayo a octubre). El gráfico 5.1, muestra cómo, tanto la media como la desviación estándar, presentan a lo largo de los meses cambios significativos. Por ejemplo ocurre una disminución de la precipitación a partir del mes de enero a febrero y de junio a julio, alcanzando su punto más bajo en febrero con una precipitación media de 41,9 mm. Además, se identifica un comportamiento prácticamente constante del mes de setiembre a octubre, donde los datos de precipitación oscilan entre los 410,2 mm y 412,9 mm. Del mes de julio al mes de setiembre existe un aumento significativo en la cantidad de precipitación ya que, para el mes de julio, se registró una precipitación de 248,7 mm y para el mes de setiembre se obtuvo un registro de 410,2 mm. Otro incremento importante es el ocurrido en el mes de marzo a mayo con una precipitación que aumenta de 43,3 mm a 357,2 mm. Se puede inferir que los meses más lluviosos para el área de estudio corresponden a setiembre y octubre, caso contrario a los meses de enero, febrero y marzo donde sus registros de precipitación media son 53,7 mm, 41,9 mm y 43,3 mm respectivamente.

**Gráfico 5.1. Precipitación mensual (mm), 1980-2015.**



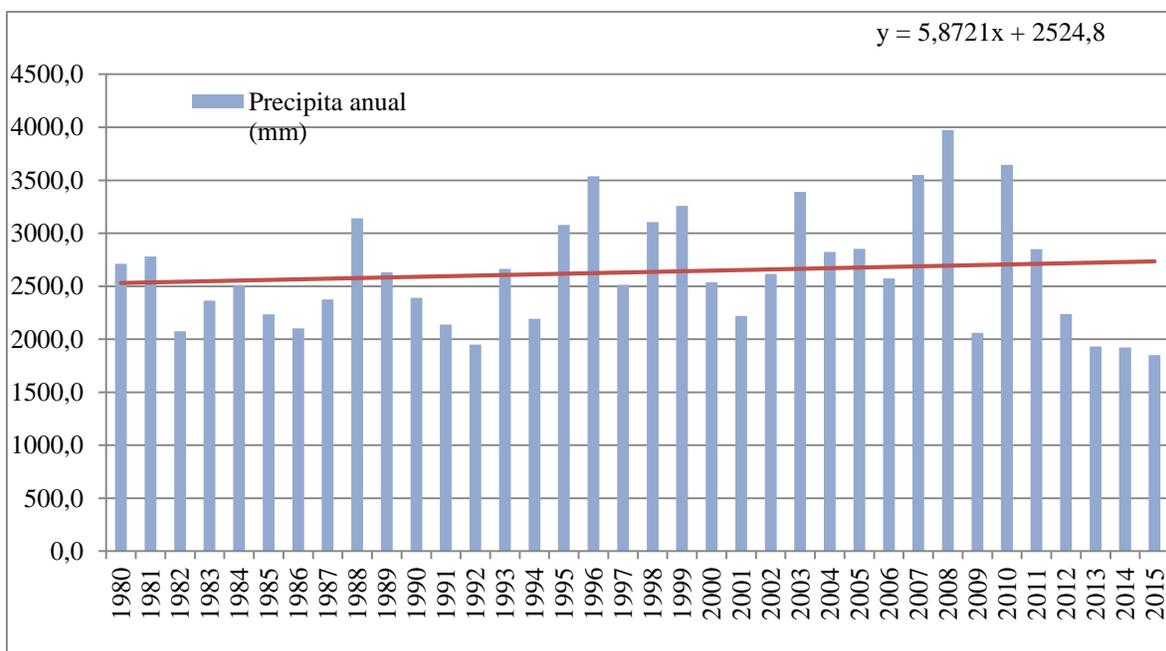
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del ICE.

Por otra parte, a pesar de que la precipitación suele ser muy abundante y cubriría todas las necesidades por evapotranspiración potencial en los ecosistemas de páramos, esta no se distribuye de manera uniforme, ya que de acuerdo al gráfico 5.2, puede percibirse cómo, a lo largo de los años, la precipitación ha presentado una disminución significativa, mostrándose en el 2008 el punto más alto con un volumen de 3973 mm, mientras que para el año 2014 se presenta el dato más bajo con 1730 mm anual. En el año 1992 se muestra también un descenso en la precipitación, siendo ésta de 1950 mm, hecho que puede ser justificado por un incendio forestal provocado por el ser humano, que devastó un sector importante del páramo en el Cerro de la Muerte y afectó el comportamiento de las lluvias en esta área.

A partir del año 2010 el comportamiento general de la precipitación tiende a disminuir, y se presenta un breve aumento en el 2015, no obstante, la diferencia no es muy demostrativa, ya que para este año la precipitación anual fue de aproximadamente 1835 mm, siendo de 135 mm la diferencia entre el año 2014 y 2015. Según el artículo de IMN, PNUD y GEF (2009) para el rango de 1961-1990 las precipitaciones eran mayores a 4000 mm, en comparación con los datos obtenidos en la presente investigación, en el período de 1980 al 2015 la precipitación mayor es 3973 mm, quedando por debajo de los 4000 mm. Por ende, existe una preocupación en cuanto al nivel de las precipitaciones en este ecosistema conforme pasan los

años, ya que si el nivel de las lluvias continúa disminuyendo en este ecosistema, su comportamiento natural puede afectarse y provocar consecuencias negativas. Por ejemplo, la cantidad de absorción de agua de los musgos no sería la misma, por consiguiente el agua que escurre de las partes altas hacia la Gran Área Metropolitana estaría siendo afectada por una disminución en los niveles de recarga acuífera.

**Gráfico 5.2. Precipitación anual (mm), 1980-2015.**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del ICE.

### 5.2.2 TEMPERATURA

La temperatura es uno de los elementos más determinantes en cuanto al comportamiento climático en un área específica. El área de estudio de la presente investigación se caracteriza por tener una altitud superior a los 3000 m s.n.m, por lo que, con base a la teoría, se infiere que la temperatura es baja en el Cerro de la Muerte, es decir, se presenta condiciones climáticas frías.

De acuerdo con los resultados obtenidos (ver gráfico 5.3), se identifica que la temperatura media posee cuatro intervalos. En el primero se percibe el crecimiento más significativo, con una media de 9°C correspondiente a los meses de enero a abril, en el cual se muestra el punto más alto en cuanto a grado de temperatura registrado en esta zona, se identifica que en estos meses el comportamiento climático a nivel nacional se caracteriza por presentar temperaturas

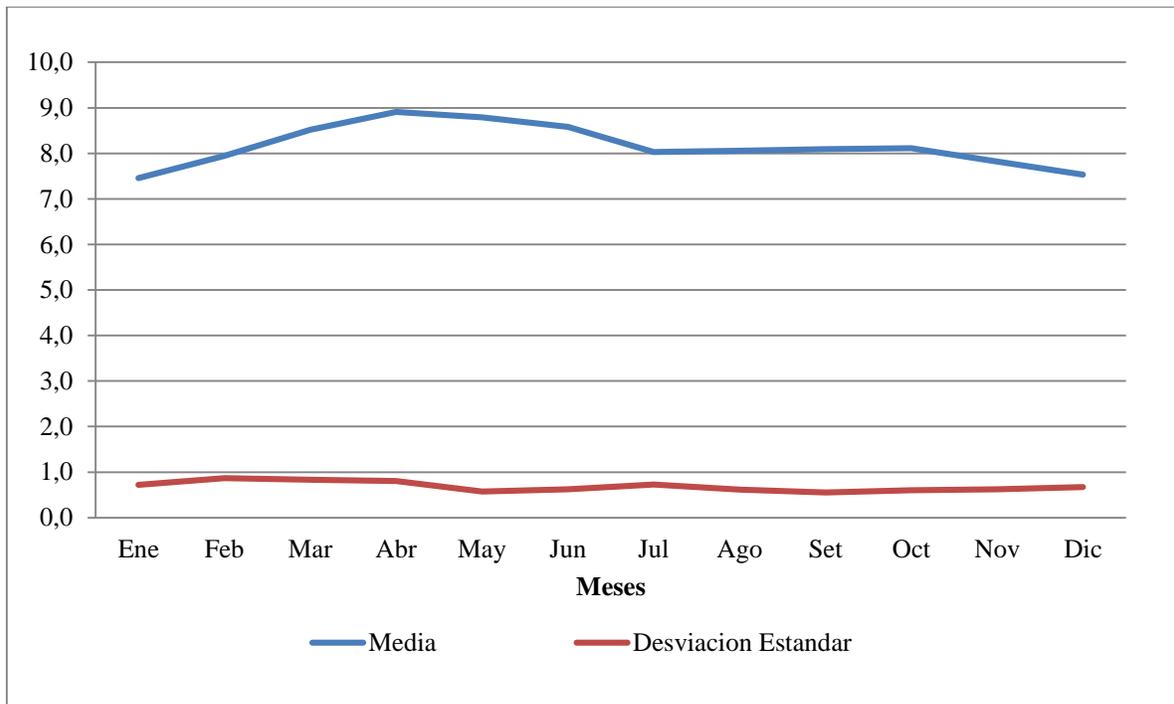
altas, por lo que en el área de estudio es equivalente que se presenten temperaturas más significativas en estos meses.

El segundo intervalo presenta el caso contrario, ya que en este se percibe una disminución de la temperatura equivalente a un grado ( $8^{\circ}\text{C}$ ) en el lapso de abril a julio. A partir de abril la estación lluviosa comienza en varias partes del país, tales como en la Vertiente Occidental de la Cordillera de Talamanca; asimismo, durante estos meses la zona de convergencia intertropical afecta todo el país, por lo que las lluvias se generalizan en todo el territorio y, por consiguiente, se presentan temperaturas más bajas.

En cuanto a los meses de julio a octubre, el comportamiento es constante y se presenta una reducción en la temperatura a partir del mes de julio, destacando que la media en la temperatura en este período cambia de  $8.6^{\circ}\text{C}$  a  $8^{\circ}\text{C}$ . En el último intervalo se presenta otra disminución, ya que en los meses de noviembre a diciembre se registra una media de  $7,5^{\circ}\text{C}$ , registrándose la menor temperatura en comparación a los meses anteriores y es que a partir del mes de noviembre empieza a generalizarse el buen tiempo en todo el país, a excepción de las cumbres montañosas.

Con respecto a la desviación estándar su comportamiento se mantiene constante durante todo el año, destacando que su valor se presenta por debajo del 1% con mínimos cambios menores a 0.3 C grados, por lo que no existen anomalías inusuales en el comportamiento de la temperatura mensual.

**Gráfico 5.3. Temperatura mensual (°C) 1980-2015.**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del ICE.

El planeta ha experimentado un aumento de la temperatura de al menos 0,6°C en los últimos 100 años, como lo demuestra el tercer informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC 2001), sin embargo, definir las causas del Cambio Climático Global es una tarea aun compleja. De 1880 al 2012, por ejemplo, según la página web de cambio climático en Costa Rica, la temperatura del planeta aumentó un promedio de 0,85 grados centígrados, por lo que analizar el comportamiento futuro de la temperatura media en el territorio costarricense y en el área de estudio es imprescindible.

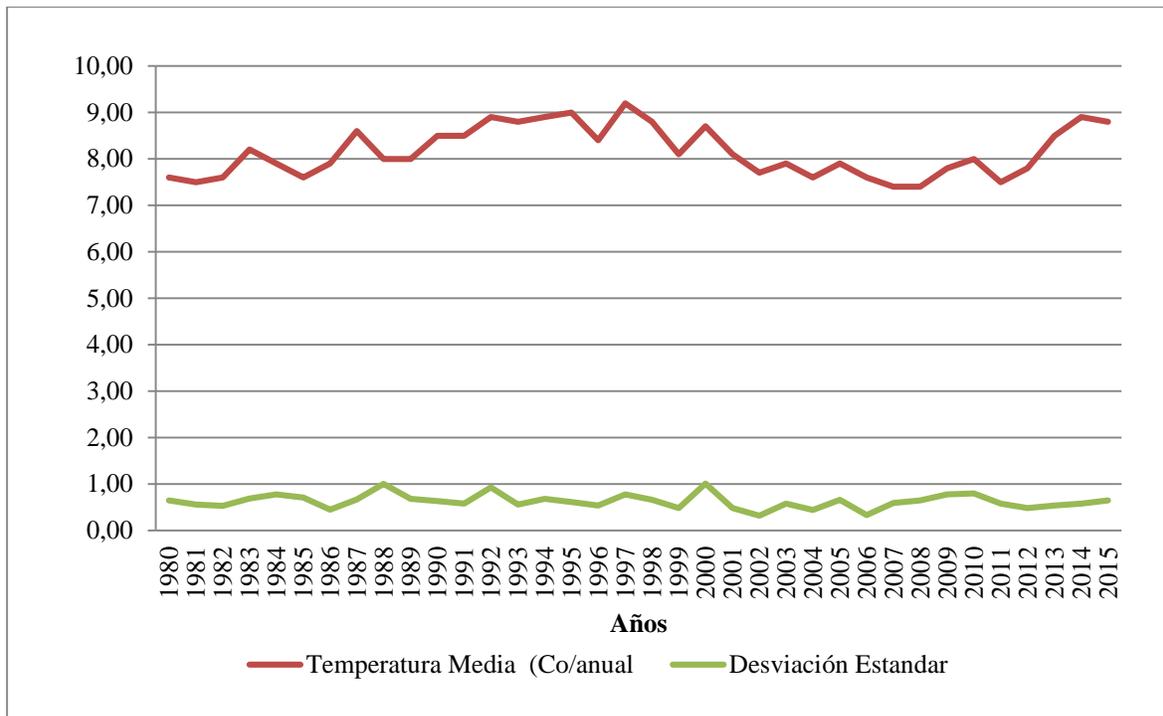
Poco se conoce sobre los efectos del clima en el Cerro de la Muerte, sin embargo, según un estudio denominado: “Escenarios de cambio climático regionalizados para Costa Rica”, realizado por el IMN y MINAET (2012), se pronosticó futuros escenarios climáticos, utilizando como variables meteorológicas la precipitación y la temperatura media, no obstante, se concluyó que, tanto la variabilidad climática como la circulación general de la atmósfera, experimentarán cambios muy significativos de una temporada a otra, tal es el caso en la actividad de ciclones tropicales, los frentes fríos, vientos alisios, la zona de confluencia intertropical, etc.

