



**Propuesta de Plan de Manejo Ecoturístico del Parque Nacional Cotopaxi, mediante el uso
de Sistemas de Información Geográfica, la Metodología de Cifuentes y el Proceso
Analítico Jerárquico**

Díaz Valdez, Danny Fernando

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Geógrafo y del Medio
Ambiente

Dr. Jácome Enríquez, Wilson Oswaldo

11 de noviembre de 2022



Tesis_Diaz_Danny.pdf

Scanned on: 14:24 November 1, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	2195
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	0
Omitted Words	2634



WILSON OSWALDO
JACOME ENRIQUEZ



Website | Education | Businesses



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción
Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **“Propuesta de Plan de Manejo Ecoturístico del Parque Nacional Cotopaxi, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica, la Metodología de Cifuentes y el Proceso Analítico Jerárquico”** fue realizado por el señor ***Díaz Valdez, Danny Fernando***; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 07 de noviembre de 2022

Firma:



Firmado electrónicamente por:
**WILSON OSWALDO
JACOME ENRIQUEZ**

Ing. Wilson Jácome,
PhD.C.C.: 0400627097

DIRECTOR



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción
Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Responsabilidad de autoría

Yo, *Díaz Valdez, Danny Fernando*, con cédula de ciudadanía n° **1726186164**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Propuesta de Plan de Manejo Ecoturístico del Parque Nacional Cotopaxi, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica, la Metodología de Cifuentes y el Proceso Analítico Jerárquico"** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 07 de noviembre de 2022

Díaz Valdez, Danny Fernando

C.C.: 1726186164



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción
Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Autorización de publicación

Yo, *Díaz Valdez, Danny Fernando*, con cédula de ciudadanía n° **1726186164**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "Propuesta de Plan de Manejo Ecoturístico del Parque Nacional Cotopaxi, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica, la Metodología de Cifuentes y el Proceso Analítico Jerárquico", en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 07 de noviembre de 2022

Díaz Valdez, Danny Fernando

C.C.: 1726186164

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación va dedicado a las personas más importantes de mi vida, mi mejor amigo y consejero Wilson, mi abuelita Regina, mi madre Angélica, mi pequeña hermanita Jhuliana y mis mascotas Oso y Paco. Los quiero a cada uno de ustedes más de lo que podría expresar con palabras.

A mi abuelito Antonio y a mi tío Patricio, aunque no estén, siempre los llevo en mi corazón.

Danny Díaz.

Agradecimiento

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios, que pese a los malos momentos siempre lo he sentido a mi lado.

A mi mejor amigo Wilson, mi abuelita Regina, mi madre Angélica, mi hermanita Jhuliana, y a mi tía Pilar, que me brindaron palabras de aliento durante el transcurso de mi vida universitaria, cualquiera en mi lugar se sentiría orgulloso de tenerlos en su vida. Ser como son me motiva a ser mejor.

Además, quiero agradecer a mi abuelito Antonio y mi tío Patricio por el impacto e influencia que han tenido en mí.

Danny Díaz.

Índice de contenido

Copyleaks	2
Certificación	3
Responsabilidad de Auditoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenido.....	8
Índice de Figuras.....	14
Abstract.....	17
Capítulo I. Introducción	18
Antecedentes	18
Planteamiento del Problema	21
Justificación e Importancia.....	22
Estudios relacionados	25
Objetivos generales y específicos	27
Objetivo general	27
Objetivos específicos.....	27
Metas.....	28
Área de Influencia	29

Capítulo II. Fundamentación teórica y referencial.....	30
Base Conceptual.....	30
Áreas Naturales Protegidas.....	30
Parque Nacional.....	31
Turismo.....	31
Turismo en áreas protegidas.....	32
Ecoturismo.....	32
Sistema de Información Geográfica (SIG).....	33
SIG Aplicado al Turismo.....	34
Sendero.....	34
Fenómeno Natural.....	35
Desastre Natural.....	35
Situación Vulnerable.....	36
Riesgo.....	36
Zonificación.....	37
Metodología de Cifuentes.....	38
Capacidad de Carga Física (CCF).....	38
Capacidad de Carga Real (CCR).....	38
Capacidad de Carga Efectiva (CCE).....	38
Factores de Corrección.....	39

	10
Modelo Analítico Jerárquico (AHP)	39
Plan de Manejo.....	40
Base Legal.....	40
Reglamento Especial de Turismo en Áreas Naturales Protegidas	41
Ley Para la Preservación de Zonas de Reserva y Parques Nacionales	43
Ley de Gestión Ambiental.....	44
Capitulo III. Caracterización del Parque Nacional Cotopaxi.....	45
Caracterización física	46
Caracterización Biótica.....	52
Caracterización Socio-económica y cultural	54
Caracterización turística.....	55
Análisis de riesgos naturales.....	59
Análisis FODA.....	61
Capacidad de Manejo del PNC.....	63
Capitulo IV. Metodología y Resultados.....	64
Elaboración de los mapas temáticos	66
Cálculo de la capacidad de carga ecoturística de los senderos.....	75
Capacidad de carga ecoturística del sendero Laguna de Limpiopungo.....	76
Capacidad de carga turística del sendero Parqueadero – Refugio José Rivas.....	81
Capacidad de carga turística del sendero Volcán Rumiñahui	86

Capacidad de carga turística del sendero Los Manantiales.....	91
Capacidad de carga turística de la propuesta del sendero Los Manantiales	95
Capacidad de carga ecoturística total del PNC.....	99
Capacidad de carga vehicular del Parqueadero Laguna de Limpiopungo	100
Capacidad de carga vehicular del Parqueadero Ladera del Volcán Cotopaxi	101
Proceso Jerárquico Analítico (AHP).....	102
Diseño del modelo de toma de decisión.....	102
Selección de panel de expertos.....	103
Selección de criterios.	104
Agregación de las alternativas para hacer un turismo ecológico.....	104
Capitulo V. Programas de Manejo Ecoturístico.....	128
Programa de Control de Ingreso de Turistas.....	129
Programa de Educación y Capacitación Ambiental.....	130
Programa de Mantenimiento de Senderos y Vías de Acceso.....	132
Programa de Señalización de Senderos y Sitios Turísticos.....	134
Programa de Vigilancia de Actividades Turísticas.....	136
Programa de Realización y Difusión de Actividades Turísticas.....	137
Programa de Investigación Ecoturística	138
Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones	140
Conclusiones.....	140

Recomendaciones	141
Recomendaciones Específicas sobre los Senderos.....	144
Sendero Parqueadero Ladera del Cotopaxi – Refugio José Rivas.....	144
Sendero Laguna de Limpiopungo.....	145
Sendero Volcán Rumiñahui.....	145
Sendero Los Manantiales	145
Capitulo VII. Referencias Bibliográficas.....	147

Índice de Tablas

Tabla 1 Área de los parqueaderos	100
Tabla 2 Escala de valoración de Saaty	106
Tabla 3 Impactos ambientales del turismo según experto 1	106
Tabla 4 Impactos ambientales del turismo según experto 2	107
Tabla 5 Impactos ambientales del turismo según experto 3	107
Tabla 6 Matriz A1	108
Tabla 7 Matriz normalizada (N1)	108
Tabla 8 Matriz A2	110
Tabla 9 Matriz normalizada (N2)	111
Tabla 10 Matriz A3	112
Tabla 11 Matriz normalizada (N3)	113
Tabla 12 Vector de prioridades	114
Tabla 13 Matriz A1	115
Tabla 14 Matriz Normalizada (N1)	115
Tabla 15 Matriz A2	117
Tabla 16 Matriz (N2)	117
Tabla 17 Matriz A3	119
Tabla 18 Matriz Normalizada (N3)	119
Tabla 19 Matriz A4	121
Tabla 20 Matriz Normalizada	121
Tabla 21 Matriz A5	123
Tabla 22 Matriz Normalizada (N5)	123
Tabla 23 Importancia de los criterios	126
Tabla 24 Preferencia de las alternativas	127
Tabla 25 Estrategias	128
Tabla 26 Programas de Manejo Ecoturístico	128
Tabla 27 Programa de Control de Ingreso de Turistas	129
Tabla 28 Programa de Educación y Capacitación Ambiental	131
Tabla 29 Programa de Mantenimiento de Senderos y Vías de Acceso	133
Tabla 30 Programa de Señalización de senderos	134
Tabla 31 Programa de Vigilancia de Actividades Turísticas	136
Tabla 32 Programa de Realización y Difusión de Actividades Ecoturísticas	137
Tabla 33 Programa de Investigación Ecoturística	139

Índice de Figuras

Figura 1 Parque Nacional Cotopaxi.....	29
Figura 2 Sistema de información geográfica	33
Figura 3 Sendero	35
Figura 4 Esquema general del AHP	40
Figura 5 Precipitaciones medias mensuales interanuales	47
Figura 6 Temperaturas medias mensuales	48
Figura 7 Principales usos del agua en el PNC	50
Figura 8 Mapa de usos y concesiones dentro del PNC	51
Figura 9 Zorro Andino	53
Figura 10 Principales atractivos turísticos del PNC	56
Figura 11 Infraestructura Hotelera.....	58
Figura 12 Vulnerabilidad de las Areas Protegidas del Ecuador	60
Figura 13 Meses con mayor frecuencia de amenazas en el PNC	61
Figura 14 Análisis FODA del PNC.....	62
Figura 15 Diagrama de flujo de la metodología	64
Figura 16 Mapa del PNC y de los senderos ecoturísticos	68
Figura 17 Mapa de erosión del PNC	69
Figura 18 Mapa de cobertura vegetal del PNC.....	69
Figura 19 Mapa de pendientes del PNC.....	70
Figura 20 Mapa de isoyetas del PNC.....	70
Figura 21 Mapa del sendero Laguna de Limpiopungo.....	71
Figura 22 Mapa del sendero Parqueadero - Refugio.....	72
Figura 23 Mapa del sendero Volcán Rumiñahui.....	72
Figura 24 Mapa del sendero Los Manantiales.....	73
Figura 25 Propuesta de sendero Los Manantiales	73
Figura 26 Longitud de los senderos	74
Figura 27 Ubicación de los senderos	75
Figura 28 Datos del sendero Laguna de Limpiopungo	76
Figura 29 Datos del sendero Parqueadero - Refugio	82
Figura 30 Datos del sendero Volcán Rumiñahui	86
Figura 31 Datos del sendero Los Manantiales	91
Figura 32 Datos del sendero Los Manantiales (propuesta)	95

Figura 33 Capacidad de Carga Física, Real y Efectiva de los senderos.....	99
Figura 34 Croquis del parqueadero del sendero Laguna de Limpiopungo.....	101
Figura 35 Croquis del parqueadero del sendero hacia el Refugio	102
Figura 36 Modelo AHP del caso de estudio	105
Figura 37 Matriz W1.....	109
Figura 38 Calculo de la razón de consistencia	109
Figura 39 Matriz W2.....	111
Figura 40 Cálculo de la razón de consistencia	112
Figura 41 Matriz W3.....	113
Figura 42 Cálculo de la razón de consistencia	114
Figura 43 Matriz W1 (promedio).....	116
Figura 44 Cálculo de la razón de consistencia	116
Figura 45 Matriz W2 (promedio).....	118
Figura 46 Cálculo de la razón de consistencia	118
Figura 47 Matriz W3 (promedio).....	120
Figura 48 Cálculo de la razón de consistencia	120
Figura 49 Matriz W4 (promedio).....	122
Figura 50 Cálculo de la razón de consistencia	122
Figura 51 Matriz W5 (promedio).....	124
Figura 52 Cálculo de la razón de consistencia	124
Figura 53 Matriz A'	125
Figura 54 Vector de prioridades	125

Resumen

La presente investigación se basa en el cálculo de la capacidad de carga ecoturística de los senderos y sitios turísticos del Parque Nacional Cotopaxi (PNC), de acuerdo con la metodología de Cifuentes, para lo cual, se toma en cuenta, los mapas temáticos de: cobertura vegetal, erosión, pendientes, e isoyetas, a fin de obtener los factores de corrección: social, anegamiento, erosión, accesibilidad, cobertura vegetal y precipitación, los mismos que se utilizaron para el cálculo de la capacidad de carga real, que conjuntamente con la capacidad de manejo del parque, se calculó la capacidad de carga efectiva.

Las magnitudes limitantes de los factores de corrección, fueron obtenidas a través de mediciones in situ, mediante el equipo topográfico “Estación Total M3”, para medir las longitudes de los tramos de senderos con problemas de: erosión, anegamiento, accesibilidad y cobertura vegetal, además del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

La jerarquización de los criterios y alternativas de solución para un ecoturismo en el PNC, se realizó a través del Proceso Analítico Jerárquico (AHP), para lo cual se obtuvieron los siguientes criterios: pérdida de biodiversidad, erosión, generación de residuos, contaminación y generación de empleo e ingresos económicos, y las siguientes alternativas de solución: control de ingreso de turistas, vigilancia de actividades turísticas, señalización de senderos y sitios turísticos, y educación ambiental. La evaluación del modelo AHP se realizó a través de encuestas a tres expertos, obteniéndose el criterio más importante: “erosión”, y la alternativa de actuación de mayor preferencia: “vigilancia de actividades turísticas”.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología AHP, se plantearon los siguientes programas y proyectos: control de ingreso de turistas, vigilancia de actividades turísticas, señalización de senderos y sitios turísticos, educación ambiental, realización y difusión de actividades turísticas, e investigación ecoturística.

Palabras clave: ecoturismo, capacidad de carga, Proceso Analítico Jerárquico, Sistemas de Información Geográfica.

Abstract

The present research is based on the calculation of the ecotourism carrying capacity of the trails and tourist sites of the Cotopaxi National Park (PNC), according to the Cifuentes methodology, for which, the following thematic maps are taken into account : vegetation cover, erosion, slopes, and isohyets, in order to obtain the correction factors: social, waterlogging, erosion, accessibility, vegetation cover and precipitation, the same ones that were used to calculate the real carrying capacity, which together with the management capacity of the park, its effective carrying capacity was calculated.

The limiting magnitudes of the correction factors were obtained through in situ measurements, using the "Total Station M3" topographic equipment, to measure the lengths of the trails with problems of: erosion, waterlogging, accessibility and vegetation cover, in addition to the use of Geographic Information Systems (GIS).

The hierarchization of the criteria and solution alternatives for an ecotourism in the PNC, was carried out through the Analytical Hierarchy Process (AHP), for which the following criteria were obtained: loss of biodiversity, erosion, generation of waste, contamination, and generation of employment and economic income, and the following solution alternatives: control of the entry of tourists, surveillance of tourist activities, signaling of trails and tourist sites, and environmental education. The evaluation of the AHP model was carried out through surveys of three experts, obtaining the most important criterion: "erosion", and the most preferred action alternative: "surveillance of tourist activities".

According to the results obtained from the application of the AHP methodology, the following programs and projects were proposed: control of the entry of tourists, monitoring of tourist activities, signaling of trails and tourist sites, environmental education, realization and dissemination of tourist activities, and ecotourism research.

Key words: ecotourism, carrying capacity, Hierarchical Analytical Process, Geographic Information Systems.

Capítulo I. Introducción

Antecedentes

El Parque Nacional Cotopaxi (PNC), fue creado en 1975 y fue declarado Parque Nacional dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas en 1979. El PNC fue creado con la finalidad de conservar los recursos naturales presentes en esta área, en especial el volcán Cotopaxi que es su principal atractivo turístico. Es necesario mencionar que fue el primer Parque Nacional dentro del Ecuador continental y el segundo Parque Nacional del Ecuador (Ministerio de Turismo, 2009).

Actualmente, en el país existen 60 áreas naturales protegidas, de las cuales 11 son consideradas parques nacionales, entre ellos el Parque Nacional Cotopaxi, que es el más importante en el Ecuador continental (Universidad Ecotec, 2021).

El PNC cuenta con diversos senderos turísticos, entre los cuales podemos destacar los siguientes: sendero Laguna de Limpiopungo, sendero Parqueadero Ladera Volcán Cotopaxi – Refugio José Rivas, sendero Volcán Rumiñahui y sendero Los Manantiales, todos ellos sin estudios de capacidad de carga ecoturística.

Los planes de manejo ecoturísticos, han sido llevados a cabo en otros países para la conservación de las áreas naturales y la protección del ambiente. Caviedes & Olaya (2017), mediante el estudio “Ecoturismo en áreas protegidas de Colombia: Una revisión de impactos ambientales con énfasis en las normas de sostenibilidad ambiental”, indican que, al ser dicho país uno de los cinco países con mayor biodiversidad en el mundo, necesita generar nuevas políticas y metodologías de desarrollo turístico ordenado y sustentable, para la mitigación de impactos ambientales negativos como son: hospedaje, tránsito de vehículos a las áreas naturales, movilidad a sitios paisajísticos; la repetitividad de estas actividades conllevan problemas que afectan a la biodiversidad de la zona, problemas en el tránsito de especies

endémicas, degradación del suelo, contaminación auditiva, contaminación visual, luz excesiva y compartimiento alterado por parte de la fauna endémica al buscar alimento por presencia de restaurantes, lo cual al aplicar un desarrollo sustentable de políticas públicas y concesiones apegada a reducir impactos ambientales, ayuda a manejar el ecoturismo, valorando en gran parte las especies endémicas y preservación intacta de la zona turística.

Las áreas naturales protegidas del país que se encuentran en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), no cuentan con estudios de capacidad de carga ecoturística, y por ende, no tienen un plan de manejo ecoturístico, lo que conlleva que se generen diversos problemas ambientales, con los consiguientes daños a los ecosistemas y sus recursos naturales.

El ecoturismo es una actividad que combina la pasión por el viaje con la preocupación por el ambiente (Vanegas, 2006). Tiene como función proteger y cuidar el ambiente, con la intención de no manipular a la naturaleza sino contemplar y admirar su belleza (Rebollo, 2012). La modalidad turística ambientalmente responsable y de bajo impacto ambiental y cultural, consistente en viajar o visitar una zona natural sin alterar el entorno natural, con el fin de disfrutar, apreciar o estudiar los atractivos naturales (paisaje, flora y fauna silvestres) de dicha área, así como cualquier manifestación cultural, a través de un proceso que promueva la conservación y el desarrollo sustentable, además de propiciar un involucramiento activo y socioeconómicamente benéfico de las poblaciones locales (Dickinson, Pinkus, Pinkus, & Ramón, 2015).

Al ser el turismo la tercera fuente de ingresos no petroleros en el Ecuador, es necesario generar un plan de desarrollo de turismo sostenible que minimice al máximo los impactos ambientales que deja el sector turístico en la naturaleza, por lo cual la alternativa más viable es el ecoturismo, cuya finalidad según The Nature Conservancy (TNC), engloba características como: respetar culturas y tradiciones locales, ingresos económicos para conservación de las

áreas protegidas, ayudar a las comunidades indígenas de la zona, bajo impacto ambiental de los recursos naturales y educación a todos los actores involucrados en la actividad turística, por lo cual el Ecuador quiere demostrar que el turismo es una actividad que puede generar riqueza, equidad, sustentabilidad, desarrollo e innovación con el denominado “Plan Estratégico de Turismo Sostenible PLANDETUR 2020”, dando así un punto de quiebre para el desarrollo del Ecuador, partiendo del ecoturismo y su sostenibilidad (Villacres, 2018).

Según Campodónio & Chalar (2011), el Turismo Ecológico ha influenciado en la planeación estratégica, situación que se observa en la creación de Áreas Naturales Protegidas, interés en el manejo de diversos corredores biológicos fronterizos por las organizaciones no gubernamentales, atravesando numerosas fronteras y permitiendo el flujo de genes de plantas y animales silvestres. El Turismo Ecológico aún no se han constituido en una ciencia, sino que se encuentra en construcción, por lo tanto, existen dificultades en la uniformización de conceptos, carece de estudios epistemológicos, para la producción científica de esta actividad.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se pueden utilizar para proporcionar un enfoque más holístico hacia el problema, brindando productos cartográficos con gran resolución de la información cualitativa y cuantitativa. En general, esta tecnología se utiliza para recopilar información espacial, almacenamiento, análisis y visualización de resultados en forma de gráficos o mapas que son más efectivos para ser entendidos por los usuarios (Rahman, 2010).

El ecoturismo en sí mismo está destinado a ser una forma sostenible de desarrollo, basado en recursos naturales. Se centra principalmente en experimentar y aprender sobre la naturaleza, su paisaje, flora, fauna y sus hábitats, así como aspectos culturales de la localidad. Entonces, simplemente los SIG pueden ayudar a transferir recomendaciones para el ecoturismo, y el desarrollo en una acción de planificación eficaz para el futuro desarrollo sostenible.

Por consiguiente, el presente proyecto consiste en realizar un Plan de Manejo Ecoturístico del Parque Nacional Cotopaxi, mediante el uso de sistemas de información geográfica, la metodología de Cifuentes y el Proceso Analítico Jerárquico.

Planteamiento del Problema

El turismo descontrolado causa impactos ambientales significativos, lo cual altera los ecosistemas de un área natural. La falta de control turístico en el PNC, puede generar impactos negativos a los ecosistemas del parque: páramos, lacustres, arenales, bosques y ribereños.

En general, el turismo genera impactos ambientales que pueden ser significativos si no se toman las medidas de control adecuadas. Los diversos impactos que pueden generarse por el turismo son: generación de residuos sólidos, contaminación del suelo, agua y aire, pérdida de biodiversidad, erosión y compactación del suelo.

Los diversos senderos y sitios turísticos del PNC, ya indicados anteriormente, no cuentan con una señalética adecuada en su trayecto, y además, no cuentan con un estudio de capacidad de carga ecoturística, por lo que se plantea aplicar la metodología de Cifuentes, que establece la capacidad de carga total (CCT) en tres niveles: capacidad de carga física (CCF), capacidad de carga real (CCR) y capacidad de carga efectiva (CCE).

Hoy en día, debido a los impresionantes desarrollos tecnológicos, es casi imposible tomar una decisión de planificación rápida y adecuada sin utilizar el apoyo de cualquier tecnología. Los SIG, por su gran capacidad, pueden ayudar en una amplia gama de aplicaciones, incluido el ecoturismo. Esta tecnología utiliza datos espaciales y no espaciales, para tomar una decisión rápida, lo cual también es importante para el desarrollo del ecoturismo (Rahman, 2010).

En este sentido, el Parque Nacional Cotopaxi no cuenta con un plan de manejo ecoturístico, lo que amerita que se tomen medidas de manejo para solucionar este problema del turismo descontrolado y sus consiguientes impactos en el ambiente. Para esto, es necesario implementar un Plan de Manejo Ecoturístico que englobe diversos beneficios ambientales, sociales y económicos a través del correcto desarrollo del ecoturismo en el PNC y de esta manera se fortalecerá su gestión y se generarán condiciones habilitantes que permitan diversificar y mejorar las experiencias turísticas de los visitantes.

Justificación e Importancia

El turismo en las áreas naturales protegidas causa muchos impactos ambientales que alteran los diversos ecosistemas presentes en dichas áreas, así por ejemplo, los impactos debido a la generación de residuos sólidos, los cuales contaminan los componentes aire agua y suelo; así mismo el turismo descontrolado provoca alteraciones en el paisaje y pérdida de biodiversidad.

Existen diversos impactos ambientales ocasionados en zonas ecológicas por parte del turismo descontrolado, dentro de los cuales los más representativos son los diferentes tipos de contaminación al ambiente por parte de los diferentes residuos emitidos por la actividad turística descontrolada, el exceso de población y su aglomeración en las áreas protegidas, los problemas del uso de suelo, la ruptura ecológica, los daños realizados a la naturaleza, la contaminación arquitectónica y la gestión inadecuada de los residuos de la actividad turística (Loaiza, 2018).

El Parque Nacional Cotopaxi no tiene un plan de manejo ecoturístico, en el que se contemple el control y cumplimiento de la capacidad de carga turística de los diferentes senderos y sitios turísticos existentes, por lo que es necesario que se elabore e implemente un plan de manejo ecoturístico en dicha área natural.

Actualmente, la actividad turística realizada en el PNC no sigue un protocolo amigable con el ambiente, al no existir un seguimiento pertinente hacia los diferentes turistas que visitan el parque. Estadísticamente, los fines de semana y los días festivos existe una mayor aglomeración de visitas al parque, tanto de turistas nacionales como internacionales; al terminar estas visitas se puede visualizar los resultados de la agresiva actividad turística en el parque, por ejemplo, se puede evidenciar diversos tipos de residuos presentes en los diferentes senderos ecológicos, en el parqueadero hacia el Refugio José Rivas, en el trayecto hasta el refugio, en la laguna de Limpiopungo y sus alrededores.

Después de 47 años de la creación del PNC, es importante tener un enfoque más ambientalista en su gestión, ya que la majestuosidad del volcán Cotopaxi y sus nieves perpetuas están desapareciendo, y sus llanuras glaciales están alteradas por caminos y senderos mal realizados, sin ninguna señalética apropiada para su recorrido; también en el parque nacional se ha realizado una pavimentación inapropiada en lo que respecta a la vía principal; convirtiéndose en una barrera artificial, para el desplazamiento y desenvolvimiento de la fauna del lugar. Si a todas estas problemáticas se le añade el comportamiento inapropiado de los turistas, se está creando un efecto de aislamiento y expulsión en las poblaciones de fauna silvestre del PNC, lo cual es un impacto de gran importancia a la conservación del parque (Orejuela, 2012).

De acuerdo a Vásquez (2013), el Parque Nacional Cotopaxi no se encuentra manejado adecuadamente, los recursos y servicios que se ofertan al público no tienen un correcto seguimiento, razón por la cual existen diferentes problemáticas ambientales como la contaminación. Por ejemplo, en el Refugio José Rivas que tiene una capacidad para 100 personas, se ha observado en más de una ocasión, especialmente los fines de semana y los días festivos, que se ha sobrepasado el aforo, y sus servicios se han sobrecargado por la

cantidad de turistas que recibe descontroladamente, ocasionando de esta manera una mala atención al visitante y un impacto negativo al ambiente.

La implementación de un Plan de Manejo Ecoturístico engloba diversos beneficios ambientales, sociales y económicos, a través del correcto desarrollo del ecoturismo en áreas protegidas, fortaleciendo su gestión y generando condiciones habilitantes que permitan diversificar y mejorar las experiencias turísticas de los visitantes.

Por todo lo anteriormente expresado, es necesario la implementación de un plan de manejo ecoturístico en las áreas naturales protegidas y en especial en el Parque Nacional Cotopaxi. Esto es muy importante, ya que de esta manera, se evitarán los diferentes impactos ambientales provocados por el turismo.

Adicionalmente, es necesario mencionar que, el presente proyecto de investigación, se alinea con los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente con los objetivos: Fin de la pobreza (1), Hambre cero (2), Salud y bienestar (3), Agua limpia y saneamiento (6), Acción por el clima (13) y Vida de ecosistemas terrestres (15).

Así se puede mencionar que, el Plan de Manejo Ecoturístico del PNC, coadyuvará a que las comunidades aledañas al parque, tengan más oportunidades de empleo e ingresos económicos, a través del ecoturismo y sus actividades relacionadas (transporte, venta de artesanías, alimentación, hospedaje, guianza naturalista, senderismo, escalada), ya que el presente proyecto ayudará a prevenir los impactos ambientales adversos a los ecosistemas del parque nacional, lo que permitirá que los recursos naturales se conserven para su aprovechamiento ecoturístico por las comunidades y la sociedad en general. Esto indudablemente, se alinea con los objetivos 1, fin de la pobreza, y 2, hambre cero.

Al tener los ecosistemas inalterados (agua limpia, páramos y bosques saludables), se está tomando en cuenta a los objetivos 3, salud y bienestar, y 6, agua limpia y saneamiento, ya

que el ecoturismo brinda a los visitantes la oportunidad de respirar aire puro y estar en armonía con la naturaleza (salud y bienestar), así como también tener el recurso hídrico libre de contaminación (agua limpia y saneamiento), para su uso por las poblaciones de las provincias de Pichincha, Cotopaxi y Napo.

En lo concerniente al objetivo 13, acción por el clima, al tener los ecosistemas lacustres, páramos y bosques, inalterados, constituyen importantes sumideros de carbono, lo que ayudan a disminuir el calentamiento global y el cambio climático (acción por el clima).

Finalmente, el presente proyecto ayudará a conservar los diversos ecosistemas terrestres del PNC, conjuntamente con las especies florísticas, faunísticas y sus hábitats, evitando la pérdida de biodiversidad (Objetivo 15, Vida de ecosistemas terrestres).

En lo que respecta al Plan Nacional de Desarrollo, denominado Plan de Creación de Oportunidades 2021- 2025, el presente proyecto se alinea a las directrices de dicho plan, en lo relacionado a la Gestión del Territorio para la Transición Ecológica, que surge como un cambio sustantivo en la política ambiental del Ecuador. En este sentido, el presente proyecto coadyuva a la construcción de una economía circular, en lo que concierne al manejo integral de residuos sólidos generados por el turismo; así como también se ayuda a la articulación del territorio para el aprovechamiento de las potencialidades locales, a través de las diversas actividades del ecoturismo, anteriormente señaladas.

Estudios relacionados

Caviedes & Olaya (2017), en su investigación “Ecoturismo en áreas protegidas de Colombia; Una revisión de impactos ambientales con énfasis en las normas de sostenibilidad ambiental”, indican que un total de 23 áreas protegidas en dicho país, se clasifican como áreas con alta concentración turística. Esta investigación se enfoca en cómo es el desarrollo del

ecoturismo y los estándares que se debe tener para que sea óptimo, además, se analizan los diferentes impactos ambientales, socioculturales y económicos, generados por actividades ecoturísticas.

Medina & Ludeña (2019), en su investigación “ Plan de Manejo de Ecoturismo como herramienta para mejorar la gestión de un área protegida, caso de estudio Refugio Ecológico Molinuco”, resaltan la necesidad de crear un plan de manejo ecoturístico para dicho refugio, en donde constantemente se reciben visitas de turistas, y no existe una adecuada gestión, para llevar a cabo un equilibrio entre la actividad turística y ambiental.

Córdova (2017), en su investigación: “Plan de Manejo Turístico y Ambiental de la Reserva Biológica Jorupe del Cantón Macará Provincia de Loja”, indica que dicho plan nació como una herramienta técnica de gestión, con el objetivo de conservar los recursos existentes dentro de la reserva; posteriormente se plantearon cuatro objetivos, los cuales fueron: realizar un diagnóstico turístico y ambiental de la reserva, determinar las estrategias para la elaboración de un plan turístico y ambiental; diseñar el plan de manejo en la reserva biológica, y socializar los resultados a los actores involucrados.

