VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLÓGICA

CENTRO DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

XV PROMOCIÓN

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÌTULO DE MAGÍSTER EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

CAPACIDAD DE CARGA BIOFÍSICA DEL SENDERO ECOLÓGICO "EL AGUA Y LA VIDA" DEL PÁRAMO DE PAPALLACTA, COMO PROPUESTA DE REMEDIACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LA ACTIVIDAD TURÍSTICA.

AUTOR: ALMEIDA PEÑAHERRERA, JEFFERSON DAMIÁN

DIRECTORA: ARGÜELLO MEJÍA, ANITA VIOLETA

SANGOLQUÍ

2019

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLÓGICA

CENTRO DE POSGRADOS

CERTIFICADO DEL DIRECTOR

Certifico que el trabajo de titulación, ***"CAPACIDAD DE CARGA BIOFÍSICA DEL SENDERO ECOLÓGICO "EL AGUA Y LA VIDA" DEL PÁRAMO DE PAPALLACTA, COMO PROPUESTA DE REMEDIACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LA ACTIVIDAD TURÍSTICA"*** fue realizado por el señor ***Almeida Peñaherrera, Jefferson Damián,*** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 09 de abril de 2019.

Anita Violeta Argüello Mejía

1705861431

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLÓGICA

CENTRO DE POSGRADOS

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, ***Almeida Peñaherrera, Jefferson Damián,*** con cédula de ciudadanía nº 1720498896, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***"CAPACIDAD DE CARGA BIOFÍSICA DEL SENDERO ECOLÓGICO "EL AGUA Y LA VIDA" DEL PÁRAMO DE PAPALLACTA, COMO PROPUESTA DE REMEDIACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LA ACTIVIDAD TURÍSTICA"*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 09 de abril de 2019.

Jefferson Damián Almeida Peñaherrera

1720498896

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLÓGICA

CENTRO DE POSGRADOS

AUTORIZACIÓN

Yo, ***Almeida Peñaherrera, Jefferson Damián,*** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: ***"CAPACIDAD DE CARGA BIOFÍSICA DEL SENDERO ECOLÓGICO "EL AGUA Y LA VIDA" DEL PÁRAMO DE PAPALLACTA, COMO PROPUESTA DE REMEDIACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LA ACTIVIDAD TURÍSTICA"*** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 09 de abril de 2019.

Jefferson Damián Almeida Peñaherrera

1720498896

DEDICATORIA

A mi familia, mi mayor motivación.

AGRADECIMIENTO

Mi más sentido agradecimiento a cada una de las personas que contribuyeron en la realización del presente trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO DEL DIRECTOR.....i

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....ii

AUTORIZACIÓN..... iii

DEDICATORIA.....iv

AGRADECIMIENTO.....v

ÍNDICE DE CONTENIDOS vi

LISTADO DE TABLAS.....xii

LISTADO DE FIGURAS xv

RESUMEN.....xvii

ABSTRACT xviii

CAPÍTULO I.....1

GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN.....1

1.1. Introducción 1

1.2. Justificación de la Importancia de la Investigación 3

1.3. Planteamiento del Problema.....4

1.4. Hipótesis.....5

1.5. Objetivo General 6

1.6. Objetivos Específicos.....6

1.7. Marco Teórico Referencial 7

1.7.1. Marco Legal 7

1.7.2. Marco Teórico 10

1.7.3. Marco Conceptual 15

CAPÍTULO II 19

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 19

2.1. Análisis de Caracterización del Suelo 23

2.1.1 Procedimiento para el Muestreo del Suelo 23

2.1.2 Determinaciones Físico- Químicas para Muestras de Suelo. 24

2.1.3 Niveles para la Interpretación de Análisis de Suelos 25

2.1.4 Análisis de Coeficiente de Correlación de Pearson en Resultados de Muestras de Suelo. 26

2.1.4 Análisis de Coeficiente de Determinación en Resultados de Muestras de Suelo. 27

2.2 Factor de Corrección 28

2.2.1 Factor Social 28

2.2.2 Factores Físicos y Ambientales 30

2.2.2.1 Pendiente 30

2.2.2.2 Erodabilidad 31

2.2.2.3 Accesibilidad 32

2.2.2.4 Anegamiento 33

2.2.2.5 Deterioro de Flora 34

2.2.2.6 Precipitación 34

2.2.2.7 Heliofanía 35

2.2.2.8 Compactación del Suelo 36

2.2.3 Factores Biológicos 37

2.2.3.1 Flora 38

2.2.3.2 Fauna 40

2.3. Capacidad de Carga Turística 42

2.3.1 Capacidad de Carga Física (CCF) 44

2.3.2 Capacidad de Carga Real (CCR) 45

2.3.3 Capacidad de Manejo (CM) 47

2.3.4 Capacidad de Carga Efectiva (CCE) 48

2.4 Valoración Cuantitativa de Impactos Ambientales 49

2.4.1 Jerarquización de Impactos Ambientales 51

2.4.2 Indicadores de Impactos e Indicadores de Medición 52

CAPÍTULO III 53

CARACTERIZACIÓN, DIAGNÓSTICO Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO 53

3.1. Características Generales de Zona de Estudio 53

3.1.1. Base Legal del Parque Nacional Cayambe- Coca 54

3.1.2. Ubicación y Jurisdicción Política- Administrativa.....54

3.1.3. Límites.....55

3.1.4. Vías de Acceso 56

3.2. Aspectos Físicos y Climáticos.....56

3.2.1. Geología 56

3.2.2. Mineralogía 57

3.2.3. Topografía 57

3.2.4. Clima 58

3.2.4.1 Humedad Relativa del Aire 59

3.2.4.2 Precipitación.....60

3.2.4.3 Presión Atmosférica 61

3.2.4.1 Radiación Solar 63

3.2.4.1 Heliofanía 64

3.2.4.2 Recorrido del Viento 66

3.2.4.3 Temperatura del Aire 67

3.2.4.4 Temperatura del Suelo 69

3.2.4.5 Velocidad del Viento.....70

3.2.5. Hidrografía 72

3.2.6. Suelo 73

3.3. Aspectos Biológicos 73

3.3.1. Zonas de Vida 73

3.3.2. Flora 76

3.3.3. Fauna 76

3.4. Aspectos Socioeconómicos 78

3.4.1. Actividad Turística 78

3.4.1.1 Demanda de Visitantes de la Zona de Estudio 78

3.4.1.2 Actividades Permitidas en la Zona de Estudio 80

3.4.1.3 Perfil del Visitante de la Zona de Estudio 81

3.5. Áreas Críticas de Conservación 89

3.5.1. Área crítica Oyacachi 89

3.5.2. Área crítica Papallacta 89

CAPÍTULO IV 90

RESULTADOS Y DISCUSIONES 90

4.1. Resultados 90

4.1.1. Resultados de Muestras de Suelos 92

4.1.2. Resultados de Análisis Estadístico de Coeficiente de Correlación de Pearson y de Determinación en Resultados de Muestras de Suelo. 95

4.1.3. Resultados de Capacidad de Carga 105

4.1.4. Resultado Matriz de Identificación de Impactos Ambientales.....108

4.2. Discusión de Resultados.....110

CAPÍTULO V 115

PROPUESTA DE SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE LA ACTIVIDAD TURÍSTICA PARA LA ZONA DE ESTUDIO. 115

5.1 Lineamientos Propuestos para Sistema de Monitoreo y Control de Actividades Turísticas para la Zona de Estudio. 117

5.2 Definición de Indicadores para Sistema de Monitoreo y Control de Actividades Turísticas para la Zona de Estudio. 117

CAPÍTULO VI.....121

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....121

6.1. Conclusiones 121

6.2. Recomendaciones.....123

BIBLIOGRAFÍA.....124

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. *Indicadores de Calidad de Suelo.* 18

Tabla 2. *Diseño de la Investigación.* 20

Tabla 3. *Objetivos y Etapas de Investigación.* 22

Tabla 4. *Metodologías para el Análisis de Características Físico- Químicas de Muestras de Suelo- INIAP* 24

Tabla 5. *Niveles para la Interpretación de Análisis de Suelos- pH* 25

Tabla 6. *Niveles para la Interpretación de Análisis de Suelos- N, P, S, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, B, % M.O* 25

Tabla 7. *Niveles para la Interpretación de Análisis de Suelos - Al + H, Al, Na* 26

Tabla 8. *Valores de Coeficiente de Correlación de Pearson.* 27

Tabla 9. *Categoría de Pendientes.* 31

Tabla 10. *Parámetros de Ponderación de Grado de Dificultad de Senderos.* 33

Tabla 11. *Rangos de medida de Compactación de Suelo a través de Técnica del Clavo.* 36

Tabla 12. *Factores de Ponderación para Análisis de Amenaza de Flora.* 39

Tabla 13. *Parámetros de Calificación para Determinar Capacidad de Manejo* 48

Tabla 14. *Parámetros de Valoración Cuantitativa de Impactos Ambientales* 50

Tabla 15. *Categoría de Impactos Ambientales* 51

Tabla 16. *Indicadores de Impactos e Indicadores de Medición* 52

Tabla 17. *Datos Generales del SEAV* 53

Tabla 18. *Humedad Relativa del Aire de Zona de Estudio* 59

Tabla 19. *Precipitación de Zona de Estudio.* 61

Tabla 20. *Presión Atmosférica de Zona de Estudio.* 62

Tabla 21. *Radiación Solar de la Zona de Estudio.* 63

Tabla 22. *Heliofanía de la Zona de Estudio.* 65

Tabla 23. *Recorrido del Viento de la Zona de Estudio.* 66

Tabla 24. *Temperatura del Aire de la Zona de Estudio.* 68

Tabla 25. *Temperatura del Suelo de la Zona de Estudio.* 69

Tabla 26. *Velocidad del Viento de la Zona de Estudio.* 71

Tabla 27. *Hidrología de Zona de Estudio* 72

Tabla 28. *Zonas de Vida* 74

Tabla 29. *Clasificación de Fauna del Parque Nacional Cayambe Coca.* 77

Tabla 30. *Especies de Fauna del Parque Nacional Cayambe Coca.* 77

Tabla 31. *Registros mensuales de visitantes al PN Cayambe Coca, sector Guardianía Baños.* .. 79

Tabla 32. *Pregunta 1: Género de Visitantes.* 81

Tabla 33. *Pregunta 2: Nacionalidad de Visitantes.* 82

Tabla 34. *Pregunta 3: Nivel de Estudios de Visitante.* 83

Tabla 35. *Pregunta 4: Edad de Visitantes.* 84

Tabla 36. *Pregunta 5: Ocupación de Visitantes.* 85

Tabla 37. *Pregunta 6: Motivo de Visita.* 86

Tabla 38. *Pregunta 7: Nivel de Satisfacción de Visita.* 87

Tabla 39. *Pregunta 8: Recomendaciones para Mejora de Calidad de Visita.* 88

Tabla 40. *Ubicación de la Toma de Muestras de Suelos.* 92

Tabla 41. *Resultados de Análisis de Muestras de Suelo.* 93

Tabla 42. *Relación entre Uso de Suelo y Compactación del Suelo.* 96

Tabla 43. *Relación entre Compactación del Suelo y pH.* 98

Tabla 44. *Relación entre Uso de Suelo y Humedad de Suelo.* 101

Tabla 45. *Relación entre Uso de Suelo y Conductividad Eléctrica.* 103

Tabla 46. *Criterios Básicos de Capacidad de Carga del SEAV.* 105

Tabla 47. *Resultado de Factores de Corrección para Cálculo de Capacidad de Carga Real (CCR).* 106

Tabla 48. *Resultados de Capacidad de Carga del SEAV.* 108

Tabla 49. *Matriz de Identificación de Impactos Ambientales en SEAV.* 109

Tabla 50. *Resultados de Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales del SEAV.* 110

Tabla 51. *Comparación de Resultados CCE y Registros de Visitantes 2018.* 112

Tabla 52. *Resultados de Evaluación de Impactos Ambientales de Zona de Estudio.* 113

Tabla 53. *Estrategias de Manejo de Sistema de Monitoreo y Control de Actividad Turística del SEAV.* 118

Tabla 54. *Acciones de Manejo para Ejecución de Sistema de Monitoreo y Control de la Actividad Turística del SEAV.* 119

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Humedad Relativa del Aire de la Zona de Estudio. 60

Figura 2. Precipitación de la Zona de Estudio. 61

Figura 3. Presión Atmosférica de la Zona de Estudio. 62

Figura 4. Radiación Solar de la Zona de Estudio. 64

Figura 5. Heliofanía de la Zona de Estudio. 65

Figura 6. Recorrido del Viento de la Zona de Estudio. 67

Figura 7. Temperatura del Aire de la Zona de Estudio. 68

Figura 8. Temperatura del Suelo de la Zona de Estudio. 70

Figura 9. Velocidad del Viento de la Zona de Estudio. 71

Figura 10. Registros mensuales de Visitantes al PN Cayambe Coca, sector Guardianía Baños... 80

Figura 11. Pregunta 1: Género de Visitantes. 81

Figura 12. Pregunta 2: Nacionalidad de Visitantes. 82

Figura 13. Pregunta 3: Nivel de Estudios de Visitantes. 83

Figura 14. Pregunta 4: Edad de Visitantes. 84

Figura 15. Pregunta 5: Ocupación de Visitantes. 85

Figura 16. Pregunta 6: Motivo de Visita. 86

Figura 17. Pregunta 7: Nivel de Satisfacción de Visita. 87

Figura 18. Pregunta 8: Recomendaciones para Mejor de Calidad de Visita. 88

Figura 19. Mapa de Ubicación de SEAV. 91

Figura 20. Relación Uso de Suelo - Compactación del Suelo 97

Figura 21. Relación Compactación del Suelo - pH. 100

Figura 22. Relación Uso de Suelo - % Humedad del Suelo. 102

Figura 23. Relación Uso de Suelo - Conductividad Eléctrica. 104

RESUMEN

La actividad turística genera procesos de perturbación que alteran la estabilidad de los ecosistemas debido a su escasa planificación y a la falta de procesos de control ambiental. La capacidad de carga turística (CCT) es una herramienta de control que permite viabilizar las acciones en beneficio de la conservación de los escenarios turísticos, que a través del análisis de sus componentes físicos y ambientales determinan el número ideal que puede soportar un destino turístico. El Sendero Ecológico "El Agua y la Vida" (SEAV) se presenta como uno de los principales escenarios turísticos de la zona alta del Parque Nacional Cayambe Coca (PNCC) y actualmente muestra una gran presión por la falta de manejo y control para el desarrollo del turismo. La CCT analizada para este sendero muestra que diariamente puede soportar la visita de 44 personas, lo que anualmente representaría 16094 visitantes; estos valores comparados a los registros de visitantes determinados para el 2018 en la zona de Baños del PNCC, (68 visitantes/día y 24695 visitantes/año), determinan que hay un sobrepaso de 24 visitantes que eventualmente con el incremento del 6% para el 2019 de acuerdo a los registros analizados desde el 2014; la presión incrementaría la extensión y persistencia de los impactos ambientales identificados. Por consiguiente, se presenta una propuesta de Monitoreo y Control de la Actividad Turística para el SEAV estructurada por tres niveles de operación: determinación de un modelo de gestión turística para el manejo de visitantes; proceso de monitoreo y evaluación de impactos ambientales; y, procedimientos para la restauración ecológica de zonas afectadas.

PALABRAS CLAVES:

- **PAPALLACTA**
- **PÁRAMO**
- **CAPACIDAD DE CARGA TURÍSTICA**
- **ACTIVIDAD TURÍSTICA**
- **PROPUESTA DE MANEJO Y CONTROL**

ABSTRACT

The tourist activity generates disturbance processes that alter the stability of ecosystems due to its poor planning and the lack of environmental control processes. The tourist load capacity (CCT) is a control tool that allows the actions to be made possible in order to preserve the tourist scenarios. The Ecological Path "Water and Life" (SEAV) is presented as one of the main tourist scenarios in the highlands area of the Cayambe Coca National Park (PNCC) and currently shows great pressure due to the lack of management and control for the development of the Tourist activity. This pressure is identified in greater incidence in areas where repeated erosion and waterlogging samples were recognized, because the constant course of visitors in these areas, it reduces the possibilities of a natural replenishment of the conditions of this ecosystem. The tourist load capacity analyzed for this trail shows that it can support the visit of 44 people daily, which would represent 16094 visitors per year; these values compared to the visitor records determined for 2018 in the Baños area of the PNCC, (68 visitors per day and 24695 per year), determine that there is a surpass of 24 visitors that will eventually increase by 6% by 2019 according to to the records analyzed since 2014; the pressure would increase the extension and persistence of the identified environmental impact. In this way, a proposal for Monitoring and Controlling Tourism Activity is presented for the SEAV structured by three levels of operation: determination of a tourism management model for visitor management; Environmental impact monitoring and evaluation process; And, procedures for the ecological restoration of affected areas, whose objective is to improve the quality of the visit, organize its execution and improve the experience of the visitors.

KEYWORDS:

- **PAPALLACTA**
- **PARAMO**
- **TOURIST LOAD CAPACITY**
- **TOURIST ACTIVITY**
- **MANAGEMENT AND CONTROL PROPOSAL**

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

El turismo de naturaleza se define como una actividad productiva que pretende crear una conciencia ambiental a través de la vivencia en áreas protegidas o áreas destinadas a la conservación de especies; en su desarrollo genera notables procesos de perturbación que alteran la estabilidad de los ecosistemas debido a la escasa planificación turística y los escasos procesos de control ambiental. Es ampliamente reconocido que el turismo puede ser un medio y una herramienta útil para el desarrollo de las áreas protegidas, pero también presenta desventajas cuando afecta la capacidad física de los ecosistemas naturales. Las muestras de alteración de mayor impacto de la actividad turística son la erosión y compactación del suelo, la contaminación de recursos hídricos y la alteración a la vida silvestre. (Oltremari, 1993).

En abril del 2012 el Ministerio del Ambiente emitió el Acuerdo Ministerial Nº 006, que elimina el cobro de tarifas de ingresos para la visita de las Áreas Naturales del Estado (PANE) a nivel de Ecuador continental. (Ministerio del Ambiente, 2012). Bajo esta premisa, las visitas a las áreas protegidas del Ecuador continental se han incrementado en un 38,87% para el 2017. (Ministerio del Ambiente, 2017). Este incremento de visitantes al PANE, se presenta como un potencial problema debido a la falta de capacidad de manejo turístico y control ambiental y más aún, para los ecosistemas definidos como frágiles donde carecen los estudios referentes a capacidad de carga turística.

El objetivo primordial del presente trabajo de investigación se define en determinar la capacidad de carga turística del sendero ecológico “El Agua y la Vida” (SEAV) correspondiente al sistema lacustre del páramo de Papallacta, a través de la evaluación de los indicadores físicos y ambientales de precipitación, humedad, pendiente, anegamiento, deterioro de la cobertura vegetal y heliofanía; a fin de desarrollar una propuesta capaz de establecer medidas para su control biofísico y minimizar los impactos de la actividad turística; y que a su vez, permita potencializar la conservación de la zona de estudio precautelando los bondadosos servicios ecosistémicos existentes.

La definición de la capacidad de carga turística y la evaluación biofísica de la zona de estudio se definió como una herramienta para valorar los procesos de perturbación y presión ambiental que se ocasionan de la actividad turística y fue empleado para diagnosticar el estado de conservación ambiental. La propuesta de monitoreo y control, desarrollada a partir del estudio mencionado anteriormente, figurará como un mecanismo para regular la presión de la actividad turística y podrá definir medidas que aseguren la calidad del ecosistema y el uso sostenible del espacio y los recursos. Este estudio puede ser empleado en los procesos de gestión de planes de manejo de Áreas Protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) y del Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE), donde se reconozcan ecosistemas de similares características o su vez se pueda configurar estudios similares para los ecosistemas en general.

1.2. Justificación de la Importancia de la Investigación

Los ecosistemas frágiles actualmente constituyen espacios naturales destinados a la conservación dado a su alto nivel de concentración de procesos biológicos y naturales; estos se ven afectados por la presión de las actividades humanas que comprometen su estabilidad natural. Los páramos se encuentran dentro de esta categoría especial, debido a sus importantes funciones ecosistémicas. El sendero ecológico "El Agua y la Vida" (SEAV) correspondiente al sistema lacustre de los páramos de la parroquia de Papallacta, perteneciente al Parque Nacional Cayambe- Coca, dentro de la jurisdicción de la provincia de Napo, representa uno de los principales atractivos turísticos de la zona, debido a que se encuentra formado por un conjunto aproximado de 28 lagunas de pequeña superficie que están siendo utilizados en varios proyectos de agua potable, hidroeléctricos y de riego para los poblados cercanos. (Lasso, 2009).

La presión de la actividad turística sobre este sendero ecológico, está comprometiendo la calidad del suelo y la conservación de la vida silvestre propia del lugar. Esta presión se genera debido a la falta de estudios referentes a la capacidad de carga turística que puede soportar el SEAV, a la escasa generación de información ambiental y a la falta de referencias científicas sobre la capacidad biofísica de la zona de estudio. De tal manera, surge la necesidad de establecer la definición de la capacidad de carga turística de este sendero considerando los indicadores físico-ambientales de precipitación, humedad, pendiente, anegamiento, deterioro de la cobertura vegetal y heliofanía de la zona de estudio, a fin de poder contrarrestar la degradación del suelo de este importante ecosistema natural.

Se justifica realizar la presente investigación, puesto que hasta la presente fecha no se han realizado estudios de este tipo dentro del Parque Nacional Cayambe-Coca, ni mucho menos se ha definido un monitoreo especial de capacidad de carga turística a través de la evaluación de indicadores físico-ambientales para este tipo de ecosistema frágil.

1.3. Planteamiento del Problema

Los páramos de la región sudamericana se extienden desde la Sierra Nevada de Santa Marta en Colombia y la Cordillera de Mérida en Venezuela, hasta la depresión de Huancabamba en el Perú; constituyen un escenario importante de biodiversidad en Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú (Balslev & Luteyn, 1992). El ecosistema de páramo en esta región se encuentra afectado por actividades antropogénicas que han puesto en riesgo las múltiples bondades biológicas, ecosistémicas y paisajísticas, disminuyendo sus zonas de extensión, la cobertura vegetal, la presencia de especies y la calidad de su principal servicio ambiental basado en la generación y almacenamiento de agua. (Hofstede, Segarra, & Mena Vásconez, Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos, 2003); (Luteyn, 1999). El panorama de afectaciones y presiones que sufre este ecosistema, dentro de la región se debe a similares causas como el crecimiento de la zona urbana y rural, el crecimiento de la frontera agrícola, la intensificación del pastoreo, y actualmente el desarrollo de actividades turísticas sin la correspondiente contemplación de medidas y procesos de control. (Coppus, y otros, 2001).

El ecosistema de páramo en el Ecuador, se distribuye en un callejón casi ininterrumpido sobre la línea de bosque de las cordilleras oriental y occidental, sobre los 3.700 y 3.400 msnm

respectivamente; ocupa un área total de 14.876 km^2, representado por el 5.94 % del territorio nacional (Hofstede, Segarra, & Mena Vásconez, 2003). La degradación de los páramos ecuatorianos es un proceso continuo e incontrolable, se estima que más de tres cuartos de toda el área originalmente ocupada por páramos está actualmente modificada o ha sido transformada por actividades humanas (Hofstede, y otros, 2002). La actividad turística desarrollada en estos ecosistemas produce, entre otras alteraciones, la desaparición de la cobertura vegetal natural, el drenaje de las turberas, la contaminación del agua, el fraccionamiento de la vegetación, la formación de suelos desnudos, su compactación y la disminución de la capacidad de retención de agua de los mismos (Hofstede R. , 2014)

La zona alta del Parque Nacional Cayambe- Coca, correspondiente al sistema lacustre del páramo de Papallacta, se encuentra formado por un conjunto de cuerpos de agua de pequeña superficie que están siendo utilizados en varios proyectos de agua potable, hidroeléctricos y de riego para los poblados cercanos (Lasso, 2009) y, debido al incremento de las visitas turísticas, se evidencian alteraciones en el medio natural del SEAV, lo que compromete la estabilidad de los procesos ecosistémicos del páramo. Por tal motivo se pretende monitorear la capacidad de carga turística de este sendero a través de la evaluación de indicadores físicos y ambientales de la zona de estudio, a fin de determinar el número de visitantes que puede soportar el ecosistema de páramo presente en la zona alta del Parque Nacional Cayambe- Coca.

1.4. Hipótesis

La actividad turística desarrollada en el sendero ecológico “El Agua y la Vida” de la parroquia de Papallacta, correspondiente a la zona alta del Parque Nacional Cayambe- Coca,

genera impactos negativos al exceder la capacidad de carga turística, provocando la alteración del estado de conservación de este ecosistema frágil.

1.5. Objetivo General

Determinar la capacidad de carga turística del SEAV del sistema lacustre del páramo de Papallacta, a través de la evaluación de indicadores físico-ambientales para establecer una propuesta de monitoreo y control de la actividad turística para remediar los impactos en la zona de estudio.

1.6. Objetivos Específicos

- Identificar el estado de conservación del SEAV del sistema lacustre del páramo de Papallacta a través del análisis de parámetros físicos (textura, humedad) y químicos (contenido de materia orgánica, pH, conductividad eléctrica) del suelo, a fin de caracterizar la situación actual de la zona de estudio.

- Determinar los indicadores físico-ambientales de precipitación, humedad, pendiente, anegamiento, deterioro de flora y heliofanía de la zona de estudio a través de un factor de corrección a fin de analizar los resultados obtenidos para reconocer las alteraciones de la zona de estudio.

- Determinar la capacidad de carga turística del SEAV del sistema lacustre del páramo de Papallacta a través de la aplicación de la metodología propuesta por Miguel

Cifuentes (1999), con el propósito de establecer el número de visitantes que puede soportar la zona de estudio.

- Diseñar la propuesta de monitoreo y control de la actividad turística a partir de la identificación de sus principales impactos y de la sistematización de los resultados obtenidos de la definición de la capacidad de carga turística y la determinación de los indicadores físico-ambientales.

1.7. Marco Teórico Referencial

1.7.1. Marco Legal

La Constitución Política de la República del Ecuador del año 2008, se presenta como el instrumento legal de mayor jerarquía y pertinencia en el tema ambiental a lo largo de la historia del Ecuador puesto que reconoce a la Naturaleza como un sujeto de derecho, otorgándole un alto valor para su conservación y protección. En su artículo 406, establece que el Estado regulará *la conservación, manejo, uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles como los páramos.* (Asamblea Nacional Constituyente de la República del Ecuador, 2008)

El Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica, suscrito en junio de 1992 en Río de Janeiro, y ratificado por el Ecuador mediante publicación en el Registro Oficial N° 109 del 18 de enero de 1993, tiene por objetivos *"la conservación de la diversidad biológica, la utilización sustentable de sus componentes y la participación justa y equitativa de los*

beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos". En su artículo 8 hace referencia a la conservación “in situ" de los recursos de manera que postula el establecimiento de *“un sistema de áreas protegidas o áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica".* (Organización de las Naciones Unidas, 1992).

El Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 estableció como uno de sus objetivos nacionales *garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global*, definiendo como una de sus principales estrategias la *implementación de programas de prevención, mitigación y adaptación al cambio climático, así como de evaluación de impacto, vulnerabilidad y riesgo en el territorio para los diferentes sectores productivos y asentamientos humanos, con énfasis en los sectores priorizados, los grupos de atención prioritaria y los ecosistemas frágiles.* (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo SENPLADES, 2013). Sin duda alguna, los preceptos de este plan nacional establecieron importantes puntos de partida para la ejecución de políticas que aseguren y garanticen a un mayor nivel los fundamentos de la sostenibilidad ambiental, la conservación de los espacios naturales y su uso racional.

El Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente del Ecuador, emitido el 31 de marzo del 2003 por Decreto Ejecutivo No 3516, constituye uno de los instrumentos legales de carácter ambiental de mayor referencia para las actividades asociadas a este orden y en él se establecen las políticas para el aseguramiento de la calidad de los recursos del Estado. En su libro VI, anexo 2, referente a la Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados se establecen los lineamientos

primordiales para controlar las acciones que garanticen la conservación y el buen uso del suelo, definiendo importantes criterios de la calidad de suelo.

El Código Orgánico Ambiental emitido el 12 de abril de 2017 y codificado un año más tarde, enmarca la administración pública ambiental y sus potestades estatales para la conservación de la biodiversidad, en función de regular la gestión pública ambiental. Respecto a las áreas naturales protegidas, el artículo 37 de este instrumento legal considera que *las áreas protegidas serán espacios prioritarios de conservación y desarrollo sostenible. Donde se deberán establecer limitaciones de uso y goce a las propiedades existentes en ellas y a otros derechos reales que sean necesarias para asegurar el cumplimiento de sus objetivos de conservación. El Estado evaluará, en cada caso, la necesidad de imponer otras limitaciones.* (Ministerio del Ambiente, 2017).

