



“Análisis económico para la creación de un área de protección hídrica entre los parques nacionales Cotopaxi y Antisana mediante herramientas geoespaciales”

Caiza Quimuña, Yesenia Estefanía y Ramírez Vallejos, Víctor Andrés

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

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

Ambiente

Dr. Rodríguez Espinosa, Fabián Francisco

29 de mayo del 2023



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

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **“Análisis económico para la creación de un área de protección hídrica entre los parques nacionales Cotopaxi y Antisana mediante herramientas geoespaciales”** fue realizado por los señores **Caiza Quimuña Yesenia Estefanía** y **Ramírez Vallejos Víctor Andrés**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 11 de mayo del 2023



Dr. Rodríguez Espinosa, Fabián Francisco

C.C: 1706853759



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Caiza Quimuña Yesenia Estefanía** con cédula de ciudadanía No. 1725261844 y **Ramírez Vallejos Víctor Andrés** con cédula de ciudadanía No. 1723593578, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Análisis económico para la creación de un área de protección hídrica entre los parques nacionales Cotopaxi y Antisana mediante herramientas geoespaciales"**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 11 de mayo del 2023

Caiza Quimuña Yesenia Estefanía

C.C: 1725261844

Ramírez Vallejos Víctor Andrés

C.C: 1723593578



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Autorización de Publicación

Nosotros, **Caiza Quimuña Yesenia Estefanía** con cédula de ciudadanía No. 1725261844 y **Ramírez Vallejos Víctor Andrés** con cédula de ciudadanía No. 1723593578, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "**Análisis económico para la creación de un área de protección hídrica entre los parques nacionales Cotopaxi y Antisana mediante herramientas geoespaciales**", en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 11 de mayo del 2023

Caiza Quimuña Yesenia Estefanía

C.C: 1725261844

Ramírez Vallejos Víctor Andrés

C.C: 1723593578

Dedicatoria

El resultado del esfuerzo y perseverancia principalmente va dedicado a mis padres quienes son mi soporte, mi puerto de partida y de llegada quienes han sabido guiarme y apoyarme en este camino, y ahora podemos ver el fruto de tanto esfuerzo.

De igual forma dedico a mis hermanos Pablito y Pame quienes nunca me han dejado sola y de una u otra manera han sabido apoyarme y aconsejarme, así como a mis primos, tíos, y demás familiares quien en su debido momento han estado presentes ya sea con una palabra o algún gesto de apoyo.

A mis abuelitos Alfonso y Alfredo, quienes han sido en conjunto con mis padres el ejemplo de perseverancia, honestidad y demás valores, han estado conmigo el día a día, así como a mi abuelita Graciela quien desde el cielo siempre fue una guía en mi camino.

Especialmente dedico a mi abuelita, mi segunda madre mi Chulita, quien ahora es mi ángel, pero tuve la dicha de tenerle conmigo brindándome su amor, cuidado y apoyo hasta casi alcanzar esta meta, este sueño que también era de ella.

Dedicatoria

Este trabajo de titulación lo dedico a toda mi familia. Principalmente, a mis padres que me apoyaron y me enseñaron que con esfuerzo y dedicación se puede cumplir objetivos muy anhelados.

Hoy puedo ver alcanzada mi meta y aspiro con esta investigación contribuir a la sociedad y al cuidado del medio ambiente.

Víctor

Agradecimiento

Primero quiero dar gracias a Dios por darme salud, sabiduría y guiarme en este camino, a mi padre Luis y a mi madre Consuelo por siempre ser mi apoyo, y enseñarme que con constancia, dedicación y perseverancia todo lo podemos cumplir, por haber compartido conmigo cada momento bueno y malo, por enseñarme que la humildad abre muchas puertas y sobre todo gracias por su amor infinito.

Agradezco a mi hermanito Pablito, quien a su manera me ha demostrado que me quiere, nunca me ha dejado sola y me ha brindado su hombro para llorar y de igual forma hemos reído a carcajadas juntos. A mi hermana Pame a quien debo muchas cosas, ha sabido cumplir su rol de hermana mayor por ser mi apoyo en todo momento y creer siempre en mí y sobre todo gracias porque juntas hemos reído, llorado y luchado hasta el final.

Agradezco de todo corazón a mis abuelitos porque han sido las personas con las que crecí, con quienes tuve la dicha de compartir muchos momentos y experiencias, quienes al igual que mis padres estuvieron pendientes de mí en cada momento, gracias mamita por no dejarme caer, por siempre cuidarme, aconsejarme y apoyarme. A mi abuelito Alfredo le agradezco por siempre transmitirme felicidad, por demostrarme que se siente muy orgulloso de su nieta. A mis primos especialmente a Esteban, Edison, Iván y Christian quienes han sido como hermanos para mí y siempre han estado pendientes cuidándome y aconsejándome.

A mis amigos con quienes hemos reído, llorado y apoyado tanto en el aspecto académico como en el aspecto personal, gracias por su amistad sincera Fabri, Aide, Pao, Víctor, Jossy, Daidier, Galo, Sambo, Sofí, Deysi, Pato, David y Erick, agradezco también a mi amiga de toda la vida Caro quien nunca me ha dejado sola y a mis amigos incondicionales Ali, Carlos y Wladimir quienes a pesar de la distancia siempre han estado pendientes.

Agradezco al Dr. Fabián Rodríguez y al Dr. Rodolfo Salazar por sus consejos, orientación, paciencia y constancia. Gracias a sus conocimientos y experiencia hemos logrado culminar con éxito este proyecto de tesis.

Yesenia

Agradecimiento

En primer lugar, les agradezco a mis padres y hermanos que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales, académicos y quienes me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.

En segundo lugar, agradezco al Dr. Fabián Rodríguez y al Dr. Rodolfo Salazar por su orientación, paciencia y constancia. Gracias a sus conocimientos y experiencia han sabido guiarnos de manera eficiente para la culminación de este proyecto de tesis.

En tercer lugar, les agradezco a mis compañeros y amigos con los que compartí muchas horas de estudio y quienes me prestaron su conocimiento y apoyo moral necesarios en momentos difíciles.

Víctor

Índice de contenidos

<i>Certificación del Trabajo</i>	3
<i>Responsabilidad de Autoría</i>	4
<i>Autorización de Publicación</i>	5
<i>Dedicatoria</i>	6
<i>Dedicatoria</i>	7
<i>Agradecimiento</i>	8
<i>Agradecimiento</i>	9
<i>Índice de contenidos</i>	10
<i>Índice de tablas</i>	12
<i>Índice de figuras</i>	13
<i>Resumen</i>	14
<i>Abstract</i>	15
<i>Capítulo I</i>	16
Generalidades	16
Antecedentes.....	16
Planteamiento del Problema	20
Justificación e importancia	21
Objetivos.....	23
Objetivo General.....	23
Objetivos específicos.....	23
Metas del proyecto	24
<i>Capítulo II</i>	25
Marco Teórico	25
Base teórica.....	25
Base Conceptual	29

Base legal	32
Capítulo III.....	34
Metodología.....	34
Descripción del área de estudio	34
Metodología de desarrollo de proyecto.....	38
Diagnóstico de la situación actual del cantón Mejía	39
Identificación de lineamientos	43
Valoración económica del recurso hídrico	45
Método de análisis costo-beneficio	52
Determinación de bases ambientales y política pública.....	54
Generación de cartografía.....	55
Capítulo IV	57
Resultados.....	57
Diagnóstico de la situación actual del cantón Mejía	57
Identificación de lineamientos	61
Valoración económica del recurso hídrico	64
Método de análisis costo-beneficio	73
Determinación de bases ambientales y política pública.....	79
Generación de cartografía.....	82
Capítulo V	87
Conclusiones.....	87
Recomendaciones	89
Referencias Bibliográficas	92
Apéndices.....	103

Índice de tablas

Tabla 1. Número de especie por categoría de amenaza	28
Tabla 2. Coordenadas de la zona de estudio	38
Tabla 3. Matriz de cumplimiento de los Indicadores Nacionales	43
Tabla 4. Matriz de cumplimiento de los Indicadores Internacionales	45
Tabla 5. Estaciones de monitoreo.....	46
Tabla 6. Coeficiente de escurrimiento	48
Tabla 7. Parámetros que determinan la importancia de la cobertura vegetal para brindar el servicio hídrico	50
Tabla 8. Matriz resultado de cumplimiento de los Indicadores Nacionales	62
Tabla 9. Matriz resultado de cumplimiento de los Indicadores Internacionales	63
Tabla 10. Resumen de los resultados obtenidos en el proyecto en unidades de m ³ /año	72
Tabla 11. Resumen de los resultados obtenidos	72
Tabla 12. Resumen de los resultados obtenidos en unidades de USD/año y USD/m ³	73
Tabla 13. Área en porcentaje ocupada por distintas actividades en la zona de estudio.....	73
Tabla 14. Resultado de la producción de las haciendas.....	74
Tabla 15. Tipo de consumo de agua potable cantón Mejía	76
Tabla 16. Captación Hídrica años 2018 – 2022	77
Tabla 17. Análisis de propuesta de política publica	80
Tabla 18. Porcentaje por clasificación de uso y ocupación del suelo del área de estudio....	83
Tabla 19. Porcentaje por clasificación de uso potencial del suelo del área de estudio.....	84

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación política del cantón Mejía	34
Figura 2. Mapa de ubicación del cantón Mejía respecto al relieve.....	35
Figura 3. Mapa de Ríos que atraviesan el cantón Mejía	36
Figura 4. Mapa del área de estudio del proyecto.....	37
Figura 5. Metodología general del proyecto.....	38
Figura 6. Código Google Earth Engine – Landsat 7	41
Figura 7. Red de monitoreo meteorológico EPMAPS - FONAG	46
Figura 8. Red de Monitoreo Pluviométrica EPMAPS - FONAG	47
Figura 9. Formato de la encuesta.....	53
Figura 10. Proceso para la determinación de la política publica	54
Figura 11. Imagen satelital del año 2018	57
Figura 12. Imagen satelital del año 2019	58
Figura 13. Imagen satelital del año 2020	58
Figura 14. Imagen satelital del año 2021	59
Figura 15. Imagen satelital del año 2022	60
Figura 16. Mapa del área de conservación hídrica	83
Figura 17. Mapa de uso y ocupación del suelo cantones Mejía y Archidona	84
Figura 18. Mapa del uso potencial del suelo cantones Mejía y Archidona.....	85
Figura 19. Mapa del catastro rural cantones Mejía y Archidona	85

Resumen

Los páramos al ser ecosistemas frágiles se encuentran inmersos en varias problemáticas, siendo una de ellas el avance de la frontera agrícola y ganadera en zonas consideradas como ecosistemas significativos; la pérdida de vegetación protectora expone el suelo desnudo al aire e incrementa la evaporación en el suelo superficial, así como la deforestación y transformación de ecosistemas, la contaminación de humedales y ríos, son las principales amenazas a la biodiversidad de la zona, y a su vez a los recursos naturales. El presente proyecto tiene como objetivo analizar la factibilidad de creación de un área de conservación hídrica entre los parques nacionales Cotopaxi y Antisana, mediante la aplicación de herramientas económicas, geoespaciales e indicadores ecosistémicos, con la finalidad de presentar una alternativa de conservación y aprovechamiento del agua y biodiversidad para satisfacer las necesidades de agua de la población de Mejía, esto se lo realizó a través de la metodología costo-beneficio en la que se determinó el valor económico del recurso hídrico e identificación de indicadores nacionales y lineamientos internacionales, con la ayuda de técnicas e insumos geoespaciales, trabajo de campo y análisis socioeconómico, lo cual sirvió para determinar la viabilidad positiva del proyecto, obteniendo como resultado del beneficio hídrico un valor de 38'048.001,17 USD/año el cual evidentemente es mayor respecto a los costos de inversión que generan las haciendas productivas de la zona, siendo el valor de 1'129.800 USD/año. Posterior a estos resultados se planteó el diseño de las bases de una política pública en la cual se muestra la problemática y las posibles soluciones o alternativas que se podrían poner en práctica en el área de estudio. Finalmente, la investigación ha permitido establecer distintas metodologías de análisis, mismas que han sido aplicadas en el proceso.

Palabras claves: páramo, conservación, costo-beneficio, recurso hídrico, lineamientos

Abstract

The paramos, being fragile ecosystems, are immersed in several problems, one of them being the advance of the agricultural and livestock frontier in areas considered significant ecosystems; the loss of protective vegetation exposes the bare soil to the air and increases evaporation on the surface soil, as well as deforestation and transformation of ecosystems, the contamination of wetlands and rivers, are the main threats to the biodiversity of the area, and in turn to natural resources. The objective of this project is to analyze the feasibility of creating a water conservation area between the Cotopaxi and Antisana national parks, through the application of economic and geospatial tools and ecosystem indicators, in order to present an alternative for water conservation and use. and biodiversity to meet the water needs of the population of Mejia, this was done through the cost-benefit methodology in which the economic value of the water resource was determined and the identification of national indicators and international guidelines, with the help of geospatial techniques and inputs, field work and socioeconomic analysis, which served to determine the positive viability of the project, obtaining as a result of the water benefit a value of 38'048.001,17 USD/year which is obviously higher compared to investment costs generated by the productive farms of the area, being the value of 1'129.800 USD/year. After these results, the design of the bases of a public policy was proposed, in which the problem and the possible solutions or alternatives that could be put into practice in the study area are shown. Finally, the research has allowed the establishment of different analysis methodologies, which have been applied in the process.

Keywords: paramo, conservation, cost-benefit, water resource, guidelines

Capítulo I

Generalidades

Antecedentes

Los páramos son ecosistemas neotropicales de alta montaña, que para el Ecuador se ubican entre las cotas de los 3 200 y los 4 700 msnm; la mayoría de estos páramos son húmedos y caen sobre ellos de 500 a 2 000 mm de precipitación anual. Constituyen verdaderas esponjas de agua, debido a la gran capacidad de retención de sus suelos, que supera el 200% de su propio peso seco (Camacho, 2014). La importancia de los páramos radica en que son fundamentales para la regulación de la hidrología regional y constituyen una fuente de agua potable para el consumo humano; desempeñan un importante rol en la producción agrícola, pecuaria y forestal. Los páramos tienen un importante valor científico y ecológico por su flora, avifauna endémica y su paisaje único (Morocho & Chuncho, 2019).

Los páramos al ser ecosistemas frágiles se encuentran inmersos en varias problemáticas, siendo una de ellas el avance de la frontera agrícola y ganadera a zonas consideradas como ecosistemas importantes de páramo; la desaparición de la vegetación protectora expone el suelo llano al aire y acrecienta la evaporación del suelo superficial (López, 2012). Los páramos se encuentran utilizados de una forma incorrecta, especialmente por la presencia de la ganadería bovina, ya que, el pastoreo provoca mayor riesgo de escorrentía superficial y erosión debido a la reducción de la porosidad del suelo a causa de la compactación, así como por la agricultura, debido a que por la actividad los suelos van perdiendo sus características propias, por tal razón, al juntar la ganadería y la agricultura se genera un gran problema en las zonas de páramo (Camacho, 2014).

A pesar de su importancia, existen situaciones que son inevitables que afecten a estos ecosistemas, siendo el cambio climático uno de los fenómenos que provocan mayor preocupación a nivel global y entre sus efectos negativos se encuentra la disminución de los flujos de agua, los cambios de uso del suelo y la reducción de la biodiversidad (López, 2012). Tomando en cuenta estos efectos, se considera que los ecosistemas de montaña en distintas

partes del mundo son considerados vulnerables o frágiles debido a su alteración a causa de los cambios repentinos del clima (Beniston, 2003).

Otro de los ecosistemas sensibles al cambio climático y contaminación es el bosque siempre verde montano alto, que se extiende a partir de los 3 000 msnm hasta los 3 400 msnm y sirve como transición entre el bosque nuboso y páramo andino (Lozano, 2015).

Proporciona diversos bienes y servicios ambientales que brindan múltiples beneficios a las comunidades circundantes, como el paisaje, el suministro de agua, la protección del suelo, el almacenamiento de dióxido de carbono, la generación de oxígeno, la conservación de la biodiversidad, los recursos genéticos, los aspectos etnoculturales, y entre otros, productos maderables y no maderables (Vistín-Guamantaqui & Espinoza-Castillo, 2021). Así como se cuenta con varios beneficios existe también procesos negativos, sean naturales o antrópicos, que pueden afectar el equilibrio de estos ecosistemas, tal es el caso de los procesos de aislamiento y fragmentación.

El aislamiento y fragmentación de estos bosques siempre verde montano alto en la región sierra del Ecuador comprende una problemática para los ecosistemas, provocada por varios factores como deslaves, derrumbes, la acción del hombre entre los cuales se identifica incendios y la transformación a suelos agrícolas (Duque, 2008). Estas actividades han provocado la contaminación de los cuerpos de agua y reducción del caudal de los ríos que atraviesan por distintos ecosistemas, además se ha incrementado el riesgo de extinción en las especies que habitan en estas áreas.

Al conocer los efectos de estas actividades se toma en consideración que los ecosistemas, paisajes y diversidad de especies de flora y fauna son objetivos de conservación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) que en la actualidad se ha convertido en una herramienta fundamental para coordinar el cuidado del ambiente, cuenta con diferentes categorías de manejo, presentando un enfoque que abarca un área distinta según su categoría (Matinez, 2016).

El Parque Nacional Galápagos establecido en 1936 es la primera área protegida decretada en Ecuador, además que, es importante mencionar que en la parte continental del

Ecuador la primera reserva natural creada en agosto de 1975 fue el Parque Nacional Cotopaxi, el cual posee cerca de 32 255 ha (Zambrano, 2015). Actualmente, Ecuador está comprometido con la protección, manejo y mantenimiento de 59 áreas protegidas que cubren el 20% del territorio continental e insular del país que conforman el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), organizadas en 8 categorías. La agencia responsable del manejo del SNAP es el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) a través de la Dirección Nacional de Biodiversidad (WCS, 2020).

Los parques nacionales son la principal categoría manejada por el SNAP, hace referencia a las áreas de conservación de tamaño grande (más de 10 000 ha), y que por objetivos de conservación tiene a paisajes, ecosistemas completos y especies (MAATE, 2015). La categoría de reserva marina es un espacio que tiene como objetivo conservar los ecosistemas marinos y las especies que lo conforman, además de limitar la explotación de los recursos marinos (Roberts & Hawkins, 2000). En cuanto a las reservas de producción faunística el principal objetivo es proteger los ecosistemas y las especies vulnerables, en particular de la fauna presente en la zona (Villacis, 2013). Las reservas ecológicas tienen el objetivo de conservar la materia genética, la diversidad ecológica, los paisajes y la regulación ambiental, además pueden ser considerados como puntos de atracción turística (Almonte, y otros, 2020). Las reservas biológicas, son definidas como áreas que, debido a sus ecosistemas, rasgos, flora y fauna de alto valor científico, es inexplorable, esta reserva tiene como objetivo proteger, conservar y mantener procesos naturales en estado intacto, para estudios e investigación científica con el manejo y control del ente regulador (Mora & López, 2011). Los refugios de vida silvestre son áreas de conservación de especies amenazadas y sus ecosistemas relacionados; mientras que las reservas geobotánicas son áreas que tienen como objetivo conservar la flora silvestre y los recursos geológicos, incluyendo paisajes y formaciones geológicas importantes que se han formado por procesos naturales. Para finalizar, las áreas naturales de recreación tienen como objetivo conservar el paisaje natural; sin embargo, las actividades principales se relacionan con el turismo, la restauración de ecosistemas, la investigación y el monitoreo ambiental (Montaño, 2022).

Por otro lado, las áreas de protección hídrica que son tomadas en cuenta en la categoría de conservación con orientación ecosistémica son importantes ya que apuntan a asegurar los diferentes usos y desarrollos del agua, incluido el consumo humano y el riego, haciendo posible el respeto de la soberanía alimentaria y las actividades productivas. de la zona de influencia (MAATE, 2021).

El área de protección hídrica Ponce-Paluguillo es la primera creada en el Ecuador con los fines del aprovechamiento responsable del potencial hídrico; fue creada en el año 2018 y se localiza en la vía Pifo-Papallacta, en la provincia andina de Pichincha, y se convirtió en la primera de Sudamérica. Está fuente de agua abastece de líquido vital a aproximadamente tres millones de habitantes del Distrito Metropolitano de Quito y sus alrededores (MAATE, 2018). El área de conservación mencionada se encuentra situada junto al Parque Nacional Antisana y Parque Nacional Cayambe Coca, mismo que pasó a formar parte del patrimonio del Fideicomiso del Fondo Ambiental para la Protección de Cuencas y Agua - FONAG, en octubre de 2016, implicando con esto que el manejo y administración de este predio es potestad del FONAG. Siendo un fondo patrimonial creado con la finalidad de cuidar, proteger y conservar las cuencas hidrológicas que proveen de agua al área metropolitana de Quito, como una de sus principales actividades u objetivos tiene asegurar la protección de los ecosistemas naturales de altura que presentan un valor por el recurso hídrico que albergan (Coronel & Almeida, 2022).

Además, se debe tomar en cuenta que estas áreas de conservación podrían considerarse como corredores ambientales, pues, las investigaciones científicas realizadas sobre los corredores se remontan desde principios del siglo XX para la conexión de áreas protegidas; sin embargo, la propuesta de su uso como una estrategia para enfrentar los procesos de fragmentación se desarrolló a partir de los años 60 cuando se sugirió establecer corredores entre reservas, con la finalidad de incrementar el tamaño de las poblaciones de los animales que se encuentran de forma aislada, y por tanto sus posibilidades de supervivencia y reproducción (Chávez, 2016).

El Corredor de Conectividad Sangay-Podocarpus es el primer corredor que protege la biodiversidad en el Ecuador, abarcando alrededor de 500 000 hectáreas; en él se han identificado 580 especies de aves, 101 especies de mamíferos, 162 de anfibios, 45 de reptiles y 31 de peces (Sorgato, 2018).

El Corredor Ecológico Llanganates - Sangay establecido en el 2002, se encuentra ubicado en las provincias de Tungurahua, Pastaza y Morona Santiago, dentro de los municipios de Baños, Mera y Palora; la iniciativa para su formación se originó como un proyecto estratégico para el fortalecimiento de conectividad entre el Parque Nacional Llanganates y el Parque Nacional Sangay (Ríos-Alvear & Reyes-Puig, 2015).

Planteamiento del Problema

Los páramos andinos brindan recursos hídricos a los ecosistemas y poblaciones de las zonas bajas en el Ecuador. Entre la variedad de servicios ecosistémicos que proporciona el páramo, está su capacidad de producción sostenida, almacenamiento y regulación del agua. Como resultado, hay un gran excedente y fuente confiable de calidad de agua, que sustenta tanto a las regiones costeras como a la cuenca del Amazonas; sin embargo, las actividades antrópicas han puesto en peligro la presencia y los beneficios que brindan los páramos andinos (Morocho & Chunchu, 2019).

La deforestación y transformación de ecosistemas a causa de la expansión de las ciudades y la frontera agrícola, la contaminación de humedales y ríos, son las principales amenazas a la biodiversidad de la zona, y a su vez a los recursos naturales que se posee dentro de cada ecosistema, tanto terrestre como acuático. A los factores mencionados se debe añadir el cambio climático, cuyo efecto particular se nota en la fragmentación de hábitats, pérdidas de especies y migración de especies endémicas. Al mismo tiempo, la biodiversidad se considera un recurso fundamental para la implementación del enfoque ecosistémico y de incentivos para el uso sostenible del patrimonio natural (Polling, 2019).