Para el caso de la Zona Sur, donde se localiza el área de estudio, anuncian que para el año 2080 el cambio de las temperaturas en las zonas altas será de 4°C, pasando de 8°C- 10°C a 12°C- 14°C, específicamente en las zonas altas de la Cordillera de Talamanca. El proyecto mencionado anteriormente tenía como énfasis el sector hídrico, por lo que la mayoría de los resultados estaban enfocados a cuencas hidrográficas. Por tanto, hasta tener las evidencias necesarias no es posible afirmar que la variabilidad climática ha influenciado al ecosistema de páramo, mientras es necesario continuar investigando para profundizar sobre este tema, con el fin de evitar conjeturas sin fundamento científico.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el gráfico 5.4, se identifica que la temperatura media no varía significativamente, sin embargo se presentan ciclos, el primero de ellos es de 1980 a 1997, donde la temperatura media se incrementa y de 1998 al 2011, donde la temperatura media disminuye para otra vez subir. Debido a la falta de datos no se pueden analizar a mayor cabalidad estos ciclos, por lo tanto, surge la duda si el período que transcurre de un ciclo a otro aumentará o disminuirá a futuro, y a su vez, si puede influenciar el comportamiento del ecosistema de páramo.

De acuerdo a lo anterior, según los datos de la estación meteorológica Cerro de la Muerte (Repetidora), se concluye que la temperatura no ha influido en el comportamiento del ecosistema de páramo en las últimas dos décadas, sin embargo, es importante resaltar que el monitoreo constante de la temperatura, es primordial para conocer cuál es su comportamiento a futuro. Con respecto a la desviación estándar, su comportamiento presenta pequeños cambios, ya que en el período de 1980-1987 se mantiene inferior al 1%, asimismo en el periodo de 1989- 1999 y en el comprendido por el 2001-2015. Por otro lado, existen dos años en los que la desviación estándar se encuentra fuera del patrón de comportamiento, ya que para el año de 1988 la desviación estándar es del 1% y para el año 2000 la desviación estándar es del 1.01%.

**Gráfico 5.4. Temperatura Anual (°C).**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del ICE.

### 5.2.3 HUMEDAD

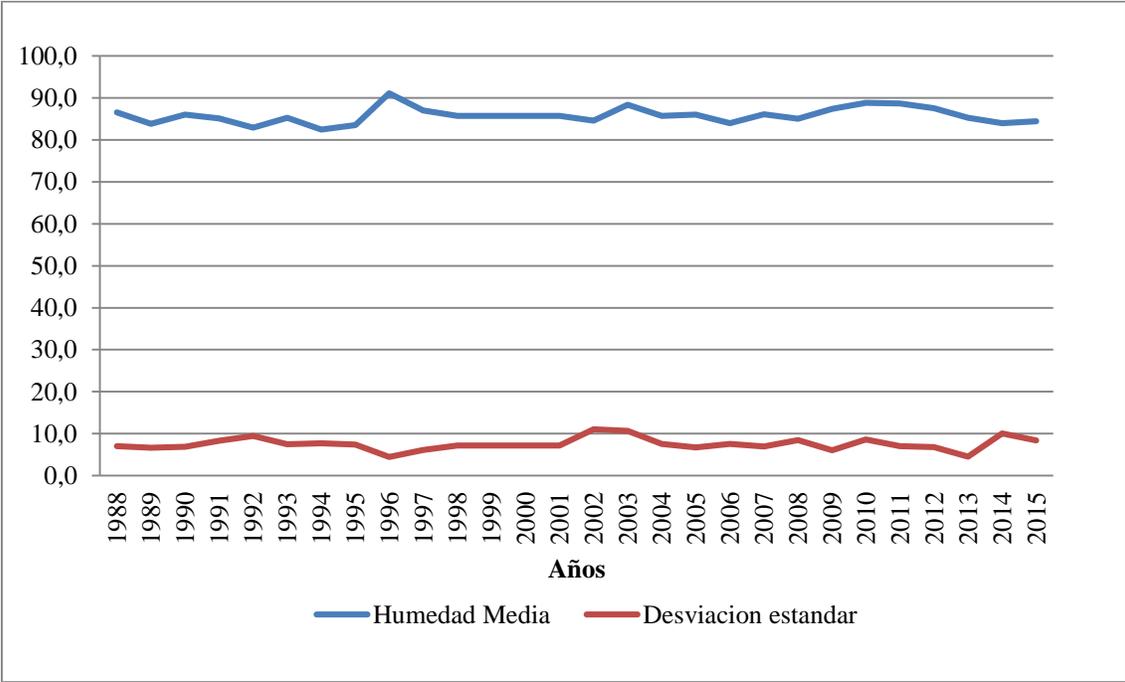
La humedad depende directamente de la cantidad de precipitación que se presente en un área determinada, la cual para el caso del ecosistema de páramo la capacidad de almacenaje de humedad es muy buena debido a su ciclo del agua y a su suelo que actúa como esponja capaz de absorber grandes cantidades de agua. Por tanto, desde esta óptica es de mucha importancia monitorear este factor para conocer la disponibilidad de la humedad de los suelos para las plantas del ecosistema de páramo y a su vez conocer el dinamismo de las migraciones en determinadas épocas del año.

Para la evaluación de la humedad en el área de estudio se procedió a realizar un gráfico (5.5) relacionando la humedad relativa promedio con la desviación estándar, por consiguiente se deduce que la humedad relativa promedio no varía de manera exuberante en el período de 1988 al 2015, sino que mantiene un promedio anual de 80 a 90%, siendo el año con mayor humedad 1996 con un 91%, posteriormente se presenta entre los valores más bajos 1994 con un 82%. De igual forma la desviación estándar en el gráfico 5 no representa valores

sobresalientes, su comportamiento durante el período de estudio se mantiene constante con un promedio de 0 a 10%, siendo el año 2002 con el valor más alto con un 11,02 y por el contrario 1996 el de menor desviación con un 4,43.

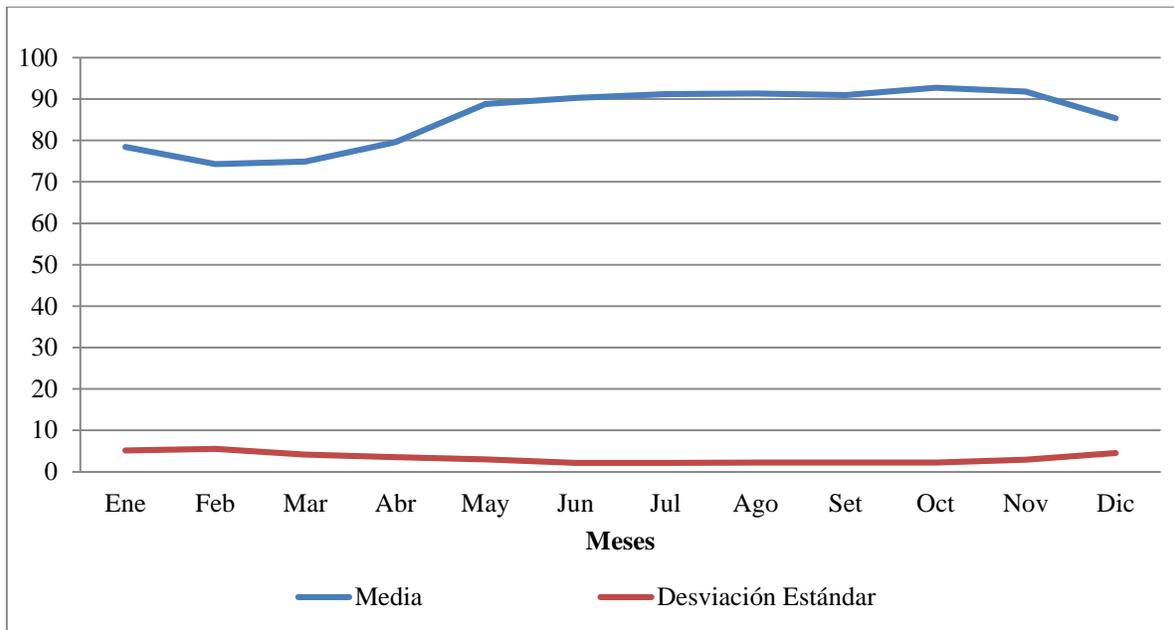
De acuerdo con el gráfico 5.6, se observa en primer orden cambios de estaciones de una a otra, de enero a abril se muestra una disminución de la humedad siendo febrero el mes menos húmedo con un 74%, para esta época el promedio mensual es del 70% al 80%, a partir del mes de mayo la humedad sube al 89% y se mantiene constante hasta el mes de noviembre, para la época lluviosa el promedio mensual es de 80% al 90%, posteriormente empieza a bajar nuevamente en el mes de diciembre para entrar a la época seca. Por otra parte la tendencia de la desviación estándar se mantiene constante entre 0 a 10%, siendo febrero el mes más sobresaliente con un 5,6.

**Gráfico 5.5. Humedad relativa promedio (%), 1988-2015.**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del ICE.

**Gráfico 5.6. Humedad mensual (%), 1988-2015.**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del ICE.

Uno de los principales retos para los investigadores en cuanto al clima es estimar qué pasará en unos 30 o 50 años a nivel local, el comportamiento futuro dependerá de amenazas, factores socioeconómicos, escenarios climáticos, dinámica del ecosistema, entre otras variables. Además, la recolección de datos históricos es una de las limitantes a combatir continuamente para los investigadores, ya que los estudios científicos sobre clima necesitan en promedio de 30 años consecutivos de recolección de datos, ya sea de un registro numérico o fotográfico, por consiguiente, se dificulta el análisis de este tipo de datos.

### **5.3 ADAPTABILIDAD DE LA VEGETACIÓN DEL CERRO DE LA MUERTE**

Los tipos de plantas que se encuentran en el área de estudio son especies que no suelen adaptarse a cualquier condición climática. Todas las especies mencionadas en el anexo 10.1 presentan una alta vulnerabilidad a los cambios climáticos, ya que los niveles en la temperatura, precipitación, humedad y radiación solar en el área de estudio son muy marcados y diferenciados en comparación al resto del país.

Sin embargo, la vulnerabilidad que presentan las plantas en el Cerro de la Muerte, está más asociada a la capacidad de iluminación u oscurecimiento y no tanto a los cambios en los

niveles de temperatura. La vegetación en cada ecosistema tiene una necesidad de iluminación según su naturaleza y estado de desarrollo, si se ve alterado ese parámetro es evidente que su proceso evolutivo será afectado negativamente.

El oscurecimiento se conoce como una reducción de la cantidad de luz solar que alcanza la superficie de la tierra, por lo tanto, al disminuir la radiación solar que llega a la superficie terrestre, se amenaza la fotosíntesis, proceso indispensable para la supervivencia de todas las especies de vegetación. El oscurecimiento es producido por las diminutas partículas que flotan en las zonas altas de la atmósfera, procedentes del humo de motores y fábricas, incendios, erupciones volcánicas y del polvo generado por las actividades humanas (Pascual, 2015), provocando cambios significativos en el desarrollo de las especies de plantas.

A continuación se analiza los diferentes tipos de especies de vegetación más sobresalientes y comunes del ecosistema de páramo, relacionando las características de cada especie en respuesta a las condiciones ambientales más extremas. Las especies estudiadas corresponden desde ericáceas y helechos hasta especies tales como: *Chusquea subtessellata* Hitchcock (Poaceae- Bambusoideae), *Hypericum irazuense*, *Acaena cylindistrachia*, *Castilleja irazuensis*, *Ranunculus peruvianus*, *Diplostephium sp*, *Pernettya sp*, *Senecio andicola*, *Myrrhidendron sp*, *Hieracium sp*.

La diversificación de los rasgos funcionales de las plantas, manifiestan patrones evolutivos que se revelan en respuesta a las condiciones ambientales como a la competencia entre individuos (Aguilar, Alameda, Arias, Armero *et al.*, 2014, citan a Ackerly & Cornwell, 2007) de manera que, algunas características de la vegetación de páramo, están relacionadas a una tendencia evolutiva, como la adaptación a las condiciones climáticas, encontrándose especies con formas de crecimiento típicas de este bioma: plantas en forma de roseta (con y sin tallo), arbustos achaparrados, arbustos rastreros, hierbas y pastos en macollas. La forma de crecimiento es un rasgo funcional que ha sido relacionado con cambios en la temperatura, la disponibilidad de nutrientes y la variación en la materia orgánica del suelo (Aguilar *et al.*, 2014, citan a Pavon *et al.* 2000, Montenegro & Vargas, 2008). Además, es un aspecto importante para evaluar la respuesta a perturbaciones como el fuego y el pastoreo (Aguilar

*et al.*, 2014, citan a Verweij 1995, Vargas 1997, Vargas *et al.*, 2002). Algunas de las especies que se encuentran en el área de estudio se describen a continuación.

### **5.3.1 *Chusquea subtessellata* Hitchcock (Poaceae- Bambusoideae)**

Los bambúes arbustivos de *Chusquea subtessellata*, con su hábito compacto y esférico, constituyen un elemento muy característico del páramo de la Cordillera de Talamanca. Dicha especie es bastante frecuente encontrarla en el Cerro de la Muerte a causa de su extensa cobertura, consistiendo en una dominancia y un control intenso sobre la presencia de otras especies en la comunidad. La propagación de dicha especie se favorece por los incendios, por consiguiente, después del incendio de 1992 registrado en el Cerro de la Muerte, la cobertura de esta especie aumentó, no obstante, su crecimiento después de un incendio no es el mismo, ya que pierde la capacidad de absorción de agua (Horn, 1997).

La *Chusquea subtessellata* se encuentra ubicada entre los 2500-3820 msnm, su ramificación está dominada por un sistema subterráneo basítono, los nudos llevan yemas principalmente vigorosas y las ramas producidas por las yemas pueden ramificarse en su base; se evidencia que las ramas provenientes de las yemas accesorias solo sirven para la producción de nomófilos. De manera que la forma compacta de este bambú, cañas tiesas y duras, la transforma en una especie con gran capacidad de adaptación a condiciones climáticas extremas (Weberling & Furchheim, 2005). Es probable que de aumentar o disminuir la temperatura en el Cerro de la Muerte a futuro, su nivel de afectación no será tan alto, ya que su fisiología tiene gran nivel de adaptabilidad a los cambios del clima.

### **5.3.2 Ericaceae (General)**

Las cinco especies de la familia Ericaceae tienen una función importante en el páramo del Cerro de la Muerte, son arbustos siempre verdes con un sistema de ramificación típicamente basítono y ejes ramificados de modo simpodial. Las especies *Comarostaphylis arbutoides* (2000-3750 m s.n.m.) y *Vaccinium consanguineum* (1500-3750 m s.n.m.), son arbustos grandes, prefieren la región más alta del páramo, donde los arbustos no son tan vigorosos, sin embargo, no solo en el páramo se encuentran, sino también en la zona de bosque nublado a lo largo de la Carretera Interamericana. Con respecto a las especies *Pernetia coriácea* y *P. prostrata* (2000-3650 m s.n.m.) son arbustos enanos que desarrollan estolones, así como el

arbustillo “en espaldera” (*Vaccinium floribundum Kunth*) el cual se desarrolla por encima de los 3400 m s.n.m., su crecimiento es lento y sus brotes aéreos apenas sobrepasan los 10 a 15cm por encima del suelo (Weberling y Furchheim, 2005).