El Reglamento Especial de Turismo en Áreas Naturales Protegidas establece el régimen y los procedimientos aplicables para la realización de actividades turísticas dentro del Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE), disponiendo el otorgamiento de autorizaciones y permisos para la operación turística. El artículo 3 de este Reglamento define criterios para la gestión de actividades turísticas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP); el artículo 4 identifica la necesidad de que *toda ejecución de obra o establecimiento de infraestructura de naturaleza turística en su interior se someta a estudios de impacto ambiental de conformidad con las normas de la Ley de Gestión Ambiental, reglamentos y el plan de manejo de cada área protegida.* (Ministerio de Turismo, 2015)

El 11 de abril del 2012, el Ministerio del Ambiente en uso de las atribuciones establecidas en el numeral 1 del artículo 154 de la Constitución de la República del Ecuador, en concordancia con el artículo 17 del Estatuto del Régimen Jurídico y Administrativo de la Función Ejecutiva, acuerda en su artículo 1 *"establecer la gratuidad de ingreso a las áreas del Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE), excepto Galápagos."* (Ministerio del Ambiente, 2012).

1.7.2. Marco Teórico

El turismo de naturaleza actualmente constituye una actividad de importantes beneficios económicos, ambientales y sociales, que, como toda actividad productiva, genera impactos que alteran la calidad de los ecosistemas y comprometen la estabilidad de imprescindibles servicios ambientales. La falta de planificación turística y el escaso control ambiental en las Áreas Protegidas del Ecuador, se definen como las principales causas que disminuyen la calidad de los servicios ecosistémicos, puesto que no se manejan procesos que potencialicen la conservación y el uso sostenible de los recursos. Uno de los principios planteados para contrarrestar el alcance de la actividad turística dentro de los espacios de recreación, es el cálculo de la capacidad de carga que se fundamenta en un análisis técnico-científico que busca equilibrar la capacidad física de un centro turístico o un área natural, en contraste de factores limitantes que actúan sobre el mismo (como factores físicos, ambientales, sociales y biológicos) cuya finalidad es determinar el número óptimo de visitantes que podrían usar un mismo espacio en un día. (Cifuentes, 1999).

Las primeras propuestas de esta metodología se establecieron en el año 1979 a través del informe técnico elaborado por el Departamento de Agricultura y Servicio Forestal de los Estados

Unidos de Norteamérica, (en inglés “The Recreation Oportunity Spectrum: A Framework for Planning, Management and Research”) (Clark & Stankey, 1979), donde se plantearon acciones de manejo para lograr que las condiciones del área natural se mantengan por debajo de los límites de afectación planteados. (Stankey, Cole, Lucas, Petersen, & Frissell, 1985).

Para el año 1995 se desarrolló el trabajo “Protección del Recurso y de la Experiencia del Visitante” (en inglés “Visitor Experience Resource Protection”) que constituyó un importante avance para las áreas protegidas puesto que se estableció un rango de condiciones físicas y sociales cuyo propósito fue definir zonas potenciales de manejo; este tipo de metodología fue desarrollada por parte del Servicio Nacional de Parques de los Estados Unidos, quienes a su vez establecieron un esquema de medición de capacidad de carga y grados de satisfacción del visitante. (Hof & Lime, 1997).

En Ecuador se empezó a hablar de planificación en el manejo de áreas protegidas desde el año 1974, año en el cual se publicó el primer plan de manejo del Parque Nacional Galápagos. En estas islas se aplicó por primera vez estudios de capacidad de carga en el año 1984 a partir del segundo plan de manejo del Parque Nacional Galápagos, definiendo únicamente el número de visitantes que podían soportar los principales atractivos turísticos. (Cifuentes, 1984)

En el Parque Nacional Cajas, ubicado en el oeste de la ciudad de Cuenca, se desarrolló un esquema de manejo de visitantes para rutas y senderos, determinando un límite de capacidad de visitantes a través de la consideración de factores como la accesibilidad, precipitación y heliofanía; estudio que se enfocó en la definición de la capacidad de carga a través del análisis de

factores propios de la zona de estudio de los senderos y rutas del área protegida. (Cárdenas, Mejía, Macancela, Vasco, & Astudillo, 2010).

La capacidad de carga es relativa y dinámica, porque depende de variables que según las circunstancias pueden cambiar. Esto obliga a revisiones periódicas, en coordinación con el monitoreo de los sitios, como parte de un proceso secuencial y permanente de planificación, investigación y ajuste del manejo. (Cayot, y otros, 1996). Considerando esta premisa, es importante definir indicadores ambientales y biofísicos que se ajusten a las realidades ecosistémicas y administrativas de cada una de las zonas donde se pretenda aplicar la metodología para el cálculo de la capacidad de carga turística; más aún, cuando se traten de ecosistemas frágiles o zonas donde la presión humana afecta considerablemente la estabilidad de los recursos naturales.

A nivel nacional, son pocos los estudios desarrollados para el manejo turístico de páramos, pese a las consideraciones legales que respaldan y protegen la conservación y la correcta gestión de este tipo de ecosistemas frágiles; frente a esta realidad, se reconoce una continua y acelerada degradación estimando que más de tres cuartos de toda el área originalmente ocupada por páramos está actualmente modificada o ha sido transformada por actividades humanas (Hofstede, y otros, 2002), produciendo principalmente la desaparición de la cobertura vegetal natural, el fraccionamiento de vegetación, y la disminución de la capacidad de retención de agua de los mismos (Hofstede R. , 2014)

El trabajo realizado por Romo, M. (2016) constituye una referencia para la presente investigación, debido a que se desarrolla un estudio de las principales problemáticas que afectan el ecosistema de páramo del Parque Nacional Llanganates, tomando en cuenta indicadores ambientales que permiten definir un estado real de la calidad del suelo y de factores biológicos como la flora de la zona de estudio.

Dentro del Parque Nacional Cayambe-Coca, los únicos estudios que se pueden reconocer referentes a la gestión turística son los presentados en el plan de manejo desarrollado por el Ministerio del Ambiente en el año 2009, donde se contempla la necesidad de establecer un estudio de capacidad de carga dentro de los distintos senderos del área protegida pero que, debido a la falta de control y seguimiento, no se ha implementado. Además se pueden reconocer dos estudios de carácter académico, uno referente al análisis comparativo del manejo de los páramos entre las comunidades asentadas en los Parque Nacionales Cayambe Coca y Cotopaxi (Toasa, 2011); y la propuesta de una ecoruta turística para la parroquia de Papallacta, donde se plantea el uso racional de los recursos de la zona. (Argüello, 2017). Por tal motivo, se considera necesario desarrollar el monitoreo de la capacidad de carga a través de la evaluación de condiciones biofísicas para la zona alta de esta área protegida, en base a las consideraciones de indicadores ambientales característicos de este tipo de ecosistema frágil.

Para el desarrollo de la investigación se tomarán como referencia los fundamentos de la metodología planteada por Cifuentes en su estudio Determinación de Capacidad de Carga Turística en Áreas Protegidas desarrollado en 1992, donde establece las pautas y los procedimientos a seguir para calcular la capacidad de carga turística (Cifuentes, 1992); asimismo

se considerarán los estudios para la Determinación de la capacidad de carga turística en los sitios de visita del Parque Nacional Galápagos (Cifuentes M. , 1996) y los resultados del estudio denominado Capacidad de Carga Turística de las Áreas de Uso Público del Monumento Nacional Guayabo para Costa Rica. (Cifuentes M. , 1999). Así también, se considerarán los estudios presentados por la Organización Mundial del Turismo (2004), referente a la Gestión de la saturación turística en sitios de interés natural y cultural, mismo que sirvió de base para el desarrollo del Manual Práctico para Administradores de Sitios del Patrimonio Mundial, desarrollado por Pedersen (2005).

Es importante mencionar, que existen trabajos a nivel internacional, que fueron desarrollados a base de la modelación de indicadores ambientales para las zonas de estudio donde se aplicaron los cálculos de capacidad de carga, es así el trabajo presentado por Botero, Hurtado, González, Ojeda, & Díaz (2008) en su Metodología de Cálculo de la Capacidad de Carga Turística como Herramienta para la Gestión Ambiental y su aplicación en cinco playas del Caribe Norte Colombiano, quienes desarrollaron una metodología que fue más allá de un valor estético del soporte ambiental logrando formular una metodología como un aporte novedoso a la gestión integrada de la costa colombiana y de espacios naturales destinados a la actividad turística.

Debido a la escasa información de estudios referentes a capacidad de carga turística para ecosistemas de páramo del Parque Nacional Cayambe Coca, se tomará de referencia el trabajo desarrollado por Chávez (2015), denominado *"Determinación de Capacidad de Carga y Propuesta de Monitoreo de Impactos del Turismo para la Zona Alta de la Reserva Ecológica Antisana, Cantón Archidona, Provincia de Napo",* donde se presentan importantes

consideraciones dentro de la aplicación de la metodología de capacidad de carga turística propuesta por Cifuentes en 1999. El Fondo para la Protección del Agua, FONAG ha realizado importantes aportaciones científicas en temas relacionados a los procesos de restauración de ecosistemas; es así, que para el año 2013, presenta la *Guía para la Restauración Ecológica en los Páramos del Antisana*, donde se exponen importantes directrices dentro de un Plan de Restauración Ecológica en Páramos a través del ejemplo práctico en la Unidad Hidrográfica Jatunhuayco; consideraciones que sirvieron de base para el desarrollo de la presente investigación (Aguirre & Torres, 2013).

1.7.3. Marco Conceptual

El Turismo de naturaleza o Turismo Ecológico se ha convertido en una actividad económica importante en áreas naturales de todo el mundo, proporcionando oportunidades para que los visitantes experimenten las poderosas manifestaciones de la naturaleza y la cultura y aprendan acerca de la importancia de la conservación de la biodiversidad. (Organización Mundial del Turismo, 2004). Sin embargo, obligatoriamente deben considerarse directrices de planificación y control para reducir en la mejor medida, la presión de los impactos generados en su actividad a fin de asegurar los objetivos principales de los espacios destinados a la conservación en cada una de las áreas protegidas definidas de acuerdo a la necesidad nacional o local.

Las Áreas Protegidas son espacios geográficos claramente definidos, reconocidos y gestionados, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la

conservación a largo plazo de la naturaleza, de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados (Dudley, 2008). Bajo esta consideración y tomando en cuenta que los procesos de planificación y control que requieren estos espacios de conservación son primordiales, se definen planes de manejo que constituyen un arquetipo para el correcto uso de los recursos existentes y se definen como una herramienta de gestión para la toma de decisiones en la generación de actividades turísticas, económicas y científicas. Los planes de manejo identifican las zonas de las áreas protegidas, sus usos y las medidas de control para su correcta gestión. La determinación de la Capacidad de Carga se considera una medida de control para las áreas protegidas y esta se fundamenta en un análisis técnico- científico que busca equilibrar la capacidad física de un centro turístico, en contraste de factores limitantes que actúan sobre el mismo (como factores físicos, ambientales, sociales y biológicos) para encontrar el número óptimo de visitantes que podrían usar un mismo espacio en un día (Cifuentes, 1992). Lamentablemente, a nivel de ecosistemas frágiles entendidos como aquellos en los que las condiciones de vida están en los límites de tolerancia; o los sistemas que corren riesgo de destrucción a causa de las características de su geografía física y por la presión de las actividades humanas. (Organización de las Naciones Unidas, 1992); los estudios de capacidad de carga turística no consideran los factores físicos y ambientales propios de la zona de estudio lo que incrementa un mayor nivel de presión ambiental sobre los suelos y cada uno de sus componentes naturales, acelerando su degradación y comprometiendo la estabilidad ecosistémica a nivel local.

La Degradación del Suelo es la temporal o permanente reducción de la capacidad productiva de la tierra debido a los impactos humanos adversos sobre los recursos hídricos, la deforestación, y la reducción de la capacidad productiva de las tierras de pastoreo. (Food and

Agriculture Organization of the United Nations FAO, 1994). Está directamente relacionada con la calidad de suelo, la misma que es considerada como una medida de su capacidad para funcionar adecuadamente en relación con un uso específico (Gregorich, 1994). Sin embargo, Arshad & Coen (1992) le adjudicaron a este concepto un vínculo más ecológico, al definirlo como su capacidad biofísica para aceptar, almacenar y reciclar agua, minerales y energía para la producción de cultivos, y a la vez preservar un ambiente sano. Estos pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas, o a su vez, procesos que ocurren en él; estos deben permitir analizar la situación actual e identificar los puntos críticos con respecto al desarrollo sostenible; analizar los posibles impactos antes de una intervención; monitorear el impacto de las intervenciones antrópicas; y ayudar a determinar si el uso del recurso es sostenible. (Conservación y Rehabilitación de Tierras en América Latina y el Caribe CORTALC, 1996). Para que las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo sean consideradas indicadores de calidad, deben cubrir condiciones como la identificación de los procesos del ecosistema; integración de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; demostrar sensibilidad a variaciones de clima y manejo y a los cambios en el suelo que ocurren como resultado de la degradación antropogénica (Quintero, 1980). En este sentido los indicadores de calidad de suelo establecen lineamientos que permiten evaluar su estabilidad y analizar su composición frente a las distintas disposiciones y presiones ambientales a las que puede ser sometido; estos parámetros se usan para determinar las variaciones que podrían afectar el normal desarrollo de las condiciones bióticas y abióticas que en el suelo se desarrolla. (Instituto de Suelos de La Habana, 1997). Ver Tabla 1.

Tabla 1.

Indicadores de Calidad de Suelo.

	Parámetro	Relación con la función y condiciones del suelo
Físicos	Textura	Retención y transporte de agua y minerales; erosión del suelo
	Profundidad (suelo superficial y raíces	Estimación del potencial productivo y de erosión
	Infiltración y densidad aparente	Potencial de lixiviación, productividad y erosión
	Capacidad de retención de agua	Contenido en humedad, transporte, erosión, humedad aprovechable, textura, materia orgánica
	Estabilidad de agregados	Erosión potencial de un suelo, infiltración de agua
Químicos	Contenido en materia orgánica	Fertilidad de suelo, estabilidad y grado de erosión, potencial productivo
	pH	Actividad química y biológica
	Conductividad eléctrica	Actividad microbiológica y crecimiento de plantas
	N, P, K extraíbles	Disponibilidad de nutrientes para las plantas, indicadores de productividad y calidad ambiental
	Capacidad de intercambio catiónico	Fertilidad del suelo, potencial productivo
	Metales pesados disponibles	Niveles tóxicos para el crecimiento de las plantas y la calidad del cultivo
Biológicos	Contenido de biomasa microbiana	Potencial catalizador microbiano, reposición de C y N
	Nitrógeno mineralizable	Productividad del suelo y aporte potencial de N
	Aireación, contenido en agua, temperatura	Medición de la actividad microbiológica
	Contenido de lombrices	Actividad microbiana
	Rendimiento del cultivo	Producción potencial del cultivo, disponibilidad de nutrientes

Fuente: La actividad de conservación y mejoramiento de suelos. (Instituto de Suelos de La Habana, 1997). Elaborado por: Almeida, J. 2018.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio se basó en un modelo de investigación aplicada cuyo enfoque se orientó en la comprensión del manejo de ecosistemas de páramo para su conservación; este modelo reconoció tres fases: la definición del estado de conservación del ecosistema y/o zona de estudio, la caracterización de sus condiciones físicas y ambientales y el proceso de monitoreo de conservación de la zona de estudio determinada. Ver Tabla 2.

Tabla 2.

Diseño de la Investigación.

Aproximación de Investigación	Enfoque de Investigación	Relaciones con el Estudio	Categoría de Investigación	Metodología de Investigación	Técnicas de Investigación	Estrategías de Investigación
Manejo de ecosistemas de páramo para su conservación.	*Estado de conservación del ecosistema*	*Caracterización y diagnóstico de la zona de estudio*	*Cuantitativa*	*Evaluativa*	*Revisión bibliográfica* *Levantamiento de información en c ampo.*	*Revisión de fuentes primarias y secuandarias* *Aplicación de matrices*
	Condiciones físicas y ambientales del ecosistema	*Definición de capacidad de carga turística de la zona de estudio* *Análisis de indicadores físico-ambientales de zona de estudio.*	*Cuantitativa*	*Experimental*	*Aplicación de metodologías*	*Metodología de capacidad de carga* *Factor de corrección*
	Monitoreo de conservación del ecosistema	*Propuesta de monitoreo de actividad turística.*	*Cuantitativa*	*Analitica*	*Desarrollo de plan de monitoreo*	*Análisis de resultados*

Elaborado por: Almeida, J. 2018.

En base al enfoque de investigación reconocido, el mismo que se presenta alineado al cumplimiento de los objetivos de la consecuente investigación y una vez establecidas sus etapas, se procedió inicialmente con la caracterización y diagnóstico de la zona de estudio a través de la identificación del estado de conservación del SEAV del sistema lacustre del páramo de Papallacta, realizando el análisis de parámetros físicos a través de la toma de muestras de suelo y el correspondiente análisis de laboratorio bajo parámetros acreditados. A partir de esto, se definió el estado de conservación de la zona de estudio a través de su diagnóstico, caracterización y el

análisis de los resultados del parámetro de la calidad del suelo. Esta actividad se llevó a cabo a partir de revisión bibliográfica de fuentes primarias y secundarias, visitas de campo, análisis espacial y levantamiento de información georreferencial a través del uso de GPS y de matrices de identificación de impactos y/o perturbaciones.

Consecuentemente, se determinó la capacidad de carga turística de la zona de estudio a través de la aplicación de la metodología propuesta por Cifuentes en 1999, donde se estableció la Capacidad de Carga Física (CCF); la Capacidad de Carga Real (CCR); la Capacidad de Manejo (CM) y la Capacidad de Carga Efectiva (CCE).

Una vez configurada una base estructurada de la información generada, se cumplió con el objetivo de diseñar una propuesta de monitoreo y control de las actividades turísticas desarrolladas en el SEAV del sistema lacustre del páramo de Papallacta, a partir de la identificación de los principales impactos ambientales a través del uso de matrices de identificación e intensidad de impactos, para desarrollar estrategias y actividades capaces de mitigar la presión en este ecosistema de páramo. Ver Tabla 3.

Tabla 3.

Objetivos y Etapas de Investigación.

Objetivos de la Investigación	Etapas de la Investigación	Temas de Investigación
Identificar el estado de conservación del SEAV del sistema lacustre del páramo de Papallacta a través del análisis de parámetros físicos y químicos del suelo, a fin de caracterizar la situación actual de la zona de estudio.	Definición del estado de conservación del ecosistema y/o zona de estudio.	Análisis de la caracterización del suelo. Procedimiento para el muestreo del suelo. Determinaciones físico-químicas para muestras del suelo. Niveles para la interpretación de análisis de suelos.
Determinar los indicadores físico-ambientales de precipitación, humedad, pendiente, anegamiento, deterioro de floral y heliofanía de la zona de estudio a través de un factor de corrección a fin de analizar los resultados obtenidos para reconocer las alteraciones de la zona de estudio.	Caracterización de sus condiciones físicas y ambientales	Factor de corrección. Factor social. Factores físicos y ambientales. Factores biológicos.
Determinar la capacidad de carga turística del SEAV del sistema lacustre del páramo de Papallacta a través de la aplicación de la metodología propuesta por Miguel Cifuentes (1999), con el propósito de establecer el número de visitantes que puede soportar la zona de estudio.		Capacidad de carga turística. Capacidad de carga física. Capacidad de carga real. Capacidad de manejo. Capacidad de carga efectiva.
Diseñar la propuesta de monitoreo y control de la actividad turística a partir de la identificación de sus principales impactos y de la sistematización de los resultados obtenidos de la definición de la capacidad de carga turística y la determinación de los indicadores físico-ambientales.	Proceso de monitoreo de conservación de la zona de estudio determinada.	Valorización cuantitativa de impactos ambientales. Indicadores de impactos e indicadores de medición.

Elaborado por: Almeida, J. 2018.

2.1. Análisis de Caracterización del Suelo

El procedimiento para realizar el análisis de caracterización del suelo del sendero ecológico "El agua y la Vida" se efectuó a través de colectas de muestras en campo. Se definieron los sitios del sendero destinados al uso turístico y el tipo de suelo existente, donde se extrajeron muestras de 0 a 20 cm del tipo horizonte A, puesto que dentro de este segmento es donde se presentan las mayores presiones para el desgaste y transformación del suelo. Se tomaron muestras representativas en base a un tipo de muestreo sistemático, efectuando calicatas en el sendero considerando su pendiente (Lozano, 2011).

2.1.1 Procedimiento para el Muestreo del Suelo

Se inició con la caracterización del área del sendero ecológico a través de la delimitación geoespacial de la zona de influencia directa. Para este procedimiento se tomó en cuenta las técnicas estándares y las recomendaciones definidas pon parte del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP; para el caso de senderos cuyo promedio de ancho fluctuó entre los 3 a 4,50 m, se consideró una zona de influencia directa de 10 m.

Las profundidades de los perfiles del suelo fueron de 0-5, 6-10, 11-15 y 16-20 cm; las muestras de suelos fueron enviadas al laboratorio del INIAP, Estación Santa Catalina, ubicado en el sector de Cutuglagua, Pichincha. Se ejecutaron 40 muestras de suelos.

2.1.2 Determinaciones Físico- Químicas para Muestras de Suelo.

Las características físico-químicas que se analizaron de las muestras de suelo ejecutadas fueron: textura (% Arena, % Limo, % Arcilla), pH, %M.O. y % de humedad. Dentro de las zonas donde se evidenció mayor impacto de anegamiento y erosión, se analizaron las siguientes características físico-químicas: NH4, P, S, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, B, N, entre otros. Las metodologías que se aplicaron para el análisis físico-químico se muestran en la Tabla 4:

Tabla 4.

Metodologías para el Análisis de Características Físico- Químicas de Muestras de Suelo- INIAP

Determinación	Método	Referencia
ph	Potenciómetro, suspensión Suelo: agua (1:2,5)	NTE INEN 0687:82
Nh_4	Nitrógeno en forma amoniacal: Fotocolorimétrico-Azul Indofenol en extracto Olsen Modificado pH 8.5	
P	Fotocolorimétrico-Azul de fosfomolibdato en extracto Olsen Modificado pH 8.5	NTE INEN 0229:78
S	Turbidimétrico-Cloruro de bario (10%) en extracto de fosfato monobásico de calcio	NTE INEN 0237:78
K	Espectroscopia de Absorción Atómica en extracto Olsen Modificado pH 8.5	NTE INEN 0237:78
Ca	Espectroscopia de Absorción Atómica en extracto Olsen Modificado pH 8.5	NTE INEN 0237:78
Mg	Espectroscopia de Absorción Atómica en extracto Olsen Modificado pH 8.5	NTE INEN 0239:78
Zn	Espectroscopia de Absorción Atómica en extracto Olsen Modificado pH 8.5	NTE INEN 0981:84
Cu	Espectroscopia de Absorción Atómica en extracto Olsen Modificado pH 8.5	
Fe	Espectroscopia de Absorción Atómica en extracto Olsen Modificado pH 8.5	NTE INEN 0979:84
Mn	Espectroscopia de Absorción Atómica en extracto Olsen Modificado pH 8.5	NTE INEN 1104:84
B	Fotocolorimétrico- Curcumina en extracto de fosfato de calcio	NTE INEN 0235:98
M.O.	Combustión seca (análisis elemental), Dicromato de Potasio	
% N Total	Semi-micro Kjeldahl	
Textura del suelo	Bouyoucos Modificado (hidrómetro) Clase Textural por tipo: Arena, Limo y Arcilla	
Conductividad eléctrica	Conductométrico en extracto de pasta saturada	
% Humedad	Gravimétrico	

Fuente: (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, 2011).

2.1.3 Niveles para la Interpretación de Análisis de Suelos

Los niveles para la interpretación del análisis de suelos se han obtenido del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación de Santa Catalina – INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, 2011) y se muestran en las Tablas 5, 6 y 7:

Tabla 5.

Niveles para la Interpretación de Análisis de Suelos- pH

	Muy Ácido	Ácido	Median. Ácido	Ligeram. Ácido	Prácticam. Neutro	Ligeram. Alcalino	Median. Alcalino	Alcalino	Neutro
pH	0,0 - < 5,0	5 – 5,5	> 5,5 – 6,0	> 6 – 6,5	> 6,5 – 7,5	> 7,5 – 8,0	> 8 – 8;5	> 8,5	7,0
Siglas	M Ac	Ac	Me Ac	L Ac	P N	L Al	Me Al	Al	N
	Requieren Cal								

Fuente: (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, 2011).

Tabla 6.

Niveles para la Interpretación de Análisis de Suelos- N, P, S, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, B, % M.O

Nutriente	Unidad	Bajo	Medio	Alto	Tóxico
N	ppm	<30,0	30,0 – 60,0	>60	
P	ppm	<10.0	10 – 20	>20	
S	ppm	<10.0	10 – 20	>20	
K	meq/100ml	<0,2	0,2 – 0,4	>0,4	
Ca	meq/100ml	<4,0	4 – 8	>8,0	
Mg	meq/100ml	<1,0	1 – 2	>2,0	
Cu	ppm	<1,0	1 – 4	>4,0	
Fe	ppm	<20,0	20 – 40	>40,0	
Mn	ppm	<5,0	5 – 15	>15,0	
Zn	ppm	<2,0	2 – 7	>7,0	
B	ppm	<1,0	1 – 2	>2,0	>4,0

CONTINÚA

CI	ppm	<17,0	17 – 34	>34,0	
M.O.	%	<3,0	3 – 5	>5,0	
Siglas		B	M	A	T

Fuente: (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, 2011).

Tabla 7.

Niveles para la Interpretación de Análisis de Suelos - Al + H, Al, Na

Nutriente	Unidad	Bajo	Medio	Tóxico
Al + H	meq/100ml	<0,5	0,5 – 1,5	>1,5
Al	meq/100ml	<0,3	0,3 – 1,0	>1,0
Na	meq/100ml	<0,5	0,5 – 1,0	>1,0
Siglas		B	M	T

Fuente: (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, 2011).

2.1.4 Análisis de Coeficiente de Correlación de Pearson en Resultados de Muestras de Suelo.

El coeficiente de correlación de Pearson en una medida de relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas; esta se muestra independiente de la escala de las medidas de las variables, siendo este tipo de análisis muy significativo para la presente investigación puesto que las variables de análisis recopiladas a través del trabajo de campo efectuado, tienen diferentes tipos de escalas de medida (Etxeberría, 1999). Este coeficiente sirve para estudiar dos variables aleatorias y se aplica la ecuación 1 expresada de la siguiente manera:

$$\rho\chi,\gamma = \frac{\sigma x\gamma}{\sigma x\sigma\gamma} = \frac{E(X-\mu x)(Y-\mu\gamma)}{\sigma x\sigma\gamma} \qquad (1)$$

Dónde:

$\sigma x \sigma \gamma$ es igual a la covarianza de (X,Y);

σx es igual a la desviación típica de la variable X;

$\Sigma \gamma$ es igual a la desviación típica de la variable Y.

Los valores del coeficiente de correlación de Pearson varían en el intervalo de -1 a 1, tal como se indica en la Tabla 8:

Tabla 8.

Valores de Coeficiente de Correlación de Pearson.

Intervalo	Resultado	Observación
Si r = 1	Correlación positiva perfecta	El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.
Si 0 < r < 1	Correlación positiva	
Si r = 0	No existe relación lineal	Esto no implica que las variables son independientes: pueden existir relaciones no lineales entre las dos variables.
Si -1 < r < 0	Correlación negativa	
Si r = -1	Correlación negativa perfecta	El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.

Fuente: (Etxeberría, 1999).

2.1.4 Análisis de Coeficiente de Determinación en Resultados de Muestras de Suelo.

El coeficiente de determinación o también entendido como R cuadrado, determina la calidad y la proporción de variación de los resultados que puede explicarse en un modelo (Etxeberría, 1999). Para la presente investigación, el Coeficiente de determinación fue utilizado para verificar

en mayor grado la relación de los resultados expresados con el coeficiente de correlación de Pearson.

2.2 Factor de Corrección

2.2.1 Factor Social

Este factor hace referencia a los visitantes y la manera en la que se presentan en el sitio de estudio. Se plantea la necesidad de manejar la visita a través de grupos, con un máximo de 12 personas por cada uno de ellos. Bajo la premisa de considerar que cada visitante requiere de 1,5 m^2 de superficie para su normal desenvolvimiento, se debe considerar también la distancia mínima entre cada grupo de visitantes, que debe ser de 150m. (Cifuentes, 1999). Para ello se aplica la ecuación 2:

$$\mathrm{NG} = \frac{LT}{DG} \qquad (2)$$

Dónde:

NG es igual a número de grupos;

LT es igual al largo total del sendero;

DG es igual a la distancia del sendero ocupado por el grupo; se debe considerar la longitud que ocupa el grupo más la distancia que necesita de espacio con el grupo contiguo.

