



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE POTENCIAL HIDROLÓGICO, COMO INDICADOR PARA LA PROTECCIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA EN EL ÁREA PRIORIZADA POR LOS ACUERDOS MUTUOS POR EL AGUA (AMA) EN LA SUBCUENCA DEL RÍO YANUNCAY”

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniero Ambiental

AUTORES: KATHERINE FERNANDA CHUÑIR GALARZA

ANGEL MAURICIO URGILES CARRILLO

TUTORA: ING. PAOLA JACKELINE DUQUE SARANGO, PHD.

Cuenca"- Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros. Katherine Fernanda Chuñir Galarza con documento de identificación N° 0107051690 y Angel Mauricio Urgiles Carrillo con documento de identificación N° 0106706286; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 04 de julio del 2022.

Atentamente,



Katherine Fernanda Chuñir Galarza

0107051690



Angel Mauricio Urgiles Carrillo

0106706286

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Katherine Fernanda Chuñir Galarza con documento de identificación N° 0107051690 y Angel Mauricio Urgiles Carrillo con documento de identificación N° 0106706286, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Trabajo experimental: “Determinación del índice potencial hidrológico, como indicador para la protección de las fuentes de agua en el área priorizada por los Acuerdos Mutuos por el Agua (AMA) en la subcuenca del río Yanuncay”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 04 de julio del 2022.

Atentamente,



Katherine Fernanda Chuñir Galarza

0107051690



Angel Mauricio Urgiles Carrillo

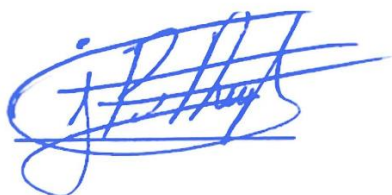
0106706286

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Paola Jackeline Duque Sarango con documento de identificación N° 1104257835, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE POTENCIAL HIDROLÓGICO, COMO INDICADOR PARA LA PROTECCIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA EN EL ÁREA PRIORIZADA POR LOS ACUERDOS MUTUOS POR EL AGUA (AMA) EN LA SUBCUENCA DEL RÍO YANUNCAY”, realizado por Katherine Fernanda Chuñir Galarza con documento de identificación N° 0107051690 y por Angel Mauricio Urgiles Carrillo con documento de identificación N° 0106706286, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental, que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 04 de julio del 2022

Atentamente,



Ing. Paola Jackeline Duque Sarango, PhD.

1104257835

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada principalmente a Dios quien ha sido mi guía y fortaleza para conseguir este logro mas en mi vida.

A mi madre Carmen, quien fue uno de mis pilares fundamentales para lograr este sueño y ahora es un ángel que desde el cielo me ve cumplir cada uno, tu recuerdo siempre está conmigo, de igual manera a mi padre Octavio quien con su amor, cariño, paciencia y esfuerzo me ha permitido convertirme en la persona que soy.

A Henry, por su cariño y apoyo incondicional, gracias por ser el primero en creer en mí y por enseñarme a ser valiente y a nunca rendirme.

A mi amigo Mauri, por brindarme una amistad incondicional y sincera, por estar en las buenas y en las malas en este transcurso de mi vida.

Finalmente, a todas las personas que me han apoyado, amigos, familia quienes han estado junto a mí a lo largo de este camino.

Katherine Chuñir Galarza.

DEDICATORIA

A Dios por haberme guiado e iluminado siempre a lo largo de mi vida especialmente en mi etapa de estudios

A mis padres Carmen y Ramiro, por apoyarme en cada etapa que viví, gracias a ustedes he podido superarme día a día, tanto como profesional y como persona, siendo base fundamental para salir adelante en los momentos difíciles que hemos tenido que afrontar durante todo este período tiempo

A mis hermanas (Mónica, Laydi, Fanny, Nuvia) y hermanos (Patricio, Danny, Sebastian) por su apoyo y motivación incondicional en cada etapa importante de mi vida

A mi novia María por su cariño y apoyo incondicional, tus palabras de aliento me motivaron a ser mejor cada día.

A mi amiga Katy, por brindarme una amistad incondicional y sincera, por estar en las buenas y en las malas en este transcurso de mi vida.

Mauricio Urgiles Carrillo

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por la fortaleza y paciencia que con su amor a sabido guiarnos por el sendero correcto todo este tiempo permitiéndonos alcanzar con éxito este sueño.

A nuestros padres y hermanos que nos apoyaron y creyeron en nosotros, por su amor incondicional que ayudaron a culminar este logro durante todo este tiempo de carrera universitaria.

A nuestro amigo William, por brindarnos una amistad incondicional y sincera, por estar en las buenas y en las malas en este transcurso de nuestra vida.

Agradecemos a los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana por haber compartido sus conocimientos a lo largo de nuestra preparación universitaria, de manera especial, a la master Paola Duque tutora del proyecto de investigación quien nos a guiado con su paciencia y su rectitud como docente.

Agradecemos a la empresa ETAPA EP en especial a los ingenieros, Omar Chicaiza, Geovanny Loja, Julissa Lucero y Lennin Álvarez por el apoyo brindado y darnos la oportunidad de realizar esta investigación en sus instalaciones.

Katherine Chuñir

Mauricio Urgiles

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el área priorizada de Acuerdos Mutuos por el Agua en la subcuenca del río Yanuncay, perteneciente a las parroquias San Joaquín y Baños, cantón Cuenca, provincia del Azuay Ecuador, tuvo como finalidad aplicar la metodología del Índice Potencial Hidrológico (IPH) para determinar el potencial hídrico y así contribuir a la toma de decisiones a futuro dentro del área de estudio, donde se identificaron que las actividades antrópicas han alterado y deteriorado las zonas de conservación. Para el diagnóstico de la problemática se realizaron varias visitas de campo con el fin de identificar qué actividades son las que están ocasionando la reducción de los bosques, constatando que la actividad que causa mayor afectación es la deforestación de las zonas para aumentar las áreas de pastizales y por ende la producción ganadera.

Por ello se realizó un análisis multitemporal de los años 2010 y 2017, a través de mapas de cobertura vegetal que fueron proporcionados por el departamento de la subgerencia de Gestión Ambiental de ETAPA EP, en el cual se analizó los cambios de la cobertura vegetal y uso de suelo que han sufrido durante ese período de tiempo. Así mismo para establecer el grado de conservación se calculó el IPH del área priorizada AMA, asignando valores de 0 a 1 de acuerdo al tipo de cobertura vegetal que se encuentre en la zona.

Para determinar la oferta y demanda hídrica se realizó aforos en tres puntos del área de estudio mediante el uso de un molinete con los datos obtenidos se procesó en el programa de la Red Hidrometeorológica Unificada del río Paute (RHUP), la misma que es manejada por ETAPA EP, conociéndose así el caudal real del área de estudio.

Palabras clave: AMA, IPH, actividades antrópicas, cobertura vegetal, potencial hidrológico.

SUMMARY

The present research work was carried out in the prioritized area of Mutual Agreements for Water in the sub-basin of the Yanuncay river, belonging to the parishes of San Joaquin and Baños, canton Cuenca, province of Azuay Ecuador, was aimed at applying the methodology of the Hydrological Potential Index (HPI) to determine the water potential and thus contribute to future decision-making within the study area, where it was identified that anthropic activities have altered and deteriorated conservation areas. For the diagnosis of the problem, several field visits were made to identify which activities are causing the reduction of forests, noting that the activity that causes the greatest impact is deforestation of the areas.

Therefore, a multitemporal analysis of the years 2010 and 2017 was carried out, through vegetation cover maps that were provided by the department of the Environmental Management sub-department of ETAPA EP, which analyzed the changes in vegetation cover and land use that have occurred during that period of time. Likewise, to establish the degree of conservation, the HPI of the AMA priority area was calculated, assigning values of 0 to 1 according to the type of vegetation cover found in the area.

To determine the supply and demand water capacity was made in three points of the study area by using a windlass with the data obtained was processed in the program of the Unified Hydrometeorological Network of the Paute river (RHUP), the same that is managed by STAGE EP, thus knowing the actual flow of the study area.

Keywords: AMA, IPH, anthropic activities, plant cover, hydrological potential.

ÍNDICE

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	IV
RESUMEN	VIII
SUMMARY	IX
CAPÍTULO I	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PROBLEMÁTICA.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	2
CAPÍTULO II.....	3
2.1. MARCO LEGAL	3
2.1.1. Constitución de la República del Ecuador	3
2.1.2. Ley Orgánica de Recursos Hídricos	4
2.1.2.1. Usos y Aprovechamiento del Agua	4
2.1.3. Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo.....	4
2.2. MARCO TEÓRICO	5
2.2.1. Estructura morfométrica de una Cuenca.....	5
2.2.2. Elementos naturales importantes de una Cuenca Hidrográfica	5
2.2.3. Partes de una cuenca hidrográfica.....	6
2.2.4. Distribución de una Cuenca Hidrográfica.....	7
2.2.5. Componentes del modelo de una cuenca hidrográfica	8
2.2.6. Área de recarga hídrica	9
2.2.7. Zonas protegidas	9
2.2.8. Páramo	10
2.2.9. Bosque de ribera	11
2.2.10. Bosque nativo.....	12

2.2.11. Bosque endémico	13
2.2.12. Cobertura Vegetal	14
2.2.13. Humedales.....	15
2.2.14. Afloramiento rocoso	16
2.2.15. Área priorizada por los Acuerdos Mutuos por el Agua (AMA)	16
2.2.16. Uso de suelo.....	17
2.2.17. Zonas de vida según Holdridge.....	17
2.2.18. Índice potencial hidrológico (IPH)	18
2.2.18.1. Criterios para determinar el IPH	19
2.2.19. Potencial de regulación hidrológica de la vegetación de interés para la provisión del servicio ambiental hidrológico	22
CAPITULO III.....	23
3. METODOLOGÍA.....	23
3.1. Delimitación de la zona de interés	23
3.2. Selección del área de interés para el estudio.....	24
3.3. Análisis de la cartografía de los años 2010 – 2017.....	24
3.4. Elaboración del mapa preliminar	24
3.5. Análisis Multitemporal	24
3.5.1. Clases de cobertura vegetal.....	25
3.6. Caracterización del uso actual de suelo y la vegetación	25
3.7. Índice potencial hidrológico	26
3.8. Oferta y demanda hídrica real.....	27
3.9. Costo de oportunidad	27
3.10. Valor de la protección de la vegetación proveedora del servicio ambiental hidrológico.....	28
CAPITULO IV.....	28
4. RESULTADOS.....	28
4.1. Mapa preliminar de la zona priorizada AMA	28

4.2.	Mapa final obtenido de la delimitación del AMA	29
4.3.1.	Cobertura vegetal	29
4.3.1.1.	Cobertura vegetal año 2010	32
4.3.1.2.	Cobertura vegetal año 2017	35
4.3.2.	Estudio de las diferentes clases de vegetación de los años 2010 al 2017 del área prioritizada AMA.....	39
4.4.	Caracterización del uso actual del suelo y vegetación.....	51
4.4.1.	Promedios anuales de precipitación y temperatura.....	51
4.5.	Índice de Protección Hidrológico (IPH)	54
4.5.1.	Importancia de la categorización de la cobertura vegetal para proveer el servicio ambiental hidrológico	57
4.6.	Oferta y demanda hídrica real.....	59
4.6.1.	Oferta hídrica	59
4.6.2.	Demanda hídrica	65
4.7.	Cálculo del potencial de regulación hidrológica de la vegetación de interés para la provisión del servicio ambiental hidrológico	66
4.8.	Costo de oportunidad	66
4.9.	Cálculo del valor de la protección de la vegetación proveedora del servicio ambiental hidrológico	67
4.10.	CONCLUSIONES.....	69
4.11.	RECOMENDACIONES	70
4.12.	BIBLIOGRAFÍA	71
5.	ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.
5.1.	ANEXO 1.....	¡Error! Marcador no definido.
-	Fotografías de las diferentes actividades realizadas	¡Error! Marcador no definido.
5.2.	ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.
	Oferta y Demanda hídrica	¡Error! Marcador no definido.

INDICE DE TABLAS

- Tabla 3.1. Clases de cobertura vegetal.....; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla 3.2. Zonas de vida en el área de estudio; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla 4.3. Cobertura vegetal del AMA año 2010.....; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla 4.4. Cobertura vegetal año 2017; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla 4.5. Diferencia de la Cobertura Vegetal entre el año 2010 – 2017; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla 4.6. Cobertura vegetal que reemplaza al área de pajonal 2010-2017 .; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla 4.7. Cobertura vegetal que reemplaza el Bosque nativo 2010-2017 ..; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla 4.8. Cobertura vegetal que reemplaza al pasto degradado 2010-2017; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla 4.9. Cobertura vegetal que reemplaza el área quemada 2010-2017 ...; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla 4.10. Cobertura vegetal que reemplaza al área poblada 2010-2017 ...; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla 4.11. Cobertura vegetal que reemplaza a las vías 2010-2017.....; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla 4.12. Cobertura vegetal que reemplazo a los humedales 2010-2017...; **Error! Marcador no definido.**
- Tabla 4.13. Promedios anuales de precipitación y temperatura.....; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 4. 14. Simbología de la cobertura vegetal e índices de protección hidrológicos propuestos; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 4.15. Tipos de cobertura vegetal e Índices de Protección Hidrológico propuestos; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 4.16. Criterios, indicadores y puntuación propuestos para ajustar el IPH de la vegetación de la subcuenca.....; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 4.17. Categorías de importancia de la vegetación para la provisión del servicio ambiental hidrológico y rango; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 4.18. Procesamiento de aforos Pucán; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 4.19. Resultado del caudal calculado; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 4.20. Procesamiento de aforos Soldados; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 4.21. Resultado del caudal calculado; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 4.22. Procesamiento de aforos estación meteorológica Izhcairrumi ..; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 4.23. Resultado del caudal calculado; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 4.24. Cálculo de la demanda hídrica; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 4.25. Promedio del costo de oportunidad; **Error! Marcador no definido.**

INDICE DE MAPAS

Mapa 3.1. Ubicación del área de estudio AMA.....	¡Error! Marcador no definido.
Mapa 4.2. Mapa preliminar del Área priorizada de los acuerdos mutuos por el agua (AMA)	¡Error! Marcador no definido.
Mapa 4.3. Mapa final del área priorizada del (AMA)	¡Error! Marcador no definido.
Mapa 4.4. Cobertura vegetal año 2010	¡Error! Marcador no definido.
Mapa 4.5. Cobertura vegetal año 2017	¡Error! Marcador no definido.
Mapa 4.6. Área de pajonal 2010 al 2017	¡Error! Marcador no definido.
Mapa 4.7. Bosque nativo Año 2010-2017	¡Error! Marcador no definido.
Mapa 4.8. Pasto degradado 2010-2017.....	¡Error! Marcador no definido.
Mapa 4.9. área quemada año 2010-2017	¡Error! Marcador no definido.
Mapa 4.10. Área poblada 2010-2017.....	¡Error! Marcador no definido.
Mapa 4.11. Vías 2010-2017.....	¡Error! Marcador no definido.

Mapa 4.12. Almohadillas o humedales 2010 y 2017.....;Error! Marcador no definido.

Mapa 4.13. Isoyetas del área de estudio, ETAPA EP.....;Error! Marcador no definido.

Mapa 4.14. Isotermas del área de estudio, ETAPA EP;Error! Marcador no definido.

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Cuenca Hidrográfica.....;Error! Marcador no definido.

Figura 2.2. Gráfico de las partes de una Cuenca Hidrográfica .;Error! Marcador no definido.

Figura 2.3. División de una cuenca hidrográfica;Error! Marcador no definido.

Figura 2.4. Área de Recarga Hídrica;Error! Marcador no definido.

Figura 2.5. Área protegida AMA;Error! Marcador no definido.

Figura 2.6. Páramo.....;Error! Marcador no definido.

Figura 2.7. Bosque de ribera.....;Error! Marcador no definido.

Figura 2.8. Bosque nativo;Error! Marcador no definido.

Figura 2.9. Bosque endémico.....;Error! Marcador no definido.

Figura 2.10. Cobertura vegetal.....;Error! Marcador no definido.

Figura 2.11. Humedales.;Error! Marcador no definido.

Figura 2.12. Afloramiento rocoso; **Error! Marcador no definido.**

Figura 2.13. Uso de suelo; **Error! Marcador no definido.**

Figura 2.14. Zonas de vida según Holdridge; **Error! Marcador no definido.**

Figura 2.15. Índice potencial hidrológico (IPH); **Error! Marcador no definido.**

Figura 4.16. Tipos de cobertura vegetal; **Error! Marcador no definido.**

Figura 4.17. Tipos de cobertura vegetal; **Error! Marcador no definido.**

Figura 4.18. Tipos de cobertura vegetal; **Error! Marcador no definido.**

Figura 4.19. Tipos de cobertura vegetal; **Error! Marcador no definido.**

Figura 4.20. Aforo con molinetes en la estación meteorológica Pucán...; **Error! Marcador no definido.**

Figura 4.21. Caja porta equipo; **Error! Marcador no definido.**

Figura 4.22. Equipo utilizado para el aforamiento (molinete)..; **Error! Marcador no definido.**

Figura 3.23. Punto de muestreo de la estación Meteorológica y limnigráfica de Pucán ; **Error! Marcador no definido.**

Figura 4.24. Punto de muestreo de la Estación Pluviográfica Soldados...; **Error! Marcador no definido.**

Figura 4.25. Punto de muestreo de la Estación Meteorológica Izhcairrumi ..; **Error! Marcador no definido.**

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

América Latina es conocida por su riqueza en recursos hídricos, sin embargo, el mal manejo y distribución ha generado su disminución en diferentes partes del territorio (Guzmán Arias & Calvo Alvarado, 2013).

Ecuador al estar situado en los Andes, cuenta con 31 Sistemas Hidrográficos (Albarracín, 2019). No obstante, en estas dos últimas décadas se han evidenciado pérdidas de este recurso, siendo la razón principal el crecimiento demográfico, según (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2020), el país contaba para el año 2010 con una población de 15 millones de habitantes, sin embargo con el paso del tiempo la población ha incrementado el 1.95%, llegando a ser 17 millones de habitantes aproximadamente (Villacís & Carrillo, 2012), esto ha generado graves consecuencias ambientales como, pérdida de bosques de ribera, erosión, deslizamiento del suelo, etc., llevando a un desabastecimiento de agua (Guzmán & Calvo, 2012). Además, es importante observar y cuantificar los daños al ambiente que perjudican la calidad y conservación de este recurso ya que pueden verse modificadas por causas naturales o por factores antrópicos (P. Duque, Montalvo, Robles, & Gonzalez, 2020)

En el Azuay provincia del Ecuador, existe una gran cantidad de fuentes hídricas, las cuales están formados por los ríos: Paute, Jubones, Cañar y Naranjal (Martínez, 2012). En la ciudad de Cuenca existe una de las subcuencas importantes que es el río Yanuncay, que inicia en el Macizo del Cajas y desemboca en el río Tomebamba (Segarra, 2016), en una existencia total de 41998.1 ha, el Macizo del Cajas está conformado por un conjunto de lagunas, las cuales están conformadas la mayor parte por ecosistemas de páramos, que al estar ubicadas en zonas de difícil acceso se mantenían en un buen estado de conservación hasta hace algunos años (Cocha Pallo, 2009).