El desarrollo de estolones subterráneos posiblemente implica un factor muy favorable tanto para la vida como para la propagación de estas especies, las partes vigorosas de las plantas quedan bien protegidas de la sequía y el frío, incluso de sufrir daños, la planta es capaz de regenerarse a partir de nuevos rebrotes de la parte subterránea, con el comienzo de la estación lluviosa, a finales de abril, su crecimiento se ve aún más favorecido (Weberling y Furchheim, 2005). Hipotéticamente, si las lluvias del Cerro de la Muerte descienden y la temperatura se mantiene o se eleva, los efectos implicarían que estas especies disminuyeran su crecimiento, y por consiguiente se generarían cambios en su estructura. La especie con mayor grado de afectación sería *Vaccinium floribundum Kunth*, ya que es una planta que coloniza solamente los páramos de la Cordillera de Talamanca por encima de los 3400 m s.n.m. y su crecimiento en condiciones normales es lento.

### **5.3.3 Helechos**

La estructura de la vegetación depende de los diferentes elementos que la compongan y que se encuentren en el ecosistema, los tipos de especies en determinada zona dependen completamente del clima que domina en el mismo. En los ecosistemas de páramos es común encontrar diferentes tipos de helechos. El helechal es una comunidad vegetal dominada por esta especie, estas especies se pueden encontrar en altitudes que oscilan entre los 2000 y los 3000 m s.n.m, por lo general los helechos forman grandes sistemas de rizomas y suelen estar acompañados por arbustos (Barrington, 2005).

#### *Athyrium*

Es un helecho de tamaño considerable, con hojas de hasta de 60 cm de largo, crece en matorrales y paramillos arbustivos de Costa Rica.

### *Blechnum*

Es el género de helechos mejor conocido del páramo, ya que es el único género de helechos arborescentes en la zona alpina. En Costa Rica existen tres especies de *Blechnum*: todas tienen troncos gruesos pero solo dos especies son arborescentes y pueden alcanzar 2m de altura.

### *Cystopteris*

En Costa Rica se puede encontrar una sola especie de este género, ocupa sitios húmedos como las orillas de las quebradas de los páramos.

### *Elaphoglossum*

Es el género pteridofito más rico en especies, con unas 12 que alcanzan por lo menos una altitud de 3100 m s.n.m en los páramos de Costa Rica. El género *Elaphoglossum* en Costa Rica mantiene una alta diversidad de especies, probablemente por razones biogeográficas, expresadas en grupos de especies propiamente del páramo.

### *Isoetes*

Es la única especie de este género que crece a elevaciones superiores a la de los bosques nublados de Costa Rica, tiene la forma de una roseta con hojas que pueden alcanzar 45 cm en aguas profundas. Esta especie es endémica de Costa Rica.

### *Melpomene, Lellingeria y Ceradenia*

Se caracterizan por tener hábitos pequeños y esporas verdes, en el páramo costarricense se han registrado unas 6 especies de este grupo. En los páramos de la cordillera de Talamanca está representado por 3 especies.

### *Ophioglossum*

Es la única especie de este género en el páramo costarricense. Tiene una forma de vida muy particular: como especie terrestre con una sola hoja por arriba del suelo y su compacto caudex profundamente dentro del suelo, vive escondida dentro de las gramíneas en sitios húmedos y soleados protegidos del frío.

### *Sticherus*

Es la única especie de la familia Gleicheniaceae que se ha encontrado en los páramos de la cordillera de Talamanca. Es muy común en los bordes de los caminos, pero también aparece en el páramo propiamente dicho. Sus plantas son anchas y rastreras, con hojas indeterminadas que pueden alcanzar una elevación máxima de 3100 m s.n.m especialmente a lo largo de los caminos.

En los páramos costarricenses se presentan 25 géneros de helechos y plantas afines, incluyendo un total de 80 especies, de las cuales 44 son verdaderamente paramunas y 36 son aparentemente propias del páramo. Un total de 14 especies son endémicas de los altos páramos de Costa Rica y Panamá, 10 especies se distribuyen desde Costa Rica hacia el noroeste hasta México, por otra parte, 20 especies tienen una distribución andina. Muchos helechos tienen los rizomas enterrados, lo cual es una excelente forma de adaptarse al fuego y al frío, dos importantes factores limitantes en el páramo, las hojas de casi todas las especies son gruesas y tienen segmentos redondeados (Barrington, 2005).

El archipiélago alpino de los páramos costarricenses no está lejos de las fuentes de diversidad de los Andes y Guatemala, aunque si abarca una superficie bastante reducida, la combinación de tales distancias con respecto a las fuentes y el reducido tamaño de los páramos costarricenses pueden explicar el nivel de endemismo (IBID).

#### **5.3.4 Líquenes**

La flora liquenológica es poco conocida, los estudios publicados acerca de este tipo de vegetación es escasa. Según Sipman (2005) se registran 219 especies de líquenes para los páramos de Costa Rica, generalmente comprenden las zonas que presentan una elevación superior a los 3000 m s.n.m. La mayoría de las especies tienen una distribución en el trópico o en el Neotrópico, y solo unas pocas especies son endémicas de Costa Rica. Cabe mencionar, que los incendios tienen una profunda influencia sobre la flora liquenológica, por lo que es recomendable realizar estudios después de un incendio, debido a la recolonización del lugar por parte de los líquenes.

Un examen de distribución de las especies de los páramos en Costa Rica, muestra la presencia de cinco categorías biogeográficas. Algunas especies tienen una amplia distribución en las

zonas templadas del mundo. Otras especies parecen tener una distribución en el trópico o el Neotrópico, mientras que algunas tienen una amplia distribución en las zonas templadas y frías del hemisferio norte y parecen tener su límite sur en Costa Rica. Otras especies parecen tener su límite sur en Costa Rica, pero muestran una distribución restringida en el hemisferio norte y algunas especies parecen estar limitadas a Costa Rica y sus inmediaciones, no están restringidas al páramo y se encuentran con más frecuencia en zonas bajas, por lo que se indica que su origen son los bosques de montaña y no el páramo. Estas observaciones muestran que la zona de páramo de Costa Rica resulta importante como límite sur de distribución de varias especies de líquenes (Sipman, 2005).

Considerando que los páramos climáticamente son muy diferentes de las zonas bajas del trópico, no es una novedad que exista diferencias florísticas importantes. La baja temperatura parece ser un factor desfavorable para los órdenes de líquenes que abundan en las zonas calientes y favorables para los grupos de las zonas frías. Por otro lado, un fenómeno que se presenta en el paisaje actual del páramo son los incendios, la estructura tipo mosaico vegetal muestra una recolonización sincronizada después de quemadas limitadas. El fuego, es uno de los modificadores más importantes de la vegetación, los líquenes pueden ser colonizadores dominantes sobre suelos desnudos después de un incendio, sugiriéndose incluso que el fuego podría ser importante para mantener la diversidad liquénica y de esta manera los páramos serían sitios adecuados para estudiar las relaciones entre la acción del fuego y la presencia de líquenes (Sipman, 2005).

### **5.3.5 Briófitas**

Los páramos de Costa Rica tienen una flora briofítica muy diversa. Se han registrado 230 especies, dentro de las cuales 117 son musgos y 113 hepáticas, lo cual equivale aproximadamente al 28% de la flora briofítica completa de los páramos neotropicales. Se estima que los páramos de Costa Rica podrían contener eventualmente más de 300 especies. El endemismo del páramo de Costa Rica es bajo, solo una especie es endémica (*Cryptothallus hirsutus*). De acuerdo con Luteyn, Costa Rica posee el segundo número más bajo de especies de briofitas de todos los países neotropicales con páramos, lo cual resulta ser un dato curioso considerando la diversidad de la flora de plantas vasculares de los páramos costarricenses. También resulta inusual el hecho de que los musgos y las hepáticas estén representados por

el mismo número de especies, porque en los páramos neotropicales los musgos duplican la cantidad de especies hepáticas (Gradstein, 2005, cita a Luteyn, 1999).

#### **5.4 CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN DEL PÁRAMO Y SU RELACIÓN CON LOS INCENDIOS**

A través del tiempo, los sistemas naturales cada vez más se han afectado por la influencia antrópica, ya sea por el crecimiento de la población, la contaminación o el desarrollo industrial y los sistemas económicos, provocando el deterioro y la pérdida de diversidad de los ecosistemas. El páramo es un ecosistema relativamente frágil, por lo que es elemental estudiar su proceso de recuperación a situaciones que atenten su conservación. Asimismo es un ecosistema vulnerable en comparación con las selvas tropicales, ya que puede ser adaptado más fácilmente para cultivos y la ganadería con solo la quema de su territorio, lo cual causa daños permanentes a largo plazo, provocando a su vez que el proceso de recuperación natural del páramo tome bastante tiempo (Aguirre, Torres y Velasco, 2013).

La degradación de un ecosistema se relaciona con los cambios graduales que disminuyen su integridad, generalmente sucede después de un daño o una transformación significativa. Un ecosistema degradado reduce su diversidad y productividad, y se caracterizan habitualmente por la pérdida de vegetación y el suelo (Aguirre *et al.*, 2013 citan a SER, 2004, Vargas, 2007, Vargas, 2011, Vargas & Velasco, 2011). La degradación de los ecosistemas es causada por factores naturales o antrópicos que causan perturbaciones sobre el ecosistema, y dependiendo de la intensidad del factor degradante pueden ser significativos o no. Por otra parte, dependiendo también del disturbio, el ecosistema puede llegar a recuperar su cobertura original, destacando que dicho término puede definirse como el conjunto de mecanismos que limitan el incremento de biomasa vegetal destruyéndola total o parcialmente (Aguirre *et al.*, 2013 citan a MAC, 2003, Vargas & Velasco, 2011). Es importante mencionar, además, que las perturbaciones son determinantes en la dinámica ecológica y pueden ser de tipo antrópico, tales como: quemas, minería y sobre pastoreo y de tipo natural como: huracanes, terremotos e inundaciones (Aguirre *et al.*, 2013).

La prioridad de restaurar el ecosistema páramo es alta, ya que este ecosistema cumple con importantes funciones naturales, culturales y económicas. Además, suministra múltiples

servicios ecosistémicos relacionados con su capacidad de interceptar, almacenar y regular los flujos hídricos superficiales y subterráneos, lo cual le da un valor estratégico a este ecosistema (Aguirre *et al.*, 2013 citan a MAC, 2001, Vargas *et al.*, 2010). Con base en ello, la funcionalidad hídrica de este ecosistema puede ser uno de los principales indicadores de priorización para su restauración ecológica, ya que son zonas de regulación que almacenan grandes volúmenes de agua (Aguirre *et al.*, 2013, cita a MAC, 2003).

Otro tema a considerar son los procesos de sucesión de los páramos, la cual consiste en un proceso de auto-recuperación del ecosistema, que puede ocurrir ante disturbios naturales, o por disturbios generados por actividades antrópicas. La capacidad del páramo para recuperarse, dependerá de varios factores, tales como la biodiversidad y la dinámica del disturbio que lo afecta (tipo, recurrencia, intensidad, frecuencia, extensión), por lo que determinara las nuevas condiciones a las cuales deben sobreponerse las especies. Por esta razón, los cambios en la sucesión ocurren en todos los componentes del páramo, como el suelo, la vegetación, los microorganismos y la fauna, por lo cual es altamente dinámico y no es un proceso lineal ya que responde a las condiciones dadas por los cambios históricos y por el manejo actual de cada área del ecosistema (Aguilar *et al.*, 2014, citan a Sarmiento *et al.* 1991, Jaimes & Sarmiento 2002, Vargas *et al.* 2002, Llambí *et al.* 2003, Mora *et al.* 2005).

El uso del fuego dentro del ecosistema páramo ha sido una práctica muy extendida principalmente para el manejo de la ganadería. Como respuesta al fuego, las plantas aumentan el número de rebrotes, los cuales son más apetecibles para el ganado ovino, vacuno y equino (Hofstede, 2001). En un estudio sobre los procesos de los páramos en el Parque Nacional Natural Los Nevados, Hofstede (1995) evaluó la productividad de la vegetación natural luego de una quema, encontrando que las macollas desaparecen y son remplazados por pastos cortos y dicotiledóneas herbáceas con baja cobertura total, las cuales toleran el pisoteo y el ramoneo del ganado. Esta característica genera la idea que hay mayor biomasa después de una quema, no obstante los contenidos de biomasa vegetativa no aumentan, pero si está más fácilmente disponibles para el ganado. La capacidad de rebrote en algunas especies luego de una quema, genera una idea errónea de recuperación del sistema, al igual que la creencia que el fuego hace parte de su dinámica natural, la cual está muy extendida entre los habitantes de páramo (Aguilar *et al.*, 2014).

Contrario a lo que ocurre en otros ecosistemas, la vegetación de páramo no crece más rápido por la fertilización provocada por las cenizas; la productividad de la vegetación nativa tiende a decrecer después de una quema, esto debido a que los puntos de crecimiento se hallan más expuestos a condiciones climáticas extremas. En un área quemada suele presentarse una disminución de la vegetación, dado que muchas especies no son tolerantes y no resisten las quemas (Aguilar *et al.*, 2014, citan a Hofstede, 2001, Lotero *et al.*, 2007), no obstante, existen algunas que logran resistir y se ven beneficiadas por los nuevos nichos disponibles, aumentando su expresión (Aguilar *et al.*, 2014).

Por otro lado, luego de las quemas en el páramo, se aumentan las tasas de herbivoría que afectan el desarrollo y el crecimiento tanto de las plantas que van regenerando como de aquella vegetación que quedó remanente de la quema (Aguilar *et al.*, 2014, cita a Lotero *et al.*, 2007). Los efectos colaterales de las quemas, dependen también del área afectada, no obstante, algunas poblaciones que pudieran sobrevivir a este tipo de disturbio se enfrentan a este tipo de herbívora que en algunos casos determina la estructura de las poblaciones que persisten (Aguilar *et al.*, 2014).

En el área de estudio, específicamente en el Cerro Asunción, se registró un incendio que afectó alrededor de 40 hectáreas, este incendio ocurrió en 1992 (ver anexo 10.2), por lo que aproximadamente han pasado 25 años desde que ocurrió este hecho. La capacidad de recuperación del páramo depende del tipo, recurrencia, intensidad, frecuencia y extensión del disturbio, por lo que existe la posibilidad de que el páramo en esta zona haya logrado recuperar su cobertura vegetal.

Lo anterior se relaciona, además, con el nivel de perturbación que ha tenido el área de estudio, a pesar de que el registro histórico de incendios es escaso o nulo en el Cerro de la Muerte, a través de giras de campo se observó dentro del páramo ropa, productos de limpieza personal y fogatas, posiblemente desechados por humanos que buscan un poco de aventura y suelen acampar en estas zonas de alta montaña, especialmente debido a su accesibilidad.