Para el cálculo de la magnitud de visitantes por día, se debe determinar el espacio en metros que los grupos ocupan en el transcurso de un día. Así, se considera el número de grupos

que pueden estar presentes en el mismo tiempo en un sendero por el número de personas que lo conforman (12 personas) (Cifuentes, 1999). Se expresa a través de la ecuación 3:

$$\mathrm{LTG} = \mathrm{NG} \times \mathrm{NPG} \qquad (3)$$

Dónde:

LTG es igual a la longitud total en metros ocupados por los grupos en un día;

NG es igual al número de grupos;

NPG es igual al número de personas por grupo.

Una vez definido el espacio potencial que ocuparían los grupos en un día dentro del sendero, se debe determinar el espacio limitante. Para ello se aplica la ecuación 4:

$$\mathrm{EL} = \mathrm{LT} - \mathrm{LTG} \qquad (4)$$

Dónde:

EL es igual al espacio limitante;

LT es igual a la longitud total del sendero;

LTG es igual a la longitud total en metros ocupados por los grupos en un día.

Finalmente, con los resultados obtenidos se determina el factor de corrección social. Se aplica la ecuación 5:

$$\text{FCSoc} = 1 - \frac{Ml}{Mt} \qquad (5)$$

Dónde:

FCSoc es igual al factor de corrección social:

Ml es igual a la magnitud limitante (espacio limitante);

Mt es igual a la magnitud total (largo total del sendero).

2.2.2 Factores Físicos y Ambientales

2.2.2.1 Pendiente

Es el grado de inclinación que tiene una superficie. Es importante considerar la estimación de que 45º de pendiente equivalen al 100% de inclinación, considerando que cada 100 metros en horizontal se recorren 100 metros en altura (Food and Agriculture of the United Nations FAO, 2003). Para ello se aplica la ecuación 6:

$$\alpha = Sen^{-1} - \frac{h}{d} \qquad (6)$$

Dónde:

α es igual al ángulo de pendiente;

h es igual a la diferencia de altura entre puntos;

d es igual a la distancia recorrida.

A partir de este resultado, se debe definir el porcentaje relativo. (Food and Agriculture of the United Nations FAO, 2003). Para ello se aplica la ecuación 7:

$$\text{Pend\%} = \frac{\alpha \times 100}{45} \qquad (7)$$

Dónde:

Pend% es igual al porcentaje relativo;

α es igual al ángulo de pendiente.

Una vez definida la distancia en metros del sendero, se debe cuantificar la cantidad en metros de pendiente de acuerdo a los criterios establecidos en la Tabla 9.

Tabla 9.

Categoría de Pendientes.

Pendiente	Categoría
< 10 %	Baja
10 % - 20 %	Media
> 20 %	Alta

Fuente: (Food and Agriculture of the United Nations FAO, 2003)

2.2.2.2 Erodabilidad

Es un índice que indica la vulnerabilidad o susceptibilidad a la erosión y que depende de las propiedades intrínsecas de cada suelo (Mattos, 1999). Para determinar este factor se calcula la longitud dentro del sendero que posea un porcentaje de pendiente medio y alto (de acuerdo a las

categorías definidas en la Tabla 9); a cada uno de estos valores se les multiplica por un factor de ponderación (0,4 como factor de ponderación para pendiente media y 0,6 para pendiente alta) (Cifuentes, 1999). De esta manera, se aplica la ecuación 8:

$$\text{FCErod} = 1 - \frac{(pm \times fp_1) + (pa \times fp_2)}{LT} \qquad (8)$$

Dónde:

FCErod es igual a factor de erodabilidad;

pm es igual a longitud total del sendero con pendiente media;

fp_1 es igual a factor de ponderación para la categoría de pendiente media;

pa es igual a longitud total del sendero con pendiente alta;

fp_2 es igual al factor de ponderación para la categoría de pendiente alta;

LT es igual a longitud total del sendero.

2.2.2.3 Accesibilidad

La accesibilidad es entendida como el grado de dificultad que podrían tener los visitantes para desplazarse libremente debido a la inclinación del terreno. (Cifuentes, 1999). Para determinar este factor se calcula la longitud del sendero que posee una pendiente media y alta y a este resultado se lo multiplica por un factor de ponderación de acuerdo al grado de dificultad (1 para el grado medio de dificultad y 1,5 para el grado alto de dificultad) (Cifuentes, 1999). Ver Tabla 10.

Tabla 10.

Parámetros de Ponderación de Grado de Dificultad de Senderos.

Pendiente	< 10%	10% - 20 %	>20 %
Grado de Dificultad	Ninguno	Medio	Alto

Fuente: (Cifuentes, 1999)

Para determinar el factor de accesibilidad se aplica la ecuación 9:

$$\mathrm{FCAcc} = 1 - \frac{(ma \times 1{,}5) + (mm \times 1)}{mt} \qquad (9)$$

Dónde:

FCAcc es igual a factor de accesibilidad;

ma es igual a metros del sendero con grado de dificultad alta;

mm es igual a metros del sendero con grado de dificultad media;

mt es igual a metros totales del sendero.

2.2.2.4 Anegamiento

Se define como la presencia de exceso de agua en el suelo. Su presencia incrementa la capacidad de erosión del suelo a la par de ser un limitante para el normal recorrido de los visitantes (Cifuentes, 1999). Se calcula midiendo la longitud de cada una de las áreas estancadas a lo largo del sendero (magnitud limitante). Para ello se aplica la ecuación 10:

$$\text{FCAne} = 1 - \frac{ma}{mt} \qquad (10)$$

Dónde:

FCAne es igual a factor de anegamiento;

ma es igual a metros del sendero con áreas anegadas;

mt es igual a metros totales del sendero.

2.2.2.5 Deterioro de Flora

Se define como los espacios de cobertura vegetal propensos a ser afectados por el tránsito de los visitantes en el sendero (Cifuentes, 1999). Para ello se aplica la ecuación 11:

$$\text{FCDf} = 1 - \frac{df}{LT} \qquad (11)$$

Dónde:

FCDf es igual al factor de deterioro de la flora;

df es igual a la longitud total de deterioro de flora en el sendero;

LT es igual a la longitud total del sendero.

2.2.2.6 Precipitación

El factor de la precipitación dentro del presente estudio debe ser entendido como la presencia de lluvia y su estacionalidad en la incidencia del normal recorrido de los visitantes en el

sendero. (Cifuentes, 1999). Los datos para determinar este factor fueron obtenidos de los registros de anuarios meteorológicos de las estaciones del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI cercanas a la zona de estudio, donde se analizarán la cantidad de horas lluvias diarias y su relación con el horario de atención del área protegida. Para ello se aplica la ecuación 12:

$$\mathrm{FCPrec} = 1 - \frac{hd}{ht} \qquad (12)$$

Dónde:

FCPrec es igual al factor de precipitación;

hd es igual a las horas de lluvia diaria que soporta la zona de estudio;

ht es igual al total de horas de lluvia al año que recibe la zona de estudio.

2.2.2.7 Heliofanía

El factor de heliofanía dentro del presente estudio debe ser entendido como la cantidad de horas con incidencia solar directa que resta la capacidad de los visitantes para su normal desplazamiento en el sendero (Cifuentes, 1999). Para ello es importante considerar los datos registrados en las estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio y considerar lo establecido por (Schneider, 1947) donde menciona que la radiación solar sobre los 339 W/m^2 se considera como un factor que pudiese limitar la actividad al aire libre. Bajo lo expuesto, se deben determinar la cantidad de horas al día de heliofanía y se aplica la ecuación 13:

$$\text{FCHel} = 1 - \frac{hd}{ha} \quad (13)$$

Dónde:

FCHel es igual al factor de heliofanía;

hd es igual a las horas de heliofanía al día;

ha es igual a las horas de heliofanía al año.

2.2.2.8 Compactación del Suelo

Corresponde a la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo debido a fuerzas externas que actúan sobre él (González, Iglesias, & Herrera, 2017). Esta medición se la efectúa en campo y se puede complementar con análisis de muestras de suelos en laboratorio. En campo se recomienda usar la técnica del clavo con tres repeticiones por cada sitio de muestreo. Para el análisis de datos en campo se resta un centímetro de cada medida y la medida de ingreso del clavo en el suelo se compara con los rangos establecidos en los trabajos de (Cárdenas, Mejía, Macancela, Vasco, & Astudillo, 2010). Ver Tabla 11.

Tabla 11.

Rangos de medida de Compactación de Suelo a través de Técnica del Clavo.

Rango	Categoría
1-3 cm	Compactado
4-6 cm	Compactación media
7-9 cm	Sin compactación

Fuente: (Cárdenas, Mejía, Macancela, Vasco, & Astudillo, 2010).

El factor de corrección de compactación de suelo se determina aplicando la ecuación 14:

$$\text{FCCsuelo} = 1 - \frac{(\%\ Comp\ Sendero)}{100} \qquad (14)$$

Dónde:

FCCsuelo es igual al factor de corrección de compactación de suelo;

% Comp Sendero es igual al porcentaje de compactación del sendero.

2.2.3 Factores Biológicos

De acuerdo al importante valor biológico y ecosistémico que representa el Parque Nacional Cayambe Coca, se consideró necesario determinar factores de corrección a nivel de flora y fauna. Para ello fue importante considerar los tipos de ecosistemas determinados para la zona de páramo, por lo que se recurrió a revisiones bibliográficas principalmente de la información presentada en el Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental, trabajo realizado por el Ministerio del Ambiente (2012). Así mismo, se recurrió a las bases de datos de especies de flora y fauna trabajadas en el Plan de Manejo del Parque Nacional Cayambe Coca (Ministerio del Ambiente, 2010). Es importante indicar que la zona de páramo comprende el 8,71% del total de superficie del Parque Nacional Cayambe Coca; la zona de estudio representa el 0,2%, por lo que las especies de flora y fauna circundantes al sendero ecológico objeto de estudio, se analizaron en las variables de endemismo y amenaza de acuerdo a los registros determinados en el Plan de Manejo del Parque Nacional Cayambe Coca.

2.2.3.1 Flora

La flora circundante al sendero ecológico objeto de estudio, se analizó en las variables de endemismo y amenaza (Cifuentes, 1999):

Endemismo: Se pondera 1 si la especie es exclusiva del área protegida y 0,5 si la especie es endémica del país (Cifuentes, 1999). El valor total del endemismo se determina mediante la ecuación 15:

$$\mathrm{EC} = \frac{Es \times Vp}{Et} \qquad (15)$$

Dónde:

EC es igual al valor de ponderación de endemismo exclusivo del área protegida;

Es es igual al número de especies endémicas del área protegida en el sendero;

Vp es igual al valor de ponderación;

Et es igual al número total de especies endémicas del área protegida.

Para calcular el valor de ponderación de especies endémicas del país, se usa la ecuación 16:

$$\mathrm{EE} = \frac{Es \times Vp}{Et} \qquad (16)$$

Dónde:

EE es igual al valor de ponderación de endemismo exclusivo del país;

Es es igual al número de especies endémicas de área protegida en el sendero;

Vp es igual al valor de ponderación;

Et es igul al número total de especies endémicas del área protegida.

Amenaza: A las especies se les multiplica por un factor de ponderación de acuerdo a su criterio de amenaza, tomando en cuenta el detalle de la Tabla 12:

Tabla 12.

Factores de Ponderación para Análisis de Amenaza de Flora.

Categoría de Amenaza	Factor de Ponderación
En peligro crítico	1
En peligro	0,6
Vulnerable	0,4
Casi amenazada	0,2

Fuente: (Cifuentes, 1999)

Para determinar la ponderación de amenaza de las especies del sendero ecológico objeto de estudio, se aplica la ecuación 17:

$$\mathrm{A} = \frac{(Nepc \times Vp) + (Nep \times Vp) + (Nv \times Vp) + (Nca \times Vp)}{Ct} \qquad (17)$$

Dónde:

A es igual a la ponderación de amenaza de especies en el sendero;

Nepc es igual al número de especies amenazadas en categoría peligro crítico;

Nep es igual al número de especies amenazadas en categoría peligro;

Nv es igual al número de especies amenazadas en categoría vulnerable;

Nca es igual al número de especies amenazadas en categoría casi amenazada;

Vp es igual al valor de ponderación de acuerdo a su categoría de amenaza;

Ct es igual al valor del criterio de amenaza del área protegida.

El factor de corrección de flora se determina a través de la ecuación 18:

$$\mathrm{FCFl} = 1 - (\mathrm{EC} + \mathrm{EE} + \mathrm{A}) \qquad (18)$$

Dónde:

FCFl es igual al factor de corrección de flora;

EC es igual al valor de ponderación del endemismo exclusivo del área protegida;

EE es igual al valor de ponderación del endemismo exclusivo del país;

A es igual al valor de amenaza de las especies endémicas del país en el área protegida.

2.2.3.2 Fauna

La fauna considerada dentro de este factor corresponde a las especies pertenecientes a los taxones de herpetofauna (anfibios y reptiles), avifauna (aves) y mastofauna (mamíferos) y son analizados independientemente considerando las especies endémicas y aquellas que se encuentran en alguna categoría de amenaza.

Endemismo: Se pondera 1 si la especie es exclusiva del área protegida y 0,5 si la especie es endémica del país (Cifuentes, 1999). El valor total del endemismo se determina mediante la ecuación 19:

$$\mathrm{EC} = \frac{Es \times Vp}{Et} \qquad (19)$$

Dónde:

EC es igual al valor de ponderación de endemismo exclusivo del área protegida;

Es es igual al número de especies endémicas del área protegida en el sendero;

Vp es igual al valor de ponderación;

Et es igual al número total de especies endémicas del área protegida.

Amenaza: A las especies se les multiplica por un factor de ponderación de acuerdo a su criterio de amenaza, tomando en cuenta el detalle de la Tabla 12.

Para determinar la ponderación de amenaza de las especies circundantes al sendero ecológico objeto de estudio, se aplica la ecuación 20:

$$\mathrm{A} = \frac{(Nepc \times Vp) + (Nep \times Vp) + (Nv \times Vp) + (Nca \times Vp)}{Ct} \qquad (20)$$

Dónde:

A es igual a la ponderación de amenaza de especies en el sendero;

Nepc es igual al número de especies amenazadas en categoría peligro crítico;

Nep es igual al número de especies amenazadas en categoría peligro;

Nv es igual al número de especies amenazadas en categoría vulnerable;

Nca es igual al número de especies amenazadas en categoría casi amenazada;

Vp es igual al valor de ponderación de acuerdo a su categoría de amenaza;

Ct es igual al valor del criterio de amenaza del área protegida.

El factor de corrección de fauna se determina a través de la ecuación 21:

$$\mathrm{FCFl} = 1 - (\mathrm{EC} + \mathrm{EE} + \mathrm{A}) \qquad (21)$$

Dónde:

FCFl es igual al factor de corrección de flora;

EC es igual al valor de ponderación del endemismo exclusivo del área protegida;

EE es igual al valor de ponderación del endemismo exclusivo del país;

A es igual al valor de amenaza de las especies endémicas del país en el área protegida.

2.3. Capacidad de Carga Turística

De acuerdo a Cifuentes (1999), la capacidad de carga turística permite definir el número máximo de visitas que puede recibir un área con relación a sus condiciones físicas, biológicas, de manejo y caracterización del lugar de estudio. Para ello es importante considerar los siguientes lineamientos:

1. Análisis de políticas sobre turismo y manejo de áreas protegidas.
2. Análisis de los objetivos del área protegida.
3. Análisis de la situación de los sitios de visita.
4. Definición, fortalecimiento o cambio de políticas y decisiones con respecto a la categoría de manejo y la zonificación.
5. Identificación de factores/características que influyen en cada sitio de uso público.
6. Determinación de la capacidad de carga turística la misma que considera los siguientes niveles:
    a. Capacidad de Carga Física (CCF);
    b. Capacidad de Carga Real (CCR); y,
    c. Capacidad de Carga Efectiva (CCE).

La Capacidad de Carga Física (CCF) siempre será mayor que la Capacidad de Carga Real (CCR) y ésta a su vez, puede llegar a ser mayor o igual que la Capacidad de Carga Efectiva (CCE).

Además de lo expuesto anteriormente, existen requisitos que deben ser tomados en cuenta para la determinación de la capacidad de carga turística y su correspondiente monitoreo de impactos (Cifuentes, 1999):

- Ejecución de monitoreo con un equipo de trabajo a cargo del área protegida, con preparación académica;

- Identificación de criterios e indicadores de evaluación que permitirán monitorear los recursos existentes (registros cualitativos e históricos del comportamiento de las variables de estudio);
- Definición clara del diagnóstico de la situación actual del área de estudio;
- Ejecución de monitoreo y de registros periódicos en la medida de lo posible, ante condiciones similares que garanticen la veracidad de la comparación;
- Definición y estandarización de los procedimientos para la recopilación, registro y sistematización de datos, (por las metodologías aplicables); y,
- Análisis periódico de los datos resultantes del monitoreo y generación de informes que alimenten la toma de decisiones (El monitoreo debe ayudar al planeamiento del área) (Cifuentes, 1999).

2.3.1 Capacidad de Carga Física (CCF)

Este nivel define el límite máximo de visitas que puede hacerse a un sitio con espacio definido, en un tiempo determinado. (Cifuentes, 1992). Se consideran los siguientes factores:

- Superficie disponible;
- Espacio ocupado por persona;
- Horario de visita; y,
- Tiempo necesario por visita.

Se expresa a través de la ecuación 22:

$$\mathrm{CCF} = \frac{LT}{SP} \times NV \qquad (22)$$

Dónde:

LT es igual a longitud total del sendero;

SP es igual a superficie utilizada por una persona para moverse libremente por el sendero. Se considera como espacio suficiente 1,5 m^2 para que una persona pueda desplazarse libremente (Cifuentes, 1999);

NV es igual al número de veces que el sitio puede ser visitado por una persona en un día.

El número de veces que una persona puede visitar un mismo sitio está determinado por la ecuación 23:

$$\mathrm{NV} = \frac{HV}{TV} \qquad (23)$$

Dónde:

HV es igual al número de horas de atención que el área protegida abre sus puertas a los visitantes;

TV es igual al tiempo promedio necesario para visitar o recorrer un sendero.

2.3.2 Capacidad de Carga Real (CCR)

Es el límite máximo de visitas determinado a partir del cálculo de la Capacidad de Carga Física (CCF), luego de someterlo a los factores de corrección definidos en función de las características particulares de la zona de estudio. Los factores de corrección se obtienen

considerando variables físicas, ambientales, ecológicas, sociales y de manejo (Cifuentes, 1999). Estos factores son determinados a partir de la ecuación 24:

$$\mathrm{CCR} = \mathrm{CCF} \times FC_1 \times FC_2 \times FC_3 \ldots\ldots \times FC_n \qquad (24)$$

Dónde:

CCF es igual a capacidad de carga física;

FC es igual a factor de corrección.

Los factores de corrección (FC) son aquellos limitantes que se identifiquen en el desarrollo de la actividad turística dentro del sitio de estudios. Un factor de corrección se calcula considerando la magnitud de la variable limitante dividida para el total de la variable limitante menos uno (1). (Cifuentes, 1999). Este se determina por la ecuación 25:

$$\mathrm{FC} = 1 - \frac{Ml}{Mt} \qquad (25)$$

Dónde:

FC es igual a factor de corrección;

Ml es igual a la magnitud limitante;

Mt es igual a la magnitud total.

2.3.3 Capacidad de Manejo (CM)

La capacidad de manejo es definida como el estado óptimo en el que la administración de un área protegida debe desarrollar sus actividades y alcanzar sus objetivos. La capacidad de manejo se calcula a través de la construcción de una matriz donde se analizan cada uno de los diferentes aspectos que influyen en la parte operativa de la zona de estudio, contra los que deberían existir para mantener un control eficiente de los visitantes (Cifuentes, 1999). Las variables a considerar son:

- Infraestructura existente en la zona de estudio;
- Equipamiento existente en la zona de estudio;
- Personal que labora en la zona de estudio

Estas variables deben ser calificadas a través de criterios, los cuales se han definido de la siguiente manera:

- Cantidad; relación porcentual entre la cantidad existente y la cantidad óptima a juicio de la administración del área protegida y del autor del presente estudio.
- Estado; se entiende por las condiciones de conservación y uso de cada componente.
- Localización; se refiere a la ubicación y a la distribución espacial apropiada de los componentes en el área, así como la facilidad de acceso a los mismos.
- Funcionalidad; este criterio es el resultado de una combinación de los dos anteriores (estado y localización); es decir, la utilidad práctica que determinado componente tiene tanto para el personal del área protegida como para los visitantes (Cifuentes, 1999).

Cada uno de estos criterios responde a un rango de calificación objetivo, de acuerdo a lo establecido por (Cifuentes, 1992). Ver Tabla 13.

Tabla 13.

Parámetros de Calificación para Determinar Capacidad de Manejo

% Valor	Ponderación	Calificación
≤ 35	0	Insatisfactorio
36-50	1	Poco Satisfactorio
51-75	2	Medianamente Satisfactorio
76-89	3	Satisfactorio
≥90	4	Muy Satisfactorio

Fuente: (Cifuentes, 1992).

De esta manera, la capacidad de manejo se determina a través de la ecuación 26:

$$\mathrm{CM} = \frac{Infr + Eq + Pers}{3} \times 100 \qquad (26)$$

Dónde:

CM es igual a capacidad de manejo;

Infr es igual a infraestructura;

Eq es igual a equipamiento existente;

Pers es igual al personal que labora en la zona de estudio.

2.3.4 Capacidad de Carga Efectiva (CCE)

Es el límite máximo de visitas que se pueden permitir dentro de un área, tomando en cuenta la capacidad para ordenarlas y manejarlas, sin que ello interfiera con los objetivos de manejo de la zona de estudio (Cifuentes, 1999). Este nivel se calcula a través de la ecuación 27:

$$\mathrm{CCE} = \mathrm{CCR} \times \mathrm{CM} \qquad (27)$$

Dónde:

CCR es igual a capacidad de carga real;

CM es igual a capacidad de manejo.

2.4 Valoración Cuantitativa de Impactos Ambientales

La valoración cuantitativa de impactos ambientales es entendida como el resultado del análisis de las interacciones entre los elementos ambientales y las acciones que se generan por las actividades de recreación; para lo cual se parte de la determinación causa-impacto-efecto, calificando a cada uno de los impactos mediante los parámetros de intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia, acumulación, efecto, periocidad y recuperabilidad (Coneza, 2003). Esta valoración permitió determinar los principales lineamientos para la propuesta del Sistema de Control y Manejo de los impactos ambientales ocasionados por la actividad turística dentro de la zona de estudio, el mismo que además se definió de los resultados obtenidos del análisis de las muestras de suelo y del análisis de la capacidad de carga turística.

Los impactos son calificados como positivos o negativos. El impacto es calificado como positivo, en el caso de representar un efecto que produzca beneficio social, colectivo o una mejora sustancial en algún otro componente ambiental. Se define al impacto como negativo cuando sus efectos sean detrimentos para el medio ambiente, ya sea en los componentes naturales, bióticos como socioeconómicos (Coneza, 2003). Ver Tabla 14.

Tabla 14.

Parámetros de Valoración Cuantitativa de Impactos Ambientales

Parámetro	Definición	Valores	Calificación
Intensidad (IN)	Se refiere al grado de incidencia o grado de destrucción de la actividad de recreación sobre el indicador en el ámbito específico en el que actúa.	Baja	1
		Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
Extensión (EX)	Se refiere al área de influencia del impacto en relación con el entorno del proyecto.	Puntual	1
		Parcial	2
		Extenso	4
		Total	8
		Crítico	12
Momento (MO)	Es el plazo de manifestación del impacto; tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto.	Largo plazo (> 5 años)	1
		Mediano plazo (1 a 5 años)	2
		Corto plazo o inmediato (< año)	4
		Crítico (< año)	8
Persistencia (PE)	Es el tiempo que permanecerá el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras.	Efecto fugaz (< 1 año)	1
		Temporal (1 a 10 años)	2
		Permanente (> 10 años)	4
Reversibilidad (RV)	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio.	Corto plazo	1
		Mediano plazo	2
		Irreversible	4
Sinergia (SI)	Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea.	Sin sinergismo (simple)	1
		Sinérgico (varios)	2
		Muy sinérgico (muchos)	4
Acumulación (AC)	Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.	Simple	1
		Acumulativo	4
Efecto (EF)	Este atributo se refiere a la direccionalidad de la relación causa – efecto, es decir la forma como se manifiesta el efecto sobre un Indicador, como consecuencia de una acción.	Indirecto	1
		Directo	4

CONTINÚA

Periocidad (PR)	Se refiere a la regularidad de la manifestación del efecto.	Periódico	1
		Continuo	4
Recuperabilidad (MC)	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial del factor afectado por medio de la intervención humana con medidas correctoras.	Recuperable de inmediato	1
		Recuperable a mediano plazo	2
		Mitigable	4
		Irrecuperable	8

Fuente: (Coneza, 2003).

El cálculo del valor de Importancia de cada impacto se realiza utilizando la ecuación 28 (Coneza, 2003):

$$\mathrm{I} = \pm((3 \times \mathrm{IN}) + (2 \times \mathrm{EX}) + \mathrm{MO} + \mathrm{PE} + \mathrm{RV} + \mathrm{SI} + \mathrm{AC} + \mathrm{EF} + \mathrm{PR} + \mathrm{MC}) \qquad (28)$$

2.4.1 Jerarquización de Impactos Ambientales

La categorización de los impactos ambientales se realiza a través de la determinación de su importancia como tal y su definición dentro de una de las categorías establecidas. Los impactos ambientales puede categorizarse como críticos, severos, moderados e irrelevantes (Coneza, 2003). Ver Tablas 15 y 16.

Tabla 15.

Categoría de Impactos Ambientales

Categoría	Definición
Críticos	Son aquellos cuyo valor de importancia de impacto es mayor o igual a 75 y corresponden a las afecciones de elevada incidencia sobre el factor ambiental.
Severos	Son aquellos cuyo valor de importancia de impacto es menor a 75 pero mayor o igual a 50.
Moderados	Son aquellos cuyo valor de importancia de impacto es menor a 50 y mayor o igual a 25.
Irrelevantes	Son aquellos menores a 25. Se consideran en esta categoría aquellos que no tienen una influencia importante.

Fuente: (Coneza, 2003).

2.4.2 Indicadores de Impactos e Indicadores de Medición

Tabla 16.

Indicadores de Impactos e Indicadores de Medición

Componente	Impacto	Indicador de Medida
Aire	Generación de ruido	Sonido en el ambiente.
Agua	Contaminación	Presencia de desperdicios en las riveras de cuerpos de agua.
Suelo	Erosión	Desgaste del suelo y pérdida de cobertura vegetal.
	Compactación del suelo	Pérdida de permeabilidad del suelo.
	Anegamiento	Acumulación del agua en el suelo.
	Apertura de senderos	Presencia de nuevos senderos no establecidos.
	Contaminación	Presencia de desperdicios en el trayecto del sendero.
Calidad Escénica	Paisaje	Calidad de conservación de atractivos turísticos con los que cuenta la zona de estudio.
Flora	Deterioro de la flora	Vegetación alterada por el flujo constante de los visitantes en el sendero. Pérdida de Diversidad. Pérdida de Cobertura.
Fauna	Pérdida de diversidad	Inventario y determinación de la diversidad de especies endémicas. Cambios de densidad de poblaciones.
Social	Turismo	Número de atractivos turísticos.
	Empleo	Número de personas empleadas en actividad turística o afines.

Fuente: (Coneza, 2003).

CAPÍTULO III

CARACTERIZACIÓN, DIAGNÓSTICO Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1. Características Generales de Zona de Estudio

La caracterización de la zona de estudio se fundamentó en la revisión bibliográfica del Plan de Manejo del Parque Nacional Cayambe Coca (Ministerio del Ambiente, 2010) y del levantamiento de información en campo. Ver Tabla 17.

Tabla 17.

Datos Generales del SEAV

Característica	Datos del Sendero	
Distancia total (m)	10.682	
Tiempo aproximado de recorrido (h)	5	
Altura (m)	Punto de partida:	3.736
	Punto de llegada:	4.372
	Altura máxima:	4.376
	Altura mínima:	3.665
	Promedio:	4.037
Sentido del sendero	Este a Oeste	
Nivel de dificultad	Moderada	
Ubicación del punto de partida	0º 19’ 02’’ S 78º 8’ 50’’ O	
Ubicación del punto de llegada	0º 19’ 02’’ S 78º 8’ 50’’ O	

Fuente: Levantamiento de información en campo 2019.