El presente estudio tiene como fin la aplicación de la metodología del Índice Potencial Hidrológico (IPH), para conocer el potencial hídrico de la zona, conformada por los Acuerdos Mutuos por el Agua (AMA) que se encuentra en las comunidades Soldados y Sustag, las cuales se benefician directamente del río Yanuncay (Chicaiza, 2014), esta área se

encuentra amenazada por varias actividades antropogénicas, por ende una vez finalizado el estudio se podrá ayudar a gestionar, realizar e invertir en acciones ambientales para el cuidado y conservación del agua.

1.2. PROBLEMÁTICA

La desigualdad en el consumo de este recurso ha generado inconvenientes graves a nivel global, por ende se ha visto de manera obligatoria el cuidado y conservación del agua (UNESCO, 2019).

Dentro del área priorizada AMA, estrategia de conservación establecida por el (Programa Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas para la Protección del Agua, 2013) - MICPA, creada por la empresa (ETAPA EP, 2017) en el departamento de la subgerencia de Gestión Ambiental, se ha registrado actividades antropogénicas como es la deforestación, apertura de caminos vecinales y vías, uso de antibióticos, exceso de ganadería y agricultura, crecimiento demográfico, nula o escasa vegetación en las riberas, turismo, deportes extremos (ciclismo, motocross), bosques introducidos, ver anexo 1 , etc., (Loja, 2013), todo esto se ha producido por la falta de capacitación y acompañamiento técnico.

De igual manera estas actividades han afectado negativamente a la fauna y flora nativa lo que ha generado una alteración del potencial hídrico. Con todos estos argumentos se puede observar que existe un ecosistema degradado debido a la deforestación de bosques nativos y ribera. Por ende, en el siguiente estudio se determinó el Índice Potencial Hidrológico el cual beneficiara a la toma de decisiones a futuro, para determinar diferentes estrategias del cuidado y conservación del agua.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Utilizar el método del Índice Potencial Hidrológico el cual determina el potencial hídrico y la toma de decisiones a futuro en el área priorizada AMA, en la subcuenca Yanuncay.

1.3.2. Objetivo específico

- Identificar los cambios de vegetación en el área de estudio mediante la cartografía de los años 2010-2017.
- Establecer el grado de conservación del área priorizada por los Acuerdos Mutuos por el Agua (AMA), en base al Índice Potencial Hidrológico.
- Cálculo de la oferta y demanda hídrica.

CAPÍTULO II

2.1. MARCO LEGAL

Dentro del presente estudio, se pretende tomar como referencia el marco legal que rige en cuanto a recursos hídricos, uso de suelo y declaración de áreas protegidas.

2.1.1. Constitución de la República del Ecuador

Art. 411.- “El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua” (Constitución-del-Ecuador, 2008).

Art. 412.- “La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico” (Constitución-del-Ecuador, 2008).

Art. 405.- “El sistema nacional de áreas protegidas garantizará la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas. El sistema se integrará por los subsistemas estatal, autónomo descentralizado, comunitario y privado, y su rectoría y

regulación será ejercida por el Estado. Además, el Estado asignará los recursos económicos necesarios para la sostenibilidad financiera del sistema, y fomentará la participación de las comunidades, pueblos y nacionalidades que han habitado ancestralmente las áreas protegidas en su administración y gestión” (Constitución-del-Ecuador, 2008).

2.1.2. Ley Orgánica de Recursos Hídricos

2.1.2.1. Usos y Aprovechamiento del Agua

Art. 8.- “Gestión integrada de los recursos hídricos. La Autoridad Única del Agua es responsable de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos con un enfoque ecosistémico y por cuenca o sistemas de cuencas hidrográficas, la misma que se coordinará con los diferentes niveles de gobierno según sus ámbitos de competencia”.

“Se entiende por cuenca hidrográfica la unidad territorial delimitada por la línea divisoria de sus aguas que drenan superficialmente hacia un cauce común, incluyen en este espacio poblaciones, infraestructura, áreas de conservación, protección y zonas productivas”.

“Cuando los límites de las aguas subterráneas no coinciden con la línea divisoria de aguas superficiales, dicha delimitación incluirá la proyección de las aguas de recarga subterráneas que fluyen hacia la cuenca delimitada superficialmente”.

“La Autoridad Única del Agua aprobará la delimitación concreta de las cuencas hidrográficas y su posible agrupación a efectos de planificación y gestión, así como la atribución de las aguas subterráneas a la cuenca que corresponda”.

“La gestión integrada e integral de los recursos hídricos será eje transversal del sistema nacional descentralizado de planificación participativa para el desarrollo” (Secretaría del Agua, 2014).

2.1.3. Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo

Art. 19, Numeral 4.- “Suelo rural de protección. Es el suelo rural que, por sus especiales características biofísicas, ambientales, paisajísticas, socioculturales, o por presentar factores de riesgo, merece medidas específicas de protección. No es un suelo apto para recibir actividades de ningún tipo, que modifiquen su condición de suelo de protección, por lo que se

encuentra restringida la construcción y el fraccionamiento. Para la declaratoria de suelo rural de protección se observará la legislación nacional que sea aplicable” (LOOTUGS, 2016).

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Estructura morfométrica de una Cuenca

Son terrenos superficiales los cuales están limitados por cumbres, cordilleras o laderas, ahí es donde se desarrollan los sistemas de agua, que provienen de la lluvia, el cual son desembocados en riachuelos o ríos principales los cuales se conectan con el océano (P. Duque, Rivadeneira, & Delgado, 2019).



Figura 2.1. Cuenca Hidrográfica

Fuente: Autores

2.2.2. Elementos naturales importantes de una Cuenca Hidrográfica

2.2.2.1. Agua

Líquido vital, el cual ayuda al desarrollo de las diferentes especies de flora y fauna, es considerado un recurso no renovable. Su estado de conservación y calidad depende de los ecosistemas en los que se encuentra (I. Pérez, 2012).

2.2.2.2. Suelo

Capa superficial del terreno, que tiene como función mantener el equilibrio de los ecosistemas, ya que cumple como filtros y amortiguadores de los recursos hídricos, el cual favorece la buena calidad del agua (Durán, Rodríguez, Cuadros, & Francia, 2014).

2.2.2.3. Clima

Es un factor determinante que actúa en una cuenca hidrográfica, las cuales define el nivel de temperatura, pluviosidad, radiación, entre otros fenómenos climatológicos, que influye en el desarrollo de un buen ecosistema (Mayra, García, Magdalena, & Domínguez, 2015).

2.2.2.4. Vegetación

Capa de vegetación natural, que regula el sistema hidrológico de las cuencas, debido a la fase de evapotranspiración y a la acción de amortiguamiento, el cual ayuda a proteger de los impactos directos de la lluvia al suelo evitando su erosión (Bernal & Prado, 2015).

2.2.2.5. Topografía y pendiente

La superficie del terreno permite que el agua fluya de manera controlada y adquiera determinadas velocidades, esto permite aprovechar el agua y suelo ya sean en áreas planas o con pendiente y así evitar o disminuir la erosión de los suelos (Faustino, Vásquez, & Mejía, 2016).

2.2.2.6. Fauna

Grupo conformado por diferentes tipos de animales que ocupan un espacio en una cuenca, las cuales son indispensables para mantener el equilibrio ecosistémico y establecer relaciones simbióticas (Paggi, 2004).

2.2.3. Partes de una cuenca hidrográfica

Se dividen según su alto andino como se observa en la figura 2.1:

2.2.3.1. Cuenca Alta

Zonas adyacentes en donde nacen los primeros cuerpos de agua, presenta un sistema montañoso en la parte alta de la cuenca. Estas áreas comprenden elevaciones superiores a los

6400 msnm y una precipitación anual de 1500 mm por año (Faustino et al., 2016). La topografía de estas áreas es desnivelada y con altas pendientes en consecuencia tienen mayor probabilidad de ser afectadas por erosiones. Esta parte alta de la cuenca es importante protegerla y cuidarla para preservar el suministro de agua a las partes medias y bajas de forma superficial o subterránea (P. Duque et al., 2020).

2.2.3.2. Cuenca Media

Son áreas generalmente con pendientes altas, comprenden una altura de 2950 msnm aproximadamente, con precipitaciones promedio de 790 mm por año. Esta parte cuenta principalmente con la escorrentía del agua. Además, estas zonas se ubican en valles interandinos, que se caracterizan por tener bajas temperaturas durante casi todo el año (Marin, 1993).

2.2.3.3. Cuenca Baja

Cuenta principalmente con la característica de una topografía plana. Alcanza una altura desde el nivel de mar hasta 800 msnm, además tiene una precipitación promedio <100 mm por año (Faustino et al., 2016). Al estar cerca de los mares tiene pendientes bajas, de igual manera consta de amplios valles costeros, en esta parte es en donde los cauces desembocan en el río receptor. Asimismo, en esta zona es donde se desarrolla actividades agropecuarias y cuentan con un alto potencial de aguas subterráneas (Cuevas, Bunge, Cotler, & Garrido, 2010).

2.2.4. Distribución de una Cuenca Hidrográfica

La distribución de estos sitios está determinada por la red de drenaje y su importancia. Además, se realiza las divisiones de la red hídrica de tres formas: microcuenca, subcuenca y quebradas (Villalobos, Hernández, Guillermo, & Paz, 2004).

2.2.4.1. Subcuenca

Son áreas hidrográficas de extensiones entre 5-50 mil hectáreas. Estas superficies de terreno cuentan con escorrentías superficiales que fluyen a través de ríos o lagos que desembocan en un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente (Ordóñez, 2011).

2.2.4.2. Microcuencas

Son áreas de aguas superficiales con extensiones entre 3 a 5 mil hectáreas, que desembocan a una red hidrográfica natural, constan de caudales continuos, cuentan con un área de drenaje menor a 500 km² (Duque-Sarango, Patiño, & López, 2019), estas microcuencas al dar un recorrido extenso al final llegan a conectarse a una subcuenca. En si las microcuencas son los componentes primordiales de la planeación ya que por tener una área pequeña es posible trabajar, de igual manera permite medir los indicadores de sustentabilidad en los mapas (Sanchez, García, & Palma, 2016).

2.2.4.3. Quebradas

Son pequeños ríos con caudales poco profundos, el cual su desembocadura va directo a una microcuenca (Sanchez et al., 2016), asimismo el área de drenaje, descarga y longitud son menores a la de una microcuenca. Estas quebradas regularmente se encuentran ubicadas a más de 3000 msnm, de igual manera cuentan con diferentes características morfológicas e hidrológicas como cauces angostos, con alta pendiente y caudales torrentosos (Segnini & Chacón, 2014).

2.2.5. Componentes del modelo de una cuenca hidrográfica

Los componentes del modelo de una cuenca son: abstracción hidrológica, precipitación y escurrimiento.

2.2.5.1. Abstracción hidrológica

Son métodos físicos que actúan para disminuir la precipitación total a precipitación efectiva. Existen varios procesos por los cuales la precipitación es abstraída por la cuenca estas son: incertidumbre, infiltración, almacenaje de superficie, evaporación y evapotranspiración (Patiño & López, 2017).

2.2.5.2. Precipitación

Son fenómenos meteorológicos producidos por la caída de agua en diferentes formas como, lluvia, granizo, niebla, etc. Para medir este fenómeno se utiliza un instrumento meteorológico denominado pluviómetro el cual mide la cantidad de agua en sus diferentes formas (Patiño & López, 2017).

2.2.5.3. Escurrimiento

Ocurre cuando la lluvia cubre y recorre los diferentes tipos de terreno. Además, estos pueden llegar a hacer impermeables debido a las acciones de los humanos como suelos asfaltados, calles de concreto, entre otros evitando la infiltración del agua hacia el suelo, generando problemas ambientales como erosiones, inundaciones, etc. (Henríquez, Azócar, & Aguayo, 2006).

2.2.6. Área de recarga hídrica

Estas áreas se ubican a una altura de 2800 a 4200 msnm, generalmente son suelos planos o ligeramente ondulados que reducen la escorrentía proveniente de la precipitación, esta parte de la cuenca, se conecta a los cauces de agua procedentes de la infiltración de la lluvia, por aguas superficiales y acuíferos, por lo tanto estas zonas tienen mayor permeabilidad (S. Duque & Hernández, 2020).

2.2.7. Zonas protegidas

Son áreas preservadas específicamente para el cuidado de la biodiversidad, el cual está reconocido y gestionado, a través de entidades regidas en las leyes ambientales para lograr su subsistencia y servicios ecosistémicos a largo plazo (UICN, 2011). De igual manera estas áreas representan una alta importancia dentro del desarrollo sustentable y sostenible de las poblaciones locales ya que dependen principalmente de los recursos naturales para su persistencia (Dudley, 2008).



Figura 2.2. Área protegida AMA

2.2.8. Páramo

Son ecosistemas frágiles, semihúmedos y fríos que son considerados lugares de alta importancia ya que pueden almacenar y regular grandes cantidades de agua. En Ecuador están ubicados a una altura de 3300 msnm formando un corredor intacto en la Cordillera de los Andes, cubren el 8% de territorio aproximadamente, además proporcionan la estabilización del clima, ciclo hidrológico y el desarrollo económico y sociocultural de la localidad (Chuncho Morocho & Chuncho, 2019). Las actividades antropogénicas como la producción agrícola, explotación ganadera, plantaciones forestales con fines madereros, minería, uso inadecuado de los recursos hídricos y el crecimiento poblacional, representan riesgos severos para la integridad de los páramos, algunos fenómenos relacionados con el cambio climático (aumento de temperatura, precipitaciones descontroladas y períodos nubosos) pueden aumentar la presión e incrementar los impactos tanto en la estructura como en la función del páramo de la misma manera como en sus aspectos sociales y culturales (Orozco, 2019).

2.2.8.1. Importancia de los páramos

Su importancia biológica radica por la capacidad de tener flora y fauna nativa que debido a sus características climáticas como bajas temperaturas han resultado que la mayor parte de plantas y animales se encuentren solo en los páramos (Vásconez, Medina, & Hofstede, 2001).

Su importancia hidrológica es de vital importancia ya que la mayor parte de la población de nuestro país depende del agua de páramo ya sea de forma directa o indirectamente (Vásconez et al., 2001).



Figura 2.3. Páramo

Fuente: Autores

2.2.9. Bosque de ribera

Son agrupaciones arbóreas que crecen en los bordes de los ríos, debido a que dichas zonas conservan la humedad del suelo durante diferentes épocas del año, actúan como filtros biológicos, evitan la erosión de las riberas. Por tal razón estos ecosistemas pueden emplearse para promover el saneamiento ambiental de zonas contaminadas (Díez, 2009).

Si bien estos bosques son importantes en diferentes cuencas y microcuencas, pocos estudios pueden probar su fragmentación y degradación; diferentes actividades humanas pueden causar la pérdida de cobertura vegetal, contaminación de fuentes hídricas, cambios en la composición del suelo y diversidad de la fauna asociada a estos ecosistemas (López, 2015).

2.2.9.1. Importancia de los bosques de ribera

Estos bosques suministran materia prima que son esenciales para la biota, como materia orgánica el cual sirve como alimento para muchos seres vivos. Estos bosques reducen la conexión entre las posibles fuentes de contaminación y ambiente, pueden proporcionar barreras físicas y bioquímicas para evitar la entrada de fuentes de contaminación alejadas de las vías fluviales porque transportan, acumulan, captura y filtra sedimentos y nutrientes (Paiz, 2018).



Figura 2.4. Bosque de ribera

Fuente: Autores

2.2.10. Bosque nativo

Es un bosque formado por especies propias del lugar, esto quiere decir que se trata de bosques que no han sido modificados por el ser humano a través de sus acciones (Gutiérrez, 2017). Los bosques nativos proporcionan aproximadamente el 88% de la madera total de Ecuador, estimando que 7,35 millones de hectáreas en Ecuador se han venido utilizando bajo el enfoque de sistemas agroforestales tradicionales (CORPEI, 2007).

2.2.10.1. Importancia de los bosques nativos

Estos bosques tienen la capacidad de almacenar y mantener una buena calidad del agua, de igual manera regula el flujo de los recursos hídricos subterráneos (Oyarzún & Núñez, 2005).



Figura 2.5. Bosque nativo

Fuente: Autores

2.2.11. Bosque endémico

Son ecosistemas perennifolios que habitan en un determinado territorio, ya sea un continente, país, región o en una zona particular (Montesinos, Otto, & Fernández Palacios, 2009).



Figura 2.6. Bosque endémico

Fuente: Autores

2.2.12. Cobertura Vegetal

Es una práctica de mucha utilidad para el manejo agronómico y protección del suelo que sirve para conseguir un mayor aporte de nutrientes, además posee una alta capacidad protectora sobre el suelo actuando como una capa de revestimiento evitando que la lluvia choque directamente contra el suelo y genere algún tipo de erosión (J. Pérez, Valdés, & Ordaz, 2012).

Al observar los cambios de vegetación se puede deducir que debido a la deforestación se puede generar varios problemas ambientales como la erosión del suelo, pérdida de flora y fauna terrestre, de igual manera los recursos hidrológicos incluso el cambio climático (Seingier, Espejel, & Fermán-Almada, 2009).

2.2.12.1. Importancia de la cobertura vegetal

- Tiene la capacidad de capturar y retener humedad disminuyendo la evaporación en el suelo.
- Minimiza enfermedades debido a que evita que el agua lluvia salpique hacia las plantas.
- Las hojas de las plantas o conocido mejor como hojarasca tiene como función dar nutrientes y minerales haciéndole un suelo fértil, de igual manera al tener una gran cantidad de materia orgánica se genera un aumento en el proceso microbiológico (CENTA, 2012).



Figura 2.7. Cobertura vegetal

Fuente: Autores

2.2.13. Humedales

Son ecosistemas en los cuales abarca varias clases de especies de flora y fauna que se encuentra amenazadas, en estos lugares se desarrollan procesos biológicos, ecológicos e hidrológicos. Estos humedales están constituidos del agua acumulada en zonas bajas donde el terreno tiene un drenaje muy pobre. Además, cuenta con una alta importancia de diversidad biológica (Blanco, 2017).

2.2.13.1. Importancia de los humedales

Son fundamentales en el cumplimiento del ciclo hidrológico actuando como reguladores de los flujos de agua por ser en ocasiones fuentes principales de abastecimiento de agua para los habitantes, así mismo pueden cumplir un papel importante en el manejo y tratamiento de aguas servidas; además cumplen un papel fundamental en el ambiente actuando como reguladores de emisiones a la atmosfera (Alejandro et al., 2010).



Figura 2.8. Humedales.

Fuente: Autores

2.2.14. Afloramiento rocoso

Lugares que están formados con rocas o conocidos también como estratos, los cuales presentan formaciones geomorfológicas esto se genera debido a la erosión o levantamientos tectónicos del suelo (Machado & Buytaert, 2019).