Se concluye por tanto, que no es posible afirmar que la fragmentación del páramo ha sido ocasionada por los incendios, debido a la falta de pruebas contundentes que demuestren lo anterior, sin embargo, existe evidencia de la contaminación ocasionada por las personas que

llegan a visitar este ecosistema, como se muestra en las fotografías 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4, por ende, es imprescindible seguir monitoreando las visitas de personas a este tipo de ecosistema e impulsar investigaciones que se enfoquen principalmente en el tema de turismo, legislación y concesiones, ya que son temas que posiblemente estén relacionados con la fragmentación del páramo y urge que sean investigados.

### **Perturbación del páramo**

Fotografía 5.1: Papel sanitario



Fotografía 5.2: Fogata.



Fotografía 5.3: Toallas húmedas



Fotografía 5.4: Ropa



Fuente: Propia, obtenida el 30 de mayo del 2017.

---

## CAPÍTULO 6: ESTRUCTURA DEL PAISAJE EN EL CERRO DE LA MUERTE

---

### 6.1 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA SUPERFICIE Y NÚMERO DE FRAGMENTOS PARA CADA CATEGORÍA

Al realizar la comparación de los datos obtenidos por medio de la extensión Patch Analyst, en el cuadro 6.1 se evidencia un comportamiento muy diferenciado en la categoría de páramo en relación con el área de la clase y número de los fragmentos, pasando de 925,7 ha en 1992 a 514,0 ha en 2012 con una reducción de 56%, mientras que el número de fragmentos se incrementó de 1 a 31 fragmentos para el último año. Lo anterior evidencia que a medida que disminuye la superficie aumenta el número de parches en la matriz, dándose una fragmentación en el ecosistema.

Para el caso de la categoría de bosque enano entre el período de 1992 a 2012 la superficie aumentó 456 ha (36 %), lo cual se relaciona con la fragmentación del páramo, ya que esta categoría es la que circunda dicho ecosistema y por consiguiente al disminuir la superficie de páramo, el bosque enano invade y sustituye las áreas que estaban anteriormente con vegetación de páramo, manteniendo en este caso el número de parches, pero aumentando su superficie, siendo de 1243,9 ha para 1992 a 1699,9 ha en el 2012 (ver cuadro 6.1).

**Cuadro 6.1: Comparación entre superficie y número de parches por categoría, Cerro de la Muerte, 1992-2012.**

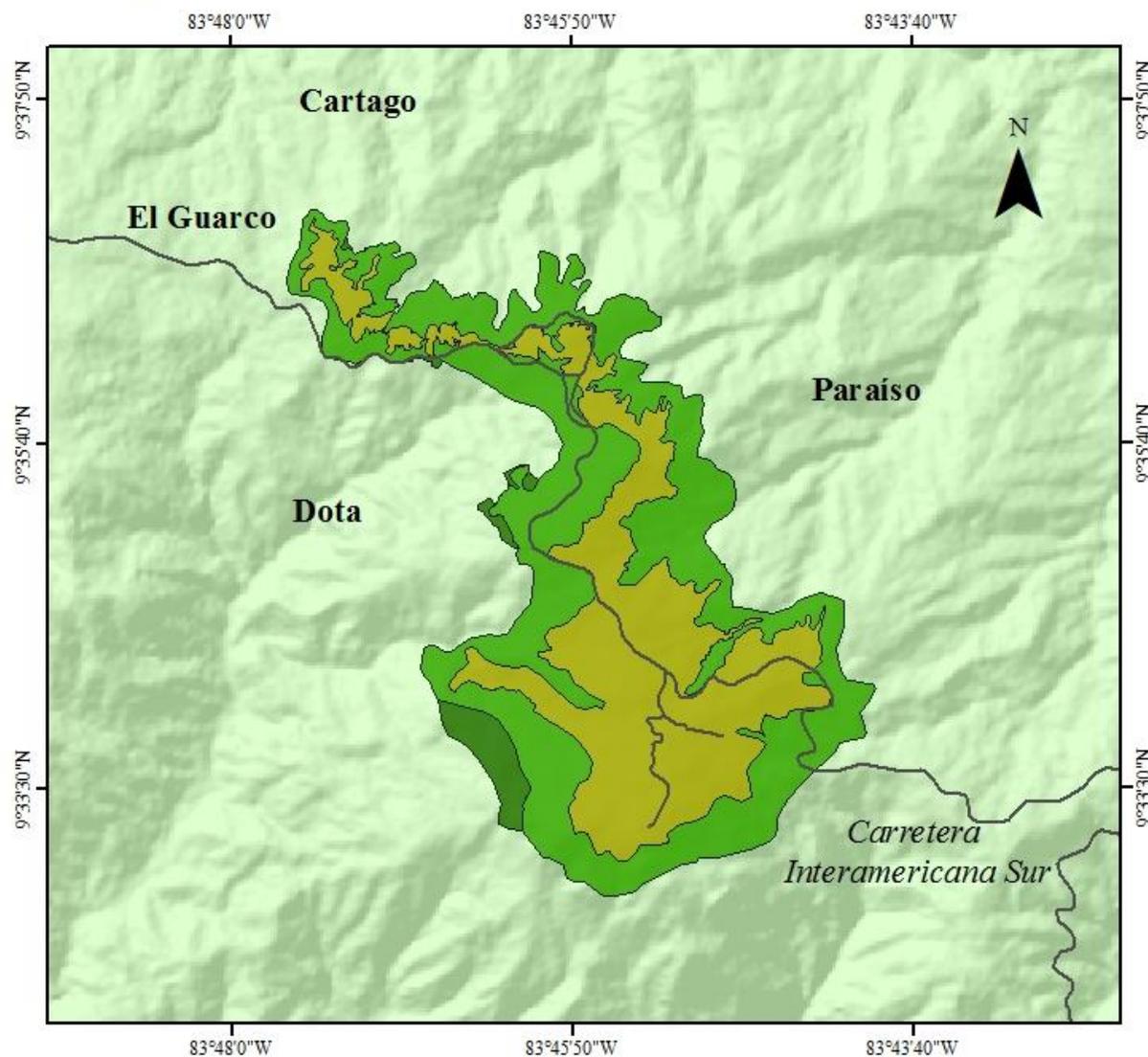
Categoría	1992			2012		
	Superficie	%	Número de parches	Superficie	%	Número de parches
Páramo	925,7	41,2	1	514	22,9	31
Bosque enano	1243,9	55,3	1	1699,9	75,6	1
Bosque nuboso	79,6	3,5	6	35,2	1,6	5

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la comparación del cuadro 6.1 se identifica una disminución en la superficie del bosque nuboso, la cual fue de 79,6 ha en 1992 a 35,2 ha para el año 2012, asimismo ocurre con el número de fragmentos reduciéndose de 6 a 5. Se identificó un proceso

interesante con dicho bosque en los mapas 6.1 y 6.2, en el cual aparece en 1992 en la parte sur del mapa, mientras que en el 2012 se encuentra en la parte norte. Sin embargo, la razón de esta investigación no está centrada en esta categoría debido a que su localización era continua fuera del área de estudio, así que su desplazamiento no se podría confirmar.

# Mapa 6.1: Cobertura de vegetación en el Cerro de la Muerte, 1992.



## Simbología

— Carretera

Categoría

■ Páramo

■ Bosque enano

■ Bosque nuboso

Diagrama de ubicación



Proyección: CRTM05

Datum: WGS84

Elaborado por:

Baleska Vega

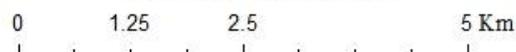
Francinie Rodriguez

Fuente:

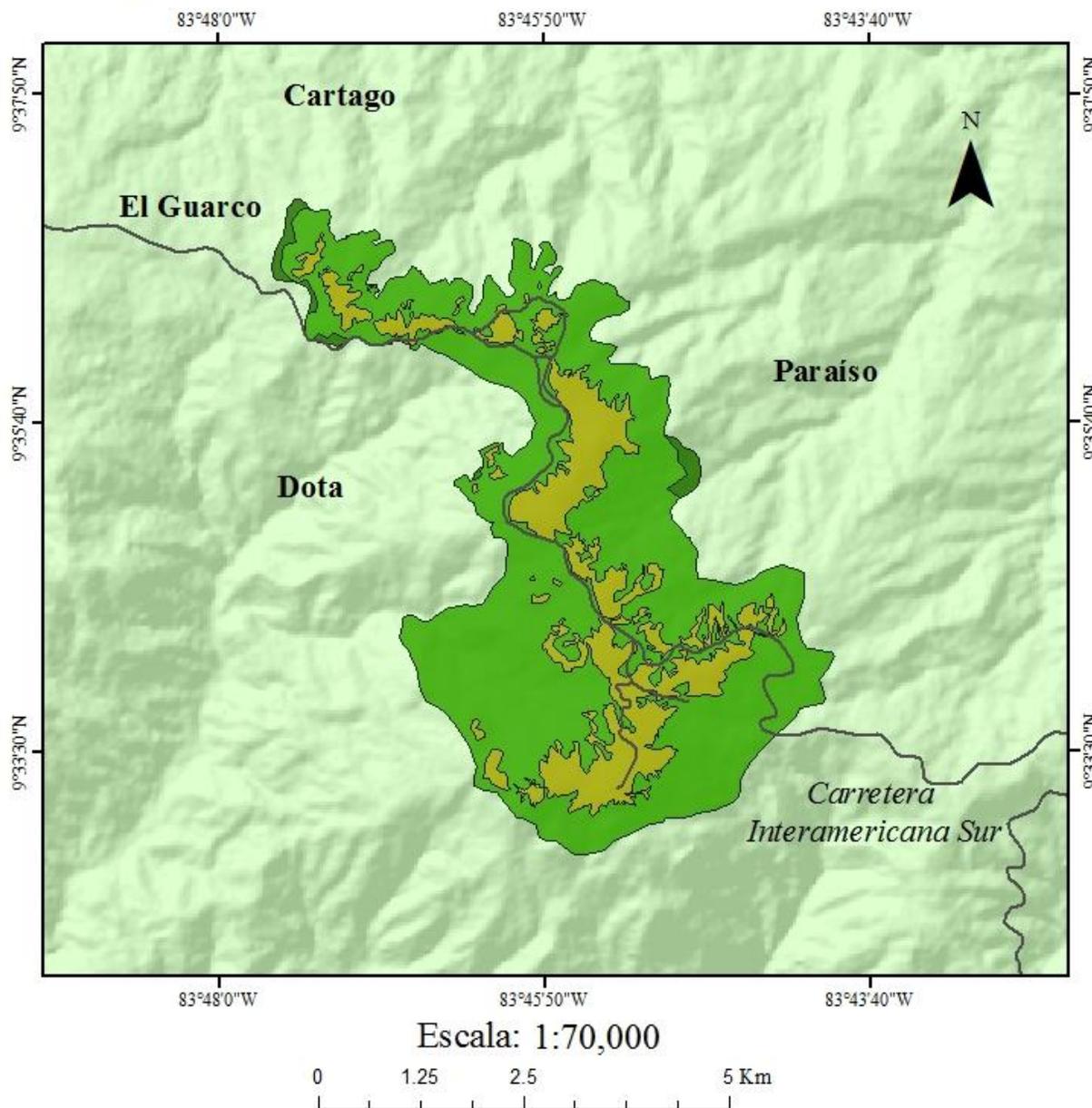
Límite Cantonal SNIT

Fecha: 10/06/2017

Escala: 1:70,000



# Mapa 6.2: Cobertura de vegetación en el Cerro de la Muerte, 2012.



## Simbología

— Carretera

Categoría

■ Páramo

■ Bosque enano

■ Bosque nuboso

Diagrama de ubicación



Proyección: CRTM05

Datum: WGS84

Elaborado por:

Baleska Vega

Francinie Rodriguez

Fuente:

Límite Cantonal SNIT

Fecha: 10/06/2017

## 6.2 ANÁLISIS DE ÁREA Y TAMAÑO MEDIO DE LOS FRAGMENTOS PARA CADA CATEGORÍA

Existe una relación directa entre superficie y tamaño medio de los fragmentos, ya que conforme se incrementa o disminuya el área de un ecosistema, el tamaño medio de los fragmentos tiende a variar (Guariguata y Kattan, 2002). Se puede deducir que a mayor superficie, mayor tamaño medio de los fragmentos y viceversa. Dicho lo anterior, el páramo para el año 1992 solo tiene un parche, por tanto, el tamaño medio es la misma área (925,7), mientras que para el 2012 posee 31 parches obteniendo así un tamaño medio de los fragmentos de 16,5 (ver cuadro 6.2). Lo anterior evidencia que en 1992, se presentaba una localización continua del páramo, lo cual se transforma en el 2012, generando este incremento exponencial del número de fragmentos con un elevado proceso de fragmentación.

Por otra parte, en el bosque enano, debido a que tanto para el año 1992 y 2012 solo existe un parche, el tamaño medio de los fragmentos corresponderá a la misma área de cada año. La categoría de bosque nuboso tiende a disminuir, presentando para el año 1992 un tamaño medio de los fragmentos de 13,2 y para el año 2012 de 7,0; lo anterior se explica en función al descenso de la superficie de dicha cobertura (ver cuadro 6.2), la cual no se analiza debido a que solo se estudió parte de la misma.

**Cuadro 6.2: Comparación entre tamaño medio del fragmento, número de fragmentos y superficie por categoría. Cerro de la Muerte, 1992-2012.**

Categoría	1992			2012		
	Tamaño medio del fragmento	Número de Fragmentos	Superficie	Tamaño medio del fragmento	Número de Fragmentos	Superficie
Páramo	925,7	1	925,7	16,5	31	514
Bosque enano	1243,9	1	1243,9	1699,9	1	1699,9
Bosque nuboso	13,2	6	79,6	7,0	5	35,2

Fuente: Elaboración propia.

### 6.3 ANÁLISIS DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR Y EL TAMAÑO MEDIO DE LOS FRAGMENTOS

El cuadro 6.3 muestra el tamaño medio de los fragmentos y la desviación estándar según cada categoría, de acuerdo a lo mencionado por Morera y Sandoval (2012) a medida que el tamaño medio de los fragmentos es mayor, se incrementa de igual forma la desviación estándar. Expuesto lo anterior, para el caso en específico del páramo y el bosque nuboso en el año 1992, según el cálculo de la evaluación de los índices de paisaje para el área de estudio, estas dos categorías presentan una desviación estándar con un valor de 0, a la cual no se puede aplicar este análisis estadístico debido a que solo presentan un parche de la misma categoría, por tanto, se entiende que el tamaño medio corresponde al mismo valor del área. Caso contrario sucede con el bosque nuboso el cual posee un tamaño medio de 13,27 y una desviación estándar de 23,20. Para el año 2012, el bosque enano mantiene su comportamiento, mientras el páramo debido a que incrementó los fragmentos, si cuenta con una desviación estándar de 45,01 y un tamaño medio de 16,58 y el bosque nuboso disminuye tanto su tamaño medio (7,04) como la desviación estándar (5,58).