3.1.1. Base Legal del Parque Nacional Cayambe- Coca

La jurisdicción de esta área natural protegida fue creada como Reserva Ecológica Cayambe Coca mediante Decreto Supremo No. 818 del 17 de noviembre de 1970 bajo el amparo de la Ley de Protección de la Fauna Silvestre y Recursos Ictiológicos. En el año de 1979 se realiza el primer estudio de alternativas de manejo, estableciendo límites y pautas de administración y manejo de los recursos naturales, oficializándose esta disposición mediante el Acuerdo Ministerial publicado en el Registro Oficial No. 69 del 26 de junio de 1979 (Ministerio del Ambiente, 1998).

Mediante Registro Oficial No. 283 del 21 de septiembre de 2010, se resuelve en su artículo 1: *"establecer el cambio de categoría de manejo de la Reserva Ecológica Cayambe Coca, por Parque Nacional Cayambe Coca";* y en su artículo 2: "*aprobar el Plan de Manejo del Parque Nacional Cayambe Coca como instrumento técnico y de planificación que rige la gestión del área protegida, que contiene los principios, directrices y normas para alcanzar la coexistencia armónica entre el uso racional de los recursos, los bienes y servicios que genera y garantice la conservación de los procesos ecológicos que determinan la funcionalidad de los ecosistemas inmersos en el área protegida"* (Ministerio del Ambiente, 2010).

3.1.2. Ubicación y Jurisdicción Política- Administrativa

El Parque Nacional Cayambe Coca con una extensión de 408.287 has, está ubicado al noreste del país, ocupa parte de las provincias de Imbabura, Napo, Pichincha y Sucumbíos (Ministerio del Ambiente, 2008).

Los principales centros poblados ubicados alrededor de esta área protegida son Cayambe, La Bonita y Lumbaqui, cabeceras cantonales de Cayambe, Sucumbíos y Gonzalo Pizarro respectivamente, de las provincias de Pichincha y Sucumbíos, y El Chaco y Baeza cabeceras cantonales de El Chaco y Quijos respectivamente pertenecientes a la provincia del Napo. En el interior del área protegida se localizan los poblados de Oyacachi, cabecera parroquial de Oyacachi, cantón El Chaco, provincia de Napo; San Lorenzo de Sigsipamba, parroquia Pifo, cantón Quito; provincia de Pichincha; Sinangoé y Chúscuyacu caseríos del cantón Gonzalo Pizarro, provincia de Sucumbíos (Ministerio del Ambiente, 2010).

La zona de estudio corresponde al área de influencia el sendero ecológico denominado “El Agua y la Vida” (SEAV) se extiende por el páramo de la parroquia de Papallacta, dentro de la jurisdicción del Cantón Quijos, Provincia de Napo (Ministerio del Ambiente, 2010).

3.1.3. Límites

El SEAV inicia su recorrido desde la estación de guardianía del sector de Baños a una altura de 3736 msnm y finaliza en el sector de “Las Antenas” a una altura de 4372 msnm. Tiene una distancia de 10682 m. Al norte su punto más sobresaliente constituye la Laguna de Parcacocha; al este se encuentra el sector de Baños y la parte septentrional del río Papallacta; al sur se encuentra la laguna Ciega correspondiente al sendero “Sucus- Baños” y al oeste se encuentra el sector denominado “Las Antenas” y el poblado de Guamaní (Ministerio del Ambiente, 2010).

3.1.4. Vías de Acceso

El Parque Nacional Cayambe Coca está circunvalado por dos ejes viales de gran importancia que definen su accesibilidad; la vía de acceso para el SEAV comprende el eje vial Quito-Papallacta-Baeza- El Chaco-Lumbaqui-Lago Agrio, que bordea el límite este, es una vía asfaltada (ECOLEX, 2006).

Desde este eje existen varios ramales que se proyectan hacia el área protegida y de los cuales los que conectan al SEAV son los siguientes:

- Guamaní- la Y - Oyacachi (12 km)
- La Y- Termas de Papallacta (32 km)
- La Virgen-Antenas (3 km)
- Sendero Oyacachi – Santa María hacia El Chaco (ECOLEX, 2006); (Ministerio del Ambiente, 2010).

3.2. Aspectos Físicos y Climáticos

3.2.1. Geología

La información se obtuvo del Plan de Manejo del Parque Nacional Cayambe Coca, generada de los mapas Geológicos Nacionales publicados en los años 1982 y 1993 correspondientes a la jurisdicción del área protegida; así también se consideró la información cartográfica de las hojas geológicas de la Provincia del Napo (FUNDACIÓN ANTISANA,

1998); (Ministerio del Ambiente, 2010). Se ha logrado identificar diversas formaciones de edades que van desde el Paleozoico hasta el Cuaternario (Holoceno), así se ha identificado la presencia de rocas metamórficas, rocas sedimentarias cretácicas; rocas ígneas extrusivas e intrusivas y depósitos aluviales. La zona de estudio, se encuentra formada por rocas ígneas extrusivas correspondientes a la unidad volcánica de Pisayambo y por rocas intrusivas que va desde Papallacta hasta Oyacachi y continua con una dirección noreste, atribuyéndolo al Triásico. (FUNDACIÓN ANTISANA, 1998); (Ministerio del Ambiente, 2010).

3.2.2. Mineralogía

En base al mapa de Rocas y Minerales Industriales se observa que el Parque Nacional dispone de sitios de explotación de fuentes de materiales (arena y grava); en el oeste de Lumbaqui se puede identificar la explotación de fosforita; y para el sector de Papallacta y Oyacachi se reconocen sitios de explotación de cobre que no han sido intervenidos. (FUNDACIÓN ANTISANA, 1998); (Fundación NATURA, 1992); (Ministerio del Ambiente, 2010).

3.2.3. Topografía

El Parque Nacional Cayambe Coca presenta paisajes geomorfológicos y formas de relieve característicos de la actividad volcánica y de los sucesos glaciares generados durante el Pleistoceno y el Holoceno. Las condiciones climáticas influenciadas por la humedad proveniente de la Amazonía han dado lugar a una diversidad de relieves. La zona de estudio se define en un ambiente morfoestructural donde se hallan terrazas desarrolladas sobre materiales volcánicos

recientes, que han formado grandes superficies y profundos escarpes rocosos. Se reconocen pendientes planas con un rango de 0º a 10º, se presentan como altillanuras pertenecientes a un ambiente morfoestructural en las microcuencas de Papallacta y Oyacachi. (FUNDACIÓN ANTISANA, 1998); (Ministerio del Ambiente, 2010).

3.2.4. Clima

Dentro del Plan de Manejo del Parque Nacional Cayambe Coca se reconocen tres tipos de climas, definiendo para el área de estudio el tipo Ecuatorial de Alta Montaña, el mismo que se sitúa sobre los 3.000 msnm. y la temperatura media fluctúa alrededor de los 4 a los 10°C, donde las temperaturas mínimas alcanzan valores bajo los 0°C, donde ya se considera un tipo de clima nieval. Las lluvias fuertes son de larga duración. La humedad relativa es casi siempre mayor al 80%. (FUNDACIÓN ANTISANA, 1998); (Ministerio del Ambiente, 2010).

Para la determinación de parámetros meteorológicos se requiero la información de los anuarios históricos levantados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrografía del Ecuador (INAMHI) de la Estación Meteorológica M0188 Papallacta correspondiente a los años últimos cinco años. Esta estación meteorológica se encuentra a una altitud de 3.150 msnm y se ubica en las coordenadas geográficas 00º 21’ 47’’ S y 77º 08’ 49’’ O.

3.2.4.1 Humedad Relativa del Aire

Según la revisión de los datos levantados por el INAMHI (2018), para la estación Meteorológica 0188 Papallacta, la humedad relativa del aire de la zona de estudio presenta los siguientes comportamientos:

Promedio anual de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 88,93 %

Valor más bajo de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 80,19 %

Valor más alto de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 95,61 %

Los datos completos se muestran en la Tabla 18 y Figura 1.

Tabla 18.

Humedad Relativa del Aire de Zona de Estudio

Año / Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
2016	81,48	91,08	92,01	90,31	90,12	92,31	92,87	88,33	87,77	85,59	80,19	84,66	88,06
2017	86,75	85,66	88,96	90,31	90,79	88,86	88,63	88,23	90,51	86,97	86,14	86,95	88,23
2018	87,92	87,51	92,32	90,20	93,83	95,61	93,37	91,53	86,12	85,16	89,39	93,12	90,51
Prom Mensual	85,38	88,08	91,10	90,27	91,58	92,26	91,62	89,36	88,13	85,91	85,24	88,24	

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018).

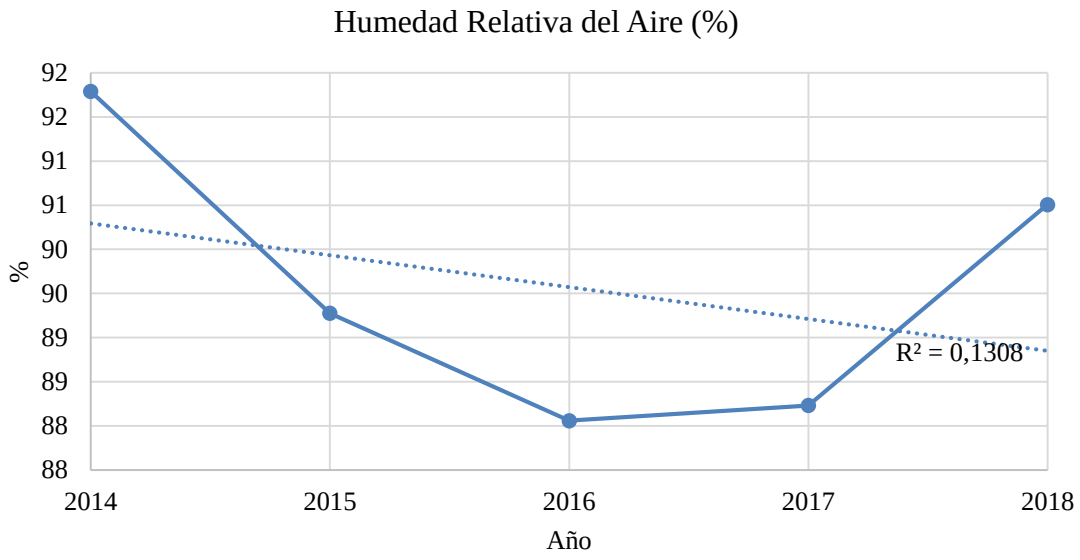

Figura 1. Humedad Relativa del Aire de la Zona de Estudio.

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018).

3.2.4.2 Precipitación

Según la revisión de los datos levantados por el INAMHI (2018), para la estación Meteorológica 0188 Papallacta, la precipitación de la zona de estudio presenta los siguientes comportamientos:

Promedio anual de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 159,08 mm.

Valor más bajo de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 41,46 mm.

Valor más alto de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 459,94 mm.

Los datos completos se muestran en la Tabla 19 y Figura 2.

Tabla 19.

Precipitación de Zona de Estudio.

Año / Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
2016	38,44	119,68	198,51	219,64	148,99	459,94	231,31	105,56	210,44	41,37	79,09	68,46	160,12
2017	165,02	59,21	145,70	133,47	201,90	203,59	343,67	184,68	144,65	95,23	110,81	145,59	161,13
2018	174,74	67,37	106,87	206,09	238,11	301,55	142,76	228,21	147,11	41,06	83,61	134,34	155,98
Prom Mensual	126,07	82,08	150,36	186,40	196,33	321,69	239,25	172,82	167,40	59,22	91,17	116,13	

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018)

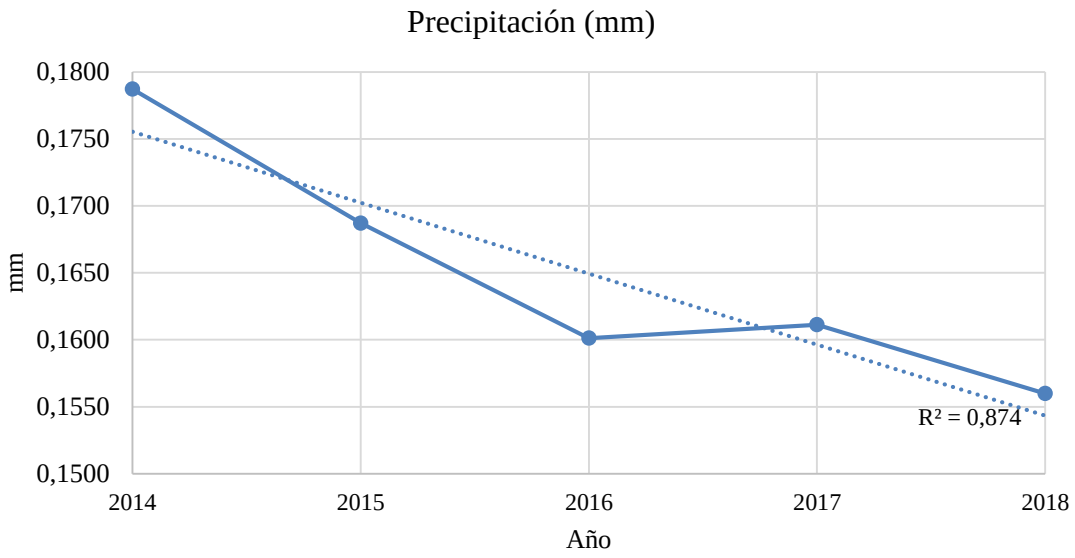

Figura 2. Precipitación de la Zona de Estudio.

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018)

3.2.4.3 Presión Atmosférica

Según la revisión de los datos levantados por el INAMHI (2018), para la estación Meteorológica 0188 Papallacta, la presión atmosférica de la zona de estudio presenta los siguientes comportamientos:

Promedio anual de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 687,50 hPa.

Valor más bajo de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 672,97 hPa.

Valor más alto de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 699,78 hPa.

Los datos completos se muestran en la Tabla 20 y Figura 3.

Tabla 20.

Presión Atmosférica de Zona de Estudio.

Año / Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
2016	687,10	686,78	687,73	687,26	687,93	687,89	687,42	687,59	687,67	672,97	686,12	686,29	686,06
2017	699,78	686,49	673,88	686,92	687,42	687,41	687,81	687,43	687,43	686,55	685,79	686,23	686,93
2018	686,11	686,37	686,64	687,40	687,38	690,63	692,08	692,36	691,49	691,20	690,98	691,42	689,51
Prom Mensual	691,00	686,55	682,75	687,19	687,58	688,64	689,10	689,13	688,86	683,57	687,63	687,98	

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018)

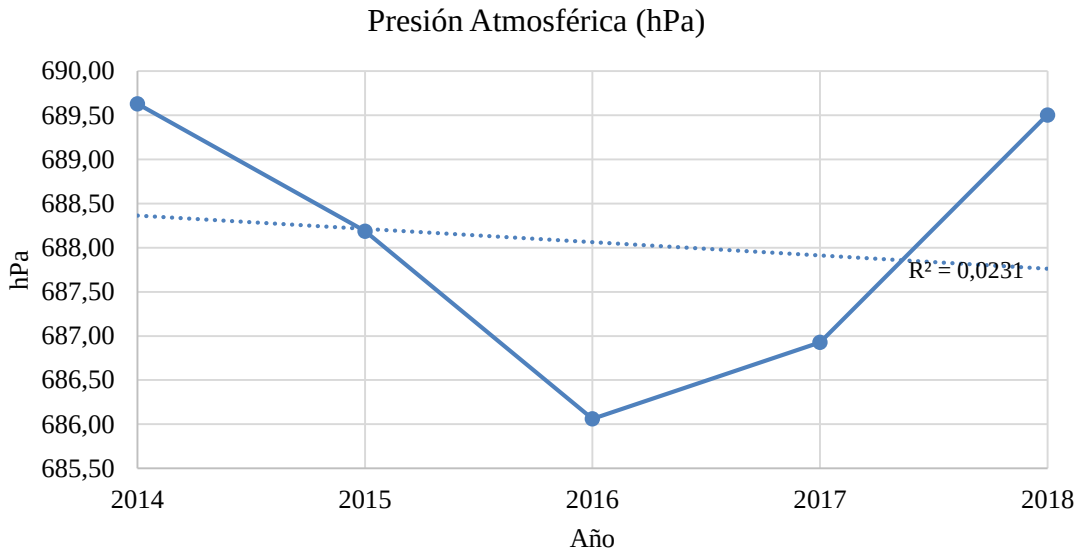

Figura 3. Presión Atmosférica de la Zona de Estudio.

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018)

3.2.4.1 Radiación Solar

Según la revisión de los datos levantados por el INAMHI (2018), para la estación Meteorológica 0188 Papallacta, la radiación solar de la zona de estudio presenta los siguientes comportamientos:

Promedio anual de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 160,51 W/m^2

Valor más bajo de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 41,46 W/m^2

Valor más alto de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 699,78 W/m^2

Los datos completos se muestran en la Tabla 21 y Figura 4.

Tabla 21.

Radiación Solar de la Zona de Estudio.

Año / Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
2016	220,10	145,41	150,99	165,60	171,82	127,56	135,49	168,92	176,89	72,82	198,71	186,28	160,05
2017	176,34	168,29	41,46	159,36	148,74	174,13	158,00	169,24	174,64	162,70	183,29	190,26	158,87
2018	160,18	191,51	144,12	179,75	148,49	123,50	152,80	168,38	181,90	188,28	161,41	151,21	162,63
Prom Mensual	185,54	168,40	112,19	168,24	156,35	141,73	148,76	168,85	177,81	141,27	181,13	175,92	

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018).

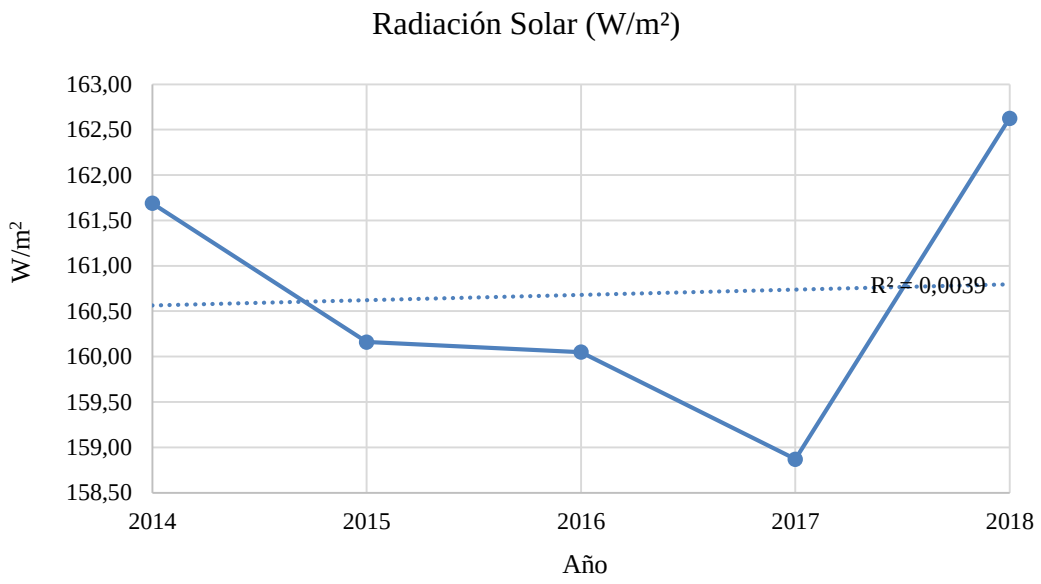

Figura 4. Radiación Solar de la Zona de Estudio.

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018)

3.2.4.1 Heliofanía

Según la revisión de los datos levantados por el INAMHI (2018), para la estación Meteorológica 0188 Papallacta, la heliofanía de la zona de estudio está definida solo hasta el año 2014, presentan los siguientes comportamientos:

Promedio anual de los años 2012, 2013 y 2014: 86,52 hrs luz/mes.

Valor más bajo de los años 2012, 2013 y 2014: 41,10 hrs luz/mes.

Valor más alto de los años 2012, 2013 y 2014: 134,50 hrs luz/mes.

Los datos completos se muestran en la Tabla 22 y Figura 5.

Tabla 22.

Heliofanía de la Zona de Estudio.

Año / Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
2012	41,10	66,90	65,90	69,00	67,89	48,56	66,00	78,60	89,45	78,45	114,56	107,53	74,50
2013	96,45	73,23	78,56	69,89	68,90	56,34	67,89	88,76	98,45	134,00	121,56	106,54	88,38
2014	111,23	102,34	76,23	69,39	76,34	82,54	88,76	76,34	90,45	126,66	125,35	134,50	96,68
Prom Mensual	82,93	80,82	73,56	69,43	71,04	62,48	74,22	81,23	92,78	113,04	120,49	116,19	

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018).

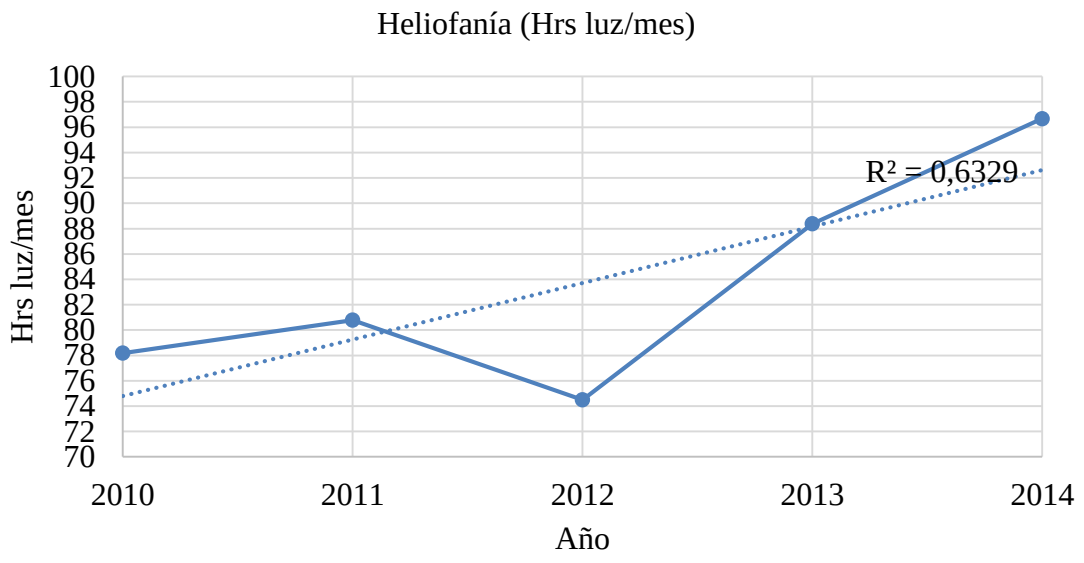

Figura 5. Heliofanía de la Zona de Estudio.

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018)

3.2.4.2 Recorrido del Viento

Según la revisión de los datos levantados por el INAMHI (2018), para la estación Meteorológica 0188 Papallacta, el recorrido del viento de la zona de estudio presenta los siguientes comportamientos:

Promedio anual de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 26,75 m.

Valor más bajo de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 12,07 m.

Valor más alto de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 37,32 m.

Los datos completos se muestran en la Tabla 23 y Figura 6.

Tabla 23.

Recorrido del Viento de la Zona de Estudio.

Año / Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
2016	30,07	14,13	25,03	25,64	27,70	31,04	29,30	28,36	25,28	15,29	32,83	28,06	26,06
2017	27,58	27,55	12,07	24,91	23,31	26,51	37,32	27,00	26,75	29,56	28,20	27,88	26,55
2018	26,71	27,59	25,56	26,63	23,55	28,22	30,16	32,29	28,81	29,16	25,84	26,98	27,62
Prom Mensual	28,12	23,09	20,89	25,73	24,85	28,59	32,26	29,21	26,94	24,67	28,96	27,64	

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018).

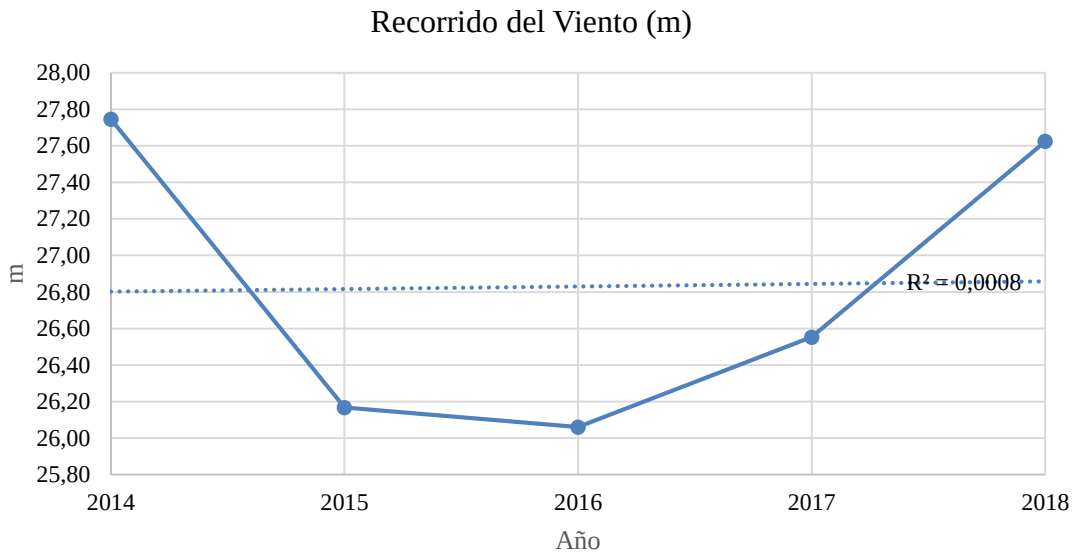

Figura 6. Recorrido del Viento de la Zona de Estudio.

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018)

3.2.4.3 Temperatura del Aire

Según la revisión de los datos levantados por el INAMHI (2018), para la estación Meteorológica 0188 Papallacta, temperatura del aire de la zona de estudio presenta los siguientes comportamientos:

Promedio anual de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 9,72 ºC.

Valor más bajo de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 8,37 ºC.

Valor más alto de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 11,23 ºC.

Los datos completos se muestran en la Tabla 24 y Figura 7.

Tabla 24.

Temperatura del Aire de la Zona de Estudio.

Año / Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
2016	11,23	10,36	10,77	10,90	10,32	8,91	8,52	8,99	9,19	10,26	10,89	9,93	10,02
2017	9,65	10,20	10,00	10,11	9,99	9,79	8,44	8,96	9,29	9,84	10,35	10,11	9,73
2018	9,33	10,28	9,42	9,83	9,71	8,54	8,38	8,37	8,98	10,26	10,44	9,27	9,40
Prom Mensual	10,07	10,28	10,06	10,28	10,00	9,08	8,45	8,77	9,15	10,12	10,56	9,77	

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018).

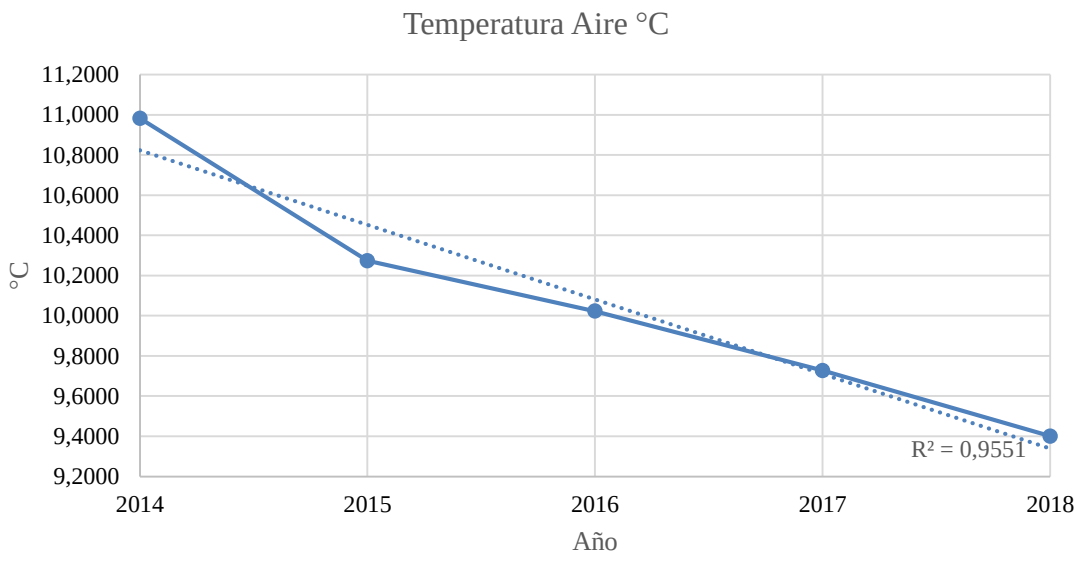

Figura 7. Temperatura del Aire de la Zona de Estudio.