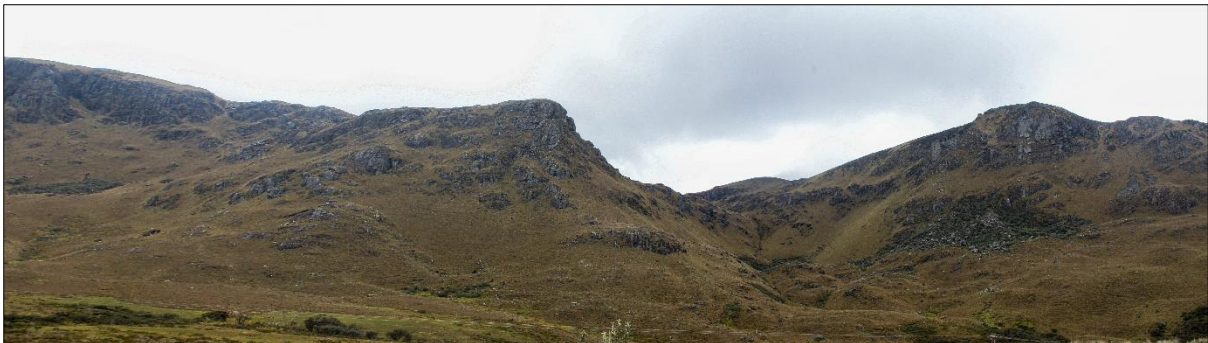


Figura 2.9. Afloramiento rocoso

Fuente: Autores

2.2.15. Área priorizada por los Acuerdos Mutuos por el Agua (AMA)

Acuerdo Mutuo por el Agua (AMA), es una estrategia de conservación que se lleva a cabo con los dueños de los terrenos que están ubicados en zonas de Recarga Hídrica (ARH), son acuerdos voluntarios entre ETAPA EP y los propietarios, en el cual se comprometen a conservar y recuperar el páramo, bosque nativo, bosques de ribera y río, a cambio ETAPA EP

apoya con incentivos a un manejo sostenible del predio, entre ellos: capacitación, asistencia técnica para mejoramiento productivo (ETAPA-EP, 2020).

Cada termino tiene un significado el cual indican (Javier Rojas, 2013):

Acuerdo: son decisiones que fueron tomadas en consentimiento entre propietario e institución encargada de la protección de fuentes hídricas en este caso ETAPA EP, para negociar sobre un determinado tema.

Mutuo: son acciones que se realizan de manera recíproca entre las dos partes, para que los dos sean beneficiados de cualquier manera.

Agua: es el factor vital para la los seres vivos, el cual está disponible en cantidad, calidad y continuidad dependiendo del buen estado de los ecosistemas.

2.2.16. Uso de suelo

Son lugares en donde incluye la gestión y regulación del suelo para utilizarlo de diferentes maneras como para la agricultura, ganadería, pastizales; o para asentamientos humanos, etc. (Bolaños, 2002).



Figura 2.10. Uso de suelo

Fuente: Autores

2.2.17. Zonas de vida según Holdridge

Es un modelo de diagrama que representa los diferentes tipos de cobertura vegetal según los climas de cada región. Este modelo utiliza tres principales variables las cuales son

biotemperatura el cual ayuda al crecimiento de las plantas (promedio de las temperaturas entre 0°C y 30°C durante el año), la precipitación total y cociente de evapotranspiración potencial- limitantes estas dos variables ayudan a mejorar el crecimiento y desarrollo de los procesos biológicos (Rosa & Drozd, 2019).

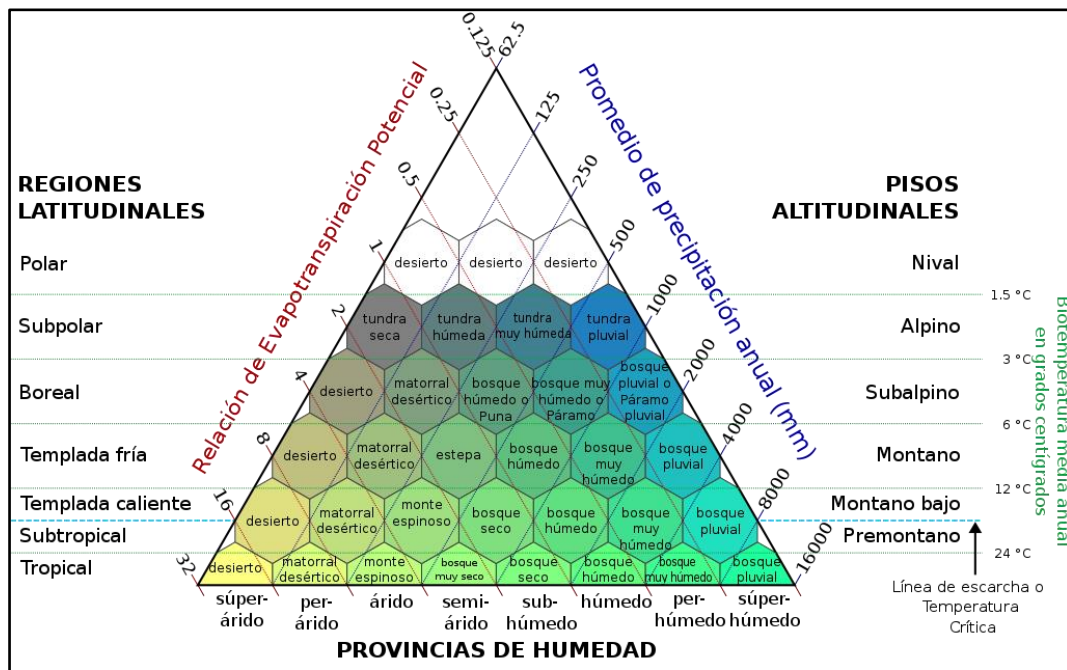


Figura 2.11. Zonas de vida según Holdridge

Fuente: (Holdridge, 1982)

2.2.18. Índice potencial hidrológico (IPH)

Para determinar el estado de conservación de las zonas protegidas en un lugar se considera su potencial hidrológico, este índice favorece la regulación, desarrollo y procesos hidrológicos, permitiendo la conservación, almacenamiento y disposición de agua garantizando el abastecimiento de este recurso para diferentes usos (Chicaiza, 2014). En otras palabras este Índice de Protección Hidrológica, nos permite realizar un estudio general de la vegetación y uso de suelo en una cuenca, subcuenca o microcuenca y valorar el estado de la misma para la protección hidrológica (Cabezas, 2021)



Figura 2.12. Índice potencial hidrológico (IPH)

Fuente: Autores

2.2.18.1. Criterios para determinar el IPH

Los criterios para determinar el IPH son: presencia de mulch, intercepción de la precipitación, estructura, composición florística, densidad, ecosistemas especiales, grado de intervención y tipo de vegetación como se muestra en la tabla 4.16 (Panu & Sharma, 2009).

Para determinar los criterios del IPH, existen varios métodos los cuales son:

2.2.18.1.1. Estructura

Son clases de cobertura vegetal distribuidas de forma espacial, en esta situación el área de investigación se identificaron diferentes especies vegetativas como vegetación arbustiva, herbácea, plantaciones forestales de pino y eucalipto, además es importante conocer su estructura para registrar la dinámica y los cambios que ha tenido a lo largo de estos años (Chicaiza, 2014).

(I. Gutierrez & Becerra, 2018) mencionan que existe dos formas de realizar el estudio de estructuras vegetales, la primera es identificar y conocer las estructuras por su tamaño y la otra por estratificación vertical.

◆ **Por su tamaño**

Se procede a tomar datos de altura de pecho según su diámetro o también conocida como (DPA) a toda la vegetación mayor a 2 metros y un DPA mayor a 5 cm a estos se los considera vegetación madura, en cambio la vegetación que tienen un DAP < 5 cm se los denomina como regeneración (I. Gutierrez & Becerra, 2018).

◆ **Estratificación vertical**

Para poder realizar este método se evaluó midiendo la vegetación por sus distintas alturas dadas por cada estrato. Los estratos son una distribución de la cobertura vegetal en un ámbito. Estos estratos se clasifican según la altura, la vegetación > 5m (arbóreo) , 1-5m (arbustivo), < 1m (herbáceo) y los demás estratos se identifican por sus diferentes características físicas de cada uno (Molina, 2008).

2.2.18.2. Composición florística

Son especies de vegetación de diferentes clases presentes dentro del área de estudio, además para poder clasificarlas se identifica principalmente su distribución, biomas y densidad. Asimismo, esta vegetación se clasifica según su tipo en: homogénea y se le da la enumeración (1), media (2), y heterogénea (3) (Hernández Ramos et al., 2013).

2.2.18.3. Densidad

Es la extensión de masa y volumen de la cobertura vegetal de la zona de estudio, esta es una variable que compone la estructura de áreas de cobertura vegetal. De igual manera a la densidad se le da una clasificación según la cobertura vegetal en baja (1), media (2) y alta (3) (Cabezas, 2021).

2.2.18.4. Interceptación de la precipitación

Es cuando la lluvia queda retenida en la cobertura vegetal e incluso se puede detener en las hojarascas (Cabezas, 2021). Asimismo (Lambraño, Sosa, Ramos, & Fuentes, 2017), muestra que las propiedades físicas de la cobertura vegetal de la zona de estudio dependen de la cantidad de agua, de igual manera estas se clasifica en tres niveles baja (1), media (2) y alta (3).

2.2.18.5. Presencia de mulch

También denominada hojarasca es una cubierta vegetal que actúa como aislante que cubre la capa desprotegida del suelo, su principal función es retener humedad y regular la temperatura del suelo, así como disminuir el desarrollo de malezas por carecer de radiación solar (Venegas, 2014).

Según (I. Gutierrez & Becerra, 2018), se puede determinar la cantidad de mulch de una zona determinada midiendo el área y la profundidad de este tipo de cobertura. Cuando la cantidad de mulch es ≥ 10 cm se considera como un indicador de contenido alto, cuando esta cobertura se encuentra de ≤ 5 cm hasta los 3 cm se considera como un indicador medio mientras que cuando la altura es menor a 3 cm indica que es un indicador para la protección del suelo bajo (González, 2012).

2.2.18.6. Ecosistemas especiales

Son ecosistemas que están agrupados de seres vivos que habitan en una misma zona, que de acuerdo a sus características forman biomas los mismos que se acoplan al ambiente en el que viven (Muñoz & Vera, 2019).

Según (Ramos & García, 2016) menciona tres tipos de ecosistemas, que están definidos por diferentes características los cuales son:

- **Ecosistema zona seca:** es debido a la ausencia de agua. Hay cuatro subcategorías en este ecosistema; Regiones subhúmedas secas, semiáridas, áridas e hiperáridas.
- **Ecosistemas plantados:** se caracterizan por su simetría es decir que las especies se plantan a distancias iguales.
- **Ecosistemas de altura reconocida con importancia hidrológica:** son reguladores del ciclo hidrológico, especialmente los bosques de mayor altura.

2.2.18.7. Tipo de vegetación

Son los que vienen dados por varios factores como físicos, químicos, biológicos y fenómenos meteorológicos, debido a esto tendrán sus características morfológicas que varían dependiendo de la cobertura vegetal dentro de la zona, mediante el cual se puede determinar el clima existente en el lugar (Aldás, 2013).

Los tipos de vegetación se les puede clasificar en tres categorías (INEGI, 2009):

- **Temporal:** depende principalmente de las precipitaciones, su ciclo vegetativo dura una estación.
- **Anual:** su ciclo vegetativo no dura más allá de 12 meses la mayoría de estas plantas otorgan dos cosechas al año dependiendo de la especie.
- **Perenne:** El ciclo vegetativo de este tipo de cobertura es de más de 10 años e incluye árboles, arbustos y algunos frutales, sus ciclos productivos dependen ampliamente de los factores climáticos.

2.2.18.8. Grado de intervención

El grado de intervención vegetal embarca grandes dificultades debido a que afecta los procesos de permeabilidad y transpiración, cuanto menos afectada esté la zona, menor será el riesgo de derrumbes y erosión del suelo, por el efecto protector que ofrece la vegetación. Para determinar el grado de intervención se estableció la escala siguiente que va desde 1 con un nivel de intervención alto, 2 medio y 3 bajo (Aguirre, 2013).

2.2.19. Potencial de regulación hidrológica de la vegetación de interés para la provisión del servicio ambiental hidrológico

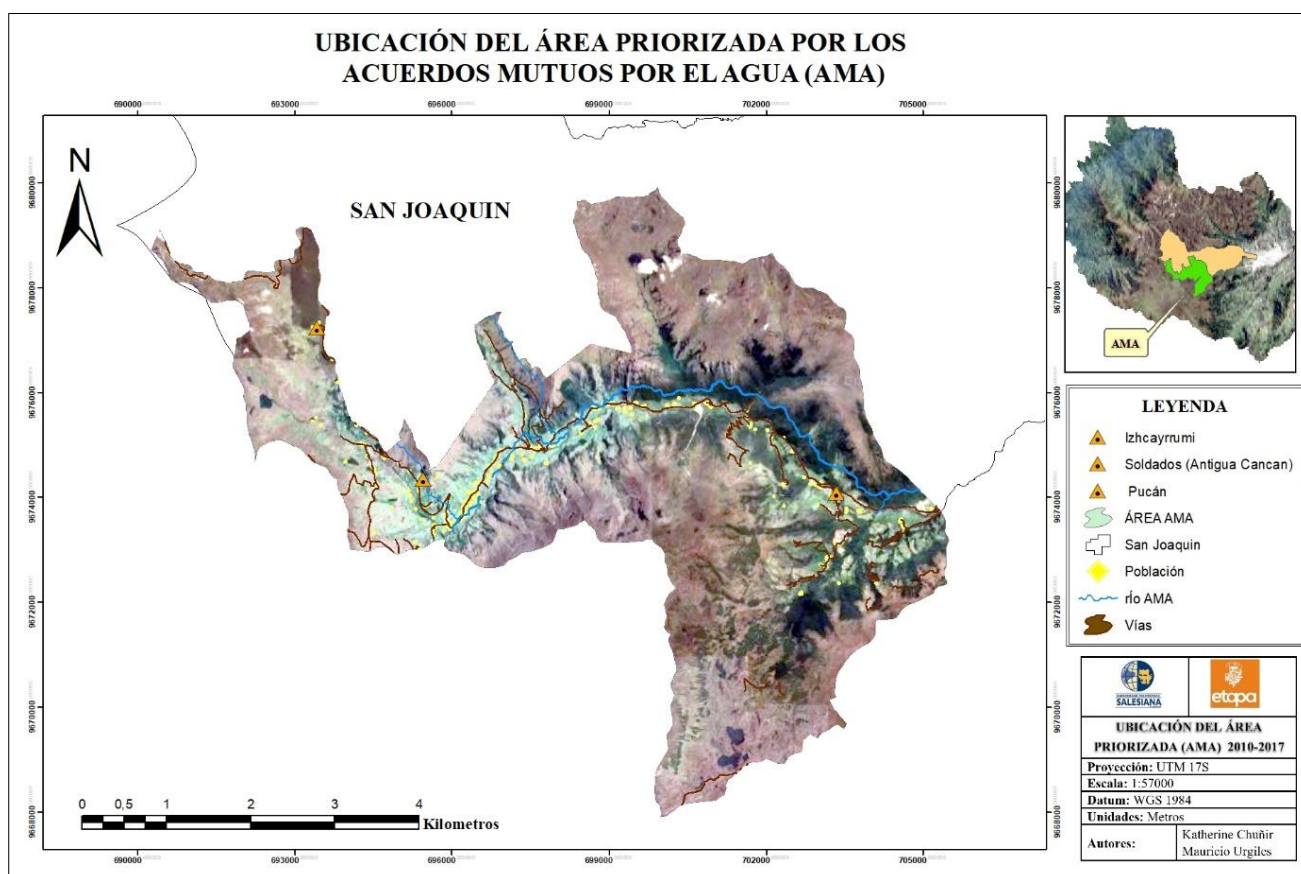
Es un indicador que se propuso en el presente estudio para determinar el volumen de agua que potencialmente tendrá la posibilidad de recibir la influencia de la cobertura vegetal proveedora del servicio ambiental hidrológico (Chicaiza, 2014).

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Delimitación de la zona de interés

La zona priorizada AMA fue el área de interés para la presente investigación, se ubica dentro de la subcuenca del Yanuncay, entre las parroquias San Joaquín y Baños, perteneciente al cantón Cuenca, cuenta con una extensión de 6807,36 ha y está delimitada al Oeste con Chaucha, al Este con Cuenca, al Norte con Sayausí y al Sur con Baños. Esta zona cuenta con un relieve montañoso en un rango altitudinal de 3350 - 4000 msnm. Conjuntamente con la cartografía base proporcionada por la empresa ETAPA EP, a escala 1:530000 utilizando el Datum WGS1984UTM_Zona17S.



Mapa 3.1. Ubicación de la zona de interés AMA

Fuente: Autores

3.2. Selección del área de interés para el estudio

El (Programa Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas para la Protección del Agua, 2013)-MICPA que se ejecuta en el departamento de Gestión Ambiental de (ETAPA-EP, 2020), determinó la zona prioritaria para la implementación de los AMAS en base a la metodología (Planificación para la Conservación de Áreas de TNC, 2006) – PCA, el cual identifica objetos de conservación como el páramo, bosque nativo, de ribera, sus presiones y amenazas a los ecosistemas.

3.3. Análisis de la cartografía de los años 2010 – 2017

Para este estudio se realizó un análisis de los cambios de vegetación y uso de suelo transcurridos en los periodos 2010 – 2017 del área priorizada AMA, el cual se tomó datos cartográficos del departamento de Gestión Ambiental, mismos que fueron procesados en el programa ArcGIS, herramienta fundamental para el manejo de información espacial (Nieto & Cárdenas, 2018).

3.4. Elaboración del mapa preliminar

Se elaboró un mapa preliminar del cambio de cobertura vegetal del área priorizada AMA, con énfasis en los cambios de vegetación y de uso de suelos generados por factores naturales y antrópicos. Para la realización de este mapa se utilizó archivos formato *.shp shapes (Lizmová, 2007).

3.4.1. Elaboración del mapa final

Se realizó un recorrido del área de estudio identificando tres puntos de muestreo: parte baja estación meteorológica y limnigráfica Pucán con coordenadas X (703349), Y (9674079), parte media estación Pluviográfica Soldados con coordenadas X (695451), Y (9674348) y la parte alta estación meteorológica Izhcairrumi con coordenadas X (693422), Y (9677234), esto se efectuó de manera continua durante una semana en donde se verificó el uso actual del suelo y sus diversas clases de vegetación, ver mapa 4.3.

3.5. Análisis Multitemporal

Para este análisis se utilizó la herramienta de sistemas de información geográfica, el cual permite reunir la información espacial necesaria para su respectiva manipulación,

representación y consulta (Alonso Sarría, 2006). Por ende, mediante este programa se logró identificar, describir, cuantificar y monitorear los diferentes cambios de uso de suelo y de la vegetación de los últimos 7 años (Campos, 2018).

3.5.1. Clases de cobertura vegetal

En la siguiente tabla se detalla las clases de vegetación que fueron analizados en el área priorizada AMA:

Clases de cobertura vegetal	
Pajonal	Suelos degradados
Bosque nativo	Suelo cultivado
Pasto	Área poblada
Almohadilla o humedal	Lago o Laguna
Plantación forestal de pino	Plantación forestal de eucalipto
Área quemada	Afloramiento rocoso
Río	Vías

Tabla 3.1. Clases de cobertura vegetal

Fuente: Autores

3.6. Caracterización del uso actual de suelo y la vegetación

Se realizó un análisis y de igual manera los mapas respectivos, mediante la información obtenida de los datos de precipitación y temperatura de las 3 estaciones meteorológicas cercanas al lugar de estudio, a través del uso de estos datos y el diagrama de clasificación de zonas de vida propuesta por (Holdridge, 1982), ver figura 2.14 se logró realizar la caracterización de la vegetación.

Se observa en la tabla 3.2 las zonas de vida correspondientes a la zona de estudio AMA.

Tabla 3.2. Zonas de vida en el área de estudio

Fuente: Autores

Rango de temperatura de la zona de estudio	Temperatura media anual °C			
	6 - 12	12 - 18	18 - 24	
Rango del promedio de lluvias	0 - 500	E-M	Md-Mb	Md-P
	500 - 1000	Bh-M	Bs-Mb	Bs-P
	1000 - 2000	Bmh-M	Bh-Mb	Bh-P

Mediante los datos ya mencionados de las tres estaciones meteorológicas se realizó los cálculos correspondientes de la precipitación y temperatura anual, finalmente se determinó el promedio total de los datos obtenidos durante los 5 años, del 2016 al 2020 ver tabla 4.3.