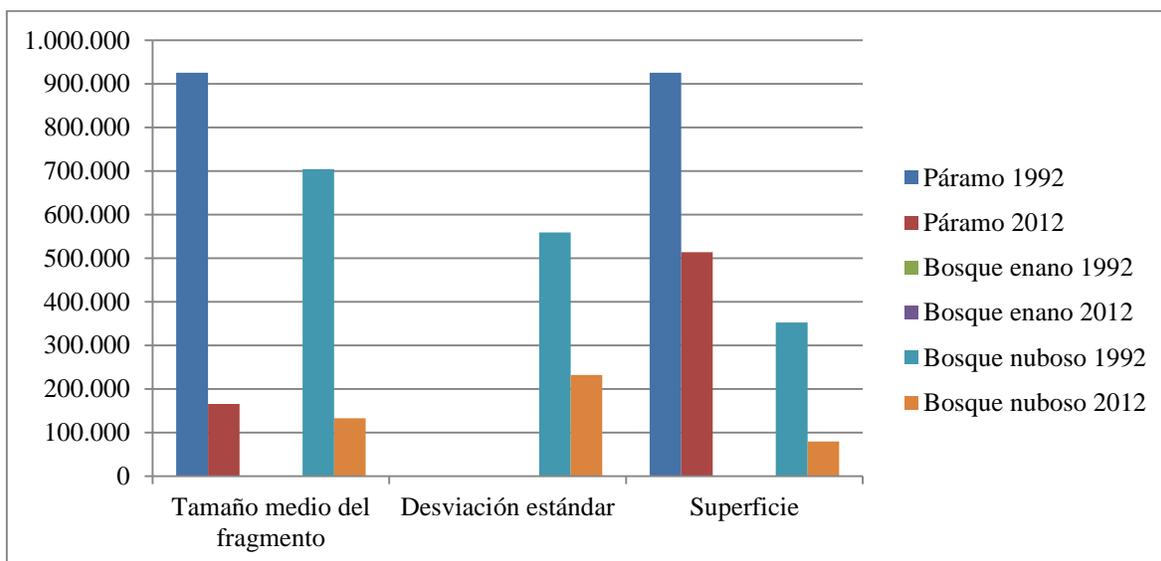
**Cuadro 6.3: Comparación entre tamaño medio del fragmento, número de fragmentos, desviación estándar y superficie por categoría, Cerro de la Muerte, 1992-2012.**

Categoría	1992				2012			
	TMF	DE	NF	Sup	TMF	DE	NF	Sup
Páramo	925,76	0	1	925,7	16,58	45,01	31	514
Bosque enano	1243,92	0	1	1243,9	1699,99	0	1	1699,9
Bosque nuboso	13,27	23,20	6	79,6	7,04	5,58	5	35,2

TMF: Tamaño medio del fragmento; DE: Desviación estándar; NF: Número de fragmentos; Sup: Superficie.

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 6.1: Comparación entre tamaño medio del fragmento, desviación estándar y superficie por categoría, Cerro de la Muerte, 1992-2012.**



Fuente: Elaboración propia.

#### **6.4 ANÁLISIS DE LA COMPARACIÓN ENTRE EL ÍNDICE MEDIO DE FORMA, PONDERADO POR EL ÁREA DE LOS FRAGMENTOS Y EL ÍNDICE DE FORMA PROMEDIO**

Considerando el primer índice, es importante destacar que entre más cercano se encuentre el resultado a 1, la forma de los fragmentos será circular, por consiguiente si el resultado se aleja de 1, los fragmentos tienen una forma más irregular. Dicho lo anterior, para la categoría de páramo se registra una leve disminución obteniendo en 1992 un valor de 4,6 y en el 2012 es de 3,9; para el caso de las categorías de bosque enano y nuboso, los resultados aumentan, específicamente en el periodo de 1992 a 2012, el bosque enano pasa de 6,9 a 8,0 y el bosque nuboso posee un valor de 1,5 a 1,8.

Con respecto al segundo índice (forma promedio) para la evaluación se sigue el mismo parámetro, si el resultado es 1 la forma es más circular y si es superior a 1 la forma es más irregular. La categoría más sobresaliente es la de páramo, ya que su disminución es evidente, en 1992 pasa de 4,6 a tener un valor para el 2012 de 1,9, lo cual demuestra que su forma con el pasar de los años se vuelve cada vez más regular.

**Cuadro 6.4: Comparación entre el promedio del índice de forma y el índice de forma promedio ponderado por el área, Cerro de la Muerte, 1992-2012.**

Categoría	1992		2012	
	Promedio del índice de forma	Índice de forma promedio ponderado por el área	Promedio del índice de forma	Índice de forma promedio ponderado por el área
Páramo	4,6	4,6	1,9	3,9
Bosque enano	6,9	6,9	8,0	8,0
Bosque nuboso	1,5	1,5	1,7	1,8

Fuente: Elaboración propia.

### 6.5 ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE LONGITUD TOTAL DE BORDE

Los cambios en la composición de un fragmento evidentemente repercuten de igual forma en su borde, por tanto monitorear en conjunto la forma, el borde y la composición de cada fragmento es importante, ya que la extensión o distancia a la que el efecto de borde penetra en los fragmentos varía en cada ecosistema (Granados, Serrano y García, 2014). En el presente índice al analizar se identificaron que las categorías de páramo y bosque enano incrementaron la longitud total de borde, para el páramo el aumento es de 30 992 y el bosque enano de 30 526, ambos en el periodo de 1992 al 2012.

Comparando los dos períodos se identificaron procesos espaciales de fragmentación, indudablemente el páramo ha cambiado, pasó de ser una tesela continua a poseer varias más pequeñas, causando la variación de la composición florística de los bordes del páramo, ya que al presentar un borde total más extenso este ecosistema es más propenso a sufrir del efecto de borde, extinción de especies y pérdida del hábitat, llevando a cabo procesos de fragmentación.

**Cuadro 6.5: Comparación entre la longitud total del borde de los fragmentos y el número de los fragmentos, Cerro de la Muerte, 1992-2012.**

Categoría	1992		2012	
	Número de Fragmentos	Longitud total del borde	Número de Fragmentos	Longitud total del borde
Páramo	1	49945,8	31	80937,8
Bosque enano	1	87217,2	1	117744
Bosque nuboso	6	8824,28	5	7719,29

Fuente: Elaboración propia.

## 6.6 ANÁLISIS DE PROBABILIDAD DE CAMBIO (1992-2012)

Para determinar la probabilidad de cambio de uso del suelo para el Cerro de la Muerte, correspondiente al período 1992–2012 (cuadro 6.5), se procedió a utilizar los datos determinados por la matriz de cambios, específicamente los pesos concluyentes; además, para dicho análisis los cambios experimentados en el periodo estudiado ya se llevaron a cabo. En dichos datos se percibe cómo las coberturas atravesaron un proceso de transición en un lapso de 20 años, puede percibirse como de 1992 a 2012 el páramo mantuvo su cobertura original en un 17,7% mientras que pasó a ser bosque enano en un 23,3% y un 0,0% a bosque nuboso; por otro lado el bosque enano mantuvo su categoría en un 49%, parte de su categoría pasó a ser páramo aproximadamente en un 4,6% y 1,5% se convirtió en bosque nuboso. Consiguientemente el bosque nuboso paso a ser bosque enano en un 3,1% y parte de su cobertura original pasó a ser páramo, esto reflejado en un 0,3%.

Con la información descrita puede identificarse cómo las tres categorías estudiadas presentaron modificaciones en el uso del suelo, si bien algunos cambios en términos de porcentajes no son tan significativos, es importante tenerlos presentes ya que dichos cambios permitirán analizar adecuadamente el comportamiento de cada una de las categorías y de esta manera proponer recomendaciones que potencien la conservación de cada ecosistema. Otro punto a tomar en cuenta es la diferencia entre las escalas que presentaban las fotografías aéreas, por lo que es importante considerar que esto puede provocar un error en las probabilidades de cambio, siendo una limitante en la investigación.

**Cuadro 6.5: Probabilidad de cambio en porcentaje.**

1992	2012	Bosque Enano	Bosque nuboso	Páramo
		Clase 1	Clase 2	Clase 3
<b>Páramo</b>	Clase 3	23,3	0,0	17,7
<b>Bosque Enano</b>	Clase 1	49,0	1,5	4,6
<b>Bosque nuboso</b>	Clase 2	3,1	-	0,3

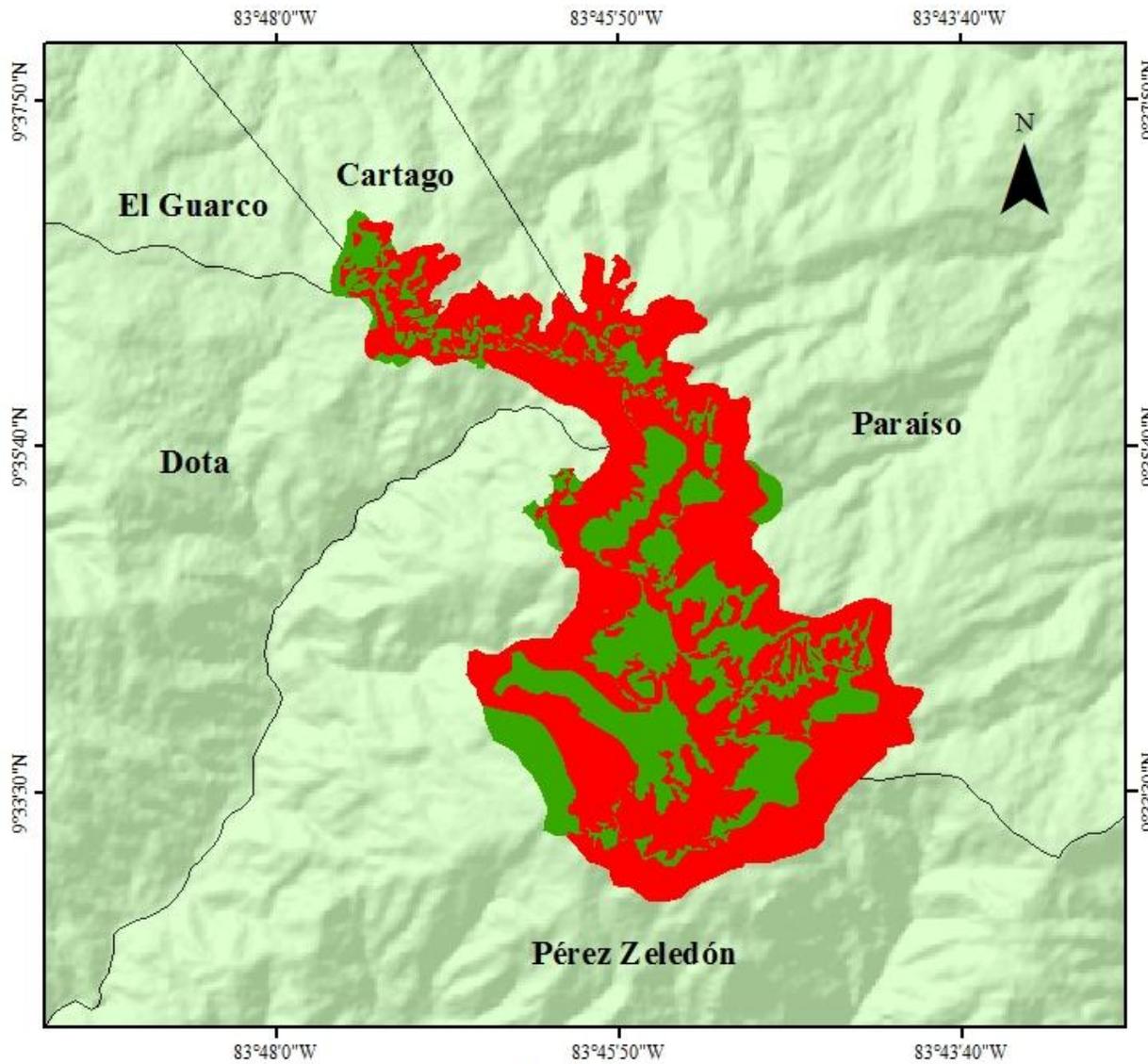
Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 6.6: Probabilidad de cambio.**

1992	2012	Bosque Enano	Bosque nuboso	Páramo
		Clase 1	Clase 2	Clase 3
<b>Bosque Enano</b>	Clase 1	No cambió	Cambió	Cambió
<b>Bosque nuboso</b>	Clase 2	Cambió	No cambió	Cambió
<b>Páramo</b>	Clase 3	Cambió	Cambió	No cambió

Fuente: Elaboración propia.

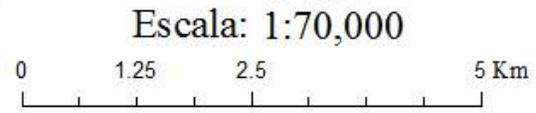
# Mapa 6.3: Probabilidad de cambio, Cerro de la Muerte, 1992-2012.



### Simbología

	Cantones
Categoría	
	Cambió
	No cambió

### Diagrama de ubicación



Proyección: CRTM05  
Datum: WGS84  
Elaborado por:  
Baleska Vega  
Francinie Rodriguez  
Fuente:  
Límite Cantonal SNIT  
Fecha: 10/06/2017

## 6.7 ANÁLISIS PROBABILIDAD DE CAMBIO PARA EL AÑO 2037

Para determinar la probabilidad de cambio de uso del suelo para el Cerro de la Muerte, se aplicó el método de las cadenas de Markov, correspondiente al período 1992–2012 (cuadro 6.7), la cual se proyectó para el año 2037. En dichos datos se deduce cómo las coberturas que tienen mayor probabilidad de permanecer en el tiempo son: la cobertura de páramo con un 56,7%; el bosque enano con un 8,4%; mientras que la cobertura del bosque nuboso para el año 2037 desaparecerá ya que presenta un porcentaje del 0%.

Por otra parte, la probabilidad en la reducción de la superficie de la categoría de páramo en los próximos 25 años, genera un cambio de un 43,1% hacia bosque enano y un 0,0% a bosque nuboso. La probabilidad de cambio de la categoría de bosque enano a páramo es de un 88,7%; mientras que para bosque nuboso es de un 2,7%; y la probabilidad de cambio de la categoría de bosque nuboso hacia páramo es de un 88,7%; mientras que para bosque enano cuenta con un porcentaje del 11,2%. Los anteriores datos muestran la alta vulnerabilidad al cambio que están expuestos los páramos en el área de estudio, de tal forma que en un periodo de 20 años (2037), de acuerdo a los datos del modelaje, solo el 57% de páramo se mantendría.

**Cuadro 6.7: Proyección para el año 2037, según categoría.**

Categoría		Páramo	Bosque nuboso	Bosque enano
		Clase 1	Clase 2	Clase 3
Páramo	Clase 3	56,7	0.0	43,1
Bosque nuboso	Clase 2	88,7	0.0	11,2
Bosque enano	Clase 1	88,7	2,7	8,4

Fuente: Elaboración propia.