En cuanto a los ecosistemas de páramo, en el periodo 1990-2016, se perdieron aproximadamente 51 000 ha, tomando en cuenta que en el Ecuador los páramos ocupan una

extensión aproximada de 1' 521 159,66 ha, lo que corresponde a un 5% de la extensión territorial del país (Jimenez, 2018). A partir de la base de datos cartográficos del mapa interactivo del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, se estima que en el periodo del 2016-2018 existe una deforestación aproximada de 788,94 ha entre el cantón Mejía y el cantón Archidona. Con las mismas bases se estima que la deforestación en el Parque Nacional Antisana para el periodo 2016-2018 es de aproximadamente 225,99 ha, tomando en cuenta que son áreas de conservación en las que es ilegal la destrucción de ecosistemas.

Con la presente tesis se pretende identificar los lineamientos que podrán ser puestos en práctica en un futuro para la declaración de área de protección hídrica entre el Parque Nacional Cotopaxi y Parque Nacional Antisana. Con esto se estaría asegurando la conservación de especies indicadoras y endémicas que se encuentran en la zona de intervención que en varias ocasiones se encuentran expuestas a amenaza debido principalmente a las actividades de producción económica de las comunidades localizadas cerca de la zona de estudio, además de garantizar el almacenamiento, protección y regulación de una fuente hídrica que podría ser aprovechada para el abastecimiento de agua para los cantones Quito, Rumiñahui y principalmente Mejía.

Justificación e importancia

Para el proyecto de tesis es necesario la comprensión de conceptos que ayudan a entender la importancia de un corredor ecológico y un área de conservación hídrica, iniciando con la definición de mancomunidad, puesto que este proyecto involucra a los cantones Mejía y Archidona. La Constitución al referirse a la organización territorial del Estado, en su artículo 243, identifica la posibilidad de que dos o más regiones, provincias, estados o parroquias vecinas puedan agruparse y formar un consorcio para mejorar la gestión de sus competencias y facilitar el proceso de integración. Por tanto, una mancomunidad es el agrupamiento de dos o más GAD para la gestión de sus competencias o el favorecimiento de sus procesos de integración (CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008).

Por otra parte, los corredores ecológicos ofrecen la posibilidad de grandes beneficios a partir de intervenciones de pequeña escala, reduciendo la fragmentación de áreas naturales aisladas por el desarrollo de áreas urbanas y actividades productivas. Los pequeños corredores ecológicos pueden mejorar significativamente la salud de los ecosistemas al facilitar la migración, la dispersión y las interrelaciones de las poblaciones de vida silvestre. (Esperanza, 2020). En cuanto al potencial hídrico, la Secretaría del Agua considera como una de sus políticas prioritarias el establecimiento de áreas protegidas hídricas, lo que contribuye a la seguridad hídrica y garantiza los derechos humanos al agua y al saneamiento, la soberanía alimentaria y los derechos naturales, instaurados en la Constitución de la República del Ecuador de 2008 (ENCA, 2016). Mencionando que el Parque Nacional Antisana forma parte de las Áreas de Conservación Hídrica del país administrado por el Fondo para la Conservación del Agua (FONAG), cuyo objetivo se centra en lograr el manejo integral de las microcuencas hidrográficas que abastecen al sistema de agua potable La Mica – Quito Sur, que dota del servicio a cerca de 650.000 habitantes de la zona Sur del DMQ.

En lo que respecta al Parque Nacional Antisana, una investigación realizada por Michelle Parra entre los años 2014 y 2019, indicó la presencia de varios macroinvertebrados considerados como indicador biológico de la calidad del agua y al compararlos con datos históricos, se identificó la presencia de especies sensibles a la contaminación que antes no estaban presentes: Gripopterygidae, Calamoceratidae y Blephariceridae, por lo cual su presencia se traduce en buenas condiciones del agua (Cardona, 2021).

Es necesario tomar en cuenta que el 25% del territorio ecuatoriano se encuentra protegido bajo alguna categoría de conservación, sin embargo, su biodiversidad aún enfrenta numerosas amenazas. Ecuador es el país más densamente poblado de América del Sur, con 69 habitantes por kilómetro cuadrado (hab/km²), y presenta una pérdida acumulada del 13% de la biodiversidad al año 2016, según las Naciones Unidas, (el límite considerado seguro por varios autores es 10%). Por otro lado, la lista roja mundial de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) registra para Ecuador 6 996 especies amenazadas, una de las cifras más altas de América del Sur. Debe resaltarse que el 33,54% (2 347) de

estas especies están en peligro crítico, en peligro o vulnerable, siendo, nuevamente, el índice más alto de la región de las cuales un gran número son albergadas en el área de intervención del proyecto (Polling, 2019).

Finalmente, el enfoque de la tesis tendrá relación con 2 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el ODS 6 denominado Agua limpia y saneamiento en el cual se menciona que “actualmente, la escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial, una cifra que seguramente aumentará debido al aumento de las temperaturas globales como resultado del cambio climático. Para garantizar el acceso a agua limpia y asequible, será necesario invertir en infraestructura e instalaciones sanitarias, tecnologías de tratamiento y eficiencia del agua, y la gestión racional de ecosistemas de agua dulce”. De igual forma el ODS 15 denominado vida de ecosistemas terrestres en el cual se menciona que “los bosques proveen hábitats cruciales a millones de especies y son fuente importante de aire limpio y agua. Además, son fundamentales para combatir el cambio climático” (CEPAL, 2020).

Objetivos

Objetivo General

Analizar la factibilidad de creación de un área de conservación hídrica entre los parques nacionales Cotopaxi y Antisana, mediante la aplicación de herramientas económicas, geoespaciales e indicadores ecosistémicos, con la finalidad de presentar una alternativa de conservación del recurso hídrico y biodiversidad para satisfacer las necesidades de agua de la población de Mejía.

Objetivos específicos

- Revisar y analizar la información secundaria sobre las fuentes de agua, usos de suelo y ecosistemas críticos del cantón Mejía.
- Identificar los lineamientos que debe cumplir el área de protección hídrica, mediante una evaluación de cumplimiento de los indicadores ecosistémicos.
- Determinar los beneficios económicos del cantón Mejía y de un área de protección hídrica, mediante la aplicación de la metodología costo beneficio.

- Elaborar las bases ambientales y de política pública para la creación del área de conservación hídrica entre los parques nacionales Cotopaxi y Antisana.
- Generar la cartografía sobre el área de conservación hídrica mediante el análisis de los elementos que se encuentran presentes en la zona.
- Analizar el cambio existente en el uso y ocupación del suelo del cantón Mejía y los ecosistemas frágiles que lo conforman.
- Generar la cartografía del uso potencial del suelo del cantón Mejía.
- Validar la información del catastro rural del cantón Mejía, mediante un análisis de campo y la información obtenida.

Metas del proyecto

1. Análisis multitemporal de las fuentes de agua, usos de suelo y ecosistemas críticos del cantón Mejía, desde el año 2018 hasta el 2022 mediante el uso de imágenes satelitales del área de estudio, con su respectiva corrección.
2. Evaluación de los indicadores de cumplimiento para ser considerada un área de protección hídrica.
3. Informe de los beneficios económicos del cantón Mejía y de la zona de estudio.
4. Informe sobre las bases ambientales y de política pública de la zona de estudio.
5. Un mapa a escala 1: 50 000 sobre la propuesta del área de conservación hídrica.
6. Un mapa a escala 1: 50 000 acerca del uso y ocupación del suelo.
7. Un mapa a escala 1: 50 000 acerca del uso potencial del suelo.
8. Un mapa a escala 1: 5 000 sobre el catastro rural del cantón Mejía.

Capítulo II

Marco Teórico

Base teórica

El papel que cumplen las montañas y las tierras altas dentro del ecosistema global son importantes ya que ocupan aproximadamente el 25% de las superficies continentales; alrededor del 40% de la población del mundo reside en las cuencas de los ríos que nacen en las diferentes cadenas de montañas (Carrasco, Casassa, Pizarro, & Saravia, 2011). Además, que representan áreas únicas para la detección del cambio climático y evaluación de impactos relacionados con el clima (Beniston, 2003).

La crisis producida por el cambio climático como consecuencia de la rápida industrialización y el crecimiento demográfico que ha presentado el siglo XX, conjuntamente con la quema de combustibles fósiles, actividades agrícolas y de transporte (Cárdenas, 2019), ha provocado cambios sin precedentes en el entorno natural, como el deterioro ambiental de las montañas y la reducción de reservas de agua dulce, impulsado por la deforestación, sobrepastoreo por parte del ganado y el cultivo de suelos marginales (Beniston, 2003), así como también, los ecosistemas de montaña son susceptibles a la erosión del suelo, deslizamientos de tierra y la rápida pérdida de hábitat y diversidad genética (Díaz, Castillo, & Ojeda, 2018).

Como consecuencia de estos efectos negativos nace la noción de preservar determinados espacios, para conservar recursos naturales parte de un recorrido particular, que va desde la contemplación de la naturaleza intacta (asociada a un santuario natural) hasta espacios de instalación y desarrollo de actividades productivas sustentables (Santos, 2011). Concretamente el llamado movimiento pro parques se desarrolló en los países industrializados en la segunda mitad del siglo XIX como una demanda en relación al avance de la urbanización, la industrialización y la agricultura en pos del crecimiento económico. En el año 1872 Estados Unidos declara la primera área protegida, el Parque Nacional de Yellowstone creado para la conservación, el estudio y el disfrute de los procesos de los

ecosistemas de tierras silvestres a gran escala. A partir de la fundación de Yellowstone muchos países diferentes empezaron a crear reservas naturales (Ceruti, 2016).

Existen áreas protegidas que tienen como finalidad la conexión de ecosistemas que tienen gran importancia por sus recursos naturales, fauna y flora, dentro de ellas se encuentran los corredores ecológicos los cuales son áreas determinadas y estratégicas que tienen como objetivo proteger la biodiversidad y aumentar el nivel de conservación de varias especies (Vicente & Lozano, 2008) que se encuentran en peligro de extinción o especies endémicas del sitio por ejemplo, el oso de anteojos, el tapir de altura, el cóndor andino y aquellas que tienen amplios rangos de distribución como el jaguar y el puma, estas especies se ven favorecidas al contar con una mayor área para su desplazamiento, actividades y funciones esenciales como son: alimentación, reproducción y procesos ecológicos; obteniendo con eso el aumento de la eficiencia en el movimiento de estas especies de un lugar a otro, especialmente cuando su hábitat se ve afectado o interrumpido por actividades del ser humano (Morera, Pinto, & Romero, 2007). Además, los corredores ecológicos ayudan a controlar las inundaciones, la sedimentación y proporcionan de agua limpia a las comunidades que habitan en el sitio, de igual forma brindan apoyo para la producción agroforestal, ejerciendo el papel de rompevientos para las cosechas y el ganado. También promueven actividades recreativas y ecoturísticas (Vicente & Valencia, 2008).

En lo que respecta a los corredores ecológicos es necesario conocer cuáles son los beneficios que brindan estas áreas, mismos que serán detallados a continuación:

- Permiten el traslado de la fauna a través de paisajes modificados.
- Facilitan la adición de pequeñas poblaciones que se encuentran en declive, de forma que se apaciguan las tendencias a la pérdida local.
- Consienten la recolonización de hábitats y la rehabilitación de poblaciones tras eventos de extinción local.
- Favorecen el sostenimiento para una mayor riqueza y diversidad de especies nativas en los hábitats fragmentados.

- Aprovechan de hábitat, cuidado y otros recursos importantes a numerosas especies silvestres.
- Aumentan la diversidad paisajística.

Entre las zonas de interconexión que podrían ser conformados como corredores ecológicos, implica ámbitos como: los terrenos dentro de los sistemas fluviales y de dominio público, y aquellos terrenos relacionados funcional y paisajísticamente con los grandes ríos que se consideren estratégicos para la configuración, continuidad y funcionamiento de los sistemas de espacios abiertos, al igual que los relacionados con los sistemas de embalses y otros espacios húmedos, protegidos o no por la legislación, en este caso por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, los paisajes agrícolas y ganaderos (matorrales, setos, pastizales, etc.) (Quiroga & Soria, 2014).

De igual forma se debe conocer que las áreas de conservación hídrica son espacios geográficos que se encuentran dirigidos por distintas entidades que tienen la capacidad de manejar el recurso hídrico de una manera responsable, siendo estas áreas consideradas como una figura de conservación que adopta un enfoque ecosistémico y tiene como objetivo asegurar el agua para su almacenamiento, los diferentes usos y aprovechamientos para el consumo humano, riego y derivados (Cordero & Castro, 2001). Es importante tomar en cuenta que para que un área sea declarada como parte de la categoría de conservación hídrica, las fuentes de agua que se encuentran dentro deben abastecer al consumo humano o garantizar la seguridad y soberanía alimentaria, es decir, favorecen para que todas las personas de la comunidad tengan acceso para satisfacer sus necesidades, siendo estas fuentes de agua de interés público (ENCA, 2016).

El presente estudio aplicará el concepto de conservación con la finalidad de mejorar las condiciones ambientales, económicas y sociales, de igual forma reducir el porcentaje de cambio y uso de suelo en las fronteras con los páramos andinos, y de esta forma incentivar la conservación de las fuentes de agua que provienen de estos ambientes. Los páramos andinos brindan recursos hídricos a los ecosistemas y poblaciones de las zonas bajas a nivel mundial. Entre los servicios ecosistémicos más importantes que proporciona el páramo se

encuentra su capacidad de producción sostenida, almacenamiento y regulación del agua (Mena & Hofstede, 2019), de tal forma su importancia radica en su capacidad de almacenar y regular el agua que reciben de la precipitación y el derretimiento de la nieve y el hielo que se pueden encontrar a mayor altura, esto se debe principalmente al acaparamiento de materia orgánica y a la morfología de ciertas plantas que se encuentran en el páramo (Morocho & Chuncho, 2019).

Es importante mencionar que dentro de estos ecosistemas se cuenta con la presencia de diversas especies indicadoras, endémicas y actualmente en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como son: el cóndor andino, salamandra, colibrí gigante, rana jambato y de recursos especialmente del recurso hídrico el cual su conservación es vital para los seres vivos y sus actividades cotidianas. El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) informó que, hasta mayo de 2022, en el Ecuador se reconocieron 4 147 especies de fauna y 17 748 de flora, como resultado final de 21 895 especies.

Del resultado previo, 845 especies de fauna (20,37%) se hallan en uno de los tres niveles de riesgo: Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN) y Vulnerable (VU). Al encontrarse en estas categorías se considera que tienen un riesgo alto en pérdida (Holgúin, 2022).

Tabla 1

Número de especie por categoría de amenaza

	Número de especie por categoría de Amenaza		
	Peligro Crítico (CR)	En Peligro (EN)	Vulnerable (VU)
Aves	15	63	107
Mamíferos	31	48	89
Anfibios	85	149	129
Reptiles	9	42	7
Peces	1	6	14
Total	141	308	346

En lo que respecta al páramo Andino es uno de los ecosistemas del planeta menos conocidos y más importantes. Van der Hammen (1997) lo define como la zona con vegetación abierta, semiabierta, con arbustos y árboles bajos que se extienden más allá de los límites altitudinales del bosque andino o de la vegetación autóctona que lo reemplazó (Mena & Hofstede, 2019). Considerado de igual forma como un ecosistema neotropical de alta montaña y por las características de precipitación, temperatura, suelo y vegetación los páramos andinos brindan servicios ambientales, siendo fundamental para la gestión de los recursos hídricos, teniendo como función principal la captación, acondicionamiento, mantenimiento y suministro de agua en cantidad y calidad principalmente a los valles interandinos y a toda la población de las ciudades que se encuentran a su alrededor de forma directa o indirecta (Llambí, y otros, 2012). Es importante tomar en cuenta que en el país los páramos tienen una altitud promedio de 3 300 m.s.n.m., y cubre el 7 % del territorio ecuatoriano (Carrillo-Rojas, Silva, Rollenbeck, Célleri, & Bendix, 2019).

Base Conceptual

En la presente investigación se comenzará abordando el concepto de conservación, mismo que tiene como base la protección, preservación y manejo tanto de los recursos naturales como de los ecosistemas y de las especies que lo conforman (Correia, 2007). El concepto mencionado anteriormente será abordado debido a la importancia que tienen varios ecosistemas como es el páramo andino que, debido a su alta capacidad de captación hídrica en el presente estudio se ha tomado como un tema fundamental la conservación del mismo por su importancia para la regulación de la hidrología regional.

Grizzetti et al., en el año 2016 conceptualizó al servicio ecosistémico de regulación hídrica como la proporción de las precipitaciones que pueden ser detenidas e infiltradas en conductos de agua subterráneos, contribuyendo al constante flujo de agua como escorrentía superficial, y constituyen como fuente de agua potable para el consumo humano de los cantones Mejía y Quito, desempeñan un importante rol en la producción agrícola, pecuaria y forestal (Grizzetti, Lanzanova, Lique, Reynaud, & Cardoso, 2016).

A pesar de que pocas veces se conoce sobre los factores que reducen el porcentaje de los páramos, es necesario tomar en cuenta que existen actividades que no se encuentran delimitadas de forma correcta, por tal razón, se procede a cambiar el uso del suelo de los sitios, siendo este concepto definido como una concentración evidente en el territorio de determinadas actividades o formas de ocupación, por parte de las personas o comunidad que se encuentra en cada lugar (Pastrana, 2011), esto se ve generado principalmente por los habitantes nativos de las comunidades aledañas a los páramos, que buscan una forma de obtener ingresos económicos.

Una de las formas de conocer el cambio de uso de suelo u otras actividades que se realizan en un espacio determinado es mediante la ejecución de un análisis multitemporal en un cierto periodo de tiempo, definiéndolo como un estudio de tipo espacial que se obtiene mediante la comparación de las coberturas interpretadas en fotografías aéreas, mapas, imágenes satelitales de una misma zona, pero de diferentes periodos de tiempo (Torres, 2017). Uno de los beneficios de este tipo de estudio es conocer el desgaste o destrucción de ecosistemas importantes como son los páramos debido a su gran capacidad de retención de agua debido a la vegetación que la conforma.

Para poder analizar la importancia de los páramos andinos y los ecosistemas que lo conforman es necesario conocer los diferentes métodos de valoración; como es el de valoración económica, la cual se conceptualiza como un conjunto de técnicas y métodos que permiten medir o analizar los costos monetarios que se producen debido al uso de los recursos naturales que forman parte de cada ecosistema, tiene como uno de sus objetivos la protección del medio ambiente para asegurar el desarrollo sostenible (Múnera & Restrepo, 2004).

En la presente investigación se pondrá en práctica la valoración económica de los bienes y servicios ambientales, siendo definidos por Herrera en el año 2016 como funciones ecosistémicas y materias primas que utiliza el ser humano en sus actividades económicas, que se encuentran disponibles en la zona de interés, entre los Parques Nacionales Cotopaxi y Antisana; de forma particular se va a analizar el recurso hídrico debido a que es de gran

importancia para el consumo humano y la realización de actividades cotidianas, en varios casos estas actividades pueden provocar la pérdida de la calidad de agua (Herrera A. C., 2009).

Del mismo modo se aplicará el análisis costo-beneficio, el cual se trata de un método de evaluación económica de diferentes proyectos, donde tienen como propósito la mejora, crecimiento, desarrollo, protección económica, social y ambiental, cada propósito será de acuerdo al tipo de proyecto que se encuentre realizando. En resumen, el método consiste en comparar los beneficios generados por un proyecto versus sus costos, de este análisis se puede obtener dos resultados los cuales son: determinar si el proyecto es una buena inversión y comparar proyectos alternativos (UNGR, 2021).

La aplicación de este análisis costo-beneficio en el desarrollo de la presente investigación es de gran importancia ya que va a permitir conocer si es viable la posible propuesta del área de conservación hídrica o corredor ecológico, tanto económicamente como ambientalmente, siempre y cuando los beneficios sean mayores a los costos de producción que se están tomando en cuenta en el estudio.

Para poner en práctica los métodos de valoración es necesario abordar todos los elementos y sistemas que conforman el área que se desea evaluar, por ende, es necesario profundizar en ciertos temas como es el catastro, mismo que se define como un sistema dinámico fundamentado por un conjunto de bases de datos coordinadas e integradas, que brindan información sobre el registro y la propiedad del suelo, características físicas, zonificación, datos ambientales, socioeconómicos, estado jurídico y demográficos de los mismos, aportando a la generación de las bases para la correcta planificación local y nacional (Pacheco, 2015).

Para el caso de estudio se pondrá mayor énfasis en el Catastro Rural considerando que este es un inventario físico, legal y económico de toda la propiedad rural en un estado, así mismo es muy importante para el manejo general de la geografía del estado ya que permite la planificación, organización y la toma de decisiones importantes sobre el territorio (SIGTIERRAS, 2004), para la investigación será fundamental el uso del catastro rural para el

análisis de los predios que conforman la zona de interés, de igual forma los linderos de cada predio y la información de los ocupantes del predio, construcciones, cultivos, mejoras agropecuarias y de los servicios con los que cuenta.

Base legal

Los conjuntos de espacios naturales protegidos, también llamados corredores ecológicos, en la actualidad se constituyen como redes de conservación, en la que se prioriza la preservación de determinado bien o servicio ambiental, la conectividad e integridad ecológica (Quiroga & Soria, 2014), así como se reconoce en la actual Constitución de la República del Ecuador en el artículo 395 en donde se busca un modelo sustentable de desarrollo ambiental equilibrado, protegiendo la biodiversidad y la capacidad regenerativa natural de los ecosistemas, y procurando, a través de los artículos 71, 72 y 73, medidas preventivas y restrictivas de actividades que puedan poner en peligro especies, dañar ecosistemas o alterar permanentemente los ciclos naturales (CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008).

Por lo tanto, ecosistemas como los páramos andinos que son frágiles y amenazados, también son esenciales para el control del clima, el ciclo hidrológico y el desarrollo económico, social y cultural de las comunidades. Además, son biológicamente importantes, y presentan la capacidad para almacenar y regular el agua; así como para albergar un sin número de especies en riesgo de extinción; estas formaciones físicas, biológicas y geológicas exigen su protección, conservación, recuperación y promoción, así como se lo menciona en los artículos 404, 405 y 406 de la Constitución de la República del Ecuador 2008, que garantizarán la conservación del agua y el mantenimiento de las funciones ecológicas del mismo (CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008).

En el Ecuador, los ecosistemas de páramos ocupan aproximadamente 1 835 834 hectáreas, contienen un alto contenido de materia orgánica, por lo que, se les confiere una alta capacidad de almacenar agua y nutrientes, permiten captar el agua proveniente de la lluvia y su acumulación en el suelo, de forma tal, que descarga el recurso hídrico hacia

manantiales, riachuelos, ríos y lagunas. El suelo del páramo andino actúa como una esponja, absorbiendo agua y liberándola al subsuelo o a la superficie. (Herrera, Armas, Escudero, & Cabrera, 2017).

Por las razones mencionadas, es primordial acciones de conservación de fuentes hídricas, zonas de captación, regulación, recarga, surgimiento y cauces naturales de agua, en particular, nevados, páramos y humedales; como menciona el artículo 64 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUyA) que promueve la importancia y transversalidad del agua en nuestro país (Asamblea Nacional, 2014).

Este proyecto se basa en un estudio socioeconómico de los bienes y servicios que ofrece el área, entre el Parque Nacional Cotopaxi y el Parque Nacional Antisana, con enfoque ecosistémico que garantice la biodiversidad, la sustentabilidad del agua, almacenamiento y su preservación conforme con lo que establece en la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUyA), específicamente en el artículo 65 (Asamblea Nacional, 2014).