3.7. Índice potencial hidrológico

Para determinar el IPH se asignó valores relativos que varían de 0.00 (protección nula) a 1.00 (máxima protección), tomando en cuenta que los tipos de coberturas que se acercan a 1.00 son los que más capacidad tienen en otorgar una mejor regulación y un desarrollo sustentable del ciclo del agua, permitiendo retener, disponer y almacenar agua, el cual nos beneficia en mantener la oferta de agua para los distintos usos (Coronel, 2008).

Para la evaluación de la importancia hidrológica se realizó en función de la tabla del Índice de Protección Hidrológica (IPH) propuesta por (Urbina, 1987), como se observa en la tabla 4.15 el cual se adaptó a la propuesta de (Jaramillo Rojas, 2004), quien compara los diferentes tipos de cobertura vegetal, menciona la importancia de los 8 criterios y 24 indicadores, los cuales se utiliza para lograr llegar al valor final del IPH, como se puede observar en la tabla 4.16 (Toasa, 2015).

3.7.1. Importancia de la caracterización de la cobertura vegetal para proveer el servicio ambiental hidrológico

Se realizó mediante el valor del IPH que permitió definir 5 categorías ver tabla 4.17 (Jaramillo Rojas, 2004).

3.8. Oferta y demanda hídrica real

3.8.1. Oferta hídrica

El cálculo de la oferta hídrica se realizó mediante aforos de caudal en tres captaciones a lo largo del cauce en el área priorizada AMA. El método utilizado para el aforo fue el de los molinetes en el canal, el cual consiste en la medición exacta de la velocidad en diferentes puntos de muestreo del cauce. De la misma manera estas velocidades se miden en función de la profundidad y anchura exacta del cauce permitiendo establecer la sección con precisión (Área de Territorio y Biodiversidad, 2010). Los tres puntos utilizados para determinar la demanda hídrica a lo largo del AMA en donde se procedió a realizar los aforos fueron, la estación Meteorológica y limnigráfica de Pucán, estación Meteorológica Izhcairrumi y la estación Pluviográfica Soldados.

Para la toma de datos de la sección del cauce en Pucán el aforo se realizó en 11 puntos de izquierda a derecha cada dos metros, de la misma manera se midió la profundidad como se observa en la figura 4.20, para la sección del cauce en Izhcairrumi el aforo se realizó en 7 puntos de izquierda a derecha cada metro y en la sección del cauce en Soldados el aforo se realizó en 6 puntos de izquierda a derecha cada metro.

3.8.2. Demanda Hídrica

Se tomó como referencia el consumo de agua promedio diario de una persona el cual menciona la (Organización Mundial de la Salud, 2019) es un aproximado de 120 L/d y tomando en cuenta que los que se favorecen directamente de este servicio son los habitantes que suman un total de 133000 personas de la subcuenca del Yanuncay, este dato pertenece a los planes maestros de ETAPA EP, dato obtenido de la página web (ETAPA EP, 2017).

3.9. Costo de oportunidad

Para determinar el costo del uso de suelo se tomó en cuenta la actividad productiva más rentable de la zona, esto como consecuencia ha traído la reducción de los bosques, esta valoración se realizó mediante encuestas y entrevistas a los propietarios que están dentro de la zona de estudio. Además, se determinó los ingresos netos de cada hectárea por año tomando en cuenta los datos de ingresos y egresos obtenidos, mismo que se puede apreciar en la tabla 4.25.

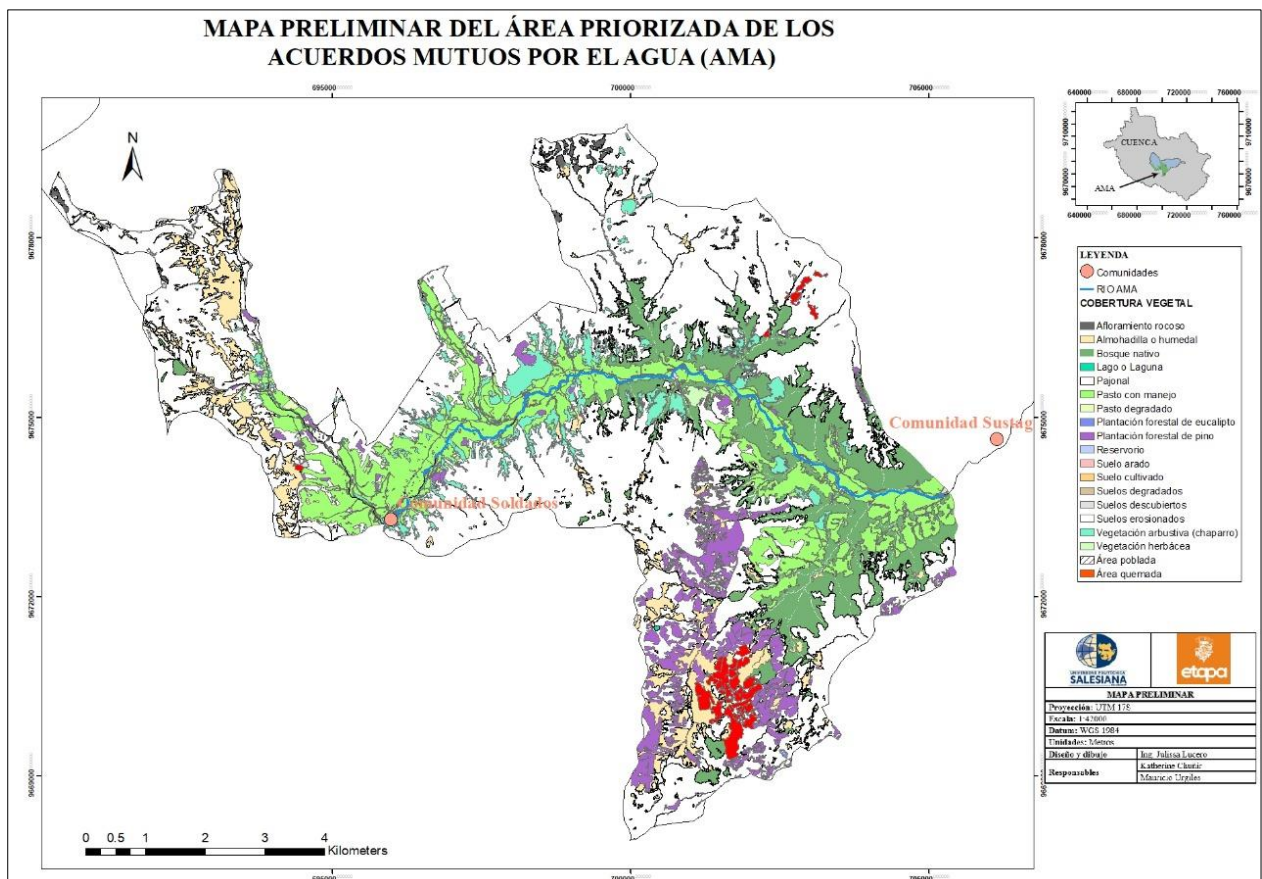
3.10. Valor de la protección de la vegetación proveedora del servicio ambiental hidrológico

Se determinó tomando en cuenta el costo de oportunidad, además se estableció el área considerada de importancia hidrológica dentro del área de estudio, este valor resultante se representó en \$/m³ que representa la cantidad que cada usuario debe aportar para la conservación, cuidado y protección de esta zona protegida por cada m³ de agua que consuma.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

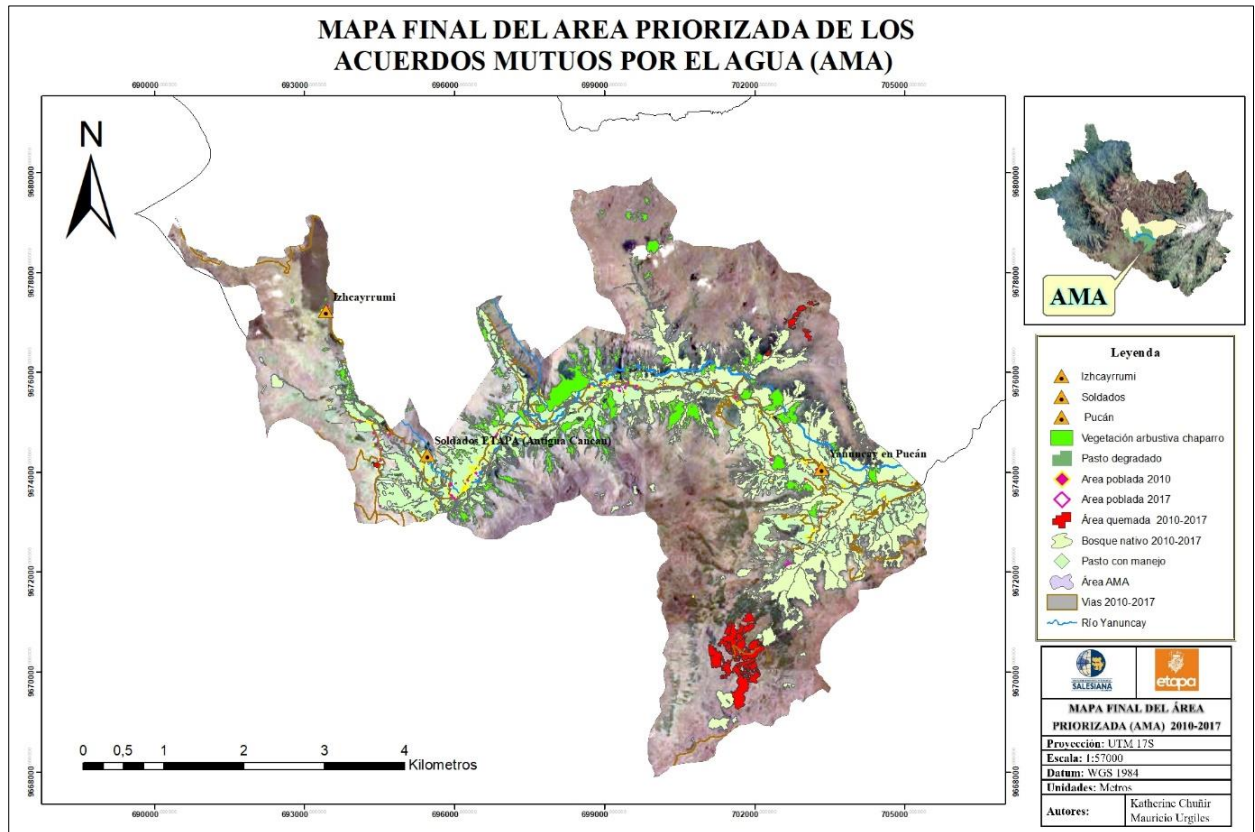
4.1. Mapa preliminar de la zona priorizada AMA



Mapa 4.2. Mapa preliminar del Área priorizada de los acuerdos mutuos por el agua (AMA)

Fuente: Autores

4.2. Mapa final obtenido de la delimitación del AMA



Mapa 4.3. Mapa final del área priorizada del (AMA)

Fuente: Autores

4.3. Análisis multitemporal de la vegetación de los años 2010-2017 de la zona priorizada AMA

4.3.1. Cobertura vegetal

Las diferentes clases de vegetación de la zona de estudio se muestra en las siguientes figuras.



Figura 4.13. Tipos de vegetación

Fuente: Ing. Geovanny Loja – ETAPA EP



Figura 4.14. Tipos de cobertura vegetal

Fuente: Autores



Figura 4.15. Tipos de cobertura vegetal

Fuente: Autores

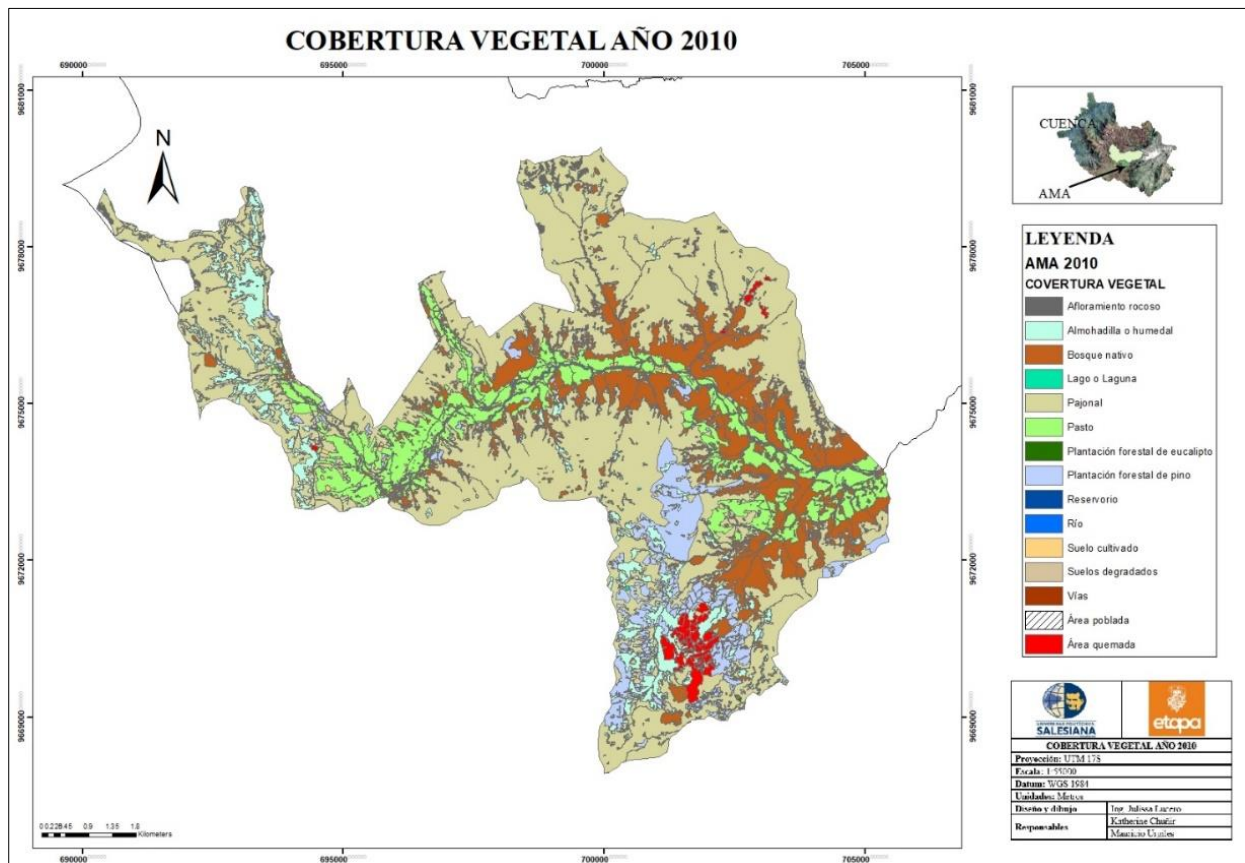


Figura 4.16. Clases de cobertura vegetal

Fuente: Autores

En los siguientes mapas de los años 2010 y 2017 se puede visualizar los diferentes tipos de cobertura vegetal existentes dentro del área priorizada AMA.

4.3.1.1. Cobertura vegetal año 2010



Mapa 4.4. Cobertura vegetal año

o 2010

Fuente: Autores

El Área Priorizada AMA de la Subcuenca del río Yanuncay, está distribuida de la siguiente manera:

Tabla 4.3. Cobertura vegetal del AMA año 2010

Fuente: Autores

LEYENDA	ÁREA	PORCENTAJE
Pajonal	3682,95	54,10%
Bosque nativo	1178,85	17,32%
Pasto	830,99	12,21%
Almohadilla o humedal	446,24	6,56%
Plantación forestal de pino	411,37	6,04%
Área quemada	86,53	1,27%
Río	61,28	0,90%
Afloramiento rocoso	44,65	0,66%
Vías	26	0,38%
Suelos degradados	18,79	0,28%
Suelo cultivado	13,69	0,20%
Área poblada	3,31	0,05%
Lago o laguna	1,4	0,02%
Plantación forestal de eucalipto	0,92	0,01%
Reservorio	0,39	0,01%
TOTAL	6807,36	100,00%

Representación de porcentajes de los tipos de cobertura vegetal correspondientes al año 2010, el cual se representa en la gráfica 4.1:

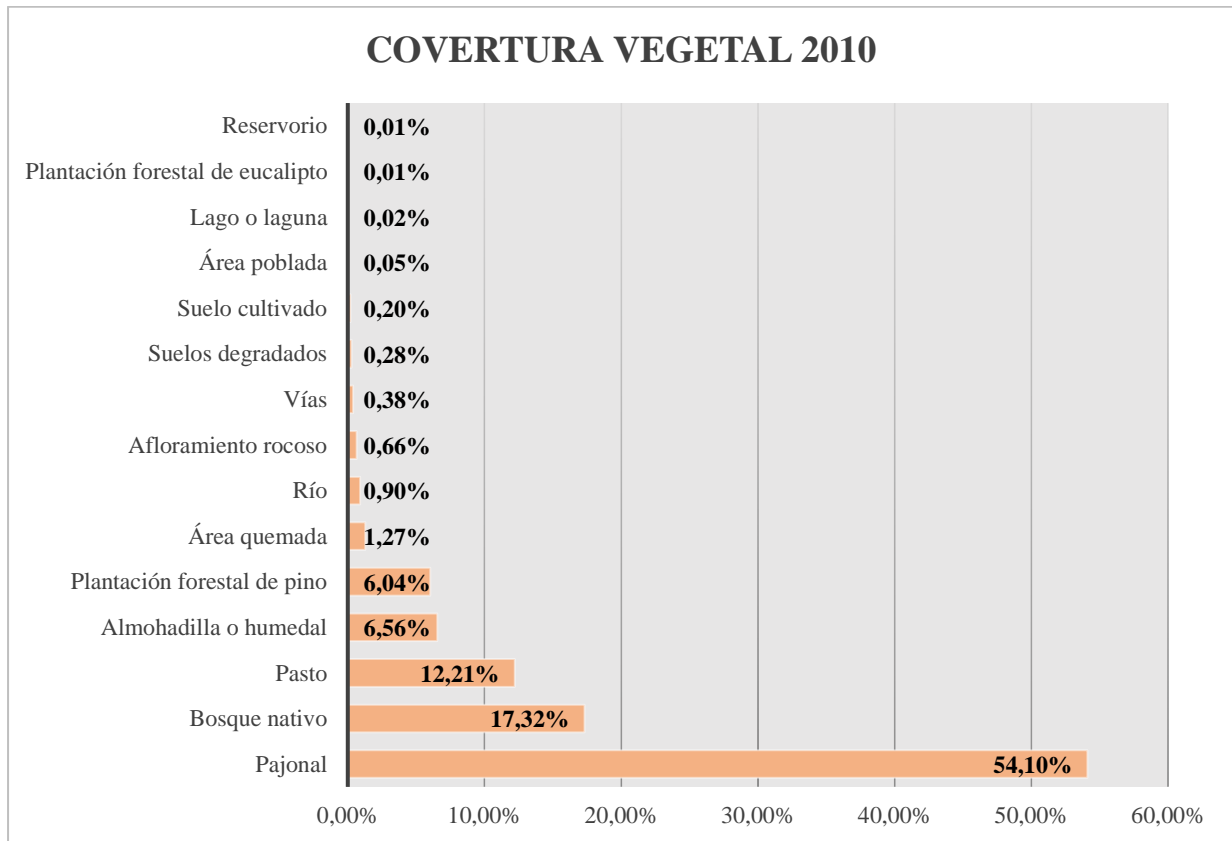
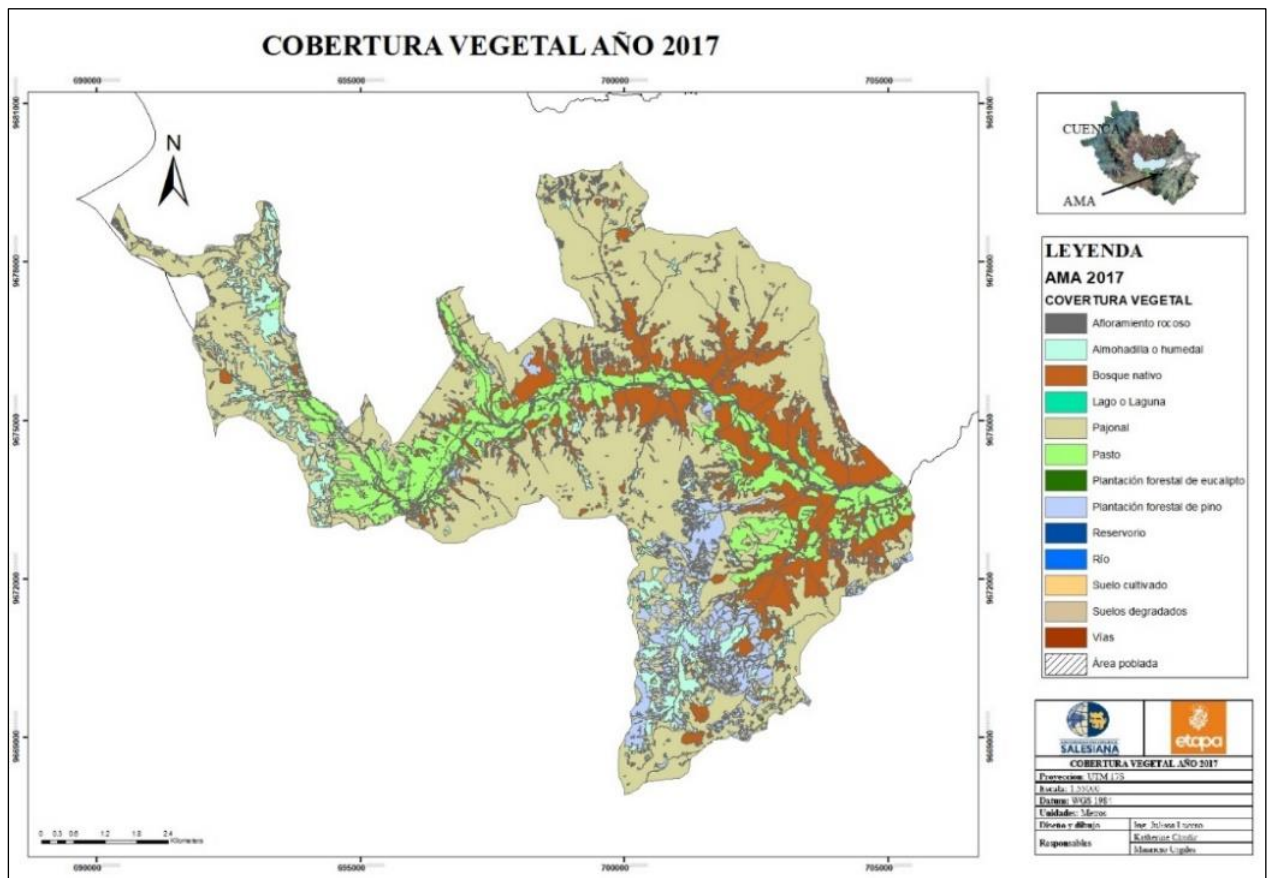


Gráfico 4.1. Cobertura vegetal año 2010

Fuente: Autores

4.3.1.2. Cobertura vegetal año 2017



Mapa 4.5. Cobertura vegetal año 2017

Fuente: Autores

La zona priorizada AMA, está distribuida de la siguiente manera:

Tabla 4.4. Cobertura vegetal año 2017

Fuente: Autores

LEYENDA	ÁREA	PORCENTAJE
Pajonal	3723,01	54,69%
Bosque nativo	1169,21	17,18%
Pasto	913,04	13,41%
Almohadilla o humedal	433,86	6,37%
Plantación forestal de pino	406,64	5,97%
Río	62,62	0,92%
Afloramiento rocoso	44,65	0,66%
Vías	27,98	0,41%
Suelos degradados	17,37	0,26%
Área poblada	4,57	0,07%
Suelo cultivado	1,7	0,02%
Lago o laguna	1,39	0,02%
Plantación forestal de eucalipto	0,92	0,01%
Reservorio	0,4	0,01%
Área quemada	0	0,00%
TOTAL	6807,36	100,00%

Representación de porcentajes de los tipos de cobertura vegetal correspondientes al año 2017, el cual se representa en la gráfica 4.2:

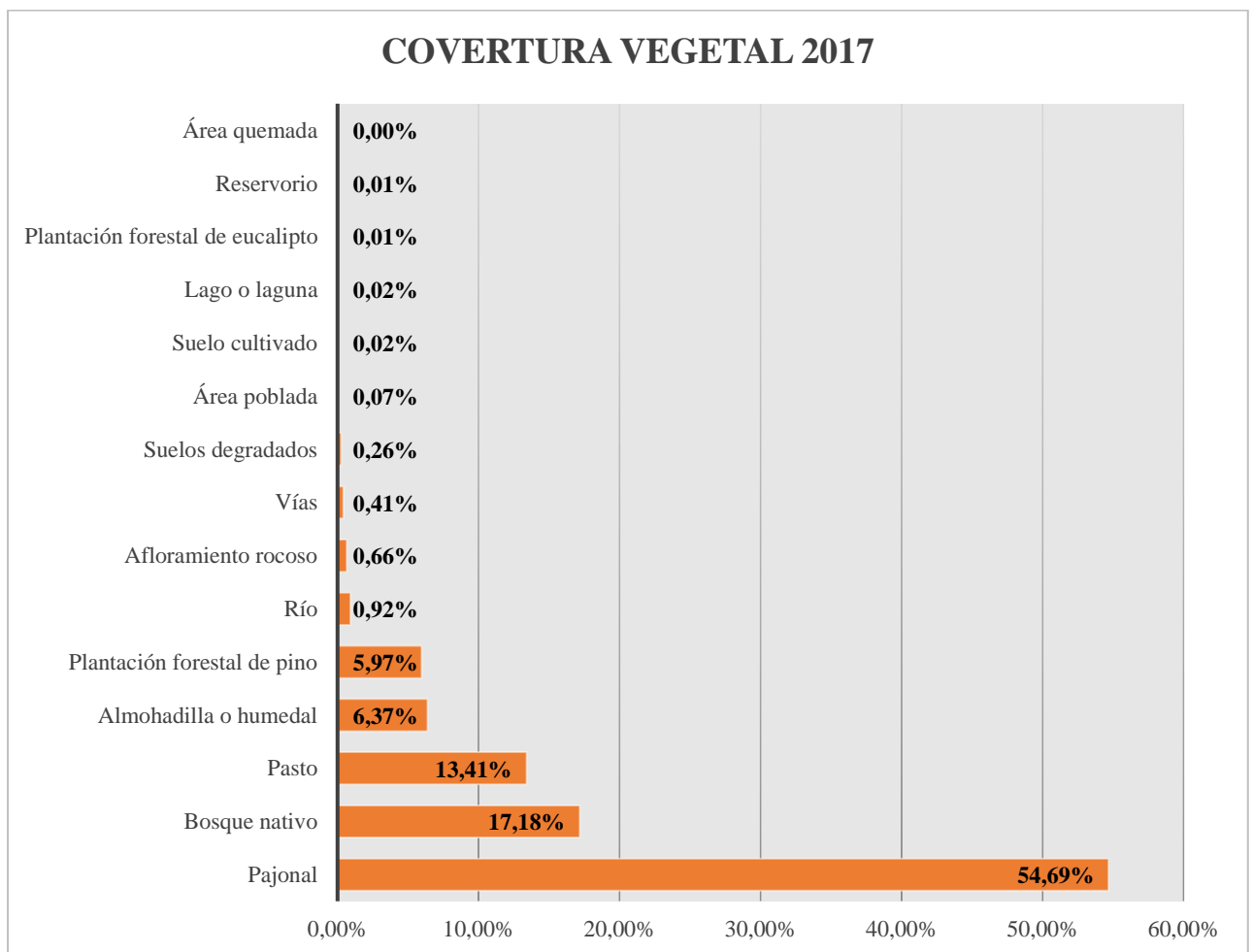


Gráfico 4.2. Cobertura vegetal año 2017

Fuente: Autores

4.3.1.3. Diferencia de la Cobertura Vegetal entre el año 2010 – 2017

Tabla 4.5. Diferencia de la vegetación de los años 2010 – 2017

Fuente: Autores

LEYENDA	Cobertura Vegetal 2010	Cobertura Vegetal 2017	Diferencia	incremento	disminución
	AREA	AREA	AREA	%	%
Pajonal	3682,95	3723,01	40,06	1,08	
Bosque nativo	1178,86	1169,20	9,66		0,83
Pasto	830,99	913,04	82,05	8,99	
Almohadilla o humedal	446,24	433,86	12,38		2,77
Plantación forestal de pino	411,37	406,64	4,73		1,15
Plantación forestal de eucalipto	0,92	0,92	0,00		
Área quemada	86,53	0,00	86,53		100
Río	61,28	62,62	1,34	2,19	
Afloramiento rocoso	44,65	44,65	0,00	0,00	
Vías	26	27,98	1,98	7,08	
Suelos degradados	18,79	17,37	1,42		8,18
Suelo cultivado	13,69	1,7	11,99		87,58
Área poblada	3,31	4,57	1,26	38,07	
Lago o laguna	1,4	1,39	0,01		0,71
Reservorio	0,39	0,4	0,01	2,50	
Área total	6807,36	6807,36			

	POSITIVO			NEGATIVO
--	----------	--	--	----------

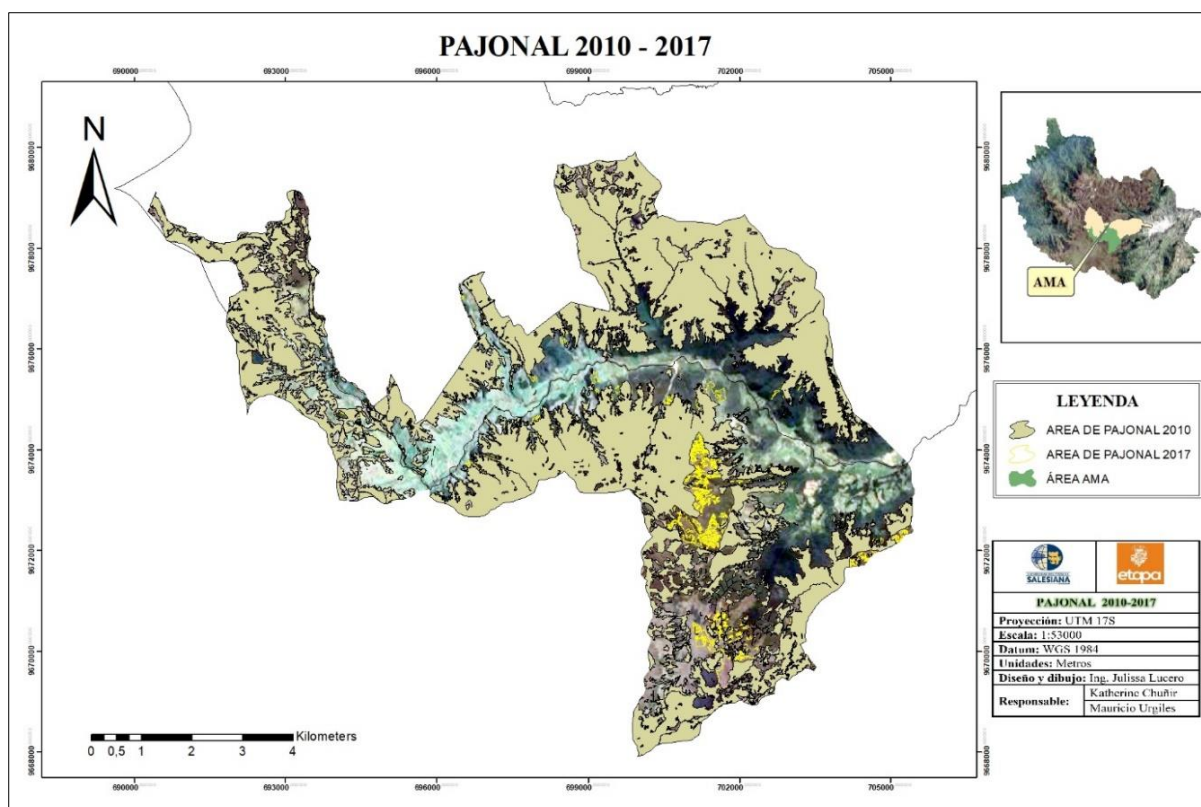
Descripción de la tabla 4.5:

En cuanto al **pajonal** se observa una recuperación (incremento) de 1,08% (40,06 ha), esto se debe a que las áreas quemadas, suelo cultivado y plantaciones forestales de pino, que existían en el 2010 se están recuperando y conservando, bajo las diferentes estrategias que mantiene ETAPA EP. En cuanto al **bosque nativo** se observa una disminución del 0,83% (9,66 ha), en cuanto a las **almohadillas o humedales** de igual manera se observa una disminución de 2,77% (12,38 ha), y en cuanto a las **vías** también se observa un incremento del 7,08% (1,98 ha); esto debido a las actividades antropogénicas, presentes en la zona de estudio AMA como incendios forestales, cambio de uso de suelo, ganadería, entre otros, producido por el incremento del área poblada en un 38,07% (1,26 ha). En cuanto al **pasto** se observa un incremento de 8,99% (82,05 ha) ya que es una zona ganadera productora de leche, los propietarios de predios han realizado una deforestación paulatina de los bosques. En cuanto al **área quemada** se observa una disminución total del 100% (86,53 ha) es decir estas áreas se recuperaron debido a la intervención del programa MICPA de ETAPA EP, mediante la ejecución de funciones de preservación y cuidado de los ecosistemas, talleres de capacitación y sensibilización ambiental dirigido a los propietarios de predios quienes han adoptado un cambio de actitud frente a la conservación.

4.3.2. Estudio de las diferentes clases de vegetación de los años 2010 al 2017 del área priorizada AMA

4.3.2.1. Pajonal 2010 – 2017

En el pajonal se puede observar una recuperación (incremento) del 1,08% (40,06 ha) en las zonas bajas, medias y altas.



Mapa 4.6. Área de pajonal 2010 al 2017

Fuente: Autores

Tabla 4.6. Cobertura vegetal que reemplaza al área de pajonal 2010-2017

Fuente: Autores

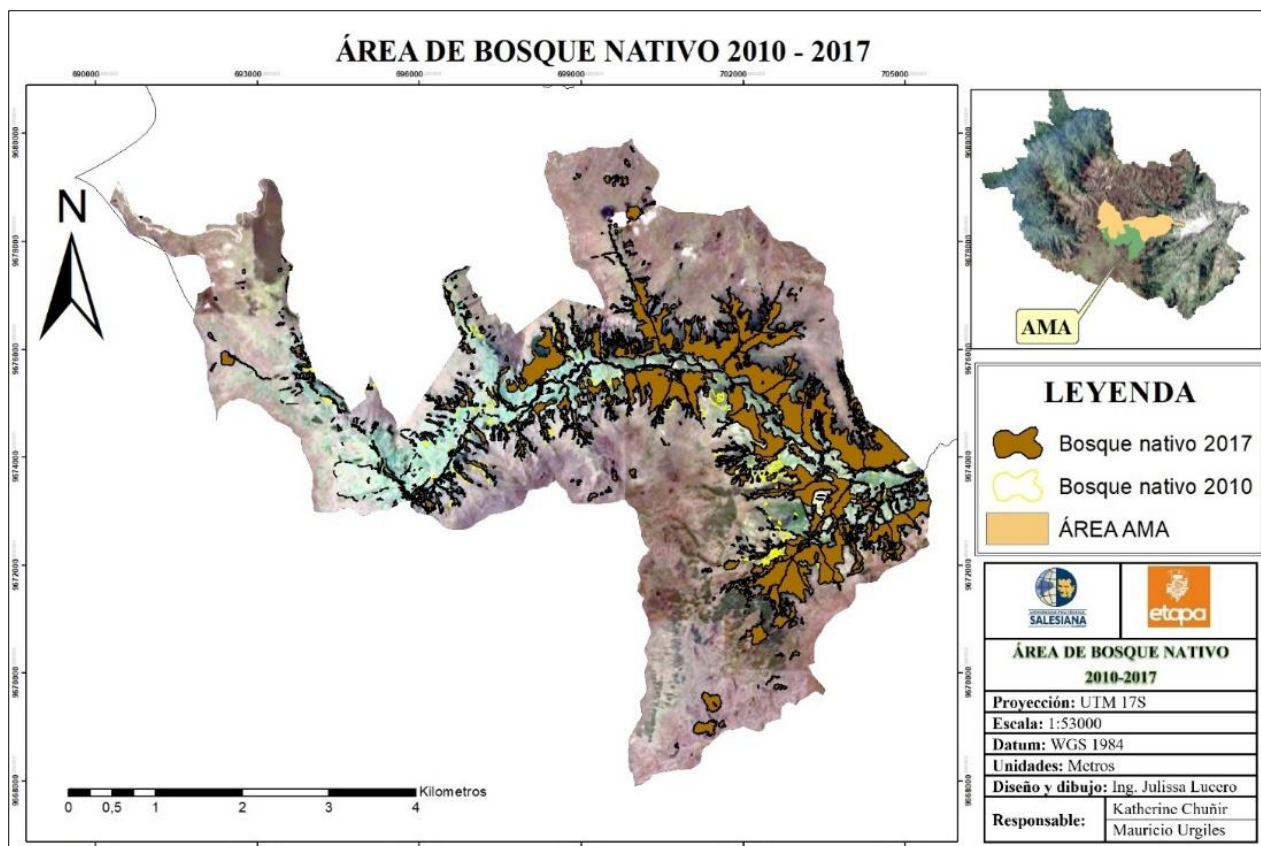
Cobertura a la que reemplazó (PAJONAL)		
AÑO 2010	AÑO 2017	ÁREA (ha)
Pajonal	Almohadilla o humedal	0,001
	Área poblada	0,09
	Bosque nativo	39,61
	Pajonal	3592,34
	Pasto	46,35
	Plantación forestal de pino	3,20

	Río	0,07
	Suelos descubiertos	0,56
	Vías	0,73
AREA TOTAL		3682,95

En la tabla 4.6 se observa que durante los años 2010 y 2017 hubo una restauración (aumento) del pajonal. La vegetación del año 2017 que reemplazó corresponde 0,001 ha de almohadilla o humedal, 0,09 ha de área poblada, 39,61 de bosque nativo, 46,35 ha de pasto, 3,20 ha de plantación forestal de pino, 0,07 ha de río, 0,56 ha de suelos descubiertos, 0,73 ha de vías y 3592,34 ha siguen siendo pajonal.

4.3.2.2. Bosque nativo 2010 – 2017

En el Bosque nativo se puede observar una disminución del 0,83% (9,66 ha) para el año 2017.