---

---

## CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES

---

---

Los ecosistemas de páramos ofrecen importantes funciones ecológicas, una biodiversidad única y un suelo que tiene gran capacidad de fijar el carbono atmosférico, además de su capacidad de retener y almacenar agua. En Costa Rica, sin embargo, existen pocos estudios acerca de estos sistemas naturales y los existentes se basan principalmente en el páramo del Parque Nacional Chirripó. Los páramos cuentan con una vegetación rica y única que las diferencia del resto de las biotas, las fluctuaciones climáticas que han tenido los páramos a lo largo de los periodos, impulsaron a las especies de distinto origen a sobrevivir en los nuevos ambientes (Aguilar *et al.*, 2014, citan a van der Hammen & Hooghiemstra, 2000) mediante mecanismos que involucran diversas estrategias para adaptarse y establecerse, resultando así, en un alto nivel de especiaciones propias de las plantas de páramo (Aguilar *et al.*, 2014, citan a Simpson y Todzia, 2014).

Las estrategias de los organismos para resistir las condiciones evolutivas y ecológicas, están relacionadas con procesos de eficacia biológica, como el crecimiento, reproducción y supervivencia, mediados por las características morfológicas, fisiológicas y fenológicas de cada organismo (Violle *et al.*, 2007); por lo tanto, las plantas del páramo presentan adaptaciones que están relacionadas a la forma de crecimiento, las características de las hojas, raíces, tallos, y estrategias reproductivas (Aguilar *et al.*, 2014 citan a Monasterio & Sarmiento 1991).

Por otra parte, la adaptabilidad de la vegetación de páramo es un tema que es de importancia, ya que especies como la *Chusquea subtessellata Hitchcock* podría soportar grandes cambios, no obstante, los musgos y algunas ericáceas podrían a futuro cambiar su estructura y perder o disminuir su capacidad de absorción de agua, ya que para el caso de la ericácea *Vaccinium floribundum Kunth* solamente suele colonizar en los páramos de la Cordillera de Talamanca y en cuanto a los musgos su función de retener agua es vital para el funcionamiento del ecosistema de páramo.

La vegetación de la Cordillera de Talamanca Norte y Central, donde se incluye el Macizo Buena Vista y el Macizo Chirripó representan la mayor área de páramo, el mayor porcentaje de endemismo y el mayor número de especies en Costa Rica. A pesar de que Macizo Chirripó

tiene mayor área que el Macizo Buena Vista, este último posee mayor número de especies y mayor número de especies endémicas. Esto evidencia que el páramo ístmico no se comporta como una isla en el sentido amplio de distribución, área y riqueza de especies, porque la influencia de vegetación del piso montano e incluso del piso premontano es evidente (Vargas, 2012).

Con respecto al comportamiento de las condiciones climáticas en el área de estudio, se percibe cómo la precipitación a futuro disminuirá, ya que a lo largo de los años, específicamente desde el 2008 al 2014 se obtuvo una disminución de 2243 mm, presentando un déficit de agua en el ecosistema. Asimismo, la precipitación está directamente relacionada con la humedad, sin embargo, para el período de 1988 al 2015 no se presentaron cambios significativos. A partir de los gráficos obtenidos de temperatura, no se observaron grandes cambios a lo largo del tiempo, sin embargo, un estudio llamado *Escenarios de cambio climático regionalizados para Costa Rica*, realizado por el IMN y MINAET pronosticó que para el año 2080 la zona sur del país, específicamente la Cordillera de Talamanca, experimentará un cambio de 4°C en las zonas altas, no obstante, es importante tomar en cuenta, que es necesario analizar a profundidad la relación de la variabilidad climática con el comportamiento futuro de los páramos, para establecer acciones adecuadas de conservación.

En cuanto a los resultados obtenidos en la dinámica de la estructura del paisaje en el área de estudio, queda evidenciado que a medida que disminuye la superficie, aumenta el número de parches en la matriz, presentándose lo que se conoce como fragmentación en el ecosistema. Además, se demuestra que existe una relación directa entre superficie y tamaño medio de los fragmentos; para 1992, se presenta una localización continua del páramo, ya que solo existe un único parche, sin embargo, en el 2012, se genera un incremento en el número de fragmentos demostrando un elevado proceso de fragmentación.

Por otra parte, en cuanto a la desviación estándar es importante resaltar que a medida que el tamaño medio de los fragmentos es mayor, se incrementa de igual forma la desviación estándar. Para el análisis de la comparación entre el índice medio de forma ponderado por el área de los fragmentos y el índice de forma promedio se registra una leve disminución en los datos de ambos índices, destacando que con el pasar de los años el páramo se vuelve cada vez más regular.

En cuanto al análisis del índice de longitud total de borde, cabe destacar que las categorías de páramo y bosque enano incrementaron su longitud total de borde, identificándose procesos espaciales de fragmentación en el período de 1992 al 2012. Para el análisis de la probabilidad de cambio para el período de 1992- 2012, se concluye que las tres categorías estudiadas (páramo, bosque enano, bosque nuboso) presentan modificaciones en el uso del suelo y para el análisis de la probabilidad de cambio para el año 2037, los datos expuestos muestran la alta vulnerabilidad al cambio que están expuestos los páramos en el Cerro de la Muerte.

Lo anterior supone un riesgo para el futuro del ecosistema de páramo, ya que de mantenerse este comportamiento, el bosque enano aumentaría cada vez su superficie y el páramo cada vez disminuiría más, destacándose un proceso de fragmentación, el cual conlleva consigo alteraciones tanto en la estructura como en la función del ecosistema.

Finalmente es importante mencionar la relación del tema estudiado con las ciencias geográficas y el ordenamiento territorial, queda evidenciado como la geografía resulta ser imprescindible en temas de paisaje, conservación y preservación de los ecosistemas, ya que al ser una disciplina en la cual se analiza la relación de los seres humanos con su medio natural, permite toda una integración entre los factores bióticos, abióticos y antrópicos. Además la biogeografía es una rama de las ciencias geográficas que estudia la distribución de los ecosistemas, biomas y seres vivos en el territorio dentro de un contexto evolutivo, analizando de esta forma patrones de distribución espacial e incrementando así el conocimiento científico de los sistemas naturales.

---

---

## **CAPÍTULO 8: RECOMENDACIONES**

---

---

Actualmente, el páramo está expuesto a diversas acciones irracionales inducidas por el ser humano, tales como el fuego y el sobre pastoreo, su proceso de recuperación suele estar relacionada a varios factores, tales como la biodiversidad y la dinámica del disturbio que lo afecta, por lo que es importante un manejo sostenible así como procesos de restauración activa para garantizar la conservación a largo plazo de la biodiversidad endémica y el mantenimiento de los recursos edáficos e hídricos.

Con el fin de conocer y estudiar el comportamiento de las especies que se encuentran en los ecosistemas de páramo, es recomendable desarrollar un estudio de tipo fitogeográfico para conocer de esta manera la afinidad del páramo ístmico con las especies de altura de la Cordillera Volcánica Central, Cordillera de Guanacaste y Cordillera de Tilarán, con lo cual podría apoyar la idea de influencia de los robledales, bosques nubosos, bosques de las zonas intermedias, bosques mixtos y bosques nubosos enanos; esto según las categorías de distribución altitudinal (Vargas, 2012).

Los procesos de formación de los suelos de los páramos en Costa Rica todavía no han sido objeto de estudio, por lo que analizar este aspecto en un futuro será indispensable para entender mejor la evolución del ecosistema de páramo, así como sus patrones y procesos relacionados a los factores edáficos extremos que predominan en altas elevaciones. Además cabe recordar que los suelos en estos sistemas naturales actúan como reguladores del recurso hídrico, por lo que de esta manera se justifica aún más el estudio edafológico de los páramos costarricenses para poder conservarlos sosteniblemente (Kappelle, 2005).

A través de los vacíos de información identificados en la presente investigación, se recomienda promover la toma de datos históricos, ya que seguir evaluando los procesos de conectividad y fragmentación de los ecosistemas obliga a plantear estrategias de gestión ambiental orientados a la planificación y recuperación de las zonas de conservación de biodiversidad.

---

---

## CAPÍTULO 9: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

---

1. Aguilar, M., Alameda, J., Arias, L., Armero, M. *et al.* (2014). *Restauración ecológica de los páramos de Colombia: transformación y herramientas para su conservación*. Obtenido el 29 de junio del 2017 desde: [http://www.ambientalex.info/infoCT/restauracion\\_páramos\\_baja.pdf](http://www.ambientalex.info/infoCT/restauracion_páramos_baja.pdf)
2. Aguirre, N., Torres, J., Velasco, P. (2013). “Guía para la restauración ecológica en los páramos del Antisana”. Obtenido el 29 de junio del 2017 desde: <http://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/07/Gu%C3%ADa-Metodol%C3%B3gica-restauracion-p%C3%A1ramos.pdf>
3. Alfaro, V. (2003). *Plantas comunes del Parque Nacional Chirripó*. (2<sup>da</sup> ed.). Costa Rica: INBio.
4. Ambrogio, J., Camacho, J. & Sánchez, O. (2009) “Plan de Desarrollo Humano Local del Cantón de Dota 2010-2020”. Obtenido el 16 de noviembre del 2016 desde: <http://dota.go.cr/transparencia/documentos/plandesarrollo/PlanDesarrolloHumano.pdf>
5. Anzola, T. (2004). *Implicaciones ecológicas del estado de fragmentación de la cobertura vegetal para la conservación de la región del páramo de Guerrero (Zipaquirá y Cogua-Cundinamarca)*. (Tesis de grado). Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Carrera de Ecología. Bogotá, Colombia. Obtenido el 6 de julio del 2015 desde: <http://es.scribd.com/doc/215533629/fragmentacion-de-cobertura-en-páramo-guerrero#scribd>
6. Arce, R. (2004). “Resumen diagnóstico cuenca Reventazón”. Obtenido el 10 de marzo del 2017 desde: <https://www.cne.go.cr/CEDO-Riesgo/docs/2655/2655.pdf>
7. Barrantes, C. (2015). *Lejano Diquís*. San José: ICER-EUNED.
8. Barrington, D. (2005). Helechos de los páramos de Costa Rica. En Kappelle, M. & Horn, S. (Ed.). *Páramos de Costa Rica* (pp. 375-395) Heredia: INBio.
9. Bennett, A. F. (2003). *Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation*. IUCN – The World Conservation Union. Australia. ISBN 2-8317-0744-7.

10. Buytaert, W., Célleri, R. *et al.* (2006). Hidrología del páramo andino: propiedades, importancia y vulnerabilidad. Quito, Ecuador. Obtenido el 16 de agosto del 2016 desde <http://páramo.cc.ic.ac.uk/pubs/ES/Hidroparamo2.pdf>
11. Chaverri, A. (1998). “Las montañas, la diversidad biológica y su conservación”. *Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales*. N°195, s.p. Obtenido el 30 de mayo del 2015 desde: [http://www.fao.org/docrep/w9300s/w9300s09.htm#las montañas, la diversidad biológica y su conservación](http://www.fao.org/docrep/w9300s/w9300s09.htm#las%20monta%C3%B1as,%20la%20diversidad%20biol%C3%B3gica%20y%20su%20conservaci%C3%B3n)
12. Chaverri, A. (2008). *Historia natural del Parque Nacional Chirripó*. Heredia: INBio.
13. Cleef, A. & Chaverri, A. (2005). Fitogeografía de la flor del páramo de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. En Kappelle, M. & Horn, S. (Ed.). *Páramos de Costa Rica* (pp. 288-304). Heredia: INBio.
14. DCC. (s.f.) “Cómo afecta a Costa Rica el Cambio Climático”. Dirección de Cambio Climático. Consultado el 29 de mayo del 2015 desde: <http://www.cambioclimaticocr.com/2012-05-22-19-44-14/como-nos-afecta>
15. Edin, D. (2011). Los enfoques de la geografía en su evolución como ciencia. *Revista Geográfica Digital, IGUNNE*. N° 21, 1-22. Obtenido el 28 de mayo del 2015 desde <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo21/archivos/cuadra14.pdf>
16. Ellenberg, H. (1979). Man's influence on tropical mountain eco- systems in South America. *Journal of Ecology*, 67: 401-416.
17. Espinoza, E., Morrone J. *et al.* (2002). Introducción al análisis de patrones en biogeografía histórica. Consultado el 11 de agosto del 2016 desde [http://www.academia.edu/2307590/Introducci%C3%B3n\\_al\\_an%C3%A1lisis\\_de\\_p atrones\\_en\\_biogeograf%C3%ADa\\_hist%C3%B3rica](http://www.academia.edu/2307590/Introducci%C3%B3n_al_an%C3%A1lisis_de_patrones_en_biogeograf%C3%ADa_hist%C3%B3rica)
18. Esquivel, O. (2014). Cambio Climático e Incendios Forestales en el caribe costarricense. Área de Conservación La Amistad Pacífico, SINAC, Costa Rica.
19. Etter, A. (1991). *Introducción a la ecología del paisaje*. Bogotá: Universidad Javeriana.