Pantoja (2011), en su investigación: “Diseño de un Plan de Manejo Ecoturístico de la Laguna de San Marcos del Parque Nacional Cayambe-Coca”, indica que el diseño de dicho plan, se basó en la metodología de Cifuentes, la misma que ayudó a conocer la capacidad de carga de la laguna, para que no se sobrepase el número de visitantes que ésta puede albergar, y de esta manera, no alterar los ecosistemas frágiles del parque.

Orejuela (2012), en su investigación: “Aprovechamiento Turístico del Parque Nacional Cotopaxi: Análisis del uso de sus recursos naturales y el impacto generado por la actividad turística para la generación de un plan de uso turístico”, indica que con el pasar de los años, la mejora de la tecnología y el aumento en la población ha causado diversos problemas

ambientales a dicho parque. Así mismo, el autor manifiesta que, el aumento de actividades como el montañismo, trekking, hiking, biking, camping, pesca, y deportes relacionados con vehículos a motor, están creando nuevos impactos que no fueron analizados en estudios anteriores, y que en el presente estudio se analizan más a fondo.

Objetivos generales y específicos

Objetivo general

Elaborar un plan de manejo ecoturístico del Parque Nacional Cotopaxi mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica, la metodología de Cifuentes y el Proceso Analítico Jerárquico.

Objetivos específicos

Realizar un diagnóstico físico, biótico, socioeconómico-cultural y de riesgos del PNC.

Identificar y delimitar los senderos y sitios turísticos (viewpoints) del PNC, aplicando Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Elaborar mapas temáticos de: cobertura vegetal, precipitación, erosión y pendientes del PNC.

Determinar y calcular los factores de corrección o reducción de la capacidad de carga ecoturística del PNC, mediante la metodología de Cifuentes.

Calcular la capacidad de carga ecoturística de los senderos y sitios turísticos del PNC (capacidad de carga física, real y efectiva).

Modelar los criterios y alternativas de solución, para el ecoturismo en el PNC, mediante el Proceso Analítico Jerárquico (AHP).

Analizar la normativa inherente a las áreas naturales protegidas y al turismo en dichas áreas.

Plantear las estrategias de manejo ecoturístico del PNC.

Elaborar los programas y proyectos de manejo ecoturístico del PNC como: Control turístico, Señalización de senderos y sitios turísticos, Manejo de residuos, y Educación ambiental.

Metas

Diagnóstico físico, biótico, socioeconómico-cultural y de riesgos del PNC.

Mapa general de los senderos y sitios turísticos del PNC (Escala 1:5000).

Mapas temáticos de: cobertura vegetal, erosión, precipitación y pendientes del PNC (Escala 1:50000).

Matriz de factores de corrección de cada sendero y sitios turísticos.

Matriz de la capacidad de carga física, real y efectiva de cada uno de los senderos y sitios turísticos del PNC.

Modelo AHP de los criterios y alternativas de solución para el ecoturismo en el PNC.

Normativa inherente a las áreas naturales protegidas y al turismo en dichas áreas.

Estrategias de manejo ecoturístico del PNC.

Programas y proyectos de manejo ecoturístico del PNC como: Control turístico, Señalización de senderos y sitios turísticos, Manejo de residuos, y Educación ambiental.

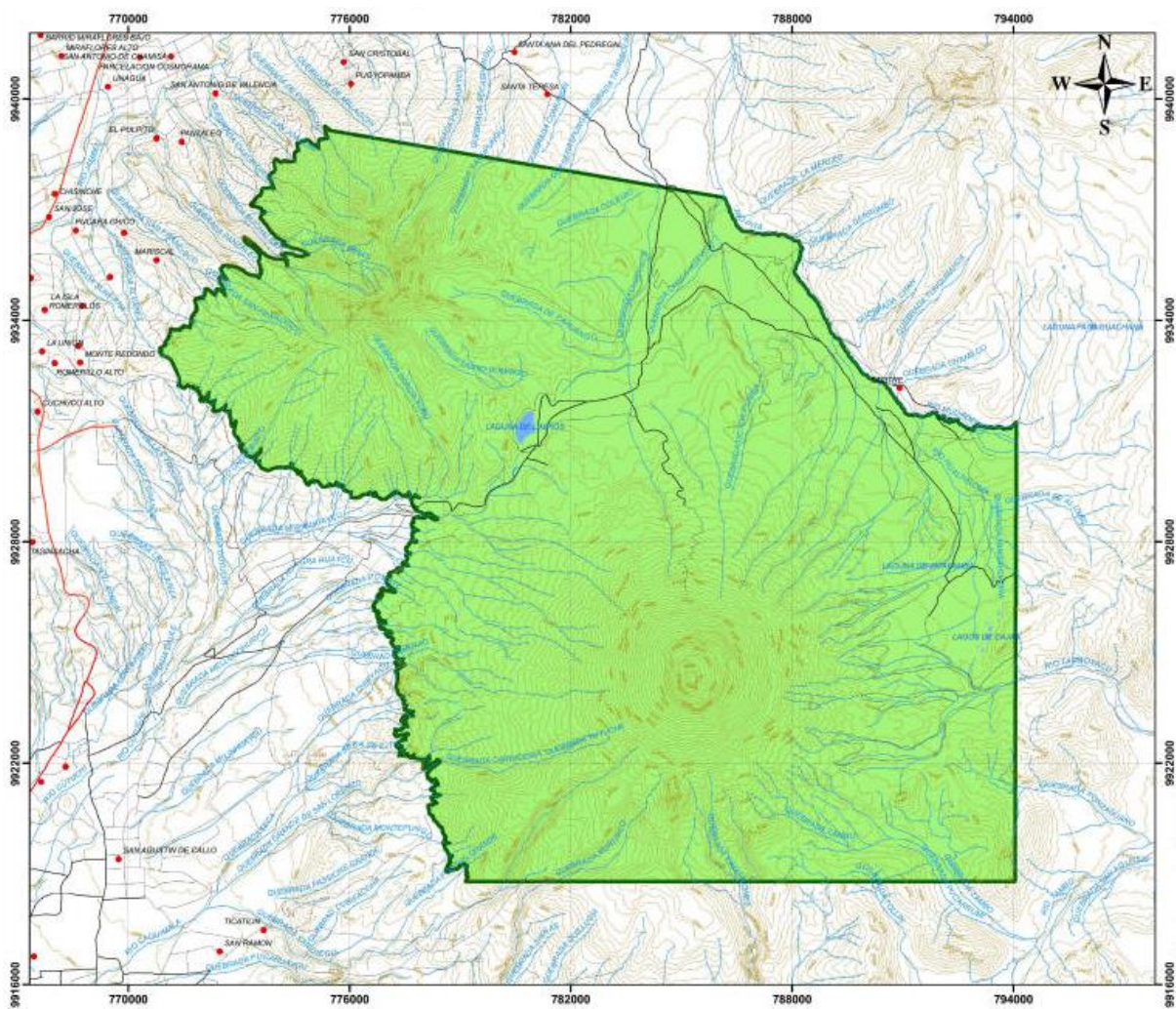
Plan de manejo ecoturístico del PNC.

Área de Influencia

El área de influencia directa del presente proyecto es el Parque Nacional Cotopaxi, mientras que el área de influencia indirecta corresponde a las provincias de Pichincha, Cotopaxi y Napo, que son las provincias en las que se encuentra en dicho parque. A continuación, se presenta en la Figura 1, el área de influencia directa.

Figura 1

Parque Nacional Cotopaxi



Nota: Área de influencia directa del proyecto – Parque Nacional Cotopaxi (PNC).

Capítulo II. Fundamentación teórica y referencial

Base Conceptual

Áreas Naturales Protegidas

Un área protegida es una superficie definida geográficamente y establecida por una ley o norma jurídica, con la finalidad de cumplir objetivos de conservación (Aguirre, 2014).

Así mismo, se puede señalar que, las áreas naturales protegidas son espacios geográficos claramente definidos, reconocidos y gestionados mediante una normativa legal u otros medios eficaces, a fin de conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados (Dudley, 2008).

También se puede mencionar que, las áreas protegidas son superficies de tierra y/o mares especialmente consagradas a la protección y el mantenimiento de la diversidad biológica, así como de los recursos naturales y los recursos culturales asociados, y manejadas a través de medios jurídicos u otros medios eficaces (UICN, 1998).

En Ecuador, las áreas protegidas representan aproximadamente el 20% del territorio nacional; dichas áreas se enmarcan en la máxima categoría de protección de acuerdo con la legislación ambiental nacional. De acuerdo a la Constitución de la República del Ecuador de 2008, las áreas naturales protegidas conforman el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), el cual se subdividió en cuatro subsistemas, de los cuales uno de los más importantes es el Subsistema “Patrimonio de Áreas Naturales del Estado” (PANE), el cual contiene a los parques nacionales como el PNC. Las áreas protegidas del SNAP, se encuentran distribuidas en todo el territorio continental e insular, albergan una importante riqueza biológica y brindan muchos servicios ecosistémicos, de los cuales se benefician tanto las poblaciones urbanas como rurales. Dichas áreas protegidas, también tienen una riqueza paisajística que permite el

turismo y la recreación, y por su importancia ecológica, trascienden fronteras que son reconocidas a nivel internacional (MAATE, 2022).

El MAATE, como instancia competente para establecer la política ambiental nacional y los procesos para la administración, control, regulación de las áreas protegidas del PANE, ha desarrollado otras herramientas como lineamientos a fin de poner a disposición de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, comunidades y propietarios privados, que también tienen la posibilidad de declarar sus predios como áreas protegidas. De esta manera, se estará cumpliendo el mandato constitucional, que reconoce, además del Subsistema del PANE, los Subsistemas de las áreas protegidas de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), Comunitarios, y Privados (MAATE, 2022).

Parque Nacional

Un Parque Nacional se define con un espacio geográfico de área mayor a 10000 ha, de un elevado valor natural y cultural, poco intervenido por actividades antrópicas que, en razón de sus favorables características naturales, como su flora, fauna y formaciones geomorfológicas, merece una adecuada conservación y seguimiento constantes. Debido a todas las características ambientales anteriormente señaladas, se declara de interés general de la Nación por ser representativo del país (Legislación Consolidada, 2015).

Turismo

Según la OMT, el turismo es un fenómeno social, cultural y económico que supone el desplazamiento de personas a países o lugares fuera de su entorno habitual por motivos personales, profesionales o de negocios. Esas personas se denominan viajeros (que pueden ser turistas o excursionistas, y residentes o no residentes), los mismos que realizan varias actividades turísticas, las cuales suponen un gasto turístico (Huertas, Pilco, Suárez, Salgado, & Jiménez, 2020).

Turismo en áreas protegidas

Para la Organización Mundial de Turismo (OMT), el turismo de naturaleza busca aprovechar el interés de los turistas en tres grandes metas: aumentar las oportunidades económicas de las áreas protegidas, proteger el patrimonio natural y cultural, y mejorar la calidad de vida de todos los interesados, ya que el turismo en las áreas protegidas requiere de un mayor compromiso por parte de los involucrados para que estos busquen su manejo sostenible (Vásquez, 2013).

Una de las maneras de demostrar este compromiso es a través de la guía de buenas prácticas ambientales, la cual busca ser una herramienta que facilite a los administradores, la adopción de acciones concretas que les permitan orientar su gestión hacia la práctica de un turismo sustentable. Estas acciones tienen como meta garantizar el menor impacto posible, junto a una mejora de la calidad del producto turístico, su imagen frente al cliente, y por ende, optimizando su desempeño socioeconómico, ya que a través de dicha implementación se podría reducir el impacto ambiental negativo generado por las actividades realizadas. Aunque el impacto generado se manejara como poco significativo o bajo, la suma de malas actuaciones individuales, pueden generar resultados adversos, por lo cual se pueden llevar a cabo pequeñas acciones encaminadas a su prevención o su reducción (Vásquez, 2013).

Ecoturismo

El ecoturismo es una actividad que combina la pasión por el viaje con la preocupación por el ambiente. Los expertos que han tratado el tema sugieren como objetivos del ecoturismo la sostenibilidad, la conservación y la participación de la comunidad local. Además, le atribuyen la capacidad de permitir alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible en las regiones con potencialidades ecoturísticas (Menjura & Vásquez, 2020).

También, otros autores definen que el ecoturismo se ha ido definiendo como un componente importante dentro del turismo sostenible, en donde según La Sociedad

Internacional de Ecoturismo o por sus siglas en inglés TIES (The International Ecotourism Society), el ecoturismo busca el desarrollo del turismo centrándose en las áreas naturales que se encargan de cuidar el ambiente y buscar un bienestar adecuado de las comunidades (Cañon & Galvis, 2020).

Sistema de Información Geográfica (SIG)

Un Sistema de Información Geográfica se define como la agrupación de datos, procedimientos, hardware, software y recursos humanos (Santovenia, Tarragó, & Cañedo, 2009), que se emplean para trabajar con datos geográficos, y que regularmente se utilizan en sistemas informáticos, los cuales son aplicados entre otras cosas para la investigación en ciencias de la Tierra. Los SIG contienen la información en formato digital del terreno en capas o niveles, es decir, descomponen la realidad en diferentes asuntos, como, por ejemplo, hidrografía, relieve, red vial, entre otros. Por medio del uso de estos sistemas, el usuario puede combinar la información para crear mapas de síntesis o análisis, según su uso y requerimiento (Arancibia, 2008).

Figura 2

Sistema de información geográfica



Nota: Tomado de Geomatic, 2018.

SIG Aplicado al Turismo

En el área del turismo, la importancia de los SIG radica en el manejo que puede darse a la información geográfica, haciendo posible la representación de los territorios (López, Larios, & Campillo, 2008). En esencia, en esta área, los SIG han permitido por ejemplo, la elaboración de bases de datos turísticos, mapas, videos, aplicaciones y páginas web, en donde se muestran los atractivos turísticos (muchas veces en tiempo real), así como sus coordenadas exactas. Esto se ha realizado con el fin de fortalecer y/o potencializar el turismo dentro de un territorio específico (Durán, 2008).

El aprovechamiento de la información turística a partir de los SIG ha podido realizarse gracias al trabajo conjunto de los prestadores del servicio, las entidades públicas, la comunidad y los turistas. Esto se justifica en la investigación de Contreras (2009), quien señala que la integración de los actores facilita no solo la elaboración del material para la promoción del territorio a partir de los SIG, sino también la planificación de la actividad turística, en aras de propender al desarrollo sostenible del mismo. En este sentido, los SIG se han convertido en una herramienta bastante difundida en el sector turístico, por su impacto directo en el desarrollo de la actividad, así como en su planificación, siempre y cuando se integren los actores involucrados (Sendra & García, 2000).

Sendero

Un sendero es una especie de camino que tiene las características de ser pequeño y angosto y en mayor cantidad se encuentra en las zonas rurales, por lo cual algunos autores lo clasifican como camino rural. Una de las principales funciones que cumplen esta especie de caminos, es la conexión entre aldeas o poblaciones pequeñas. Esta especie de caminos, no presentan una circulación muy extensa, como los de una urbanización; a pesar de no presentar una circulación muy intensa de tráfico, cabe destacarse que de todas maneras hay que

recorrerlos con sumo cuidado y conciencia ambiental (Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada, 1993).

Figura 3

Sendero



Nota: tomado de Cinfa, 2016.

Fenómeno Natural

Es toda manifestación de la naturaleza; se refiere a cualquier expresión que adopta la naturaleza como resultado de su funcionamiento interno. Los hay de cierta regularidad o de aparición extraordinaria y sorprendente. Entre los primeros tenemos las lluvias en los meses de verano en la Sierra, la llovizna en los meses de invierno en la Costa (Romero & Maskrey, 1983).

Desastre Natural

Es la correlación entre fenómenos naturales peligrosos (como un terremoto, un huracán, un maremoto, etc.) y determinadas condiciones socioeconómicas y físicas vulnerables (como situación económica precaria, viviendas mal construidas, tipo de suelo inestable, mala ubicación de la vivienda, etc.). En otras palabras, se puede decir que hay un alto riesgo de

desastre si uno o más fenómenos naturales peligrosos ocurrieran en situaciones vulnerables (Romero & Maskrey, 1983).

Situación Vulnerable

Ser vulnerable a un fenómeno natural es ser susceptible de sufrir daño y tener dificultad de recuperarse de ello. No toda situación en que se halla el ser humano es vulnerable. Hay situaciones en las que la población sí está realmente expuesta a sufrir daño, de ocurrir un evento natural peligroso (sismo, aluvión, huracán, tempestad eléctrica, etc.). Hay otras, en cambio, en que la gente está rodeada de ciertas condiciones de seguridad, por lo cual puede considerarse protegida. La vulnerabilidad de los pueblos se da cuando:

La gente ha ido poblando terrenos que no son buenos para vivienda, por el tipo de suelo, por su ubicación inconveniente con respecto a deslizamientos, avalanchas, inundaciones, etc.

Se han construido casas muy precarias, sin buenas bases o cimientos, de material inapropiado para la zona, que no tienen la resistencia adecuada, etc.

No existe condiciones económicas que permitan satisfacer las necesidades humanas (dentro de las cuales debe contemplarse la creación de un hábitat adecuado) (Romero & Maskrey, 1983).

Riesgo

El riesgo es la probabilidad de que una amenaza se convierta en un desastre. La vulnerabilidad o las amenazas, por separado, no representan un peligro. Pero si se juntan, se convierten en un riesgo, o sea, en la probabilidad de que ocurra un desastre. Sin embargo, los riesgos pueden reducirse o manejarse, si la sociedad es cuidadosa en su relación con el ambiente, y si está consciente de sus debilidades y vulnerabilidades frente a las amenazas

existentes, así se pueden tomar medidas para asegurar que las amenazas no se conviertan en desastres (Campaig, 2004). A continuación se detalla la fórmula general del riesgo.

$$Riesgo = P * Ex * V \quad (1)$$

P: Peligrosidad.

Ex: Exposición.

V: Vulnerabilidad.

La gestión del riesgo no solo permite prevenir desastres, sino también ayuda a practicar los principios o preceptos del desarrollo sostenible (CEPAL, 2020).

Zonificación

La zonificación es la regulación de los usos del suelo, que se plantea y regula mediante planes, y que consiste en determinar el conjunto de zonas en que se divide un área de estudio (pudiendo este ser local, regional o nacional), atendiendo a la intención de que cada una de ellas se desarrollen de conformidad con sus aptitudes (Carazo, 2008).

En vista de que los planes de manejo existentes (anterior al año 1987) no tomaron en cuenta la actividad ecoturística, en la generalidad de los casos, es prioritario definir una zonificación que sea compatible con la conservación.

El diseño de la zonificación, está en función de las características internas de un área natural, como por ejemplo: bosque primario, secundario, paramo, humedales, área arqueológica, entre otras, y de la política ecoturística (zona de uso público, científico, conservación, entre otras).

Los modelos de zonificación, como los de Cifuentes (funcionario ecuatoriano de la UICN), establecen zonas de amortiguamiento, de protección absoluta, de uso público, primitiva, de uso especial o cualquier otra que demande el área de conservación.

Se considera que el uso de muchas zonas tiende a complicar los planes de manejo, haciendo un área natural inmanejable. En ese sentido se recomienda el uso de sólo tres: zonas de amortiguamiento, uso público, y protección absoluta, con las cuales perfectamente se maneja un reserva o área natural, con objetivos de conservación, preservación y ecoturismo (Troncoso, 2009).

Metodología de Cifuentes

La metodología de Cifuentes determina el número máximo de visitas que un área puede recibir, teniendo en cuenta las condiciones físicas, biológicas y de gestión de un área natural, y consta de tres fases: Capacidad de Carga Física (CCF), Capacidad de Carga Real (CCR), y Capacidad de Carga Efectiva (CCE); para calcular esta última se requiere haber calculado previamente la Capacidad de Manejo del área (CM) (Gutiérrez, Martínez, Gomez, Gil, & Cabezas, 2021).

Capacidad de Carga Física (CCF)

Es el límite máximo de visitas que se pueden hacer al sitio durante un día. Está dada por la relación entre factores de visita (horario y tiempo de visita), el espacio disponible y la necesidad de espacio por visitante (Gutiérrez, Martínez, Gomez, Gil, & Cabezas, 2021).

Capacidad de Carga Real (CCR)

Es el límite máximo de visitas, determinado a partir de la CCF de un sitio, luego de someterla a los factores de corrección definidos en función de las características particulares del sitio (Gutiérrez, Martínez, Gomez, Gil, & Cabezas, 2021).

Capacidad de Carga Efectiva (CCE)

Se emplea para estimar el límite máximo de visitas que se pueden admitir considerando las capacidades de manejo presentes en el área (Gutiérrez, Martínez, Gomez, Gil, & Cabezas, 2021).

Factores de Corrección

Los factores de corrección a ser considerados en el cálculo de la capacidad de carga turística son la susceptibilidad del suelo a la erosión, la accesibilidad al lugar a ser visitado, los periodos de lluvia, los periodos de sol intenso, los periodos en los que el atractivo este cerrado por mantenimiento, los periodos de reproducción y apareamiento de las especies sensibles, entre otros. Una vez calculaos todos los factores de corrección, la capacidad de carga real (CCR) se expresa a través de la siguiente formula (Fragoso, 2012).

$$CCR = CCF * FC_1 * FC_2 * FC_n \quad (2)$$

Dónde:

CCR: Capacidad de Carga Real.

CCF: Capacidad de Carga Física.

FC₁: Factor de corrección de la variable 1.

FC₂: Factor de corrección de la variable 2.

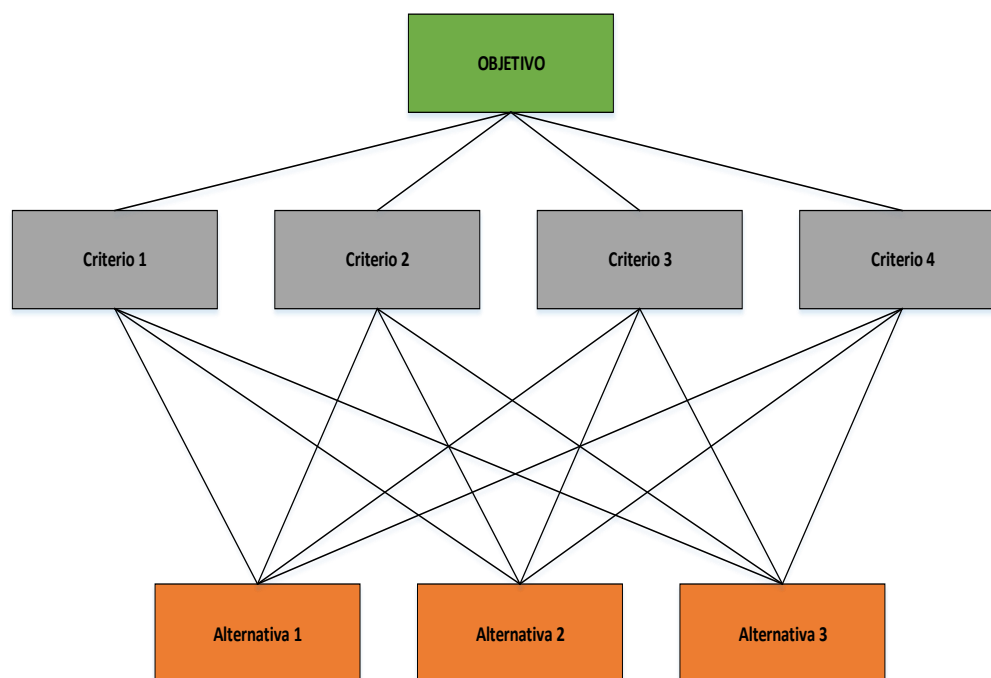
FC_n: Factor de corrección de la variable n.

Modelo Analítico Jerárquico (AHP)

El Modelo Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process (AHP)), propuesto por Thomas Saaty en 1980, es un método cuantitativo para la toma de decisiones multicriterio que permite generar escalas de prioridades basándose en juicios de expertos, manifestados a través de comparaciones por pares mediante una escala de preferencia. Esta escala permite incorporar en un modelo de decisión, juicios sobre intangibles, representando la dominancia o preferencia de una alternativa frente a otra, en relación con un atributo o criterio (Nantes , 2019).

Figura 4

Esquema general del AHP



Plan de Manejo

Un plan de manejo es un instrumento de planificación y seguimiento de acciones orientadas al aprovechamiento de especies silvestres bajo sistemas productivos propuestos. En él se definen medidas para disminuir el impacto negativo del sistema productivo, las herramientas para potenciar los impactos positivos y los métodos para monitorear el desempeño de quien solicita el acceso al aprovechamiento (Troncoso, 2009).

Un aspecto de mucha importancia es que el plan debe asegurar la sostenibilidad ecológica, económica y social del aprovechamiento planteado, para lo cual debe contar con los instrumentos necesarios para evaluar su grado de cumplimiento.

Base Legal

El Ecuador tiene un marco legal que ha permitido en los últimos años alinearse y tomar acciones adecuadas para el desarrollo e implementación de un turismo sostenible que tiene

como base la ley de turismo y que su accionar se refleja claramente en el Plan Estratégico de Turismo Sostenible PLANDETUR2020 (2007), algunos de sus objetivos son:

Coordinar los esfuerzos públicos, privados y comunitarios para el desarrollo del turismo sostenible, basados en los territorios y bajo el principio de alivio a la pobreza.

Crear las condiciones para que el turismo sostenible sea un eje dinamizador de la economía ecuatoriana que busca mejorar la calidad de vida de su población y satisfacción de la demanda turística actual.

Insertar al turismo sostenible en la política de estado y en la planificación nacional para potenciar el desarrollo integral y la racionalización de la inversión pública y privada.

Las principales leyes y reglamentos que tienen relación con el presente proyecto de tesis son:

Reglamento Especial de Turismo en Áreas Naturales Protegidas

En el capítulo 1 del reglamento especial de turismo en Áreas Naturales Protegidas se establecen los siguientes artículos:

Art. 2.- Se establecen como políticas nacionales rectoras de las actividades turísticas en las áreas del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas SNAP:

2. La promoción de investigaciones que permitan establecer objetivamente los impactos ambientales de las diversas actividades turísticas desarrolladas en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

5. La minimización de impactos ambientales que resulten de la actividad turística que se realice en las áreas del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Art. 4.- Toda ejecución de obra o establecimiento de infraestructura de naturaleza turística en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas se someterá a un Estudio de

Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental, conforme a las normas de la Ley de Gestión Ambiental, su reglamento y Plan de Manejo del Área, para obtener la correspondiente autorización administrativa del Ministerio del Ambiente.

En el capítulo 3 del reglamento especial de turismo en Áreas Naturales Protegidas se establecen los siguientes artículos:

Del Turismo como un uso especial permitido en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Sección 3.

Art. 13.- El control que el Ministerio del Ambiente ejercerá, en el ámbito de sus competencias, a través de sus dependencias, de las actividades turísticas en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas permitirá manejar y monitorear cualitativa y cuantitativamente los impactos derivados de la implementación y operación de la actividad turística en áreas protegidas, de conformidad con los planes regionales y de manejo.

Art. 14.- Serán funciones del Ministerio del Ambiente dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas:

1. Analizar y revisar los impactos ocasionados en los diferentes recursos naturales, culturales, sociales y económicos;
4. Revisar el impacto de la gestión turística en las áreas del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, en coordinación con el Ministerio de Turismo y el sector turístico privado organizado.

Art. 15.- Los planes de manejo de cada área protegida, establecerán un programa de monitoreo de los impactos ambientales derivados de la actividad turística. De comprobarse que determinada actividad turística dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas no se ajusta a lo establecido en la ley, se aplicarán las sanciones en ella previstas.

En la sección 4 se establece los siguientes artículos e instrumentos:

Instrumento 1: Del Estudio de Impacto Ambiental

Art. 17.- Las evaluaciones de impacto ambiental que se deban realizar para la iniciación de las actividades turísticas en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas deberán contener los componentes que se refiere el artículo 21 de la Ley de Gestión Ambiental.

Instrumento 2: De la investigación

Evaluar los impactos en los diferentes recursos del área protegida, derivados de la actividad turística.

Ley Para la Preservación de Zonas de Reserva y Parques Nacionales

Para la realización de este trabajo de investigación se utilizó como respaldo esta ley, en lo relacionado a la preservación y conservación de zonas de resera y parques nacionales, para fines turísticos:

Art. 3.- Las áreas de las zonas de reserva y parques nacionales, no podrán ser utilizadas para fines de explotación agrícola, ganadera, forestal y de caza, minera, pesquera o de colonización; deberán mantenerse en estado natural para el cumplimiento de sus fines específicos con las limitaciones que se determinan en esta Ley, y se las utilizarán exclusivamente para fines turísticos o científicos.

Art. 6.- Las empresas turísticas que deseen operar habitualmente con las zonas de reserva o parques nacionales, deberán presentar a la Dirección Nacional Forestal por escrito a través del Ministerio de Turismo, el programa de sus recorridos con determinación de la clase y calidad de sus servicios y giras, número de visitantes, tiempo de permanencia, itinerarios y lugares de partida.

Ley de Gestión Ambiental

El Plan de Manejo Ecoturístico promueve el desarrollo sustentable para la conservación del patrimonio natural, como lo explica el siguiente artículo.

Del Desarrollo Sustentable

Art. 7.- La gestión ambiental se enmarca en las políticas generales de Desarrollo Sustentable, para la conservación del patrimonio natural y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que establezca el presidente de la República al aprobar el Plan Ambiental Ecuatoriano. Las políticas y el plan mencionados formarán parte de los objetivos nacionales permanentes y las metas de desarrollo. El Plan Ambiental Ecuatoriano contendrá las estrategias, planes, programas y proyectos, para la gestión ambiental nacional, y será preparado por el Ministerio.

Capítulo III. Caracterización del Parque Nacional Cotopaxi

Antes de realizar la caracterización física, biótica y socio-económica y cultural del parque, se detallan los objetivos de conservación de dicha área natural, los cuales son los siguientes (MAATE, 2022):

Conservar las especies endémicas en peligro de extinción, las cuales, además de ser un patrimonio genético de Ecuador, constituyen un atractivo turístico para los visitantes, evitando de esta manera, la caza de las mismas, y promoviendo la realización de programas de crianza de especies en peligro de extinción.

Desarrollar programas de concientización a las poblaciones locales para un desarrollo socio-económico, utilizando al máximo el potencial turístico que presentan los ecosistemas del PNC.

Realizar programas de recuperación de ecosistemas perdidos o en extinción, por el mal uso de la ganadería y del turismo, para poder tener el atractivo turístico estable y responsable, para un desarrollo social de las poblaciones aledañas.

Zonificar el territorio que abarca el PNC, de acuerdo a potencialidades, limitaciones y requerimientos de recursos naturales, para solventar necesidades de carácter social, económico y administrativo, con responsabilidad.

Realizar un estudio de valoración patrimonial, para obtener apoyo económico de parte del estado, para sustentar los ecosistemas turísticos del PNC.