Mapa 4.7. Bosque nativo Año 2010-2017

Fuente: Autores

Tabla 4.7. Cobertura vegetal que reemplaza el Bosque nativo 2010-2017

Fuente: Autores

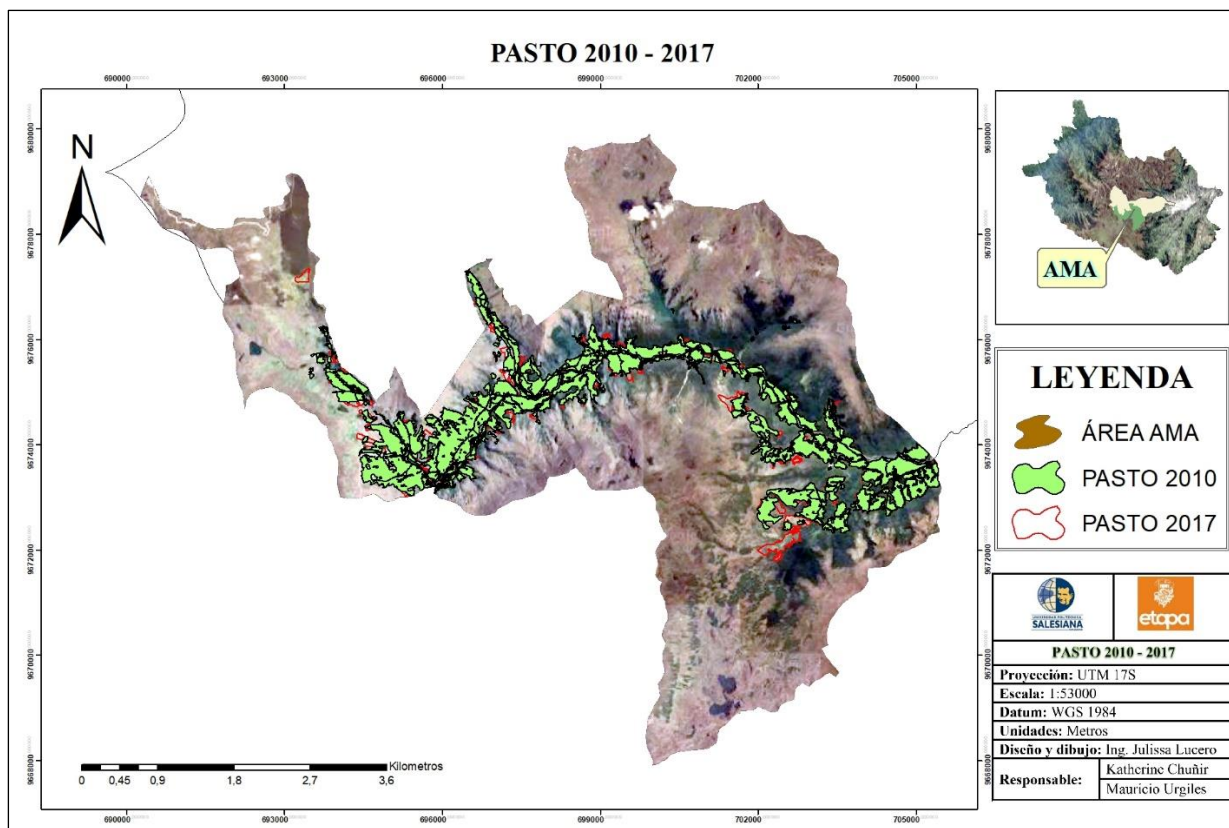
Cobertura que reemplazó (BOSQUE NATIVO)		
AÑO 2010	AÑO 2017	Área (ha)
Bosque nativo	Almohadilla o humedal	0,12
	Bosque nativo	1120,05
	Pasto	26,65
	Río	0,85
	Área poblada	0,13

	Reservorio	0,003
	Suelos descubiertos	1,21
	Vías	0,57
	Pajonal	29,28
	Área total	1178,86

En la tabla 4.7 se puede observar que entre los años 2010 y 2017 el bosque nativo tuvo una disminución de 9,66 ha, lo que restado a la cobertura del año 2010 existe un total de 1169,2 ha, su disminución se ha generado por las actividades antropogénicas como es la deforestación, incendios forestales, el cambio de usos de suelo, presencia de ganadería, entre otros. La cobertura vegetal del 2017 que reemplazó al bosque nativo, 0,12 ha corresponde a zonas que son humedales, 26,65 ha de pasto, 0,85 ha de río, 0,13 ha de área poblada, 0,003 ha de reservorio, 1,21 ha de suelos descubiertos, 0,57 ha de vías, 29,28 ha de pajonal y 1120,05 ha sigue siendo bosque nativo.

4.3.2.3. Pasto 2010 – 2017

En el área de pasto se puede observar un aumento del 8,99% (82,05 ha) en las partes altas y medias del AMA.



Mapa 4.8. Pasto degradado 2010-2017

Fuente: Autores

Tabla 4.8. Cobertura vegetal que reemplaza al pasto degradado 2010-2017

Fuente: Autores

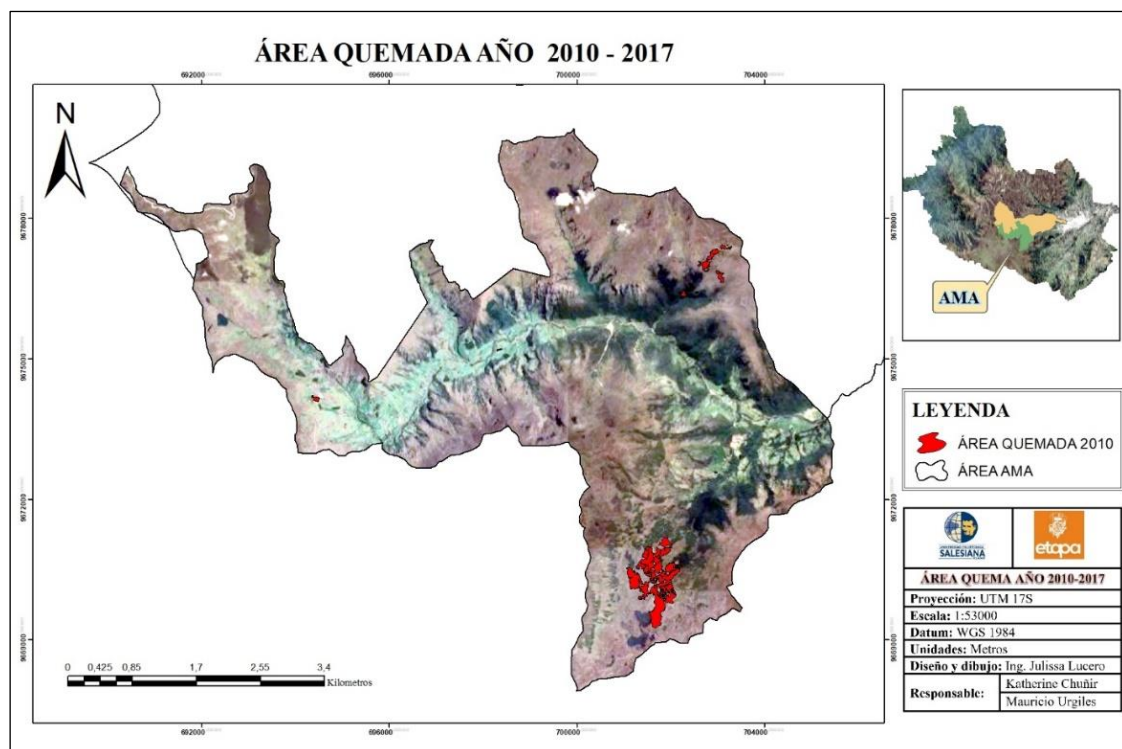
Cobertura que reemplazó (PASTO)		
AÑO 2010	AÑO 2017	AREA (ha)
Pasto	Área poblada	1,03
	Pajonal	0,64
	Pasto	818,84
	Reservorio	0,12
	Río	0,41
	Suelos descubiertos	1,14

	Vías	0,72
	Bosque nativo	8,08
Área Total		830,97

En la tabla 4.8 se puede observar que durante los años 2010 y 2017 hubo un aumento del 8,99% de pasto esto ha ido aumentando debido a que es una zona ganadera productora de leche, con un manejo semitecnificado, a lo cual los propietarios de predios han realizado deforestaciones paulatinas del bosque nativo con lo cual se ha ampliado las áreas de pastizales. La cobertura vegetal del 2017 que reemplazó al pasto corresponde, 1,03 ha a zonas que fueron área poblada, 0,64 ha de pajonal, 0,12 ha de reservorio, 0,41 ha de ríos, 1,14 de suelos descubiertos, 0,72 ha de vías, 8,08 de bosque nativo y 818,84 ha sigue siendo pasto.

4.3.2.4. Área quemada 2010 – 2017

Se puede observar que para el año 2017 se ha eliminado en un 100% (0 ha) el área quemada, siendo remplazado por diferentes tipos de vegetación.



Mapa 4.9. área quemada año 2010-2017

Fuente: Autores

Tabla 4.9. Cobertura vegetal que reemplaza el área quemada 2010-2017

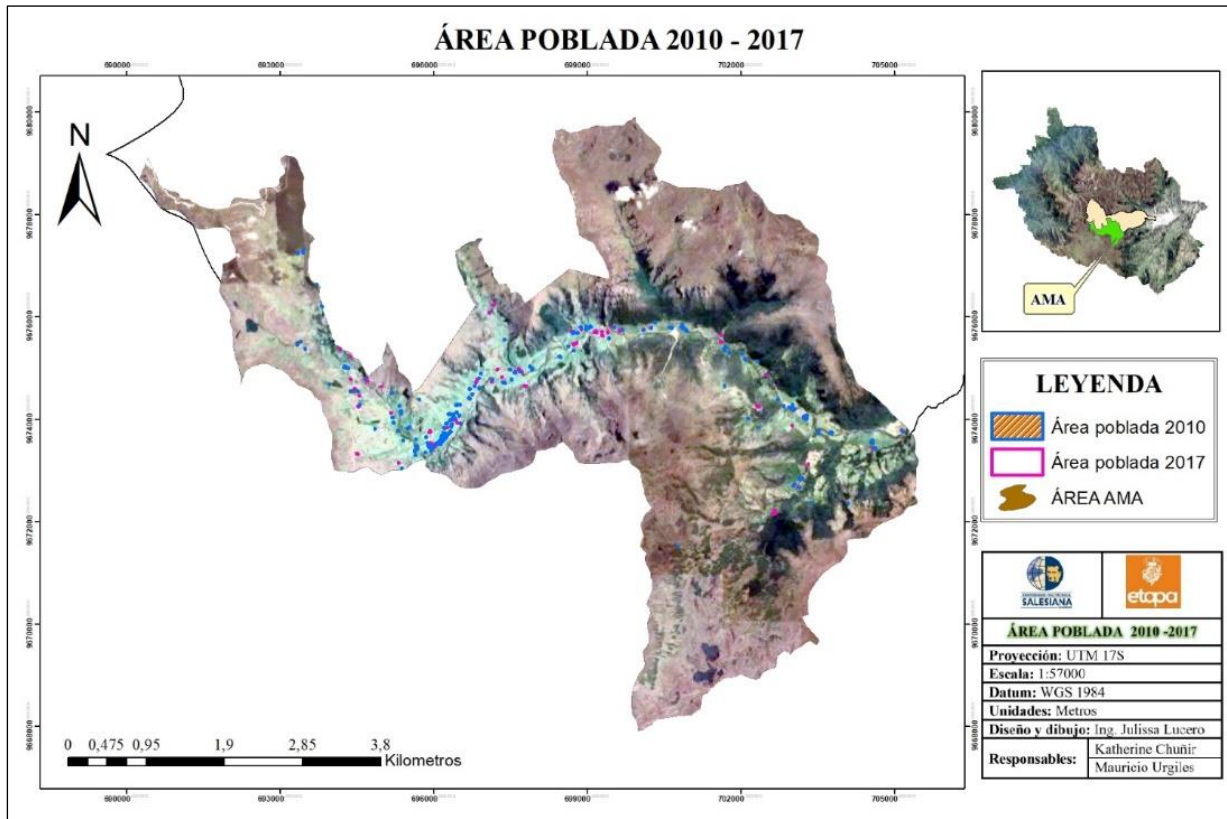
Fuente: Autores

Cobertura que reemplazó (ÁREA QUEMADA)		
AÑO 2010	AÑO 2017	Área (ha)
Área quemada	Almohadilla o humedal	1,07
	Bosque nativo	0,05
	Pajonal	38,64
	Pasto	1,38
	Plantación forestal de pino	45,38
	Vías	0,01
	Área total	86,53

En la tabla 4.9, se puede observar que en el año 2010 hubo 86,53 ha de área quemada y para el año 2017 se eliminó en un 100%, estas áreas se recuperaron debido a las acciones realizadas por el programa MICPA de ETAPA EP, mediante el cumplimiento de estrategias de cuidado y preservación de los ecosistemas, sensibilización ambiental y talleres de capacitación dirigido a los propietarios de predios quienes han adoptado un cambio de actitud frente a la conservación, la misma que fue reemplazado por cobertura vegetal nueva las cuales son, 1,07 ha corresponden a humedales o almohadilla, 0,05 ha de bosque nativo, 38,64 ha de pajonal, 1,38 ha de pasto con manejo, 45,37 ha de plantación forestal de pino y 0,01 ha de vías.

4.3.2.5. Área poblada 2010 – 2017

En el área poblada se puede observar que para el año 2017 existe un aumento del 38.07% en la parte baja, media y alta.



Mapa 4.10. Área poblada 2010-2017

Fuente: Autores

Tabla 4.10. Cobertura vegetal que reemplaza al área poblada 2010-2017

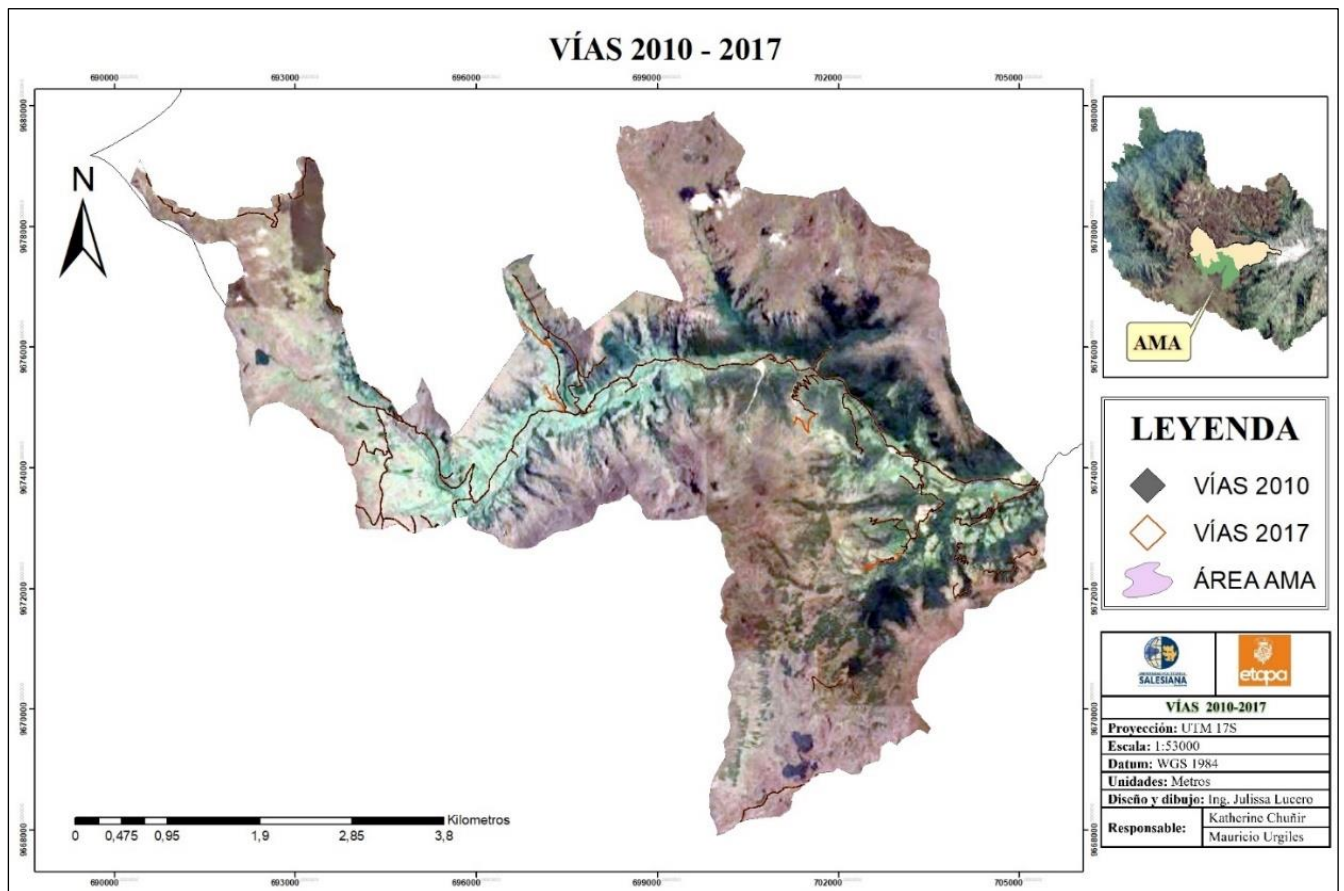
Fuente: Autores

Cobertura que reemplazó (AREA POBLADA)		
AÑO 2010	AÑO 2017	Área (ha)
Área poblada	Área poblada	3,27
	Pasto	0,04
AREA TOTAL		3,31

En la tabla 4.10 se puede observar que el área poblada, entre los años 2010 y 2017 hubo un aumento de 1,26 ha. La cobertura vegetal del año 2017 que reemplazó al área poblada corresponde, 0,04 ha pasto y 3,27 ha sigue siendo área poblada.

4.3.2.6. Vías 2010 – 2017

En las vías se puede observar un aumento del 7,08% en la zona baja y media del río Yanuncay.