Capítulo III

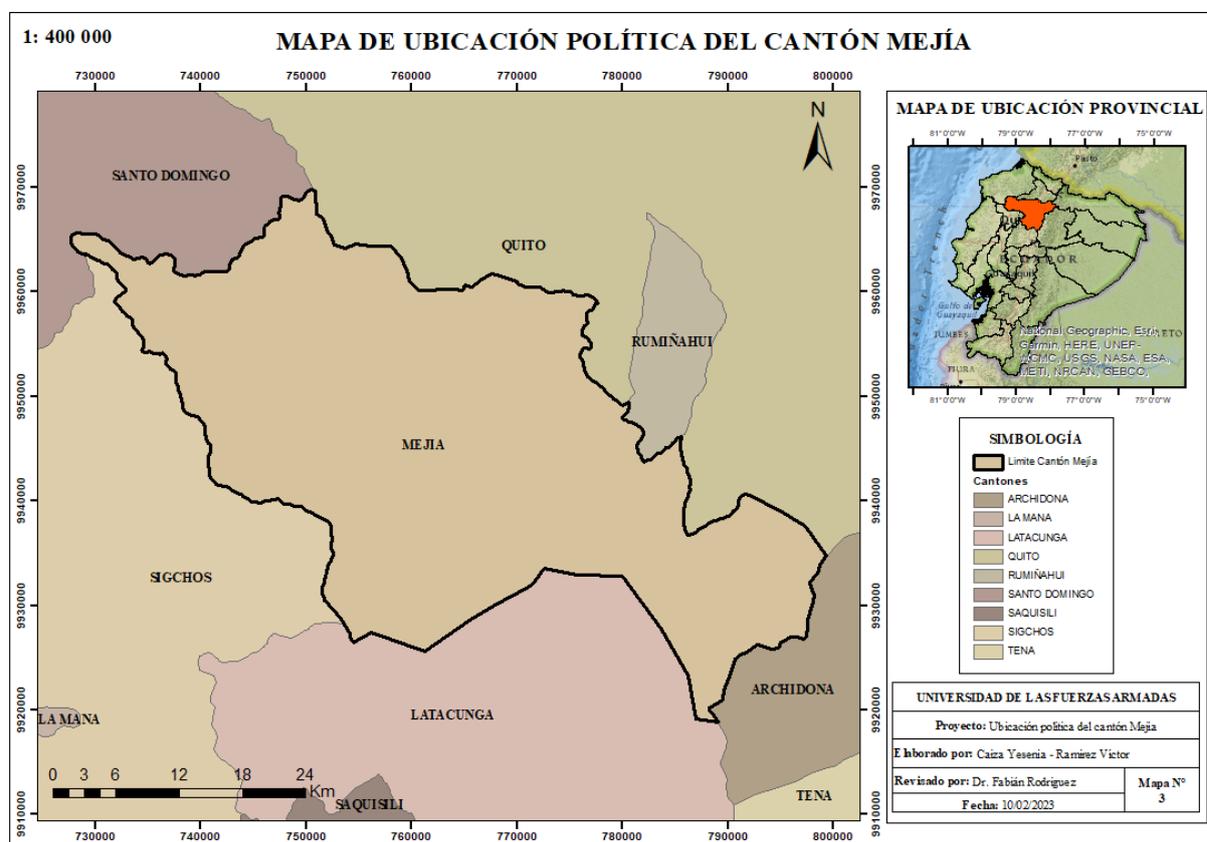
Metodología

Descripción del área de estudio

El cantón Mejía con su cabecera cantonal Machachi, se encuentra localizado al sur oriente de la provincia de Pichincha, limitado al norte con los cantones de Quito y Rumiñahui, al sur, con la provincia de Cotopaxi, al oriente con la provincia de Napo y al occidente con la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Abarca siete parroquias rurales: Alóag, Aloasí, Tandapi, Cutuglagua, Chaupi, Tambillo y Uyumbicho.

Figura 1

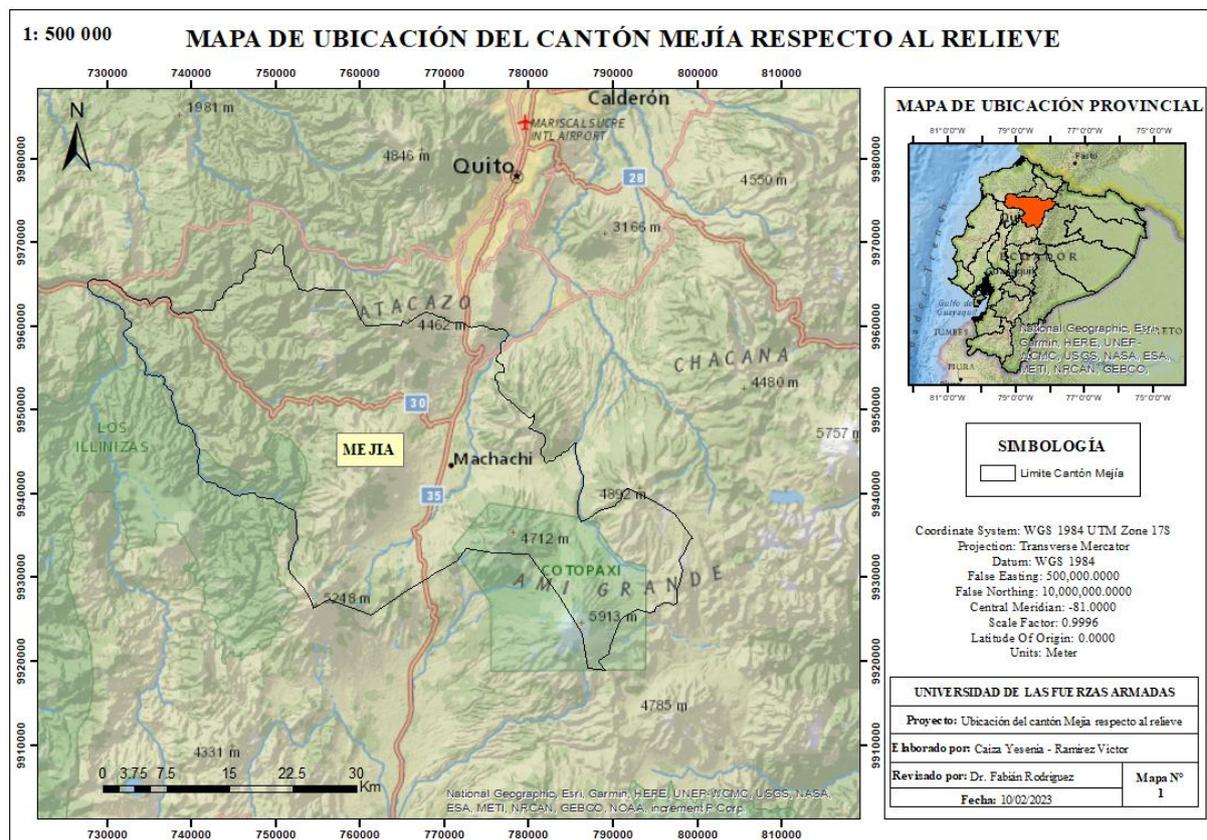
Mapa de ubicación política del cantón Mejía



Mejía, un cantón de la provincia de Pichincha en la serranía ecuatoriana con una superficie de 1 489 km², y con una altitud aproximada de 1 200 a 5 126 m.s.n.m. cuenta con paisajes naturales de montaña a su alrededor como Los Ilinizas, El Pasochoa, el Parque Nacional Antisana y el Parque Nacional Cotopaxi.

Figura 2

Mapa de ubicación del cantón Mejía respecto al relieve



El cantón Mejía tiene una gran riqueza en recursos hídricos, dentro del territorio, se encuentran 56 microcuencas pertenecientes a las subcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco.

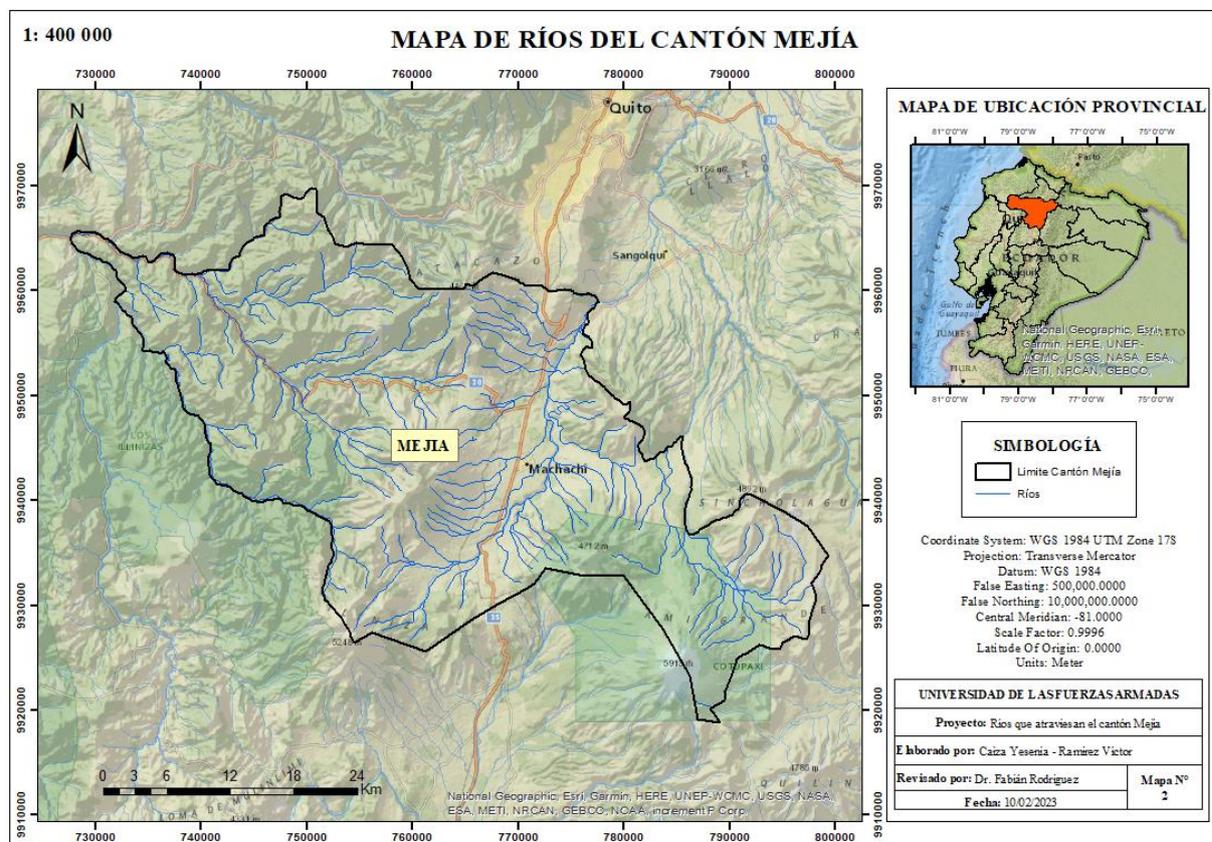
Los ríos de estas microcuencas son alimentados y nacen de las vertientes de los volcanes Rucu Pichincha, Atacazo, Corazón, Ilinizas, Rumiñahui, Sincholagua, Pasochoa, Ilaló, Cotopaxi y Quilotoa. Aproximadamente 384 ríos y quebradas atraviesan el cantón dentro de los cuales los más importantes son Río San Pedro, Toachi, Pilatón, Sarapullo, Chicto, Naranjal, Pita, Quitasol y Tandapi (GAD Mejía, 2020).

El cantón posee un número significativo de quebradas, como ejemplos: Quebrada del Timbo, San Antonio, Santa Ana, San Francisco, entre otras. Un gran número de estas quebradas se encuentran afectadas debido a que la población arroja residuos sólidos dentro de ellas, ya que el cantón no cuenta con un vertedero de escombros (GAD Mejía, 2020).

El análisis espacial nos muestra que el cantón está rodeado de las subcuencas de los ríos Guayllabamba, Blanco, Jatunyacu y Patate.

Figura 3

Mapa de Ríos que atraviesan el cantón Mejía



La zona de estudio está ubicada entre el cantón Mejía (provincia de Pichincha) y cantón Archidona (provincia de Napo); colinda con el Parque Nacional Cotopaxi y el Parque Nacional Antisana, en la sierra central del Ecuador continental, flanco oriental de la cordillera de los Andes, abarca una superficie de 28 923,14 ha. Esta área incluye en su interior páramos andinos y bosques montanos siempre verdes, por la que transitan el Río Valle, Río Antisana, Río del Valle Vicioso, Río La Delicia, Quebrada Portada Pungo y varias quebradas derivadas, que luego se deslizan por las laderas orientales y van a alimentar los ríos Coca y Napo.

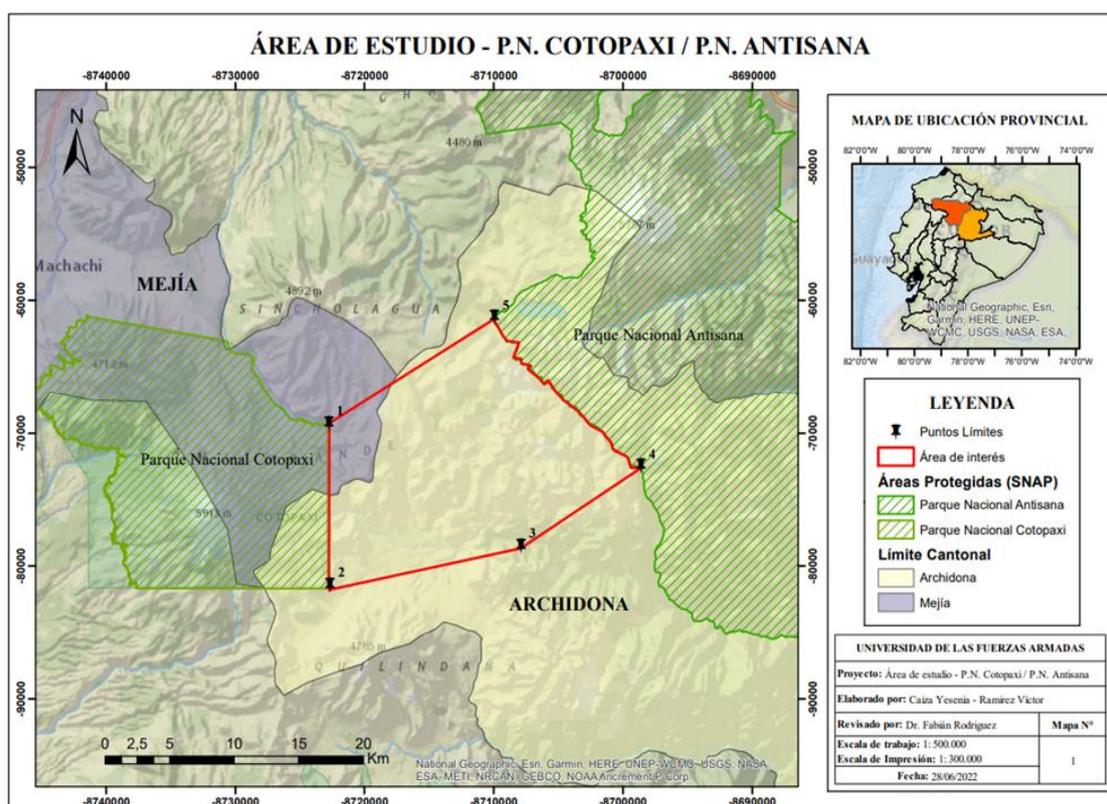
La región de influencia cumple con importantes funciones naturales, culturales y económicas, por lo cual prestan múltiples servicios ecosistémicos relacionados con su capacidad de interceptar, almacenar y regular los flujos hídricos superficiales y subterráneos

de la que proviene una parte del suministro de agua para la ciudad de Quito (Aguirre, Torres, & Velasco-Linares, 2013).

Los cantones Mejía y Archidona dedicados económicamente a la agricultura, ganadería y el comercio, sirven como importantes centros económicos para sus respectivas provincias y garantizan el abastecimiento de alimentos a su población; Mejía cuenta con una población de 84 011 habitantes de las cuales el 80% se concentran en el área rural y el 20% en el área urbana, mientras que Archidona contempla una población de 24 969 habitantes de los cuales el 46,81% pertenece al sector urbano y el 53,19 al sector rural, según el INEC 2010 y el PDOT del cantón Archidona del año 2014-2019.

Figura 4

Mapa del área de estudio del proyecto



El área de intervención se encuentra entre el Parque Nacional Cotopaxi y el Parque Nacional Antisana, está delimitada por los puntos que se encuentran en la tabla 2, mismos que han sido obtenidos mediante un análisis previo tomando en cuenta los ríos y cuerpos de

agua que se encuentran en la zona, así como la cobertura vegetal específicamente perteneciente a los páramos y tierra agropecuaria.

Tabla 2

Coordenadas de la zona de estudio

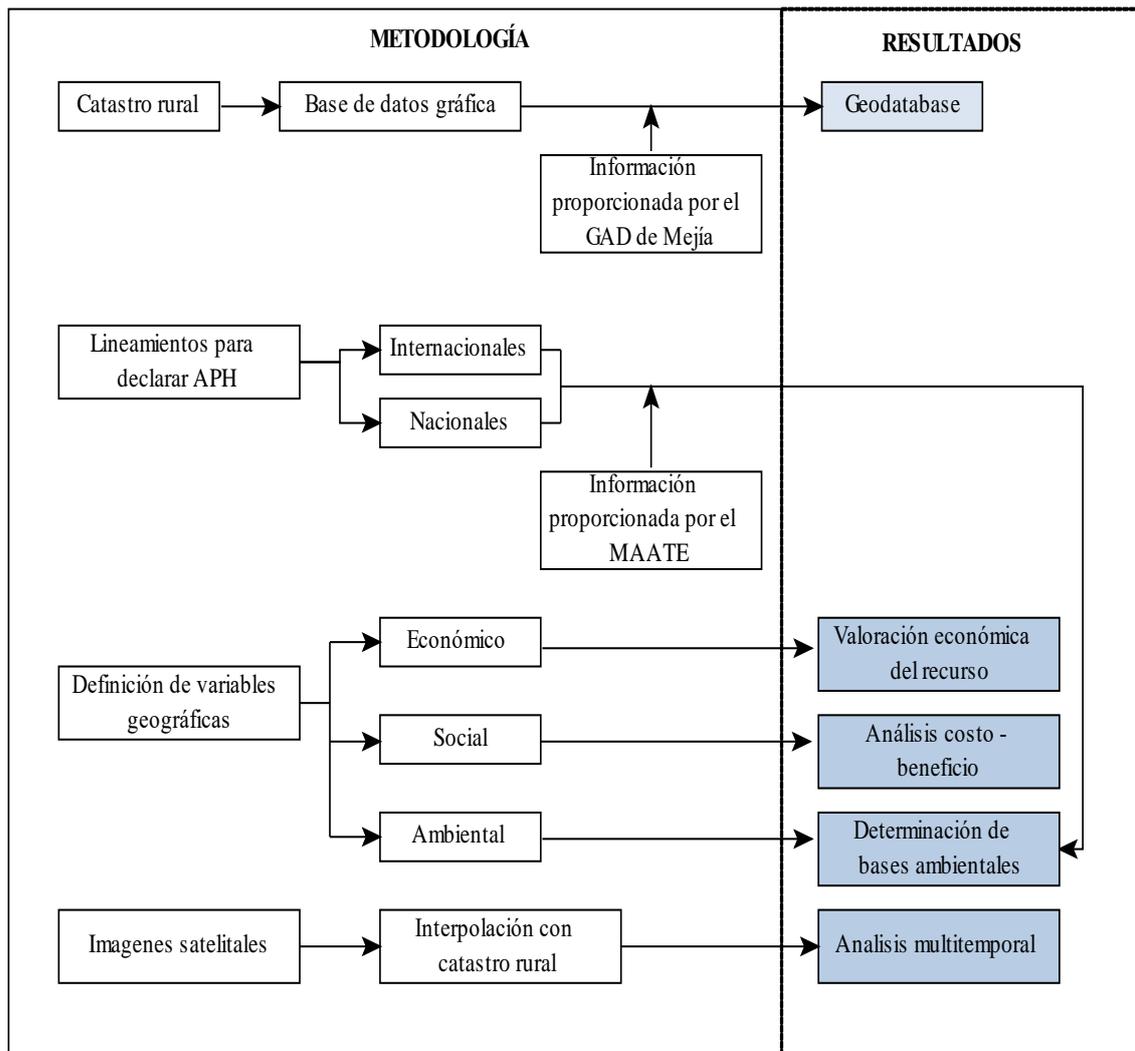
Puntos	Longitud	Latitud
1	-78,35774	-0,62234
2	-78,35689	-0,73166
3	-78,22412	-0,70525
4	-78,14085	-0,65114
5	-78,24261	-0,55049

Metodología de desarrollo de proyecto

En la zona de estudio que se encuentra entre el Parque Nacional Cotopaxi y Antisana se realizó una estimación del valor económico del recurso hídrico e identificación de indicadores nacionales y lineamientos internacionales, con la ayuda de técnicas e insumos geoespaciales, trabajo de campo y análisis socioeconómico, lo cual servirá para determinar la viabilidad de una propuesta para la creación de un área de conservación hídrica. La investigación se realizó en distintas fases, como se ilustra en la figura 5:

Figura 5

Metodología general del proyecto



Diagnóstico de la situación actual del cantón Mejía

Como primer paso se procede a la adquisición de las imágenes satelitales, esto se lo realizará mediante la descarga en la plataforma Google Earth Engine, tomando en cuenta que la plataforma tiene almacenado todas las imágenes de varios sensores (Landsat, Sentinel, MODIS, entre otros), se pueden consultar por diferentes criterios (calidad, ubicación, fecha) sin descargar ni solicitar acceso a las imágenes (Gorelick, y otros, 2017).

La plataforma Google Earth Engine permite acceder a varias opciones para la descarga de las imágenes, en este caso se va a acceder al código abierto para una imagen Landsat 7 tomando en cuenta que las mismas nos permiten realizar un análisis en varios campos como son: agricultura, cartografía, geología, entre otras. Una vez seleccionada la

imagen la plataforma nos brinda un código (figura 6) en el cual se pueden realizar modificaciones al momento de buscar las imágenes, estas modificaciones se refieren a la fecha de la imagen a obtener y a la zona de estudio. La plataforma Google Earth Engine (GEE) tiene la opción de trabajar en varios paquetes entre ellos se encuentra el paquete Terrain Analysis el cual utiliza métodos de cálculo adaptados a mallas angulares esféricas, es decir, el DEM se puede referenciar en un sistema de coordenadas geográficas, por ejemplo, el Sistema Geodésico Mundial (WGS84) (Safanelli, y otros, 2020). A continuación, se muestra los modelos matemáticos utilizados para cada parámetro:

Para el caso del cálculo de la superficie topográfica se aplica la función bivariado continua de un solo valor:

$$z = f(x, y) \quad (1)$$

Donde:

z = elevación (metros)

y, x = coordenadas en coordenadas geográficas (grados).

Las variables morfométricas locales son funciones de las derivadas parciales de la elevación. Utilizando el método de Evans-Young, la ecuación # ... se expresa como el polinomio de Taylor bivariado de segundo orden:

$$z = \frac{rx^2}{2} + \frac{ty^2}{2} + sxy + px + qy + u \quad (2)$$

Donde:

r, t, s, p, q = derivadas parciales

u = término residual

Para geometrías, la fórmula Haversine se usa para determinar las distancias de círculo máximo entre dos nodos vecinos dentro de la ventana esférica, dadas sus posiciones geográficas de latitud y longitud:

$$j = \sin^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) + \cos\phi_1 * \cos\phi_2 * \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right) \quad (3)$$

$$j = 2 * \text{atan2}(\sqrt{j}, \sqrt{(1-j)}) \quad (4)$$

$$l = R.k \quad (5)$$

Donde:

ϕ_1 = latitud del primer nodo dado en radianes

ϕ_2 = latitud del segundo nodo dado en radianes

λ_1 = longitud del primer nodo dado en radianes

λ_2 = longitud del segundo nodo dado en radianes

$\Delta\phi$ y $\Delta\lambda$ = diferencias de latitud y longitud entre los nodos dados

R = radio medio de la Tierra igual a 6 371 000 metros

l = distancia lineal en metros.