Implementar un plan de manejo de recursos naturales, para coadyuvar al desarrollo rural, mejoramiento en la educación y salud de los pobladores aledaños al PNC.

Capacitar al personal de guardaparques, para el cuidado de las especies y hábitat, para mantener la belleza natural que brinda el PNC.

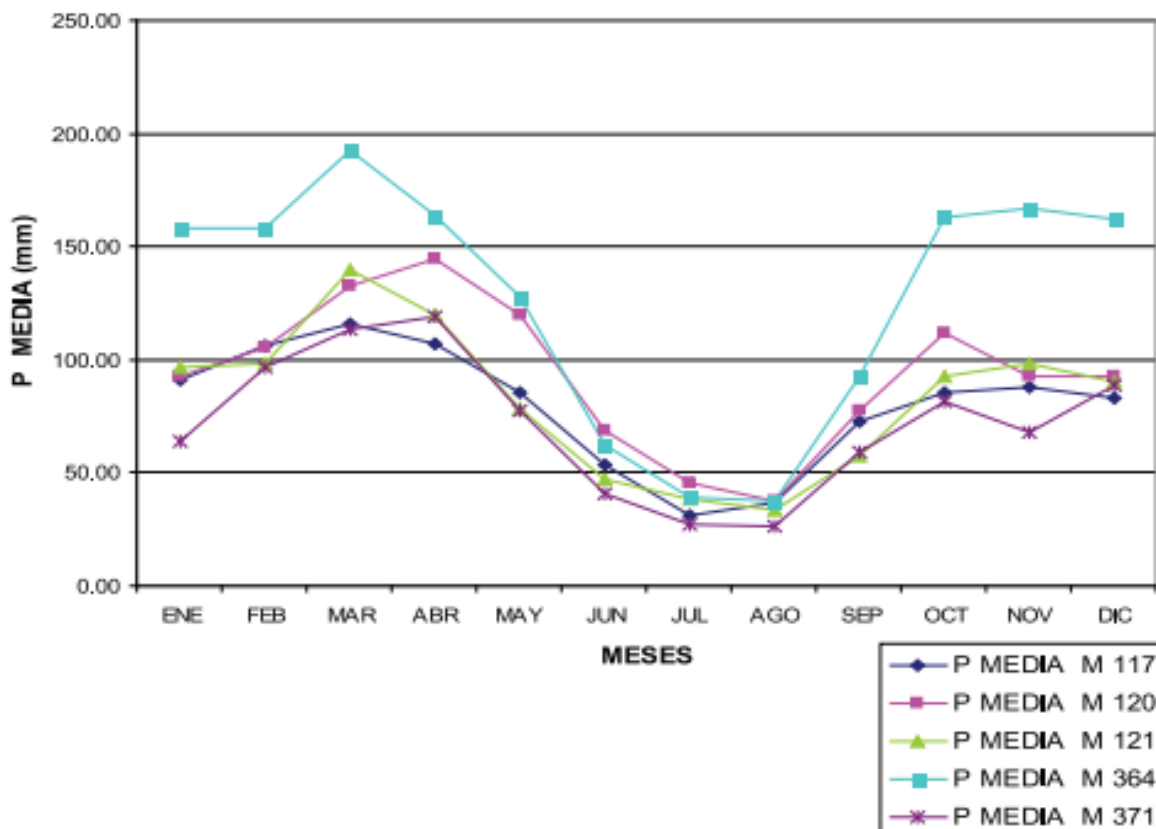
Realizar un control ambiental rígido, sobre las industrias presentes en los alrededores del PNC, para preservar en su totalidad la biodiversidad de los ecosistemas existentes en el mismo.

Investigar los recursos naturales, para su aprovechamiento con responsabilidad, en beneficio de las poblaciones aledañas al PNC, como por ejemplo, las captaciones de agua proveniente del volcán (nevado).

Patrimonializar los ecosistemas endémicos, para evitar el deterioro y explotación indiscriminada de los mismos, a fin de conservarlos para futuras generaciones.

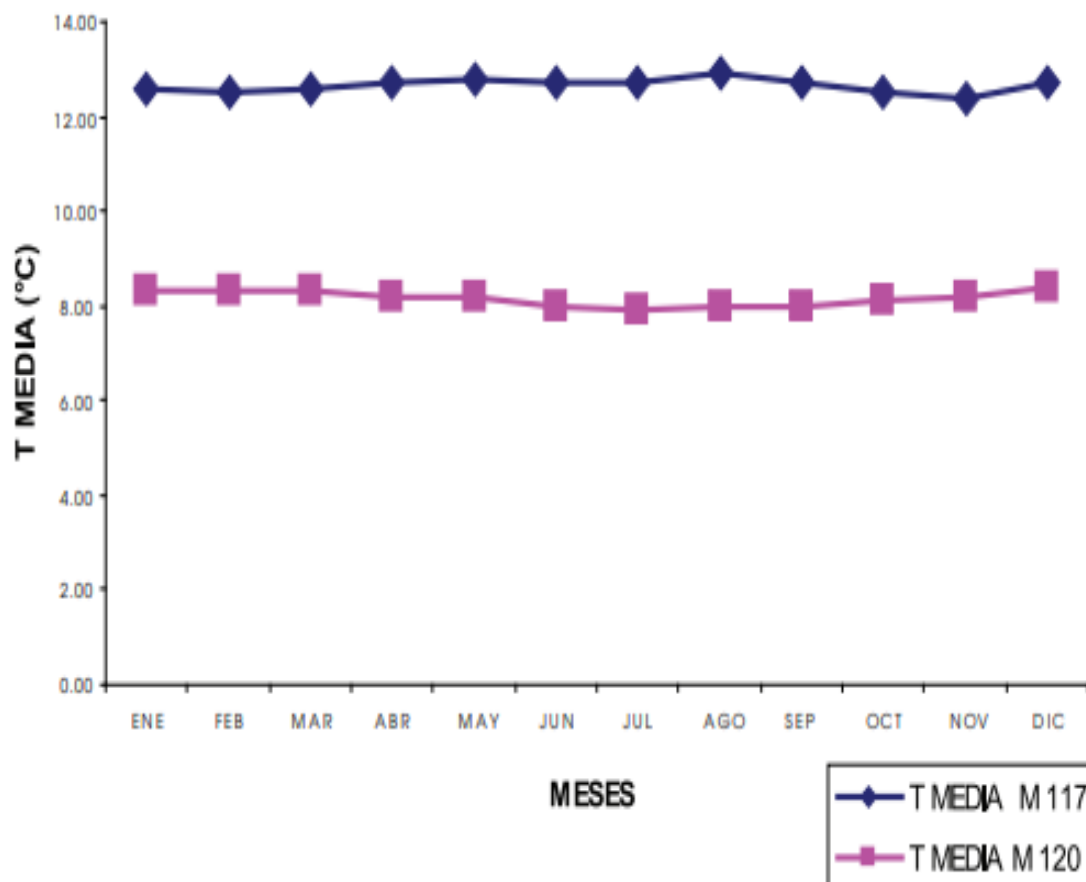
Caracterización física

En el PNC están presentes dos tipos de climas: en la parte occidental, el clima Ecuatorial Mesotérmico Seco y en la parte norte, el clima Ecuatorial frío de alta montaña. Buena parte del PNC, corresponde al Volcán Cotopaxi, lo cual brinda condiciones extremas de precipitación y temperaturas por debajo del punto de congelación. Para determinar los niveles de precipitación del PNC, se interpolan las mediciones de cinco estaciones meteorológicas, siendo estas: Estación Machachi, Estación IGM (Ex CLIRSEN), Estación Cotopaxi – Refugio, Estación Loreto Pedregal y Estación Pastocalle; en la siguiente figura se pueden observar las precipitaciones de las cinco estaciones meteorológicas mencionadas.

Figura 5*Precipitaciones medias mensuales interanuales*

Nota: Tomado del Plan de Manejo del PNC, 2010.

Para la zona del Parque Nacional, existen dos estaciones meteorológicas que registran valores de temperatura, siendo estas: la Estación Machachi y la Estación Cotopaxi perteneciente al IGM (ex CLIRSEN). La estación Machachi (M 117) muestra dos valores máximos de temperatura: en agosto y diciembre, con valores medios mensuales de 13.20°C y 12.78°C, respectivamente. En cuanto a la estación Cotopaxi (M 120), ésta muestra dos valores máximos: en mayo y diciembre, con valores medios mensuales de 8.32°C y 9.3°C, respectivamente, como se puede apreciar en la siguiente figura:

Figura 6*Temperaturas medias mensuales*

Nota: Tomado de Plan de Manejo del PNC, 2010.

En lo que respecta a la geomorfología del área de estudio, se puede indicar que, las geoformas del parque son variadas y con pendientes heterogéneas, debido a la presencia de la Cordillera Central de los Andes, siendo gran parte de la superficie del parque (21%) de pendiente suave a moderadamente ondulada. En los volcanes Cotopaxi y Rumiñahui existe un grado de pendientes colinado, escarpado y montañoso.

En lo concerniente a la geología del lugar, se pueden mencionar las siguientes formaciones geológicas presentes en el parque: Volcánicos Rumiñahui, Volcánicos Cotopaxi,

Volcánicos Sincholahua, Depósitos fluvial glacial, Formación Pisayambo, Cangahua, Depósito glacial, Casquete glacial, y Lahares; todas éstas correspondientes al periodo Cuaternario (Coello, 1996). Además, se puede recalcar que en el PNC están presentes dos estratovolcanes, siendo estos: el Cotopaxi, el cual es su principal atractivo turístico, y el Rumiñahui.

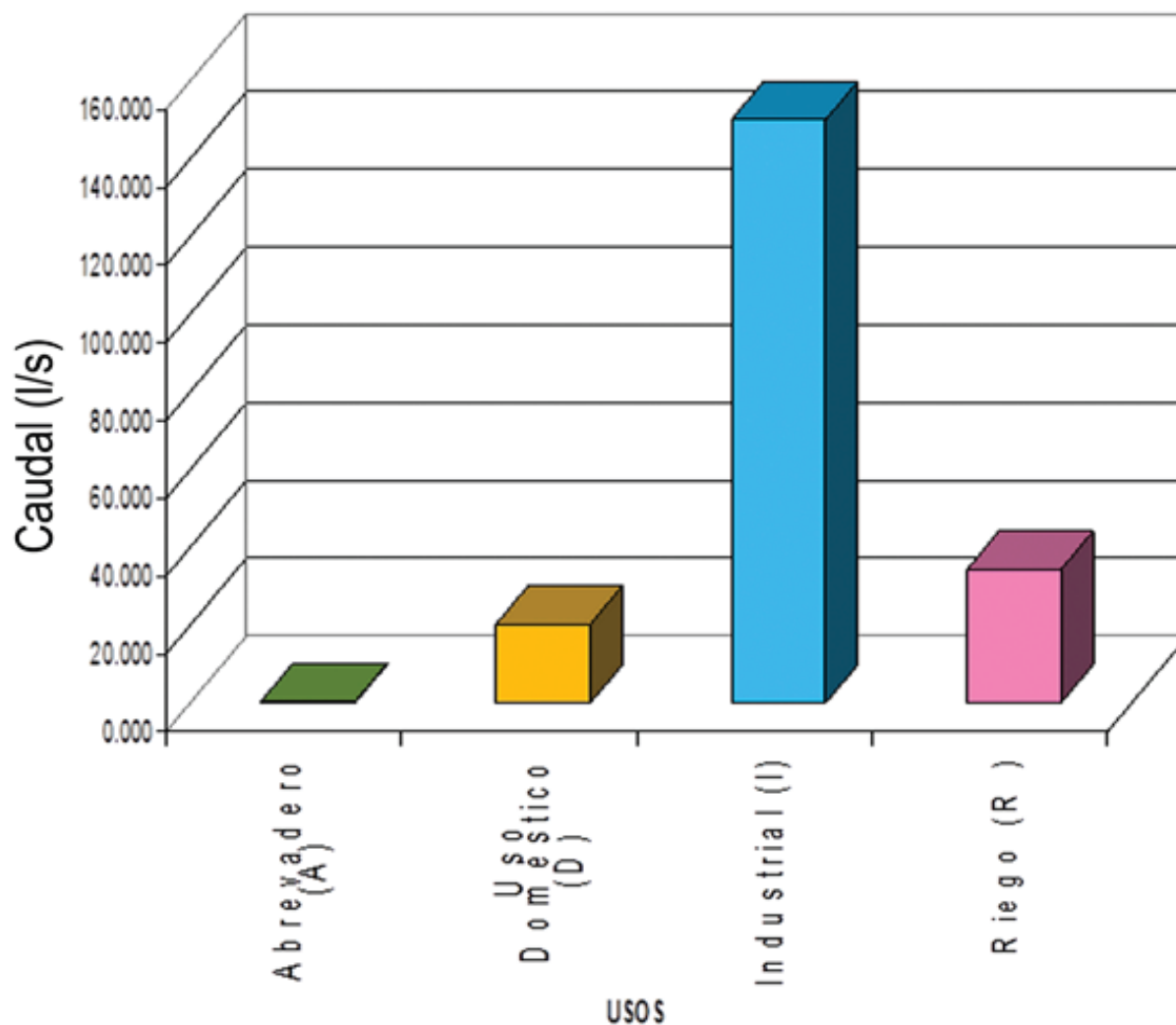
En lo referente a la cobertura vegetal, dentro del PNC existe un porcentaje total de vegetación natural de 97,9% respecto a su superficie total, lo que equivale a 31583 ha, con lo cual se puede señalar que, el área con vegetación intervenida alcanza el 2,1%. Además, hay que señalar que, en el área están presentes suelos arenosos derivados de materiales piroclásticos, poco meteorizados, con baja capacidad de retención de humedad.

En el Parque Nacional Cotopaxi, se tiene la presencia de seis clases de aptitudes agrícolas, siendo estas: bosque, sin uso agropecuario, pastos, afloramiento rocoso, nieve y cultivos. Dentro de la clasificación de aptitudes agrícolas para el PNC, la que se presenta en mayor proporción (43,13%) es la clase “sin uso agropecuario”, que corresponde a las zonas en las cuales no se presenta pendientes abruptas y con condiciones generales, que impiden el desarrollo de esta actividad; por otra parte, se encuentran los pastos con un porcentaje total del 35.02%, que lo conforman las zonas marginales para la agricultura y las zonas de mejoramiento de los pastos naturales ya existentes.

En lo que respecta al sistema hídrico del PNC, se puede mencionar que, está constituido por 18 microcuencas. Los ríos más importantes nacen del volcán Cotopaxi, siendo el Río Pita el más significativo para la ciudad de Quito, por constituir una fuente del suministro de agua potable. Los usos principales del agua que tiene su origen en el parque son: industrial (73,4%), sobre todo embotelladoras de agua, riego (16,6%), doméstico (9,8%) y ganadero (abrevaderos) (0,2%), tal como se muestra en la figura 7.

Figura 7

Principales usos del agua en el PNC

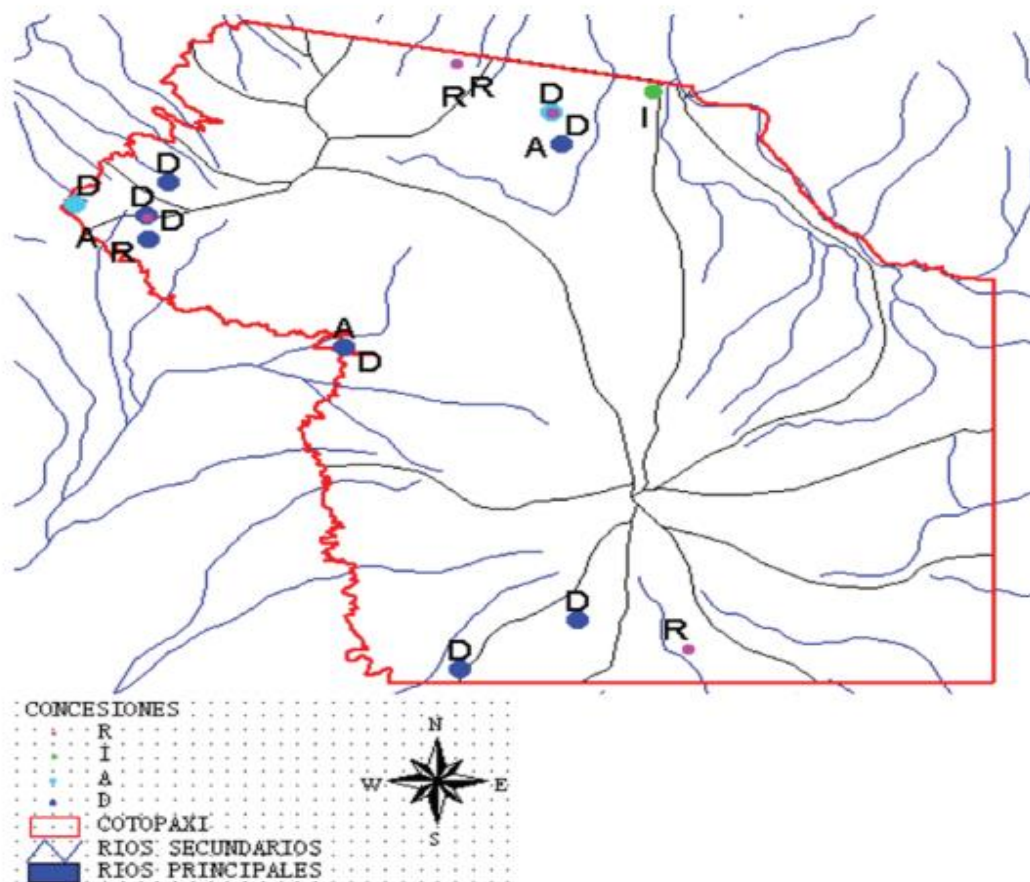


Nota: Tomado de Plan de Manejo del PNC, 2010.

Además, en la siguiente figura se puede apreciar la distribución espacial en cuanto a los usos y concesiones de agua en el parque, siendo estos: abrevadero (A), riego (R), uso doméstico (D), agua potable para poblaciones urbanas ubicadas fuera del parque (P), y piscícola (S).

Figura 8

Mapa de usos y concesiones dentro del PNC



Nota: Tomado de Plan de Manejo del PNC, 2010.

Además, en el PNC existe un sistema lacustre importante, siendo las principales lagunas las siguientes: Limpiopungo (24,8 ha), Santo Domingo (1,6 ha) y Cajas (3,7 ha).

Finalmente hay que señalar que, el paisaje que se puede apreciar dentro del PNC, es debido a la consecuencia de diversos y complejos eventos geológicos y eruptivos. En ese sentido, se puede señalar que, la información existente de los últimos 500 años, contempla que el volcán Cotopaxi ha tenido en promedio sus ciclos eruptivos una vez cada 100 años.

Caracterización Biótica

En el Parque Nacional Cotopaxi existen cuatro zonas de vida, siendo estas: Bosque muy húmedo Montano (Bmh-M), Páramo pluvial Subalpino (Pp-Sa), Tundra pluvial Alpina (Tp-A) y Nival (N), que se encuentran distribuidos en los diferentes pisos altitudinales del PNC (MAATE, 2022).

El bosque muy húmedo Montano está ubicado en el rango de los 3.400 y 3.900 msnm, con temperaturas entre 6°C y 12°C, y con precipitaciones de 1.000 a 2.000 mm por año. La vegetación respectiva al bosque húmedo Montano, son árboles pequeños y con grados de deformación, los cuales se encuentran en lugares con un grado alto de accesibilidad como lo son los flancos y el cráter del volcán Rumiñahui.

El Páramo pluvial Subalpino está ubicado en el rango de los 3.900 y 4.400 msnm, con temperaturas que varían entre 3°C y 6°C, con precipitaciones de 1.000 a 2.000 mm por año. Esta zona de vida la podemos apreciar en las partes bajas de los estratovolcanes Cotopaxi y Rumiñahui.

La Tundra pluvial Alpina está ubicada en el rango de los 4.400 y 4.700 msnm, cuyas temperaturas oscilan entre 1,5°C y 3°C, con precipitaciones de 1.000 a 2.000 mm por año. La vegetación respectiva a esta zona corresponde a las gramíneas, que prácticamente desaparecen por la característica que la tundra pluvial posee, al estar por debajo de la nieve y los arenales.

La zona de vida Nival comprende la superficie cubierta por nieves perpetuas, en donde prácticamente no existe ningún tipo de vegetación. En el volcán Cotopaxi, la nieve empieza a ser presentarse a partir de los 4.800 m de altura aproximadamente.

La variación por el nivel de altitud en el PNC, determina el tipo de vegetación así se tiene que, entre los 3.500 y 3.800 msnm, la vegetación corresponde a pajonales, musgos, pumamaqui y capulli, entre los 3.800 y 4.300 msnm, la vegetación corresponde a líquenes y licopodios, finalmente a partir de los 4300 msnm, debido a las bajas temperaturas y la presencia del hielo perpetuo, no existe mucha vegetación, salvo la presencia de algunos musgos y líquenes.

Respecto a la fauna dentro del PNC, se pueden mencionar que existe un aproximado de 17 especies de mamíferos (zorros andinos (Figura 9), venados, lobos, conejos, ratones, etc.) 37 especies de aves (curiquingues, quindes, quilicos, gaviotas etc.) y algunas especies de anfibios y reptiles.

Figura 9

Zorro Andino



Caracterización Socio-económica y cultural

La división del PNC en lo que confiere a los campos políticos y administrativos, está conferida a las provincias de Cotopaxi, Pichincha y Napo.

De acuerdo a los datos censales pertenecientes al Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), sobre las parroquias de Machachi y Mulaló, que tienen territorios en el parque y poblaciones cercanas al PNC, se puede determinar que el número total de habitantes en estas parroquias es de 33.670, siendo el 51,50% hombres y el 48,50% mujeres; además, el crecimiento poblacional es del 1,76% por año.

La población se divide en campesinos, indígenas y mestizos, de los cuales existe mayor cantidad de población mestiza. Las principales actividades productivas de estas poblaciones son la ganadería y la agricultura.

En lo que respecta al grado de educación de la población, el 53% tiene instrucción primaria, el 28% tiene educación secundaria, el 9% tiene educación superior, el 9% no tiene educación, y el 1% registra la asistencia a un centro de alfabetización. El analfabetismo ha tenido una tendencia decreciente, la parroquia de Mulaló tiene el promedio más elevado de analfabetismo y la provincia de Archidona ha disminuido su grado de analfabetismo.

De acuerdo a los datos estadísticos del Ministerio de Salud Pública, la cobertura de salud es bastante deficiente, ya que en las parroquias que conforman el PNC, se tiene un total de nueve unidades de salud, dos hospitales básicos, un subcentro de salud urbano, tres subcentros de salud rural y tres puestos de salud.

En lo que concierne al aspecto cultural, se puede mencionar que, en la provincia de Cotopaxi, las comunidades locales se caracterizan por su mestizaje y su gran fe católica, lo que se puede constatar durante las diversas fiestas de la provincia.





Caracterización turística

El Parque Nacional Cotopaxi es un importante atractivo turístico del Ecuador, por tener una belleza escénica única, su paisaje es muy diverso, siendo el Volcán Cotopaxi el mayor atractivo turístico del parque, no solamente para montañistas o andinistas (quienes ascienden a la cumbre del volcán), sino también para los turistas en general, quienes gustan de la caminata, y que suelen ascender hasta el Refugio José Rivas (4864 msnm), en donde los visitantes ya encuentran un ecosistema nival.

Otro atractivo turístico muy importante del PNC, es la Laguna de Limpiopungo, que se encuentra cerca del Volcán Rumiñahui, con paisajes únicos correspondientes a los ecosistemas lacustres y de páramos andinos.

También se pueden mencionar otros atractivos turísticos dentro del parque, como, por ejemplo: la Laguna Santo Domingo, los Manantiales, Laguna de Cajas, Cueva del Búho, entre los más relevantes.

Figura 10*Principales atractivos turísticos del PNC*

Atractivos turísticos del Parque Nacional Cotopaxi	
Volcán Cotopaxi	 A photograph of the snow-capped peak of Volcán Cotopaxi under a blue sky with scattered white clouds.
Laguna de Limpiopungo	 A photograph of the Laguna de Limpiopungo, showing a calm body of water with a dirt path leading to the shore and mountains in the background.
Volcán Rumiñahui	 A photograph of the rugged, rocky peaks of Volcán Rumiñahui, set against a blue sky with white clouds.
Manantiales	 A photograph of a winding river flowing through a lush, green valley, surrounded by hills and vegetation.

Para los turistas que gustan de las caminatas, se tiene varios senderos, entre los principales se tiene los siguientes:

Sendero Parqueadero Ladera del Cotopaxi – Refugio José Rivas (2140 m ida y vuelta: ida por la variante en zigzag desde la Cresta hasta el Refugio, y vuelta por la Garganta desde el Refugio hasta la Cresta).

Sendero Laguna de Limpiopungo (2905 m)

Sendero Volcán Rumiñahui (4606 m)

Sendero Los Manantiales (158 m)

Además de la belleza escénica del PNC, se tiene sitios prehistóricos como las Ruinas de Pucará de Salitre, las cuales son consideradas como fortalezas Incas.

Según el MAATE (2022), el PNC recibió cerca de 200.000 turistas en el 2014, ocupando el segundo lugar en el índice de visitación, después del Parque Nacional Galápagos.

La procedencia de los turistas, en ese año, son en su mayoría turistas nacionales, llegando al 57% del total de visitantes, mientras que los turistas extranjeros son el 43%, siendo los sitios más visitados por los turistas los siguientes: Laguna de Limpiopungo, con un promedio diario de 130 visitantes, y Volcán Cotopaxi, con un promedio diario de 91 visitantes.

Para el año 2019 (antes de la pandemia), el número de visitantes al parque, fue de 205000.

Después del año 2020, el año más crítico de la pandemia, el turismo en el PNC ha venido recuperándose, hasta que actualmente (2022), el número de turistas alcanza el nivel del 2019 (antes de la pandemia), es decir, alrededor de 200000 visitantes por año (datos a septiembre 2022, proyectado a diciembre 2022). Cabe señalar, que la afluencia de turistas a las áreas naturales protegidas, se ve incrementada en los feriados del país, desde mediados del año 2021, debido al plan de vacunación implementado en el Ecuador. Así, en el feriado del 8 al 10 de octubre de 2021, se registraron más de 6000 turistas que visitaron el parque, mientras que el feriado de fin de año (30-31 de diciembre 2021), se registraron 2457 visitantes.

Así mismo, según el MAATE (2022), la afluencia de turistas al PNC, se vio incrementada en el año 2022, especialmente en los feriados de carnaval y Semana Santa, en los cuales llegaron 6939 y 6420 visitantes, respectivamente.




Además, se puede señalar que, las procedencias de los turistas son en su gran mayoría nacionales, llegando a ser el 80%, y el restante 20% son extranjeros.

En lo referente a la accesibilidad al PNC, los turistas pueden ingresar por el Control El Caspi y por el Control Norte. Para el ingreso por el control El Caspi, existe la vía Panamericana E35, y por el control norte existe la vía procedente de Machachi.

En lo que respecta a la infraestructura hotelera, se puede indicar que, en el PNC existen algunas hosterías, siendo las más importantes: Tambopaxi Lodge, Hacienda Yanahurco y Hacienda Los Mortiños (a 5 minutos del ingreso norte del parque). Adicionalmente, para los andinistas que ascienden hasta la cumbre del Volcán Cotopaxi, el refugio José Rivas brinda el servicio de hospedaje para aproximadamente 100 excursionistas.

Figura 11

Infraestructura Hotelera

Infraestructura Hotelera	
Tambopaxi Lodge	
Hacienda Yanahurco	
Hacienda Los Mortiños	

También se puede señalar, que para quienes no tienen transporte privado, existe el servicio de camionetas y taxis, desde el desvío de la Panamericana (Barrio Santa Rita) hacia el ingreso El Caspi y hacia los sitios turísticos del parque.

Análisis de riesgos naturales

Para el análisis de riesgos naturales en el PNC, se analiza la presencia de algunas amenazas, como por ejemplo:

Amenazas geológicas tales como: erupciones volcánicas (cenizas, lahares, flujos piroclásticos), terremotos (fallamiento en superficie, caída de rocas, flujos rápidos del suelo, sacudimiento del terreno, deslizamientos y licuefacción) (Algermissen, 2016), movimientos en masa (derrumbes o desprendimientos, deslizamientos, flujos).

Amenazas hidrometeorológicas tales como: sequías, incendios, inundaciones, movimientos en masa.

De acuerdo al Informe Técnico de Análisis de Vulnerabilidad por Riesgos Naturales Hidrometeorológicos en las Áreas Protegidas del Ecuador Continental, preparado para el proyecto regional Iniciativa Trinacional: Fortalecimiento de los Sistemas Nacionales de Áreas Naturales Protegidas de Colombia, Perú y Ecuador (IT), se han identificado las siguientes amenazas naturales hidrometeorológicas (hidrológicas y meteorológicas) (MAATE, 2022):

Inundaciones, movimientos en masa, incendios y sequías.

Según este informe, los grados de vulnerabilidad en el PNC, ante las amenazas anteriormente señaladas, son los que se presentan a continuación:

Figura 12

Vulnerabilidad de las Áreas Protegidas del Ecuador

Área protegida	Amenaza															
	Inundaciones				Mov. en masa				Incendios				Sequías			
	AL	ME	BA	MB	AL	ME	BA	MB	AL	ME	BA	MB	AL	ME	BA	MB
Antisana RE	0	3	96	1	34	46	19	1	35	18	45	2	0	0	98	2
Arenillas RE	77	20	3	0	-	-	-	-	0	77	12	11	89	11	0	0
Cajas PN	0	3	10	87	12	47	39	2	70	24	2	4	0	3	97	0
Cayambe Coca PN	0	5	91	4	27	47	24	2	20	17	54	9	0	14	86	0
Cerro Plateado RB	0	29	71	0	8	31	61	0	0	0	100	0	0	0	100	0
Chimborazo RPF	0	13	81	6	5	42	52	1	10	47	34	9	0	90	10	0
Cofán Bermejo RE	2	28	70	0	13	17	43	24	0	0	100	0	0	0	100	0
Cotacachi Cayapas RE	0	8	90	2	5	43	49	3	9	14	72	5	0	0	100	0
Cotopaxi PN	0	14	13	73	2	31	57	10	39	14	12	35	0	0	65	35
Cuyabeno RPF	12	88	0	0	0	0	2	98	0	0	98	2	0	3	96	1
El Ángel RE	0	21	79	0	1	22	60	17	88	5	1	6	0	3	97	0
El Boliche ANR	0	2	93	5	0	33	45	22	0	3	42	55	0	0	100	0
El Cóndor RB	0	17	83	0	0	23	71	6	0	0	100	0	0	0	100	0
El Pambilar RVS	1	95	4	0	0	7	63	30	0	0	98	2	0	0	100	0
El Quimi RB	0	44	56	0	2	12	86	0	0	0	100	0	0	0	100	0
El Zarza RVS	0	65	36	0	0	6	94	0	0	0	98	2	0	0	98	2
Islas Corazón y Fragatas RVS	100	0	0	0	0	0	0	100	0	0	99	1	0	0	0	100
La Chiquita RVS	1	86	13	0	0	0	2	98	0	0	83	17	0	87	13	0
Limoncocha RB	19	57	24	0	0	0	3	97	0	0	63	37	0	0	100	0
Llanganates PN	1	8	91	0	27	48	24	1	29	21	48	2	0	1	98	1
Los Ilinizas RE	0	2	76	22	0	62	19	19	10	35	26	29	0	58	42	0
Los Samanés ANR	41	15	44	0	0	0	77	78	0	57	0	48	56	44	0	0
Machalilla PN	14	55	30	1	2	49	42	7	0	64	28	8	64	36	0	0
Mache Chindul RE	0	30	68	2	1	27	60	12	0	0	68	32	0	69	31	0
Mangl. Cayapas Mataje RE	3	89	8	0	0	0	4	96	0	0	61	39	39	61	0	0
Mangl. Churute RE	2	93	5	0	2	7	6	85	0	9	60	31	69	27	4	0
Mangl. El Morro RVS	0	74	26	0	0	0	0	100	0	0	27	63	74	0	26	0
Mangl. El Salado RPF	0	97	3	0	0	0	0	100	0	0	70	30	85	15	0	0

Nota: Tomado del Informe Técnico de Análisis de Vulnerabilidad de las Áreas Protegidas del Ecuador Continental.