Mapa 4.11. Vías 2010-2017

Fuente: Autores

Tabla 4.11. Cobertura vegetal que reemplaza a las vías 2010-2017

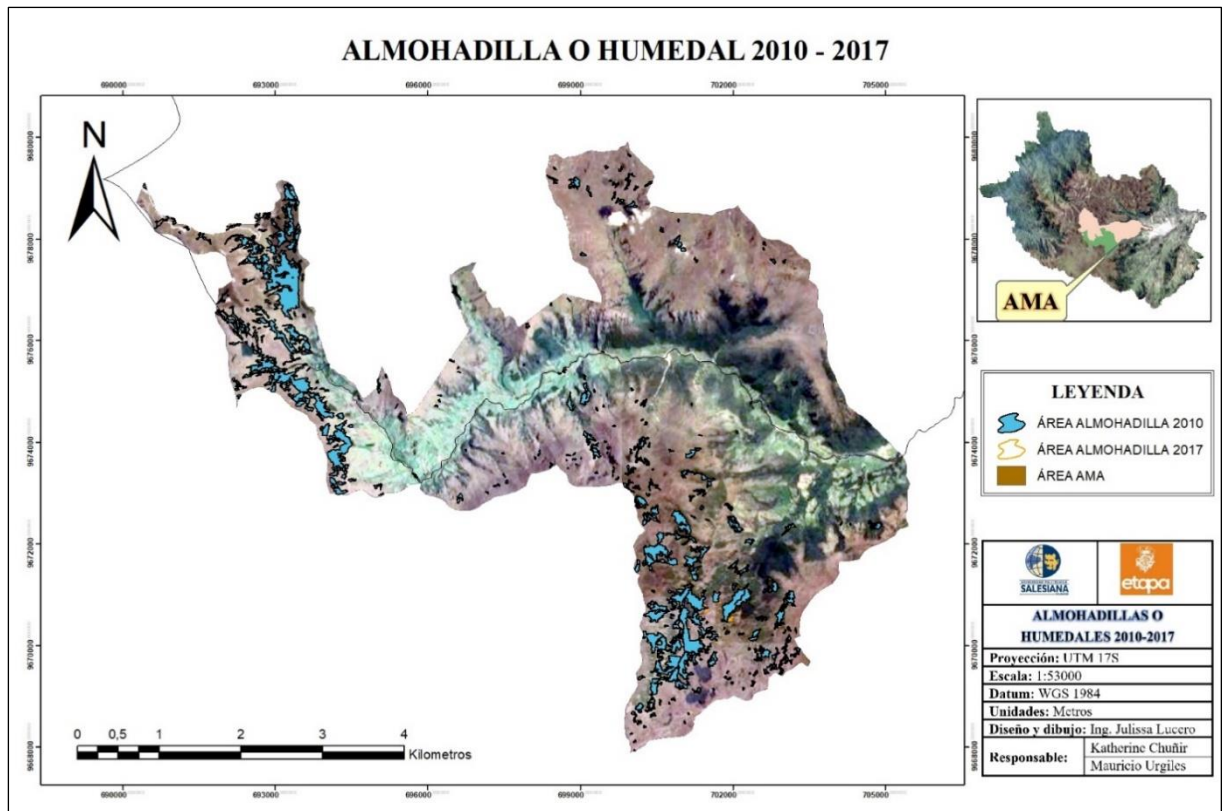
Fuente: Autores

Cobertura a la que reemplazó (VÍAS)		
AÑO 2010	AÑO 2017	Área (ha)
Vías	Área poblada	0,004
	Pasto	0,06
	Vías	25,94
AREA TOTAL		26

En la tabla 4.11 se puede observar que entre los años 2010 y 2017 hubo un aumento de 1,97 ha de vías, esto ha ido incrementando por varias razones una de ellas es el crecimiento poblacional. La cobertura vegetal del año 2017 que reemplazó a las vías corresponde, 0,06 ha a zonas que fueron pasto, 0,004 ha de área poblada y 25,94 ha sigue siendo vías.

4.3.2.7. Almohadilla o Humedales 2010 y 2017

En los humedales se puede observar una disminución del 2,77% en la parte baja de la subcuenca.



Mapa 4.12. AlmoHADILLA O HUMEDALES 2010 y 2017

Fuente: Autores

Tabla 4.12. Cobertura vegetal que reemplazo a los humedales 2010-2017

Fuente: Autores

Cobertura que reemplazó (ALMOHADILLA O HUMEDAL)		
AÑO 2010	AÑO 2017	Área (ha)
Almohadillas o humedales	Almohadilla o humedal	432,52
	Área poblada	0,01
	Bosque nativo	0,15
	Pajonal	8,54
	Pasto	4,96
	Plantación forestal de pino	0,06
AREA TOTAL		446,24

En la tabla 4.12 se puede observar que entre los años 2010 y 2017 hubo una disminución de 12,38 ha de almohadillas o humedales, esto ha ido disminuyendo debido a factores antrópicos como el aumento demográfico, mal uso y consumo excesivo de las fuentes hídricas ha generado consecuencias negativas a los ecosistemas. La cobertura vegetal del año 2017 que reemplazó a las almohadillas o humedales corresponde 0,01 ha de área poblada, 0,15 ha de bosque nativo, 8,54 ha de pajonal, 4,96 ha de pasto, 0,06 ha de plantación forestal de pino y 432,52 ha siguen siendo humedales.

4.4. Caracterización del uso actual del suelo y vegetación

4.4.1. Promedios anuales de precipitación y temperatura

Se puede observar en la tabla 4.13 los resultados de los promedios anuales de temperatura y precipitación de la zona de estudio:

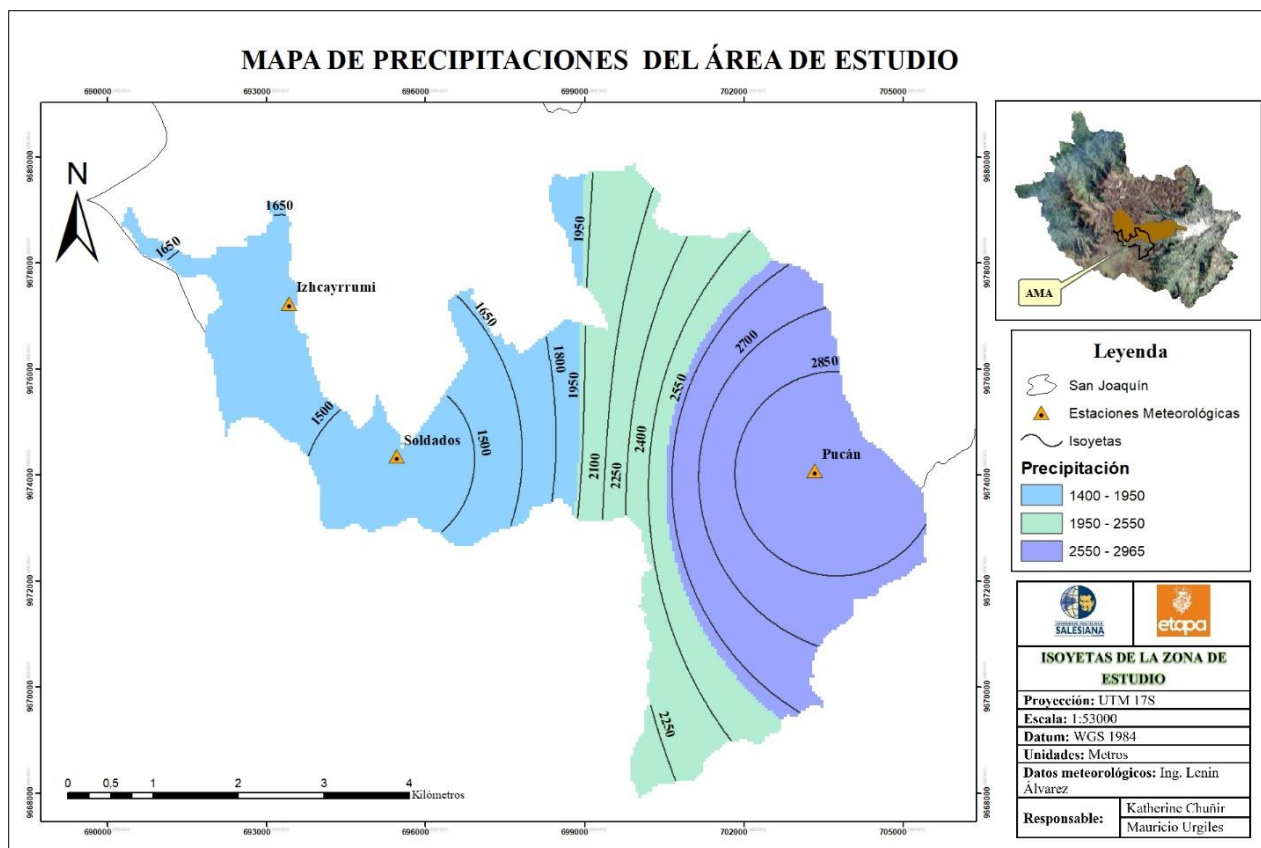
Tabla 4.13. Representación de los promedios anuales de la temperatura y precipitación

Fuentes: Autores

Pucán		Soldados		Izhcairrumi	
Año	P (milímetros/año)	Año	P (milímetros/año)	Año	P (milímetros/año)
2016	4414.29	2016	961.2	2016	1818.6
2017	2758.7	2017	1402.6	2017	2033.6
2018	4247.64	2018	1602.2	2018	1379.3
2019	2597.89	2019	2286.37	2019	1706.6
2020	641.1	2020	786.6	2020	1296.9
Promedio parcial mm/año	2931.9		1407.8		1647.0
Promedio total en mm/año	1995.6				
Promedio anual de temp °C	8.9				

4.4.2. Precipitación

Las precipitaciones máximas registradas en la parte alta de Soldados varían entre 1400 a 1950 mm anuales, en cambio en la parte baja de la comunidad Soldados varía entre 1950 a 2550 mm anuales, mientras que en la comunidad Sustag se registra valores entre 2550 a 2965 mm anuales como se observa en el siguiente mapa 4.13.

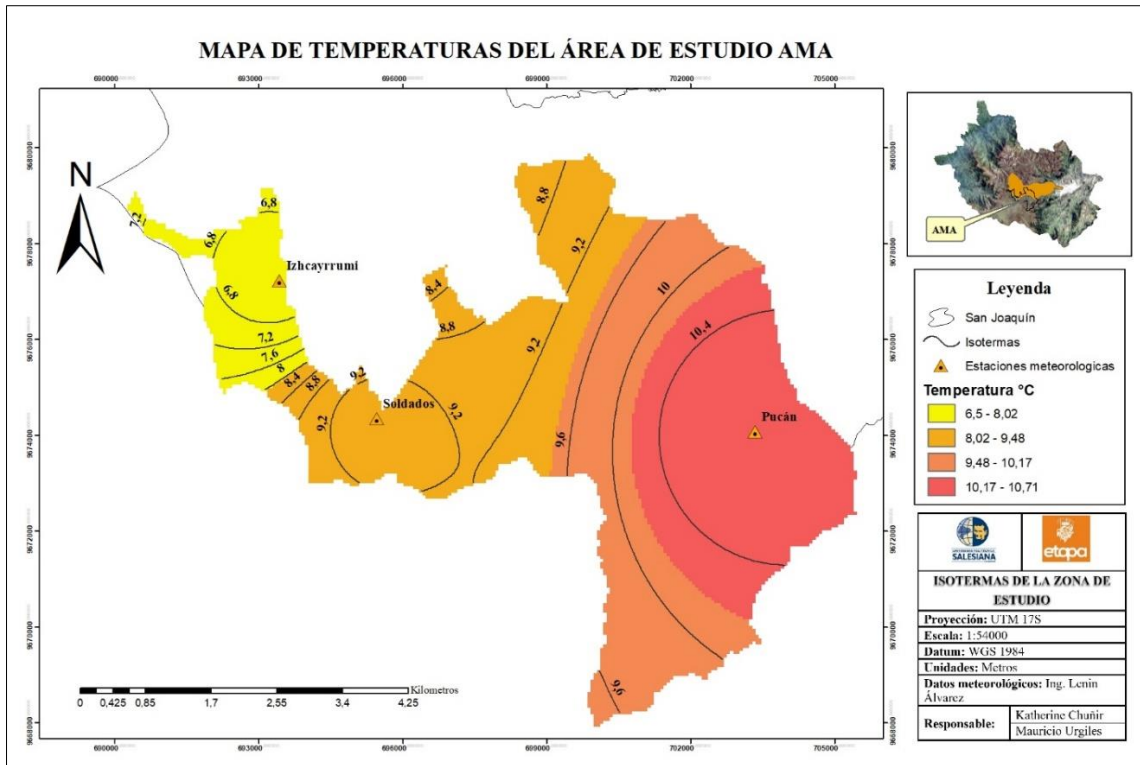


Mapa 4.13. Isoyetas del área de estudio, ETAPA EP

Fuente: Autores

4.4.3. Temperatura

Como se observa en el mapa 4.14, los rangos más bajos de temperatura se presentan en la parte alta de Soldados de 6,5 a 8,2 °C, mientras en la parte baja varía 8,02 a 9,48 °C, en cambio en la comunidad Sustag la temperatura es entre 9,48 a 10,71°C anuales.



Mapa 4.14. Isotermas del área de estudio, ETAPA EP

Fuente: Autores

El análisis realizado de las precipitaciones y temperaturas, dio como resultado que la zona de estudio se clasifica como bosque montano -muy húmedo (Bmh-M) (Chicaiza, 2014).

4.5. Índice de Protección Hidrológico (IPH)

Para cada tipo de cobertura se asignó una simbología según la importancia de la cobertura vegetal de la zona:

Tabla 4. 14. Simbología de la cobertura vegetal e índices de protección hidrológicos propuestos

Fuente: Autores

Simbología	
1a	Vegetación de alta conservación y almacenamiento de agua.
2b	Vegetación de media conservación y almacenamiento de agua.
3c	Vegetación de baja conservación y almacenamiento de agua.

En la tabla 4.15 muestra los tipos de cobertura y el IPH correspondiente:

Tabla 4.15. Tipos de cobertura vegetal e Índices de Protección Hidrológico propuestos

Fuente: Autores

Símbolo	Tipo de cobertura vegetal	Índice de protección hidrológica IPH	Media
Vegetación leñosa			
1a	Bosque nativo	1	1
3c	Plantación forestal de pino	0,2 – 0,4	0,3
3c	Plantación forestal de eucalipto	0,2 – 0,4	0,3
Vegetación herbácea			
1a	Pajonal	1	1
1a	Almohadilla	1	1
2b	Pasto	0,4 – 0,6	0,5
Tierras cultivadas			
2b	Suelo cultivado	0,4 – 0,6	0,5
3c	Suelos degradados	0,2 – 0,4	0,3
TOTAL			4,9

En la tabla 4.15 se muestra el resultado obtenido del IPH el cual es **4,9**, esta sumatoria de las coberturas se dividió para 8 (tipos de cobertura) dando como resultado **0.61 Índice de**

Protección Hidrológica, este valor es mayor al 50% de la asignación que va desde 0.00 a 1.00. De igual manera en la tabla 4.16, se muestra los criterios para el ajuste del IPH, para comparar los diferentes tipos de cobertura vegetal:

Tabla 4.16. Criterios, indicadores y puntuación propuestos para ajustar el IPH de la vegetación de la subcuenca

Fuente: (Jaramillo Rojas, 2004)

Criterio	Indicador	Puntuación
1. Estructura	1 a 2 estratos	1
	1 a 3 estratos	2
	3 o más estratos: arbustivo, herbáceo, epifitas y arbóreo	3
2. Composición florística	Homogénea	1
	Media	2
	Heterogénea	3
3. Densidad	Alta	3
	Media	2
	Baja	1
4. Interceptación de precipitación	Alta	3
	Media	2
	Baja	1
5. Presencia de mulch	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
6. Ecosistemas especiales	Ecosistema seco	1

	Ecosistemas plantados	2
	Ecosistemas de importancia hidrológica	3
7. Tipo de vegetación	Temporal	1
	Anual	2
	Perenne	3
8. Grado de intervención para la recuperación de ecosistemas	Alto	1
	Medio	2
	Bajo	3
TOTAL		20

Como se observa en la tabla 4.16, para cada indicador se le da una numeración de 1 a 3 siendo 1 bajo, 2 medio y 3 alto, permitiendo dar a cada tipo de cobertura vegetal la importancia que tiene (Jaramillo Rojas, 2004). Para cada indicador se colocaron valores según el conocimiento y experiencia de los técnicos de la Subgerencia Ambiental de ETAPA EP, estos valores han sido propuestos según el área de estudio, los cuales suman 20 puntos. Para determinar el índice definitivo se calculó mediante la siguiente operación $(20 \times 1) / 24 = 0,83$ puntos, donde 1 es el valor máximo que puede alcanzar el IPH, 20 es la suma de los indicadores y 24 es el total de los indicadores.

4.5.1. Importancia de la categorización de la cobertura vegetal para proveer el servicio ambiental hidrológico

Las categorías y los rangos del IPH utilizados se indican en la tabla 4.17 (Jaramillo Rojas, 2004):

Tabla 4.17. Importancia de la caracterización de la cobertura vegetación para proveer el servicio ambiental hidrológico y rango

Fuente: (Jaramillo Rojas, 2004)

RANGO DE IPH	IMPORTANCIA DE LA VEGETACIÓN	APTITUD
0 – 0,1	nula / muy baja	Regeneración / restablecimiento
0,2 – 0,39	Baja	Restablecimiento
0,4 – 0,69	Media	Protección
0,7 – 0,89	Alta	Preservar
0,9 – 1	Muy alta	Preservar

El resultado que se obtuvo del cálculo del IPH según los criterios de la zona de estudio está en **0,83** esto quiere decir que está en los rangos de 0,70 – 0,89, que lo sitúa en la categoría de importancia de vegetación de **ALTA conservación**, lo que quiere decir que es una zona con una gran capacidad para almacenar, retener y disponer de agua, lo que da mayores argumentos para buscar diferentes tipos de métodos que ayuden a conservar y garantizar la disposición y distribución de los recursos hídricos.

4.6. Oferta y demanda hídrica real

4.6.1. Oferta hídrica

4.6.1.1. Estación Meteorológica y limnográfica de Pucán



Figura 4.17. Aforo con molinetes en la estación meteorológica Pucán

Fuente: Autores



Figura 4.18. Caja porta equipo

Fuente: Autores



Figura 4.19. Equipo utilizado para el aforamiento (molinete)

Fuente: Autores

La recolección de los datos en campo, se procesó en el programa de la Red Hidrometeorológica Unificada del río Paute RHUP que es manejada por ETAPA EP. Los resultados que se obtuvieron fueron verificados en conjunto con el Ing. Lennin Álvarez, técnico encargado del manejo de la red. De esta manera se calculó el caudal durante el mes de diciembre del 2021, que fue cuando se realizó el aforamiento de caudal en campo, en la siguiente tabla 4.19 se presenta los resultados.



Figura 3.20. Punto de muestreo de la estación Meteorológica y limnigráfica de Pucán

Fuente: Autores

Tabla 4.18. Procesamiento de aforos Pucán

Fuente: Autores

Selección											
Id Estación		PucanNueva	Yanuncay en Pucan (Nueva)								
Captor		IAut	alturas instantaneas, captor Limni								
Fecha		12/09/2021 11:20	←		→		Aforos		29		
Cota escogida (cm)		30									
	Brazo	Margen	Dist.(m)	Prof.(cm)	No revol.	Duración (s)	Hélice	Montaje	Cste (cm)	Método	Corrección
1	1	0=Izquierda	0.00		26						
2					21	203					
3					15	200					
4					10	191					
5			2.00		31						
6					24	230					
7					18	158					
8					12	149					
9			4.00		21						
10					16	237					
11					12	212					
12			6.00		25						
13					20	232					
14					15	197					
15			8.00		30						
16					24	87					
17					18	74					
18					12	87					
19			10.00		38						
20					30	206					
21					22	199					
22					15	192					
23			12.00		25						
24					20	180					
25					15	183					
26					10	165					
27			15.00		45						
28					36	196					
29					27	183					
30					18	184					
31			17.00		59						
32					48	253					
33					35	252					
34					17	251					
35			19.00		20						
36					16	9					
37					10	8					
38		1=Derecha	20.00		22						

Tabla 4.19. Resultado del caudal calculado

Fuente: Autores

Fecha/Hora Escogida	09/12/2021 11:20	Caudal anterior		m3/s
Cota escogida (cm)	120 cm	Caudal	4.348	m3/s
Fecha/Hora Inicial	09/12/2021 11:20	Ancho	20.00	m
Fecha/Hora Final	09/12/2021 12:05	Profundidad Maxi	0.59	m
Cota Inicial	120 cm	Sección Mojada	6.5	m2
Cota Final	120 cm	Perímetro Mojado	20.06	m
Cota Mínima	120 cm	Velocidad Media Sup.	0.83	m/s
Cota Máxima	120 cm			
Posición Sección	-2 km (Negativo Aguas Arriba, Positivo Aguas Abajo)			
Autor(es) Aforo	Ing. Lenin Alvarez			
Autor Procesamiento	Ing. Lenin Alvarez, Katherine Chunir, Mauricio Urgiles			
Modo Procesamiento	general			
Lugar de Archivaje	RHPU			
Comentario	Aforo con estudiantes de la UPS			
Modo Operativo	aforo con barras			

4.6.1.2. Estación Pluviográfica Soldados

Con los resultados obtenidos y procesados en la RHUP se calculó el caudal durante el mes de enero del 2021, que fue cuando se realizó el aforamiento de caudal en campo, como se observa en la tabla 4.21.