Figura 6

Código Google Earth Engine – Landsat 7

```
var dataset = ee.ImageCollection('LANDSAT/LE07/C02/T2')
    .filterDate('1999-01-01', '2002-12-31');
var trueColor321 = dataset.select(['B3', 'B2', 'B1']);
var trueColor321Vis = {};
Map.setCenter(6.746, 46.529, 6);
Map.addLayer(trueColor321, trueColor321Vis, 'True Color (321)');
```

Nota. Recuperado de la plataforma (Google Earth Engine (GEE), 2023)

SasPlanet es un programa gratuito o de libre acceso que ha sido diseñado con la finalidad de permitir la visualización y descarga de imágenes satelitales de alta resolución, únicamente se debe tomar en cuenta el formato, la zona de interés y el sistema de referencia para que puedan ser utilizadas en diferentes softwares en este caso ArcGIS.

Sentinel Hub es una plataforma SIG basada en la nube para la distribución, gestión y análisis de datos de satélite, proporciona acceso continuo e inmediato a estos datos con los pasos de procesamiento más comunes aplicados, para lo cual se debe registrar y se podrá contar con la información, sin embargo, se debe tomar en cuenta ciertos parámetros de búsqueda, entre ellos se encuentra: tipo de satélite, fecha, porcentaje de nubosidad y la zona de estudio, una vez seleccionada la imagen se procede a descargar, misma que será obtenida

en formato TIFF, siendo este formato compatible con el software ArcGIS y se obtendrá en el sistema WGS 84.

En la tesis de grado se tendrá presente las coordenadas de la zona de intervención para posteriormente descargar la imagen satelital de forma directa de la plataforma con corrección atmosférica, se utiliza este método a diferencia del resto de correcciones ya que son insuficientes para zonas montañosas, su finalidad es eliminar las distorsiones introducidas por la atmósfera en los valores de radiancia que llegan al sensor desde la superficie terrestre, y se ve reflejado en la imagen, como producto de la interacción del sensor con la atmósfera, misma que se basa en modelos físicos de transferencia radiativa a partir de información obtenida de la propia imagen y métodos de ajuste empírico.

Mediante la inversa de una ecuación lineal se pueden convertir los niveles digitales (ND) almacenados por el sensor en valores de radiancia, la ecuación se presenta a continuación:

$$L_{sen,k} = a0_k + a1_k ND_k \quad (6)$$

Donde:

k = se describe las bandas del sensor.

$L_{sen,k}$ = radiación que recibió el sensor

Nota: A través de tablas aparecen los valores de $a0_k$ y $a1_k$, para cada una de las bandas y dependiendo del sensor.

La radiación que recibe el sensor no es exactamente la del suelo. Ésta se ve reducida por la absorción atmosférica por un lado y aumentada por la radiación (dispersión) introducida por la propia atmósfera. La relación se expresa a través de la siguiente ecuación:

$$L_{sen,k} = L_{sue,k} T_{k,a} + L_{a,k} \quad (7)$$

Donde:

$L_{sen,k}$ = radiación que llega al sensor

$L_{sue,k} T_{k,a}$ = radiación originaria del suelo por la transmisividad de la atmósfera en camino ascendente.

$L_{a,k}$ = radiancia contribuida por la dispersión atmosférica.

Nota: para la estimación de $L_{a,k}$ se utiliza el mínimo del histograma o regresión.

Una vez obtenida la imagen satelital corregida se procede a cargar en el software ArcGIS conjuntamente con el catastro rural, esto con la finalidad de analizar los elementos como: haciendas, construcciones, cultivos, vías, ríos o cuerpos de agua presente en la zona de estudio.

Cuando la información se encuentra enlazada se procede a cargar la información del uso de suelo del cantón Mejía, mismo que será utilizado para el análisis de la correcta delimitación de la frontera agrícola y ganadera.

Identificación de lineamientos

Para la identificación de los lineamientos se procede a realizar una matriz de cumplimiento en las cuales se colocará el aspecto a identificar y el nivel de cumplimiento, estos aspectos son tomados como base la información registrada en el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, siendo este el eje rector para la determinación de áreas de protección en el Ecuador, de igual forma, se toma como referencia a los trabajos de titulación de la carrera de la Universidad Técnica del Norte, en la que se desarrollan lineamientos técnicos in situ para el establecimiento de áreas de protección en las fuentes de agua de diversas microcuencas en el Ecuador, de igual manera se toma en cuenta lineamientos internacionales siendo estos los considerados dentro del cálculo de una huella ecológica. La matriz de indicadores nacionales a identificar se muestra a continuación:

Tabla 3

Matriz de cumplimiento de los Indicadores Nacionales

Indicadores Nacionales	Localización geográfica, límites y superficie del área de conservación propuesto.
	Aspectos Físicos Caracterización del recurso suelo.

	Caracterización del recurso agua.
	Caracterización del recurso aire.
Aspectos Biológicos	Descripción del estado de los ecosistemas.
	Descripción del estado de la cobertura vegetal y uso del suelo.
	Descripción del estado de la flora y fauna.
	Identificación de valores de conservación.
	Identificación de servicios ambientales.
Aspectos Socioeconómicos	Descripción de la situación de la población local (aspectos demográficos).
	Enfoque de género e interculturalidad.
	Enfoque económico y acceso a servicios básicos.
	Sistemas productivos.
Anexos:	Mapas, fotografías, encuestas, convenios y actas de compromiso.

La metodología utilizada para la caracterización del suelo, agua y aire fue tomada de (Montesdeoca, 2022) y (Chamorro, 2016), donde se realizó en base a cartografía temática y al recurso hídrico que se encuentran en el área de estudio. Inicialmente la zona de estudio fue delimitada y se identificaron parámetros morfológicos con la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG), para finalmente validar la información a través de salidas de campo y toma de muestras de agua, suelo y aire; se tomó en cuenta esta metodología por

los similares valores de precipitación, temperatura y humedad que se manejan respecto al área propuesta en este proyecto entre el Parque Nacional Cotopaxi y Antisana.

Se considera que la huella ecológica es un indicador que mide una superficie empleada necesaria para producir los recursos consumidos por los miembros de una comunidad, teniendo como objetivo evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo de vida, para este cálculo se aplica el siguiente modelo matemático (Álvarez, 2007):

$$Huella \left(\frac{ha}{año} \right) = \frac{Emisiones \left(\frac{tonCO_2}{año} \right)}{C.Fijación \left(\frac{tonCO_2}{ha} \right)} + Superficie \left(\frac{ha}{año} \right) \quad (8)$$

La matriz de indicadores internacionales o denominado huella ecológica a identificar se muestra a continuación:

Tabla 4

Matriz de cumplimiento de los Indicadores Internacionales

		Crecimiento de la población
Indicadores Internacionales	Huella Ecológica	Pérdida de suelo fértil
		Deforestación Causada
		Agotamiento de recursos
		Aumento de consumo

Valoración económica del recurso hídrico

Para obtener el valor monetario del recurso hídrico se parte por la obtención de datos de precipitación de estaciones que se encuentran dentro de la zona de estudio, o ya sea alrededor de ella, para lo cual se ha utilizado los datos mensuales durante 4 años; 2018, 2019, 2020 y 2021 de 3 estaciones que se encuentran en los anuarios hidrometeorológicos publicados por el FONAG y la EPMAPS, adicional, los datos del año 2022 se obtuvieron de geo información hidrometeorológica (ráster) otorgada por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. El nombre de las estaciones con su respectivo código se encuentra en la tabla 5.

Tabla 5

Estaciones de monitoreo

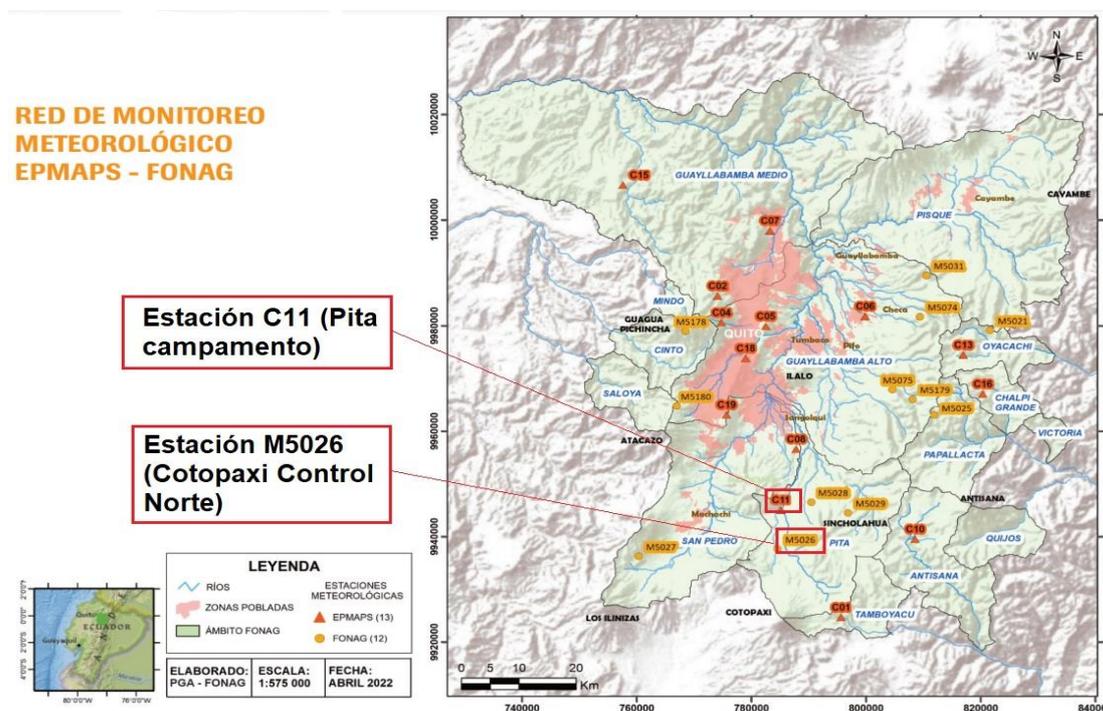
NOMBRE	CÓDIGO	FUENTE
Cotopaxi Control Norte	M5026	FONAG
Parque Nacional Cotopaxi – C. Potrerillos	M5076	FONAG
Pita campamento	C11	FONAG
MAATE	-	MAATE

Nota. Las estaciones han sido obtenidas del anuario del FONAG del periodo 2018 – 2021 (EMAPS & FONAG, 2022).

Las estaciones que se tomaron en cuenta facilitan datos de precipitación mensual, en las figuras 7 y 8 se presenta la ubicación de las estaciones de monitoreo alrededor del área de estudio.

Figura 7

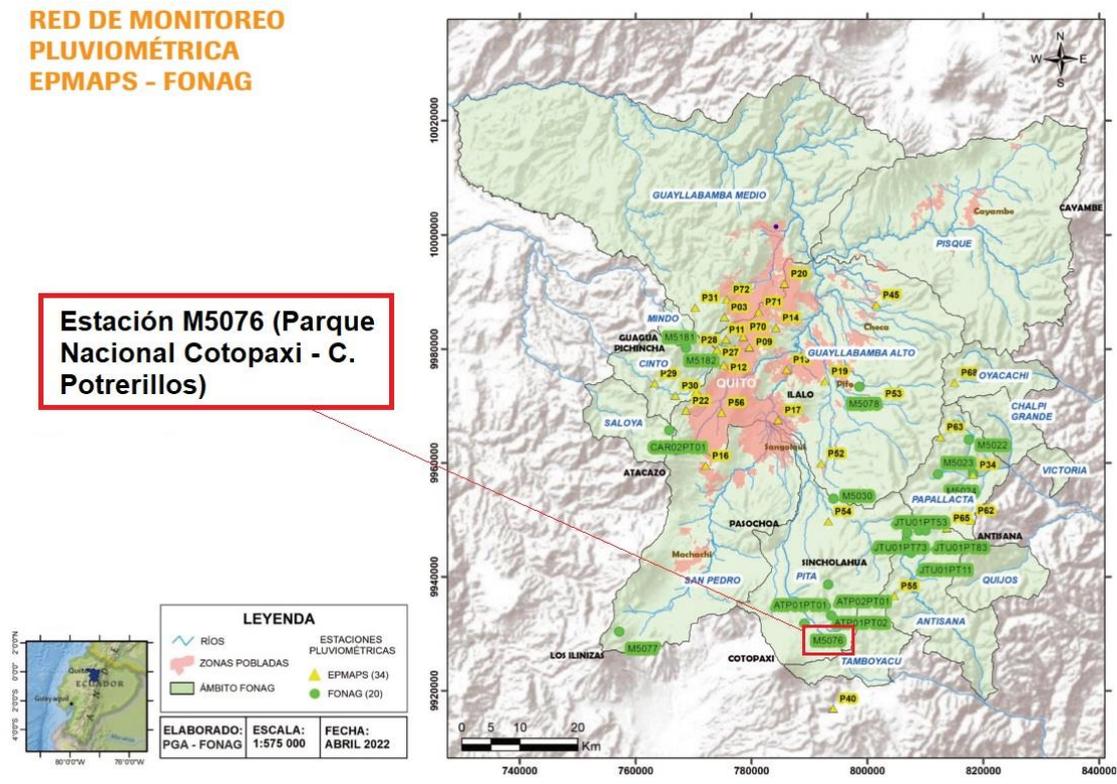
Red de monitoreo meteorológico EPMAPS - FONAG



Nota. Recuperado del anuario del FONAG del año 2021 y ha sido modificado por los autores del proyecto. (EMAPS & FONAG, 2022)

Figura 8

Red de Monitoreo Pluviométrica EPMAPS - FONAG



Nota. Recuperado del anuario del FONAG del año 2021 y ha sido modificado por los autores del proyecto. (EMAPS & FONAG, 2022)

Determinación de la infiltración

Para la valoración del servicio hídrico, la variable más importante es la infiltración puesto que, representa el volumen de agua que ingresa dentro del suelo, por tal razón es importante calcular el volumen en metros cúbicos por año (m³/año). La ecuación que se utilizó para el cálculo fue proporcionada por la Universidad de Chapingo (Armijos, 2006).

$$\text{Infiltración} = P_p \text{ total} - (\text{Esgurrimiento} + \text{Evapotranspiración}) \tag{9}$$

Determinación de la precipitación media

Para el cálculo de la precipitación se tomó en cuenta cuatro estaciones que se encontraban cerca de la zona de intervención en los cantones Mejía y Archidona. La ecuación empleada para el cálculo es la siguiente:

$$Ppt = Vtp * AC \quad (10)$$

Donde:

Ppt = Precipitación media (m3).

Vtp = Volumen Total de la precipitación (m).

AC = Área de interés (m2).

Determinación del volumen medio que puede escurrir

Volumen de escurrimiento medio anual, este valor se obtuvo mediante el volumen promedio anual de escurrimiento, para ello se aplica la fórmula siguiente:

$$Vm = A * C * Pm \quad (11)$$

Donde:

Vm = Volumen medio que puede escurrir (m3).

A = Área del Parque Nacional (m2).

C = Coeficiente de escurrimiento, varía de 0.1 a 1.0 (Tabla 6)

Pm = Precipitación promedio anual (transformar los mm. en m.)

Tabla 6

Coeficiente de escurrimiento

Topografía y Vegetación	Textura del suelo		
	Ligera	Media	Fina
BOSQUE			
Plano (0-5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (5-10% pendiente)	0.25	0.35	0.50
	0.30	0.50	0.60

Escarpado pendiente)	(10-30%			
PASTIZALES				
Plano (0-5% pendiente)		0.10	0.30	0.40
Ondulado pendiente)	(5-10%	0.16	0.36	0.55
		0.22	0.42	0.60
Escarpado pendiente)	(10-30%			
AGRICOLAS				
Plano (0-5% pendiente)		0.30	0.50	0.60
Ondulado pendiente)	(5-10%	0.40	0.60	0.70
		0.52	0.72	0.82
Escarpado pendiente)	(10-30%			

Nota. Recuperado de (Armijos, 2006)

Determinación del volumen de evapotranspiración media anual

Para determinar el volumen de evapotranspiración media anual, se aplica la ecuación siguiente:

$$\text{Evapotrans} = (\text{Ppt} - \text{Ecurrimento}) * \text{Factor Evapotrans} \quad (12)$$

Para determinar la cantidad de agua por evapotranspiración, primero se debe determinar la evapotranspiración para el área de estudio, para lo cual se utilizó la fórmula de Turc, esta decisión se tomó debido a la limitada base de datos meteorológicos para el área de estudio, esta ecuación se la presenta a continuación:

$$ET = \frac{p}{\sqrt{0,9 + \frac{p^2}{L^2}}} \quad (13)$$

$$L = 300 + 25T + T^3 \text{ donde para } \left(\frac{p}{L}\right) > 0,316 \quad (14)$$

Donde:

ET = Evapotranspiración Real.

P = Precipitación media anual (mm).

T = Temperatura media anual (°C)

L = Factor de Evaporación.

Determinación del volumen de agua de infiltración (oferta hídrica)

Una vez determinados los datos de precipitación total anual, escorrentía media anual y evapotranspiración media anual, se determinó el balance hídrico del área de estudio. Primero se agrega la escorrentía promedio anual a la evapotranspiración promedio anual y luego se resta la suma de la precipitación anual total para obtener la cantidad de agua infiltrada en el suelo, cuyo resultado representa la oferta hídrica de la zona de estudio.

$$V \text{ Infiltración} = Ppt - (Vm + \text{Evapotrans}) \quad (15)$$

Determinación de la zona de importancia hídrica

Para analizar la importancia hidrológica de la vegetación que presenta el área de estudio, se realiza a través de la matriz de Índices de Protección Hidrológica (IPH) para la cual se toma en cuenta los siguientes valores (tabla 7).

Tabla 7

Parámetros que determinan la importancia de la cobertura vegetal para brindar el servicio hídrico

N.º	Tipo de cobertura vegetal uso actual del suelo	Índice de protección hidrológica (IPH)	Importancia para proveer el Servicio Ambiental Hídrico (SAH)
1	Zona Poblada (ZU)	0.00	Muy Baja/nula
2	Zona Agrícola (C)	0.27	Baja
3	Pastizal (P)	0.39	
4	Pasto más matorral (P+ Ma)	0.45	Media
5	Zona Agroforestal (Za)	0.49	
6	Plantación forestal (Pf)	0.70	Alta
7	Matorral (Ma)	0.80	
8	Bosque natural (Bn)	1.00	Muy Alta
9	Páramo arbustivo (Pa)	1.00	

Nota. Recuperado de (Armijos, 2006)

Determinación del valor de captación hídrica

Los valores del agua y del uso directo de la cobertura vegetal de la ZIH no puede separarse, al depender el uno del otro (Armijos, 2006). Para la valorización hídrica de la ZIH se utiliza la siguiente ecuación:

$$VC = \frac{\alpha_i B_i A_{bi}}{OC_i} \quad (16)$$

Donde:

VC = Valor de captación hídrica de la Zona de Importancia Hídrica (ZIH), (USD/m³).

α_i = Importancia de la cobertura de la ZIH, en función del recurso hídrico (%).

B_i = Costo de oportunidad de la actividad que compite con la ZIH (USD/ha/año).

A_{bi} = Área de la ZIH en la zona de estudio.

OC_i = Volumen del agua captada por la ZIH del área de estudio.

En cuanto al costo de oportunidad se tomó en cuenta el valor presentado en el análisis de costo de oportunidad y potenciales flujos de ingresos por REDD+, el cual se consideró

tomando en cuenta como actividad representativa la de ganadería de doble propósito, dando un valor de 4,22 USD/ tCO₂ eq, que equivale a 1 315,48 ha/año, este valor fue obtenido mediante una regla de tres tomando como base el nivel de referencia estimado para todo el Ecuador (Leguia & Moscoso, 2015).

Determinación del valor del beneficio del servicio hídrico

Finalmente, el valor del beneficio del servicio hídrico obtenido por la captación de agua en la zona de intervención se lo realizará mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$B = V \text{ Infiltración} * VC \quad (17)$$

Método de análisis costo-beneficio

El método de análisis costo beneficio es un proceso que ayuda a tomar decisiones referentes a la viabilidad de realizar un proyecto, el cual se basa en determinar los costos y beneficios totales que genera área de interés, tanto los costos como los beneficios se presentan en unidades para que se puedan comparar directamente. En la presente tesis se ha partido de la búsqueda de información de los costos lo cual abarca el costo de producción que involucra productos principales derivados de la agricultura como es la cebolla y la papa y de la ganadería como es la leche, adicional se ha tomado en cuenta el valor del área en sentido comercial del terreno. Dentro de los beneficios se va a tomar en cuenta el valor de captación hídrica que generará el costo de oportunidad del recurso hídrico (Diaz, 2017). Para la aplicación del método costo beneficio se aplicará el siguiente modelo matemático:

$$CB = \frac{BENEFICIO}{COSTO} \quad (18)$$

Para aplicar el método de análisis es necesario conocer los costos presentes en el área de estudio, para lo cual se realizó una encuesta que va dirigida hacia los propietarios o trabajadores de las haciendas que se encuentran dentro de la zona, la encuesta tuvo la finalidad de conocer en valores monetarios los ingresos que tienen las haciendas generadas por las diferentes actividades sean estas ganaderas, de agricultura o de turismo. El formato de la encuesta se muestra a continuación en la siguiente figura:

Figura 9

Formato de la encuesta



**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
CARRERA DE INGENIERIA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE
TRABAJO DE TITULACIÓN**



“Análisis económico para la creación de un área de protección hídrica entre los parques nacionales Cotopaxi y Antisana mediante herramientas geoespaciales”

Cuestionario dirigido a los propietarios o trabajadores de las haciendas que se encuentran dentro de la zona de estudio, entre los parques nacionales Cotopaxi y Antisana.

Indicaciones: Las respuestas obtenidas en esta encuesta serán utilizados únicamente para temas académicos.

Responsables: Caiza Yesenia – Ramírez Víctor

Nombre: _____

Cargo: _____

Uso de la hacienda:

- Producción Familiar
- Subsistencia
- Comercial
- Turismo

Tipo de producción de la hacienda:

- Ganadería
 - Vacuno
 - Bovino
 - Porcino
 - Caprino
- Agricultura
 - Papas
 - Cebolla
 - Otros _____

Si es ganadera con que cantidad de animales cuentan:

Si es agricultura que cantidad de productos producen:

Los productos obtenidos en la hacienda en que mercados son distribuidos:

- Mejía
- Quito
- Otros _____

Precio por quintal o litro de los productos distribuidos:

Cantidad en quintal o libras a la semana/mes de los productos distribuidos:

Cantidad en litros diarios de los productos distribuidos:

Una vez obtenido los resultados de la encuesta se va a proceder a realizar una tabulación de cada pregunta y con ello realizar las estadísticas respectivas.

Informe de beneficios del Cantón Mejía

La presente investigación será realizada mediante la aplicación del proceso de revisión bibliográfica, tomando en cuenta que este proceso permite abarcar el conocimiento de un tema y es en sí la primera etapa del proceso de investigación, debido a que nos ayuda a identificar qué se conoce y qué se desconoce de un tema de nuestro interés, en este caso sobre los beneficios que gana el cantón Mejía con la aplicación de este proyecto de estudio.

Se debe tomar en cuenta que la revisión bibliográfica pasa por tres fases importantes, las cuales son: la investigación documental de información técnica y generalidades del Cantón Mejía, la lectura y registro de la información actual en el cantón, y la elaboración de un texto escrito. Se debe considerar que la fase de la investigación documental debe ser obtenida de fuentes confiables, como la biblioteca virtual del Municipio de Mejía, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, y artículos científicos apegados al tema.