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018)

3.2.4.4 Temperatura del Suelo

Según la revisión de los datos levantados por el INAMHI (2018), para la estación Meteorológica 0188 Papallacta, la temperatura del suelo de la zona de estudio presenta los siguientes comportamientos:

Promedio anual de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 15,35 ºC.

Valor más bajo de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 14,00 ºC.

Valor más alto de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 16,36 ºC.

Los datos completos se muestran en la Tabla 25 y Figura 8.

Tabla 25.

Temperatura del Suelo de la Zona de Estudio.

Año / Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
2016	16,35	15,97	16,22	16,11	16,03	14,47	14,16	15,12	15,51	16,31	16,32	15,57	15,68
2017	14,97	15,59	15,44	15,73	15,95	16,09	15,30	14,94	15,46	15,63	15,70	15,54	15,53
2018	14,36	15,42	14,68	15,34	15,13	14,43	14,01	14,00	14,13	15,69	15,55	15,23	14,83
Prom Mensual	15,23	15,66	15,45	15,73	15,70	15,00	14,49	14,69	15,04	15,88	15,86	15,45	

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018).

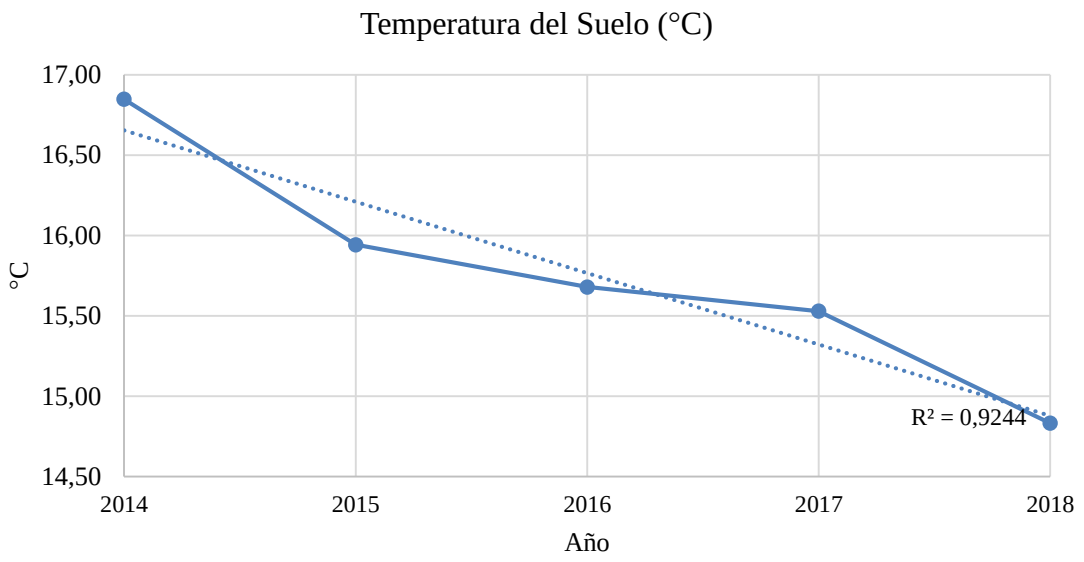

Figura 8. Temperatura del Suelo de la Zona de Estudio.

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018)

3.2.4.5 Velocidad del Viento

Según la revisión de los datos levantados por el INAMHI (2018), para la estación Meteorológica 0188 Papallacta, la velocidad del viento de la zona de estudio presenta los siguientes comportamientos:

Promedio anual de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 1,71 m/s.

Valor más bajo de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 1,39 m/s.

Valor más alto de últimos tres años (2016, 2017 y 2018): 2,39 m/s.

Los datos completos se muestran en la Tabla 26 y Figura 9.

Tabla 26.

Velocidad del Viento de la Zona de Estudio.

Año / Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
2016	1,87	1,63	1,51	1,57	1,71	1,95	1,81	1,74	1,53	1,71	2,06	1,72	1,73
2017	1,68	1,67	1,45	1,51	1,39	1,62	2,39	1,64	1,65	1,84	1,74	1,68	1,69
2018	1,63	1,71	1,55	1,63	1,42	1,76	1,89	2,04	1,77	1,81	1,56	1,66	1,70
Prom Mensual	1,72	1,67	1,51	1,57	1,51	1,78	2,03	1,81	1,65	1,79	1,79	1,69	

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018).

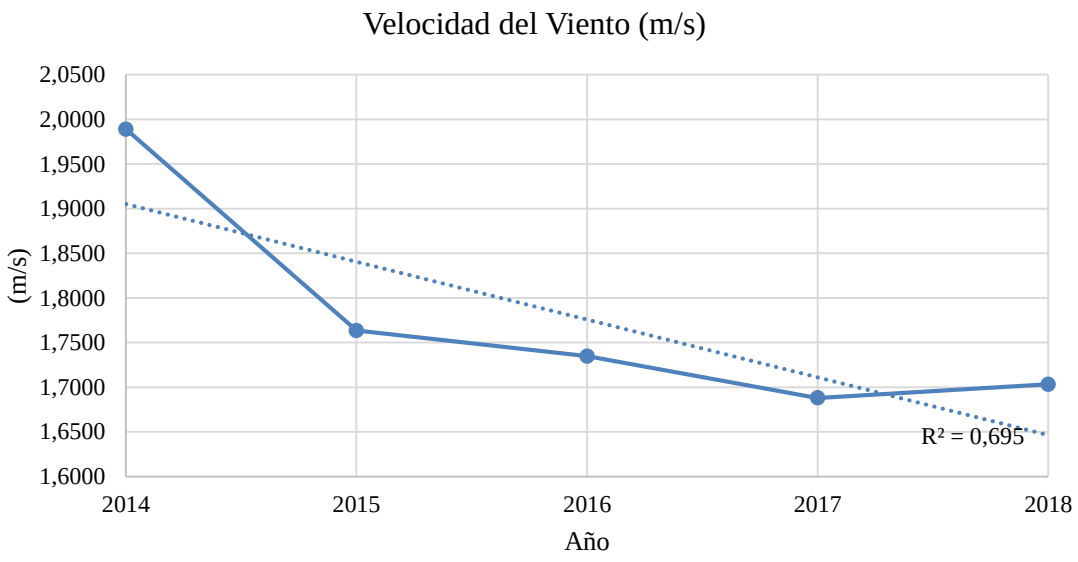

Figura 9. Velocidad del Viento de la Zona de Estudio.

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018).

3.2.5. Hidrografía

La hidrología de la zona de estudio comprende la cuenca del río Napo, subcuenca del río Coca de donde nacen un sinnúmero de microcuencas, definiendo una cobertura de 159.996,32 hectáreas, correspondiente al 39,19% del total del Parque Nacional Cayambe Coca (Ortíz, 2007). Ver Tabla 27.

Tabla 27.

Hidrología de Zona de Estudio

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Cobertura (has)	Cobertura (%)
Río Napo	Río Coca	R. Papallacta	9.170,34	2,25
		R. Chalpi	10.825,41	2,65
		R. Victoria	3.695,84	0,91
		R. Molana	1.050,81	0,26
		R. Jatunquinajua	1.559,02	0,38
		R. Parada Larga	1.085,32	0,27
		R. Santa Rosa	5.699,18	1,40
		R.S.N.	3.514,81	0,86
		R. Osayacu	3.824,39	0,94
		R. Dashiño	4,19	0,00
		Drenajes Menores	50.921,29	12,47
		R. Sardinas Grande	9.675,25	2,37
		R. Oyacachi	13.763,22	3,37
		R. Sarayacu	8.346,92	2,04
		R.S.N.	3.528,31	0,86
		R. Chalpi	2.017,23	0,49
		R. Mangahuaycu Chico	1.129,73	0,28
		R. Mangahuaycu Grande	5.242,68	1,28
		R. Cedro	9.460,55	2,32
		R. Santa María	6.876,49	1,68
		R. San Juan Grande	6.534,01	1,60
		R. San Juan Chico	2.071,33	0,51

Fuente: (Ortíz, 2007); (Ministerio del Ambiente, 2010).

3.2.6. Suelo

De acuerdo al Plan de Manejo del Parque Nacional Cayambe Coca, se reconocen tres tipos de suelos; el tipo de suelo de *Orden Mollisol (M)* que corresponde a suelos minerales con estado de desarrollo que va de incipiente, joven a maduro. Presenta un horizonte superficial de color oscuro, rico en humus, son bien estructurado y presentan un subsuelo de acumulación de arcilla aluvial; se estructuran de poco profundos a muy profundos, su fertilidad va de baja a alta. Estos suelos se encuentran en las zonas de vida desde bosque muy húmedo Sub Alpino a bosque muy húmedo Montano, con precipitaciones que oscilan entre los 750 y 1.000 mm anuales, los promedios de temperatura y biotemperatura oscilan entre los 6° y 8°C como promedio anual. El drenaje interno del suelo es de muy pobre a bien drenado, el nivel freático se encuentra bastante superficial durante la estación lluviosa en algunas áreas. Su textura varía de franco arenoso a franco arcilloso y arcilloso, con colores que varían de pardo grisáceo a pardo rojizo, gris y pardo oscuro; son poco profundos a muy profundos (60 a >120 cm). El contenido de materia orgánica es de muy bajo a alto, el pH es de fuertemente ácido a muy fuertemente alcalino, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es de bajo a alto y el porcentaje de saturación de bases es de bajo a alto (FUNDACIÓN ANTISANA, 1998); (Ministerio del Ambiente, 2010).

3.3. Aspectos Biológicos

3.3.1. Zonas de Vida

Las zonas de vida reconocidas para el sitio de estudios se muestran en la Tabla 28:

Tabla 28.

Zonas de Vida

Símbolo	Tipo	Cobertura (has)	Cobertura (%)
(bhMB)	bosque húmedo Montano Bajo	4.490,58	1,10
(bmhM)	bosque muy húmedo Montano	103.783,01	25,42
(bpM)	bosque pluvial Montano	86.995,35	21,31
(pmhSA)	páramo muy húmedo Sub Andino	4.280,96	1,05
(ppSA)	páramo pluvial Sub Andino	31.275,21	7,66

Fuente: (FUNDACIÓN ANTISANA, 1998); (Ministerio del Ambiente, 2010)

bosque húmedo Montano Bajo (bhMB)

Corresponde a pequeñas zonas ubicadas a altitudes entre 2200 y 4000 msnm. La temperatura media oscila entre 12 y 18 °C, una precipitación total anual en un rango entre 1750 y 2000 mm., la relación de evapotranspiración potencial está entre 0.50 y 1.0, correspondiendo a un índice de humedad húmedo con 2 a 4 meses secos al año. Todos estos valores confirman un bioclima temperado húmedo (FUNDACIÓN ANTISANA, 1998); (Ministerio del Ambiente, 2010).

bosque muy húmedo Montano (bmhM)

Esta zona de vida se ubica a altitudes comprendidas entre 3000 y 4000 msnm. Esta zona de vida comprende los subpáramos de las lagunas de Papallacta, Sucus, Parcacocha, Loreto y Mogotes. El tipo de clima corresponde al Ecuatorial de Alta Montaña y al bioclima subtemperado perhúmedo. Los rangos de temperatura y precipitación son de 6 a 12 °C y de 1250 a 2000 mm. respectivamente. La relación de evapotranspiración potencial va de 0.50 a 0.25, con 0 a 2 meses secos al año (FUNDACIÓN ANTISANA, 1998); (Ministerio del Ambiente, 2010).

bosque pluvial Montano (bpM)

Se ubica a una altitud comprendida entre 3000 y 3600 msnm. Abarca las microcuencas de los ríos Cedro, Santa María, Sarayacu, Chalpi, Oyacachi, Mangahuaycu Chico, San Juan Grande, Sardinas Grande, Agua Clara, Sucio y Cascabel. La temperatura media oscila entre 6 y 12 °C, la precipitación total anual está en un rango entre 2000 y 4000 mm., la relación de evapotranspiración está entre 0.125 y 0.25, con ningún mes seco al año (FUNDACIÓN ANTISANA, 1998); (Ministerio del Ambiente, 2010).

páramo muy húmedo Sub Andino (pmhSA)

Se ubica a una altitud comprendida entre los 4000 metros hasta los 4500 msnm. Ocupa parte de las microcuencas de los ríos Uravia, Cutuchi, Guambi, Porotog y Oyacachi. La temperatura media anual está entre los 4 y 8° C y el promedio anual de precipitación fluctúa entre los 750 y 1.000 mm. Conforma un tipo de clima Ecuatorial de Alta Montaña (FUNDACIÓN ANTISANA, 1998); (Ministerio del Ambiente, 2010).

páramo pluvial Sub Andino (ppSA)

Se ubica a altitudes entre 4000 y 4670 msnm. La temperatura oscila entre los 2 y 6 °C, el rango promedio de precipitación total anual está entre 1000 y 15000 mm. Esta zona está expuesta a los vientos cargados de humedad que vienen de la Amazonía, estableciendo un clima frío de páramo superhúmedo (FUNDACIÓN ANTISANA, 1998); (Ministerio del Ambiente, 2010).

3.3.2. Flora

Dentro del Plan de Manejo del Parque Nacional Cayambe Coca se identifican tres categorías de vegetación: Vegetación Natural, Vegetación de áreas Intervenidas y Áreas sin vegetación formadas por nieve, lava y/o material piroclástico (FUNDACIÓN ANTISANA, 1998); (Ministerio del Ambiente, 2010). Para el área de estudio se reconocen las siguientes especies de flora, definidas de acuerdo al rango altitudinal que va de 3500 a 4500 msnm. Se encuentran páramos de pajonal, herbáceo de almohadilla, herbáceo de pajonal, pantanoso y súper páramo. La vegetación dominante corresponde a formaciones arbustivas y herbazales de gramíneas. Las especies más frecuentes: *Baccharis genistelloides, Diplostephium glandulosum, Gynoxys buxifolia, Mikania stuebelii, Munnozia jussieui y Werneria apiculata (Asteraceae), Hypericum laricifolium (Clusiaceae), Vaccinium floribundum y Pernettya prostrata (Ericaceae), Tillandsia complanata* y *T. tetrantha (Bromeliaceae), Centropogon erianthus* y *Siphocampylus giganteus (Campanulaceae),* y varias especies de *Agrostis, Brachypodium, Bromus, Calamagrostis, Cortaderia, Elymus, Festuca, Poa y Stipa (Poaceae).* Una especie frecuente de este tipo de vegetación y característico de los páramos de Norte del país es *Espeletia pycnophylla.* (FUNDACIÓN ANTISANA, 1998); (Ministerio del Ambiente, 2010).

3.3.3. Fauna

El Parque Nacional Cayambe Coca es posiblemente en el Ecuador, el área protegida con mayor diversidad animal y vegetal. Esto se debe a la gran representatividad de zonas de vida y ecosistemas que en ella se encuentran (Ministerio del Ambiente, 2008); (Ministerio del Ambiente, 2010). Ver Tabla 29.

Tabla 29.

Clasificación de Fauna del Parque Nacional Cayambe Coca.

Tipo	Número
Vertebrados	691
Anfibios	116
Reptiles	70
Aves	399
Mamíferos	106

Fuente: (FUNDACIÓN ANTISANA, 1998); (Ministerio del Ambiente, 2010).

Para la zona de estudio se reconocen las especies descritas en la Tabla 30.

Tabla 30.

Especies de Fauna del Parque Nacional Cayambe Coca.

Tipo	Especie	
	Nombre común	**Nombre científico**
Anfibios	Rana verde	*Gastrothecha riobambeae*
Aves	Agachona	*Attagis gayi*
	Colibrí	*Oreotrochilus Chimborazo*
	Halcón aplomado	*Falco femoralis*
	Cóndor andino	*Vultur gryphus*
	Curiquingue	*Phalcoboenus curunculatus*
	Águila pechinegra	*Geranoaetus melanoleucus*
	Gaviota andina	*Larus serranus*
	Halcón peregrino	*Falco peregrinus*
	Colibrí alizafiro grande	*Pterophanes cyanopterus*
	Tangara montana	*Anisognathus igniventris*
Mamíferos	Lobo de páramo	*Licalopex culpaeus*
	Tapir montano	*Tapirus pinchaque*

Fuente: (FUNDACIÓN ANTISANA, 1998); (Ministerio del Ambiente, 2010).

3.4. Aspectos Socioeconómicos

3.4.1. Actividad Turística

Las características particulares del Parque Nacional Cayambe Coca le conceden un importante valor escénico que pueden potencialmente ser aprovechados para la recreación y el turismo. Así mismo, la relativa cercanía a la ciudad de Quito y otras poblaciones aledañas, hacen de esta área protegida y de las dos áreas protegidas vecinas: Reserva Ecológica Antisana y Parque Nacional Sumaco, un espacio geográfico de gran potencial para el desarrollo de la investigación y de turismo de naturaleza (FUNDACIÓN ANTISANA, 1998); (Ministerio del Ambiente, 2010).

Las amenazas identificadas para el Parque Nacional Cayambe Coca están vinculadas con el bajo control de las actividades humanas dentro del territorio protegido y las actividades turísticas que presentan un crecimiento desordenado y desvinculado de un proceso de planificación establecido.

3.4.1.1 Demanda de Visitantes de la Zona de Estudio

Como se mencionó al inicio de la presente investigación; en abril del 2012 el Ministerio del Ambiente emitió el Acuerdo Ministerial No. 006, que elimina el cobro de tarifas de ingresos para la visita de las Áreas Naturales del Estado (PANE) a nivel de Ecuador continental. (Ministerio del Ambiente, 2012); lo que marcó un incremento de un 38,87% en las visitas a las áreas protegidas del Ecuador continental para el 2017. (Ministerio del Ambiente, 2017). Este incremento se presenta potencialmente como un factor de gran presión para la conservación de los espacios destinados a las actividades turísticas.

De los datos recolectados mensualmente de las visitas registradas al Parque Nacional Cayambe Coca, de los visitantes que ingresaron por el sector de Baños (Guardianía de Baños) para la visita del sistema lacustre de Papallacta en los últimos cinco años, se pueden evidenciar los siguientes comportamientos:

Promedio anual de visitantes durante los últimos cinco años (2014 al 2018): 18.073 visitantes.

Valor más bajo de visitantes durante los últimos cinco años (2014 al 2018): 159 visitantes registrado para el mes de abril del año 2016.

Valor más alto de visitantes durante los últimos cinco años (2014 al 2018): 2.933 visitantes registrado para el mes de septiembre del año 2018.

Los datos completos se muestran en la Tabla 31 y Figura 10.

Tabla 31.

Registros mensuales de visitantes al PN Cayambe Coca, sector Guardianía Baños.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Mensual	Total Anual
2014	279	839	1098	2550	2007	397	1871	441	714	1960	259	2033	1204	14448
2015	641	322	338	367	2442	2294	2740	1146	1644	1340	863	453	1216	14590
2016	2227	2481	1362	159	699	1230	745	2766	1537	1808	1928	1336	1523	18278
2017	745	210	2800	2057	2111	1361	1856	2746	2449	168	500	1353	1530	18356
2018	1386	2414	2372	1281	2610	1170	2708	1505	2933	2240	2773	1303	2058	24695

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2018).

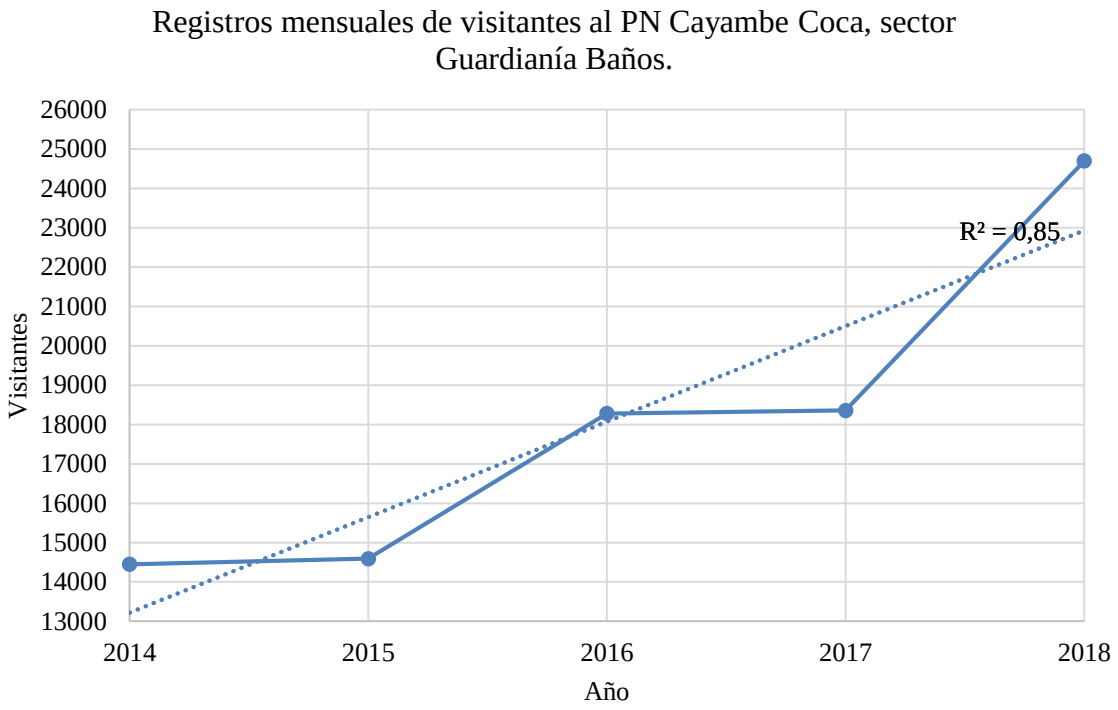

Figura 10. Registros mensuales de Visitantes al PN Cayambe Coca, sector Guardianía Baños.

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2018).

3.4.1.2 Actividades Permitidas en la Zona de Estudio

Senderismo; actividad deportiva que requiere de la compañía de un guía en temporadas donde las condiciones climáticas se presentan adversas.

Fotografía; actividad en la cual los visitantes utilizan cámaras fotográficas para recopilar archivos visuales.

Observación de Avifauna; actividad en la cual los visitantes, aficionados o investigadores buscan tener contacto visual con diferentes especies de aves que existen en esta zona.

Pesca Deportiva; actividad recreativa en la cual los visitantes únicamente con el uso de una caña de pescar (único método de extracción de peces permitido en el área natural) extraen especies de peces de los cuerpos de agua identificados (Ministerio del Ambiente, 2010).

3.4.1.3 Perfil del Visitante de la Zona de Estudio

El perfil del visitante de la zona de estudio se definió a partir del levantamiento de 602 encuestas dentro del SEAV, consiguiendo los resultados que se muestran en las Tabla 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 y 39, así como también en las Figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18:

Tabla 32.

Pregunta 1: Género de Visitantes.

	Nº Encuestas	%
Masculino	409	68%
Femenino	193	32%
Total	602	100%

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

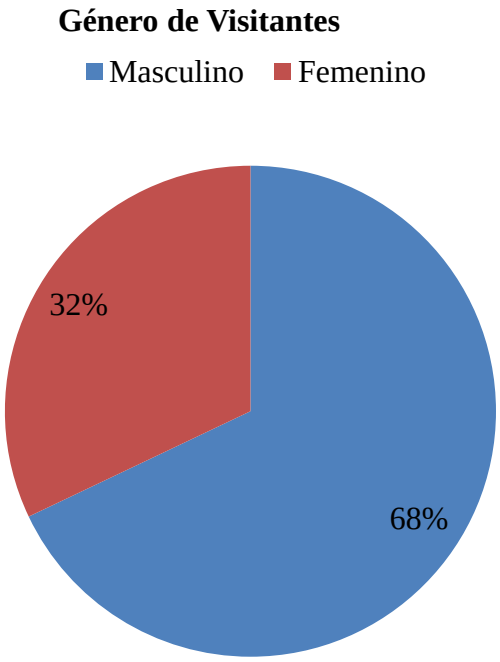

Figura 11. Pregunta 1: Género de Visitantes.

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

Tabla 33.

Pregunta 2: Nacionalidad de Visitantes.

	Nº Encuestas	%
Ecuatoriano	465	77%
Extranjero	137	23%
Total	602	100%

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

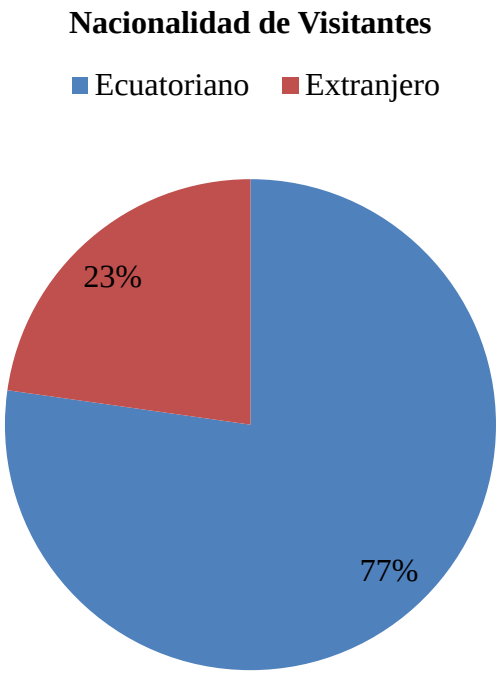

Figura 12. Pregunta 2: Nacionalidad de Visitantes.

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

Tabla 34.

Pregunta 3: Nivel de Estudios de Visitante.

	Nº Encuestas	%
Primaria	57	9%
Secundaria	145	24%
Tercer Nivel	259	43%
Cuarto Nivel	45	7%
Vacías	96	16%
Total	602	100%

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

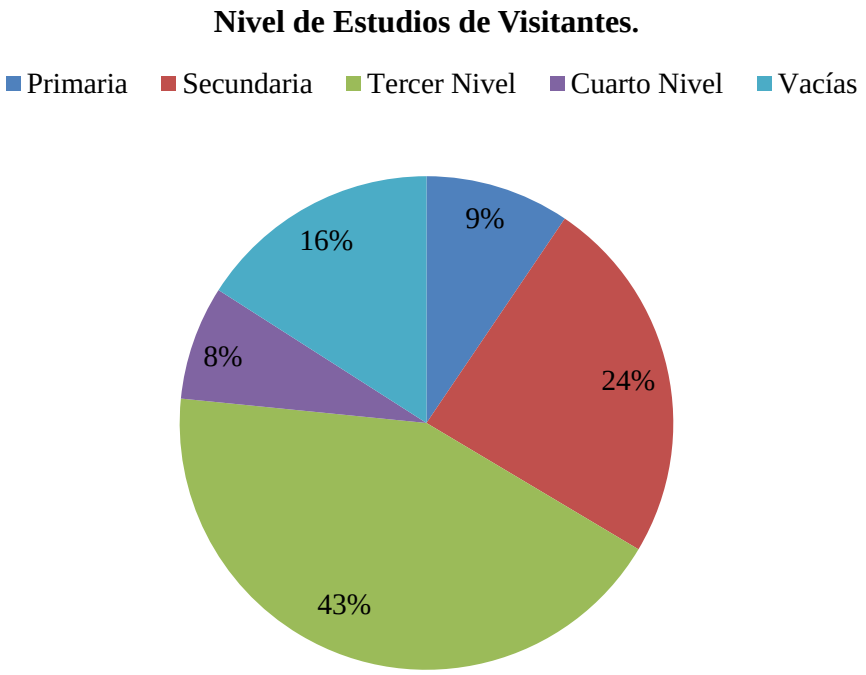

Figura 13. Pregunta 3: Nivel de Estudios de Visitantes.

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

Tabla 35.

Pregunta 4: Edad de Visitantes.