De acuerdo a la figura expuesta, se puede señalar que la vulnerabilidad del parque corresponde básicamente a:

Inundaciones: Muy bajo (73%)

Movimientos en masa: Bajo (57%) y Medio (31%)

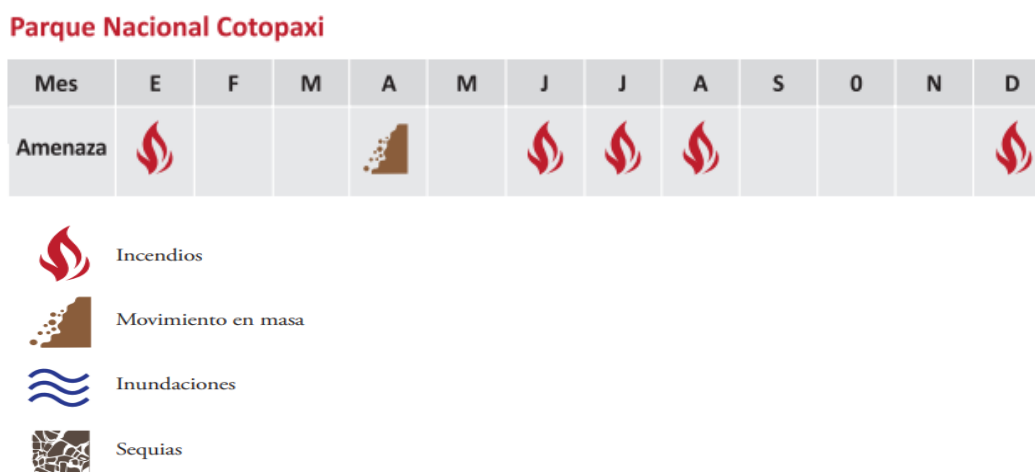
Incendios: Alto (39%) y Muy alto (35%)

Sequías: Bajo (65%) y Muy bajo (35%)

A continuación, se presentan los meses del año en los cuales existe un mayor riesgo de que se presenten las amenazas mencionadas:

Figura 13

Meses con mayor frecuencia de amenazas en el PNC



Nota: Tomado de informe técnico de análisis de vulnerabilidad de las áreas protegidas del Ecuador Continental

Se puede mencionar que, los riesgos relacionados con las cuatro amenazas analizadas para el PNC, pueden aumentar o disminuir, dependiendo de la cantidad e intensidad de las precipitaciones, ya que si éstas aumentan, entonces se tendría mayor probabilidad de inundaciones y movimientos en masa, y si disminuyen las precipitaciones, entonces se tendría mayor probabilidad de incendios y sequías.

Análisis FODA

Después de la revisión de literatura existente y las visitas y entrevistas realizadas a los guardaparques, se procedió a realizar un análisis FODA, para determinar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del parque, las cuales se presentan a continuación:

Figura 14*Análisis FODA del PNC*

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gran atractivo turístico, especialmente por la presencia del volcán Cotopaxi. ➤ Diversidad paisajística y recreativa. ➤ Fácil accesibilidad al parque por la presencia de la vía panamericana E35, que pasa cerca del parque. ➤ Variedad de especies florísticas y faunísticas ➤ Fuente importante del recurso hídrico. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Políticas de estado que impulsan el ecoturismo. ➤ Desarrollo de investigaciones sobre protección del área natural y conservación de los recursos naturales. ➤ Desarrollo de proyectos ecoturísticos y comunitarios (proyectos productivos alternativos). ➤ Implementación del plan de turismo (PLANDETUR 2020), el cual se basa en principios del desarrollo sostenible, lo cual repercute directamente en la gestión del parque nacional.
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Falta de presupuesto para la gestión del parque. ➤ Falta de implementación de la zona de amortiguamiento (por ejemplo, antes del ingreso El Caspi, existe la presencia de canteras de explotación de material pétreo). ➤ Falta de capacitación de los guardaparques para una adecuada gestión del parque y atención a los turistas, especialmente en lo que respecta a brindar información del mismo. ➤ Falta de difusión de los senderos y sitios turísticos, y de las diferentes actividades que pueden realizarse en el parque. ➤ Falta de infraestructura tecnológica para implementar un sistema de generación de turnos en línea, para el ingreso de los turistas al área natural protegida. ➤ Falta de señalización de los senderos y sitios turísticos del parque. ➤ Falta de control de los turistas y de las diferentes actividades que realizan en el parque. ➤ Falta de liderazgo de las autoridades del parque. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ilegalidad en la tenencia de las tierras (existen haciendas cuyos “propietarios” son externos al parque y no tienen legalizado los derechos de propiedad, y son quienes hacen malas prácticas del uso del suelo). ➤ Incendios del páramo en época seca (junio, julio, agosto y septiembre). ➤ La presencia de ganado caballar salvaje, lo cual ocasiona un impacto paisajístico y de contaminación debido a sus excrementos. ➤ El calentamiento global que ocasiona múltiples impactos, como por ejemplo, el derretimiento de los glaciares y la migración de especies. ➤ Posible erupción del volcán Cotopaxi.

Después de realizar el análisis FODA, se pudo determinar que los principales problemas ambientales en el parque son: erosión, generación de residuos debido al turismo,

pastoreo, contaminación hídrica por residuos y excrementos del ganado, cacería ilegal (especialmente de venados) y quema de pajonales.

Capacidad de Manejo del PNC

La capacidad de manejo (CM) de un área protegida se mide mediante tres principales indicadores: Personal, Infraestructura y Equipamiento.

De esta manera la CM está en función de los tres indicadores señalados, y se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$CM(\%) = \frac{Personal(\%) + Infraestructura(\%) + Equipamiento(\%)}{3} \quad (3)$$

En estos aspectos, se puede mencionar que, aunque se ha mantenido personal en forma permanente desde su creación, el Parque Nacional, sufre hoy en día un progresivo recorte presupuestario, que se traduce en falta de personal, equipamiento, infraestructura, e insumos básicos, necesarios para continuar con las labores de control y desarrollo del área.

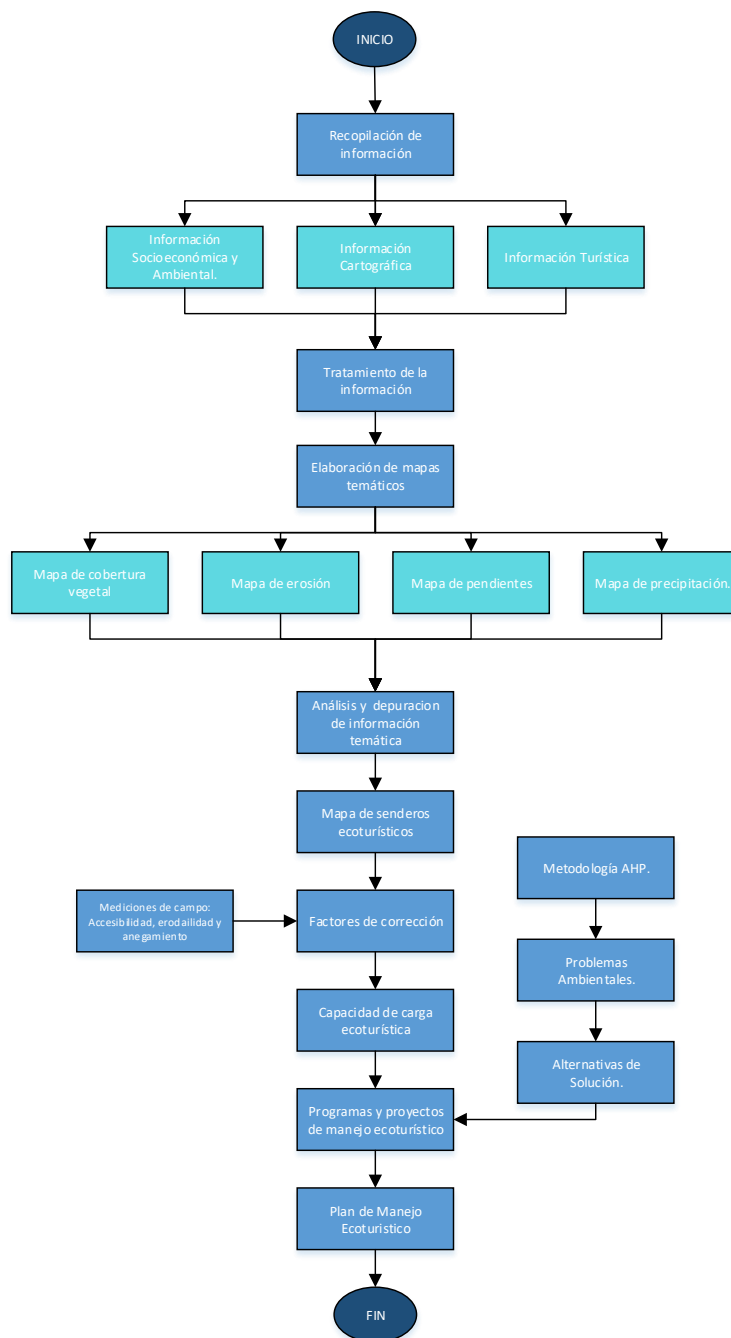
De acuerdo a las consultas realizadas y con base a las visitas de campo efectuadas, se puede determinar que la capacidad de manejo del PNC es de aproximadamente el 60%, así pues, en lo referente al personal de guardaparques, de acuerdo al Plan de Manejo del PNC, se trabaja aproximadamente con un 60%, de igual manera sucede con los indicadores de infraestructura y equipamiento. Este dato es importante tomarlo en cuenta, ya que es necesario para el cálculo final de la capacidad de carga efectiva de los senderos y sitios turísticos del parque nacional.

Capítulo IV. Metodología y Resultados

Para el presente proyecto de tesis se realizó la metodología de acuerdo al siguiente diagrama de flujo:

Figura 15

Diagrama de flujo de la metodología



El alcance del presente proyecto corresponde a la medición de la capacidad de carga ecoturística de los principales senderos y sitios ecoturísticos del Parque Nacional Cotopaxi (sendero Parquadero Ladera del Volcán Cotopaxi – Refugio José Rivas, sendero Laguna de Limpiopungo, sendero Volcán Rumiñahui y sendero Los Manantiales), a través del uso de SIG, la y Metodología de Cifuentes, para posteriormente aplicar la metodología AHP para la jerarquización de los criterios y alternativas, a fin de llevar acabo el ecoturismo en el parque, para finalmente proponer los programas de manejo ecoturístico.

Para la elaboración de un Plan de Manejo Ecoturístico se requiere obtener información de diversos campos de investigación como: información socioeconómica, información cartográfica, información turística, información biótica y datos de la base temática nacional, además del respectivo trabajo de campo.

La información cartográfica que se obtendrá del repositorio digital del Instituto Geográfico Militar (IGM) y los datos de la base temática nacional, servirán como insumos para la elaboración de los diferentes mapas temáticos como: mapa de erosión, mapa de pendientes, mapa de isoyetas y mapa de cobertura vegetal.

La recopilación de información en campo comprenderá observaciones, en primera instancia de la ubicación y el estado en el que se encuentran los senderos y sitios ecoturísticos del PNC, además de observar si existe una señalética apropiada en los mismos, complementando esta información con recopilación bibliográfica sobre flora y fauna del lugar, de fuentes confiables como la página oficial del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) y del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).

Una vez obtenida la información necesaria para la elaboración del Plan de Manejo Ecoturístico, se procederá a tratarla y depurarla, con la finalidad de obtener como productos,

los mapas temáticos, que servirán de insumos para el cálculo de la capacidad de carga de los senderos y sitios ecoturísticos del PNC.

Las mediciones de campo corresponden a medir el grado de: accesibilidad, erodabilidad y anegamiento de los senderos y sitios ecoturísticos, lo cual servirá para el cálculo de los factores de corrección de la capacidad de carga física, para obtener la capacidad de carga real, y posteriormente con el cálculo de la capacidad de manejo del parque, obtener la capacidad de carga ecoturística del PNC. Posteriormente, como ya se mencionó anteriormente, se aplicará la metodología Analytic Hierarchy Process (AHP), para obtener una jerarquización de los criterios y alternativas de solución, para llevar a cabo el ecoturismo en el parque, con la finalidad de proponer estrategias, programas y proyectos de manejo ecoturístico, para finalmente consolidar la propuesta de un Plan de Manejo Ecoturístico del Parque Nacional Cotopaxi.

Para materializar lo anteriormente mencionado, se procedió a realizar la metodología señalada, tal como se detalla a continuación:

Elaboración de los mapas temáticos

A fin de obtener los factores de corrección, necesarios para el cálculo de la capacidad de carga real de los diferentes senderos y sitios turísticos del parque, se procedió a la obtención de los mapas de: cobertura vegetal, erosión, pendientes e isoyetas, los cuales brindarán la información requerida para cada uno de los factores de corrección. Para esto se procedió en primer lugar, a la obtención del mapa base general (escala 1:50000), en donde se ubican los principales senderos del parque.

Para la elaboración del mapa base general y de los mapas temáticos anteriormente señalados (escala 1:50000), se procedió a descargar información de la base cartográfica del Instituto Geógrafo Militar (IGM), como también del Sistema Nacional de Información (SNI).

El procedimiento que se siguió para la obtención de los mapas temáticos fue el siguiente:

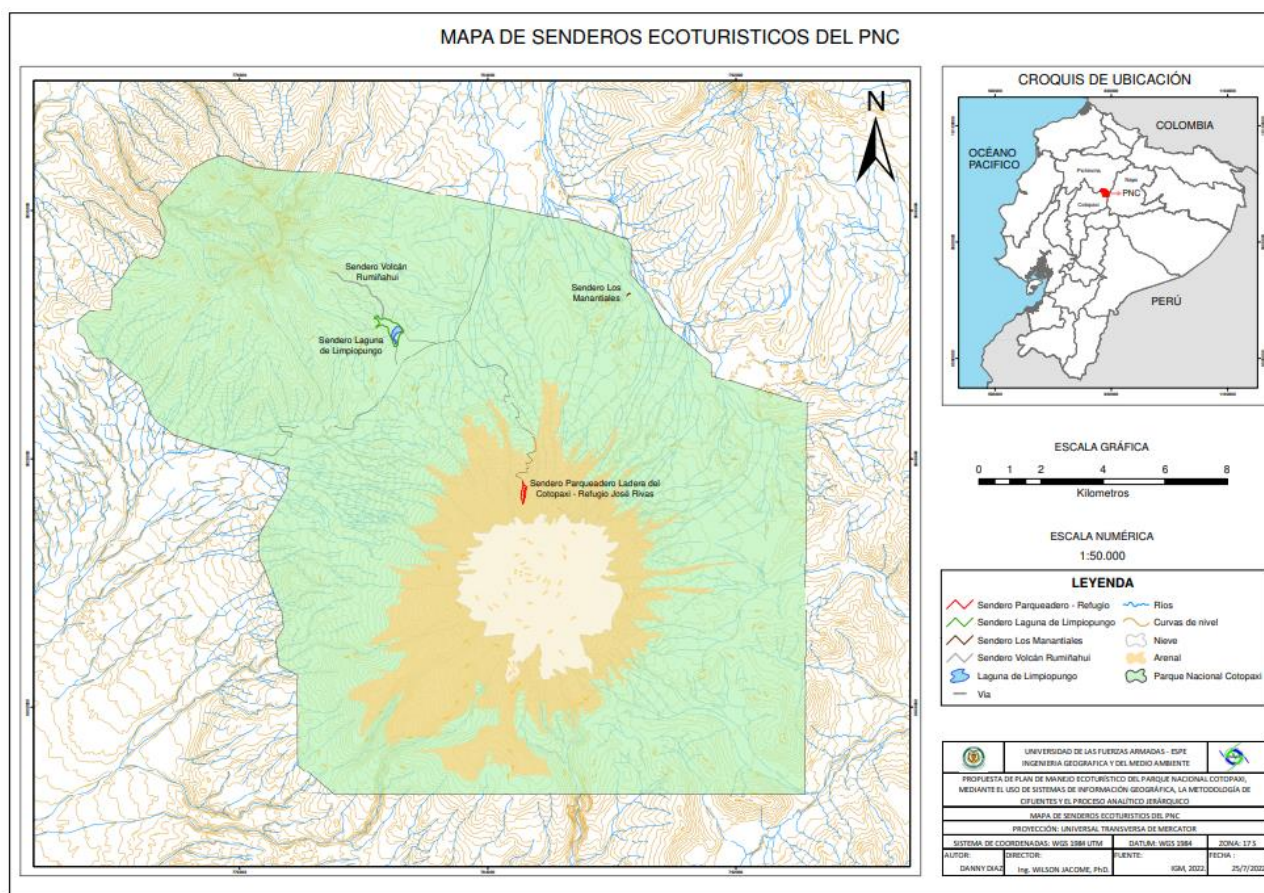
Primero se procedió a descargar los shapes de: cobertura vegetal, erosión actual, isoyetas, pendiente Sierra y susceptibilidad erosión, del SNI, para luego utilizar la herramienta de geoprocésamiento "Intersect" del software ArcGIS, para recortar la zona de interés con base a los límites del Parque Nacional Cotopaxi, los cuales fueron elaborados con las herramientas geográficas: Google Earth Pro y Open Street Maps.

Luego, se procedió a la obtención de los mapas de cada uno de los senderos a escala 1:5000, para lo cual se utilizó las herramientas geográficas Google Earth Pro, Open Street Maps, así como también la información cartográfica del IGM en lo concerniente a curvas de nivel, red vial, red hidrográfica, características generales del terreno y símbolos convencionales, todo lo cual fue verificado con las respectivas observaciones de campo que se realizaron.

A continuación se presenta el mapa general del área de estudio, en donde se encuentran los senderos, objeto del cálculo de la capacidad de carga:

Figura 16

Mapa del PNC y de los senderos ecoturísticos



A continuación, se presentan los diversos mapas temáticos (escala 1:50000), obtenidos según la metodología explicada anteriormente:

Figura 17

Mapa de erosión del PNC

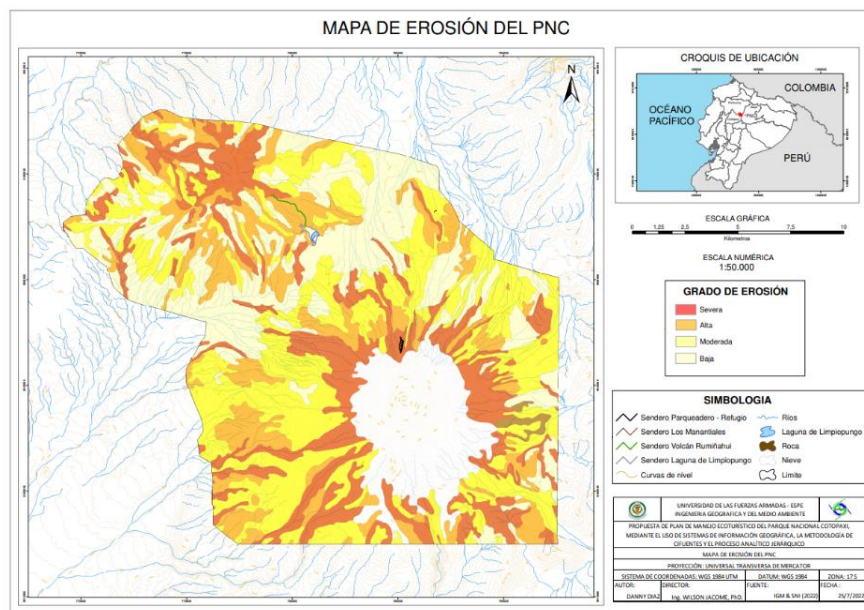


Figura 18

Mapa de cobertura vegetal del PNC

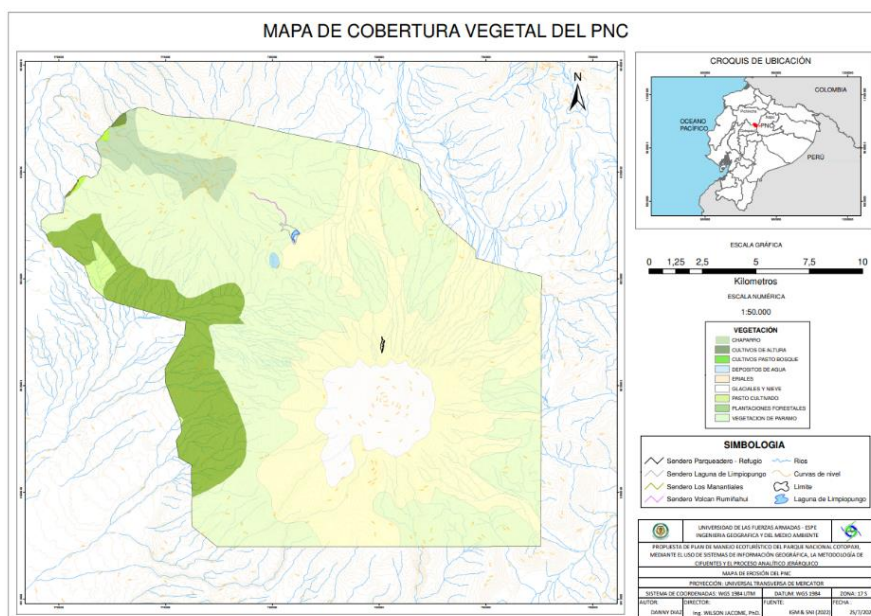


Figura 19

Mapa de pendientes del PNC

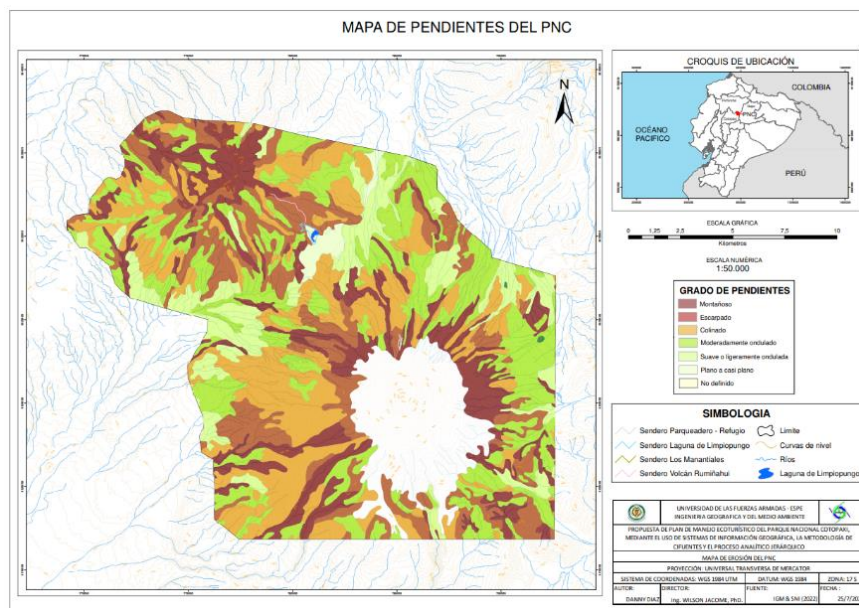
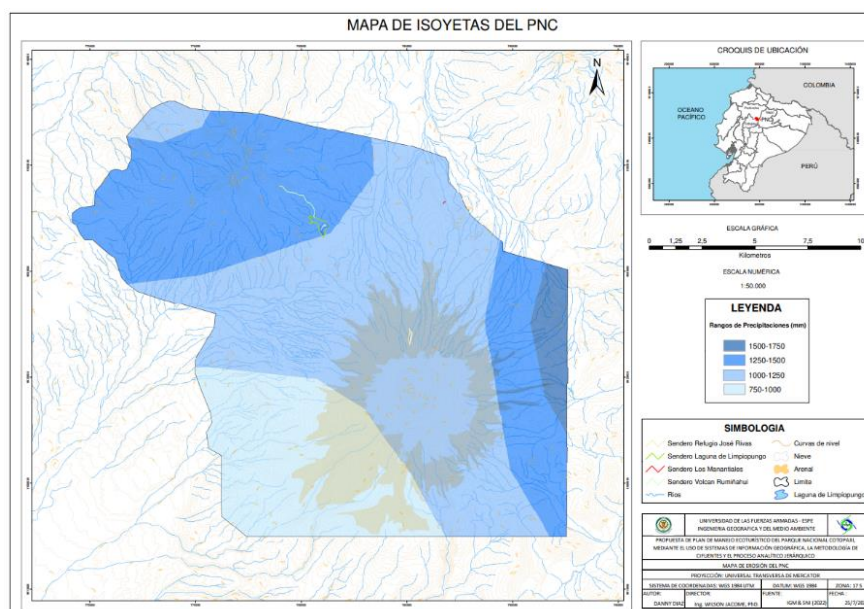


Figura 20

Mapa de isoyetas del PNC



Seguidamente se procedió a la digitalización de los mapas escala 1:5000, para cada uno de los senderos del Parque Nacional, para lo cual se utilizó las herramientas geográficas Google Earth Pro y Open Street Maps, obteniéndose los siguientes mapas, que posteriormente servirán para el cálculo de la capacidad de carga ecoturística.