Determinación de bases ambientales y política pública

Una vez identificado los aspectos o lineamientos nacionales e internacionales se procede a identificar los problemas que presenta o podría presentar a futuro la zona de intervención o área de estudio que en este caso se encuentra ubicada entre los Parques Nacionales Cotopaxi y Antisana, seguido de un análisis de las posibles soluciones o alternativas para disminuir el impacto de cada uno de los problemas identificados y para finalizar una vez obtenido los resultados se podría dejar plasmado las bases de la propuesta de política pública que se pueda implementar en el área rural del cantón Mejía, obteniendo como beneficio a futuro la posible conservación del recurso hídrico. En la figura 10 se muestra un diagrama resumen del proceso.

Figura 10

Proceso para la determinación de la política pública



Generación de cartografía

Para la elaboración de los mapas propuestos respecto al uso potencial del suelo, uso y ocupación del suelo, catastro rural y del área de protección hídrica propuesta, se realizó el procesamiento de la información geográfica en el software ArcGIS – ArcMap, tomando en cuenta el sistema de coordenadas, el cual se aplicó las coordenadas proyectadas WGS 1984 UTM Zona 17S, acompañado de varias herramientas que conforman el software. Estos mapas permitieron conocer información respecto al área de interés ubicada entre los Parques Nacionales Cotopaxi y Antisana.

Para la realización del mapa de la propuesta del área de conservación hídrica, se realizó un análisis previo tomando en cuenta el shapefile de cobertura vegetal obtenido de la plataforma de Sistema Nacional de Información (SNI), mediante la opción de Add Data se procede a cargar los shapefile necesarios para la generación de cartografía siendo estos: Áreas Protegidas obtenido del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), haciendas, límites cantonales y provincias, una vez que la información se encuentra cargada mediante la herramienta Arc Catalog se procede a crear dos shapefile, el primero va a contener los puntos límites a determinar y el segundo va a contener el polígono

perteneciente al área a proponer, se debe tomar en cuenta que la información se encuentre en el mismo sistema de referencia.

En el caso de los mapas de uso potencial y uso y ocupación del suelo se procede a subir la información antes mencionada adicional de los shapefile que cuentan con el mismo nombre obtenidos de la página oficial del SNI, en este caso mediante la herramienta de Geo proceso se utiliza el proceso de “Clip” con el cual se va a recortar únicamente el área de interés, una vez que se ha obtenido los nuevos shapefile en la opción de “Data > Export data” se procede a guardar en la carpeta de trabajo y se los vuelve a cargar al espacio de trabajo mediante la opción Add Data. Para el mapa de catastro rural se realiza el mismo proceso, pero en este caso la información brindada se obtuvo de los GAD de Mejía y Archidona.

Es importante conocer que el Software ArcGIS nos permite realizar gran cantidad de cálculos, pero se debe tomar en cuenta que el algoritmo para ello ha sido realizado a través de códigos generados con Python o con VBScript. Para ArcGIS, se recomienda el lenguaje de secuencia de comandos de Python para acceder a funciones como geoprocésamiento (ESRI, 2021).

Capítulo IV

Resultados

Diagnóstico de la situación actual del cantón Mejía

Las imágenes satelitales (2018, 2019, 2020, 2021 y 2022) fueron elegidas, tomando en consideración los criterios de calidad en el sentido de que la cobertura de nubes en las imágenes no cubra la superficie del área de interés y no tenga mayor al 10% de nubosidad, otro factor que se toma en cuenta es que las imágenes fueran tomadas aproximadamente en la misma época del año y que no presente distorsiones ni errores. Para la adquisición de las imágenes satelitales se descargó mediante la plataforma Sentinel Hub EO Browser, sin embargo, se realizó varias descargas de la misma zona, pero de las plataformas Google Earth Engine y SASPlanet, tomando en cuenta los criterios antes mencionados.

Figura 11

Imagen satelital del año 2018

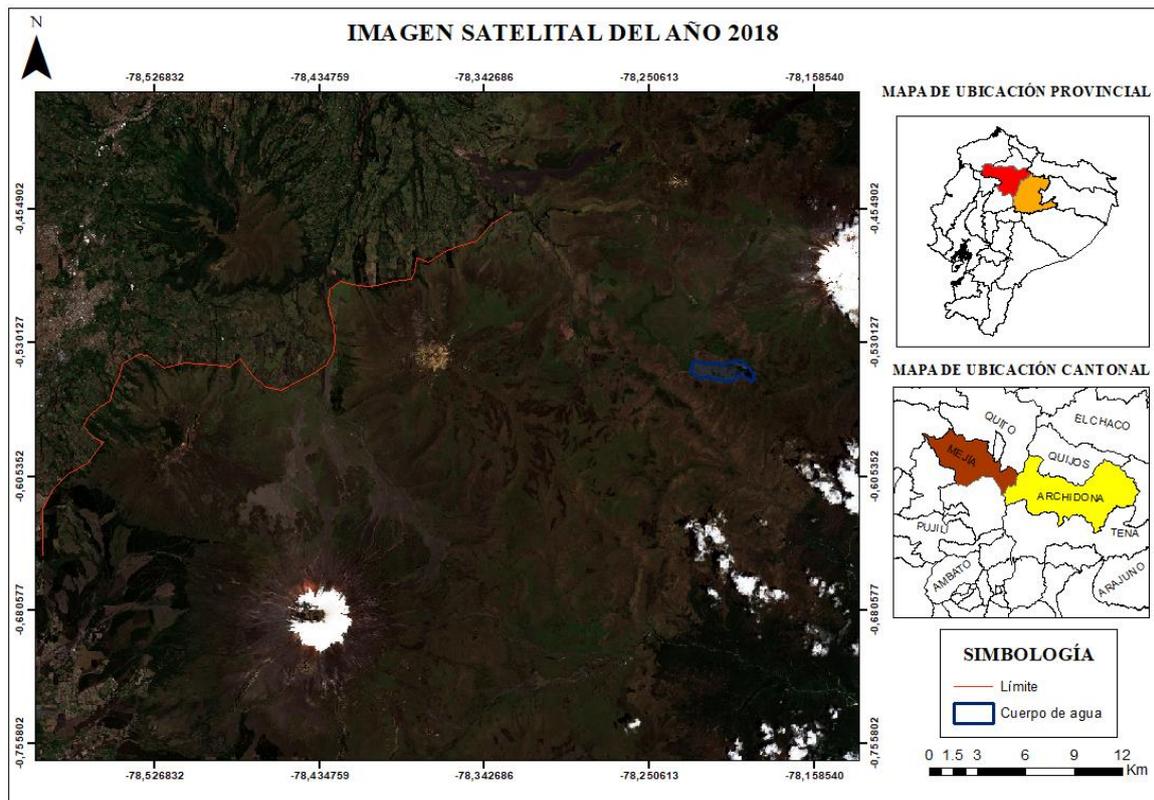


Figura 12

Imagen satelital del año 2019

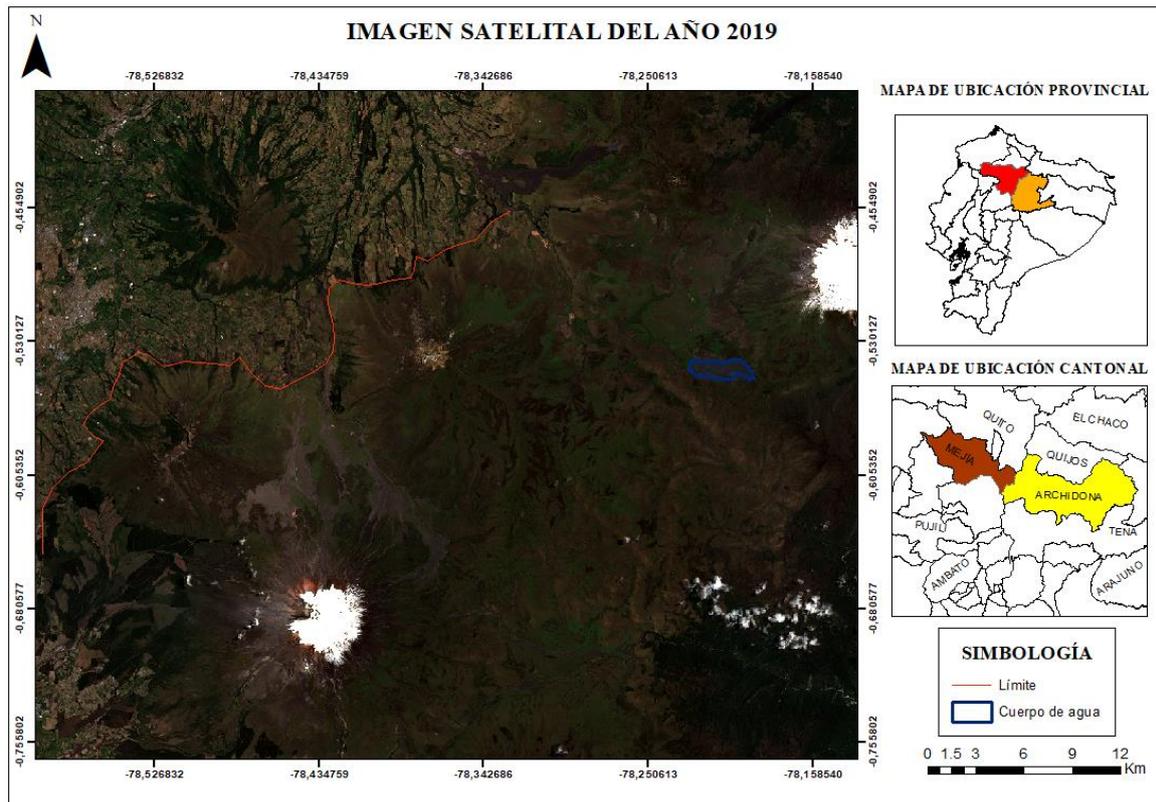


Figura 13

Imagen satelital del año 2020

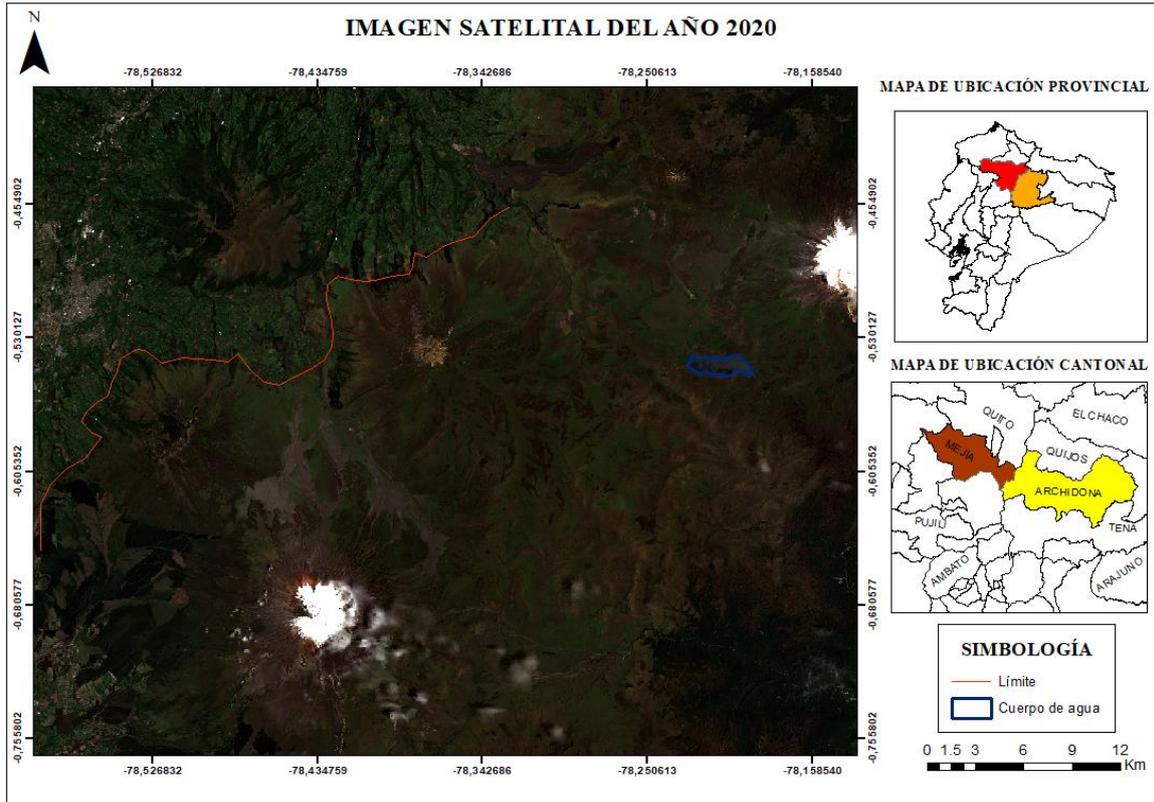


Figura 14

Imagen satelital del año 2021

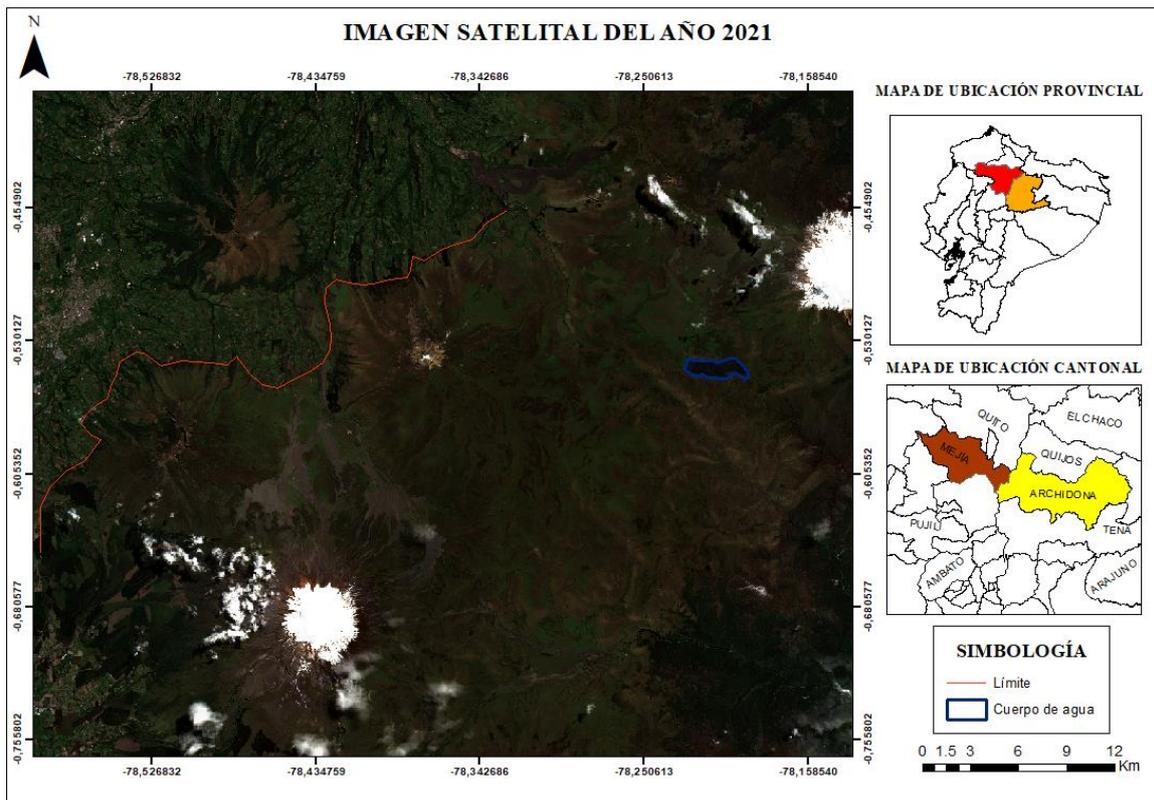
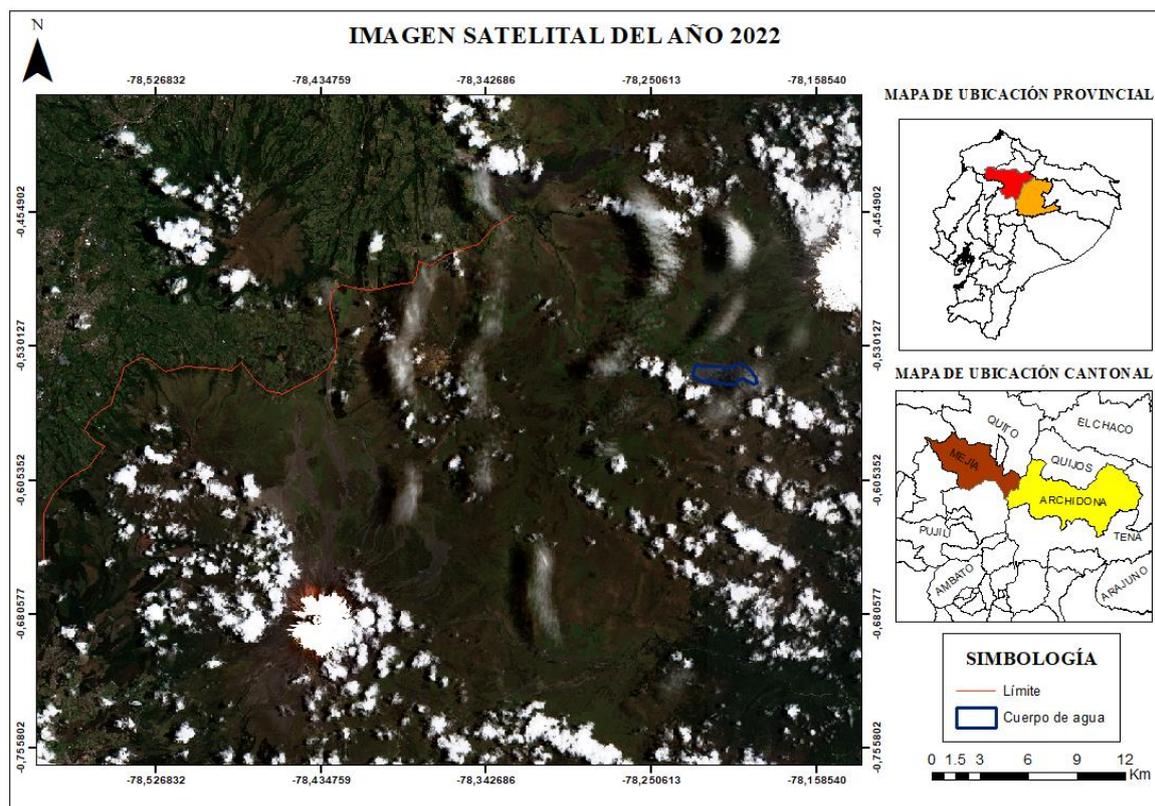


Figura 15

Imagen satelital del año 2022



Para poder analizar el cambio existente en la zona se tuvo que realizar la creación de límites que permitan visualizar de mejor manera los cambios existentes a través de los años, siendo estos los más notorios respecto al cuerpo de agua existente a la zona de estudio que pertenece a la laguna de la Mica y la cobertura vegetal.

Se analizó la información de la pérdida de la cobertura vegetal natural (cobertura arbustiva) para los periodos 2018 y 2019 con la finalidad de determinar la disminución concentrada en ciertas áreas a causa de las actividades agrícolas y ganaderas, estas últimas denominadas también ganadería extensiva que es la que realiza cambios considerables en los paisajes rurales y debe reconocerse como un proceso de enormes repercusiones ambientales y sociales.

Para el periodo 2020, 2021 y 2022 se observa una clara regeneración de vegetación del páramo, distinguiéndose de un color verde más intenso en las imágenes satelitales, esto debido a la situación de emergencia sanitaria (COVID-19) a nivel mundial, ya que influyo a la

pausa en gran parte de las actividades económicas. En este análisis saltan a la vista cambios notorios en zonas específicas, en ciertos años, se puede notar el avance de la frontera agrícola hacia las zonas de páramo aportando negativamente a la pérdida de vegetación que conforma este ecosistema.

Se puede apreciar un cuerpo de agua perteneciente a la laguna de la Mica, misma que se encuentra bajo el cuidado y administración del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), debido a que se encuentra dentro del Parque Nacional Antisana, por esta razón se puede visualizar que no existe un cambio ni pérdida de este recurso.

Dentro del análisis multitemporal basado en el catastro rural del cantón Mejía y Archidona, se pudo evidenciar otros cambios, mismos que no pueden ser observados en las imágenes satelitales ya que, existen cambios periódicos en los propietarios de cada hacienda al interior de la zona de estudio.

Identificación de lineamientos

El estado ecuatoriano a través de la Constitución de la República del Ecuador menciona que se debe garantizar la “conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas”, y demás caudales que forman parte del ciclo del agua. Por ende, una forma de cumplir con esta responsabilidad es la creación de áreas de protección hídrica.

Un Área de Protección Hídrica (APH) es un área designada donde las fuentes de agua se consideran de "interés público" para su mantenimiento, protección y conservación. La Ley de Recursos Hídricos de Ecuador establece que, para ser declaradas protegidas, estas fuentes de agua también deben abastecer el consumo humano o garantizar la seguridad y soberanía alimentaria.

Posterior a la revisión bibliográfica en fuentes oficiales y verificación en campo para la creación de un área de conservación hídrica, se detalla a continuación los lineamientos que se toman en cuenta en el Ecuador y a nivel internacional, considerando si es posible la

ejecución o no de cada lineamiento en el área de estudio, obteniendo como resultado la siguiente tabla:

Tabla 8

Matriz resultado de cumplimiento de los Indicadores Nacionales

		Cumple	Cumple Parcialmente	No Cumple
Localización geográfica, límites y superficie del área de conservación propuesto.		X		
Aspectos Físicos	Caracterización del recurso suelo.	X		
	Caracterización del recurso agua.	X		
	Caracterización del recurso aire.	X		
Aspectos Biológicos	Descripción del estado de los ecosistemas.	X		
	Descripción del estado de la cobertura vegetal y uso del suelo.	X		
	Descripción del estado de la flora y fauna.	X		
	Identificación de valores de conservación.	X		
	Identificación de servicios ambientales.	X		
	Aspectos Socioeconómicos	Descripción de la situación de la población local (aspectos demográficos).	X	
Enfoque de género e interculturalidad.		X		
Enfoque económico y acceso a servicios básicos.		X		
Sistemas productivos.		X		
Anexos: Mapas, fotografías,	X			

encuestas,
 convenios y actas
 de compromiso.

Para los lineamientos técnicos como la caracterización del suelo, agua y aire, se identificaron variables idénticas con las del presente proyecto; como es el caso de uso del suelo, en la que (Montesdeoca, 2022), determina porcentajes suelos ocupados por bosques nativos y páramo en su mayoría que coinciden con las zonas donde se encuentra las captaciones de agua estudiadas. Otro factor es el riesgo de erosión del suelo el cual ocupa el 0,07% en el proyecto de (Montesdeoca, 2022), un valor mínimo en relación a la superficie total del estudio, y que se asemeja a los valores de erosión por expansión de la zona agrícola presentes entre el Parque Nacional Cotopaxi y Antisana.

Los valores evapotranspiración al año, presente en el estudio realizado por (Chamorro, 2016) son similares, a los que se determinan en este estudio, así como también condiciones de calidad de agua y aire, se puede decir, que son análogas y que se pueden corroborar con estudios a profundidad posteriormente a la presentación de esta tesis.

Tabla 9

Matriz resultado de cumplimiento de los Indicadores Internacionales

			Resultado	
Indicadores Internacionales	Ecológica	Huella	Crecimiento de la población	10 095 hab
			Pérdida de suelo fértil	101 ha
			Deforestación Causada	51,35 ha/año
			Agotamiento de recursos	4,01 %
			Aumento de consumo	17,13 %

Valoración económica del recurso hídrico

Mediante la metodología utilizada (Armijos, 2006) para la estimación del valor económico del recurso hídrico, se toman valores propios obtenidos de la zona de estudio, tales valores se determinaron a través de verificación en campo, encuestas a propietarios y revisión bibliográfica.