	Nº Encuestas	%
0 - 18 años	103	17%
19 - 30 años	247	41%
31 - 60 años	195	32%
60 - en adelante	57	9%
Total	602	100%

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

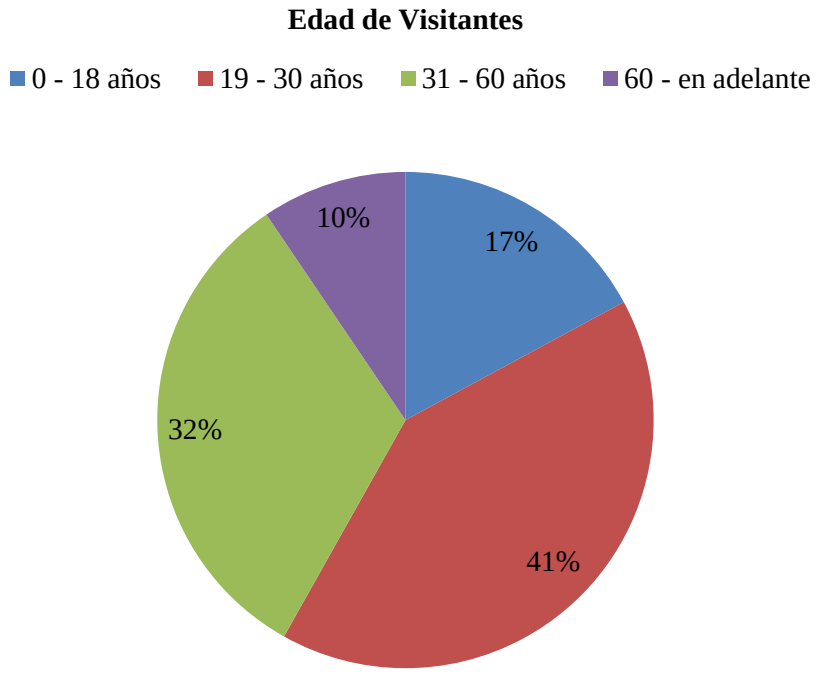

Figura 14. Pregunta 4: Edad de Visitantes.

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

Tabla 36.

Pregunta 5: Ocupación de Visitantes.

	Nº Encuestas	%
Estudiante	103	17%
Empleado Público	172	29%
Empleado Privado	243	40%
Desempleado	56	9%
Vacías	28	5%
Total	602	100%

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

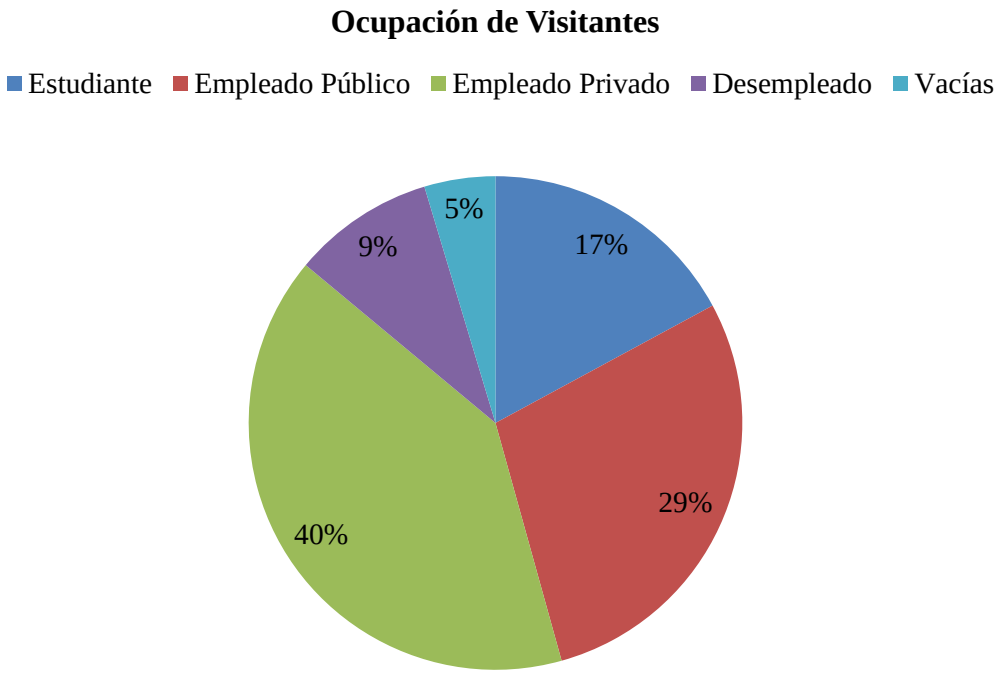

Figura 15. Pregunta 5: Ocupación de Visitantes.

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

Tabla 37.

Pregunta 6: Motivo de Visita.

	Nº Encuestas	%
Esparcimiento	112	19%
Actividad Deportiva	95	16%
Observación de Flora/Fauna/Paisaje	243	40%
Turismo de Aventura	119	20%
Investigación	26	4%
Otros	5	1%
Vacías	2	0%
Total	602	100%

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

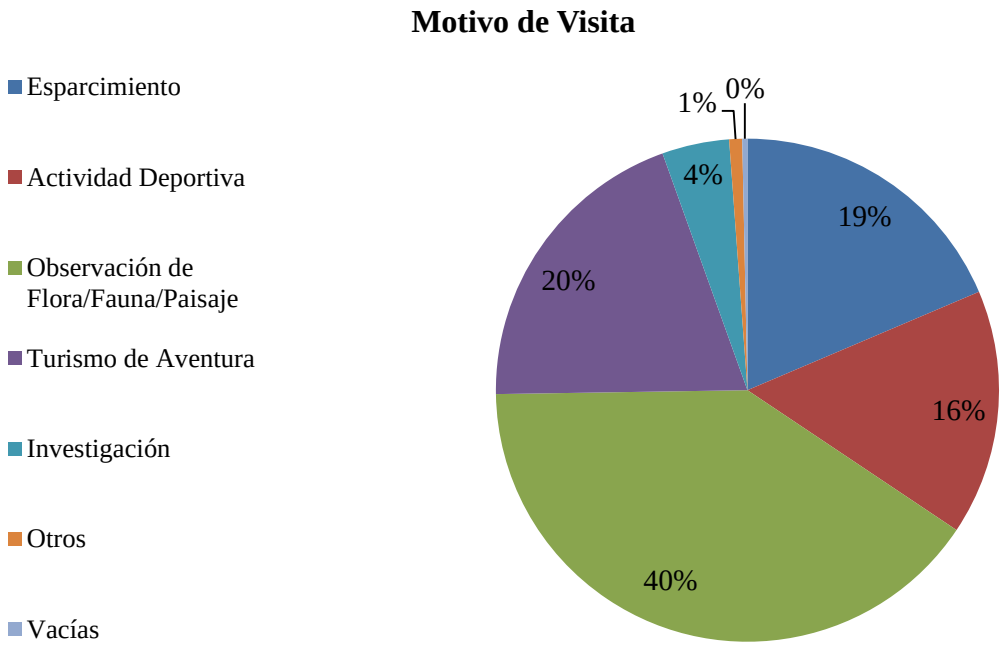

Figura 16. Pregunta 6: Motivo de Visita.

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

Tabla 38.

Pregunta 7: Nivel de Satisfacción de Visita.

	Nº Encuestas	%
Excelente	103	17%
Muy Buena	247	41%
Buena	127	21%
Regular	97	16%
Mala	12	2%
Vacías	16	3%
Total	602	100%

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

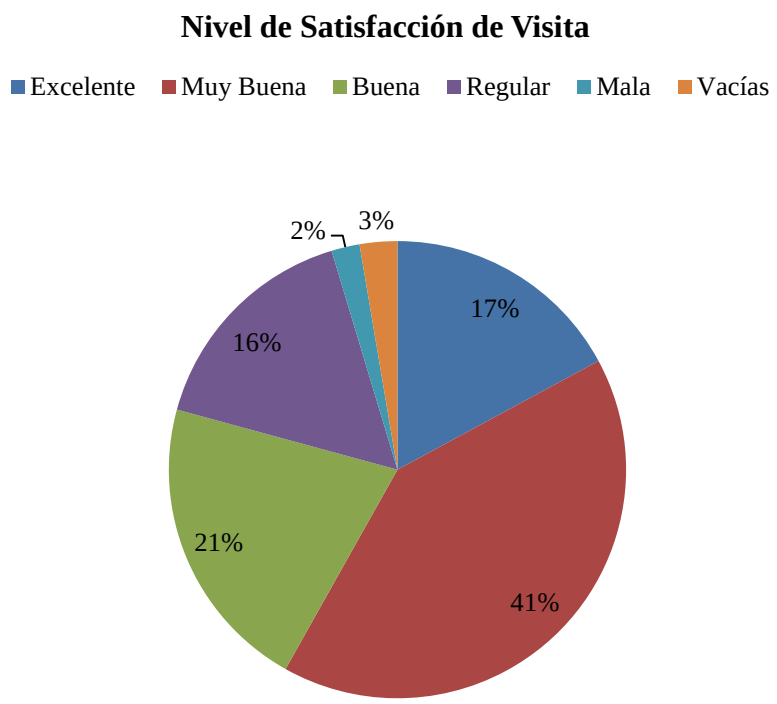

Figura 17. Pregunta 7: Nivel de Satisfacción de Visita.

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

Tabla 39.

Pregunta 8: Recomendaciones para Mejora de Calidad de Visita.

	Nº Encuestas	%
Entrega de información	245	19%
Señalización de sendero	423	33%
Adecuación de Centro de Visita	213	17%
Acompañamiento de guías	326	26%
Vacías	56	4%
Total	1263	100%

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

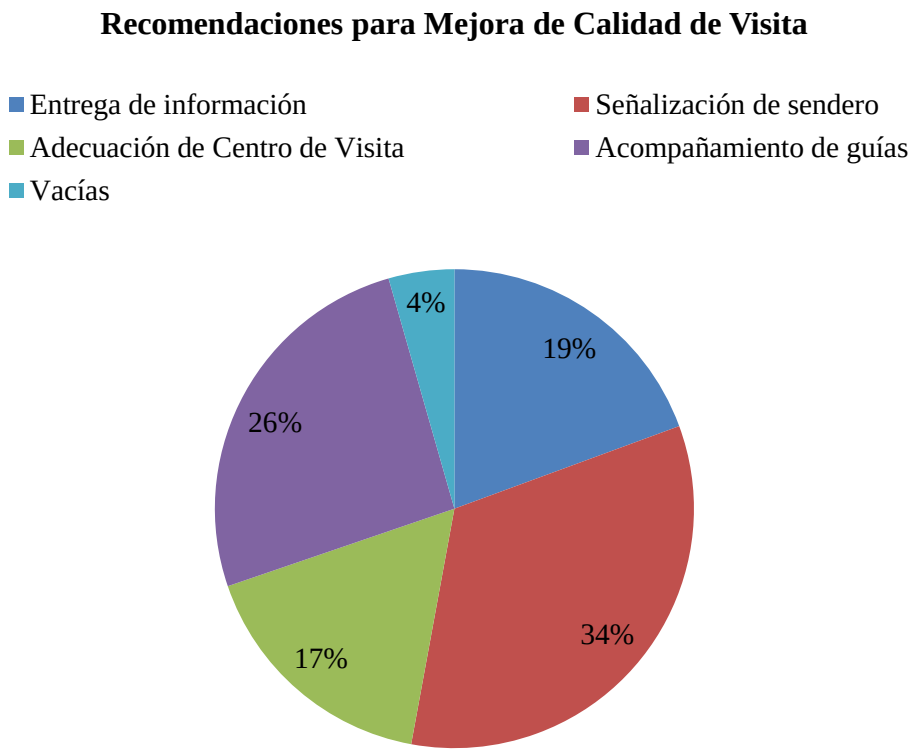

Figura 18. Pregunta 8: Recomendaciones para Mejor de Calidad de Visita.

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

3.5. Áreas Críticas de Conservación

3.5.1. Área crítica Oyacachi

Constituye la cuenca alta del río Oyacachi y abarca la mayor parte del territorio de propiedad comunal. El pastoreo de bovinos es el mayor problema para la conservación; los incendios y la caza de especies nativas como el oso de anteojos son problemas que aquejan la estabilidad de este ecosistema. Este territorio produce el volumen mayoritario de agua para consumo humano de la ciudad de Quito. (Fundación NATURA, 1992).

3.5.2. Área crítica Papallacta

Incluye las microcuencas localizadas desde San Lorenzo hasta Cuyuja; son áreas cubiertas por páramos húmedos y bosque interandino. El pastoreo de bovinos y la caza furtiva de especies son problemas de gran incidencia ambiental. La generación de agua para consumo humano y para energía, es el valor prominente asignado a esta zona, en función de lo cual se han instalado captaciones, represas y trasvases, algunos de estos proyectos están en operación, mientras que nuevos proyectos se planifican. (Fundación NATURA, 1992).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

La presentación de los resultados se definió en el orden del esquema propuesto de los objetivos de la presente investigación; por lo que, en un inicio se presenta el resultado de la caracterización física-química del suelo resultante del análisis de las muestras de suelos ejecutadas. A partir de esto, se presenta el resultado del análisis de la capacidad de carga turística de la zona de estudio, determinada de los resultados de los factores de corrección y de la identificación y evaluación de los principales impactos ambientales para el sendero ecológico objeto de estudio.

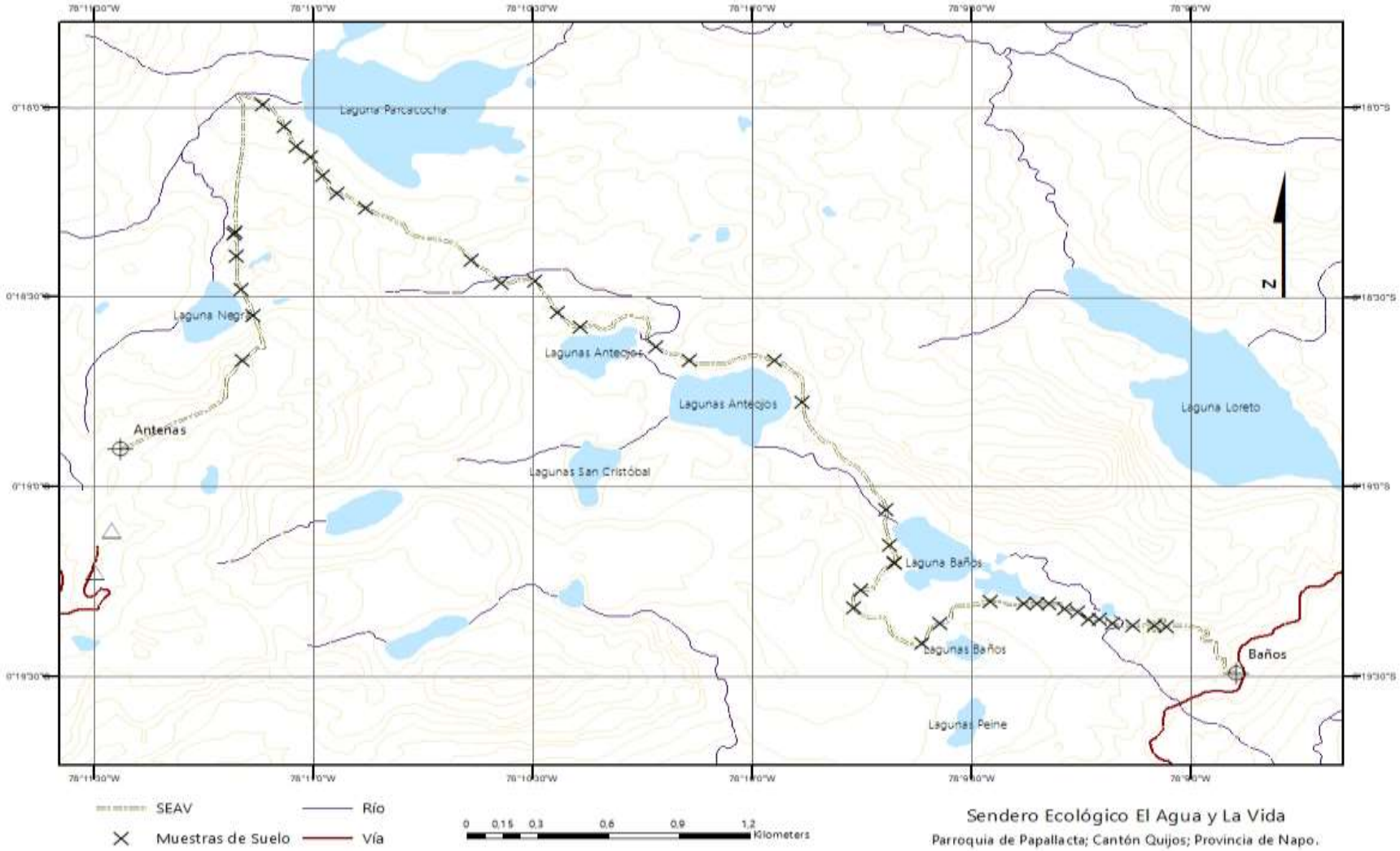

Figura 19. Mapa de Ubicación de SEAV.

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019. Elaborado por: Almeida, J, 2019.

4.1.1. Resultados de Muestras de Suelos

La toma de las 40 muestras de suelos ejecutada en el SEAV, se realizó a través de la identificación de espacios con características físicas de mayor intervención de actividad turística y espacios donde se percibía la menor incidencia de la presión de esta actividad. Se realizaron las siguientes tomas de muestras, identificando su ubicación, la altura y la variación de pendiente de acuerdo a los criterios establecidos por FAO para el 2003. Ver Tabla 40 y Figura 19.

Tabla 40.

Ubicación de la Toma de Muestras de Suelos.

Ord.	UTM		Zona	Altura	Sector	Variación de Pendiente
	Eje X m	Eje Y m				
M1	817157	9964277	17S	3742	Sector Baños	>20º
M2	817107	9964276	17S	3745	Sector Baños	>20º
M3	817013	9964282	17S	3746	Sector Baños	>20º
M4	816924	9964289	17S	3745	Sector Baños	>20º
M5	816875	9964310	17S	3742	Sector Baños	>20º
M6	816824	9964309	17S	3740	Sector Baños	>10º & <20º
M7	816778	9964348	17S	3742	SE Laguna Baños	>10º & <20º
M8	816725	9964362	17S	3744	SE Laguna Baños	>10º & <20º
M9	816658	9964385	17S	3746	SE Laguna Baños	>10º & <20º
M10	816607	9964386	17S	3746	SE Laguna Baños	>10º & <20º
M11	816548	9964387	17S	3749	S Laguna Baños	>10º & <20º
M12	816410	9964398	17S	3749	S Laguna Baños	>10º & <20º
M13	816199	9964285	17S	3750	S Laguna Baños	>10º & <20º
M14	816119	9964181	17S	3752	S Laguna Baños	>10º & <20º
M15	815826	9964373	17S	3756	SO Laguna Baños	>0º & <10º
M16	815861	9964452	17S	3756	SO Laguna Baños	>0º & <10º
M17	816005	9964587	17S	3845	SO Laguna Baños	>0º & <10º
M18	815982	9964673	17S	3847	NO Laguna Baños	>0º & <10º
M19	815965	9964846	17S	3869	NO Laguna Baños	>10º & <20º
M20	815611	9965367	17S	3874	SE Laguna Anteojos	>10º & <20º
M21	815504	9965565	17S	3907	NE Laguna Anteojos	>20º

CONTINÚA

M22	815130	9965568	17S	3976	NO Laguna Anteojos	>20º
M23	814987	9965639	17S	4002	NO Laguna Anteojos	>20º
M24	814667	9965735	17S	4090	NO Laguna Anteojos	>20º
M25	814572	9965810	17S	4098	NO Laguna Anteojos	>20º
M26	814477	9965971	17S	4124	NO Laguna Anteojos	>10º & <20º
M27	814339	9965941	17S	4127	NO Laguna Anteojos	>10º & <20º
M28	814215	9966045	17S	4198	NO Laguna Anteojos	>10º & <20º
M29	813762	9966307	17S	4234	SO Laguna Parcacocha	>10º & <20º
M30	813635	9966390	17S	4369	SO Laguna Parcacocha	>10º & <20º
M31	813582	9966476	17S	4367	SO Laguna Parcacocha	>10º & <20º
M32	813531	9966563	17S	4368	SO Laguna Parcacocha	>10º & <20º
M33	813465	9966614	17S	4373	SO Laguna Parcacocha	>10º & <20º
M34	813423	9966705	17S	4373	NO Laguna Parcacocha	>10º & <20º
M35	813319	9966821	17S	4375	NO Laguna Parcacocha	>10º & <20º
M36	813203	9966191	17S	4369	NE Laguna Negra	>20º
M37	813211	9966091	17S	4370	NE Laguna Negra	>20º
M38	813230	9965916	17S	4368	NE Laguna Negra	>10º & <20º
M39	813281	9965789	17S	4370	E Laguna Negra	>10º & <20º
M40	813239	9965560	17S	4372	SE Laguna Negra	>10º & <20º

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

Una vez sometidos a las pruebas de laboratorio del INIAP, se obtuvieron los siguientes resultados de los análisis de sus características físicas y químicas. Ver Tabla 41.

Tabla 41.

Resultados de Análisis de Muestras de Suelo.

Ord	Compac	Rangos de Compactación		pH	Rango pH	CE	Rango CE		% MO	Rango % MO		% Humedad	% Arena	% Limo	% Arcilla	Textura
M1	0,71	>0,6 - 0,7	Medio	6,47	L Ac	0,18	<2	Normal	24,50	>5,0	Alto	61,77	41	51	8	Franco- Limoso
M2	0,57	>0,01 - 0,6	Alto	5,53	L Ac	0,24	<2	Normal	17,60	>5,0	Alto	36,50	32	55	11	Franco- Limoso
M3	0,66	>0,6 - 0,7	Medio	5,63	L Ac	0,24	<2	Normal	14,20	>5,0	Alto	29,90	38	51	11	Franco- Limoso
M4	0,96	>0,9 - 1	Bajo	5,61	L Ac	0,24	<2	Normal	26,40	>5,0	Alto	78,95	41	51	8	Franco- Limoso
M5	0,66	>0,6 - 0,7	Medio	5,72	L Ac	0,18	<2	Normal	13,00	>5,0	Alto	59,43	35	55	10	Franco- Limoso
M6	0,98	>0,9 - 1	Bajo	6,77	P N	0,24	<2	Normal	15,00	>5,0	Alto	37,44	36	53	11	Franco- Limoso
M7	0,96	>0,9 - 1	Bajo	4,93	Ac	0,24	<2	Normal	18,10	>5,0	Alto	80,80	35	55	10	Franco- Limoso

CONTINÚA

M8	0,62	>0,6 - 0,7	Medio	5,36	Ac	0,24	<2	Normal	11,40	>5,0	Alto	25,70	28	59	13	Franco- Limoso
M9	0,54	>0,01 - 0,6	Alto	5,23	Ac	0,18	<2	Normal	16,00	>5,0	Alto	56,62	33	57	10	Franco- Limoso
M10	0,96	>0,9 - 1	Bajo	6,34	L Ac	0,24	<2	Normal	22,80	>5,0	Alto	70,90	41	47	12	Franco
M11	0,97	>0,9 - 1	Bajo	6,32	L Ac	0,24	<2	Normal	22,80	>5,0	Alto	70,90	41	47	12	Franco
M12	0,63	>0,6 - 0,7	Medio	5,37	Ac	0,24	<2	Normal	11,40	>5,0	Alto	25,70	28	59	13	Franco- Limoso
M13	0,64	>0,6 - 0,7	Medio	5,45	Ac	0,24	<2	Normal	12,30	>5,0	Alto	29,90	38	51	11	Franco- Limoso
M14	0,90	>0,9 - 1	Bajo	6,76	P N	0,24	<2	Normal	15,00	>5,0	Alto	37,44	36	53	11	Franco- Limoso
M15	0,95	>0,9 - 1	Bajo	5,32	Ac	0,28	<2	Normal	16,50	>5,0	Alto	29,90	38	51	11	Franco- Limoso
M16	0,94	>0,9 - 1	Bajo	5,68	L Ac	0,24	<2	Normal	26,40	>5,0	Alto	78,95	41	51	8	Franco- Limoso
M17	0,67	>0,6 - 0,7	Medio	5,69	L Ac	0,24	<2	Normal	14,20	>5,0	Alto	29,90	38	51	11	Franco- Limoso
M18	0,96	>0,9 - 1	Bajo	5,42	Ac	0,24	<2	Normal	73,60	>5,0	Alto	89,35	28	59	13	Franco- Limoso
M19	0,96	>0,9 - 1	Bajo	5,83	L Ac	0,28	<2	Normal	27,20	>5,0	Alto	44,00	36	51	13	Franco- Limoso
M20	0,64	>0,6 - 0,7	Medio	5,34	Ac	0,24	<2	Normal	11,40	>5,0	Alto	25,70	28	59	13	Franco- Limoso
M21	0,64	>0,6 - 0,7	Medio	5,35	Ac	0,24	<2	Normal	11,40	>5,0	Alto	25,70	28	59	13	Franco- Limoso
M22	0,61	>0,6 - 0,7	Medio	5,34	Ac	0,24	<2	Normal	11,40	>5,0	Alto	25,70	28	59	13	Franco- Limoso
M23	0,99	>0,9 - 1	Bajo	6,73	P N	0,24	<2	Normal	15,00	>5,0	Alto	37,44	36	53	11	Franco- Limoso
M24	0,61	>0,6 - 0,7	Medio	5,31	Ac	0,24	<2	Normal	11,40	>5,0	Alto	25,70	28	59	13	Franco- Limoso
M25	0,51	>0,01 - 0,6	Alto	5,61	L Ac	0,18	<2	Normal	13,00	>5,0	Alto	53,12	32	55	11	Franco- Limoso
M26	0,91	>0,9 - 1	Bajo	5,63	L Ac	0,24	<2	Normal	26,40	>5,0	Alto	78,95	41	51	8	Franco- Limoso
M27	0,51	>0,01 - 0,6	Alto	5,51	L Ac	0,24	<2	Normal	17,60	>5,0	Alto	36,50	32	55	11	Franco- Limoso
M28	0,98	>0,9 - 1	Bajo	5,41	Ac	0,24	<2	Normal	73,60	>5,0	Alto	89,35	28	59	13	Franco- Limoso
M29	0,67	>0,6 - 0,7	Medio	5,69	L Ac	0,28	<2	Normal	22,33	>5,0	Alto	42,80	28	59	13	Franco- Limoso
M30	0,99	>0,9 - 1	Bajo	6,71	P N	0,24	<2	Normal	15,00	>5,0	Alto	37,44	36	53	11	Franco- Limoso
M31	0,60	>0,01 - 0,6	Alto	5,95	L Ac	0,28	<2	Normal	17,90	>5,0	Alto	48,36	33	57	10	Franco- Limoso
M32	0,62	>0,6 - 0,7	Medio	5,35	Ac	0,24	<2	Normal	11,40	>5,0	Alto	25,70	28	59	13	Franco- Limoso
M33	0,97	>0,9 - 1	Bajo	6,76	P N	0,24	<2	Normal	18,00	>5,0	Alto	53,72	35	55	10	Franco- Limoso
M34	0,99	>0,9 - 1	Bajo	6,76	P N	0,24	<2	Normal	15,00	>5,0	Alto	37,44	36	53	11	Franco- Limoso
M35	0,50	>0,01 - 0,6	Alto	5,62	L Ac	0,24	<2	Normal	13,70	>5,0	Alto	47,95	36	51	13	Franco- Limoso
M36	0,95	>0,9 - 1	Bajo	5,62	L Ac	0,24	<2	Normal	26,40	>5,0	Alto	78,95	41	51	8	Franco- Limoso
M37	0,95	>0,9 - 1	Bajo	5,42	Ac	0,24	<2	Normal	73,60	>5,0	Alto	89,35	28	59	13	Franco- Limoso
M38	0,61	>0,6 - 0,7	Medio	5,32	Ac	0,24	<2	Normal	11,40	>5,0	Alto	25,70	28	59	13	Franco- Limoso
M39	0,66	>0,6 - 0,7	Medio	5,63	L Ac	0,28	<2	Normal	22,33	>5,0	Alto	42,80	28	59	13	Franco- Limoso
M40	0,57	>0,01 - 0,6	Alto	5,52	L Ac	0,24	<2	Normal	17,60	>5,0	Alto	36,50	32	55	11	Franco- Limoso

Fuente: (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, 2011). Levantamiento de información en campo, 2019.

4.1.2. Resultados de Análisis Estadístico de Coeficiente de Correlación de Pearson y de Determinación en Resultados de Muestras de Suelo.

Con los resultados de laboratorio de las 40 muestras de suelo, se analizó la relación existente entre el uso del suelo, la compactación del suelo, el pH, el porcentaje de humedad y la conductividad eléctrica a fin de determinar la correspondencia entre la presión de la actividad turística con la degradación del suelo, considerando los elementos en los que se presenta mayor incidencia en el deterioro de la zona de estudio. Ver Tabla 42 y Figura 20.

Tabla 42.

Relación entre Uso de Suelo y Compactación del Suelo.