Figura 21

Mapa del sendero Laguna de Limpiopungo

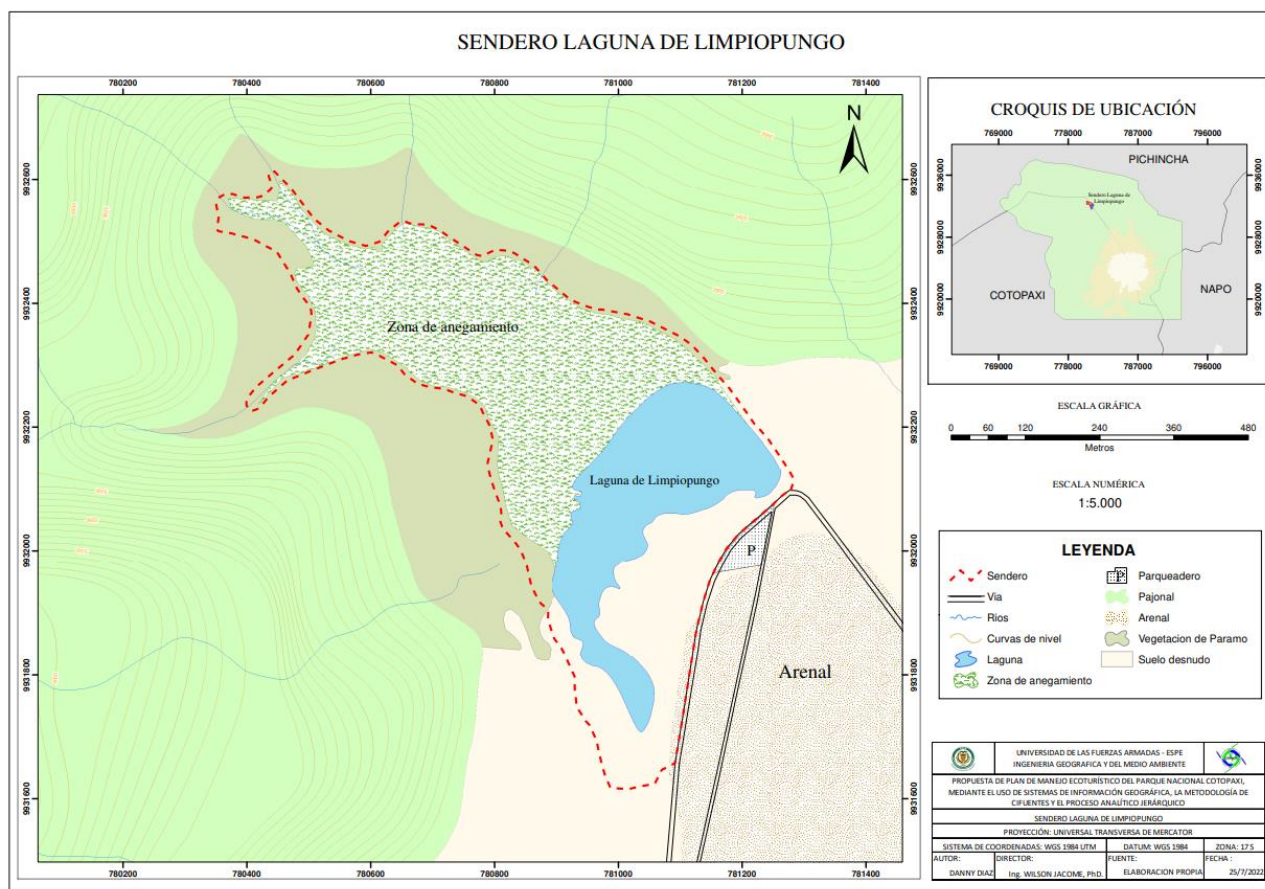


Figura 22

Mapa del sendero Parqueadero - Refugio

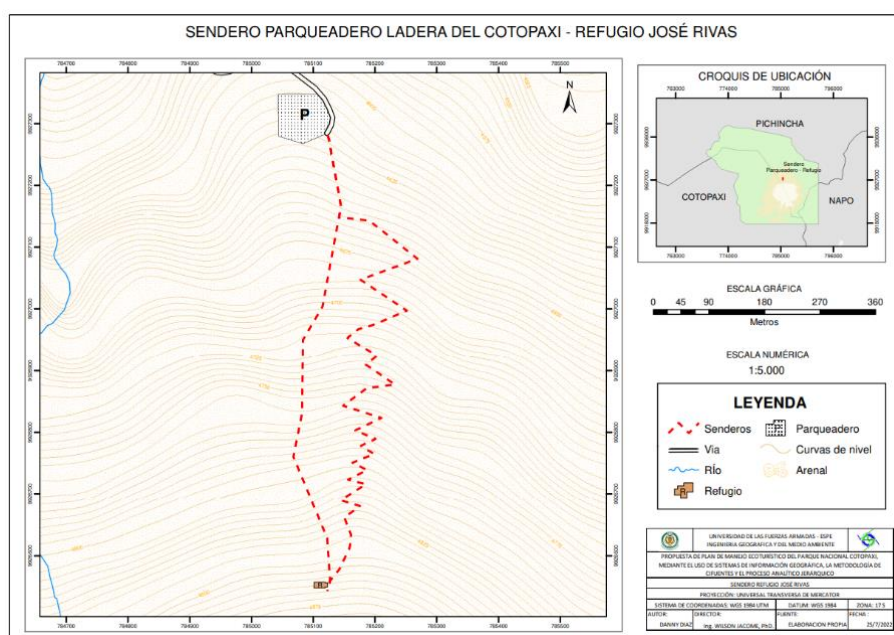


Figura 23

Mapa del sendero Volcán Rumiñahui

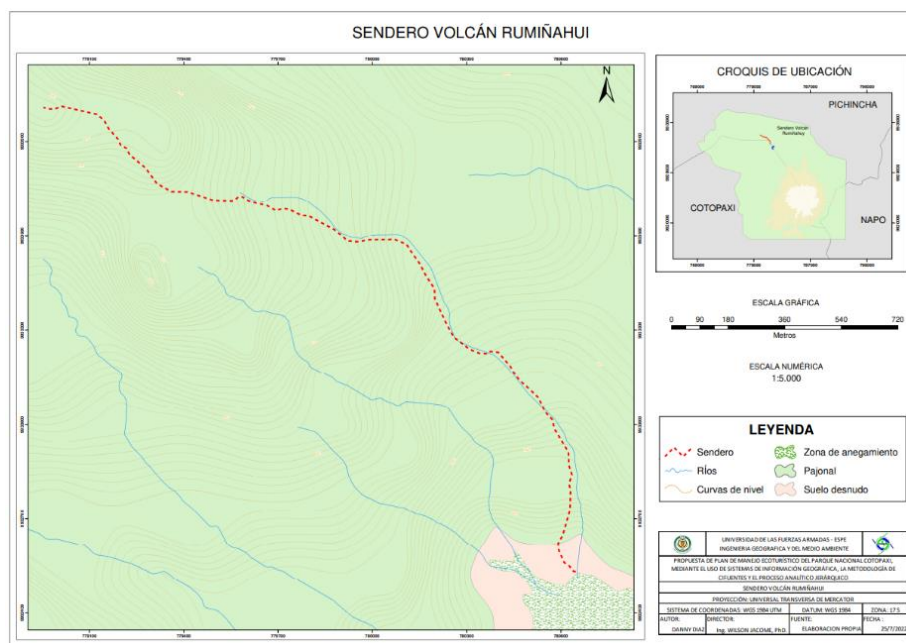


Figura 24

Mapa del sendero Los Manantiales

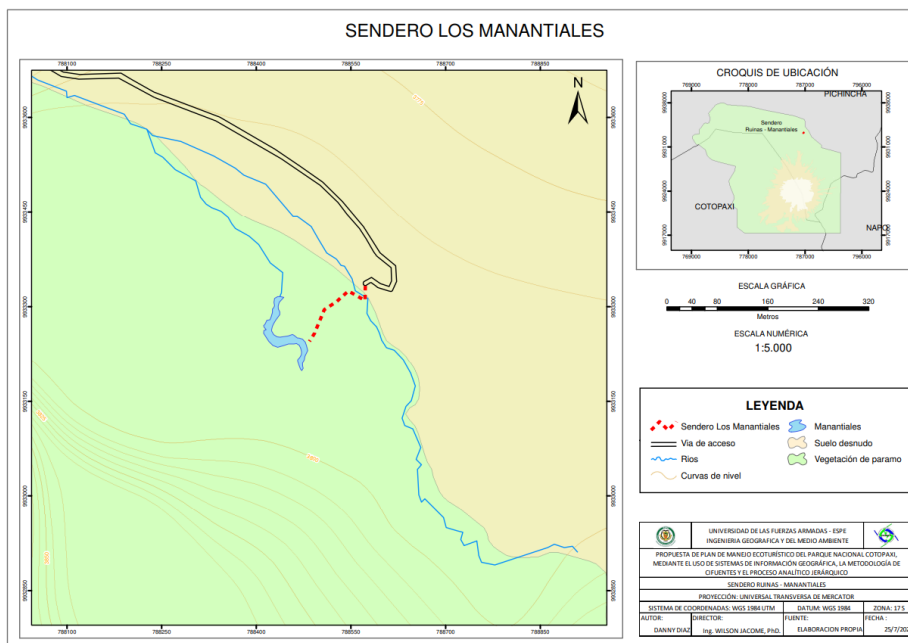


Figura 25

Propuesta de sendero Los Manantiales

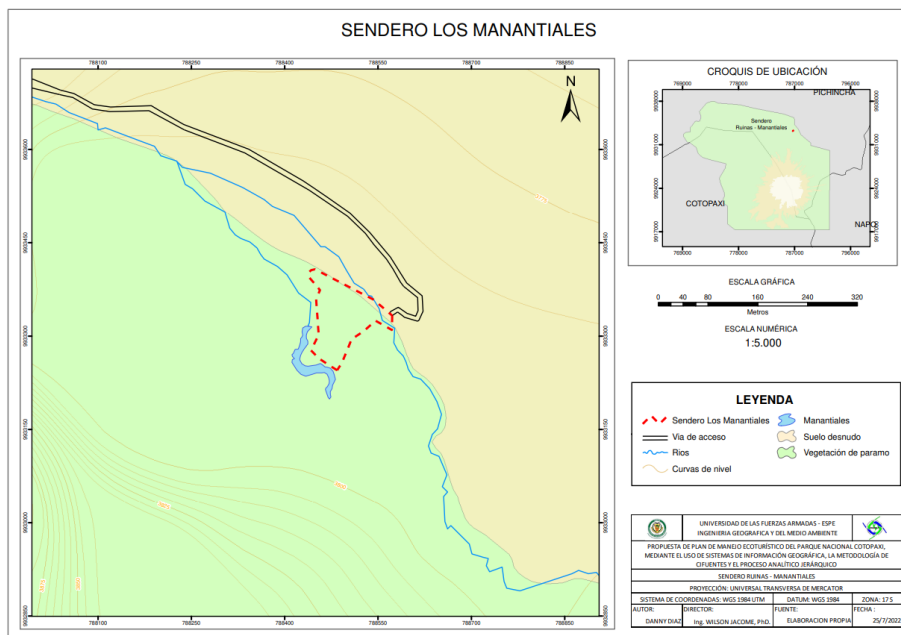


Figura 26*Longitud de los senderos*





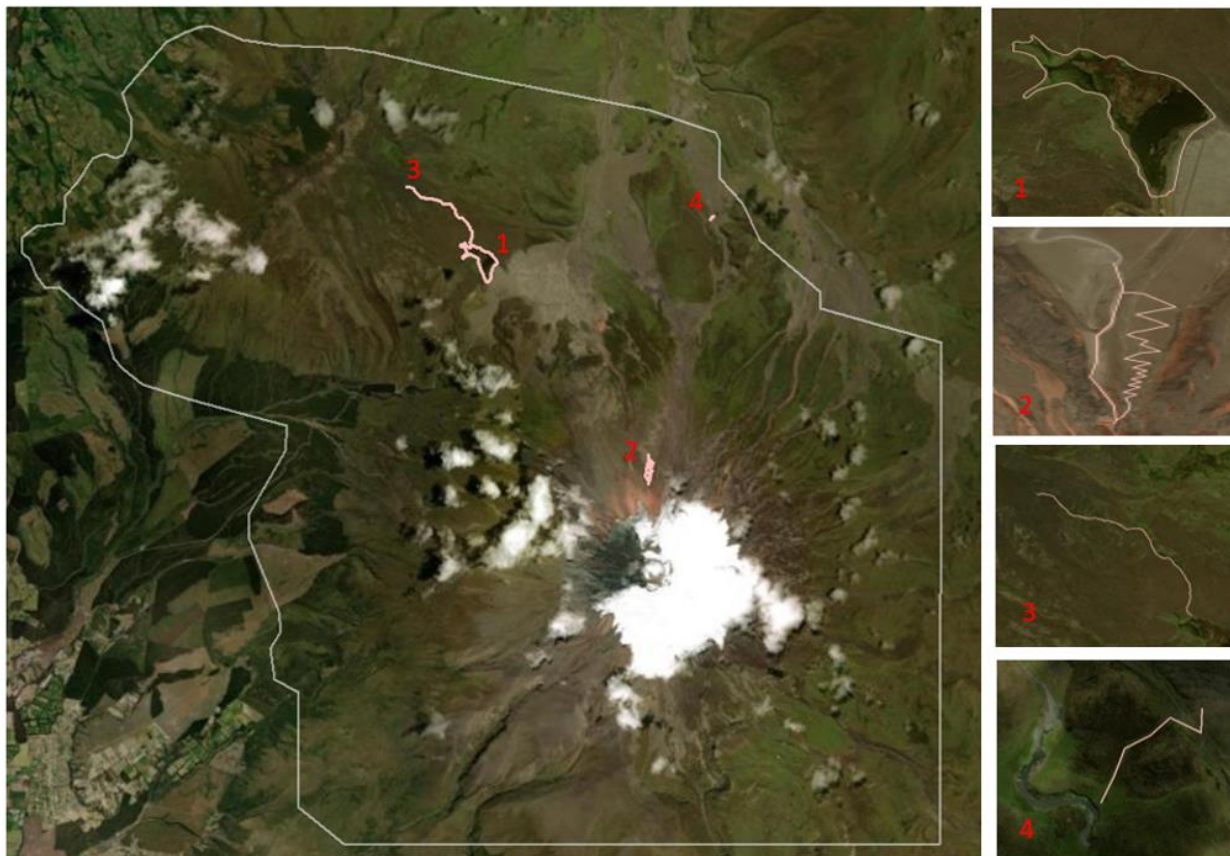
SENDEROS			
N°	Nombre	Imagen	Longitud
1	Laguna de Limpiopungo		2905 metros
2	Parqueadero Ladera del Volcán Cotopaxi - Refugio José Rivas		2140 metros
3	Volcan Rumiñahui		4606 metros
4	Los Manantiales		158 metros

Figura 27*Ubicación de los senderos***Cálculo de la capacidad de carga ecoturística de los senderos**

Para el cálculo de la capacidad de carga ecoturística de los senderos, se siguió la metodología de Cifuentes, explicada en el marco teórico (Capítulo II), para lo cual se utilizaron los mapas obtenidos (erosión, cobertura vegetal, isoyetas, pendientes y de los senderos ecoturísticos), además de las mediciones de campo realizadas para la obtención de los factores de corrección: accesibilidad, erodabilidad, anegamiento, precipitación y cobertura vegetal, a fin de obtener la capacidad de carga física, real y efectiva.

Capacidad de carga ecoturística del sendero Laguna de Limpiopungo

Figura 28

Datos del sendero Laguna de Limpiopungo

Variables		Cantidad	Unidad
Longitud total del sendero		2905	metros (m)
Superficie o distancia de una persona		1	metros (m)
Horario de visita		9	horas (h)
Tiempo de duración del recorrido		1,5	horas (h)
Número de personas por grupo		16	personas
Distancia entre grupos		50	metros (m)
Precipitación	Número de meses al año	8	meses
	Número de semanas por mes	4,34	semanas
	Número de días a la semana	7	días
	Número de horas por día	3	horas (h)
Horario abierto al público	Número de semanas	52	semanas
	Número de días por semana	7	días
	Número de horas por día	9	horas (h)
Capacidad de Manejo		60	%

Cálculo de Número de Visitas (NV)

$$\text{Numero de Visitas} = \frac{\text{Horario de visita (horas abierto al público)}}{\text{Tiempo necesario para visitar el sendero}}$$

$$NV = \frac{9 \text{ Horas}}{1.5 \text{ Horas}}$$

$$NV = 6$$

Cálculo de la Capacidad de Carga Física (CCF)

$$\text{Cálculo de la capacidad de carga física} = \frac{\text{Logitud del sendero}}{\text{superficie que ocupa una persona}} * NV$$

$$CCF = \frac{S}{sp} * NV$$

$$CCF = \frac{2905m}{1m} * 6$$

$$CCF = 17430 \text{ personas/dia}$$

Cálculo de la Capacidad de Carga Real (CCR). Para el cálculo de la Capacidad de Carga Real, se tomaron en cuenta los siguientes factores de corrección: social, anegamiento, cobertura vegetal y precipitación.

Factor Social. El cálculo de este factor es imprescindible, ya que toma en cuenta el número de personas que deben integrar cada grupo de visita, la distancia entre cada integrante y la distancia de separación entre grupos.

Siendo así, se procede a realizar los cálculos que se detallan a continuación:

Cálculo del Número de Grupos (NG). Para el cálculo del número de grupos se tomó en cuenta 16 personas por grupo (número de personas que se asignan a cada grupo de visita en las áreas protegidas del país), con una separación de persona a persona de 1 metro, dando un total de 16 metros de longitud que ocupa el grupo. La separación entre grupos en este sendero, se consideró de 50 metros (distancia recomendada en la metodología de Cifuentes).

$$\text{Longitud del grupo} = 16m$$

$$\text{Separacion entre grupos} = 50m$$

$$\text{Distancia requerida por cada grupo} = 16m + 50m$$

$$\text{Distancia requerida por cada grupo} = 66m$$

$$\text{Numero de Grupos} = \frac{\text{Largo total del sendero}}{\text{Distancia requerida por cada grupo}}$$

$$NG = \frac{2905 m}{66 m}$$

$$NG = 44.02$$

Cálculo de número de personas (P). Se calcula el número de personas que pueden estar simultáneamente en el sendero:

$$\text{Número de personas} = \text{Número de Grupos} * \text{Número de personas por grupo}$$

$$P = NG * \text{Número de personas por grupo}$$

$$P = 44.02 * 16$$

$$P = 704.32$$

Cálculo de la magnitud limitante (ml). Para calcular la magnitud limitante del factor social, es necesario conocer la magnitud total (mt), que es igual a la longitud total del sendero (la cual se obtuvo mediante la aplicación de las herramientas SIG (ver Figura 26)), así como también el número de personas que podrían estar simultáneamente en el sendero (P).

$$\text{Magnitud limitante} = \text{magnitud total} - \text{número de personas}$$

$$ml = mt - P$$

$$ml = 2905 \text{ m} - 704.32 \text{ m}$$

$$ml = 2200.68 \text{ m}$$

Cálculo del Factor de Corrección social (FCsoc). De acuerdo a la metodología explicada, para el cálculo del factor de corrección social, se sigue la siguiente fórmula que utiliza la magnitud total (mt) y la magnitud limitante (ml), calculadas anteriormente.

$$\text{Factor de Corrección social} = 1 - \frac{\text{magnitud limitante}}{\text{magnitud total}}$$

$$FCsoc = 1 - \frac{ml}{mt}$$

$$FCsoc = 1 - \frac{2200.68}{2905}$$

$$FCsoc = 0.242$$

Identificación de la magnitud limitante por anegamiento (mlane). Para el cálculo de la magnitud limitante por anegamiento, se tomó en cuenta el mapa de pendientes (ver Figura 19), en el cual se observa que hay tramos del sendero con pendiente plana, la cual fue constatada mediante las observaciones de campo, en las que se realizó las mediciones de tramos del sendero propensos a anegamiento, los cuales fueron medidos con el equipo

topográfico Estación Total M3, con la finalidad de obtener mediciones más precisas. De esta manera se midió el tramo total del sendero con problemas de anegamiento (126 m).

$$\text{Magnitud limitante por anegamiento} = 126 \text{ m}$$

$$mlane = 126 \text{ m}$$

Cálculo del Factor de Corrección por anegamiento (FCane). Se procede a calcular el factor de corrección por anegamiento para el sendero de la Laguna de Limpiopungo.

$$\text{Factor de Corrección por anegamiento} = 1 - \frac{\text{magnitud limitante}}{\text{magnitud total}}$$

$$FCane = 1 - \frac{mlane}{mt}$$

$$FCane = 1 - \frac{126}{2905}$$

$$FCane = 0.956$$

Cálculo del factor de corrección por precipitación (FCprec). Para el cálculo de este factor de corrección, se utilizó el mapa de isoyetas (ver Figura 20) en el que se tiene un grado de precipitación media de 1000 a 1500 mm, además se consideraron los datos de precipitaciones de la zona de estudio, del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), los cuales presentan un rango de 1000 a 2000 mm anuales, con mayores precipitaciones de enero a mayo y de octubre a diciembre. De esta manera para el cálculo del factor de corrección por precipitaciones, se tomaron en cuenta 8 meses.

Cálculo de horas limitantes por precipitación (hlprec). Para este cálculo, de acuerdo a lo explicado anteriormente, para la magnitud limitante por precipitación, se tomaron en cuenta 8 meses, 4,34 semanas por mes, 7 días a la semana que el parque está abierto al público, y un promedio de 3 horas diarias de precipitaciones (14h00 - 17h00 (horas de restricción dentro del horario de visita)).

$$hlprec = meses * semanas * dias * horas$$

$$hlprec = 8 * 4.34 * 7 * 3$$

$$hlprec = 729 h$$

Cálculo de horas totales que el parque está abierto al público (ht). Para este cálculo, se consideraron 52 semanas del año, 7 días por semana, y 9 horas diarias que el parque está abierto al público (08h00 – 17h00).

$$ht = semanas * dias * horas$$

$$ht = 52 * 7 * 9$$

$$ht = 3276 h$$

Finalmente procedemos a realizar el cálculo del factor de corrección por precipitación:

$$\text{Factor de Corrección por precipitación} = 1 - \frac{\text{magnitud limitante}}{\text{magnitud total}}$$

$$FCprec = 1 - \frac{mlprec}{mt}$$

$$FCprec = 1 - \frac{729}{3276}$$

$$FCprec = 0.777$$

Cálculo del Factor de Corrección por cobertura vegetal (FCcob). Este factor de corrección fue considerado, en razón de que el sendero atraviesa por cobertura vegetal frágil (paramo), lo que ameritó que se calcule una magnitud limitante.

En este sentido, por las mediciones realizadas en campo, la magnitud limitante por cobertura vegetal es igual a 1230 metros.

$$\text{Factor de Corrección por cobertura vegetal} = 1 - \frac{\text{magnitud limitante}}{\text{magnitud total}}$$

$$FCcob = 1 - \frac{mlcob}{mt}$$

$$FCcob = 1 - \frac{1230}{2905}$$

$$FCcob = 0.576$$

Finalmente se procede a realizar el cálculo de la capacidad de carga real, multiplicando la capacidad de carga física por los factores de corrección anteriormente calculados

$$CCR = CCF(FCsoc * FCprec * FCane * FCcob)$$

$$CCR = 17430(0.242 * 0.777 * 0.956 * 0.576)$$

$$CCR = 1811 \text{ personas/día}$$

Nota: Para el cálculo de la capacidad de carga real se tomaron en cuenta todas las cifras decimales.

Calculo de la Capacidad de Carga Efectiva. Para este cálculo, es necesario obtener la capacidad de manejo (CM%) del parque, que será multiplicada por la capacidad de carga real. De acuerdo a la explicación realizada en el capítulo III sobre la capacidad de manejo del parque, esta corresponde al 60 %.

$$\text{Capacidad de Carga Efectiva} = \text{Capacidad de Carga Real} * \text{Capacidad de Manejo (\%)}$$

$$CCE = CCR * CM$$

$$CCE = 1811 * 0.6$$

$$CCE = 1086 \text{ personas/día}$$

Nota: Para el cálculo de la capacidad de carga efectiva se procedió a redondear al inmediato inferior.

Capacidad de carga turística del sendero Parqueadero Ladera del Volcán Cotopaxi – Refugio José Rivas

Para el cálculo de la longitud total de este sendero, se consideraron un sendero de ida y uno de retorno:

Sendero de ida: Parqueadero Ladera del Cotopaxi – la Cresta - Variante en zigzag hasta el Refugio (1377 m).

Sendero de retorno: Refugio – Variante por la Garganta hasta la Cresta - Parqueadero Ladera del Cotopaxi (763 m).

De esta manera, la longitud total del sendero (mt) es de 2140 metros.

Figura 29

Datos del sendero Parqueadero - Refugio

Variables		Cantidad	Unidad
Longitud total del sendero		2140	metros (m)
Superficie o distancia de una persona		1	metros (m)
Horario de visita		9	horas (h)
Tiempo de duración del recorrido		3	horas (h)
Número de personas por grupo		16	personas
Distancia entre grupos		50	metros (m)
Precipitación	Número de meses al año	8	meses
	Número de semanas por mes	4,34	semanas
	Número de días a la semana	7	días
	Número de horas por día	3	horas (h)
Horario abierto al público	Número de semanas	52	semanas
	Número de días por semana	7	días
	Número de horas por día	9	horas (h)
Capacidad de Manejo		60	%

Cálculo de Número de Visitas (NV)

$$\text{Numero de Visitas} = \frac{\text{Horario de visita (horas abierto al público)}}{\text{Tiempo necesario para visitar el sendero}}$$

$$NV = \frac{9 \text{ Horas}}{3 \text{ Horas}}$$

$$NV = 3$$

Cálculo de la Capacidad de Carga Física (CCF)

$$\text{Cálculo de la Capacidad de Carga Física} = \frac{\text{Logitud del sendero}}{\text{superficie que ocupa una persona}} * NV$$

$$CCF = \frac{S}{sp} * NV$$

$$CCF = \frac{2140m}{1m} * 3$$

$$CCF = 6420 \text{ personas/dia}$$

Cálculo de la Capacidad de Carga Real (CCR). Para el cálculo de la Capacidad de Carga Real, se tomaron en cuenta los siguientes factores de corrección: social, accesibilidad y precipitación.

Cálculo del Número de Grupos (NG)

$$\text{Longitud del grupo} = 16m$$

$$\text{Separación entre grupos} = 50m$$

$$\text{Distancia requerida por cada grupo} = 16m + 50m$$

$$\text{Distancia requerida por cada grupo} = 66m$$

$$\text{Numero de Grupos} = \frac{\text{Largo total del sendero}}{\text{Distancia requerida por cada grupo}}$$

$$NG = \frac{2140 m}{66 m}$$

$$NG = 32.42$$

Cálculo de número de personas (P)

$$\text{Numero de personas} = \text{Número de Grupos} * \text{Número de personas por grupo}$$

$$P = NG * \text{Numero de personas por grupo}$$

$$P = 32.42 * 16$$

$$P = 518.79$$

Cálculo de la magnitud limitante (ml). De igual manera, como se explicó anteriormente, se obtiene la magnitud limitante para este sendero, la cual es la siguiente:

$$\text{Magnitud limitante} = \text{magnitud total} - \text{número de personas}$$

$$ml = mt - P$$

$$ml = 2140 \text{ m} - 518.79 \text{ m}$$

$$ml = 1621.21 \text{ m}$$

Cálculo del Factor de Corrección social (FCsoc)

$$\text{Factor de Corrección social} = 1 - \frac{\text{magnitud limitante}}{\text{magnitud total}}$$

$$FCsoc = 1 - \frac{ml}{mt}$$

$$FCsoc = 1 - \frac{1621.21}{2140}$$

$$FCsoc = 0.242$$

Identificación de la magnitud limitante por erodabilidad (mlero). De acuerdo a los mapas de erosión y de pendientes, se tiene que existe un grado de erosión severa y una pendiente escarpada, en el primer tramo del sendero (parqueadero – arista – parqueadero), dando una magnitud limitante de 138 metros (ida y retorno), dato que fue medido en campo con el equipo Estación Total M3.

$$\text{Magnitud limitante por erodabilidad} = 138 \text{ m}$$

$$mlero = 138 \text{ m}$$

Cálculo del Factor de Corrección por erodabilidad (FCero)

$$\text{Factor de Corrección por erodabilidad} = 1 - \frac{\text{magnitud limitante}}{\text{magnitud total}}$$

$$FCero = 1 - \frac{mlero}{mt}$$

$$FCero = 1 - \frac{138}{2140}$$

$$FCero = 0.936$$

Cálculo de horas limitantes por precipitación (hlprec)

$$hlprec = \text{meses} * \text{semanas} * \text{días} * \text{horas}$$

$$hlprec = 8 * 4.34 * 7 * 3$$

$$hlprec = 729 \text{ h}$$

Cálculo de horas totales que el parque está abierto al público (ht)

$$ht = \text{semanas} * \text{días} * \text{horas}$$

$$ht = 52 * 7 * 9$$

$$ht = 3276 \text{ h}$$

Cálculo del Factor de Corrección por precipitación (FCprec)

$$\text{Factor de Corrección por precipitación} = 1 - \frac{\text{magnitud limitante}}{\text{magnitud total}}$$

$$FCprec = 1 - \frac{mlprec}{mt}$$

$$FCprec = 1 - \frac{729}{3276}$$

$$FCprec = 0.777$$

Cálculo del Factor de Corrección por accesibilidad. Para realizar este cálculo, se tomó en cuenta el mapa de pendientes, y el trabajo realizado en campo, siendo el primer tramo del sendero de mayor pendiente (escarpada) lo que dificulta la accesibilidad de los turistas. Siendo así, la magnitud limitante por accesibilidad es igual a 138 metros.

$$\text{Factor de Corrección por accesibilidad} = 1 - \frac{\text{magnitud limitante}}{\text{magnitud total}}$$

$$FCacc = 1 - \frac{mlacc}{mt}$$

$$FCacc = 1 - \frac{138}{2140}$$

$$FCacc = 0.936$$

Cálculo de la Capacidad de Carga Real

$$CCR = CCF(FC_{Soc} * FC_{Cero} * FC_{acc} * FC_{prec})$$

$$CCR = 6420(0.242 * 0.936 * 0.936 * 0.777)$$

$$CCR = 1059 \text{ personas/día}$$

Nota: Para el cálculo de la CCR se tomaron en cuenta todas las cifras decimales.

Cálculo de la Capacidad de Carga Efectiva

$$\text{Capacidad de Carga Efectiva} = \text{Capacidad de Carga Real} * \text{Capacidad de Manejo (\%)}$$

$$CCR = CCR * CM$$

$$CCR = 1059 * 0.6$$

$$CCR = 635 \text{ personas/día}$$

Capacidad de carga turística del sendero Volcán Rumiñahui

Figura 30

Datos del sendero Volcán Rumiñahui

Variables		Cantidad	Unidad
Longitud total del sendero		9212	metros (m)
Superficie o distancia de una persona		1	metros (m)
Horario de visita		9	horas (h)
Tiempo de duración del recorrido		4,5	horas (h)
Número de personas por grupo		16	personas
Distancia entre grupos		50	metros (m)
Precipitación	Número de meses al año	8	meses
	Número de semanas por mes	4,34	semanas
	Número de días a la semana	7	días
	Número de horas por día	3	horas (h)
Horario abierto al público	Número de semanas	52	semanas
	Número de días por semana	7	días
	Número de horas por día	9	horas (h)
Capacidad de Manejo		60	%

Cálculo de Número de Visitas (NV)

$$\text{Numero de Visitas} = \frac{\text{Horario de visita (horas abierto al público)}}{\text{Tiempo necesario para visitar el sendero}}$$

$$NV = \frac{9 \text{ Horas}}{4.5 \text{ Horas}}$$

$$NV = 2$$

Cálculo de la Capacidad de Carga Física (CCF)

$$\text{Cálculo de la Capacidad de Carga Física} = \frac{\text{Logitud del sendero}}{\text{superficie que ocupa una persona}} * NV$$

$$CCF = \frac{S}{sp} * NV$$

$$CCF = \frac{9212m}{1m} * 3$$

$$CCF = 18424 \text{ personas/dia}$$

Cálculo de la Capacidad de Carga Real (CCR). Para el cálculo de la Capacidad de Carga Real, se tomaron en cuenta los siguientes factores de corrección: social, accesibilidad, erosión y precipitación.

Cálculo del Número de Grupos (NG)

$$\text{Longitud del grupo} = 16m$$

$$\text{Separación entre grupos} = 50m$$

$$\text{Distancia requerida por cada grupo} = 16m + 50m$$

$$\text{Distancia requerida por cada grupo} = 66m$$

$$\text{Número de Grupos} = \frac{\text{Largo total del sendero}}{\text{Distancia requerida por cada grupo}}$$

$$NG = \frac{9212 m}{66 m}$$

$$NG = 139.58$$

Cálculo de número de personas (P)

$$\text{Número de personas} = \text{Número de Grupos} * \text{Número de personas por grupo}$$

$$P = NG * \text{Número de personas por grupo}$$

$$P = 139.58 * 16$$

$$P = 2233.21$$

Cálculo de la magnitud limitante (ml). De igual manera, como se explicó anteriormente, se obtiene la magnitud limitante para este sendero, la cual es la siguiente:

$$\text{Magnitud limitante} = \text{magnitud total} - \text{numero de personas}$$

$$ml = mt - P$$

$$ml = 9212 \text{ m} - 2233.21 \text{ m}$$

$$ml = 6978.79 \text{ m}$$

Cálculo del Factor de Corrección social (FCsoc)

$$\text{Factor de Corrección social} = 1 - \frac{\text{magnitud limitante}}{\text{magnitud total}}$$

$$FCsoc = 1 - \frac{ml}{mt}$$

$$FCsoc = 1 - \frac{6978.79}{9212}$$

$$FCsoc = 0.242$$

Identificación de la magnitud limitante por erodabilidad (mlero). Este valor fue calculado con información del mapa de erosión y de pendientes, teniendo así, el último tramo del sendero con características de erosión severa y pendiente de tipo montañoso. Este último tramo del sendero que llega hasta las faldas del Volcán Rumiñahui, tiene una longitud de 341 metros (682 metros ida y vuelta).

$$\text{Magnitud limitante por erodabilidad} = 682 \text{ m}$$

$$mlero = 682 \text{ m}$$

Cálculo del Factor de Corrección por erodabilidad (FCero)

$$\text{Factor de Corrección por erodabilidad} = 1 - \frac{\text{magnitud limitante}}{\text{magnitud total}}$$

$$FCero = 1 - \frac{m_{\text{ero}}}{m_t}$$

$$FCero = 1 - \frac{682}{9212}$$

$$FCero = 0.926$$

Cálculo de horas limitantes por precipitación (hlprec)

$$h_{\text{lprec}} = \text{meses} * \text{semanas} * \text{días} * \text{horas}$$

$$h_{\text{lprec}} = 8 * 4.34 * 7 * 3$$

$$h_{\text{lprec}} = 729 \text{ h}$$

Cálculo de horas totales que el parque está abierto al público (ht)

$$h_t = \text{semanas} * \text{días} * \text{horas}$$

$$h_t = 52 * 7 * 9$$

$$h_t = 3276 \text{ h}$$

Cálculo del Factor de Corrección por precipitación (FCprec)

$$\text{Factor de Corrección por precipitación} = 1 - \frac{\text{magnitud limitante}}{\text{magnitud total}}$$

$$FCprec = 1 - \frac{m_{\text{prec}}}{m_t}$$

$$FCprec = 1 - \frac{729}{3276}$$

$$FCprec = 0.777$$

Cálculo del Factor de Corrección por Accesibilidad (FCacc). De acuerdo al mapa de pendientes, se tiene una magnitud por accesibilidad de 626.5 metros (1253 metros ida y

vuelta), que corresponde al primer tramo del sendero, que parte desde la Laguna de Limpiopungo.

$$\text{Factor de Corrección por accesibilidad} = 1 - \frac{\text{magnitud limitante}}{\text{magnitud total}}$$

$$FC_{acc} = 1 - \frac{ml_{acc}}{mt}$$

$$FC_{acc} = 1 - \frac{1253}{9212}$$

$$FC_{acc} = 0.864$$

Cálculo del Factor de Corrección por cobertura vegetal (FCcob). Este factor de corrección fue considerado, ya que, como ya se explicó anteriormente, el sendero atraviesa el ecosistema de paramo, considerado cobertura vegetal frágil, por lo que se consideró para el cálculo de una magnitud limitante, la cual corresponde al primer tramo del sendero, de acuerdo al mapa de cobertura vegetal y a la visita de campo realizada.