Determinación de la precipitación media

La zona de estudio comprendida entre el Parque Nacional Cotopaxi y Antisana se encuentra aproximadamente a 3 477 msnm, por ende, las precipitaciones son variables en espacio y tiempo; generalmente las intensidades de lluvia son altas. Por tanto, se determinó la precipitación anual, que previamente se obtuvo de la suma de las precipitaciones mensuales de cada una de las estaciones meteorológicas e hidrológicas tomadas en cuenta. Los resultados de cada año se obtuvieron al aplicar la fórmula 10 y serán detallados a continuación:

➤ Año 2018

$$\text{Ppt} = \text{Vtp} * \text{AC}$$

$$\text{Ppt} = 1,83 * 289'231\ 400,00$$

$$\text{Ppt} = \mathbf{529'004\ 230,60\ m^3/año}$$

➤ Año 2019

$$\text{Ppt} = \text{Vtp} * \text{AC}$$

$$\text{Ppt} = 3,30 * 289'231\ 400,00$$

$$\text{Ppt} = \mathbf{953'798\ 387,78\ m^3/año}$$

➤ Año 2020

$$\text{Ppt} = \text{Vtp} * \text{AC}$$

$$\text{Ppt} = 2,95 * 289'231\ 400,00$$

$$\text{Ppt} = \mathbf{852'567\ 397,78\ m^3/año}$$

➤ Año 2021

$$\text{Ppt} = \text{Vtp} * \text{AC}$$

$$\text{Ppt} = 3,70 * 289'231\ 400,00$$

$$\text{Ppt} = 1\ 070'879\ 258,50\ \text{m}^3/\text{año}$$

➤ Año 2022

$$\text{Ppt} = \text{Vtp} * \text{AC}$$

$$\text{Ppt} = 1,78 * 289'231\ 400,00$$

$$\text{Ppt} = 515'202\ 108,19\ \text{m}^3/\text{año}$$

Determinación del volumen medio que puede escurrir

La escorrentía es el proceso físico que consiste en el escurrimiento del agua de lluvia sobre la superficie del terreno. Por lo que, para el cálculo del valor de volumen medio de escurrimiento se toma en cuenta las 28 923,14 ha comprendidas entre el Parque Nacional Cotopaxi y Antisana; y el coeficiente de escurrimiento, que se lo determinó considerando las características de topografía tipo ondulado con pendiente entre 5-10%, vegetación de tipo pastizal y textura de suelo media, dando como valor final del coeficiente 0,36. Los resultados de cada año se obtuvieron al aplicar la fórmula 11 y se los presenta a continuación:

➤ Año 2018

$$\text{Vm} = \text{A} * \text{C} * \text{Pm}$$

$$\text{Vm} = 289'231\ 400,00 * 0,36 * 1,83$$

$$\text{Vm} = 190'441\ 523,02\ \text{m}^3/\text{año}$$

➤ Año 2019

$$\text{Vm} = \text{A} * \text{C} * \text{Pm}$$

$$\text{Vm} = 289'231\ 400,00 * 0,36 * 3,30$$

$$\text{Vm} = 343'367\ 419,60\ \text{m}^3/\text{año}$$

➤ Año 2020

$$\text{Vm} = \text{A} * \text{C} * \text{Pm}$$

$$\text{Vm} = 289'231\ 400,00 * 0,36 * 2,95$$

$$\text{Vm} = 306'924\ 263,20\ \text{m}^3/\text{año}$$

➤ Año 2021

$$Vm = A * C * Pm$$

$$Vm = 289'231\ 400,00 * 0,36 * 3,70$$

$$\mathbf{Vm = 385'516\ 533,06\ m^3/año}$$

➤ Año 2022

$$Vm = A * C * Pm$$

$$Vm = 289'231\ 400,00 * 0,36 * 1,78$$

$$\mathbf{Vm = 185'472\ 758,95\ m^3/año}$$

Determinación de la evapotranspiración

La evapotranspiración es parte importante del ciclo hidrológico, que consiste en la pérdida de agua en la superficie del suelo y la transpiración de la vegetación, en el caso de los páramos andinos es relativamente baja. Para este análisis se toma en cuenta la temperatura media anual en °C, la que se determinó del promedio anual de cada estación tomada en cuenta; y las precipitaciones anuales. Al aplicar las fórmulas 12, 13 y 14 se obtuvieron los siguientes resultados:

➤ Año 2018

$$L = 300 + 25T + T^3$$

$$L = 300 + 25(6,75) + 6,75^3$$

$$\mathbf{L = 484,13}$$

$$ET = \frac{p}{\sqrt{0,9 + \frac{p^2}{L^2}}}$$

$$ET = \frac{1\ 829\ \text{mm}}{\sqrt{0,9 + \frac{1\ 829^2}{484,13^2}}}$$

$$\mathbf{ET = 469,55}$$

$$\text{Fac Evapotrans} = \frac{469,55}{1\ 829} = 0,26$$

$$\text{Evapotrans} = (\text{Ppt} - \text{Ecurrimiento}) * \text{Factor Evapotrans}$$

$$\text{Evapotrans} = (529'004\ 230,60 - 190'441\ 523,02) * 0,26$$

$$\text{Evapotrans} = 86'917\,398,73 \text{ m}^3/\text{año}$$

➤ Año 2019

$$L = 300 + 25T + T^3$$

$$L = 300 + 25(7,04) + 7,04^3$$

$$\mathbf{L = 493,45}$$

$$ET = \frac{p}{\sqrt{0,9 + \frac{p^2}{L^2}}}$$

$$ET = \frac{3\,297,7 \text{ mm}}{\sqrt{0,9 + \frac{3\,297,7^2}{493,45^2}}}$$

$$\mathbf{ET = 488,55}$$

$$\text{Fac Evapotrans} = \frac{488,55}{3\,297,7} = 0,15$$

$$\text{Evapotrans} = (\text{Ppt} - \text{Esgurrimiento}) * \text{Factor Evapotrans}$$

$$\text{Evapotrans} = (953'798\,387,78 - 343'367\,419,60) * 0,15$$

$$\mathbf{\text{Evapotrans} = 90'434\,161,24 \text{ m}^3/\text{año}}$$

➤ Año 2020

$$L = 300 + 25T + T^3$$

$$L = 300 + 25(7,66) + 7,66^3$$

$$\mathbf{L = 514,09}$$

$$ET = \frac{p}{\sqrt{0,9 + \frac{p^2}{L^2}}}$$

$$ET = \frac{2\,947,7 \text{ mm}}{\sqrt{0,9 + \frac{2\,947,7^2}{514,09^2}}}$$

$$\mathbf{ET = 507,19}$$

$$\text{Fac Evapotrans} = \frac{507,19}{2\,947,7} = 0,17$$

$$\text{Evapotrans} = (\text{Ppt} - \text{Esgurrimiento}) * \text{Factor Evapotrans}$$

$$\text{Evapotrans} = (852'567\,397,78 - 306'924\,263,20) * 0,17$$

$$\text{Evapotrans} = \mathbf{93'885\,023,81\,m^3/año}$$

➤ Año 2021

$$L = 300 + 25T + T^3$$

$$L = 300 + 25(7,14) + 7,14^3$$

$$\mathbf{L = 496,69}$$

$$ET = \frac{p}{\sqrt{0,9 + \frac{p^2}{L^2}}}$$

$$ET = \frac{3\,702,5\,mm}{\sqrt{0,9 + \frac{3\,702,5^2}{496,69^2}}}$$

$$\mathbf{ET = 492,73}$$

$$\text{Fac Evapotrans} = \frac{492,73}{3\,702,5} = 0,13$$

$$\text{Evapotrans} = (\text{Ppt} - \text{Esgurrimiento}) * \text{Factor Evapotrans}$$

$$\text{Evapotrans} = (1\,070'879\,258,50 - 385'516\,533,06) * 0,13$$

$$\text{Evapotrans} = \mathbf{91'207\,452,87\,m^3/año}$$

➤ Año 2022

$$L = 300 + 25T + T^3$$

$$L = 300 + 25(8) + 8^3$$

$$\mathbf{L = 525,6}$$

$$ET = \frac{p}{\sqrt{0,9 + \frac{p^2}{L^2}}}$$

$$ET = \frac{1\,781,28\,mm}{\sqrt{0,9 + \frac{1\,781,28^2}{525,6^2}}}$$

$$\mathbf{ET = 506,14}$$

$$\text{Fac Evapotrans} = \frac{506,14}{1\,781,28} = 0,28$$

$$\text{Evapotrans} = (\text{Ppt} - \text{Esgurrimiento}) * \text{Factor Evapotrans}$$

$$\text{Evapotrans} = (515'202\ 108,19 - 185'472\ 758,95) * 0,28$$

$$\text{Evapotrans} = 93'691\ 261,88 \text{ m}^3/\text{año}$$

Determinación del volumen de infiltración

La infiltración es el proceso por el cual el agua de la superficie terrestre ingresa al suelo, hacia capas inferiores, en forma vertical y horizontal. La importancia en el desarrollo de este valor radica en la determinación de la precipitación media que fue obtenida anteriormente mediante la aplicación de la fórmula 15, los resultados se muestran a continuación:

➤ Año 2018

$$\text{Infiltración} = \text{Pp total} - (\text{Esguerrimiento} + \text{Evapotranspiración})$$

$$\text{Infiltración} = 529'004\ 230,60 - (190'441\ 523,02 + 86'917\ 398,73)$$

$$\text{Infiltración} = 251'645\ 308,85 \text{ m}^3/\text{año}$$

➤ Año 2019

$$\text{Infiltración} = \text{Pp total} - (\text{Esguerrimiento} + \text{Evapotranspiración})$$

$$\text{Infiltración} = 953'798\ 387,78 - (343'367\ 419,60 + 90'434\ 161,24)$$

$$\text{Infiltración} = 519'996\ 806,94 \text{ m}^3/\text{año}$$

➤ Año 2020

$$\text{Infiltración} = \text{Pp total} - (\text{Esguerrimiento} + \text{Evapotranspiración})$$

$$\text{Infiltración} = 852'567\ 397,78 - (306'924\ 263,20 + 93'885\ 023,81)$$

$$\text{Infiltración} = 451'758\ 110,77 \text{ m}^3/\text{año}$$

➤ Año 2021

$$\text{Infiltración} = \text{Pp total} - (\text{Esguerrimiento} + \text{Evapotranspiración})$$

$$\text{Infiltración} = 1\ 070'879\ 258,50 - (385'516\ 533,06 + 91'207\ 452,87)$$

$$\text{Infiltración} = 594'155\ 272,57 \text{ m}^3/\text{año}$$

➤ Año 2022

$$\text{Infiltración} = \text{Pp total} - (\text{Esguerrimiento} + \text{Evapotranspiración})$$

$$\text{Infiltración} = 515'202\ 108,19 - (185'472\ 758,95 + 93'691\ 261,88)$$

$$\text{Infiltración} = 236'038\ 087,36 \text{ m}^3/\text{año}$$

Determinación del valor de captación hídrica

La captación hídrica se refiere al proceso de obtención del agua de fuentes naturales, en el presente estudio se origina de la lluvia que cae en el páramo andino. Como resultado de la baja evapotranspiración y de la estructura abierta y porosa del suelo, conlleva a que el valor de captación hídrica de agua sea alto.

Para este valor se toma en cuenta el índice de protección hidrológica (IPH) que se lo determina considerando las características del tipo de cobertura vegetal y uso actual del suelo, para este caso páramo arbustivo con IPH igual a 1.00 (ver tabla 6). Los resultados se obtienen a partir de la fórmula 16 y se presenta a continuación:

- Año 2018

$$VC = \frac{\alpha_i B_i A b_i}{OC_i}$$

$$VC = \frac{1 * 1\ 315,49 * 28\ 923,14}{251'645\ 308,85}$$

$$VC = 0,15 \text{ USD/m}^3$$

- Año 2019

$$VC = \frac{\alpha_i B_i A b_i}{OC_i}$$

$$VC = \frac{1 * 657,74 * 28\ 923,14}{519'996\ 806,94}$$

$$VC = 0,037 \text{ USD/m}^3$$

- Año 2020

$$VC = \frac{\alpha_i B_i A b_i}{OC_i}$$

$$VC = \frac{1 * 657,74 * 28\ 923,14}{451'758\ 110,77}$$

$$VC = 0,04 \text{ USD/m}^3$$

- Año 2021

$$VC = \frac{\alpha_i B_i A b_i}{OC_i}$$

$$VC = \frac{1 * 657,74 * 28\,923,14}{594'155\,272,57}$$

$$VC = 0,03 \text{ USD/m}^3$$

➤ Año 2022

$$VC = \frac{\alpha_i B_i A b_i}{OC_i}$$

$$VC = \frac{1 * 1\,315,49 * 28\,923,14}{236'038\,087,36}$$

$$VC = 0,16 \text{ USD/m}^3$$

Los valores obtenidos en cada uno de los años varían a razón del factor de costo de oportunidad según la actividad de la zona, en los años 2019, 2020 y 2021 se percata una disminución debido a la pandemia y su efecto negativo en la cantidad de productos generados en estas zonas, su distribución y ganancias. Otro factor que provoca el incremento o reducción de los resultados en cada año, es la variación de la precipitación, afectando en el volumen de infiltración representado en unidades de metro cúbico por año.

Determinación del valor del beneficio del servicio hídrico

El valor del beneficio del servicio hídrico en los páramos andinos tiene una importancia para las zonas que riega y provee de agua, por los múltiples y diversos usos que se le puede dar, por lo que permite observar el grado de apreciación del agua y definirlo como bien económico. Por lo tanto, para la determinación de este valor se multiplica el valor de infiltración por el valor de captación hídrica de la Zona de Importancia Hídrica, obteniendo con esto un valor monetario en periodos anuales, como se puede observar a continuación:

➤ Año 2018

$$B = V \text{ Infiltración} * VC$$

$$B = 251'645\,308,85 * 0,15$$

$$B = 38'048\,001,17 \text{ USD/año}$$

➤ Año 2019

$$B = V \text{ Infiltración} * VC$$

$$B = 519' 996 806,94 * 0,037$$

$$\mathbf{B = 19' 024 000,59 \text{ USD/año}}$$

➤ Año 2020

$$B = V \text{ Infiltración} * VC$$

$$B = 451' 758 110,77 * 0,042$$

$$\mathbf{B = 19' 024 000,59 \text{ USD/año}}$$

➤ Año 2021

$$B = V \text{ Infiltración} * VC$$

$$B = 594' 155 272,57 * 0,03$$

$$\mathbf{B = 19' 024 000,59 \text{ USD/año}}$$

➤ Año 2022

$$B = V \text{ Infiltración} * VC$$

$$B = 236' 038 087,36 * 0,16$$

$$\mathbf{B = 38' 048 001,17 \text{ USD/año}}$$

A continuación, se muestra una tabla resumen con los resultados de cada año partiendo del año 2018 hasta el año 2022 de cada indicador.

Tabla 10

Resumen de los resultados obtenidos en el proyecto en unidades de m3/año

AÑO	Precipitación media (Ppt) m3/año	Volumen medio (Vm) m3/año	Evapotranspiración m3/año	Volumen de infiltración m3/año
2018	529'004 230,60	190'441 523,02	86'917 398,73	251'645 308,85
2019	953'798 387,78	343'367 419,60	90'434 161,24	519'996 806,94
2020	852'567 397,78	306'924 263,20	93'885 023,81	451'758 110,77
2021	1 070'879 258,50	385'516 533,06	91'207 452,87	594'155 272,57
2022	515' 202 108,19	185'472 758,95	93'691 261,88	236'038 087,36

Tabla 11

Resumen de los resultados obtenidos

AÑO	Factor de evaporación (L)	Evapotranspiración real (ET)	Factor evapotranspiración
2018	484,13	469,55	0,26
2019	493,45	488,55	0,15
2020	514,09	507,19	0,17
2021	496,69	492,73	0,13
2022	525,6	506,14	0,28

Tabla 12

Resumen de los resultados obtenidos en unidades de USD/año y USD/m3

AÑO	Valor de captación hídrica (VC) USD/m3	Valor del beneficio (B) USD/año
2018	0,15	38'048 001,17
2019	0,037	19'024 000,59
2020	0,042	19'024 000,59
2021	0,03	19'024 000,59
2022	0,16	38'048 001,17

Método de análisis costo-beneficio

Una vez finalizado el trabajo de campo. En gabinete se lleva a cabo la tabulación de las encuestas a propietarios de haciendas, se expone que la muestra para este análisis es de 8 haciendas, las cuales se encuentran dentro de la zona de estudio. Las estadísticas realizadas se presentan en el anexo 1.

Con la información obtenida se procede a realizar el análisis con relación al área total de la zona de interés, esto con la finalidad de conocer el porcentaje del total utilizado en distintas actividades, la información se la va a encontrar en la tabla 13, además se la puede verificar en la figura 19.

Tabla 13

Área en porcentaje ocupada por distintas actividades en la zona de estudio.

Propietario	Actividad	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Inés Gangotena	Turismo	148,26	0,51
Juan Ballesteros	Turismo	591,93	2,05
Sebastián Pérez	Agricultura	80,18	0,28

Gloria Jácome	Ganadería	177,83	0,61
GANADYAN	Ganadería	18 689,71	64,62
James Brown	Ganadería	35,95	0,12
Gloria Jácome	Turismo	102,85	0,36
EMAPS	Turismo	4 514,24	15,61
Zona sin predios		4 582,19	15,84
Área Total		28 923,14	100

Nota. La presenta tabla muestra la información en porcentaje del área total que ocupa las haciendas de la zona y la actividad que realizan, obteniendo que el porcentaje menor con 0,28% se encuentra utilizado para la agricultura, este porcentaje bajo se debe a las condiciones de terreno que presenta la zona de estudio, seguido de un 18,52% dedicado al turismo el cual se debe al tipo de ecosistema, conjunto con la fauna y flora que lo compone, brindando así una experiencia única y finalmente la actividad que cuenta con mayor porcentaje en la zona es la ganadería con un 65,36% siendo este porcentaje alto debido a la empresa Gandyan quien cuenta con un área de 18 689,71 hectáreas en la zona, las condiciones de vegetación permiten el desarrollo de esta actividad.

Con los resultados de las encuestas se puede obtener el valor monetario respecto a las actividades que realizan las haciendas ubicadas entre el Parque Nacional Cotopaxi y Antisana. Sumando los ingresos de agricultura y ganadería se obtiene un valor de 1'129 800 USD/año, esto representa el costo de productividad de todas las haciendas de la zona, la información se puede observar en la tabla 14.

Tabla 14

Resultado de la producción de las haciendas

GANADERIA			
Litros de leche	Valor (USD)	Costo de Producción (USD/litro)	Costo de Producción (USD/año)
3 300	0,45	1 485	445 500
5 695	0,40	2 278	683 400
AGRICULTURA			

Quintal de papas	Valor (USD)	Costo de Producción (USD/quintal)	Costo de Producción (USD/año)
25	18	450	900

Informe de los beneficios del cantón Mejía

Una vez que se ha concluido con la revisión bibliográfica se presenta un informe de los beneficios que gana la comunidad con el presente proyecto, el informe se muestra a continuación:

INFORME DE BENEFICIOS ECONÓMICOS DEL CANTÓN MEJÍA

La región andina es rica en recursos hídricos. La interacción del océano, la atmósfera, la Amazonía y la Cordillera de los Andes es el nacimiento de un ciclo hidrológico abundante y dinámico, por lo que el agua puede convertirse en uno de los principales factores de desarrollo y bienestar social para las comunidades cercanas (Comunidad Andina, 2010).

Gran parte de los habitantes, especialmente la población de las grandes urbes del país no tiene una clara idea de dónde proviene el agua, ni el costo de producirla, limpiarla, tratarla y mantenerla. Hoy gracias a los estudios y avanzada tecnología, se pueden aprovechar las ventajas de este potencial hídrico para superar carencias económicas, para tratar de mejorar las condiciones de la población.

Las principales componentes de los sistemas de agua potable para el cantón Mejía son: las vertientes de San Francisco que capta 30 l/seg de aguas de origen subterráneo; la vertiente de Álvarez que capta 3 l/seg de aguas de origen subterráneo de las vertientes con el mismo nombre; la vertiente de Puchig que capta 241 l/seg de las aguas de origen subterráneo (GAD M Mejía, 2015).

La distribución de agua se efectúa a través de cinco sectores independientes: Tucuso, Aloasí, Machachi, La Cosmorama y La Pradera; según el catastro de la Empresa Pública Municipal de Agua y Alcantarillado del Cantón Mejía (EPAA Mejía EP) existen 7 475 conexiones domiciliarias, que se desglosan de la siguiente manera:

- Conexiones domésticas: 6 294
- Conexiones comerciales: 964

- Conexiones industriales: 197
- Conexiones públicas: 20

Conforme con el catastro realizado por (GAD Mejía, 2020) en el avance actualizado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT), la distribución del agua potable para el cantón corresponde los siguientes valores.

Tabla 15

Tipo de consumo de agua potable cantón Mejía

CONSUMO DE AGUA	
Residencial	81 %
Comercial	14 %
Industrial	5 %

Nota. Fuente EPAA Mejía

La dotación básica para la población de Machachi es de 140 l/hab*día, se hace referencia a esta parroquia debido que el resto de parroquias trabajan con juntas de agua y no presentan estadísticas para proveer de información cantonal.

Según las proyecciones que realiza el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Mejía para el año 2032, la demanda máxima diaria de caudal es de 122, 62 l/seg y la oferta actual es de 130, 68 l/seg; por lo tanto, los valores se mantienen sin un déficit, pero no se toma en cuenta las pérdidas de agua por transporte, fugas y conexiones clandestinas, que representarían de 15 a 20%.

En este sentido se tendría un déficit de alrededor de 10 l/seg con el 20% de las pérdidas, caudal que puede ser compensado con la entrada en operación del proyecto de conservación hídrica entre el Parque Nacional Cotopaxi y Antisana.

Mediante la determinación del valor de captación hídrica en el proyecto, se tomaron en cuenta algunos factores como la precipitación media, el volumen medio a escurrir, la evapotranspiración y volumen de infiltración, que dio como resultado para el año 2022

aproximadamente de 7 484,72 l/seg, que se será el recurso hídrico neto que oferte para los distintos usos de la comunidad. A continuación, se presenta los valores de captación del recurso hídrico desde el año 2018 al año 2022.

Tabla 16

Captación Hídrica años 2018 – 2022

Año	Volumen de Infiltración	Unidad
2018	7 979,62	l/s
2019	16 488,99	l/s
2020	14 325,16	l/s
2021	18 840,54	l/s
2022	7 484,72	l/s

A través de una discusión con las partes beneficiadas y miembros del público, complementa el proceso de identificación de beneficios.

En el sentido de la salud, incrementar la cobertura de sistemas de agua potable y saneamiento a sectores rurales, que significa evitar exponerse a innumerables enfermedades como diarrea y neumonía, provocadas por sistemas de agua rústicos, saneamiento e higiene inadecuados que provocan miles de muertes de personas cada año; además de la reducción del costo económico de las infecciones relacionadas con el agua, las cuales se valoran en la suma de costos por atención médica, tratamiento médico, recetas médicas y transporte a centros de salud (Barstow, Bluffstone, Silon, Linden, & Thomas, 2019).

La reducción de malestares originadas por la inadecuada prestación del recurso líquido, la que se refiere a las negativas al momento de intervenciones en fugas o cortes de agua; como consecuencia diversas enfermedades gastrointestinales como diarrea (Wolf, y otros, 2018).

En el sentido de infraestructura, la reducción de costos de construcción, operación y mantenimiento de suministro de agua, como es el caso de plantas de tratamiento de agua, tuberías, estaciones de bombeo, construcción de túneles, etc. El cantón Mejía se beneficia ya que, la distancia del área del proyecto al cantón es más corta que, las otras fuentes de captación de agua al mismo cantón, por lo tanto, las comunidades se verían favorecidas económicamente. A demás, el caudal de agua para dotación diaria a la población aumentaría (Sicha & Toledo, 2020).