20. Felicísimo, A. (2000). "El modelo digital de elevaciones". Obtenido el 23 de junio del 2017 desde: <ftp://agrimensura.efn.uncor.edu/pub/trabajosfinales/Trabajo%20Final%20MARTINEZ%20GARCIA/Disco%201/09%20-%20Bibliografia/MDE/M%20D%20T%2001.pdf>
21. Flórez, A. (2000). Geomorfología de los páramos. Colombia Diversidad Biótica III. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. pp 24-36.
22. Forman, R.T. & Godron, M. (1986). *Landscape ecology*. New York: John Wiley & Sons.
23. Foster, P. (2001). The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth-ScienceReviews*. 55:73-106.
24. García, R. (2002). *Biología de la Conservación: conceptos y prácticas*. Heredia: INBio.
25. Gómez, L. (2005). La exploración científica de los páramos costarricenses. En Kappelle, M. & Horn, S. (Ed.). *Páramos de Costa Rica* (pp. 101-110). Heredia: INBio.
26. González, J. (2012). Carl Troll y la geografía del paisaje: vida, obra y traducción de un texto fundamental. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. N° 59, 173-200. Obtenido el 2 de junio del 2015 desde <http://www.boletinage.com/articulos/59/08-GONZALEZ%20TRUEBA.pdf>
27. Gradstein, R. (2005). Briofitas de los páramos de Costa Rica. En Kappelle, M. & Horn, S. (Ed.). *Páramos de Costa Rica* (pp. 361-374). Heredia: INBio.
28. Herrera, W. (1985). *Clima de Costa Rica*. Volumen 2. San José: EUNED.
29. Herrera, W. (2005). El clima de los páramos de Costa Rica. En Kappelle, M. & Horn, S. (Ed.). *Páramos de Costa Rica* (pp. 113-128). Heredia: INBio.
30. Hofstede (1995a). *Effects of Burning and Grazing on a Colombian Páramo Ecosystem*. (Tesis de Doctorado). Universidad de Amsterdam.
31. Horn, S. (1997). Postfire Resprouting of *Hypericum irazuense* in the Costa Rican Páramos: Cerro Asuncion Revisited. Association for Tropical Biology and Conservation. *Biotropica* Vol. 29, No. 4 (Dec, 1997), pp. 529-531. Obtenido el 08 de setiembre del 2016 desde: <http://www.jstor.org/stable/2388948>

32. IMBio (s.f.). “Información general de la Cuenca del Río Savegre”. Obtenido el 09 de marzo del 2017 desde: [http://www.inbio.ac.cr/savegre/Paginas/info\\_general.htm](http://www.inbio.ac.cr/savegre/Paginas/info_general.htm)
33. IMN, PNUD & GEF. (2009). Biodiversidad y cambio climático en Costa Rica. Editorial IMN. Obtenido el 17 de abril del 2017 desde [http://cambioclimaticocr.com/multimedia/recursos/mod1/Documentos/biodiversidad\\_y\\_cambio\\_climatico\\_cr.pdf](http://cambioclimaticocr.com/multimedia/recursos/mod1/Documentos/biodiversidad_y_cambio_climatico_cr.pdf)
34. INBio. (2010). El páramo de Costa Rica. Blog de la Editorial INBio. Obtenido el 17 de septiembre del 2016 desde <http://blog.inbio.ac.cr/editorial/?p=39>
35. Instituto de Desarrollo Rural (2016). “Caracterización del Territorio Pérez Zeledón”. Obtenido el 16 de noviembre del 2016 desde [https://www.inder.go.cr/territorios\\_inder/region\\_brunca/caracterizaciones/Caracterizacion-territorio-Perez-Zeledon.pdf](https://www.inder.go.cr/territorios_inder/region_brunca/caracterizaciones/Caracterizacion-territorio-Perez-Zeledon.pdf)
36. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (s.f). Obtenido el 24 de marzo del 2017 desde: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/queesmde.aspx>
37. Kappelle, M. & Van Omme (1997). Lista de plantas de los bosques nubosos subalpinos de la Cordillera de Talamanca en Costa Rica. *Brenesia* 47- 48: 55- 71.
38. Kappelle, M. & Cleef, A. (2004). Adelaida Chaverri: ecóloga de tierras altas, conservacionista genuina. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica). N° 73, 1-7. Obtenido el 1 de junio del 2015 desde [http://www.conicit.go.cr/sector\\_cyt/cientificos/Biografia-AdelaidaChaverri.pdf](http://www.conicit.go.cr/sector_cyt/cientificos/Biografia-AdelaidaChaverri.pdf)
39. Kappelle M. & Horn S. (2005). *Páramos de Costa Rica*. Heredia: INBio.
40. Kappelle, M. (2005). Los suelos de los páramos de Costa Rica. En Kappelle, M. & Horn, S. (Ed.). *Páramos de Costa Rica* (pp. 147-159). Heredia: INBio.
41. Lachniet, M., Seltzer, G. & Solís L. (2005). Geología, geomorfología y depósitos glaciares en los páramos de Costa Rica. En Kappelle, M. & Horn, S. (Ed.). *Páramos de Costa Rica* (pp. 129-146). Heredia: INBio.
42. Ledezma A (2009). Diagnóstico Inicial, Situación de residuos sólidos. Obtenido el 16 de noviembre del 2016 desde [http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/quimica/cipa/Proyectos/FOMUDE/Inf.RS.Municipal\\_Para%20ADso\\_2009%20FINAL.pdf](http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/quimica/cipa/Proyectos/FOMUDE/Inf.RS.Municipal_Para%20ADso_2009%20FINAL.pdf)

43. López, O. Bolaños, M., Coto, J. & Fournier, R. (2012). Obtenido el 16 de noviembre del 2016 desde: [http://www.municipalcarta.go.cr/images/Escaner/PLAN%20REGULADOR%20DE%20CARTAGO%20\(DEFINITIVO\).pdf](http://www.municipalcarta.go.cr/images/Escaner/PLAN%20REGULADOR%20DE%20CARTAGO%20(DEFINITIVO).pdf)
44. Luteyn, J. (2005). Introducción al Ecosistema de Páramo. En Kappelle, M. & Horn, S. (Ed.). *Páramos de Costa Rica* (pp. 37-99). Heredia: INBio.
45. Marull, J. (2003). La vulnerabilidad del territorio en la región metropolitana de Barcelona. Parámetros e instrumentos de análisis. En *El territorio como sistema. Conceptos y herramientas de ordenación*. Folch, R. (coord.). Editores Diputación de Barcelona. ISBN 84-7794-962-X
46. McArthur, R. & Wilson, E. (1967). *The theory of island biogeography*. New Jersey: Princeton University. Press. ISBN 9780691088365
47. Meléndez, A. (2016). *Climatología de Costa Rica*. San José: UNED. Obtenido el 23 de junio del 2017 desde: <http://repositorio.uned.ac.cr/multimedias/climatologia/5climas/52clima.html>
48. Mena, P. & Medina, G. (2001). *La biodiversidad de los páramos en el Ecuador. Los Páramos de Ecuador. Particularidades, Problemas y Perspectivas*. Quito: Abya Yala.
49. Meza, T. (2001). *Geografía de Costa Rica: Geología, naturaleza y políticas ambientales*. Cartago: ETC.
50. Morera, C. & Sandoval, L. (2012). Estructura del paisaje y desarrollo turístico en Cahuita, Talamanca. *Revista Geográfica de América Central*, Vol 2, No 48E. Escuela de Ciencias Geográficas. UNA. Heredia.
51. Morera, C. & Sandoval, L. (2013). *Aplicabilidad de indicadores de estructura de paisaje para evaluar transformaciones en escenarios tropicales*. México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
52. Morláns, M. (2005a). Estructura del paisaje (matriz, parches, bordes, corredores) funciones fragmentación del hábitat y su efecto borde. Universidad Nacional de Catamarca. Argentina: Editorial Científica Universitaria. UNCa. ISSN 1852-3013. Obtenido el 29 de mayo del 2015 desde

- <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/004-estructuradepaisaje.pdf>.
53. Morláns, M. (2005b). *Introducción a la Ecología del Paisaje*. Universidad Nacional de Catamarca. Argentina: Editorial Científica Universitaria. UNCa. ISSN 1852-3013. Obtenido el 2 de junio del 2015 desde <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/001-Introd-ecologia-del-paisaje.pdf>
  54. Municipalidad del Guarco. Información acerca del cantón. Obtenido el 16 de noviembre del 2016 desde: <http://muniguarco.go.cr/index.php/acerca/el-canton>
  55. Obando, L. (2004). *Geología y petrografía del cerro Buenavista (Cerro de la Muerte) y alrededores*, Costa Rica. Obtenido el 21 de mayo del 2016 desde <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/geologica/article/view/7252/6932>
  56. Pascual, E. (2015). *Oscurecimiento Global: Otra preocupación ambiental*. Obtenido el 16 de agosto del 2017 desde: <https://elblogverde.com/oscarecimiento-global-otra-preocupacion-ambiental/>
  57. Pierre, J. & Vargas, G. (2010). *Diccionario de la Geografía*. San José: Editorial Tecnológica.
  58. Pinto, J. (2006). *Ecología del paisaje en el municipio de San Julián departamento de Santa Cruz- Bolivia*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno. Bolivia. Obtenido el 4 de junio del 2015 desde [http://museoelkempff.org/sitio/Informacion/tesis/Tesis\\_BS\\_JPinto\\_Final.pdf](http://museoelkempff.org/sitio/Informacion/tesis/Tesis_BS_JPinto_Final.pdf)
  59. Romero, C. & Morláns, M. (2009). *Evolución de la fragmentación del paisaje en el Valle Central de Catamarca, periodo 1973-2007*. Universidad Nacional de Catamarca. Argentina: Editorial Científica Universitaria. UNCa. ISSN 1852-3013. Obtenido el 2 de junio del 2015 desde <http://ecosistemasdecatamarca.blogspot.com/2013/12/fragmentacion-del-valle-central-de.html>
  60. Sánchez, L. (2013). *Páramos ecuatorianos en el vórtice del cambio global*. Inter PressService (IPS). Obtenido el 30 de mayo del 2015 desde <http://www.ipsnoticias.net/2013/06/páramos-ecuatorianos-en-el-vortice-del-cambio-global/>

61. SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). (2013). Análisis de vulnerabilidad al cambio climático de las áreas silvestres protegidas terrestres. Costa Rica.
62. Sipman, H. (2005). Líquenes de los páramos de Costa Rica. En Kappelle, M. & Horn, S. (Ed.). *Páramos de Costa Rica* (pp. 343-360). Heredia: INBio.
63. Taylor, P. D., Fahring, L., Henein, K. & Meriam, G. (1993). Connectivity a vital element of landscape structure. *Oikos*. 68: 571- 573, Chile.
64. Torres, F. & López, G. (2008). Caracterización del ecosistema de Páramo en el norte del Perú: ¿Páramo o Jalca? *The Mountain Institute*. Lima: AGRORED. Obtenido el 30 de mayo del 2015 desde <http://www.mountain.pe/wp-content/uploads/2012/02/memorias-2do-conversatorio-ecosistema-páramo.pdf>
65. Valenciano, J. (2009). La actividad cafetalera en los Santos: Diagnóstico para un análisis de los medios de vida en la Agrocadena. Obtenido el 22 de febrero del 2017 desde:  
<http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/icap/unpan045951.pdf>
66. Valverde, M. (1999). Las metapoblaciones en la naturaleza, ¿realidad o fantasía? *Revista de Ciencias, UNAM*, N° 53, 56- 63. México. Obtenido el 5 de junio del 2015 desde <http://www.revistaciencias.unam.mx/es/106-revistas/revista-ciencias-53/924-las-metapoblaciones-en-la-naturaleza-irealidad-o-fantasia.html>
67. Vargas, G. (2008). Fragmentación y conectividad de ecosistemas en el sector del proyecto geotérmico Miravalles y sus alrededores, 1975 – 2007. *Revista Reflexiones. Facultad de Ciencias Sociales. UCR*, N°2, 9- 38. Obtenido el 30 de mayo del 2014 desde <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/reflexiones/article/view/11493/10839>
68. Vargas, L. (2012). Régimen municipal; municipalidad de Cartago. Obtenido el 16 de noviembre del 2016 desde:  
[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:GiTdwoZfVMAJ:alcance.gaceta.go.cr/pub/2012/12/20/ALCA20806\\_20\\_12\\_2012.pdf+&cd=9&hl=es&ct=clnk&client=firefox-b](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:GiTdwoZfVMAJ:alcance.gaceta.go.cr/pub/2012/12/20/ALCA20806_20_12_2012.pdf+&cd=9&hl=es&ct=clnk&client=firefox-b)
69. Vargas, G. (2012). *Flora del páramo ístmico (angiospermas y gimnospermas)*. Programa de estudios de posgrado en Biología. Universidad de Costa Rica.

70. Vilá, J., Varga, D., Llausàs, A. & Ribas, A. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (*landscape ecology*): una interpretación desde la geografía. Universidad de Girona. *Unidad de Geografía e Instituto del Medio Ambiente*, N° 48, 151- 166. Obtenido el 4 de junio del 2015 desde [http://www.researchgate.net/profile/Josep\\_Subiros/publication/39107731\\_Conceptos\\_y\\_mtodos\\_fundamentales\\_en\\_ecologia\\_del\\_paisaje\\_%28landscape\\_ecology%29.\\_Una\\_interpretacin\\_desde\\_la\\_geografa/links/00b495394454e3f502000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Josep_Subiros/publication/39107731_Conceptos_y_mtodos_fundamentales_en_ecologia_del_paisaje_%28landscape_ecology%29._Una_interpretacin_desde_la_geografa/links/00b495394454e3f502000000.pdf)
71. Weberling, F. & Furchheim, B. (2005). El mosaico de formas de crecimiento en los páramos de Costa Rica. En Kappelle, M. & Horn, S. (Ed.). *Páramos de Costa Rica* (pp. 437-473). Heredia: INBio.
72. Wercklé, C. (1909). *La subregión fitogeográfica costarricense*. Sociedad Nacional de Agricultura. San José: Tipografía Nacional.
73. Wilcox & Murphy. (1985). Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. *American Naturalist*, 125 (6): 879- 887.
74. Wolfgang J “Cantones de Cartago”. Obtenido el 16 de noviembre del 2016 desde [http://www.costaricainformationmobile.com/provinces\\_cantons\\_districts/cartago/el\\_guarco\\_esp.html](http://www.costaricainformationmobile.com/provinces_cantons_districts/cartago/el_guarco_esp.html)

---



---

## CAPÍTULO 10: ANEXOS

---



---

### ANEXOS DEL CAPÍTULO 5

**Cuadro 10.1: Especies según origen y adaptabilidad a las condiciones climáticas.**

Especie	Condición en cuanto a origen
<i>Hypericum irazuense</i>	Endémica de Costa Rica y Panamá.
<i>Acaena cylindistrachia</i>	Costa Rica, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Venezuela.
<i>Castilleja irazuensis</i>	Endémica de Costa Rica
<i>Ranunculus peruvianus</i>	México, Costa Rica, Ecuador y Perú.
<i>Diplostephium sp.</i>	Distribuidas desde Costa Rica hasta el norte de Chile.
<i>Pernettya prostrata</i>	Distribuidas en Costa Rica, México, Guatemala, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela, Chile, Bolivia y Argentina.
<i>Senecio andicola</i>	Distribución mundial cosmopolita
<i>Myrrhidendron sp.</i>	Distribuidas desde el sur de México hasta Ecuador.
<i>Hieracium sp.</i>	Existen entre 500 a 1000 especies distribuidas en Europa; 110 en América y 72 nativas del Neotrópico.
<i>Chusquea subtessellata</i> <i>Hitchcock</i>	Endémica de Costa Rica y Panamá.
<i>Ugni myricoides</i>	América Central, México, Perú, Colombia, Venezuela y Brasil.
<i>Puya sp.</i>	Desde Costa Rica hasta Chile y Argentina.

<i>Sphagnum sp.</i>	Distribución mundial heterogénea. Costa Rica, Chile, Argentina
<i>Helianthemun sp.</i>	Desde México hasta Costa Rica.

Fuente: Elaboración propia a partir de Alfaro, 2003 y Vargas, 2012.