En este sentido, por las mediciones realizadas en campo, la magnitud limitante por cobertura vegetal es igual a 795 metros (1590 metros ida y vuelta).

$$\text{Factor de Corrección por cobertura vegetal} = 1 - \frac{\text{magnitud limitante}}{\text{magnitud total}}$$

$$FC_{cob} = 1 - \frac{ml_{cob}}{mt}$$

$$FC_{cob} = 1 - \frac{1590}{9212}$$

$$FC_{cob} = 0.827$$

Cálculo de la Capacidad de Carga Real

$$CCR = CCF(FC_{Soc} * FC_{Cero} * FC_{acc} * FC_{prec} * FC_{cob})$$

$$CCR = 18424(0.242 * 0.926 * 0.864 * 0.777 * 0.827)$$

$$CCR = 2298 \text{ personas/día}$$

Cálculo de la Capacidad de Carga Efectiva

$$\text{Capacidad de Carga Efectiva} = \text{Capacidad de Carga Real} * \text{Capacidad de Manejo (\%)}$$

$$CCE = CCR * CM$$

$$CCE = 2298 * 0.6$$

$$CCE = 1379 \text{ personas/día}$$

Capacidad de carga turística del sendero Los Manantiales

Figura 31

Datos del sendero Los Manantiales

Variables		Cantidad	Unidad
Longitud total del sendero		158	metros (m)
Superficie o distancia de una persona		1	metros (m)
Horario de visita		9	horas (h)
Tiempo de duración del recorrido		0,5	horas (h)
Número de personas por grupo		10	personas
Distancia entre grupos		30	metros (m)
Precipitación	Número de meses al año	8	meses
	Número de semanas por mes	4,34	semanas
	Número de días a la semana	7	días
	Número de horas por día	3	horas (h)
Horario abierto al público	Número de semanas	52	semanas
	Número de días por semana	7	días
	Número de horas por día	9	horas (h)
Capacidad de Manejo		60	%

Cálculo de Número de Visitas (NV)

$$\text{Numero de Visitas} = \frac{\text{Horario de visita (horas abierto al público)}}{\text{Tiempo necesario para visitar el sendero}}$$

$$NV = \frac{9 \text{ Horas}}{0.5 \text{ Horas}}$$

$$NV = 18$$

Cálculo de la Capacidad de Carga Física (CCF)

$$\text{Calculo de la capacidad de carga fisica} = \frac{\text{Longitud del sendero}}{\text{superficie que ocupa una persona}} * NV$$

$$CCF = \frac{S}{sp} * NV$$

$$CCF = \frac{158m}{1m} * 18$$

$$CCF = 2844 \text{ personas/dia}$$

Cálculo de la Capacidad de Carga Real (CCR). Para el cálculo de la Capacidad de Carga Real, se tomaron en cuenta los siguientes factores de corrección: social y precipitación.

Cálculo del Número de Grupos (NG)

$$\text{Longitud del grupo} = 10m$$

$$\text{Separación entre grupos} = 30m$$

$$\text{Distancia requerida por cada grupo} = 10m + 30m$$

$$\text{Distancia requerida por cada grupo} = 40m$$

$$\text{Número de Grupos} = \frac{\text{Largo total del sendero}}{\text{Distancia requerida por cada grupo}}$$

$$NG = \frac{158 m}{40 m}$$

$$NG = 3.95$$

Cálculo de número de personas (P)

$$\text{Personas} = \text{Número de Grupos} * \text{Número de personas por grupo}$$

$$P = NG * \text{Numero de personas por grupo}$$

$$P = 3.95 * 10$$

$$P = 39.50$$

Cálculo de la magnitud limitante (ml). De igual manera, como se explicó anteriormente, se obtiene la magnitud limitante para este sendero, la cual es la siguiente:

$$\text{Magnitud limitante} = \text{magnitud total} - \text{Personas}$$

$$ml = mt - P$$

$$ml = 158 - 39.50$$

$$ml = 118.5$$

Cálculo del Factor de Corrección social (FCsoc)

$$\text{Factor de Corrección social} = 1 - \frac{\text{magnitud limitante}}{\text{magnitud total}}$$

$$FCsoc = 1 - \frac{ml}{mt}$$

$$FCsoc = 1 - \frac{118.5}{158}$$

$$FCsoc = 0.250$$

Cálculo de horas limitantes por precipitación (hlprec)

$$hlprec = \text{meses} * \text{semanas} * \text{dias} * \text{horas}$$

$$hlprec = 8 * 4.34 * 7 * 3$$

$$hlprec = 729 \text{ h}$$

Cálculo de horas totales que el parque está abierto al público (ht)

$$ht = \text{semanas} * \text{dias} * \text{horas}$$

$$ht = 52 * 7 * 9$$

$$ht = 3276 \text{ h}$$

Cálculo del Factor de Corrección por precipitación (FCprec)

$$\text{Factor de Corrección por precipitación} = 1 - \frac{\text{magnitud limitante}}{\text{magnitud total}}$$

$$FC_{prec} = 1 - \frac{ml_{prec}}{mt}$$

$$FC_{prec} = 1 - \frac{729}{3276}$$

$$FC_{prec} = 0.777$$

Cálculo de la Capacidad Real

$$CCR = CCF(FC_{soc} * FC_{prec})$$

$$CCR = CCF(0.250 * 0.777)$$

$$CCR = 553 \text{ personas/día}$$

Cálculo de la Capacidad de Carga Efectiva

$$\text{Capacidad de Carga Efectiva} = \text{Capacidad de Carga Real} * \text{Capacidad de Manejo (\%)}$$

$$CCE = CCR * CM$$

$$CCE = 553 * 0.6$$

$$CCE = 332 \text{ personas/día}$$

A continuación, se detalla la capacidad de carga turística para la propuesta de un nuevo sendero de Los Manantiales:

Capacidad de carga turística de la propuesta del sendero Los Manantiales

Figura 32

Datos del sendero Los Manantiales (propuesta)

Variables		Cantidad	Unidad
Longitud total del sendero		500	metros (m)
Superficie o distancia de una persona		1	metros (m)
Horario de visita		9	horas (h)
Tiempo de duración del recorrido		0,45	horas (h)
Número de personas por grupo		10	personas
Distancia entre grupos		30	metros (m)
Precipitación	Número de meses al año	8	meses
	Número de semanas por mes	4,34	semanas
	Número de días a la semana	7	días
	Número de horas por día	3	horas (h)
Horario abierto al público	Número de semanas	52	semanas
	Número de días por semana	7	días
	Número de horas por día	9	horas (h)
Capacidad de Manejo		60	%

Cálculo de Número de Visitas (NV)

$$\text{Número de Visitas} = \frac{\text{Horario de visita (horas abierto al público)}}{\text{Tiempo necesario para visitar el sendero}}$$

$$NV = \frac{9 \text{ Horas}}{0.45 \text{ Horas}}$$

$$NV = 20$$

Cálculo de la Capacidad de Carga Física (CCF)

$$\text{Cálculo de la capacidad de carga física} = \frac{\text{Longitud del sendero}}{\text{superficie que ocupa una persona}} * NV$$

$$CCF = \frac{S}{sp} * NV$$

$$CCF = \frac{500m}{1m} * 20$$

$$CCF = 10000 \text{ personas/día}$$

Cálculo de la Capacidad de Carga Real (CCR). Para el cálculo de la Capacidad de Carga Real, se tomaron en cuenta los siguientes factores de corrección: Social, Precipitación y Anegamiento.

Cálculo del Número de Grupos (NG)

$$\text{Longitud del grupo} = 10m$$

$$\text{Separación entre grupos} = 30m$$

$$\text{Distancia requerida por cada grupo} = 10m + 30m$$

$$\text{Distancia requerida por cada grupo} = 40m$$

$$\text{Número de Grupos} = \frac{\text{Largo total del sendero}}{\text{Distancia requerida por cada grupo}}$$

$$NG = \frac{500 m}{40 m}$$

$$NG = 12.5$$

Cálculo de número de personas (P)

$$\text{Numero de personas} = \text{Número de Grupos} * \text{Número de personas por grupo}$$

$$P = NG * \text{Número de personas por grupo}$$

$$P = 12.5 * 10$$

$$P = 125 \text{ personas}$$

Cálculo de la magnitud limitante (ml). De igual manera, como se explicó anteriormente, se obtiene la magnitud limitante para este sendero, la cual es la siguiente:

$$\text{Magnitud limitante} = \text{magnitud total} - \text{número de personas}$$

$$ml = mt - P$$

$$ml = 500 m - 125 m$$

$$ml = 375 m$$

Cálculo del Factor de Corrección social (FCsoc)

$$\text{Factor de Corrección social} = 1 - \frac{\text{magnitud limitante}}{\text{magnitud total}}$$

$$FCsoc = 1 - \frac{ml}{mt}$$

$$FCsoc = 1 - \frac{375}{500}$$

$$FCsoc = 0.250$$

Cálculo de horas limitantes por precipitación (hlprec)

$$hlprec = \text{meses} * \text{semanas} * \text{dias} * \text{horas}$$

$$hlprec = 8 * 4.34 * 7 * 3$$

$$hlprec = 729 \text{ h}$$

Cálculo de horas totales que el parque está abierto al público (ht)

$$ht = \text{semanas} * \text{dias} * \text{horas}$$

$$ht = 52 * 7 * 9$$

$$ht = 3276 \text{ h}$$

Cálculo del Factor de Corrección por precipitación (FCprec)

$$\text{Factor de corrección por precipitación} = 1 - \frac{\text{magnitud limitante}}{\text{magnitud total}}$$

$$FCprec = 1 - \frac{mlprec}{mt}$$

$$FCprec = 1 - \frac{729}{3276}$$

$$FCprec = 0.777$$

Cálculo del Factor de Corrección por anegamiento ($FCane$)

$$\text{Factor de corrección por anegamiento} = 1 - \frac{\text{magnitud limitante}}{\text{magnitud total}}$$

$$FCane = 1 - \frac{mlane}{mt}$$

$$FCane = 1 - \frac{66}{500}$$

$$FCane = 0.868$$

Cálculo de la Capacidad Real

$$CCR = CCF(FCsoc * FCprec * FCane)$$

$$CCR = CCF(0.250 * 0.777 * 0.868)$$

$$CCR = 1687 \text{ personas/día}$$

Cálculo de la Capacidad de Carga Efectiva

$$\text{Capacidad de Carga Efectiva} = \text{Capacidad de Carga Real} * \text{Capacidad de Manejo (\%)}$$

$$CCE = CCR * CM$$

$$CCE = 1687 * 0.6$$

$$CCE = 1012 \text{ personas/día}$$

De esta manera, se obtiene el siguiente resumen de los senderos respecto a su capacidad de carga física, real y efectiva:

Figura 33

Capacidad de Carga Física, Real y Efectiva de los senderos

Nombre	Capacidad de Carga Física (CCF)	Capacida de Carga Real (CCR)	Capacidad de Carga Efectiva (CCE)	Imagen
Sendero Laguna de Limpiopungo	17430 personas/día	1811 personas/día	1086 personas/día	
Sendero Parqueadero Ladera del Cotopaxi - Refugio José Rivas	6420 personas/día	1059 personas/día	635 personas/día	
Sendero Volcán Rumiñahui	18424 personas/día	2298 personas/día	1379 personas/día	
Sendero Los Manantiales	2844 personas/día	553 personas/día	332 pesonas/día	

Capacidad de carga ecoturística total del PNC

De acuerdo a la literatura existente y por experiencias nacionales e internacionales, se puede obtener la capacidad de carga ecoturística total del PNC, sumando las capacidades de carga de los sitios con mayor concurrencia turística. Para el presente caso, corresponde a sumar las capacidades de carga de los senderos: Sendero Laguna de Limpiopungo (1087 personas/día) y Sendero Parqueadero Ladera del Volcán Cotopaxi – Refugio José Rivas (635 personas/día).

Es decir, la capacidad total del PNC es de 1722 personas/día, debiendo señalar que, este es un valor referencial que variará, dependiendo si los turistas visitan un solo sitio o prefieren

visitar los dos sitios de mayor afluencia, para lo cual se deberá tomar en cuenta la capacidad de carga ecoturística de cada sendero.

Adicionalmente, se presenta los cálculos realizados de capacidad de carga vehicular de los parqueaderos: Laguna de Limpiopungo y Ladera del Volcán Cotopaxi, así como también, los respectivos croquis realizados mediante herramientas SIG.

Tabla 1

Área de los parqueaderos

Parqueadero	Área
Laguna de Limpiopungo	4262 m ²
Ladera del Volcán Cotopaxi	5790 m ²

Las dimensiones que un vehículo promedio ocupa son: 5 m de longitud y 2.2 m de ancho, según el documento del INEN, 2018, titulado: Accesibilidad de las personas al medio físico, sobre estacionamientos.

Capacidad de carga vehicular del Parqueadero Laguna de Limpiopungo

Área de un vehículo (A)

$$Area = Ancho * Longitud$$

$$A = 2.2 m * 5m$$

$$A = 11 m^2$$

De acuerdo al área total del parqueadero (4262 m²), se tiene que la capacidad de carga vehicular corresponde a 48 vehículos/día (ver Figura 34).

Capacidad de carga vehicular del Parqueadero Ladera del Volcán Cotopaxi

De acuerdo al área total del parqueadero (5790 m²), se tiene que la capacidad de carga vehicular corresponde a 147 vehículos/día (ver Figura 35).

Figura 34

Croquis del parqueadero del sendero Laguna de Limpiopungo

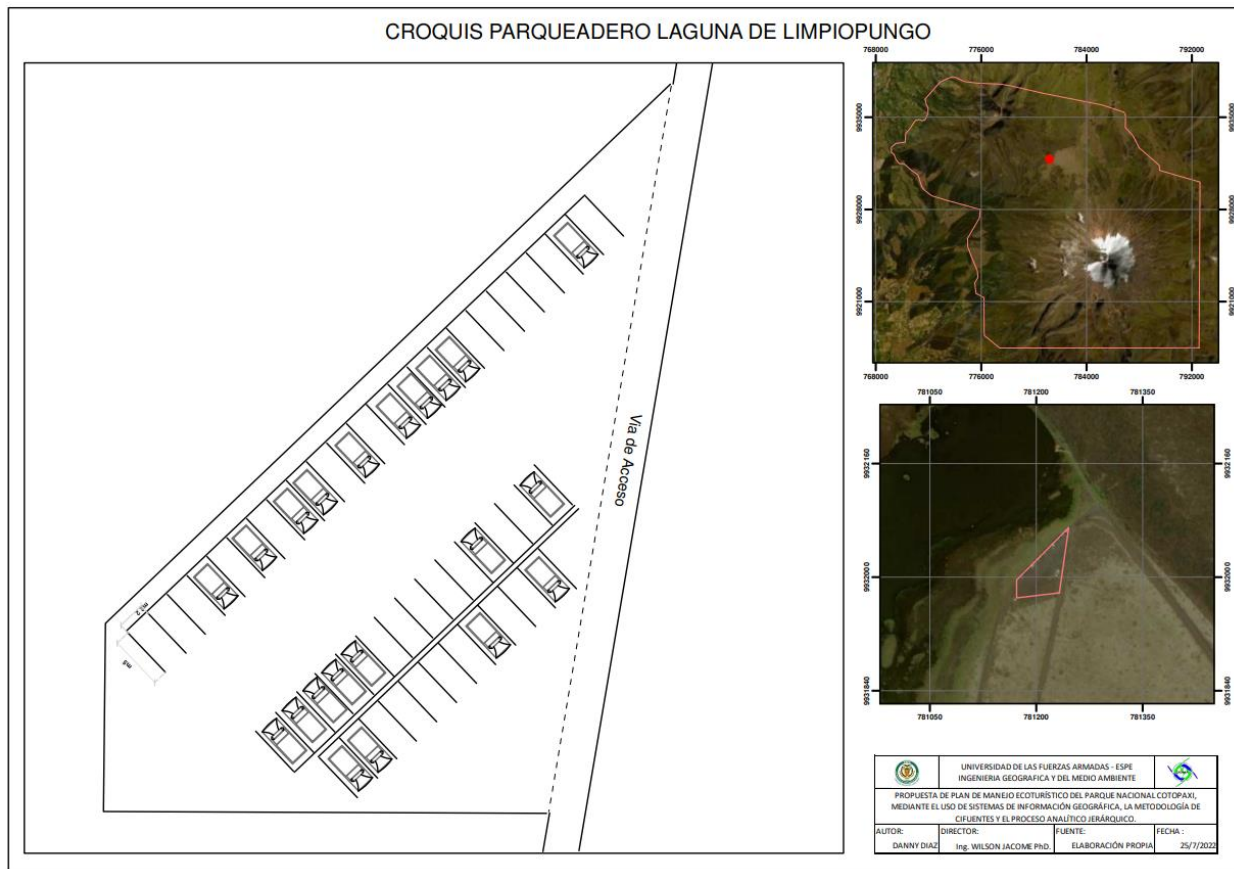
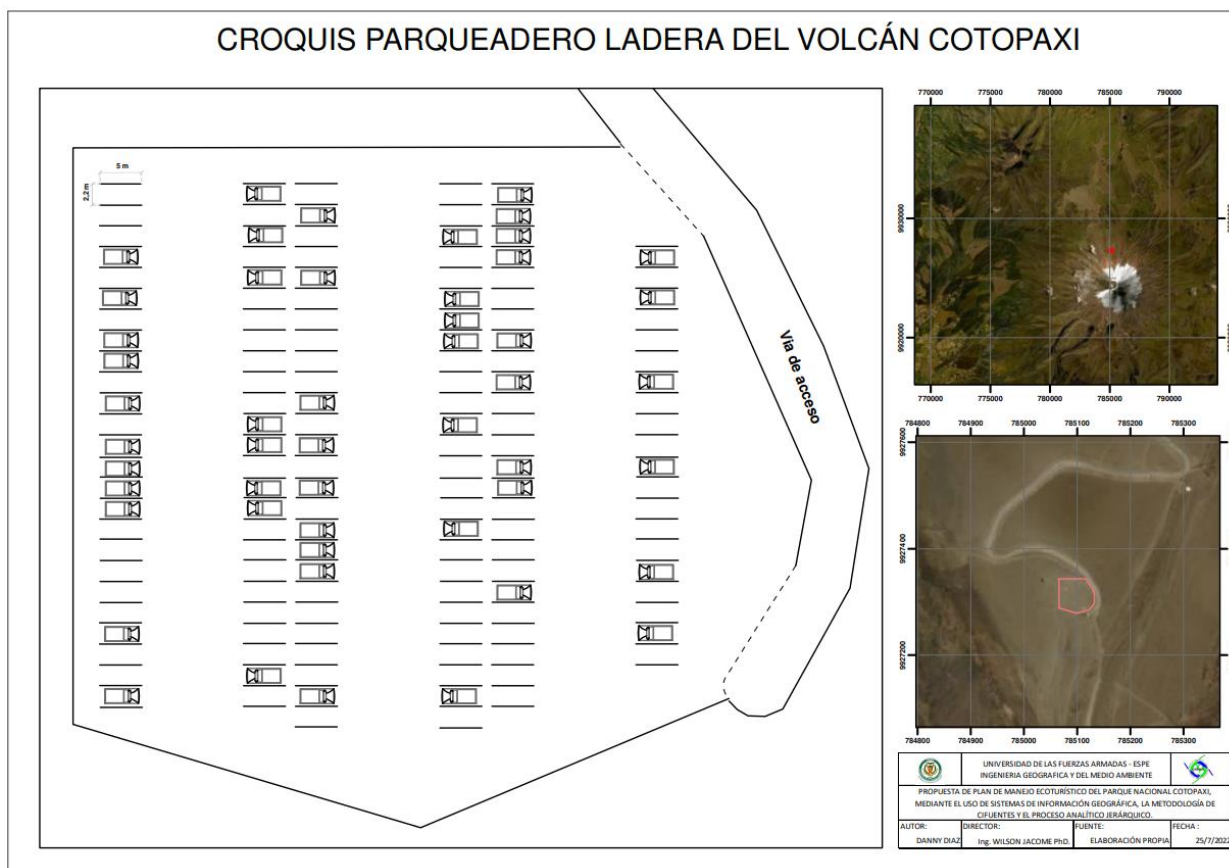


Figura 35

Croquis del parqueadero del sendero hacia el Refugio



Proceso Jerárquico Analítico (AHP)

La metodología utilizada para desarrollar el modelo AHP, a fin de evaluar los criterios y alternativas de solución para desarrollar el ecoturismo en el PNC, esto es, tanto los impactos ambientales como las alternativas de solución, es la siguiente:

Diseño del modelo de toma de decisión

El modelo AHP sirve para evaluar las alternativas de actuación sobre un determinado aspecto o problema social, económico o ambiental. En el presente caso, el aspecto o problema ambiental constituye el turismo descontrolado o la problemática ambiental generada por el turismo en el PNC. El modelo AHP, resultado de la presente investigación, constituye una

elección entre varias alternativas de actuación a fin de llevar a cabo un turismo ecológico, con base en criterios de evaluación, los mismos que están directamente relacionados con las características del problema y sus objetivos de solución.

Esta actividad de investigación, requirió el concurso de un panel de expertos, a fin de establecer los criterios de evaluación y las alternativas de actuación, así como también evaluar los criterios y las alternativas, de acuerdo a la escala de Saaty. La selección del panel de expertos se indica a continuación.

Selección de panel de expertos. Para la selección de los criterios, alternativas de actuación y diseño del modelo de decisión, de acuerdo con el procedimiento AHP, se seleccionaron a tres expertos, con base a la experiencia profesional relacionada con la gestión ecoturística de áreas naturales, el nivel académico e investigativo, y obviamente, de acuerdo a la temática de la presente investigación, y tratando de que sean actores representativos del PNC y del ecoturismo en particular.

Los miembros del panel de experto, tienen a su cargo la identificación de los criterios más relevantes tendientes a llevar a cabo el ecoturismo en el PNC, así como también, la identificación de las alternativas de solución o estrategias para el ecoturismo.

Los expertos seleccionados para participar en la elaboración del modelo AHP, fueron los siguientes:

Representante del PNC. - Es profesional experto en áreas naturales protegidas, a cargo de la conservación y protección del PNC.

Representante de la academia. Es profesional docente universitario, con amplia experiencia en manejo de recursos naturales y conservación de áreas naturales.

Representante del turismo en el PNC. - Es profesional experto en ecoturismo, docente universitario y consultor en temas ambientales

Selección de criterios. Para diseñar el modelo, los expertos establecieron los criterios o indicadores relacionados a la problemática del turismo, los mismos que permiten evaluar adecuadamente el modelo de decisión para el ecoturismo. En primer lugar, se tuvo en cuenta los objetivos de conservación del PNC (ver Capítulo III), luego se analizaron las debilidades y amenazas del análisis FODA, para posteriormente analizar los diversos problemas ambientales generados por el turismo. Con todo este material, y luego de las visitas de campo y apoyados en la literatura existente sobre el PNC y el ecoturismo, se discutieron y organizaron los criterios de forma que permitan evaluar la problemática derivada del turismo.

Los criterios o indicadores seleccionados por el panel de expertos se detallan a continuación:

Pérdida de biodiversidad

Erosión

Generación de residuos

Contaminación

Generación de empleo e ingresos económicos

Agregación de las alternativas para hacer un turismo ecológico. Una vez establecidos los criterios o indicadores que influyen en la evaluación y toma de decisiones para tener un turismo ecológico, se plantearon diferentes estrategias o alternativas de actuación (soluciones). Para ello, se realizó una revisión bibliográfica, se realizaron entrevistas a representantes de la Administración del Parque, para que aporten sus ideas sobre posibles estrategias que contribuyan a fomentar el ecoturismo en esta área protegida.

Se plantearon varias estrategias o alternativas de actuación para llevar a cabo el ecoturismo en el PNC, de las que finalmente los expertos eligieron cuatro, las mismas que se detallan a continuación:

Alternativa 1. Control de ingreso de turistas

Alternativa 2. Vigilancia de actividades turísticas

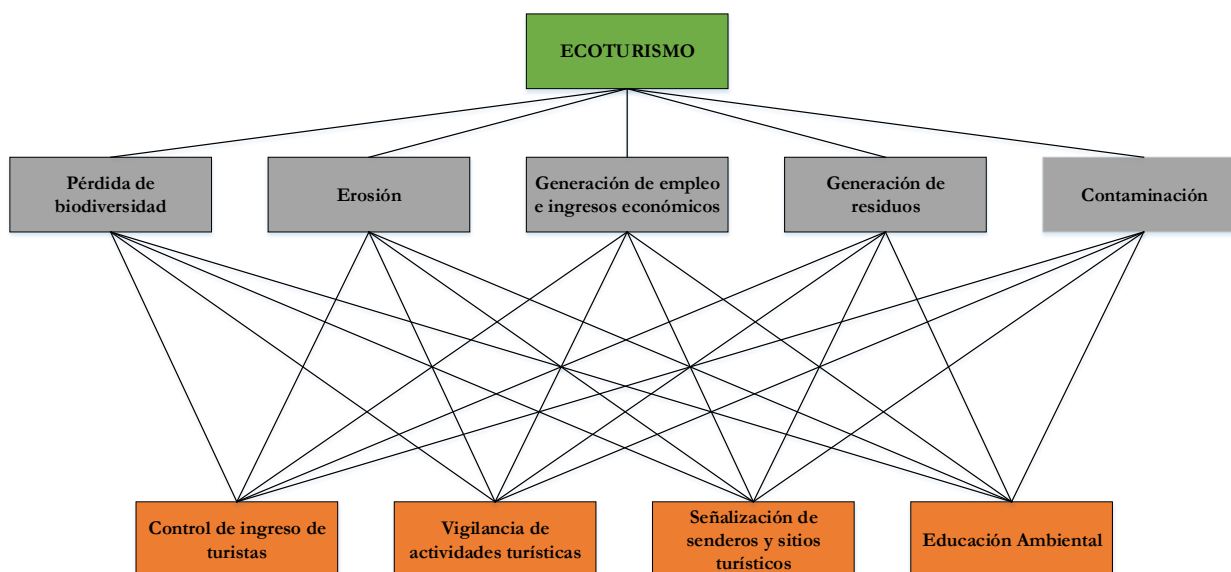
Alternativa 3. Señalización de senderos y sitios turísticos

Alternativa 4. Educación ambiental

Éstas estrategias o alternativas de actuación (soluciones) constituirán o serán parte de los programas de manejo ecoturístico del PNC, que se detallan en el Capítulo V.

Figura 36

Modelo AHP del caso de estudio



Una vez seleccionados los criterio o indicadores del ecoturismo, así como también las soluciones o estrategias para un turismo ecológico en el PNC, se procedió a realizar las encuestas correspondientes a cada uno de los expertos, siguiendo la metodología de Saaty.

Tabla 2*Escala de valoración de Saaty*

Escala	Preferencia	Explicación
1	Igual	Igual contribución al objetivo
3	Moderada	Experiencia y juicio favorece a uno
5	Fuerte	Experiencia y juicio favorece fuertemente
7	Muy fuerte	En la práctica se ve el dominio
9	Extrema	Evidencia mayor sobre el otro

Nota. Recuperado de Saaty, 1982.