En el aspecto ambiental, mantendría la diversidad biológica, disminuiría la fragmentación de hábitats y mejoraría la conectividad entre ecosistemas, por ende, aumentaría la diversidad paisajística y la calidad del aire del cantón Mejía. Por otra parte, el recurso hídrico almacenado podrá abastecer al sistema fluvial, considerando los 384 ríos y quebradas que cruzan por el cantón.

Económicamente, la creación de un área de conservación hídrica representaría incremento en los ingresos de turismo, transportes públicos, restaurantes, paraderos, etc. Los negocios locales se beneficiarían de la publicidad de este proyecto ambiental, así como, el ciclo económico se quedaría en la misma comunidad, ya que, se buscaría mano de obra, insumos y herramientas locales para satisfacer las necesidades del cantón Mejía.

El valor de captación hídrica determinado en el proyecto de área de conservación hídrica entre el Parque Nacional Cotopaxi y Antisana, es más alto que la suma de todos los valores de fuentes de captación de agua para el cantón Mejía. Por lo tanto, la demanda máxima diaria de caudal por habitante para el futuro estaría satisfecha a través de la conservación del recurso hídrico. La población se vería beneficiada de otra corriente de agua potable.

La situación económica para la población del cantón Mejía mejoraría, si se da la apertura a plazas de empleo para la comunidad directamente en el área de conservación ya sean estos, guardaparques, transportes, paseo y guía turísticos. Indirectamente impulsaría los locales comerciales en las urbes del cantón.

Estas áreas también tienen funciones esenciales que, según se informa, son beneficiosas para el medio ambiente debido a su gran riqueza biológica y su protección, pero también tienen beneficios económicos para los humanos, sobre todo el suministro de alimentos, materias primas y materias primas. otros recursos naturales.

Una vez obtenidos los valores de beneficio y costo se procede a realizar la relación para conocer si es viable la propuesta, se debe tener en consideración que estas cantidades deben encontrarse en unidades de US/año. Para lo cual se aplica la siguiente relación:

$$CB = \frac{BENEFICIO}{COSTO}$$

$$CB = \frac{38'048\ 001,17}{1'129\ 800}$$

$$CB = 33,67$$

Con el resultado de la relación se puede establecer que el proyecto planteado estaría siendo rentable, ya que, el valor obtenido es mayor a 1 lo cual representa que por cada 1 USD que se invierta en la creación de la reserva hídrica y conservación del páramo, se ganará 33,67 USD de beneficios económicos, simbolizando netamente la metodología aplicada.

Determinación de bases ambientales y política pública

Con respecto a la generación de una propuesta de política pública es necesario tener un conocimiento previo sobre los problemas y potencialidades que presenta la zona de estudio, en este caso el análisis debe ser basado en el cantón Mejía, debido a que va a ser el beneficiado de la propuesta, una vez que se tenga claro estos aspectos se brinda alternativas de solución al GAD de Mejía para que este tome en consideración la investigación realizada.

De forma principal se busca brindar la información necesaria sobre la importancia de la conservación de los páramos debido a su gran capacidad de retención de agua, esto transformado a valores monetarios y la población beneficiada que podría resultar de la explotación de forma consciente del recurso hídrico, así como las plazas de empleo que se puede generar al momento de que cierta área sea considerada como un área de protección

hídrica, entre esas plazas de empleo se encuentran: guardaparques, analistas y especialistas encargados de realizar un inventario sobre la fauna y flora con la que cuenta el área, así como el estudio del desgaste de la cobertura vegetal debido a las actividades que se encuentran realizando en la actualidad.

De igual forma mediante el análisis de la metodología costo-beneficio se dará a conocer la factibilidad de propuesta para que la zona que se encuentra entre los Parques Nacionales Cotopaxi y Antisana sea considerada como un área de conservación hídrica debido a la presencia del ecosistema de páramo que lo conforma y la fauna y flora que presenta. El estudio realizado basado en el valor del beneficio del recurso hídrico obtenido, tomando en cuenta la precipitación que presenta la zona de interés, se considera de gran importancia la conservación de este servicio ambiental y propone generar un estudio más a fondo y un posible convenio con los dueños de las haciendas que se encuentran dentro de la zona, mismas que han utilizado este ecosistema para la tenencia de ganado utilizada en gran parte para la producción de leche, y con ello se genera el cambio de uso de suelo y la pérdida del ecosistema, esto se lo podrá realizar guiándose en las bases ambientales nacionales o internacionales.

Se espera que las recomendaciones que se mostrarán a continuación sean tomadas como propuesta de política pública ambiental, con la finalidad de brindar una reserva de agua para las parroquias rurales del cantón Mejía que se encuentran aledañas a la zona y la conservación del recurso hídrico.

En la tabla 17 se presenta un resumen de la problemática, análisis de las posibles soluciones y la recomendación de política pública que pueden ser implementadas especialmente en el GAD del cantón Mejía.

Tabla 17

Análisis de propuesta de política pública

Identificación de los problemas	Análisis de soluciones	Recomendación de política pública
Avance de la frontera agrícola y ganadera	Charla de inducción para los propietarios y trabajadores de las haciendas acerca del avance de la frontera agrícola y de los beneficios que ganarían respetando los límites.	Educación ambiental a cargo de los organismos encargados del control ambiental del Ecuador.
	Cercado de los límites de las zonas productivas de cada hacienda.	Actualización de linderos y catastro rural en el GAD de Mejía.
Destrucción de los ecosistemas	Charlas sobre la importancia del cuidado del medio ambiente.	Educación ambiental a cargo de los organismos encargados del control ambiental del Ecuador.
	Reforestación	Estudio de uso de suelo en los diversos ecosistemas.
Perdida de la biodiversidad	Control de la caza ilegal de especies que conforman la fauna.	Monitoreo periódico de las especies.
	Introducción de especies endémicas de la zona.	Inventario de especies y un análisis de las condiciones del sitio.

Contaminación de fuentes hídricas	Guardaparques	Formación, capacitación y contratación de guardaparques conformados por los miembros de las haciendas, así como de las comunidades aledañas.
	Conservación y cuidado del recurso hídrico	Análisis periódico de la calidad del agua.
		Declaratoria de la zona como área de conservación hídrica.

Con la política pública mencionada anteriormente se puede poner en consideración la creación de un área de conservación hídrica, tomando en cuenta que al momento de crear esta área se encuentra protegiendo el servicio ambiental hídrico de forma principal, así como el cuidado de la biodiversidad que presenta este ecosistema, la zona de estudio cuenta con un área de 28 923,14 hectáreas de las cuales 28 249,11 hectáreas pertenecen a la categoría de páramo según la clasificación de uso y ocupación del suelo, representando el 97,97% del total del área, de igual manera respecto al uso potencial del suelo 24 805,11 hectáreas pertenecen a la categoría de terrenos aptos para pastos según la clasificación de uso potencial, representando el 85,76 % del total y apenas el 6,24% pertenece a protección total, en este caso se debería considerar esta diferencia ya que debido a sus beneficios, se debería incrementar el área respecto a la categoría de protección total y para finalizar respecto al catastro rural 18 689,71 hectáreas pertenecen a la ganadería Ganadyan, representando el 64,62% del total del área, el porcentaje restante pertenece a haciendas que se encuentran dentro de la zona de estudio.

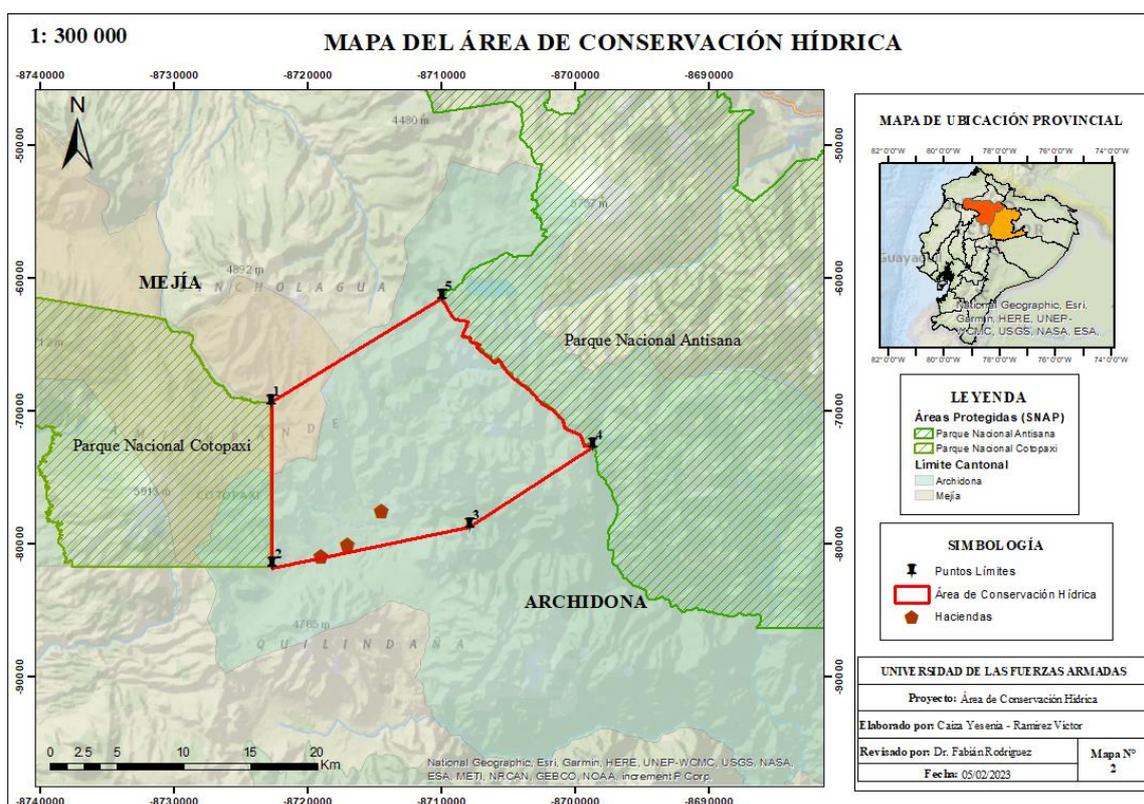
Generación de cartografía

Las representaciones cartográficas de un área de la superficie terrestre ya sean continentes, países, regiones o determinadas zonas de estudio, a la que se le agregan rótulos, símbolos, leyendas, coordenadas y escalas para poder interpretar e identificar los

elementos naturales, artificiales, sociales o culturales más importantes del área que cubre. Se puede decir que es la mejor forma de visualizar la información geográfica y demostrar objetivos de estudio. Por tal razón a continuación, se presenta los mapas obtenidos en el presente trabajo de titulación, considerando que los inputs se los obtuvo de fuentes oficiales como Sistema Nacional de Información (SNI), Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) y verificación en campo.

Figura 16

Mapa del área de conservación hídrica



Respecto al uso y ocupación del suelo es necesario considerar la clasificación y su porcentaje respecto al área de estudio.

Tabla 18

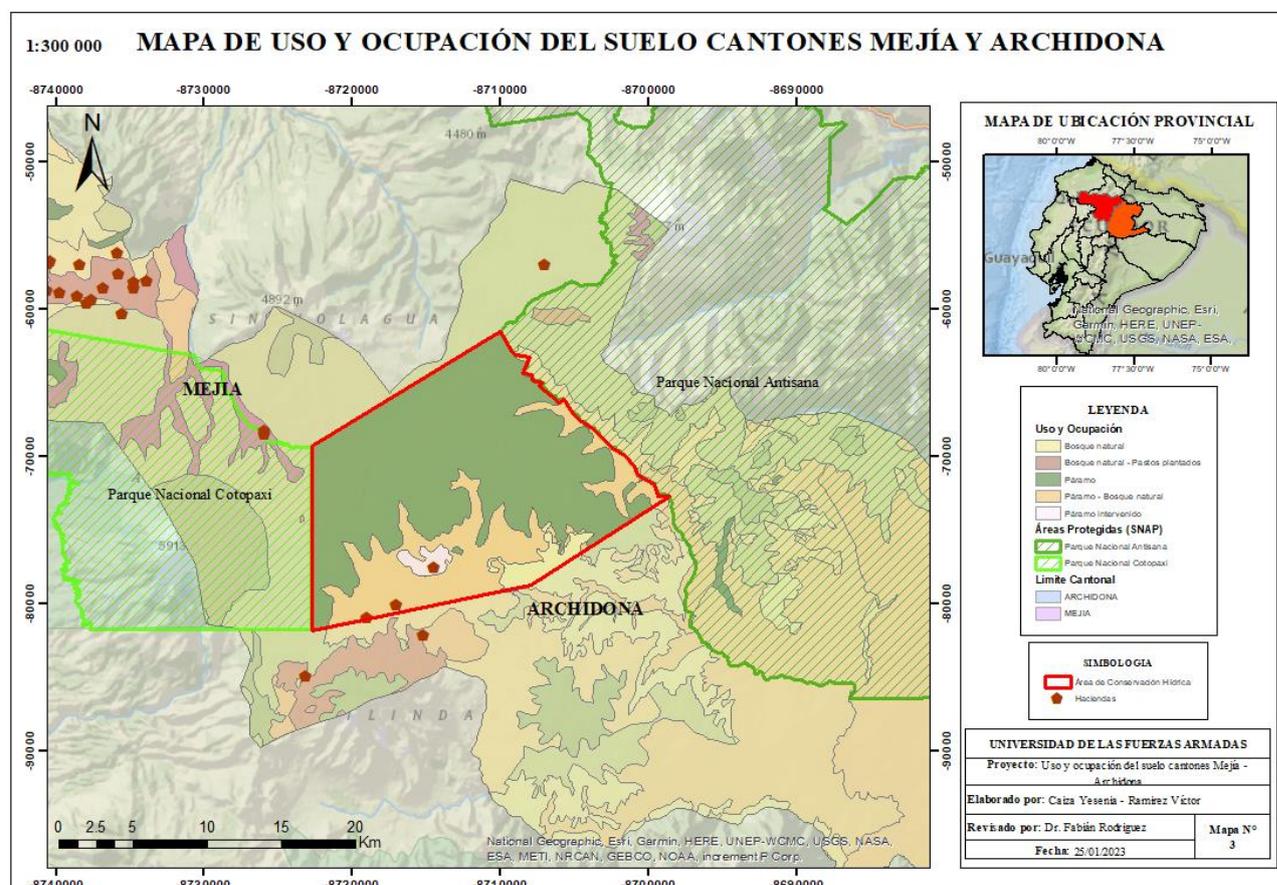
Porcentaje por clasificación de uso y ocupación del suelo del área de estudio

Uso y Ocupación	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Área sin cobertura vegetal	122.04	0.42
Bosque nativo	237.37	0.82
Natural	23.36	0.08

Páramo	28249.11	97.67
Tierra agropecuaria	287.39	0.99
Vegetación arbustiva	3.87	0.01
Total	28923.14	100

Figura 17

Mapa de uso y ocupación del suelo cantones Mejía y Archidona



De igual forma respecto al uso potencial del suelo es necesario considerar la clasificación y su porcentaje respecto al área de estudio.

Tabla 19

Porcentaje por clasificación de uso potencial del suelo del área de estudio

Uso Potencial	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Terrenos aptos para pastos	24805.11	85.76
Protección total	1805.99	6.24
Protección total/terrenos forestales	2312.04	7.99
Total	28923.14	100

Figura 18

Mapa del uso potencial del suelo cantones Mejía y Archidona

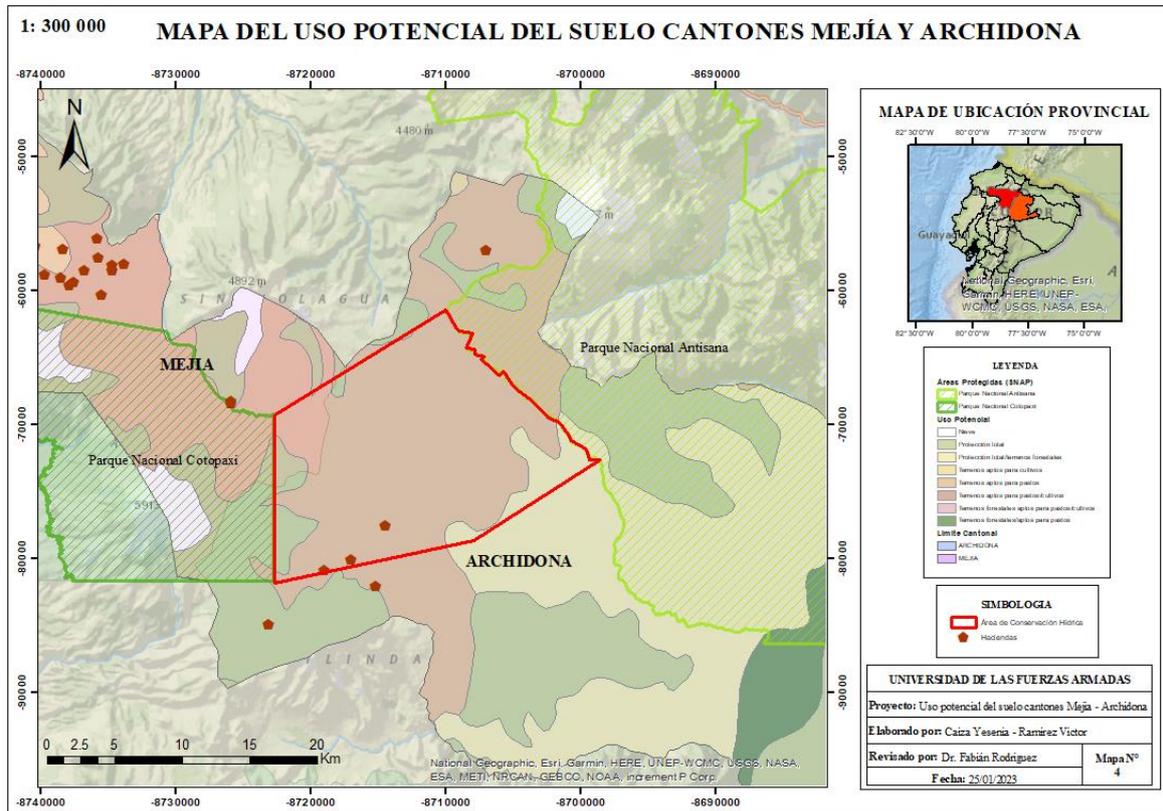
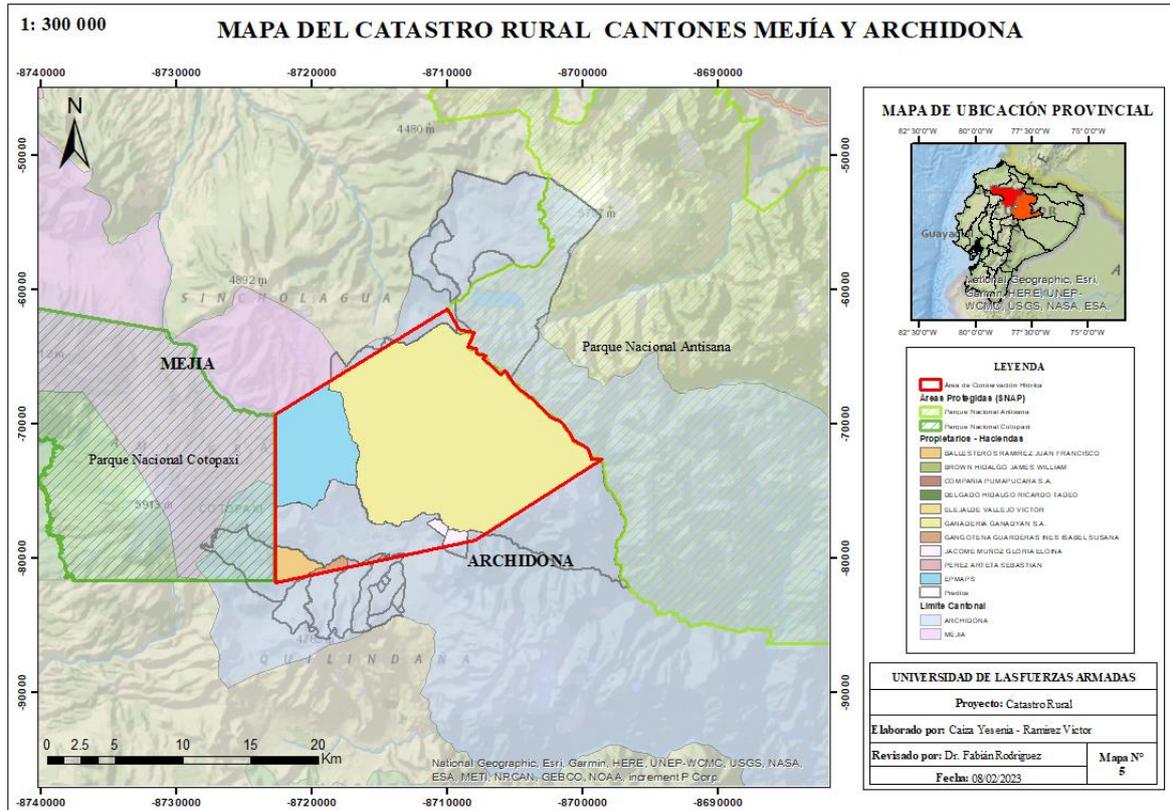


Figura 19

Mapa del catastro rural cantones Mejía y Archidona



Capítulo V

En el presente capítulo se va a mostrar las conclusiones y recomendaciones del proyecto, que se encuentran relacionadas de forma directa con los objetivos y metas planteadas.

Conclusiones

Los páramos tienen gran importancia debido a sus ecosistemas que lo conforman; sin embargo, se encuentran utilizados de una forma incorrecta, especialmente por la presencia de la ganadería bovina y vacuna ya que, el pastoreo disminuye la porosidad de los suelos por compactación, aumentando el riesgo de escorrentía superficial y erosión, así como por la agricultura, debido a que por la actividad los suelos van perdiendo sus características propias. Por tal razón, al juntar la ganadería y la agricultura se genera un problema ambiental en el páramo Andino (Camacho, 2014).

Esta problemática en ocasiones no se la toma en serio debido a que las comunidades cercanas buscan una manera de mejorar su economía y bienestar, sin embargo, no se toman en cuenta los beneficios que puede generar la conservación y cuidado de estos ecosistemas, ya que presentan varias ventajas. En este caso se ha podido evidenciar la alta cantidad de captación hídrica que puede tener, transformándose en una fuente de agua potable de calidad para el cantón Mejía.

Se determinó que las variables de precipitación, humedad y temperatura son las que mayormente influyeron en el desarrollo de los cálculos, los cuales permitieron que el valor del beneficio hídrico sea positivo para la viabilidad del proyecto, lo cual se pudo ver reflejado al momento de realizar la relación costo-beneficio; además, que estos factores pueden verse reflejados al momento del cálculo del valor de captación hídrica en el cual se obtuvieron valores máximos de 0,16 USD/m³ y mínimos de 0,03 USD/m³.

En lo que respecta al análisis multitemporal sobre la situación del cantón Mejía se lo realizó mediante la obtención de imágenes satelitales, mismas que fueron obtenidas después de un proceso complejo, pero se logró obtener con una buena calidad para el objetivo

planteado, con eso se llega a la conclusión de que existen áreas que se encuentran desde el año 2018 hasta el año 2022 destinadas a la agricultura, notándose una expansión hacia los ecosistemas de páramo, y con ello aportando al desgaste de la cobertura vegetal nativa y a la erosión del suelo. También se pudo evidenciar mediante las imágenes satelitales y la observación en campo que existen zonas que se encuentran reforestadas, es decir, que el páramo ha recuperado su vegetación arbustiva o de pajonal y con ello los beneficios que este brinda, siendo uno de ellos la capacidad de retener agua.