**Cuadro 10.2: Superficie Afectada por incendios vegetacionales (1: Hojarasca, 2: Pastizal, 3: Charral, 4: Tacotal, 5: Bosque primario, 6: Breñon, 7: Sabanas, 8: Bosque secundario, 9: Páramo, 10: Cafetal, 11: Frijol, 12: Helechales) atendidos por el ACLA P, período 1976-2005 (Hectáreas).**

Año	Sitio	Tipo de incendio	Causa	Cobertura												Total	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1976	Cerro Chirripó	SP-ST-A	Intencion al										6300				6300
1981	Sabanas Chirripó, Parque Nacional Chirripó	SP	Bombas de humo lanzadas por indígena o para verificar indígena del viento								50						50
1982	Cerro Páramo, Parque Nacional Chirripó	SP	Caída de helicóptero		12												12
1985	San Jerónimo	SP-ST-A	Quemas agrícolas														8000
1987	Refugios Parque Nacional Chirripó	SP	Colilla de cigarro		5												5
1987	Quijada del Diablo	SP	Quema Controlada			0,5											0,5



1992	Tres Colinas –Nacientes Río Guineal	SP	Mano Criminal		4	66												70
1992	Río Singri,Río Guineal – Cerro Ceno , Cerro Kuákua , Río Singri – Río Congo- Sabanas Esperanza	ST-SP	Quema mal liquidada		692	210	50	215	45									1212
1992	Bases Crestones	ST-SP-A	Brazas provenie ntes de la Cocina de leña					510		40	850	300						1700
1992	Alto Jaular	SP	Descono cida		500													500
1992	La Ese	SP	Quema de panal de avispa			0,15												0,15
1992	Volcán	SP	Descono cida				120											120
1993	San Jerónimo	SP	Descono cida												0			0,003
1993	Tres Colinas, Cuesta Matamoros	SP	Mano Criminal				1											1
1993	Bella Vista, Frontera con Panama	SP	Descono cida			20					5							25

1993	Río Mosca	SP	Quema agrícola				2,8											2,8
1994	San Jerónimo, Cerro Sapo	SP	Desconocida			10												10
1994	San Jerónimo, Fila Sapo	SP	Quema de breñón			2		2	4		2							10
1994	San Jerónimo, Chepe Luis	SP	Desconocida		6													6
1994	San Jerónimo, Chepe Luis	SP	Desconocida			16												16
1994	San Jerónimo, Mosca Azul	SP	Siembra de pasto			0,5												0,5
1994	Sector Matrixia	SP	Mano Criminal						5									5
1994	La Puna	SP	Quema agrícola						5									5
1995	La Lucha, Sabalito	SP	Desconocida		0,75													0,75
1995	Fila Ojo de Agua	SP	Desconocida			25					5							30
1995	Macho Mora	SP	Desconocida			4					2							6
1995	Ujarrás, Río Ceibo	SP-ST	Mal uso el fuego			300		200		500								1000
1995	Durika	SP	Quema matorrales			320		80										400
1995	La Puna	SP	Cacería		28	8			4									40
1995	Olán	SP	Quema agrícola			10												10

1997	Cerro Pelón	SP	Desconocida			5											5
1997	Loma Indio CAFROSA	SP	Desconocida			6,5		0,5			1,5						8,5
1998	Cedral	SP	Eliminación de pastos en guindos para evitar peligro para el ganado		5												5
1998	La Chispita, San Gerardo	SP	Quema agrícola								3						3
1998	Reserva indígena, Ujarrás, Cuenca Río Saray	SP	Quema agrícola		10	10		80									100
1998	Tres de junio ,km69	SP	Desconocida		1				0,5		0,5						2
1998	Esperanza del Guarco	SP	Carbonera		1				1		1						3
1998	Ujarrás, Nacientes Río Ditsiri	SP-ST	Intencional		10		10	80									100
1998	Reserva indígena Ujarrás, Río Ceibo	SP	Intencional		0,5		0,5			1							2

1998	Helechales, Manuel Matamoros	SP	Intencion al		15	25	20										60
1998	Chivi, La Puna	SP	Quema agrícola			2					2						4
1998	La Puna, Finca Juan Caballero	SP	Quema agrícola			4											4
1998	Morazán, Finca Los Barrantes	SP	Descono cida													20	20
1999	Parque Nacional Chirripó	SP	Quema agrícola		2												2
1999	Sabanas Oka	SP	Descono cida							250							250
1999	Durika	SP	Descono cida			50											50
1999	Potrero Grande, Helechales	SP	Descono cida		10												10
2000	Carmen Ujarrás, Cuenca Río Ceibo	SP	Quema de pastos		100	100	70	200		150	100						720
2000	Cabagra, Cerro Pelón	SP-ST	Quema agrícola				50	10		80							140
2000	Olán, Fila Gatos	SP-ST	Quema pastos			50	40	9			31						130
2000	Helechales, Finca Manuel Matamoros	SP	Quema no controlad a		150												150

2000	San Jerónimo Aguacatales	SP	Quema de chiquiza						1									1
2000	Las Tablas, Cerro Pelón	SP	Desconocida		8	2												10
2001	San Gerardo Rivas, La Chispa	SP	Desconocida				5											5
2001	Carmen Ujarrás, Y Griega	SP-ST	Quema de pastos		600		1500	350		2400								4850
2001	San Gerardo Rivas, Chuma	SP	Desconocida				0,5											0,5
2001	Parque Nacional Chirripó, Cerro Amo	SP	Rayo					0,2										0,2
2001	Santa María de Volcán	SP	Quema agrícola		25													25
2001	San Jerónimo, La Avioneta	SP	Desconocida				2,5											2,5
2001	Sabanas Esperanza, Chivi	SP	Cacería							30								30
2001	Sabanas Esperanza	SP	Cacería				10											10
2001	Tres Colinas, Benito Acuña	SP	Quema agrícola							25								25
2002	Ujarrás, Hermanos Cordero	SP	Quema agrícola		100					300								400

2003	Olán, Cerro Utyum	SP-ST	Quema agrícola		15	8		10											33
2004	San Jerónimo, Abelardo	SP	Quema agrícola			1													1
2004	Repunta, La Colonia	SP	Quema de pastos		0,5														0,5
2004	Ujarrás, La Flecha, Olán, Fila Santa María	SP-ST	Quema agrícola			1520		2280		3373									7173
2004	Potrero Grande, Helechales	SP	Quema de pastos		2														2
2004	Potrero Grande, Fredy Acuña	SP	Desconocida					3											3
2004	Helechales, Finca Manuel Matamoros	SP	Quema agrícola			20													20

**Fotografía 10.1: *Castilleja irazuensis*.**



Fuente: Propia, obtenida el 30 de mayo del 2017.

**Fotografía 10.2: *Hypericum irazuense*.**



Fuente: Propia, obtenida el 30 de mayo del 2017.

**Fotografía 10.3: *Diplostephium* sp.**



Fuente: Propia, obtenida el 30 de mayo del 2017.

**Fotografía 10.4: *Chusquea subtessellata* Hitchcock.**



Fuente: Propia, obtenida el 30 de mayo del 2017.

**Fotografía 10.5: *Helianthemum* sp.**



Fuente: Propia, obtenida el 30 de mayo del 2017.

**Fotografía 10.6: *Acaena cylindistrachia***



Fuente: Propia, obtenida el 30 de mayo del 2017.

**Fotografía 10.7: *Ranunculus peruvianus***



Fuente: Propia, obtenida el 30 de mayo del 2017.

**Fotografía 10.8: *Myrhidendron sp.***



Fuente: Propia, obtenida el 30 de mayo del 2017

**Fotografía 10.9: *Hieracium* sp.**



Fuente: Propia, obtenida el 30 de mayo del 2017.

**Fotografía 10.10: Acuífero**



Fuente: Propia, obtenida el 30 de mayo del 2017.

**Fotografía 10.11: *Sphagnum* sp.**



Fuente: Propia, obtenida el 13 de mayo del 2016.

**Fotografía 10.12: *Líquenes*.**



Fuente: Propia, obtenida el 13 de mayo del 2016.

**Fotografía 10.13: *Puya sp.***



Fuente: Propia, obtenida el 13 de mayo del 2016.

## ANEXOS DEL CAPÍTULO 6

**Cuadro 10.3: Índices estadísticos para el Cerro de la Muerte, 1992.**

Siglas	Nombre estadístico	1992		
		Páramo	Bosque enano	Bosque nuboso
<b>AWMSI</b>	Area Weighted Mean Shape Index	4,63067	6,97593	1,50299
<b>MSI</b>	Mean Shape Index	4,63067	6,97593	1,58199
<b>MPAR</b>	Mean Perimeter-Area Ratio	53,9509	70,1151	343,6
<b>MPFD</b>	Mean Patch Fractal Dimension	1,34888	1,39274	1,32858
<b>AWMPFD</b>	Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension	1,34888	1,39274	1,26244
<b>TE</b>	Total Edge	49945,8	87217,2	8824,28
<b>ED</b>	Edge Density	22,205	38,7751	3,92311
<b>MPE</b>	Mean Patch Edge	49945,8	87217,2	1470,71
<b>MPS</b>	Mean Patch Size	925,764	1243,92	13,2707
<b>Num P</b>	No. of Patches	1	1	6
<b>Med PS</b>	Median Patch Size	925,764	1243,92	2,31577
<b>PSCoV</b>	Patch Size Coefficient of Variance	0	0	174,86
<b>PSSD</b>	Patch Size Standard Deviation	0	0	23,2051
<b>TLA</b>	Total Landscape Area	2249,31	2249,31	2249,31
<b>CA</b>	Class Area	925,764	1243,92	79,624

Fuente: Elaboración propia a partir de la extensión Patch Analyst.

**Cuadro 10.4: Índices estadísticos para el Cerro de la Muerte, 2012.**

Siglas	Nombre estadístico	2012		
		Páramo	Bosque enano	Bosque nuboso
<b>AWMSI</b>	Area Weighted Mean Shape Index	3,98191	8,05582	1,85245
<b>MSI</b>	Mean Shape Index	1,91173	8,05582	1,74053
<b>MPAR</b>	Mean Perimeter-Area Ratio	5553,06	69,2616	318,285
<b>MPFD</b>	Mean Patch Fractal Dimension	1,37119	1,40266	1,33897
<b>AWMPFD</b>	Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension	1,37628	1,40266	1,32559
<b>TE</b>	Total Edge	80937,8	117744	7719,29
<b>ED</b>	Edge Density	35,9834	52,3468	3,43185
<b>MPE</b>	Mean Patch Edge	2610,9	117744	1543,86
<b>MPS</b>	Mean Patch Size	16,5832	1699,99	7,04728
<b>Num P</b>	No. of Patches	31	1	5
<b>Med PS</b>	Median Patch Size	1,81627	1699,99	3,96848
<b>PSCoV</b>	Patch Size Coefficient of Variance	271,418	0	79,3097
<b>PSSD</b>	Patch Size Standard Deviation	45,01	0	5,58918
<b>TLA</b>	Total Landscape Area	2249,31	2249,31	2249,31
<b>CA</b>	Class Area	514,081	1699,99	35,2364

Fuente: Elaboración propia a partir de la extensión Patch Analyst.

**Cuadro 10.5: Comparación de Índices estadísticos para la categoría de páramo, Cerro de la Muerte, 1992-2012.**

Siglas	Nombre estadístico	Páramo	
		1992	2012
<b>AWMSI</b>	Area Weighted Mean Shape Index	4,63067	3,98191
<b>MSI</b>	Mean Shape Index	4,63067	1,91173
<b>MPAR</b>	Mean Perimeter-Area Ratio	53,9509	5553,06
<b>MPFD</b>	Mean Patch Fractal Dimension	1,34888	1,37119
<b>AWMPFD</b>	Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension	1,34888	1,37628
<b>TE</b>	Total Edge	49945,8	80937,8
<b>ED</b>	Edge Density	22,205	35,9834
<b>MPE</b>	Mean Patch Edge	49945,8	2610,9
<b>MPS</b>	Mean Patch Size	925,764	16,5832
<b>Num P</b>	No. of Patches	1	31
<b>Med PS</b>	Median Patch Size	925,764	1,81627
<b>PSCoV</b>	Patch Size Coefficient of Variance	0	271,418
<b>PSSD</b>	Patch Size Standard Deviation	0	45,01
<b>TLA</b>	Total Landscape Area	2249,31	2249,31
<b>CA</b>	Class Area	925,764	514,081

Fuente: Elaboración propia a partir de la extensión Patch Analyst.

**Cuadro 10.6: Comparación de Índices estadísticos para la categoría de bosque enano, Cerro de la Muerte, 1992-2012.**

Siglas	Nombre estadístico	Bosque enano	
		1992	2012
<b>AWMSI</b>	Area Weighted Mean Shape Index	6,97593	8,05582
<b>MSI</b>	Mean Shape Index	6,97593	8,05582
<b>MPAR</b>	Mean Perimeter-Area Ratio	70,1151	69,2616
<b>MPFD</b>	Mean Patch Fractal Dimension	1,39274	1,40266
<b>AWMPFD</b>	Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension	1,39274	1,40266
<b>TE</b>	Total Edge	87217,2	117744
<b>ED</b>	Edge Density	38,7751	52,3468
<b>MPE</b>	Mean Patch Edge	87217,2	117744
<b>MPS</b>	Mean Patch Size	1243,92	1699,99
<b>Num P</b>	No. of Patches	1	1
<b>Med PS</b>	Median Patch Size	1243,92	1699,99
<b>PSCoV</b>	Patch Size Coefficient of Variance	0	0
<b>PSSD</b>	Patch Size Standard Deviation	0	0
<b>TLA</b>	Total Landscape Area	2249,31	2249,31
<b>CA</b>	Class Area	1243,92	1699,99

Fuente: Elaboración propia a partir de la extensión Patch Analyst.

**Cuadro 10.7: Comparación de Índices estadísticos para la categoría de bosque nuboso, Cerro de la Muerte, 1992-2012.**

Siglas	Nombre estadístico	Bosque nuboso	
		1992	2012
<b>AWMSI</b>	Area Weighted Mean Shape Index	1,50299	1,85245
<b>MSI</b>	Mean Shape Index	1,58199	1,74053
<b>MPAR</b>	Mean Perimeter-Area Ratio	343,6	318,285
<b>MPFD</b>	Mean Patch Fractal Dimension	1,32858	1,33897
<b>AWMPFD</b>	Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension	1,26244	1,32559
<b>TE</b>	Total Edge	8824,28	7719,29
<b>ED</b>	Edge Density	3,92311	3,43185
<b>MPE</b>	Mean Patch Edge	1470,71	1543,86
<b>MPS</b>	Mean Patch Size	13,2707	7,04728
<b>Num P</b>	No. of Patches	6	5
<b>Med PS</b>	Median Patch Size	2,31577	3,96848
<b>PSCoV</b>	Patch Size Coefficient of Variance	174,86	79,3097
<b>PSSD</b>	Patch Size Standard Deviation	23,2051	5,58918
<b>TLA</b>	Total Landscape Area	2249,31	2249,31
<b>CA</b>	Class Area	79,624	35,2364

Fuente: Elaboración propia a partir de la extensión Patch Analyst.