Evaluación de los criterios por el panel de expertos:

Tabla 3*Impactos ambientales del turismo según experto 1*

Impactos ambientales	Pérdida de biodiversidad	Erosión	Generación de residuos	Contaminación	Generación de empleo e ingresos económicos
Pérdida de biodiversidad	1,00	0,14	0,25	0,17	3,00
Erosión	7,00	1,00	5,00	0,14	2,00
Generación de residuos	4,00	0,20	1,00	7,00	2,00
Contaminación	6,00	7,00	0,14	1,00	4,00
Generación de empleo e ingresos económicos	0,33	0,50	0,50	0,25	1,00

Tabla 4*Impactos ambientales del turismo según experto 2*

Impactos ambientales	Pérdida de biodiversidad	Erosión	Generación de residuos	Contaminación	Generación de empleo e ingresos económicos
Pérdida de biodiversidad	1,00	0,11	0,33	0,14	2,00
Erosión	9,00	1,00	7,00	0,20	4,00
Generación de residuos	3,00	0,14	1,00	9,00	4,00
Contaminación	7,00	5,00	0,11	1,00	5,00
Generación de empleo e ingresos económicos	0,50	0,25	0,25	0,20	1,00

Tabla 5*Impactos ambientales del turismo según experto 3*

Impactos ambientales	Pérdida de biodiversidad	Erosión	Generación de residuos	Contaminación	Generación de empleo e ingresos económicos
Pérdida de biodiversidad	1,00	0,13	0,50	0,25	2,00
Erosión	8,00	1,00	6,00	0,33	7,00
Generación de residuos	2,00	0,17	1,00	7,00	4,00
Contaminación	4,00	3,00	0,14	1,00	5,00
Generación de empleo e ingresos económicos	6,00	0,14	0,25	0,20	1,00

Para la obtención del vector de importancia de los criterios, se debe normalizar los juicios de valor de los expertos mediante la siguiente fórmula: $N = \frac{A_{N,N}}{A_{MAX}}$, presentados en las matrices anteriores, tal como se presenta a continuación:

Tabla 6*Matriz A1*

Impactos ambientales	Pérdida de biodiversidad	Erosión	Generación de residuos	Contaminación	Generación de empleo e ingresos económicos
Pérdida de biodiversidad	1,00	0,14	0,25	0,17	3,00
Erosión	7,00	1,00	5,00	0,14	2,00
Generación de residuos	4,00	0,20	1,00	7,00	2,00
Contaminación	6,00	7,00	0,14	1,00	4,00
Generación de empleo e ingresos económicos	0,33	0,50	0,50	0,25	1,00
A Max	18,33	8,84	6,89	8,56	12,00

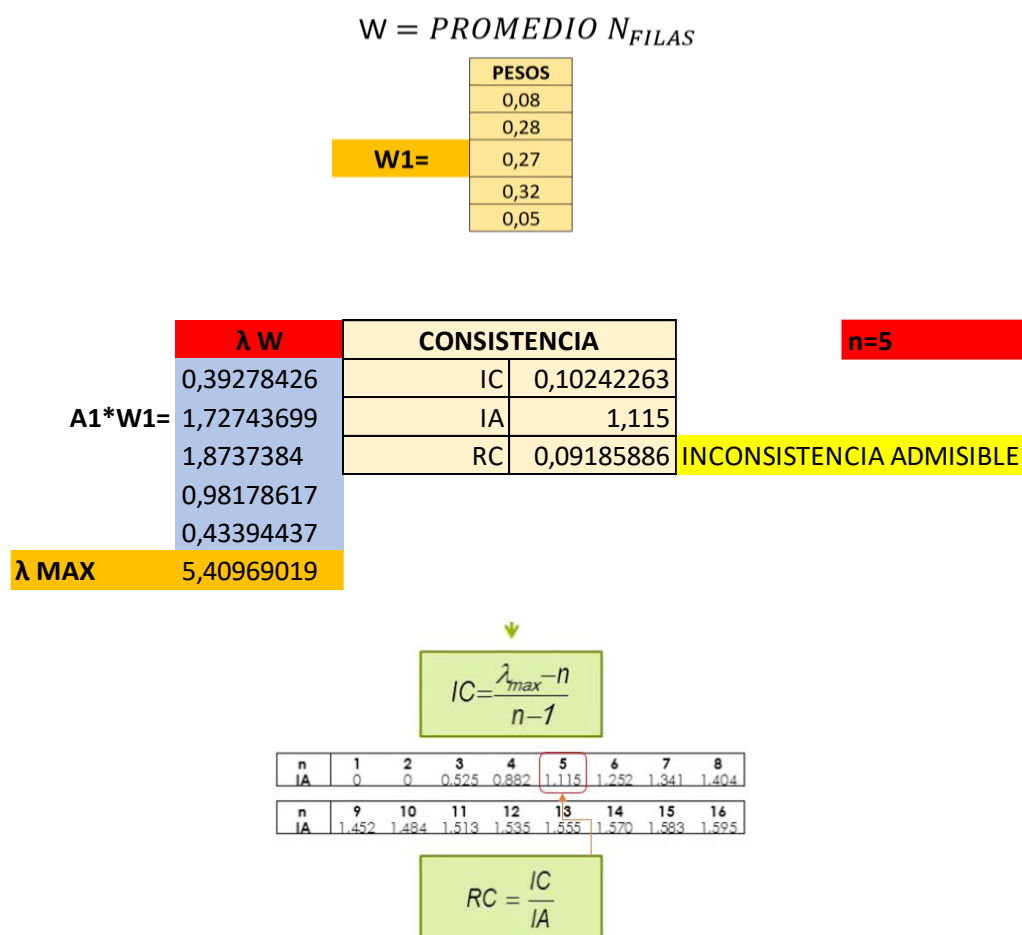
Tabla 7*Matriz normalizada (N1)*

Impactos ambientales	Pérdida de biodiversidad	Erosión	Generación de residuos	Contaminación	Generación de empleo e ingresos económicos
Pérdida de biodiversidad	0,05	0,02	0,04	0,02	0,25
Erosión	0,38	0,11	0,73	0,02	0,17
Generación de residuos	0,22	0,02	0,15	0,82	0,17
Contaminación	0,33	0,79	0,02	0,12	0,33
Generación de empleo e ingresos económicos	0,02	0,06	0,07	0,03	0,08

Con los valores normalizados de la matriz N1 se obtiene el vector W1 de los pesos de los criterios, para lo cual se obtienen los promedios por filas de los valores normalizados de la matriz N1. Para terminar el proceso, se tiene que calcular la razón de consistencia, la cual debe ser menor o igual que 0,10 (10 %), de acuerdo a la metodología de Saaty, para ello, se tiene que multiplicar la matriz A1 de los juicios de valor, por el vector de los pesos de los criterios (W1) ya calculado, con lo cual se obtiene el vector columna λW , que realizando la sumatoria de los valores de ese vector se obtiene el valor propio λ_{Max} , que es el que se utiliza para encontrar el índice de consistencia, que conjuntamente con el índice aleatorio (IA) de la tabla que se presenta a continuación, se calcula la razón de consistencia con la fórmula, que de igual manera, se presenta a continuación:

Figura 37

Matriz W1



El procedimiento detallado anteriormente se realiza para cada uno de los expertos, para finalmente obtener un vector promedio de la importancia de los criterios, tal como se indica a continuación:

Tabla 8

Matriz A2

Impactos ambientales	Pérdida de biodiversidad	Erosión	Generación de residuos	Contaminación	Generación de empleo e ingresos económicos
Pérdida de biodiversidad	1,00	0,11	0,33	0,14	2,00
Erosión	9,00	1,00	7,00	0,20	4,00
Generación de residuos	3,00	0,14	1,00	9,00	4,00
Contaminación	7,00	5,00	0,11	1,00	5,00
Generación de empleo e ingresos económicos	0,50	0,25	0,25	0,20	1,00
A Max	20,50	6,50	8,69	10,54	16,00

Tabla 9*Matriz normalizada (N2)*

Impactos ambientales	Pérdida de biodiversidad	Erosión	Generación de residuos	Contaminación	Generación de empleo e ingresos económicos
Pérdida de biodiversidad	0,05	0,02	0,04	0,01	0,13
Erosión	0,44	0,15	0,81	0,02	0,25
Generación de residuos	0,15	0,02	0,12	0,85	0,25
Contaminación	0,34	0,77	0,01	0,09	0,31
Generación de empleo e ingresos económicos	0,02	0,04	0,03	0,02	0,06

Figura 39*Matriz W2 (Promedio por filas de la matriz normalizada N2)*

$$W = \text{PROMEDIO } N_{\text{FILAS}}$$

	PESOS
	0,05
	0,33
W2=	0,28
	0,31
	0,03

Figura 40

Cálculo de la razón de consistencia

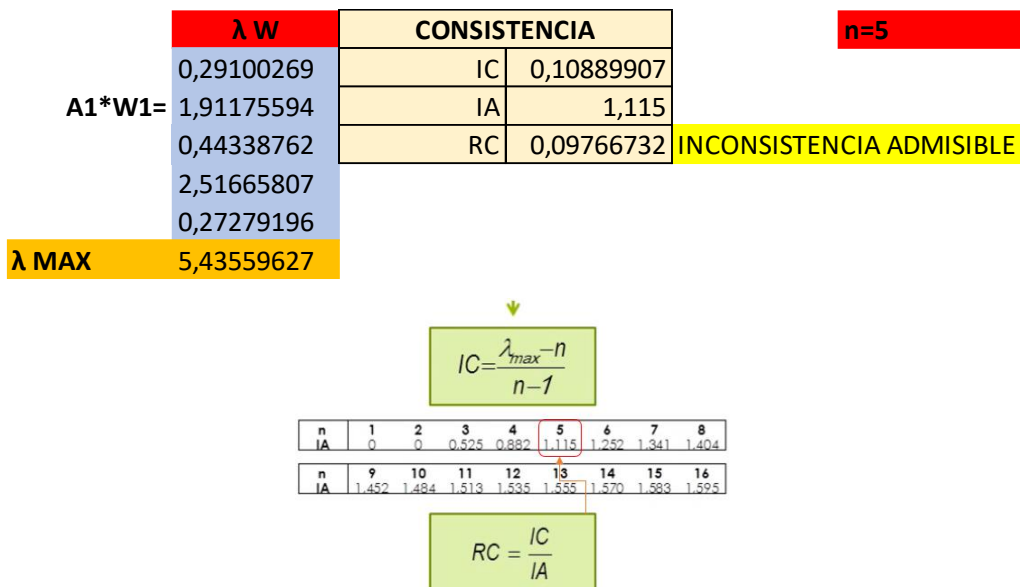


Tabla 10

Matriz A3

	Impactos ambientales	Pérdida de biodiversidad	Erosión	Generación de residuos	Contaminación	Generación de empleo e ingresos económicos
Pérdida de biodiversidad		1,00	0,13	0,50	0,25	2,00
Erosión		8,00	1,00	6,00	0,33	7,00
Generación de residuos		2,00	0,17	1,00	7,00	4,00
Contaminación		4,00	3,00	0,14	1,00	5,00
Generación de empleo e ingresos económicos		6,00	0,14	0,25	0,20	1,00
A Max		21,00	4,43	7,89	8,78	19,00

Tabla 11*Matriz normalizada (N3)*

Impactos ambientales	Pérdida de biodiversidad	Erosión	Generación de residuos	Contaminación	Generación de empleo e ingresos económicos
Pérdida de biodiversidad	0,05	0,03	0,06	0,03	0,11
Erosión	0,38	0,23	0,76	0,04	0,37
Generación de residuos	0,10	0,04	0,13	0,80	0,21
Contaminación	0,19	0,68	0,02	0,11	0,26
Generación de empleo e ingresos económicos	0,29	0,03	0,03	0,02	0,05

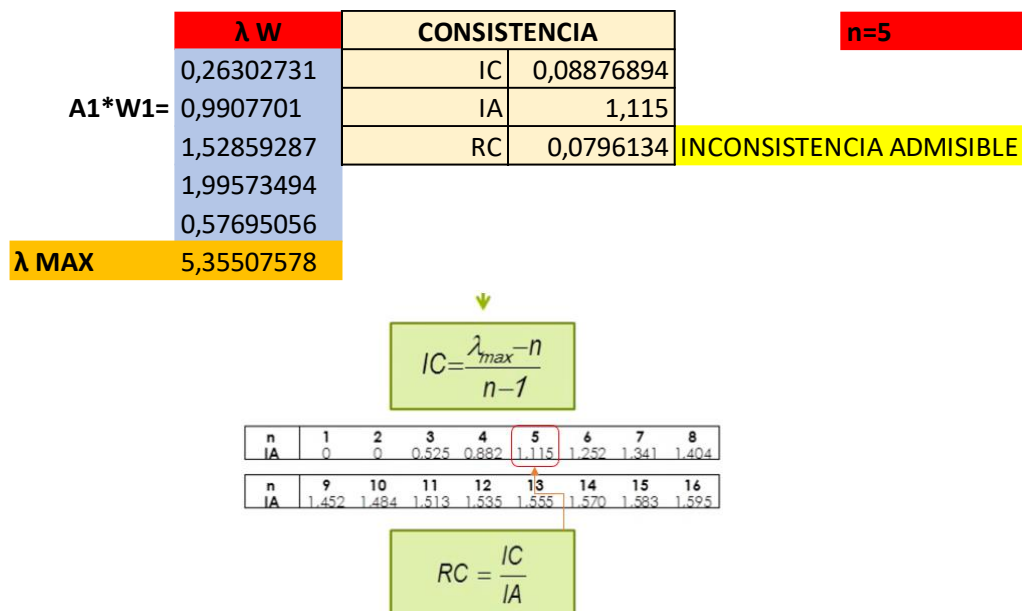
Figura 41*Matriz W3 (Promedio por filas de la matriz normalizada N2)*

$$W = \text{PROMEDIO } N_{\text{FILAS}}$$

	PESOS
	0,05
	0,35
W3=	0,25
	0,25
	0,09

Figura 42

Cálculo de la razón de consistencia



Con los tres vectores de prioridades de los criterios obtenidos de cada uno de los expertos, se obtiene el vector promedio de prioridades de los criterios:

Tabla 12

Vector prioridades (Promedio de W1, W2, W3)

Ord.	Vector de prioridades	Impactos ambientales (criterios o indicadores)
4	0,059471725	Pérdida de biodiversidad
1	0,32290107	Erosión
3	0,268289034	Generación de residuos
2	0,292147385	Contaminación
5	0,057190786	Generación de empleo e ingresos económicos

A continuación, se realiza la evaluación de las alternativas de actuación, con respecto a cada uno de los criterios, siguiendo la metodología ya explicada.

Evaluación de las alternativas con respecto al criterio pérdida de biodiversidad

Tabla 13

Matriz A1

ALTERNATIVAS	Control de ingreso de turistas	Vigilancia de las actividades turísticas	Educación ambiental	Señalización
Control de ingreso de turistas	1,00	3,00	3,00	5,00
Vigilancia de las actividades turísticas	0,33	1,00	1,00	3,00
Educación ambiental	0,33	1,00	1,00	3,00
Señalización	0,20	0,33	0,33	1,00
A Max	1,8667	5,3333	5,3333	12

Tabla 14

Matriz Normalizada (N1)

ALTERNATIVAS	Control de ingreso de turistas	Vigilancia de las actividades turísticas	Educación ambiental	Señalización
Control de ingreso de turistas	0,5357	0,5625	0,5625	0,4167
Vigilancia de las actividades turísticas	0,1785	0,1875	0,1875	0,2500
Educación ambiental	0,1785	0,1875	0,1875	0,2500
Señalización	0,1071	0,0625	0,0625	0,0833

Figura 43

Matriz W1 (promedio)

$$W = \text{PROMEDIO } N_{\text{FILAS}}$$

W1=	0,519345238
	0,200892857
	0,200892857
	0,078869048

Figura 44

Cálculo de la razon de consistencia

	λW	CONSISTENCIA		$n=4$
A1*W1=	2,119047619	IC	0,019577	INCONSISTENCIA ADMISIBLE
	0,811507937	IA	0,882	
	0,811507937	RC	0,022196	
	0,316666667			
λ MAX	4,058730159			

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

n	1	2	3	4	5	6	7	8
IA	0	0	0,525	0,882	1,115	1,252	1,341	1,404
n	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	1,452	1,484	1,513	1,535	1,555	1,570	1,583	1,595

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Evaluación de las alternativas con respecto al criterio erosión

Tabla 15

Matriz A2

ALTERNATIVAS	Control de ingreso de turistas	Vigilancia de las actividades turísticas	Educación ambiental	Señalización
Control de ingreso de turistas	1,00	1,00	0,33	5,00
Vigilancia de las actividades turísticas	1,00	1,00	0,33	5,00
Educación ambiental	3,00	3,00	1,00	5,00
Señalización	0,20	0,20	0,20	1,00
A Max	5,2	5,2	1,8667	16

Tabla 16

Matriz (N2)

Alternativas	Control de ingreso de turistas	Vigilancia de las actividades turísticas	Educación ambiental	Señalización
Control de ingreso de turistas	0,1923	0,1923	0,1785	0,3125
Vigilancia de las actividades turísticas	0,1923	0,1923	0,1785	0,3125
Educación ambiental	0,5769	0,5769	0,5357	0,3125
Señalización	0,0384	0,0384	0,1071	0,0625

Figura 45

Matriz W2 (promedio)

$$W = \text{PROMEDIO } N_{\text{FILAS}}$$

	0,218921703
W2=	0,218921703
	0,50051511
	0,061641484

Figura 46

Cálculo de la razón de consistencia

	λ W
	0,912889194
A2*W2=	0,912889194
	2,122252747
	0,249313187
λ MAX	4,197344322

CONSISTENCIA		n=4
IC	0,065781441	
IA	0,882	
RC	0,074582132	INCONSISTENCIA ADMISIBLE

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

n	1	2	3	4	5	6	7	8
IA	0	0	0,525	0,882	1,115	1,252	1,341	1,404
n	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	1,452	1,484	1,513	1,535	1,555	1,570	1,583	1,595

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Evaluación de las alternativas con respecto al criterio generación de residuos

Tabla 17

Matriz A3

ALTERNATIVAS	Control de ingreso de turistas	Vigilancia de las actividades turísticas	Educación ambiental	Señalización
Control de ingreso de turistas	1,00	0,14	0,33	5,00
Vigilancia de las actividades turísticas	7,00	1,00	3,00	3,00
Educación ambiental	3,00	0,33	1,00	1,00
Señalización	0,20	0,33	1,00	1,00
A Max	11,2	1,8095	5,3333	10

Tabla 18

Matriz Normalizada (N3)

ALTERNATIVAS	Control de ingreso de turistas	Vigilancia de las actividades turísticas	Educación ambiental	Señalización
Control de ingreso de turistas	0,0892	0,0789	0,0625	0,5
Vigilancia de las actividades turísticas	0,6250	0,5526	0,5625	0,3
Educación ambiental	0,2678	0,1842	0,1875	0,1
Señalización	0,0178	0,1842	0,1875	0,1

Figura 47

Matriz W3 (promedio)

$$W = \text{PROMEDIO } N_{\text{FILAS}}$$

	0,1826833
W3=	0,5100329
	0,1848919
	0,1223919

Figura 48

Calculo de a razón de consistencia

	λW
	0,92913534
A3*W3=	1,64958647
	1,02534461
	0,51383145
$\lambda \text{ MAX}$	4,11789787

CONSISTENCIA		n=4
IC	0,03929929	
IA	0,882	
RC	0,04455702	INCONSISTENCIA ADMISIBLE

↓

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

n	1	2	3	4	5	6	7	8
IA	0	0	0,525	0,882	1,115	1,252	1,341	1,404

n	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	1,452	1,484	1,513	1,535	1,555	1,570	1,583	1,595

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Evaluación de las alternativas con respecto al criterio contaminación

Tabla 19

Matriz A4

ALTERNATIVAS	Control de ingreso de turistas	Vigilancia de las actividades turísticas	Educación ambiental	Señalización
Control de ingreso de turistas	1,00	0,17	0,25	4,00
Vigilancia de las actividades turísticas	6,00	1,00	4,00	4,00
Educación ambiental	4,00	0,25	1,00	1,00
Señalización	0,25	0,25	1,00	1,00
A Max	11,25	1,6667	6,25	10

Tabla 20

Matriz Normalizada

ALTERNATIVAS	Control de ingreso de turistas	Vigilancia de las actividades turísticas	Educación ambiental	Señalización
Control de ingreso de turistas	0,0888	0,1	0,04	0,4
Vigilancia de las actividades turísticas	0,5333	0,6	0,64	0,4
Educación ambiental	0,3555	0,15	0,16	0,1
Señalización	0,0222	0,15	0,16	0,1

Figura 49

Matriz W4 (promedio)

$$W = \text{PROMEDIO } N_{\text{FILAS}}$$

	0,157222222
W4=	0,543333333
	0,191388889
	0,108055556

Figura 50

Cálculo de la razón de consistencia

	λW
	0,72784722
A4*W4=	1,82850694
	1,06416667
	0,47458333
$\lambda \text{ MAX}$	4,09510416

CONSISTENCIA		n=4
IC	0,03170139	
IA	0,882	
RC	0,03594262	INCONSISTENCIA ADMISIBLE

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

n	1	2	3	4	5	6	7	8
IA	0	0	0,525	0,882	1,115	1,252	1,341	1,404
n	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	1,452	1,484	1,513	1,535	1,555	1,570	1,583	1,595

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Evaluación de las alternativas con respecto al criterio generación de empleo e ingresos económicos

Tabla 21*Matriz A5*

Alternativas	Control de ingreso de turistas	Vigilancia de las actividades turísticas	Educación ambiental	Señalización
Control de ingreso de turistas	1,00	0,50	5,00	4,00
Vigilancia de las actividades turísticas	2,00	1,00	6,00	5,00
Educación ambiental	0,20	0,17	1,00	0,33
Señalización	0,25	0,20	3,00	1,00
A Max	3,45	1,8667	15	10,3333

Tabla 22*Matriz Normalizada (N5)*

Alternativas	Control de ingreso de turistas	Vigilancia de las actividades turísticas	Educación ambiental	Señalización
Control de ingreso de turistas	0,2898	0,2678	0,3333	0,3870
Vigilancia de las actividades turísticas	0,5797	0,5357	0,4	0,4838
Educación ambiental	0,0579	0,0892	0,0667	0,0322
Señalización	0,0724	0,1071	0,2	0,0967

Figura 51

Matriz W5 (promedio)

$$W = \text{PROMEDIO } N_{\text{FILAS}}$$

	0,3195356
W5=	0,4998238
	0,0615454
	0,1190952

Figura 52

Cálculo de la razón de consistencia

	λ W		CONSISTENCIA	n=4
	1,353555		IC	0,063078
A5*W5=	2,103643		IA	0,882
	0,248455		RC	0,071517
	0,48358			INCONSISTENCIA ADMISIBLE
λ MAX	4,189233			



$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

n	1	2	3	4	5	6	7	8
IA	0	0	0,525	0,882	1,115	1,252	1,341	1,404
n	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	1,452	1,484	1,513	1,535	1,555	1,570	1,583	1,595

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

De esta manera, se han obtenido los vectores de jerarquización de las alternativas de actuación, con respecto a cada uno de los criterios, los cuales pasan a conformar las columnas de la matriz A'.

Figura 53

Matriz A'

	W1	W2	W3	W4	W5
ALTERNATIVAS	Pérdida de biodiversidad	Erosión	Generación de residuos	Contaminación	Generación de empleo e ingresos económicos
Control de ingreso de turistas	0,519345238	0,218921703	0,182683271	0,157222222	0,319535581
Vigilancia de las actividades turísticas	0,200892857	0,218921703	0,510032895	0,543333333	0,49982385
Educación ambiental	0,200892857	0,50051511	0,184891917	0,191388889	0,061545365
Señalización	0,078869048	0,061641484	0,122391917	0,108055556	0,119095205

La matriz A' de valores de las alternativas de actuación, con respecto a cada criterio, se multiplica por el vector de pesos de los criterios, calculado anteriormente, a fin de obtener el vector de prioridades o preferencias de las alternativas de actuación (A' por W'), que es el resultado final de la presente metodología (vector de prioridades o preferencias de las alternativas de actuación).

Figura 54

Vector de prioridades

PESOS EXPERTOS	
Pérdida de biodiversidad	0,059471725
Erosión	0,32290107
Generación de residuos	0,268289034
Contaminación	0,292147385
Generación de empleo e ingresos económicos	0,057190786

$W' = A' * W' =$

ORD.	PRIORIDADES	
3	Control de ingreso de turistas	0,21479
1	Vigilancia de las actividades turísticas	0,40679
2	Educación ambiental	0,2826
4	Señalización	0,09581

Después de haber realizado las encuestas a los expertos involucrados en la presente investigación, y después de haber realizado los cálculos pertinentes, de acuerdo a la metodología de Saaty, se obtuvieron los siguientes resultados finales:

Importancia de los criterios: El vector de prioridades de los criterios con los pesos correspondientes, es el siguiente:

Tabla 23

Importancia de los criterios

ORD.	Vector de Prioridades	Prioridades (%)	Impactos ambientales (criterios o indicadores)
4	0,059471725	5,9	Pérdida de biodiversidad
1	0,32290107	32,3	Erosión
3	0,268289034	26,9	Generación de residuos
2	0,292147385	29,2	Contaminación
5	0,057190786	5,7	Generación de empleo e ingresos económicos

De acuerdo a la evaluación de la importancia de los criterios para el ecoturismo en el PNC, realizada por los expertos, se puede observar que el criterio de mayor importancia corresponde a la erosión con un peso de 32,3%, seguido del criterio de contaminación (29,2%), luego generación de residuos (26,9%), pérdida de biodiversidad (5,9%), mientras que el criterio generación de empleo e ingresos económicos registra el menor puntaje (5,7%). Estos resultados, sugieren que la erosión del PNC es el criterio que más se debe tomar en cuenta en el plan de manejo ecoturístico, a fin de evitar dicho impacto. De otro lado, la generación de empleo e ingresos económicos que tiene el menor peso, también hay que tomar en cuenta en el plan de manejo ecoturístico, a fin de maximizar este impacto positivo, pues representa al componente socio-económico que es uno de los pilares del ecoturismo.

Preferencia de las alternativas: El vector de prioridades de las alternativas de actuación con los pesos correspondientes, es el siguiente:

Tabla 24

Preferencia de las alternativas

ORD.	Vector de Prioridades	Prioridades (%)	Alternativas o Estrategias
3	0,21479488	21,4	Control de ingreso de turistas
1	0,406792461	40,7	Vigilancia de las actividades turísticas
2	0,282602375	28,3	Educación ambiental
4	0,095810285	9,6	Señalización

En lo que respecta a las alternativas de actuación o estrategias para el ecoturismo en el PNC, se observa que la alternativa de actuación "Vigilancia de actividades turísticas" es la de mayor preferencia por los expertos, con un peso de 40,7%, seguido de "Educación ambiental" (28,3%), luego "Control de ingreso de turistas" (21,4%) y finalmente la alternativa de "Señalización" (9,6%). Estos resultados sugieren que, en el plan de manejo ecoturístico, se debe prestar especial atención a la vigilancia de las actividades turísticas, obviamente sin dejar de lado a las demás alternativas de actuación que también son importantes, pero la de mayor prioridad es la anteriormente mencionada.

En lo que concierne a los índices de consistencia, todos cumplen con el criterio de que tienen que ser menor que 10%. Esto se cumplió con todos los juicios de valor emitidos por los expertos, excepto en el caso del representante del PNC, que sobrepasó el valor señalado, lo que se solventó con una nueva encuesta en lo referente a la importancia de los criterios.

Capítulo V. Programas de Manejo Ecoturístico

La elaboración de los programas de manejo ecoturístico, tuvo como punto de partida las alternativas de actuación que fueron planteadas en la metodología AHP, las cuales se obtuvieron de los talleres realizados con el aporte del panel de expertos. Lo anteriormente indicado se materializa en las siguientes estrategias:

Tabla 25

Estrategias

Numero	Estrategias
1	Control de ingreso de turistas
2	Vigilancia de actividades turísticas
3	Señalización de senderos y sitios turísticos
4	Educación ambiental
5	Realización y difusión de actividades turísticas
6	Investigación ecoturística

Una vez planteadas las estrategias para el ecoturismo en el parque, se procede a elaborar los respectivos programas de manejo ecoturístico.

Tabla 26

Programas de Manejo Ecoturístico

Numero	Programas de Manejo Ecoturístico
1	Control de ingreso de turistas
2	Vigilancia de actividades turísticas
3	Señalización de senderos y sitios turísticos
4	Educación ambiental
5	Realización y difusión de actividades turísticas
6	Investigación ecoturística

A continuación, se presentan los programas de manejo ecoturístico que responde a las estrategias planteadas.

Programa de Control de Ingreso de Turistas

Este programa pretende evitar o mitigar los impactos ambientales que los turistas podrían generar en los diversos sitios y senderos turísticos del PNC, mediante acciones de control en el ingreso de los turistas al parque nacional.

Tabla 27

Programa de Control de Ingreso de Turistas

Programa de Control de Ingreso de Turistas					
Proyecto	Actividades o Acciones	Responsables	Presupuesto y Financiamiento	Actores Involucrados	Lugar
Control de ingreso de turistas al PNC	<p>Registro de: turistas, vehículos, sitios a visitar y actividades a realizar, tomando en cuenta la capacidad de carga del parque.</p> <p>Charlas informativas ecoturísticas a los visitantes al PNC.</p>	PNC	MAATE	Turistas, guardaparques, guías naturalistas, operadores turísticos, autoridades ambientales y de turismo	PNC

Proyecto	Actividades o Acciones	Responsables	Presupuesto y Financiamiento	Actores Involucrados	Lugar
Implementación de turnos en línea, para ingreso al parque	Implementación de una plataforma en línea para reservas de ingreso al PNC, tomando en cuenta la capacidad de carga de los senderos y sitios turísticos	PNC	MAATE	Comunidades locales, turistas, guardaparques, guías naturalistas, operadores turísticos, autoridades ambientales y de turismo	PNC

Programa de Educación y Capacitación Ambiental

Los diversos impactos ambientales generados por el turismo, pueden ser evitados o mitigados con proyectos, actividades o acciones de educación y capacitación ambiental, que tienen que ser impartidos a todos los actores del PNC, como: comunidades locales, turistas, guardaparques, guías naturalistas, operadores turísticos y autoridades ambientales.

Todos los impactos ambientales identificados en el presente proyecto de investigación, son susceptibles de cambios en su intensidad o magnitud, a tal punto que pueden ser evitados completamente o al menos mitigados en gran medida, gracias a las actividades o acciones de educación y capacitación ambiental.

Tabla 28

Programa de Educación y Capacitación Ambiental

Programa de Educación y Capacitación Ambiental					
<p>Objetivo: Impartir proyectos, actividades o acciones de educación y capacitación ambiental, a todos los actores del Parque Nacional Cotopaxi, como: comunidades locales, turistas, guardaparques, guías naturalistas, operadores turísticos, autoridades ambientales y de turismo, a fin de concienciar y adquirir conocimientos inherentes a la conservación de los recursos naturales y la protección del ambiente y los diferentes ecosistemas del PNC, para que las diversas actividades turísticas no generen impactos ambientales significativos o que estos sean los mínimos posibles o compatibles con el entorno.</p>					
Proyecto	Actividades o Acciones	Responsables	Presupuesto y Financiamiento	Actores Involucrados	Lugar
Reciclaje de residuos sólidos	Seminarios, charlas y talleres sobre reciclaje de residuos sólidos	MAATE y Ministerio de Turismo	MAATE y Ministerio de Turismo	Docentes investigadores, comunidades locales, turistas, guardaparques, guías naturalistas, operadores turísticos, autoridades ambientales y de turismo	PNC
Conservación de recursos naturales y protección ambiental	Conferencias sobre concienciación ambiental Seminarios, charlas y talleres sobre conservación de recursos naturales y protección ambiental	MAATE y Ministerio de Turismo	MAATE y Ministerio de Turismo	Docentes investigadores, comunidades locales, turistas, guardaparques, guías naturalistas, operadores turísticos, autoridades ambientales y de turismo	PNC

Proyecto	Actividades o Acciones	Responsables	Presupuesto y Financiamiento	Actores Involucrados	Lugar
Capacitación en turismo ecológico	Cursos de capacitación sobre turismo ecológico	Ministerio de Turismo y MAATE	Ministerio de Turismo y MAATE	Docentes investigadores, comunidades locales, turistas, guardaparques, guías naturalistas, operadores turísticos, autoridades ambientales y de turismo	PNC
Capacitación en manejo de áreas naturales protegidas y normativa vigente	Cursos de capacitación sobre manejo de áreas naturales protegidas y normativa vigente	MAATE y Ministerio de Turismo	MAATE y Ministerio de Turismo	Docentes investigadores, comunidades locales, turistas, guardaparques, guías naturalistas, operadores turísticos, autoridades ambientales y de turismo	PNC

Programa de Mantenimiento de Senderos y Vías de Acceso

El programa de mantenimiento de senderos y vías de acceso, es importante que se realice para que los turistas no tengan dificultades para llegar a los sitios turísticos en el PNC. Este programa contribuirá a disminuir el tiempo de la visitación de los turistas, así como también que las visitas sean lo más placenteras posibles, además de evitar o mitigar los impactos ambientales atribuibles a los turistas, que por el mal estado de los senderos, tienen que salirse de los mismos, provocando impactos como: erosión, pérdida de biodiversidad y degradación del paisaje. De igual manera, si las vías de acceso están en mal estado, desestimularía las visitas, lo que va en contra de los principios del ecoturismo, que promueven las visitas ecoturísticas para beneficiar a las comunidades locales, sin provocar impactos ambientales o con el menor impacto ambiental posible.