A pesar de las difíciles condiciones de acceso existe gran cantidad de haciendas que se encuentran en la zona, muchas de ellas aún no se encuentran registradas en el catastro rural de los cantones Mejía y Archidona, concluyendo que estas propiedades deben ser controladas debido a las actividades que pueden realizar, asignándoles derechos, restricciones y responsabilidades.

En lo que respecta a los indicadores internacionales, aumento del consumo, haciendo referencia al consumo del agua existe un incremento del 17,13 % en el cantón Mejía, concluyendo que a causa de esto se debe considerar el cuidado y manejo de fuentes hídricas debido a la demanda que presenta.

De igual forma debido a los beneficios que presentan los páramos, se ha encontrado que la Empresa Publica Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS) cuenta con una propiedad dentro de la zona de estudio, con ello estarían garantizando una fuente de agua más para la población de Quito, y aportando de forma indirecta al cuidado y preservación del recurso hídrico.

Es importante aplicar métodos de valoración en lo que respecta a los servicios ambientales puesto a que brindan información sobre el aporte de un servicio ecosistémico que posee una comunidad y que puede ser administrado de forma responsable, para mejorar la calidad de vida de la misma.

Se concretó que es factible la implementación de un área de conservación hídrica entre los Parques Nacionales Cotopaxi y Antisana, cuyas características de diseño tienen

como prioridad y finalidad precautelar el flujo hídrico en el país; además de conservar la biodiversidad existente y reducir o evitar la fragmentación de ecosistemas.

La situación económica de una comunidad se puede impulsar gracias a proyectos de interés nacional, ya sean estos ambientales, culturales o sociales, donde se da la apertura a negocios y empleos seguros, en este caso para los moradores del cantón Mejía, con el cuidado y mantenimiento del medio ambiente. Como se pudo manifestar, en la propuesta de área de conservación hídrica, la mano de obra local será esencial para el bienestar propio del cantón.

Como se puede evidenciar en la tabla de resultados (Tabla 12), los valores del beneficio hídrico (38'048 001,17 USD/año) son mayores a los costos de producción (1' 129 000 USD/año) que actualmente presentan las haciendas, es por ello, que se llega a la conclusión de que es factible y viable cuidar la zona y declararla como un Área de Conservación Hídrica, puesto a que monetariamente brinda la posibilidad de generar mayores ingresos a los propietarios de las haciendas y aportar al mantenimiento adecuado del ecosistema, estos ingresos según la metodología costo-beneficio sería que por cada 1USD/año que se invierta en la creación del área de conservación hídrica, tendrían una ganancia de 33,67 USD/año.

Se llega a la conclusión que el trabajo y verificación en campo es fundamental para el desarrollo de proyectos, ya que ayudan a la obtención de información que bibliográficamente no se la encuentra, de igual manera nos muestra la realidad que presenta la zona donde se desarrolla la investigación.

Recomendaciones

La metodología costo-beneficio es un análisis esencial para la evaluación económica de proyectos; por tal razón, se recomienda aplicar esta herramienta para la evaluación de propuestas de áreas de conservación hídrica, con esta iniciativa se podrá tomar una decisión ideal y acertada con menor riesgo.

Impartir charlas dirigidas a los habitantes de las comunidades sobre la importancia de aplicar técnicas de manejo sustentable del recurso hídrico para mantener la calidad y cantidad del agua.

Impulsar el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el desarrollo de estudios referentes al uso y ocupación del suelo de sectores limitantes con áreas protegidas, así como investigaciones mediante el análisis de imágenes satelitales y variables socioeconómicas para identificar la composición y el estado de la vegetación en las áreas protegidas, lo que da como resultado un estado de conservación actualizado y se podrá considerar medidas preventivas a corto y largo plazo en caso de ser necesario.

Es necesario que se concientice a los distintos entes de gobiernos seccionales, locales y organizaciones privadas sobre la importancia de conservar y mantener las zonas de almacenamiento hídrico identificadas, haciendo que estos establezcan políticas de manejo hacia las mismas.

En el caso de que la propuesta sea de interés para la entidad encargada del manejo y distribución del agua en el cantón Mejía, se recomienda tomar en cuenta las posibles soluciones planteadas y realizar un análisis más a fondo de los lineamientos y parámetros mencionados.

Se recomienda una alianza entre entidades públicas y privadas que tienen como enfoque el cuidado del recurso hídrico, puesto a que van a impulsar proyectos que generen beneficios para las comunidades que se encuentran aledañas a estas zonas de interés y con ello garantizar a futuro el abastecimiento de agua de calidad.

Para este tipo de proyectos de investigación en los cuales se requiere de información secundaria, se recomienda utilizar fuentes oficiales, en el caso de la precipitación necesaria, la mejor alternativa fue obtener los datos de los anuarios generados por la EPMAPS y el FONAG tomando en consideración que estas empresas tienen como objetivo el cuidado y conservación de fuentes de agua.

Se recomienda poner en ejecución el proyecto y declarar como área de conservación hídrica a la zona de estudio pues se ha demostrado que económicamente brinda mejores

ingresos que mantener las actividades actuales, y ambientalmente es necesario conservar y cuidar el recurso hídrico.

Referencias Bibliográficas

- Aguirre, N., Torres, J., & Velasco-Linares, P. (16 de 12 de 2013). *GUÍA PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LOS PÁRAMOS DEL ANTISANA*. Obtenido de Ministerio del Ambiente: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/Gu%C3%ADa-Metodol%C3%B3gica-restauracion-p%C3%A1ramos.pdf>
- Almonte, M. T., González, Á. B., López, S. V., Valverde, B. R., Gutiérrez, V. C., & Bello, G. C. (2020). Factors of deterioration of the periurban protected natural areas of the Valley of Puebla, Mexico. *Estudios demográficos y urbanos*, 35(1). Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/312/31262255002/html/>
- Álvarez, N. L. (2007). *Metodología para el Cálculo de la huella ecológica en universidades*. Obtenido de Congreso Nacional del Medio Ambiente: http://www.conama9.conama.org/conama9/download/files/CTs/987984792_NL%F3pez.pdf
- Armijos, C. A. (2006). *Valoración económica ambiental de la oferta y la demanda del recurso hídrico del Bosque Protector Cubilan en la microcuenca Aguilan*. . Obtenido de Repositorio Digital UNL: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5035/1/Pineda%20Armijos%20C%c3%a9sar.pdf>
- Asamblea Nacional. (2014). *LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA*. Obtenido de Registro Oficial Suplemento 305 de 06-ago.-2014: <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADdricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>
- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). *CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008*. Obtenido de Registro Oficial 449, 20-10: https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

- Barstow, C., Bluffstone, R., Silon, K., Linden, K., & Thomas, E. (2019). *A cost-benefit analysis of livelihood, environmental and health benefits of a large scale water filter and cookstove distribution in Rwanda*. Obtenido de *Development Engineering*, 4(100043): <https://doi.org/10.1016/j.deveng.2019.100043>
- Beniston, M. (2003). Climatic Change in Mountain Regions: A Review of Possible Impacts. *Climatic Change*, 59, 5-31. doi:<http://dx.doi.org/10.1023/A:1024458411589>
- Camacho, M. (01 de 12 de 2014). Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. *ANALES*, 1(372). doi:<https://doi.org/10.29166/anales.v1i372.1241>
- Cárdenas, G. (2019). *ANÁLISIS DEL NIVEL DE RIESGO DEL CAMBIO CLIMÁTICO POR DEFORESTACIÓN EN EL PÁRAMO DE CHINGAZA*. Obtenido de UNIVERSIDAD DE AMÉRICA: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/7250>
- Cardona, A. J. (04 de 08 de 2021). *Ecuador: el agua y el cóndor andino convirtieron a Antisana en parque nacional*. Obtenido de MONGABAY: <https://es.mongabay.com/2021/08/ecuador-agua-condor-antisana-parque-nacional/>
- Carrasco, J., Casassa, G., Pizarro, R., & Saravia, M. (2011). *Impactos del Cambio Climático, Adaptación y Desarrollo en las Regiones Montañosas de América Latina*. Obtenido de Ministerio de Relaciones Exteriores, Gobierno de Chile-Alianza para las Montañas-FAO-Banco Mundial: https://www.fao.org/fileadmin/templates/mountain_partnership/doc/Background_paper.pdf
- Carrillo-Rojas, G., Silva, B., Rollenbeck, R., Céleri, R., & Bendix, J. (15 de 02 de 2019). The breathing of the Andean highlands: Net ecosystem exchange and evapotranspiration over the páramo of southern Ecuador. *Agricultural and Forest Meteorology*, 265, 30-47. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.11.006>
- CEPAL. (2020). *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*. Obtenido de Naciones Unidas: <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/objetivos-desarrollo-sostenible-ods>

- Ceruti, M. C. (2016). *Yellowstone Paisaje y Patrimonio*. Obtenido de Repositorio Institucional CONICET Digital: <http://hdl.handle.net/11336/62630>
- Chamorro, K. (2016). *IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS ZONAS DE RECARGA HÍDRICA MEDIANTE HERRAMIENTAS SIG DE LOS ACUÍFEROS LA CARBONERÍA, GUARACZAPAS, YUYUCOCHA Y SANTA CLARA PARA LA PROTECCIÓN DE LAS FUENTES DE APROVISIONAMIENTO DE AGUA EN LA ZONA URBANA DE IBARRA*. Obtenido de UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6920>
- Chávez, C. E. (2016). *Los corredores de conservación: una oportunidad para unir esfuerzos entre la cooperación internacional, Estado y sociedad civil para conservar la biodiversidad. Análisis de factores críticos de éxito en la implementación de corredores*. Obtenido de Repositorio UASB: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/5494/1/T2238-MRI-Mariscal-Los%20corredores.pdf>
- Comunidad Andina. (2010). *EL AGUA DE LOS ANDES UN RECURSO CLAVE PARA EL DESARROLLO E INTEGRACIÓN DE LA REGIÓN*. Obtenido de https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/OtrosTemas/MedioAmbiente/AGUA_DE_LOS_ANDES.pdf
- Cordero, D., & Castro, E. (2001). *Pago por servicio ambiental hídrico. El caso de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH S.A.)*. Obtenido de Revista Forestal Centroamericana Volumen 10, número 36 (octubre-diciembre 2001), páginas 41-45: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10444>
- Coronel, L., & Almeida, M. (01 de 2022). *PLAN ESTRATÉGICO FONAG 2021 -2025*. Obtenido de FONAG: <https://www.fonag.org.ec/web/wp-content/uploads/2022/01/Plan-Estrategico-Fonag-2021-2025-WEB.pdf>
- Correia, M. (2007). Teoría de la conservación y su aplicación al patrimonio en tierra. *Revista De Estudios Sobre Patrimonio Cultural*, 20(2), 202-219. Obtenido de <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/view/8977>

- Díaz, A. A. (2017). Cost-benefits as a Decision Tool for the Investment in Scientific Activities. *Scielo*, 11(2). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2073-60612017000200022
- Díaz, P., Castillo, E., & Ojeda, C. (2018). *HIDRIC RESOURCE PRESSURE IN HIGH MOUNTAIN LAKE ENVIRONMENTS: BETWEEN CLIMATE CHANGE AND ENERGY DEVELOPMENT LAGUNA DEL LAJA, CHILE*. Obtenido de *Diálogo andino*, (55), 143-158: <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-26812018000100143>
- Duque, D. S. (24 de 06 de 2008). Creating a high andean montane forest habitat corridor within a paramo mosaic in northern Ecuador. *Ecología Aplicada*, 7(1), 9-15. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v7n1-2/a02v7n1-2.pdf>
- EMAPS, & FONAG. (2022). *ANUARIO HIDROMETEOROLÓGICO 2021*. Obtenido de RED INTEGRADA DE MONITOREO HIDROMETEOROLÓGICO FONAG - EPMAPS: https://www.fonag.org.ec/web/wp-content/uploads/2022/06/Anuario-2021_Final.pdf
- ENCA. (09 de 2016). *ESTRATEGIA NACIONAL DE CALIDAD DEL AGUA*. Obtenido de https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf
- Esperanza, S. (2020). *PROPUESTA DE RESTAURACIÓN ECOSISTEMICA Corredor ecológico entre la laguna De Las Secas y el Cerro Yeguapamba Zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica Antisana*. Obtenido de Fundación Ecuatoriana de Conservación : <http://www.fsembrandoesperanza.org/es/index.php/proyectos/85-habitat-tambocondor>
- ESRI. (2021). *Ejemplos de Calcular campo*. Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/tables/calculate-field-examples.htm>
- Freile, J. (22 de 03 de 2019). *Aves del Ecuador*. Obtenido de Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.: <https://bioweb.bio/faunaweb/avesweb>

- Hofstede, R., & Mena, P. (2019). *Los beneficios escondidos del páramo: Servicios ecológicos e impacto humano*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/48035247.pdf>
- Hofstede, R., Segarra, P., & Vásquez, P. M. (2003). *Los Páramos del Mundo*. Obtenido de Proyecto Atlas Mundial de los Páramos: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56486.pdf>
- Holgún, J. C. (05 de 06 de 2022). *En Ecuador existen 845 especies de fauna silvestre en riesgo de extinción*. Obtenido de EL COMERCIO: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador-especies-fauna-silvestre-riesgo-extincion.html>
- Jimenez, D. C. (12 de 09 de 2018). *Ecuador ha perdido más de mil hectáreas de páramos por incendios*. Obtenido de Anadolu Agency: <https://www.aa.com.tr/es/mundo/ecuador-ha-perdido-m%C3%A1s-de-mil-hect%C3%A1reas-de-p%C3%A1ramos-por-incendios/1253175>
- Leguia, D., & Moscoso, F. (18 de 03 de 2015). *Análisis de costos de oportunidad y potenciales flujos de ingresos: Una aproximación económica - espacial aplicada al caso del Ecuador*. Obtenido de FlacsoAndes: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55877.pdf>
- Llambí, L., Soto, A., Céleri, R., Bievre, B. d., Ochoa, B., & Borja, P. (Agosto de 2012). *Ecología, Hidrología y suelos de los páramos*. Obtenido de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56478.pdf>
- López, E. I. (06 de 2012). *El cambio climático y la gestión de páramos*. Obtenido de CAMAREN: <https://camaren.org/documents/cambioclimatico.pdf>
- Lozano, P. (2015). *Especies forestales leñosas arbóreas y arbustivas de los bosques montanos del Ecuador*. Obtenido de FLACSOANDES: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55826.pdf>
- MAATE. (03 de 12 de 2018). *Ponce-Palugillo es declarada la primer Área de Protección Hídrica del Ecuador y de la región*. Obtenido de Ministerio del Ambiente, Agua y

Transición Ecológica: <https://www.ambiente.gob.ec/ponce-paluguillo-es-declarada-la-primer-area-de-proteccion-hidrica-del-ecuador-y-de-la-region/>

MAATE. (06 de 05 de 2021). *En Carchi se declaró el Área de Protección Hídrica más grande del Ecuador*. Obtenido de Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica: <https://www.ambiente.gob.ec/en-carchi-se-declaro-el-area-de-proteccion-hidrica-mas-grande-del-ecuador/#:~:text=Las%20%C3%A1reas%20de%20protecci%C3%B3n%20h%C3%AAdrica,y%20actividades%20productivas%20del%20pa%C3%ADs.>

Matinez, T. E. (2016). *Análisis de la gobernanza del Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE) del Ecuador continental*. Obtenido de Repositorio PUCE: <https://core.ac.uk/download/pdf/143441795.pdf>

Mena, P., & Hofstede, R. (2019). *Los beneficios escondidos del páramos: Servicios ecológicos e impacto humano*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/48035247.pdf>

Montaño, D. (18 de julio de 2022). *Estos son los tipos de áreas protegidas que hay en Ecuador*. Obtenido de Medioambiente: <https://gk.city/2022/03/20/tipos-areas-protegidas-en-ecuador/>

Montesdeoca, A. (2022). *ESTABLECIMIENTO DE LAS ÁREAS DE PROTECCIÓN EN LAS FUENTES DE AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS*. Obtenido de UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12318?locale=en>

Mora, J. M., & López, L. I. (2011). El Manejo de la Reserva Biológica Uyuca en el Contexto Nacional y Global del Sistema de Áreas Protegidas. *CEIBA*, 52(1), 39-54. doi:10.5377/ceiba.v52i1.976

Morera, C., Pinto, J., & Romero, M. (2007). *PAISAJE, PROCESOS DE FRAGMENTACIÓN Y REDES ECOLÓGICAS: APROXIMACIÓN CONCEPTUAL*. Obtenido de Corredores biológicos: acercamiento conceptual y experiencia en America, 11-47: <https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Morera->

Beita/publication/256495889_PAISAJE_PROCESOS_DE_FRAGMENTACION_Y_REDES_ECOLOGICAS_APROXIMACION_CONCEPTUAL/links/0deec5231d7ebb5356000000/PAISAJE-PROCESOS-DE-FRAGMENTACION-Y-REDES-ECOLOGICAS-APROXIMACION-CO

Morocho, C. C., & Chuncho, G. (31 de 12 de 2019). Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), 71-83. Obtenido de <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/686>

Múnera, J. D., & Restrepo, F. C. (2004). VALORACIÓN ECONÓMICA DE COSTOS AMBIENTALES: MARCO CONCEPTUAL Y MÉTODOS DE ESTIMACIÓN. *SEMESTRE ECONÓMICO*, 7(13), 160-192. Obtenido de <https://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/1141>

Pacheco, M. A. (2015). *El catastro multifinalitario y su impacto en la recaudación de los impuestos prediales de los Gobiernos Municipales de Latacunga y Pujilí por los bienios 2010-2011 y 2012-2013*. Obtenido de Repositorio UASB: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/4780/6/T1792-MT-Benavides-El%20catastro.pdf>

Pastrana, O. P. (09 de 2011). *ANÁLISIS DE CAMBIO DE USO DE SUELO MEDIANTE PERCEPCIÓN REMOTA EN EL MUNICIPIO DE VALLE DE SANTIAGO*. Obtenido de CentroGeo: <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/41/1/21-2011-Tesis-Pineda%20Pastrana%2C%20Oliva-Maestra%20en%20Geom%C3%A1tica.pdf>

Polling, A. (05 de 2019). *PLAN ESTRATÉGICO 2017-2025*. Obtenido de WWF - ECUADOR: https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/planestrategico_wwfecuador__junio2019_.pdf

Quiroga, F. G., & Soria, J. A. (06 de 10 de 2014). Los corredores ecológicos y su importancia ambiental: propuestas de actuación para fomentar la permeabilidad y conectividad aplicadas al entorno del río Cardeña (Ávila y Segovia). *Observatorio Medioambiental*, 17, 253-298. doi:http://dx.doi.org/10.5209/rev_OBMD.2014.v17.47194

- Ríos-Alvear, G., & Reyes-Puig, C. (24 de 08 de 2015). Corredor ecológico Llanganates-Sangay: Un acercamiento hacia su manejo y funcionalidad. *YACHANA*, 4(2), 11-21. Obtenido de <http://revistas.ulvr.edu.ec/index.php/yachana/article/view/220/176>
- Roberts, C. M., & Hawkins, J. P. (2000). *Reservas marinas totalmente protegidas: una guía*. Obtenido de WWF: <https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/mrgspcolor.pdf>
- Safanelli, J. L., Poppiel, R. R., Ruiz, L. F., Bonfatti, B. R., Mello, F. A., Rizzo, R., & Demattê, J. A. (17 de junio de 2020). *Terrain Analysis in Google Earth Engine: A Method Adapted for High-Performance Global-Scale Analysis*. Obtenido de International Journal of Geo-Information: <https://doi.org/10.3390/ijgi9060400>
- Santos, C. (2011). *Santos, C. (2011). ¿ Qué protegen las áreas protegidas?: conservación, producción, Estado y sociedad en la implementación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas*. Obtenido de Ediciones Trilce: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=BztldYTCD5gC&oi=fnd&pg=PA11&dq=primer+area+de+conservacion+hidrica+en+el+mundo&ots=krKDp47T4V&sig=sUenx8XYlymBBVI4valWI_4aFiw#v=onepage&q&f=false
- Sicha, T., & Toledo, Y. (2020). *Uso del análisis costo-beneficio en la evaluación de proyectos de agua potable desde una perspectiva social*. Obtenido de Universidad Tecnológica del Perú: https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3873/Tania%20Sicha_Yerson%20Toledo_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2020.pdf?sequence=1
- SIGTIERRAS. (2004). *Catastro*. Obtenido de Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica : <http://www.sigtierras.gob.ec/catastro-rural/#:~:text=El%20Catastro%20Rural%20es%20el,decisiones%20cruciales%20sobre%20el%20territorio>.
- Sorgato, V. (07 de 08 de 2018). *Primer corredor de conectividad en Ecuador a punto de ser declarado*. Obtenido de MONGABAY: <https://es.mongabay.com/2018/08/ecuador-primer-corredor-de-conectividad-area-protegida/>

- Torres, J. P. (2017). *INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODDAZI*. Obtenido de ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LAS COBERTURAS Y USOS DEL SUELO DE LA RESERVA FORESTAL PROTECTORA- PRODUCTORA "CASABLANCA" EN MADRID CUNDINAMARCA ENTRE LOS AÑOS 1961 Y 2015: APORTES PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL MUNICIPAL: https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files_ciaf/Veloza-Torres-Jenny-Patricia.pdf
- UNGR. (03 de 06 de 2021). *ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO EN LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE*. Obtenido de Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres: https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/32590/AnalisisCosto_Beneficio_GRD_Articulo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vicente, M. G., & Valencia, P. J. (2008). Evidencias sobre la eficacia de los corredores ecológicos: ¿Solucionan la problemática de fragmentación de hábitats? *Observatorio Medioambiental*, 11, 171-183. Obtenido de <https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/OBMD0808110171A>
- Vicente, M. S., & Lozano, P. (2008). *Evidencias sobre la eficacia de los corredores ecológicos: ¿Solucionan la problemática de fragmentación de hábitats?* Obtenido de *Observatorio Medioambiental*, 11, 171-183.
- Villacis, C. J. (2013). *Plan de desarrollo económico, turístico y ambiental del cantón Cuyabeno de la provincia de Sucumbios*. Obtenido de Repositorio ESPOL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/97397/D-95309.pdf>
- Vistín-Guamantaqui, D., & Espinoza-Castillo, D. D. (15 de octubre de 2021). Estructura y Diversidad de Especies Arbóreas del Bosque Siempreverde Montano Alto del Parque Nacional Sangay-Ecuador. *Dominio de las ciencias*, 7(6), 1406-1430. doi:<http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i6.2401>
- WCS. (18 de 07 de 2020). *El Sistema Nacional de Áreas Protegidas en Ecuador*. Obtenido de WCS ECUADOR: <https://ecuador.wcs.org/es->

es/Recursos/Noticias/articleType/ArticleView/articleId/14605/EI-Sistema-Nacional-de-Areas-Protegidas-en-Ecuador.aspx

- Wolf, J., Hunter, P., Freeman, M., Cumming, O., Clasen, T., Bartram, J., . . . Pruss-Ustun, A. (2018). *Impact of drinking water, sanitation and handwashing with soap on childhood diarrhoeal disease: updated meta-analysis and meta-regression*. Obtenido de Tropical Medicine & International Health, 23(5), 508-525: <https://doi.org/10.1111/tmi.13051>
- Zambrano, R. H. (2015). *VIII Jornadas Académicas de Patrimonio y Turismo Compartiendo lo nuestro con el mundo*. Obtenido de Breve historia y perspectivas para el futuro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP): https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/43559540/Memorias_de_las_VIII_Jornadas_de_Patrimonio_yTurismo._ESPAM_MFL_Final_opt.pdf?1457558062=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDESCUBRIENDO_EL_GEOTURISMO_EN_MANABI_DIS.pdf&Expires=1675911208&Sign

Apéndices