Ord.	Sector	Uso de Suelo	% Compactación de Suelo
M1	Sector Baños	1	0,71
M2	Sector Baños	1	0,57
M3	Sector Baños	1	0,66
M4	Sector Baños	0	0,96
M5	Sector Baños	1	0,66
M6	Sector Baños	0	0,98
M7	SE Laguna Baños	0	0,96
M8	SE Laguna Baños	1	0,62
M9	SE Laguna Baños	1	0,54
M10	SE Laguna Baños	0	0,96
M11	S Laguna Baños	0	0,97
M12	S Laguna Baños	1	0,63
M13	S Laguna Baños	1	0,64
M14	S Laguna Baños	0	0,90
M15	SO Laguna Baños	0	0,95
M16	SO Laguna Baños	0	0,94
M17	SO Laguna Baños	1	0,67
M18	NO Laguna Baños	0	0,96
M19	NO Laguna Baños	0	0,96
M20	SE Laguna Anteojos	1	0,64
M21	NE Laguna Anteojos	1	0,64
M22	NO Laguna Anteojos	1	0,61
M23	NO Laguna Anteojos	0	0,99
M24	NO Laguna Anteojos	1	0,61
M25	NO Laguna Anteojos	1	0,51
M26	NO Laguna Anteojos	0	0,91
M27	NO Laguna Anteojos	1	0,51
M28	NO Laguna Anteojos	0	0,98
M29	SO Laguna Parcacocha	1	0,67
M30	SO Laguna Parcacocha	0	0,99
M31	SO Laguna Parcacocha	1	0,60

CONTINÚA

M32	SO Laguna Parcacocha	1	0,62
M33	SO Laguna Parcacocha	0	0,97
M34	NO Laguna Parcacocha	0	0,99
M35	NO Laguna Parcacocha	1	0,50
M36	NE Laguna Negra	1	0,95
M37	NE Laguna Negra	1	0,95
M38	NE Laguna Negra	1	0,61
M39	E Laguna Negra	1	0,66
M40	SE Laguna Negra	1	0,57
	Coeficiente de Pearson	-0,879813894	Correlación negativa.
	R^2	0,774072488	Relación lineal alta.

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

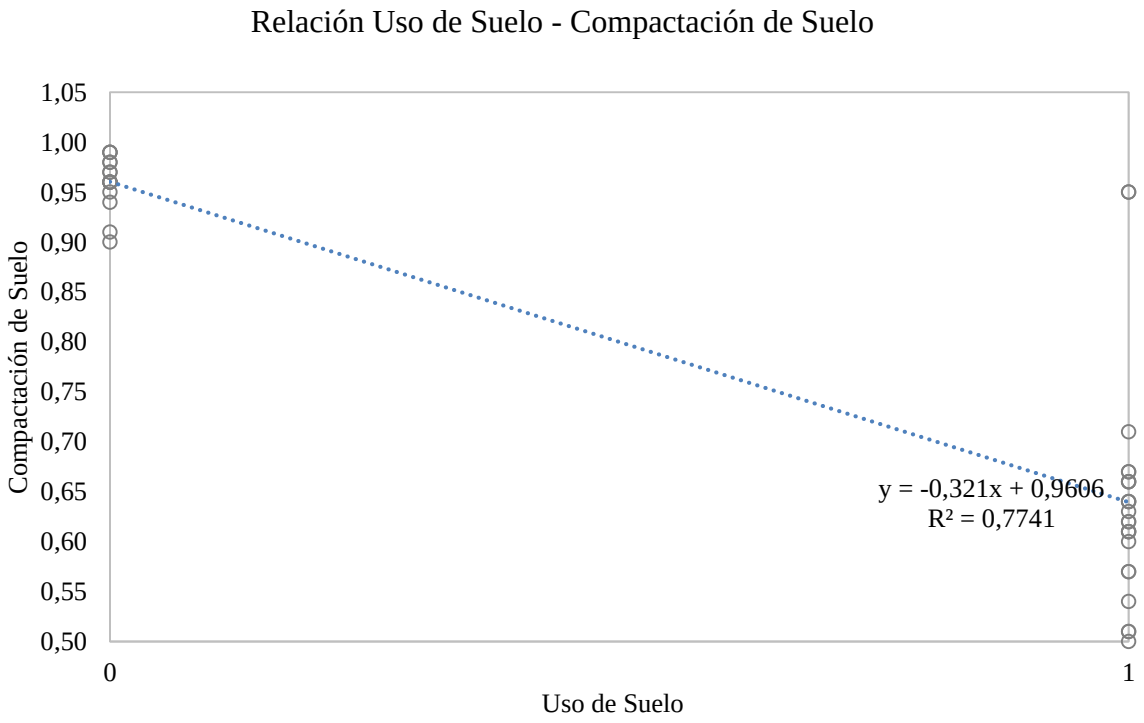

Figura 20. Relación Uso de Suelo - Compactación del Suelo

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

De la correlación analizada entre el uso de suelo y la compactación del suelo, se puede apreciar una línea de tendencia descendente, definiendo que, a menor actividad humana menor compactación del suelo, entendiéndose 1 como el grado de no compactación en el suelo y menor a 1 como generación de proceso de compactación. Ver Tabla 43 y Figura 21.

Tabla 43.

Relación entre Compactación del Suelo y pH.

Ord.	Sector	% Compactación de Suelo	pH
M1	Sector Baños	0,71	6,47
M2	Sector Baños	0,57	5,53
M3	Sector Baños	0,66	5,63
M4	Sector Baños	0,96	5,61
M5	Sector Baños	0,66	5,72
M6	Sector Baños	0,98	6,77
M7	SE Laguna Baños	0,96	4,93
M8	SE Laguna Baños	0,62	5,36
M9	SE Laguna Baños	0,54	5,23
M10	SE Laguna Baños	0,96	6,34
M11	S Laguna Baños	0,97	6,32
M12	S Laguna Baños	0,63	5,37
M13	S Laguna Baños	0,64	5,45
M14	S Laguna Baños	0,90	6,76
M15	SO Laguna Baños	0,95	5,32
M16	SO Laguna Baños	0,94	5,68
M17	SO Laguna Baños	0,67	5,69
M18	NO Laguna Baños	0,96	5,42
M19	NO Laguna Baños	0,96	5,83
M20	SE Laguna Anteojos	0,64	5,34
M21	NE Laguna Anteojos	0,64	5,35
M22	NO Laguna Anteojos	0,61	5,34
M23	NO Laguna Anteojos	0,99	6,73

CONTINÚA

M24	NO Laguna Anteojos	0,61	5,31
M25	NO Laguna Anteojos	0,51	5,61
M26	NO Laguna Anteojos	0,91	5,63
M27	NO Laguna Anteojos	0,51	5,51
M28	NO Laguna Anteojos	0,98	5,41
M29	SO Laguna Parcacocha	0,67	5,69
M30	SO Laguna Parcacocha	0,99	6,71
M31	SO Laguna Parcacocha	0,60	5,95
M32	SO Laguna Parcacocha	0,62	5,35
M33	SO Laguna Parcacocha	0,97	6,76
M34	NO Laguna Parcacocha	0,99	6,76
M35	NO Laguna Parcacocha	0,50	5,62
M36	NE Laguna Negra	0,95	5,62
M37	NE Laguna Negra	0,95	5,42
M38	NE Laguna Negra	0,61	5,32
M39	E Laguna Negra	0,66	5,63
M40	SE Laguna Negra	0,57	5,52
	Coeficiente de Pearson	0,48326003	Correlación positiva.
	R^2	0,23354026	Relación lineal baja.

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

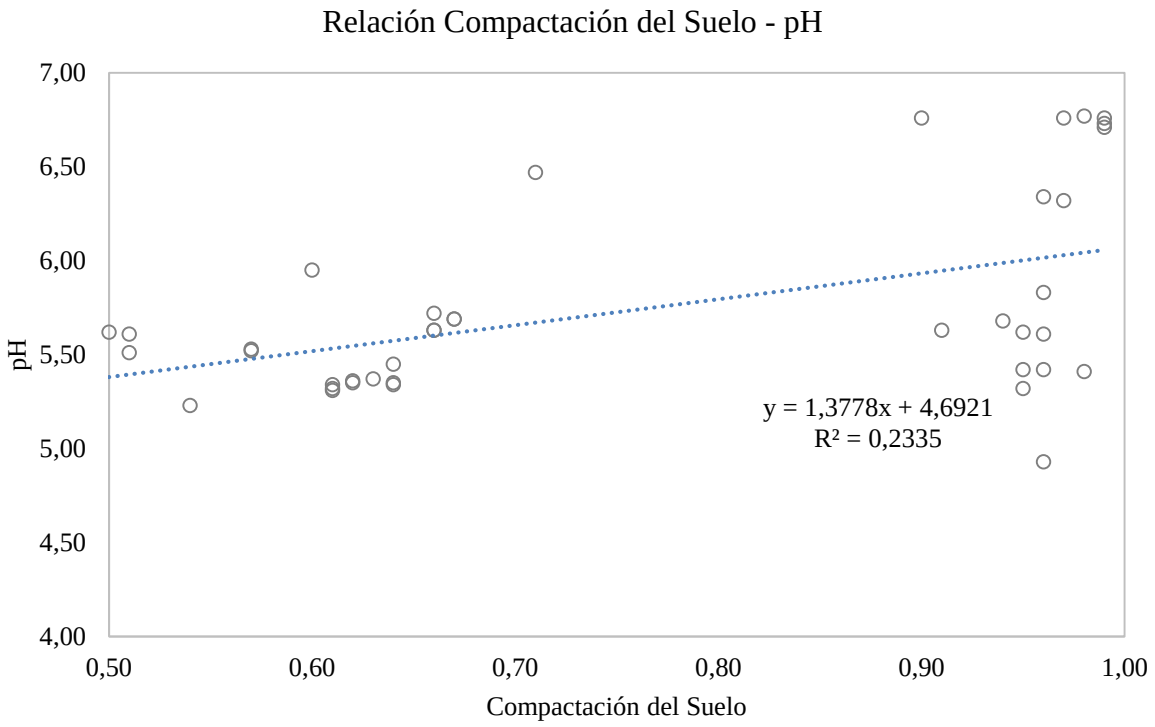

Figura 21. Relación Compactación del Suelo - pH.

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

De la correlación analizada entre la compactación del suelo y el pH se puede apreciar una línea de tendencia ascendente, definiendo que, a mayor compactación del suelo mayor nivel de pH en el suelo, entendiéndose 1 como el grado de no compactación en el suelo y menor a 1 como generación de proceso de compactación. Ver Tabla 44 y Figura 22.

Tabla 44.

Relación entre Uso de Suelo y Humedad de Suelo.

Ord.	Sector	Uso de Suelo	% Humedad del Suelo
M1	Sector Baños	1	61,77
M2	Sector Baños	1	36,50
M3	Sector Baños	1	29,90
M4	Sector Baños	0	78,95
M5	Sector Baños	1	59,43
M6	Sector Baños	0	37,44
M7	SE Laguna Baños	0	80,80
M8	SE Laguna Baños	1	25,70
M9	SE Laguna Baños	1	56,62
M10	SE Laguna Baños	0	70,90
M11	S Laguna Baños	0	70,90
M12	S Laguna Baños	1	25,70
M13	S Laguna Baños	1	29,90
M14	S Laguna Baños	0	37,44
M15	SO Laguna Baños	0	29,90
M16	SO Laguna Baños	0	78,95
M17	SO Laguna Baños	1	29,90
M18	NO Laguna Baños	0	89,35
M19	NO Laguna Baños	0	44,00
M20	SE Laguna Anteojos	1	25,70
M21	NE Laguna Anteojos	1	25,70
M22	NO Laguna Anteojos	1	25,70
M23	NO Laguna Anteojos	0	37,44
M24	NO Laguna Anteojos	1	25,70
M25	NO Laguna Anteojos	1	53,12
M26	NO Laguna Anteojos	0	78,95
M27	NO Laguna Anteojos	1	36,50
M28	NO Laguna Anteojos	0	89,35
M29	SO Laguna Parcacocha	1	42,80
M30	SO Laguna Parcacocha	0	37,44
M31	SO Laguna Parcacocha	1	48,36

CONTINÚA

M32	SO Laguna Parcacocha	1	25,70
M33	SO Laguna Parcacocha	0	53,72
M34	NO Laguna Parcacocha	0	37,44
M35	NO Laguna Parcacocha	1	47,95
M36	NE Laguna Negra	1	78,95
M37	NE Laguna Negra	1	89,35
M38	NE Laguna Negra	1	25,70
M39	E Laguna Negra	1	42,80
M40	SE Laguna Negra	1	36,50
	Coeficiente de Pearson	0,42862942	Correlación negativa.
	R^2	0,18372318	Relación lineal baja.

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

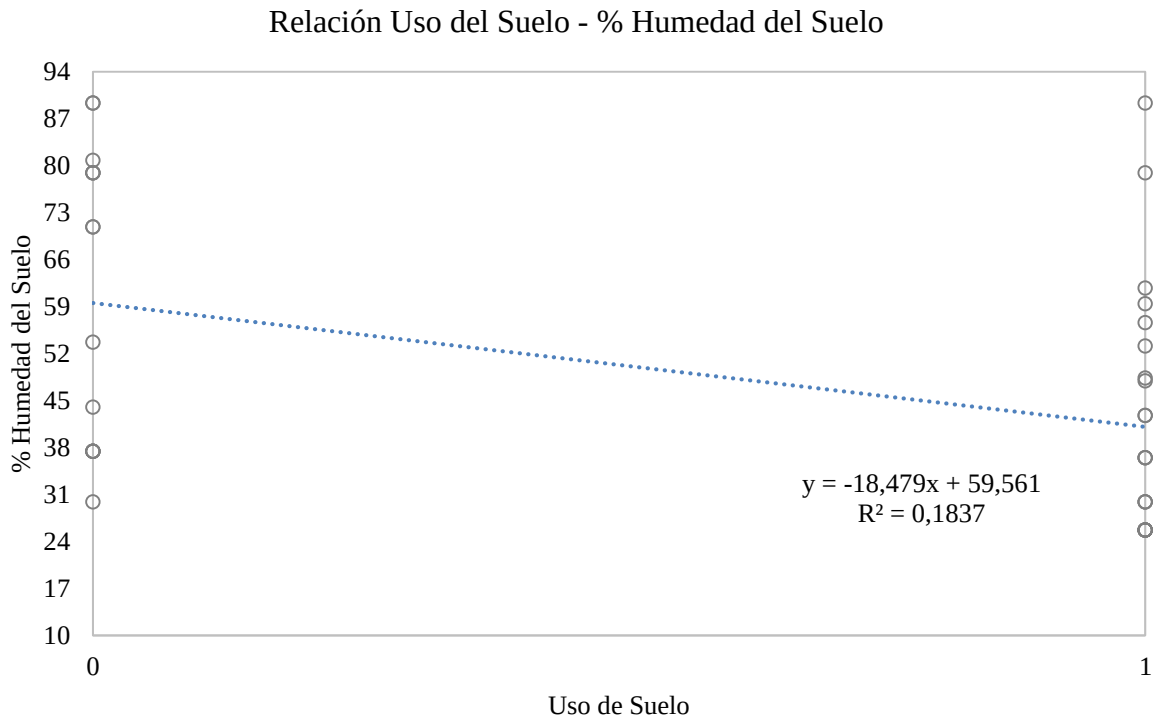

Figura 22. Relación Uso de Suelo - % Humedad del Suelo.

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

De la correlación analizada entre el uso de suelo y el porcentaje de humedad en el suelo, se puede apreciar una línea de tendencia gradualmente descendente. Ver Tabla 45 y Figura 23.

Tabla 45.

Relación entre Uso de Suelo y Conductividad Eléctrica.

Ord.	Sector	Uso de Suelo	CE
M1	Sector Baños	1	0,18
M2	Sector Baños	1	0,24
M3	Sector Baños	1	0,24
M4	Sector Baños	0	0,24
M5	Sector Baños	1	0,18
M6	Sector Baños	0	0,24
M7	SE Laguna Baños	0	0,24
M8	SE Laguna Baños	1	0,24
M9	SE Laguna Baños	1	0,18
M10	SE Laguna Baños	0	0,24
M11	S Laguna Baños	0	0,24
M12	S Laguna Baños	1	0,24
M13	S Laguna Baños	1	0,24
M14	S Laguna Baños	0	0,24
M15	SO Laguna Baños	0	0,28
M16	SO Laguna Baños	0	0,24
M17	SO Laguna Baños	1	0,24
M18	NO Laguna Baños	0	0,24
M19	NO Laguna Baños	0	0,28
M20	SE Laguna Anteojos	1	0,24
M21	NE Laguna Anteojos	1	0,24
M22	NO Laguna Anteojos	1	0,24
M23	NO Laguna Anteojos	0	0,24
M24	NO Laguna Anteojos	1	0,24
M25	NO Laguna Anteojos	1	0,18
M26	NO Laguna Anteojos	0	0,24
M27	NO Laguna Anteojos	1	0,24

CONTINÚA

M28	NO Laguna Anteojos	0	0,24
M29	SO Laguna Parcacocha	1	0,28
M30	SO Laguna Parcacocha	0	0,24
M31	SO Laguna Parcacocha	1	0,28
M32	SO Laguna Parcacocha	1	0,24
M33	SO Laguna Parcacocha	0	0,24
M34	NO Laguna Parcacocha	0	0,24
M35	NO Laguna Parcacocha	1	0,24
M36	NE Laguna Negra	1	0,24
M37	NE Laguna Negra	1	0,24
M38	NE Laguna Negra	1	0,24
M39	E Laguna Negra	1	0,28
M40	SE Laguna Negra	1	0,24
Coeficiente de Pearson		-0,20720475	Correlación negativa.
	R^2	0,04293381	Relación lineal media.

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

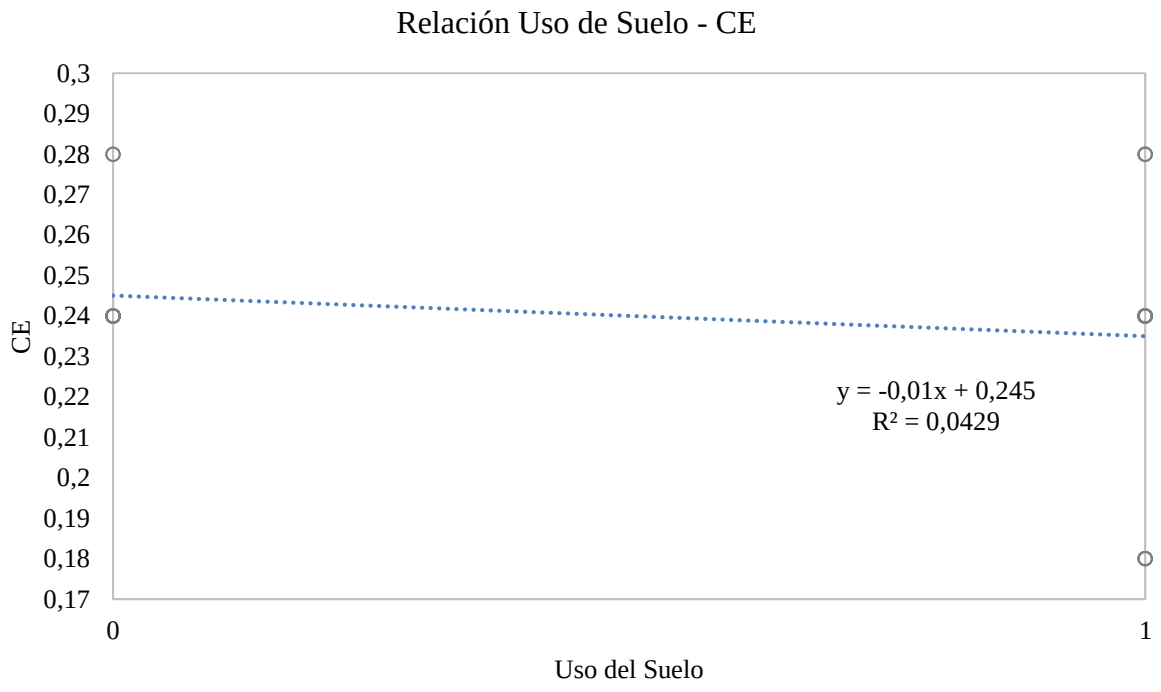

Figura 23. Relación Uso de Suelo - Conductividad Eléctrica.

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

De la correlación analizada entre el uso de suelo y la conductividad eléctrica, se puede apreciar una línea de tendencia descendente, definiendo que, a mayor actividad humana menor salinidad en el suelo.

4.1.3. Resultados de Capacidad de Carga

Para la determinación de la capacidad de carga se hizo uso de diferentes factores y criterios básicos como la longitud del sendero, su ancho, el tiempo de recorrido, el horario de visitas, el espacio ocupado por una persona en el sendero para su normal desplazamiento y el nivel de dificultad. Los resultados se muestran en las Tablas 46, 47 y 48.

Tabla 46.

Criterios Básicos de Capacidad de Carga del SEAV.

Sendero Ecológico "El Agua y la Vida"		
Ancho (m)	Punto de partida	3,85
	Punto de llegada	3,09
	Ancho máximo	5,02
	Ancho mínimo	1,46
	Promedio	3,36
Longitud (m)		10682
Espacio ocupado por persona (m)		1,5
Tiempo aproximado de recorrido (h)		5
Horario de visitas (hrs/día)		11
Número máximo de visitantes por grupo		12
Distancia mínima por grupo (m)		150
Tiempo mínimo entre grupos (min)		30
Espacio ocupado por grupo (m)		30
Número de grupos (al momento)		71
Superficie disponible (m)		1800
Visitas al día (por una misma persona)		2

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

Tabla 47.

Resultado de Factores de Corrección para Cálculo de Capacidad de Carga Real (CCR).

Factor Social	**0,08**
Número de grupos	71
Longitud total ocupada por grupo	854,56
Espacio limitante	9827,44
Factores Físicos y Ambientales	
Erodabilidad	**0,39**
Longitud sendero con pendiente media	5490
Factor ponderación pendiente media	0,4
Longitud sendero con pendiente alta	3305
Factor ponderación pendiente alta	0,6
Accesibilidad	**0,98**
Longitud sendero con grado dificultad media	5490
Factor grado dificultad media	1
Longitud sendero con grado dificultad alta	3305
Factor grado dificultad alta	1,5
Anegamiento	**0,81**
Longitud sendero con áreas anegadas	2029
Deterioro de Flora	**0,78**
Longitud sendero propensa a deterioro de flora	2356
Precipitación	**1,00**
Horas lluvia/día	11,5
Horas lluvia/año	4197,5
Heliofanía	**0,99**
Horas incidencia luz/día	3,79
Horas incidencia luz/año	368,79
Compactación de Suelo	**0,88**
% de longitud de sendero con suelo compactado	12
Factores Biológicos	
Factor Flora	**0,49**
Endemismo	0,07
Sp endémicas del AP encontradas en sendero	8
Sp endémicas del AP	54

CONTINÚA

Valor de ponderación de endemismo	0,5
Amenaza	0,44
Sp amenazadas en categoría Peligro Crítico	12
Valor de ponderación categoría Peligro Crítico	1
Sp amenazadas en categoría Peligro	22
Valor de ponderación categoría Peligro	0,6
Sp amenazadas en categoría Vulnerable	34
Valor de ponderación categoría Vulnerable	0,4
Sp amenazadas en categoría Casi Amenazada	25
Valor de ponderación categoría Casi Amenazada	0,2
Factor Fauna	**0,58**
Endemismo	0,06
Sp endémicas del AP encontradas en sendero	1
Sp endémicas del AP	8
Valor de ponderación de endemismo	0,5
Amenaza	0,36
Sp amenazadas en categoría Peligro Crítico	67
Valor de ponderación categoría Peligro Crítico	1
Sp amenazadas en categoría Peligro	102
Valor de ponderación categoría Peligro	0,6
Sp amenazadas en categoría Vulnerable	231
Valor de ponderación categoría Vulnerable	0,4
Sp amenazadas en categoría Casi Amenazada	321
Valor de ponderación categoría Casi Amenazada	0,2

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

Tabla 48.

Resultados de Capacidad de Carga del SEAV.

Capacidad de Carga Física (CCF)	14243
Factores de Corrección de Capacidad de Carga Real	
Factor Social	0,08
Erodabilidad	0,39
Accesibilidad	0,98
Anegamiento	0,81
Deterioro de Flora	0,78
Precipitación	1,00
Heliofanía	0,99
Compactación del Suelo	0,88
Factor Flora	0,49
Factor Fauna	0,58
Capacidad de Carga Real (CCR)	68
Número de Visitantes por Grupo	12
Capacidad de Manejo (CM)	0,65
Capacidad de Carga Efectiva (CCE) Visitantes/día	**44**
Capacidad de Carga Efectiva (CCE) Visitantes/año	**16094**

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

4.1.4. Resultado Matriz de Identificación de Impactos Ambientales

La identificación y evaluación de los impactos ambientales encontrados en el SEAV fueron analizados a través de la matriz de identificación y la matriz de evaluación de impactos; resultados que fueron usados para la definición de lineamientos en la propuesta de un sistema de monitoreo y control de impactos para la zona alta del Parque Nacional Cayambe Coca. Ver Tablas 49 y 50.

Tabla 49.

Matriz de Identificación de Impactos Ambientales en SEAV.

Componente	Impacto	Indicador de Medida	Impacto Identificado / Presencias*
Aire	Generación de ruido	Sonido en el ambiente.	x x
Agua	Contaminación	Presencia de desperdicios en las riveras de cuerpos de agua.	x x x
Suelo	Erosión	Desgaste del suelo y pérdida de cobertura vegetal.	x x x x
	Compactación del suelo	Pérdida de permeabilidad del suelo.	x x x
	Anegamiento	Acumulación del agua en el suelo.	x x x
	Apertura de senderos	Presencia de nuevos senderos no establecidos.	x x x
	Contaminación	Presencia de desperdicios en el trayecto del sendero.	x x x
Calidad Escénica	Paisaje	Calidad de conservación de atractivos turísticos con los que cuenta la zona de estudio.	x x x x
Flora	Deterioro de la flora	Vegetación alterada por el flujo constante de los visitantes en el sendero. Pérdida de Diversidad. Pérdida de Cobertura.	x x x
Fauna	Pérdida de diversidad	Inventario y determinación de la diversidad de especies endémicas. Cambios de densidad de poblaciones.	x x x
Social	Turismo	Número de atractivos turísticos.	x x x x
	Empleo	Número de personas empleadas en actividad turística o afines.	x x

*Presencias: x (de 0 a 5); x x (de 5 a 10); x x x (de 11 a 20); x x x x (de >21).

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

Tabla 50.

Resultados de Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales del SEAV.

Componente	**Impacto**	Naturaleza	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Sinergia	Acumulación	Causa- Efecto	Periocidad	Recuperación	Cuantificación	Importancia
Aire	Generación de ruido	-	2	2	4	1	1	2	1	4	4	2	29	Moderado
Agua	Contaminación	-	2	1	4	1	1	2	1	4	4	2	27	Moderado
Suelo	Erosión	-	4	2	4	2	2	2	4	4	4	4	42	Moderado
	Compactación del suelo	-	2	2	4	2	2	2	4	4	4	4	36	Moderado
	Anegamiento	-	2	2	4	1	1	2	1	4	4	2	29	Moderado
	Apertura de senderos	-	2	2	4	2	2	2	4	4	4	4	36	Moderado
	Contaminación	-	2	1	4	1	1	2	1	4	4	2	27	Moderado
Calidad Escénica	Paisaje	+	8	8	4	4	2	4	4	4	4	2	68	Severo
Flora	Deterioro de la flora	-	4	2	4	2	2	2	4	4	4	4	42	Moderado
Fauna	Pérdida de diversidad	-	4	2	4	2	2	2	4	4	4	4	42	Moderado
Social	Turismo	+	8	8	4	4	2	2	4	4	4	4	68	Severo
	Empleo	+	4	4	2	2	2	2	4	4	4	4	44	Moderado

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

4.2. Discusión de Resultados

El SEAV se presenta como uno de los principales escenarios turísticos de la zona alta del Parque Nacional Cayambe Coca y actualmente muestra una gran presión por la falta de manejo y control para el desarrollo de la actividad turística. Esta presión se identifica en mayor proporción en las zonas donde se reconocieron repetidas muestras de erosión y anegamiento, debido a que el curso constante de los visitantes por estas zonas, reducen las posibilidades de una reposición natural de las condiciones propias de este tipo de ecosistema frágil.