Tabla 29

Programa de Mantenimiento de Senderos y Vías de Acceso

Programa de Mantenimiento de Senderos y Vías de Acceso					
<p>Objetivo: Realizar el mantenimiento de todos los senderos y vías de acceso a los sitios turísticos del PNC, a fin de que las visitas sean lo más placenteras posibles, además de evitar o mitigar los impactos ambientales atribuibles a los turistas.</p>					
Proyecto	Actividades o Acciones	Responsables	Presupuesto y Financiamiento	Actores Involucrados	Lugar
Mantenimiento de los senderos del PNC	<p>Mantenimiento de los senderos que conducen o son parte de los sitios turísticos (Figura 26):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sendero Parqueadero Ladera del Volcán Cotopaxi - Refugio José Rivas 2. Sendero Laguna Limpiopungo 3. Sendero Volcán Rumiñahui 4. Sendero Los Manantiales 	PNC	MAATE	Comunidades locales, Turistas, guardaparques, guías naturalistas, operadores turísticos, autoridades ambientales y de turismo.	PNC
Mantenimiento de las vías de acceso a los sitios turísticos del PNC	<p>Mantenimiento de las vías de acceso a los senderos y sitios turísticos del PNC:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vía de acceso Control El Caspi - Laguna de Limpiopungo 2. Vía de acceso Control Norte (Pedregal) - Laguna Limpiopungo 3. Vía de acceso Control Norte (Pedregal) - Los Manantiales 4. Vía de acceso Laguna de Limpiopungo - Parqueadero Ladera del Volcán Cotopaxi 	PNC	MAATE	Comunidades locales, Turistas, guardaparques, guías naturalistas, operadores turísticos, autoridades ambientales y de turismo	PNC

Programa de Señalización de Senderos y Sitios Turísticos

El programa de señalización de senderos, permite que los turistas accedan a los diversos sitios turísticos del parque, sin mayores inconvenientes, lo que permite o coadyuva a evitar o mitigar los impactos ambientales que podrían generarse debido a la falta de señalización, así como también para que la visitación sea lo más agradable posible para los turistas.

Tabla 30

Programa de Señalización de senderos

Programa de Señalización de Senderos					
Proyecto	Actividades o Acciones	Responsables	Presupuesto y Financiamiento	Actores Involucrados	Lugar
Señalización de los senderos y sitios turísticos del parque	<p>Señalización de los diversos senderos y sitios turísticos del PNC, tomando en cuenta la capacidad de carga efectiva (Figura 33):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sendero Parqueadero Ladera del Volcán Cotopaxi - Refugio José Rivas 2. Sendero Laguna Limpiopungo 3. Sendero Volcán Rumiñahui 4. Sendero Los Manantiales 	PNC	MAATE	Comunidades locales, Turistas, guardaparques, guías naturalistas, operadores turísticos, autoridades ambientales y de turismo	PNC

Proyecto	Actividades o Acciones	Responsables	Presupuesto y Financiamiento	Actores Involucrados	Lugar
Señalización de las vías de acceso a los senderos y sitios turísticos del parque	<p>Señalización horizontal y vertical de las vías de acceso a los senderos y sitios turísticos del PNC:</p> <ol style="list-style-type: none"> Vía de acceso Control El Caspi - Laguna de Limpiopungo Vía de acceso Control Norte (Pedregal) - Laguna Limpiopungo Vía de acceso Control Norte (Pedregal) - Los Manantiales Vía de acceso Laguna de Limpiopungo - Parqueadero Laderas del Volcán Cotopaxi 	PNC	MAATE	Comunidades locales, Turistas, guardaparques, guías naturalistas, operadores turísticos, autoridades ambientales y de turismo	PNC
Señalización de parqueaderos, áreas de camping y sitios de descanso	Señalización de los parqueaderos, áreas de camping y sitios de descanso del parque	PNC	MAATE	Comunidades locales, Turistas, guardaparques, guías naturalistas, operadores turísticos, autoridades ambientales y de turismo	PNC

Programa de Vigilancia de Actividades Turísticas

Muchos de los impactos ambientales relacionados con las diversas actividades turísticas, pueden ser evitados o mitigados mediante acciones de vigilancia de dichas actividades turísticas.

Tabla 31

Programa de Vigilancia de Actividades Turísticas

Programa de Vigilancia de Actividades Turísticas					
Objetivo: Realizar acciones de vigilancia de las actividades turísticas, a fin de evitar o mitigar los impactos ambientales que dichas actividades podrían generar en los diversos sitios y senderos turísticos.					
Proyecto	Actividades o Acciones	Responsables	Presupuesto y Financiamiento	Actores Involucrados	Lugar
Vigilancia de los senderos y sitios turísticos del parque	Acompañamiento de las visitas y actividades turísticas en los senderos y sitios turísticos del parque	PNC	MAATE	Turistas, guardaparques, guías naturalistas, operadores turísticos, autoridades ambientales y de turismo	PNC
Vigilancia de la Capacidad de Carga Ecoturística de los senderos y sitios turísticos del parque	Control del número máximo de visitantes en los senderos y sitios turísticos del parque: 1) Sendero Ladera Volcán Cotopaxi - Refugio José Rivas: 635 personas/día 2) Sendero Laguna Limpiopungo: 1086 personas/día 3) Sendero Volcán Rumiñahui: 1379 personas/día 4) Sendero Los Manantiales: 332 personas/día	PNC	MAATE	Turistas, guardaparques, guías naturalistas, operadores turísticos, autoridades ambientales y de turismo	PNC

Además de los programas señalados que responden a las alternativas de actuación del modelo AHP, se presenta el programa de realización y difusión de actividades turísticas que responden al aspecto socio económico, que brindará oportunidades de empleo e ingresos económicos, especialmente a las comunidades locales del PNC.

Programa de Realización y Difusión de Actividades Turísticas

Este programa está destinado a potenciar los impactos socio-económicos positivos que genera el ecoturismo en las comunidades locales y en las comunidades aledañas al PNC: Santa Rita, El Pedregal, El Chaupi, y en otras poblaciones cercanas al parque (Machachi, Mulaló), así como también en los sectores agrícola y ganadero, que se verán beneficiados con la generación y difusión de diversas actividades ecoturísticas, ya que constituirían alternativas productivas para diversificar las fuentes de ingreso de los habitantes locales.

Tabla 32

Programa de Realización y Difusión de Actividades Ecoturísticas

Programa de Realización y Difusión de Actividades Ecoturísticas					
Objetivo: Realizar y difundir actividades ecoturísticas en el PNC, a fin potenciar los impactos socio-económicos positivos que genera el ecoturismo en las comunidades locales, y así diversificar las fuentes de ingreso de la población local.					
Proyecto	Actividades o Acciones	Responsables	Presupuesto y Financiamiento	Actores Involucrados	Lugar
Realización de actividades ecoturísticas	Ferias de artesanías, caminatas guiadas, concursos fotográficos y de videos de la flora y fauna del parque, cabalgatas guiadas, observación de avifauna, observación del zorro y/o lobo andino, festival de comida andina, festival de danza indígena, actividades vivenciales, y encuentros de aventura (camping, entrenamiento en roca y en nieve).	PNC	MAATE	Comunidades locales, turistas, guardaparques, guías naturalistas, operadores turísticos, autoridades ambientales y de turismo	PNC

Proyecto	Actividades o Acciones	Responsables	Presupuesto y Financiamiento	Actores Involucrados	Lugar
Difusión de actividades ecoturísticas	Promoción de las diferentes actividades ecoturísticas, a través de los diversos medios de comunicación y redes sociales.	PNC	MAATE	Comunidades locales, medios de comunicación y difusión, turistas, guardaparques, guías naturalistas, operadores turísticos, autoridades ambientales y de turismo	PNC

Este último programa fue considerado para potenciar o maximizar la generación de empleo y los ingresos económicos de las comunidades locales (quinto criterio del ecoturismo en la metodología AHP). Dentro de las alternativas de actuación de la metodología AHP, solamente se consideraron aquellas que son solución de los impactos negativos del turismo (cuatro criterios o impactos, y cuatro soluciones o alternativas de actuación), ya que son los impactos negativos los que hay que atacar o dar solución en un orden específico, el cual es determinado por la presente metodología.

Además de los programas anteriormente explicados, se presenta también, el programa de investigación ecoturística, el cual es importante llevarlo a cabo, a fin de generar conocimiento sobre los diversos atractivos turísticos del PNC y los posibles impactos generados por el turismo, a fin de tomar las medidas correctivas correspondientes.

Programa de Investigación Ecoturística

La implementación del programa de investigación ecoturística es importante, ya que contribuirá a la generación del conocimiento en todo lo concerniente a las características de los diversos atractivos turísticos, así como también al conocimiento de los posibles impactos

ambientales generados por las actividades turísticas en el parque nacional, a fin de tomar las medidas correctivas necesarias para evitar o mitigar dichos impactos.

Tabla 33

Programa de Investigación Ecoturística

Programa de Investigación Ecoturística					
Proyecto	Actividades o Acciones	Responsables	Presupuesto y Financiamiento	Actores Involucrados	Lugar
Investigación sobre las características físicas, bióticas, socioeconómicas y culturales de los atractivos turísticos del PNC	Investigación física, biótica, socioeconómica y cultural de los atractivos turísticos	MAATE y Ministerio de Turismo	MAATE y Ministerio de Turismo	Investigadores científicos, comunidades locales, turistas, guardaparques, guías naturalistas, autoridades ambientales y de turismo	PNC
Investigación sobre los impactos ambientales generados por las actividades turísticas en el PNC	Investigación de los impactos ambientales generados por las actividades turísticas, y las medidas correctivas para evitar o mitigar dichos impactos	Ministerio de Turismo y MAATE	Ministerio de Turismo y MAATE	Investigadores científicos, comunidades locales, turistas, guardaparques, guías naturalistas, autoridades ambientales y de turismo	PNC

Nota: En los programas anteriormente señalados no se detalla el presupuesto referencial de las actividades o acciones, ya que depende de algunos factores como: número de guardaparques existentes, alcance de los proyectos, etc.

Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

La metodología de Cifuentes para el cálculo de la capacidad de carga turística fue muy aplicable para el Parque Nacional Cotopaxi, obteniéndose muy buenos resultados de la capacidad de carga ecoturística de los senderos y sitios turísticos del parque.

Las herramientas SIG, fueron muy útiles para el análisis de los factores de corrección o reducción de la capacidad de carga física, a través de la obtención de los mapas temáticos de: cobertura vegetal, erosión, pendientes e isoyetas.

El Modelo Analítico Jerárquico (AHP), fue muy útil para la obtención de la jerarquización de los criterios o indicadores del ecoturismo y también para la obtención de las prioridades de las alternativas de actuación para llevar a cabo el ecoturismo en el PNC.

Las alternativas de actuación obtenidas del modelo AHP, permitieron realizar el planteamiento de los programas de manejo ecoturístico del parque.

El criterio más importante para el ecoturismo en el parque, resultó ser la erosión, la cual debe tenerse en cuenta para que el impacto sea mínimo debido a la actividad ecoturística.

La alternativa de actuación para el ecoturismo en el parque, resultó ser la vigilancia de las actividades turísticas, la cual debe tenerse en cuenta para evitar o disminuir el impacto ambiental en el área natural protegida.

La capacidad de carga ecoturística de los senderos y sitios turísticos del parque nacional, depende mucho de varios factores como: longitud del sendero, número de turistas por grupo, estado del sendero (accesibilidad, erosión, pendiente, anegamiento) y precipitación, además de la capacidad de manejo del parque en términos de infraestructura, equipamiento y personal.

El número de visitantes a los diversos senderos y sitios turísticos del parque, depende en gran medida del estado en el que se encuentran dichos senderos y sitios, así, el sendero en mejores condiciones para la visitación, es el de la Laguna de Limpiopungo al cual visitan aproximadamente el 60% de los turistas, luego se tiene el sendero hacia el Refugio José Rivas, que pese a tener una fuerte pendiente, visitan aproximadamente el 40% de turistas, mientras que los senderos en menores condiciones para la visitación, esto es: el sendero hacia el Volcán Rumiñahui y el de los Manantiales, tienen una baja afluencia turística.

Según los cálculos realizados, los senderos con mayor capacidad de carga efectiva son: Volcán Rumiñahui con 1379 turistas/día y Laguna de Limpiopungo con 1087 turistas/día.

De acuerdo a los datos estadísticos del PNC, y sobre la base de los cálculos realizados en el presente documento, se puede señalar que la capacidad de carga turística del parque, solamente ha sido rebasada en los feriados nacionales, lo cual se debería tomar en cuenta para realizar las medidas de control correspondientes, de acuerdo a los programas ecoturísticos planteados en esta investigación.

Recomendaciones

Además de los programas y proyectos de manejo ecoturístico del PNC propuestos en la presente investigación, se recomienda tomar en cuenta los siguientes aspectos:

Socializar a los turistas las reglas básicas de comportamiento dentro del parque.

No permitir que los turistas alimenten a la fauna silvestre (avifauna, zorros y lobos andinos).

Controlar la realización de las cabalgatas por parte de los operadores turísticos, para que utilicen los senderos autorizados y no alteren los ecosistemas frágiles del parque (páramo, lagunas, humedales).

Vigilar las actividades de pastoreo, para evitar la degradación del paisaje.

Controlar la presencia de ganado caballar salvaje

Controlar el ingreso de elementos prohibidos al parque (armas, alcohol, drogas, etc.)

Controlar el ingreso de motocicletas, trimotos y cuatrimotos (cuadrones), o impedir todo tipo de vehículos motorizados que se puedan salir de las vías de acceso a los sitios turísticos del PNC.

Vigilar la realización de las actividades peligrosas como fogatas, las cuales deben prenderse solamente en los sitios autorizados (camping).

Controlar la capacidad de carga ecoturística de los senderos y sitios turísticos, de acuerdo a lo planteado en la presente investigación.

Establecer la señalética adecuada en los senderos y sitios turísticos, así como también en las vías de acceso.

Realizar campañas de adecentamiento de los senderos, sitios turísticos y vías de acceso, cada vez que sea necesario.

Capacitar al personal del PNC, en ecoturismo y en normativa de protección de áreas naturales.

Evitar la quema de pajonales dentro del parque.

Vigilar que los turistas no arrojen residuos (basura) en el PNC; seguir la regla de que todo lo que se lleva al parque debe retornar al sitio de origen.

Hacer respetar los horarios de ingreso y salida de los turistas del parque.

Proponer el cobro de ingreso al parque, mediante una tarifa simbólica (1 USD/turista), cuyos ingresos podrían servir como un fondo común para necesidades, obras de emergencia o imprevistos, que requieren ser solventados de manera inmediata, a fin de mantener la integridad del parque y de los turistas, así como también, la calidad de atención a los turistas del parque.

Registrar información de los turistas que visitan el PNC, a fin de elaborar las estadísticas correspondientes para la toma de decisiones.

Establecer un espacio tanto físico como en línea, para obtener recomendaciones de los turistas, a fin de realizar los cambios pertinentes, y así mejorar la calidad de la visita.

Realizar la delimitación, señalización y mantenimiento de los parqueaderos.

Recomendar a los turistas que utilicen implementos de protección básica y ropa térmica e impermeable. Las personas que realicen alta montaña, naturalistas y operadoras de turismo, deberían contar con un botiquín básico en caso de emergencia.

Implementar un sistema de alerta para casos de emergencia de los turistas (sistema de comunicaciones de radio y/o telefonía celular).

Realizar simulacros conjuntamente con Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR), ante una posible erupción del volcán Cotopaxi. Estos simulacros podrían efectuarse en el Refugio José Rivas, ubicado a 4.864 msnm, en la laguna Limpiopungo, y en el ingreso al parque (control El Caspi), por ser sitios de mayor afluencia turística.

Realizar campañas de limpieza, con especial énfasis en los excrementos del ganado (caballos salvajes principalmente, que deambulan por todo el parque).

Realizar campañas nacionales e internacionales, dando a conocer la belleza escénica del parque, para atraer a los turistas, y así beneficiar a todos los actores del sector turístico del país, especialmente a las comunidades locales del parque y zonas aledañas.

Establecer condiciones de seguridad y bioseguridad post covid-19.

Implementar el equipamiento necesario como: equipos de comunicación, de interpretación, de seguridad y bioseguridad, de rescate, de observación de biodiversidad (especialmente avifauna), de vigilancia (vehículos motorizados y no motorizados (bicicletas)), además de computadoras para los ingresos El Caspi y Norte (Machachi).

Implementar ferias de emprendimiento (artesanías, gastronomía, etc.)

Implementar medios digitales para brindar información del parque y generar turnos de ingreso en línea.

Las autoridades y personal del PNC, deberían facilitar y apoyar la investigación en temas inherentes al parque, lo cual contribuye a la conservación y protección del área natural y sus recursos naturales.

Implementar la presente propuesta de plan de manejo ecoturístico en el Parque Nacional Cotopaxi.

Implementar la presente metodología de cálculos de la capacidad de carga ecoturística en otras áreas naturales del país.

Recomendaciones Específicas sobre los Senderos

Sendero Parqueadero Ladera del Cotopaxi – Refugio José Rivas

Delimitar y señalizar el sendero en dos direcciones, uno de ida y uno de retorno:

Sendero de ida: Parqueadero Ladera del Cotopaxi - la Cresta - Variante en zigzag hasta el Refugio.

Sendero de retorno: Refugio - Variante por la Garganta hasta la Cresta - Parqueadero Ladera del Cotopaxi.

Sendero Laguna de Limpiopungo

Adecentar el sendero en la parte posterior, especialmente, desde el inicio del sendero al Volcán Rumiñahui hasta la quebrada que desciende del Volcán Rumiñahui.

Construir un mirador turístico de la laguna, al frente del parqueadero, equipado especialmente para observación de avifauna.

Sendero Volcán Rumiñahui

Adecentar el sendero especialmente en el inicio del recorrido (junto a la laguna) y ubicar la señalética correspondiente.

Sendero Los Manantiales

Completar o construir el sendero desde los manantiales hasta el punto de ingreso, completando el recorrido de manera unidireccional, para mejorar la calidad de la visitación (ver Figura 25).

Realizar una restauración de los manantiales, a fin de mejorar el sitio turístico y la calidad de las aguas, para que la visitación sea más placentera.

Habilitar un área de camping, ya que el área es un sitio ideal para esta actividad, por estar rodeado de las lomas conocidas como “medias naranjas”, las cuales protegen al sitio del viento y brindan un paisaje único de belleza inigualable.

Habilitar la vía de acceso a los manantiales por el lado sur, para facilitar el ingreso de los visitantes que llegan desde el ingreso El Caspi, pasando por la Laguna de Limpiopungo.

Mejorar la difusión de este atractivo turístico, para que lleguen más turistas a disfrutar de esta importante fuente de agua y de gran belleza escénica.

Adicionalmente, se recomienda restaurar las ruinas arqueológicas Pucará Salitre, y realizar la difusión necesaria, a fin de que se convierta en un atractivo turístico de mayor importancia. De igual manera, es necesario mejorar la vía de acceso a dichas ruinas.

Finalmente, se recomienda que se respete la capacidad de carga sugerida en el presente documento para los senderos y sitios turísticos del PNC, obviamente, después de ser analizado, consensuado, y difundido.

Capítulo VII. Referencias Bibliográficas

- Aguirre, Z. (2014). Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad Nacional de Loja, Loja. Obtenido de <https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/snap-del-ecuador-2014-za.pdf>
- Algermissen. (2016). OAS. Obtenido de Peligros Geológicos : <https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea65s/ch16.htm>
- Arancibia, M. (2008). El uso de los sistemas de información geográfica -SIG- en la planificación estratégica de los recursos energéticos. *Polis. Revista de Universidad Bolivariana*, 7(20), 227-238. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-65682008000100012>
- Campaig. (2004). *Unis*. Obtenido de <https://www.unisdr.org/2004/campaign/booklet-spa/page9-spa.pdf>
- Campodónio , & Chalar. (2011). *Redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1807/180722700005.pdf>
- Cañon, J., & Galvis, D. (2020). Ecoturismo: Estrategias para un desarrollo sostenible en la Macarena. (*Tesis de Licenciatura*). Colegio de Estudios Superiores de Administración, Bogotá. Obtenido de https://repository.cesa.edu.co/bitstream/handle/10726/3189/ADM_1032488158_2020_2.pdf?sequence=6&isAllowed=y
- Carazo, E. (2008). Esquemas de zonificación ambiental para la planificación regional urbana. *Revista Geográfica de América Central*, 1(41). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4517/451744659003.pdf>

- Caviedes , D., & Olaya , A. (2017). *Universidad de Caldas* . Obtenido de Ecoturismo en areas protegidas de Colombia; Una revisión de impactos ambientales con énfasis en las normas de sostenibilidad ambiental.:
<https://www.redalyc.org/journal/3217/321759619016/html/>
- CEPAL. (2020). *Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo* . Obtenido de <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/nota/la-planificacion-para-el-desarrollo-y-la-gestion-del-riesgo-de-desastres>
- Cinfa. (25 de Abril de 2016). *Cinfasalud*. Obtenido de <https://cinfasalud.cinfa.com/p/salud-y-seguridad-en-la-montana/>
- Coello. (1996). *Formaciones Geológicas* . Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6856/6/UPS-ST001107.pdf>
- Contreras . (2009). *School for international training*. Obtenido de https://digitalcollections.sit.edu/isp_collection/3094/
- Córdova, J. (2017). *Universidad Internacional del Ecuador* . Obtenido de Plan de Manejo Turístico y Ambiental de la Reserva Biológica Jorupe del Cantón Macará Provincia de Loja: <https://www.bibliotecasdelecuador.com/Record/ir-37000-2077>
- Dickinson, J., Pinkus, M., Pinkus, M., & Ramón, C. (2015). Depredación y ecoturismo. Realidades de los prestadores de servicios en la Reserva de la Biosfera Ría Celestún, Yucatán. *Península*, 10(1), 145-161. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-57662015000100007
- Dudley, N. (2008). *Directrices para la aplicación*. Obtenido de Portal UICN: <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/paps-016-es.pdf>

- Durán, C. (2008). Sistemas de Información Geográfica: casos de uso para el análisis del turismo en el ámbito local. *Conferencia Internacional "El conocimiento como valor diferencial de los destinos turísticos"*. Malaga. Obtenido de https://webunwto.s3.eu-west-1.amazonaws.com/imported_images/30058/duran_sp.pdf
- Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada. (1993). *Manual de Senderismo*. Obtenido de Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada: <http://www3.uji.es/~sidro/personal/EI>
- Geomatic. (2018). *Consulting Informatico*. Obtenido de <https://www.cic.es/que-es-gis/>
- Gutiérrez, L., Martínez, S., Gómez, C., Gil, V., & Cabezas, L. (2021). Cálculo de la capacidad de carga y capacidad de acogida turística multicriterio para la reserva biológica El Encenillo, Guasca, Cundinamarca, Colombia. *Investigaciones Turísticas*, 21, 224-255. doi:<https://doi.org/10.14198/INTURI2021.21.11>
- Huertas, T., Pilco, E., Suárez, E., Salgado, M., & Jiménez, B. (2020). Acercamiento conceptual acerca de las modalidades del turismo y sus nuevos enfoques. *Universidad y Sociedad*, 12(2), 70-81.
- INEN. (2018). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de Normativa de Estacionamientos Públicos : <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/06/NTE-ENEN-2248-ESTACIONAMIENTOS.pdf>
- Legislación Consolidada. (6 de Agosto de 2015). *Decreto Legislativo 1/2015, de 29 de julio, del Gobierno de Aragón*,. Obtenido de Legislación Consolidada: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2015/BOA-d-2015-90531-consolidado.pdf>
- Loaiza, P. (2018). El turismo y los impactos ambientales casa: Bosque petrificado de Puyango. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Samborondón.

- López, J., Larios, C., & Campillo, L. (2008). Aplicación de un SIG para ubicar e identificar las zonas de interés turístico y la infraestructura en la reserva ecológica cascadas de reforma, Balancán, Tabasco. *Semana de Divulgación y Video Científico*, 173-178. Obtenido de <https://archivos.ujat.mx/dip/divulgacion%20y%20video%20cientifico%202008/DACBIOL/JMayL.pdf>
- MAATE. (2010). *Plan de Manejo Parque Nacional Cotopaxi*. Obtenido de <http://190.152.46.74/documents/10179/242256/31+PLAN+DE+MANEJO+COTOPAXI+4.pdf/1eae2834-3ad4-4648-9255-4fa0563f3b86>
- MAATE. (2022). *Áreas Protegidas*. Obtenido de MAATE: <https://www.ambiente.gob.ec/areas-protegidas-3/>
- MAATE. (2022). *Plan de Manejo Parque Nacional Cotopaxi*. Obtenido de <http://190.152.46.74/documents/10179/242256/31+PLAN+DE+MANEJO+COTOPAXI+4.pdf/1eae2834-3ad4-4648-9255-4fa0563f3b86>
- Medina , J., & Ludeña, L. (2019). *Universidad Metropolitana del Ecuador*. Obtenido de Plan de Manejo Ecoturístico como herramienta para mejorar la gestión de un área protegida, caso de estudio refugio ecológico Molinuco.
- Menjura, M., & Vásquez, S. (2020). Análisis de Potencialidades y Retos para Desarrollar Turismo Ecológico de Lujo. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Externado de Colombia, Bogotá. Obtenido de <https://bdigital.uexternado.edu.co/handle/001/2988>
- Ministerio de Turismo. (10 de Diciembre de 2009). *Guía Interpretativa del Parque Nacional Cotopaxi*. Obtenido de Ministerio de Turismo del Ecuador: <https://studylib.es/doc/6931995/gu%C3%ADa-interpretativa-del-parque-nacional-cotopaxi>

Nantes , E. (2019). EL MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS PARA LA TOMA.

Investigacion Operativa. Obtenido de

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/epio/article/download/26474/28219/78112#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20Analytic%20Hierarchy%20Process,mediante%20una%20escala%20de%20preferencia.>

Orejuela, L. (2012). APROVECHAMIENTO TURÍSTICO DEL PARQUE NACIONAL

COTOPAXI: ANÁLISIS DEL USO DE SUS RECURSOS NATURALES Y EL IMPACTO GENERADO POR LA ACTIVIDAD TURÍSTICA PARA LA GENERACIÓN DE UN PLAN DE USO TURÍSTICO. (*Tesis de Licenciatura*). Pontifica Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Pantoja , V. (2011). *Universidad Tecnica del Norte* . Obtenido de Diseño de un plan de manejo

ecoturistico de la laguna de San Marcos del Parque Nacional Cayambe - Coca :

<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/834>

PLANDETUR. (2007). *Sistema Nacional de Informacion* . Obtenido de

https://sni.gob.ec/documents/10180/4534845/Evaluaci%C3%B3n_plandetur2020.pdf/30d64630-795f-4721-8f55-f045a8078ef0

Rahman, A. (2010). Application of GIS in ecotourism development : a case study in

Sundarbans, Bangladesh. (*Tesis Masterado*). Mid-Sweden University, Östersund.

Obtenido de [https://www.diva-](https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A326461&dswid=4400)

[portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A326461&dswid=4400](https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A326461&dswid=4400)

Rebollo, N. (2012). *Ecoturismo*. Ciudad de Mexico: Red Tercer Milenio. Obtenido de

http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/economico_administrativo/Ecoturismo.pdf

- Romero, G., & Maskrey, A. (Julio de 1983). *Cidbimena*. Obtenido de Cómo entender los desastres naturales : <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Febrero2006/CD-2/pdf/spa/doc4082/doc4082-contenido.pdf>
- Santovenia, J., Tarragó, C., & Cañedo, R. (Noviembre de 2009). Sistemas de información geográfica para la gestión de la información. *ACIMED*, 20(5), 72-75. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352009001100007
- Sendra, J., & García, R. (2000). El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 20, 49-67. Obtenido de <https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/viewFile/AGUC0000110049A/31281>
- Troncoso, B. (2009). *Modelo de plan de manejo para el desarrollo de ecoturismo sostenible en áreas de conservación*. Obtenido de Kiskeya: <http://kiskeya-alternative.org/publica/bolivar/modelo.htm>
- UICN. (1998). *Áreas Protegidas Beneficios más allá de las Fronteras La CMAP en Acción*. Obtenido de UICN: https://www.iucn.org/backup_iucn/cmsdata.iucn.org/downloads/wcpainaction_sp.pdf
- Universidad Ecotec. (26 de Julio de 2021). *Parque Nacional Cotopaxi*. Obtenido de Universidad Ecotec: https://www.ecotec.edu.ec/documentacion/actividades_y_eventos/32092_2011_CEE_DBAQUERIZO_712.pdf
- Vanegas, G. (2006). *Ecoturismo instrumento de desarrollo sostenible. (Tesis de Ingeniería)*. Universidad de Antioquia, Medellín. Obtenido de <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/149/1/EcoturismoInstrumentoDesarrolloSostenible.pdf>

Vásconez, M. (2013). MANUAL DE IMPLEMENTACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS PARA EL REFUGIO JOSÉ RIBAS DEL VOLCÁN COTOPAXI. (*Tesis de Licenciatura*). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Villacres, J. (Enero de 2018). El ecoturismo en Ecuador: Actualidad y perspectivas de desarrollo. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*. Obtenido de <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2018/ecoturismo-ecuador.html>