El estudio de las condiciones actuales de la zona de estudio y del análisis de las principales limitantes que comprometen su integridad, inició con la caracterización física y química del suelo determinando que el suelo de la zona de estudio presenta una textura franco-limosa con una composición de 34% de arena, 55% de limo y 11% de arcilla; un nivel medio de compactación de 0,77 y un porcentaje de humedad de 48,47. A lo largo del SEAV se pueden identificar zonas con altos niveles de erosión como la parte SE y NO de la laguna de Baños; la zona NE de la laguna de Anteojos, la zona SO de la laguna de Parcacocha y la zona NE de la laguna Negra; esto se debe en gran medida a la variación de la pendiente dispuesta en los rangos de pendiente media (>10% a <20%) con un 51% del total de longitud del sendero y pendiente alta (>20%) con un 31% del total de longitud del sendero. La erosión se incrementa además por las condiciones climáticas ya que se registran altos niveles de humedad y precipitación, este último con un promedio de 11,5 horas de lluvia al día, lo que determina altos niveles de escorrentía reflejándose en los valores de 0,24 de conductividad eléctrica determinando una baja concentración de salinidad en el suelo. Los valores de pH del suelo oscilan entre los 5,75 definiéndolos como suelos ligeramente ácidos. Es importante mencionar que los resultados de la correlación entre la compactación del suelo y pH y la correlación entre la compactación del suelo y la conductividad eléctrica no presentan correspondencias significativas para determinarlos como únicos factores de corrección; pero si muestran una tendencia lineal favorable que configuran un punto de partida para el establecimiento de lineamientos que aseguren la generación de propuestas de remediación.

Los resultados de los factores de corrección para el cálculo de la Capacidad de Carga Real del SEAV determinaron que esta zona presenta un nivel promedio de precipitación anual de 159,08 mm con un promedio diario de 11,5 horas/día de lluvia, como se mencionó anteriormente;

los registros de humedad relativa del aire promedian los 88,93% y la incidencia de luz solar es de 3,79 horas luz/día. Los datos de erodabilidad conseguidos de la determinación del total de longitud del sendero con pendiente media y alta definieron un valor de corrección de 0,39; el anegamiento se expresa en un valor de 0,81 y el valor de corrección del deterioro de flora se define en 0,78 calculado del total del sendero con zonas de mayor presión para daños de la cobertura vegetal.

Por consiguiente, de los resultados de capacidad de carga turística definidos para el SEAV se obtiene que diariamente el sendero puede soportar la visita de 44 visitantes, lo que anualmente representaría 16094 visitantes; estos valores comparados a los registros de visitantes determinados para el año 2018 en la zona de Baños del Parque Nacional Cayambe Coca, (68 visitantes día y anualmente 24695), determinan que hay un sobrepaso de 24 visitantes (2 grupos), que eventualmente con el incremento del 6% para el año 2019 y determinado para esta zona de estudio en base a los registros analizados desde el 2014, la presión incrementaría la extensión y persistencia de los impactos ambientales identificados. Ver Tabla 51.

Tabla 51.

Comparación de Resultados CCE y Registros de Visitantes 2018.

	Visitantes/día	**Visitantes/año**
2018	68	24695
CCE	**44**	**16094**
Sobrepaso 2018	24	8601
2019 *(Incremento de 6% considerando datos desde 2014)*	72	26184
Sobrepaso 2019	28	10089

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

Adicionalmente, la capacidad de manejo determinada para la zona de estudio expresada en un factor de 0,65, se muestra como una potencial amenaza debido a que los niveles de infraestructura y equipamiento presentan una calificación de medianamente satisfactorio y la de personal una calificación de insatisfactorio, mostrándose como una debilidad para los procesos de manejo y control que requiere el SEAV y el área protegida en general. Este incremento de visitante al SEAV y consecuentemente el sobrepaso en la capacidad de carga efectiva definido por los bajos niveles de manejo y control de la zona de estudio, sin duda alguna incrementarían las presencias y presiones de los impactos ambientales identificados, los que actualmente han sido valorados dentro de una importancia moderada a través de la evaluación realizada en campo que arrojó los resultados que se muestran en la Tabla 52:

Tabla 52.

Resultados de Evaluación de Impactos Ambientales de Zona de Estudio.

Componente	Impacto	+ / -	Importancia
Aire	Generación de ruido	-	Moderado
Agua	Contaminación	-	Moderado
Suelo	Erosión	-	Moderado
	Compactación del suelo	-	Moderado
	Anegamiento	-	Moderado
	Apertura de senderos	-	Moderado
	Contaminación	-	Moderado
Calidad Escénica	Paisaje	+	Severo
Flora	Deterioro de la flora	-	Moderado
Fauna	Pérdida de diversidad	-	Moderado
Social	Turismo	+	Severo

Empleo	+	Moderado

Fuente: Levantamiento de información en campo, 2019.

Los impactos ambientales reconocidos para el Sendero Ecológico “El Agua y la Vida” se presentan por las actividades turísticas identificadas y permitidas para la zona de estudio como son el senderismo, la observación de avifauna y la pesca deportiva; actividades que ocasionan impactos negativos evaluados en una importancia de moderada como son la generación de ruido, la contaminación de las zonas de lagunas, la erosión, compactación, anegamiento del suelo, la apertura de senderos, el deterioro de la flora y la pérdida de biodiversidad. Además, se reconocen impactos positivos como la generación de empleo a través de las actividades turísticas. La persistencia y extensión de los impactos ambientales negativos identificados para este sendero se presentan por la falta de administración, manejo y control de la actividad turística, puesto que no se identifican acciones ni responsables directos para el aseguramiento de la conservación de las bondades ecosistémicas del páramo de esta zona.

Los resultados de la evaluación de los impactos ambientales identificados para el SEAV han sido considerados para el planteamiento de lineamientos que corrijan la administración de este escenario turístico puesto que sin duda alguna estos impactos restan importancia al valor natural y ecosistémico del SEAV y que sin un oportuno manejo y control turístico pueden llegar a ser irreversibles y alterar la integridad del ecosistema de páramo.

CAPÍTULO V

PROPUESTA DE SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE LA ACTIVIDAD TURÍSTICA PARA LA ZONA DE ESTUDIO.

La propuesta de establecer un Sistema de Monitoreo y Control de la actividad turística desarrollada en el SEAV tiene como principal objetivo establecer un procedimiento operativo capaz de monitorear, controlar y evaluar el desenvolvimiento de la actividad turística a fin de reducir en el mayor grado posible la presión de los impactos ocasionados y potencializar el despliegue de un turismo sostenible en función de conservar la integridad ecosistémica del páramo de Papallacta. La intención de este sistema radica trascendentalmente en la evaluación del cumplimiento de las acciones planteadas para mitigar la presencia y extensión de los impactos ambientales identificados para el sendero ecológico objeto de estudio. Para ello es importante, reconocer el Sistema de Zonificación establecido en el plan de manejo del Parque Nacional Cayambe Coca y definir las zonas asignadas para el área de estudio. Según el plan de manejo de esta área protegida, este Sistema de Zonificación se establece como un instrumento para ordenar y controlar las actividades e intervenciones permitidas bajo el marco legal y regulatorio, entendiéndose como un proceso dinámico y adaptativo diseñado para conceptualizar, localizar y jerarquizar una división geográfica del área protegida, según la intensidad y tipo de la intervención humana permitida bajo un esquema de manejo dirigido a proteger, restaurar o utilizar sustentablemente los recursos y rasgos naturales que constituyen el capital natural del parque nacional (Ministerio del Ambiente, 2010). Bajo esta premisa, se establecen tres zonas de manejo organizadas en una gradiente de conservación para los ecosistemas: Zona núcleo, Zona de Restauración Ecológica y, Zona de Amortiguamiento. La circunscripción del SEAV está

definida dentro de la Zona Núcleo, la misma que es descrita como el área que mantiene muestras representativas de la diversidad de ecosistemas y diversidad biológica de Los Andes del Norte; sus ecosistemas muestran niveles de integridad ecológica propios de espacios naturales con pocas muestras de intervención humana; se reconocen y permiten usos no extractivos, se permite solamente actividades de investigación basada fundamentalmente en monitoreo y en visitas de corta duración con fines de educación y recreación muy selectiva. Las obras e instalaciones permitidas son las necesarias para apoyar las actividades de vigilancia y el monitoreo ambiental y no son de carácter permanente (Ministerio del Ambiente, 2010). Esta zona reconoce cuatro puntos de vigilancia dentro del área protegida, uno de ellos se ubica cerca al poblado de Papallacta que cubre un área de vigilancia de 16800,33 ha. (lo que incluye el 100% de longitud del sendero ecológico estudiado). Para la determinación de los lineamientos del Sistema de Monitoreo propuesto, es importante considerar las actividades permitidas para este tipo de zona, de tal manera que se reconocen las siguientes:

- *Protección de la integridad ecológica y de la biodiversidad.* Son aquellas actividades dedicadas a la vigilancia y monitoreo de la integridad de los ecosistemas terrestres.
- *Restauración de ecosistemas.* Son aquellas actividades ejecutadas para eliminar amenazas a la integridad de los ecosistemas y para mitigar los impactos negativos detectados en el proceso de monitoreo ambiental.
- *Investigación científica y monitoreo.* Son aquellas actividades dedicadas a la generación de información para el manejo del parque nacional y para ampliar el acervo del conocimiento científico del área.
- *Actividades educativas y visitas turísticas.* Son aquellas actividades que tienen como objetivo crear conciencia y entendimiento de los valores de esta zona de manejo, y

difundir conocimiento especializado sobre la naturaleza de la región andina y estribaciones amazónicas (Ministerio del Ambiente, 2010).

5.1 Lineamientos Propuestos para Sistema de Monitoreo y Control de Actividades Turísticas para la Zona de Estudio.

Para la determinación del presente Sistema de Monitoreo y Control de las actividades turísticas del SEAV se considera trascendental reconocer las actividades que son permitidas para quienes visitan este sendero. Como se mencionó en la descripción de la actividad turística, el senderismo; la observación de avifauna y la pesca deportiva son las actividades de mayor ejecución por los visitantes de esta zona del área protegida. (Ministerio del Ambiente, 2010); razón por la cual las políticas a implementarse para el control propuesto, se basarán en los alcances que pueden tener cada una de ellas y los potenciales impactos que generan al ecosistema de páramo. Fundamentados en estas consideraciones, los principales lineamientos para la ejecución del sistema propuesto se definen en los siguientes niveles de operación:

- Modelo de gestión turística para manejo de visitantes al SEAV;
- Monitoreo y evaluación de impactos ambientales identificados en el SEAV, y;
- Restauración ecológica de zonas afectadas del SEAV.

5.2 Definición de Indicadores para Sistema de Monitoreo y Control de Actividades Turísticas para la Zona de Estudio.

La planificación para la ejecución de las estrategias definidas para cada uno de los niveles de operación del presente Sistema de Monitoreo y Control de las actividades turísticas

desarrolladas en el SEAV, requieren fundamentalmente del apoyo del Estado para su administración y manejo, por ello es importante reconocer que el Ministerio del Ambiente a través del Patrimonio de Áreas Naturales del Estado y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas constituyen un gran soporte para el desarrollo de estas áreas, razón por la cual la presente propuesta se definirá a través de los esfuerzos establecidos por estas Instituciones para el manejo del área protegida y con la finalidad de que los lineamientos propuestos se apeguen a la realidad de la administración del Parque Nacional Cayambe Coca. Ver Tabla 53.

Tabla 53.

Estrategias de Manejo de Sistema de Monitoreo y Control de Actividad Turística del SEAV.

Nivel Operativo	Estrategias de Manejo
Modelo de gestión turística para manejo de visitantes al SEAV	Generación de registros estadísticos y levantamiento de información de visitantes.
	Control de capacidad de carga efectiva del SEAV.
	Manejo de infraestructura turística para actividades identificadas.
Monitoreo y evaluación de impactos ambientales identificados en el SEAV	Monitoreo de impactos ambientales identificados en el SEAV.
	Evaluación de impactos ambientales identificados en el SEAV.
	Análisis de erosión de suelo del SEAV.
	Análisis de pérdida de cobertura vegetal del SEAV.
Restauración ecológica de zonas afectadas del SEAV	Caracterización de disturbios.
	Aislamiento de sectores afectados.
	Rescate y reubicación de plantas vulnerables.

Elaborado por: Almeida, J. 2019.

Las acciones que se desarrollarán para el cumplimiento de las estrategias de manejo propuestas tiene como objetivo principal mejorar la calidad de la visita, organizar su ejecución y conceder un valor agregado a las actividades destinadas a la educación ambiental con el propósito de mejorar la experiencia de los visitantes. Ver Tabla 54.

Tabla 54.

Acciones de Manejo para Ejecución de Sistema de Monitoreo y Control de la Actividad Turística del SEAV.

Nivel Operativo	Estrategias de Manejo	Indicador	Acciones de Manejo	Responsable
Modelo de gestión turística para manejo de visitantes.	Generación de registros estadísticos y levantamiento de información de visitantes.	Números de reportes de ingreso de visitantes.	Realizar registros de visitantes a través de la generación de una base de datos con información relevante para la administración de la zona.	Administración del punto de control y guardaparques.
	Control de capacidad de carga efectiva del SEAV.	Registros de sobrepaso de capacidad de carga efectiva.	Revisar el número de visitantes que ingresan en el día, considerando el tiempo de permanencia y las actividades a desarrollar.	Administración del punto de control y guardaparques.
	Manejo de infraestructura turística para actividades identificadas.	Número de recorridos de vigilancia efectuados por guardaparques.	Generar informes de recorridos de vigilancia efectuados por guardaparques a fin de reconocer oportunamente nuevas presiones ambientales para el SEAV.	Administración del punto de control y guardaparques.
Monitoreo y evaluación de impactos ambientales.	Monitoreo de impactos ambientales identificados en el SEAV.	Número de impactos ambientales identificados.	Levantar matrices de identificación de impactos a través de trabajo de campo.	Administración del punto de control y guardaparques.
	Evaluación de impactos ambientales identificados en el SEAV.	Matriz de evaluación de impactos ambientales generada trimestralmente.	Analizar los resultados de la evaluación de impactos ambientales a fin de priorizar las actividades de restauración ecológica.	Administración del punto de control y guardaparques.
	Análisis de erosión de suelo del SEAV.	Toma de muestras de suelo aplicadas en zonas erosionadas.	Analizar los resultados para establecer zonas de aislamiento.	Administración del punto de control y guardaparques.
	Análisis de pérdida de cobertura vegetal del SEAV.	Toma de muestras de suelo aplicadas en zonas con pérdida de cobertura vegetal.	Analizar los resultados para establecer medidas de rescate y reubicación de plantas.	Administración del punto de control y guardaparques.

CONTINÚA

Restauración ecológica de zonas afectadas.	Caracterización de disturbios.	Número de zonas identificadas.	Determinar la situación de las zonas identificadas y reconocer causas potenciales.	Administración del punto de control y guardaparques.
	Aislamiento de sectores afectados.	Numero de zonas identificadas.	Construir cercas o una barrera para evitar el paso de visitantes por zonas afectadas.	Administración del punto de control y guardaparques.
	Ampliación de senderos por identificación de sectores afectados.	Número de senderos ampliados.	Analizar pertinencia de ampliación de senderos para tránsito alterno de visitantes a fin de recuperar zonas afectadas.	Administración del punto de control y guardaparques.
	Rescate y reubicación de plantas vulnerables.	Número de zonas identificadas.	Realizar traslado de especies vulnerables de flora de sitios con mayor presión ambiental a zonas alejadas y resguardadas.	Administración del punto de control y guardaparques.

Elaborado por: Almeida, J. 2019.

Las actividades descritas en la Tabla 54 serán monitoreas y ejecutadas trimestralmente a fin de generar la mayor cantidad de información que permita tomar decisiones apegadas a la realidad de la administración del área protegida. Es importante indicar que el éxito de la presente propuesta del Sistema de Monitoreo y Control de la actividad turística del SEAV radica en el compromiso de los actores involucrados, quienes deben estar consciente de la importancia escénica y ecosistémica de los páramos de esta zona.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

La situación actual del Sendero Ecológico “El Agua y la Vida” presenta zonas identificadas con altos niveles de erosión y presión a la cobertura de flora reconocidas en los sectores SE y NO de la laguna de Baños; en el sector NE de la laguna de Anteojos, sector SO de la laguna de Parcacocha y el sector NE de la laguna Negra; el suelo de esta zona de estudio presenta una textura franco-limosa; un nivel medio de compactación de 0,77, un porcentaje de humedad del suelo de 48,47 y un porcentaje de contenido de materia orgánica de 21,36. Presenta una variación de la pendiente dispuesta en los rangos de pendiente media (>10% a <20%) con un 51% del total de longitud del sendero y pendiente alta (>20%) con un 31% del total de longitud del sendero; los valores de conductividad eléctrica se presentan en 0,24 determinando una baja concentración de salinidad en el suelo y los valores de pH del suelo oscilan entre los 5,75 definiéndolos como suelos ligeramente ácidos.

Los factores de corrección para el cálculo de la Capacidad de Carga Real del SEAV determinaron que esta zona presenta un nivel promedio de precipitación anual de 159,08 mm con un promedio diario de 11,5 horas/día de lluvia; los registros de humedad relativa del aire promedian los 88,93% y la incidencia de luz solar es de 3,79 horas luz/día. Los datos de erodabilidad conseguidos de la determinación del total de longitud del sendero con pendiente media y alta definieron un valor de corrección de 0,39; el anegamiento se expresa en un valor de

0,81 y el valor de corrección del deterior de flora se define en 0,78 calculado del total del sendero con zonas de mayor presión a para daños de la cobertura vegetal.

La capacidad de carga turística del Sendero Ecológico “El Agua y la Vida" define que su capacidad de carga efectiva es de 44 visitantes por día reflejados en un valor anual de 16094 visitantes por año y que al ser comparados con los registros de visitantes determinados para el año 2018 en la zona de Baños del Parque Nacional Cayambe Coca, se calcula un sobrepaso de 24 visitantes.

La propuesta del Sistema de Monitoreo y Control de la Actividad Turística para el Sendero Ecológico “El Agua y la Vida” define tres niveles de operación ejecutados en la determinación de un modelo de gestión turística para el manejo de visitantes, un proceso de monitoreo y evaluación de los impactos ambientales identificados en la zona, y; procedimientos para la restauración ecológica de zonas afectadas, cuyo principal objetivo es mejorar la calidad de la visita, organizar su ejecución y conceder un valor agregado a las actividades destinadas a la educación ambiental con el propósito de mejorar la experiencia de los visitantes.

6.2. Recomendaciones

El Plan de Manejo del Parque Nacional Cayambe Coca presenta en su propuesta de manejo importantes lineamientos para la correcta administración de las principales zonas de vida reconocidas a lo largo de esta área protegida, por lo cual se recomienda a la Administración de esta área protegida se dé estricto cumplimiento en los procesos de control de las actividades realizadas y en los procesos de gestión para la potencialización del turismo sostenible dentro de la jurisdicción de este espacio natural.

Se recomienda considerar a la Administración de esta área protegida, las políticas y estrategias planteadas en el presente Sistema de Monitoreo y Control de las Actividades Turísticas para el Sendero Ecológico “El Agua y la Vida” a fin de precautelar la conservación de las bondades ecosistémicas del páramo de esta zona.

Se recomienda a la Administración de esta área protegida, ajustar periódicamente los valores de los factores de corrección para el cálculo de la Capacidad de Carga Turística del Sendero Ecológico “El Agua y la Vida” a fin de obtener datos precisos que permita controlar la actividad y asegurar la calidad en la experiencia del visitante.

BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, N., & Torres, J. (2013). *Guía para la Restauración Ecológica en los Páramos del Antisana.* Quito: Fondo para la Protección del Agua FONAG.

Argüello, J. (2017). *Diseño de una Ecoruta Turística en la Parroquia de Papallacta.* Quito: Universidad Israel .

Arshad, M., & Coen, G. (1992). *Characterization of Soil Quality: Physical and Chemical Criteria.* Nueva York: American J. of Alternative Agriculture.

Asamblea Nacional Constituyente de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador.* Ciudad Alfaro: Ecuador.

Balslev, H., & Luteyn, J. (1992). *Paramo. An Andean Ecosystem under Human Influence.* Londres: Academic Press.

Botero, C., Hurtado, Y., González, J., Ojeda, M., & Díaz, L. (2008). *Metodología de Cálculo de la Capacidad de Carga Turística como Herramienta para la Gestión Ambiental y su Aplicación en Cinco Playas del Caribe Norte Colombiano.* Medellín: Gestión y Ambiente. Universidad Nacional de Colombia.

Cárdenas, I., Mejía, D., Macancela, R., Vasco, S., & Astudillo, P. (2010). *Determinación de los Valores Reales de Capacidad de Carga de las 13 zonas de Recreación del Parque Nacional Cajas, incluyendo Indicadores de Monitoreo y Matrices de Seguimiento.* Cuenca: Corporación Parque Nacional Cajas.

Cayot, L, Cifuentes, M., Amador, E., Cruz, E., & Cruz, F. (1996). *Determinación de la Capacidad de Carga Turística en los Sitios de Visita del Parque Nacional Galápagos.*

Puerto Ayora, Galápagos: Servicio del Parque Nacional Galápagos- Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre.

Chávez, J. (2015). *Determinación de Capacidad de Carga y Propuesta de Monitoreo de Impactos del Turismo para la Zona Alta de la Reserva Ecológica Antisana, Cantón Archidona, Provincia de Napo.* Sangolquí: Trabajo de Titulación presentado para obtener el Título de Magister en Sistemas de Gestión Ambiental. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Cifuentes, M. (1984). *Parque Nacional Galápagos: Plan de Manejo y Desarrollo (II Fase).* Quito: Plan Maestro Galápagos. Grupo Técnico.

Cifuentes, M. (1992). *Determinación de Capacidad de Carga Turística en Áreas Protegidas.* Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE.

Cifuentes, M. (1996). *Determinación de la Capacidad de Carga Turística en los Sitios de Visita del Parque Nacional Galápagos.* Puerto Ayora, Galápagos: Servicio del Parque Nacional de Galápagos.

Cifuentes, M. (1999). *Capacidad de Carga Turística de las Áreas de Uso Público del Monumento Nacional Guayabo.* Costa Rica: UICN.

Clark, R., & Stankey, G. (1979). *The Recreation Oportunity Spectrum: A Framework for Planning Management and Research.* Porland, Oregon: USDA Forest Service.

Coneza, V. (2003). *Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental.* Madrid: Mundi Prensa.

Conservación y Rehabilitación de Tierras en América Latina y el Caribe CORTALC. (1996). *Calidad de Suelo.* Brasil: Programa de Acción Especial.

Coppus, R., Endara, L., Nonhebel, M., Mera, V., León Yánez, S., Mena Vásconez, P., . . . Hofstede, R. (2001). El Estado de Salud de algunos Páramos del Ecuador: Una Metodología de Campo. (A. Yala, Ed.) *Los Páramos del Ecuador*, 219-240.

Dudley, N. (2008). *Directrices para la Aplicación de las Categorías de Gestión de Áreas Protegidas.* Gland, Suiza: UICN.

ECOLEX. (2006). *Informe del Proyecto de Consolidación Territorial del Tramo de Aproximadamente 82 km. comprendido entre el Río Chalpi Grande y Río Malo de la Reserva Ecológica Cayambe Coca, RECAY.* . Quito: ECOLEX.

Etxeberría, J. (1999). *Cuadernos de Estadística: Regresión Múltiple.* . Salamanca: La Muralla.

Food and Agriculture of the United Nations FAO. (2003). *Determinación de la Pendiente. Tecnologías para la Agricultura.*

Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO. (1994). *Erosión de Suelos en América Latina.* Bogotá: FAO.

FUNDACIÓN ANTISANA. (1998). *Plan de Manejo del Parque Nacional Cayambe Coca.* Quito: FUNDACIÓN ANTISANA.

Fundación NATURA. (1992). *Diagnóstico Socioeconómico de la Reserva Ecológica Cayambe Coca.* Quito.

González, O., Iglesias, C., & Herrera, M. (2017). *Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola.* Bogotá: Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias.

Gregorich, E. (1994). *Towards a Minimun Data Set to Asses Soil Organic Matter Quality in Agricultural Soils.* Canadá: Canadian J. of Soil Science.

Hof, M., & Lime, D. (1997). *The Visitor Experience and Resource Protection Framework. A Handbook for Planners and Managers.* U.S Department or the Interior National Park System.

Hofstede, R. (2014). *Páramos Andinos, ¿Qué sabemos?* Quito: UICN.

Hofstede, R., Coppus, R., Mena, R., Segarra, P., Wolf, J., & Sevink, J. (2002). *El Estado de Conservación de los Páramos de Pajonal en el Ecuador.* Quito: ECOTRÓPICOS.

Hofstede, R., Segarra, P., & Mena Vásconez, P. (2003). *Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos.* (EcoCiencia, Ed.) Quito: Global Peatland Initiative.

Instituto de Suelos de La Habana. (1997). *La Actividad de Conservación y Mejoramiento de Suelos.* La Habana: Ministerio de la Agricultura.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP. (2011). *Metodologías para el Análisis de Caracterización Físico- Quimica de Suelos.* Mejía: Estación Experimental Santa Catalina- EESC: Departamento de Manejo de Suelos y Aguas.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2018). *Anuarios históricos de Estación Meteorológica M0188 PAPALLACTA.* INAMHI.

Lasso, G. (2009). *Guión Turístico de la Reserva Ecológica Cayambe- Coca.* Quito: Fundación Ecológica Rumicocha.

Lozano, Z. (2011). *Muestreo con fines de caracterización y evaluación de propiedades de los suelos.* Maracay: Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.

Luteyn, J. (1999). *Paramos: A Checklist of Plan Diversity, Geographic Distribution and Botanical Literature.* Nueva York: Memoirs of the New York Botanical Garden.

Mattos, R. (1999). *Erosión y transporte de sedimentos.* UNESCO.

Ministerio de Turismo. (2015). *Reglamento Especial de Turismo en Áreas Naturales Protegidas* . Quito: Registro Oficial No 672: 19 de enero de 2016.

Ministerio del Ambiente. (1998). *Plan de Manejo de la Reserva Ecológica Cayambe Coca.* Quito: Proyecto SUBIR - INEFAN-GEF.

Ministerio del Ambiente. (2008). *Términos de Referencia para la Actualización del Plan de Manejo de la Reserva Ecológica Cayambe Coca.* Quito.

Ministerio del Ambiente. (2010). *Plan de Manejo del Parque Nacional Cayambe Coca.* Quito: Subsecretaria de Patrimonio Natural: Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador.

Ministerio del Ambiente. (2012). *Acuerdo Ministerial No. 006.* Quito: Registro Oficial: 11 de abril de 2012.

Ministerio del Ambiente. (2012). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental.* Quito: Subsecretaria de Patrimonio Natural.

Ministerio del Ambiente. (2017). *Código Orgánico Ambiental.* Quito: Registro Oficial No 983: 12 de abril de 2017.

Ministerio del Ambiente. (5 de Febrero de 2017). *Estadísticas del Crecimiento Turístico 2017.* Quito, Ecuador: Subsecretaria de Patrimonio Natural. Obtenido de www.mae.gob.ec

Ministerio del Ambiente. (2018). *Estadísticas de Registro de Visitantes del Parque Nacional Cayambe Coca.*

Oltremari, J. (1993). *El Turismo en los Parques Nacionales y otras Áreas Protegidas de América Latina.* (Vol. Documento técnico Nº 11). Santiago, Chile: Proyecto FAO - PNUMA.

Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica. Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.* Quito: Registro Oficial No 109: 06 de marzo de 1995.

Organización Mundial del Turismo. (2004). *Gestión de la Saturación Turística en Sitios de Interés Natural y Cultural.* Madrid: OMT.

Ortíz, M. (2007). *Plan de Desarrollo Sustentable de la Cuenca del Río Oyacachi dentro de la Comunidad del mismo nombre.* Quito.

Pedersen, A. (2005). *Gestión del Turismo en Sitios del Patrimonio Mundial: Manual Práctico para Administradores de Sitios del Patrimonio Mundial.* París: UNESCO.

Quintero, G. (1980). *Suelos.* La Habana: Pueblo y Educación.

Romo, M. (2016). *Análisis del Impacto de la Actividad Ganadera en la Cobertura Vegetal de los Páramos del Parque Nacional Llanganates.* Quito: Trabajo de Grado presentando para optar al Grado de Magister en Ecoturismo y Manejo de Áreas Naturales. Universidad Tecnológica Equinoccial.

Schneider, O. (1947). *Clasificación y nomenclatura del instrumental meteorológico, geofísico e hidrológico* . Buenos Aires: Servicio Meteorológico Nacional.

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo SENPLADES. (2013). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2013- 2017.* Quito: Plan Nacional de Desarrollo.

Stankey, G., Cole, D., Lucas, R., Petersen, M., & Frissell, S. (1985). *The Limits of Acceptable Change (LAC) System for Wilderness Planning.* Ogden: General Technical Report.

Toasa, A. (2011). *Manejo de Páramos y Uso Vertical de Pios Ecológicos: Estudio Comparativo entre Comuneros Indígenas del Parque Nacional Cayambe- Coca y hacendados del Parque Nacional Cotopaxi.* Quito: Trabajo de Grado presentado para optar al Grado de Magister de la Universidad FLACSO Ecuador.