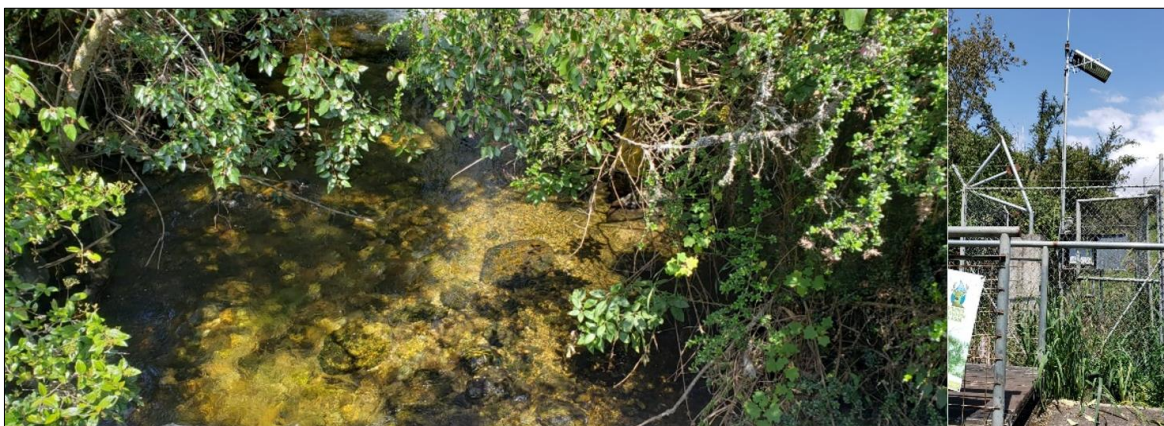


Figura 4.21. Punto de muestreo de la Estación Pluviográfica Soldados

Fuente: Autores

Tabla 4.20. Procesamiento de aforos Soldados

Fuente: Autores

Hélices Círculo Configurar Ayuda Salir											
Selección											
Id Estación		Izhcairumi	Izhcairumi AJ Yanuncay								
Captor		IAut	sonda de presion								
Fecha		20/01/2022 11:00	← →		Aforos 3						
Cota escogida (cm)		44									
Brazo	Margen	Dist. (m)	Prof. (cm)	No revol.	Duración (s)	Hélice	Montaje	Cste (cm)	Método	Corrección	
1	1	0=Izquierda	0.00	15		30	A-219129	1=Varilla		1=20%-40%-60%-8	
2											
3			1.00	23							
4				18	10						
5				10	2						
6											
7			2.00	36							
8				28	32						
9				20	32						
10				10	30						
11											
12			3.00	38							
13				30	15						
14				23	13						
15				15	12						
16				10	11						
17											
18			4.00	35							
19				28	3						
20				21	1						
21				10	1						
22											
23	1=Derecha		4.50	10							

Tabla 4.21. Resultado del caudal calculado

Fuente: Autores

Fecha/Hora Escogida	20/01/2022 11:00	Caudal anterior		m3/s
Cota escogida (cm)	44 cm	Caudal	0.0887	m3/s
Fecha/Hora Inicial	20/01/2022 11:00	Ancho	4.50	m
Fecha/Hora Final	20/01/2022 11:20	Profundidad Maxi	0.38	m
Cota Inicial	44 cm	Sección Mojada	1.332	m2
Cota Final	44 cm	Perímetro Mojado	4.57	m
Cota Mínima	44 cm	Velocidad Media Sup.	0.08	m/s
Cota Máxima	44 cm			
Posición Sección	-1 km (Negativo Aguas Arriba, Positivo Aguas Abajo)			
Autor(es) Aforo	Ing.Lenin Alvarez, Katherine Chunir, Mauricio Urg			
Autor Procesamiento	Katherine Chunir			
Modo Procesamiento	General			
Lugar de Archivaaje	IRH			
Comentario	Aforo con estudiantes de la UPS			
Modo Operativo	aforo con barras			

4.6.1.3. Estación Meteorológica Izhcairrumi

Con los resultados obtenidos y procesados en la RHUP se calculó el caudal durante el mes de enero del 2021, que fue cuando se realizó el aforamiento de caudal en campo, como se muestra en la tabla 4.23.



Figura 4.22. Punto de muestreo de la Estación Meteorológica Izhcairrumi

Fuente: Autores

Tabla 4.22. Procesamiento de aforos estación meteorológica Izhcairrumi

Fuente: Autores

Hélices Círculo Configurar Ayuda Salir											
Selección											
Id Estación		ChicoSoldado	Chico Soldados AJ Yanuncay								
Captor		Aut	sensor ultrasonico en pasarela metalica								
Fecha		13/01/2022 11:30	← →		Aforos		12				
Cota escogida (cm)		50									
Brazo	Margen	Dist.(m)	Prof.(cm)	No revol.	Duración (s)	Hélice	Montaje	Cste (cm)	Método	Corrección	
1	1	0=Izquierda	0.00	0		30	A-219129	1=Vanilla		1=20%-40%-60%-8	
2											
3			1.00	8							
4				7	41						
5											
6			2.00	29							
7				23	100						
8				17	78						
9											
10			3.00	32							
11				26	156						
12				19	154						
13				13	150						
14											
15			4.00	36							
16				29	189						
17				22	196						
18				14	156						
19											
20			5.00	26							
21				21	114						
22				16	113						
23											
24		1=Derecha	6.00	6							

Tabla 4.23. Resultado del caudal calculado

Fuente: Autores

Fecha/Hora Escogida	13/01/2022 11:30	Caudal anterior		m3/s
Cota escogida (cm)	50 cm	Caudal	0.6308	m3/s
Fecha/Hora Inicial	13/01/2022 11:30	Ancho	6.00	m
Fecha/Hora Final	13/01/2022 12:20	Profundidad Maxi	0.36	m
Cota Inicial	50 cm	Sección Mojada	1.34	m2
Cota Final	50 cm	Perímetro Mojado	6.05	m
Cota Mínima	50 cm	Velocidad Media Sup.	0.41	m/s
Cota Máxima	50 cm			
Posición Sección	-1 km (Negativo Aguas Arriba, Positivo Aguas Abajo)			
Autor(es) Aforo	Ing. Lenin Alvarez, Katherine Chunir, Maurico Urgi			
Autor Procesamiento	Ing. Mauricio Urgles			
Modo Procesamiento	General			
Lugar de Archivaje	IRH			
Comentario	Aforo con los estudiantes de la UPS			
Modo Operativo	aforo con barras			

4.6.2. Demanda hídrica

La demanda hídrica promedio del sector dio como resultado 184,72 L/s.

Tabla 4.24. Cálculo de la demanda hídrica

Fuente: Autores

Cálculo de la demanda hídrica					
Caudal promedio de agua l/seg	l/min	l/hora	l/día	l/año	m3/año
184,72	11083,2	664992	15959808	5825329920	5825329,9

4.7. Cálculo del potencial de regulación hidrológica de la vegetación de interés para la provisión del servicio ambiental hidrológico

Fórmula

$$\mathbf{Prh} = \frac{\mathbf{Pzh} * \mathbf{Avih} * \mathbf{IPH}}{\mathbf{\acute{a}rea (ha)}}$$

Dónde:

Prh = Potencial de regulación hidrológica (m³/ha)

Pzh = Precipitación de la zona de importancia hidrológica (m) = **1,99 m** valor de la precipitación promedio anual.

Avih = Área cubierta por la vegetación de importancia hidrológica (m²) = **53260700 m²**, valor de la sumatoria de hectáreas de bosque nativo, pajonal y humedales.

IPH = Índice de protección hidrológica = **0,83**

Área (ha) = **6807,36 ha** de la zona de estudio.

$$\mathbf{Prh} = \frac{1,99 * 53260700 * 0,83}{6807,36} = \mathbf{12922,88 m^3/ha}$$

4.8. Costo de oportunidad

Como se observa en la tabla 4.25 se muestra los promedios del costo de oportunidad por hectárea y año, los cuales son:

Tabla 4.25. Promedio del costo de oportunidad

Fuente: Autores

Arrendatario	Costo arriendo \$	Superficie (ha)	Costo \$/ha/año	Cortes al año	Costo de cada corte/ha	Promedio costo/ha/año

Paolo Montenegro	4875	15	325	3	108,33	286\$
Sixto Méndez	4030	13	310	3	103,33	
Honorio Pacheco	3480	12	290	3	96,67	
Aurelio Méndez	3300	11	300	3	100,00	
Diego Abril	2700	10	270	3	90,00	
Patricio Barros	3190	11	290	3	96,67	
Iván Espinoza	3120	12	260	3	86,67	
Leonardo Guerrero	3640	13	280	3	93,33	
Luisa Guzmán	3850	14	275	3	91,67	
Manuel Merchán	3640	14	260	3	86,67	
TOTAL	35825	125	2860	30	953,33	

De igual manera se calculó el costo para cada corte al año, por cada uno de las personas que arriendan el terreno con fines informativos.

4.9. Cálculo del valor de la protección de la vegetación proveedora del servicio ambiental hidrológico

Fórmula:

$$VP = \frac{Co * Avih * IPH}{D}$$

Dónde:

VP = Valor de protección del servicio ambiental hidrológico (\$/m³) al año

Co = Costo de oportunidad del uso de suelo (\$/ha/año) = **286\$**

Avih = Área cubierta por la vegetación de importancia hidrológica (ha) = **5326,08 ha**

IPH = Índice de protección hidrológica = **0,83**

D = Demanda anual de agua de uso doméstico (m³/año) = **5825329,9 m³/año**

$$\mathbf{VP} = \frac{286 * 5326 * 0,83}{5825329,9} = 0,22 \text{ \$/m}^3$$

$$\mathbf{VP} = 0,22 \text{ \$/m}^3 \div 12 = \mathbf{0,02 \text{ \$/m}^3 \text{ al mes}}$$

4.10. CONCLUSIONES

- ◆ En base al análisis multitemporal realizado en el área priorizada AMA de la subcuenca Yanuncay, se observó que las principales actividades antrópicas como incendios forestales, aperturas de vías, ganadería en los páramos, entre otros, ha generado los diferentes cambios de uso de suelo y vegetación.
- ◆ En el estudio realizado a partir del año 2010 – 2017, se observó cambios positivos y negativos de la cobertura vegetal del área priorizada AMA, entre los cambios positivos se evidenció un incremento de 40,06 hectáreas de pajonal esto debido a las estrategias implementadas por el departamento de Gestión Ambiental de (ETAPA-EP, 2020) y al cambio de actitud de los habitantes del sector frente a la conservación, de la misma manera una disminución de 4,73 hectáreas de plantación forestal de pino, 1,42 hectáreas de suelos degradados, 11,99 hectáreas de suelos cultivados, así mismo se observó una eliminación total del área quemada con 0,00 hectáreas para el año 2017. Con respecto a los cambios negativos se evidenció una disminución de 9,66 hectáreas de bosque nativo debido a las actividades antrópicas presencia de ganadería y deforestación, 12,38 hectáreas de almohadillas esto ha ido disminuyendo debido a factores antrópicos como el aumento demográfico, el mal uso y excesivo consumo de las fuentes hídricas, de igual manera hubo un incremento de 82,05 hectáreas de pasto debido al aumento de las actividades ganaderas en las partes altas y bajas del área priorizada AMA, 1,98 hectáreas de vías y 1,26 hectáreas de crecimiento demográfico.
- ◆ En cuanto al Índice de Protección Hídrica (IPH) presenta un promedio de **0,83** esto quiere decir que está en los rangos de 0,70 – 0,89, que según la tabla de clasificación propuesta (Jaramillo Rojas, 2004) se sitúa en la categoría **ALTA**, lo que corresponde a **un área de conservación de alta importancia y capacidad de retener agua**, debido principalmente a los diferentes tipos de cobertura vegetal como el pajonal, almohadillas o humedales y bosque nativo.
- ◆ Con respecto al cálculo de la oferta y demanda hídrica se puede mencionar que dentro del área de estudio y de los aforos que se realizó en los tres puntos seleccionados se obtuvo que el área priorizada AMA de la subcuenca del río Yanuncay proporciona un promedio de **1690 litros/segundo** de agua, en relación a la demanda hídrica de los 133000 usuarios los cuales se benefician de la subcuenca con **184,72 litros/segundo**,

por lo que en la actualidad no se tiene inconvenientes en el abastecimiento de agua en esta zona.

- ◆ Con respecto al valor de la protección de la vegetación proveedora del servicio ambiental hidrológico que se obtuvo es de (0,02 \$/m³), esto representa la cantidad que cada usuario debe aportar al mes por cada m³ de agua que consuma, el mismo que será destinado en actividades de conservación, cuidado y protección de esta área protegida.

4.11. RECOMENDACIONES

- ◆ Frente a las actividades antropogénicas identificadas se debe plantear una coordinación interinstitucional con las entidades legales como el MAE o la Comisión de SGA de Cuenca, para aplicar la normativa ambiental vigente y de esta manera frenar estas actividades que alteran la calidad y cantidad de las fuentes hídricas.
- ◆ Fortalecer la estrategia AMA que ejecuta la empresa ETAPA EP en coordinación con otras instituciones como son los GADs Parroquiales, Juntas de Agua e instituciones públicas ya que se observa buenos resultados en cuanto a conservación se refiere.
- ◆ Actualizar la información base cartográfica y meteorológica, que se utiliza en la empresa ETAPA EP para continuar realizando análisis y toma de decisiones a futuro.

4.12. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, Z. (2013). Guía de Métodos para medir la Biodiversidad. *Universidad Nacional de Loja*.
- Albarracín, S. (2019). *Propuesta de manejo integral de la subcuenca hidrográfica del río Yanuncay, provincia del Azuay*. 1–172. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17305/1/UPS-CT008251.pdf>
- Aldás, J. (2013). *Estudio de variación de la cobertura vegetal y estado actual del Cerro Imbabura*. 140.
- Alejandro, J., Portillo, L., Manuel, V., Reyes, V., Rodrigo, L., Aguilar, G., ... Guzmán, J. A. L. (2010). Humedales. *Atlas Del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural de Veracruz ; Gobierno Del Estado de Veracruz : Comisión Del Estado de Veracruz Para La Conmemoración de La Independencia Nacional*.
- Alonso Sarría, F. (2006). Sistemas de Información Geográfica. Universidad de Murcia, departamento de Geografía. *Sistemas de Información Geográfica*, 239.
- Área de Territorio y Biodiversidad, (IKT). (2010). *Revisión de la Cartografía de Vegetación y usos del suelo de la CAPV - Memoria técnica*. 15.
- Bernal, S., & Prado, C. (2015). Análisis de la influencia de la cobertura vegetal en la generación de caudales de la cuenca de la quebrada Granadillo en los años 1993 y 2009 a partir de aerofotografías y cartografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. *Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería*, 29. Retrieved from <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2722/1/Trabajo de grado-Especialización RH.pdf>
- Blanco, D. E. (2017). Los humedales como hábitat de aves acuáticas. *Tópicos Sobre Humedales Subtropicales y Templados de Sudamérica*, 2142(1428), 219–228.
- Bolaños, J. (2002). Usos del suelo y capacidad de carga territorial: el caso de la Caldera del Rey (Tenerife, Islas Canarias). *Papeles de Geografía*, 0(36), 5–25.
- Cabezas, J. (2021). *Índice de protección hidrológica en relación a la microcuenca Membrillo , cantón Bolívar- Manabí*. 21–22.
- Campos, C. (2018). Análisis multitemporal de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal

para el desarrollo de un modelo probabilístico prospectivo en la cuenca del río Capucuy. *Universidad Internacional SEK*.

CENTA. (2012). Cobertura vegetal Paraguay. *Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal*.

Chicaiza, O. (2014). Determinación del Índice Potencial Hidrológico, como indicador para la protección de las fuentes de agua del Área de aporte del Sistema de Agua Pillachiquir, parroquia Quingeo, cantón Cuenca, provincia del Azuay. *Universidad Del Azuay*, 1–47.

Chuncho Morocho, C., & Chuncho, G. (2019). Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), 71–83.

Cocha Pallo, J. (2009). Estado actual de la calidad físico-química, bacteriológica y biológica del agua de la subcuenca del río Yanuncay en dos estaciones climáticas (invierno y verano) del canton Cuenca provincia del Azuay-Ecuador. *Diplomado Superior En Educación Universitaria Por Competencias*, 104. Retrieved from <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/3281/1/10055.pdf>

Constitución-del-Ecuador. (2008). *Constitución de la república del Ecuador*. 132.

Coronel, M. (2008). *Estudio de la sustentabilidad de la subcuenca aportante del río Palanda para el proyectos hidroeléctrico Fátima, sobre la base del estudio multitemporal, Zamora Chinchipe-Ecuador*. 16. Retrieved from <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/2979/1/07032.pdf>

CORPEI. (2007). *Planificación Estratégica Bosques Nativos en el Ecuador*. 140.

Cotler, H., Galindo, A., González, I., & Pineda, R. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*.

Cuevas, M., Bunge, V., Cotler, H., & Garrido, A. (2010). Las cuencas hidrográficas de México: priorización y toma de decisiones. *Las Cuencas Hidrográficas de México. Diagnóstico y Priorización.*, 231. Retrieved from <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/639/priorizacion.pdf>

Díez, A. (2009). Vegetación Terrestre asociada al río: bosque de ribera. *Conceptos y Técnicas En Ecología Fluvial*, 309–321.

Dudley, N. (2008). Directrices para la aplicación de las categorías de gestión áreas

- protegidas. In *International Journal of Scientific Managment Tourism* (Vol. 2). Retrieved from <https://portals.iucn.org/library/efiles/edocs/PAPS-016-Es.pdf>
- Duque-Sarango, P., Patiño, D. M., & López, X. E. (2019). Evaluación del Sistema de Modelamiento Hidrológico HEC-HMS para la Simulación Hidrológica de una Microcuenca Andina Tropical. *Información Tecnológica*, 30(6), 351–362. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000600351>
- Duque, P., Montalvo, F., Robles, V., & Gonzalez, K. (2020). *An educational rule-based expert system to determine water quality for environmental engineering and biotechnology students*. 1–6. <https://doi.org/10.1109/EDUNINE48860.2020.9149502>
- Duque, P., Rivadeneira, R., & Delgado, M. (2019). Estimation of the water balance of for a small tropical andean catchment. *Granja*, 29(1), 56–69. <https://doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.05>
- Duque, S., & Hernández, B. (2020). Estudio integral del recurso hídrico de la microcuenca del Rio Guarango , Cuenca – Ecuador. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação Iberian Journal of Information Systems and Technologie*, 240–252.
- Durán, V., Rodríguez, C., Cuadros, S., & Francia, J. (2014). Impact of soil erosion and runoff on mountain slopes of Mediterranean agroecosystems. *Ecosistemas*, 23(1), 66–72. <https://doi.org/10.7818/ecos.2014.23-1.12>
- ETAPA-EP. (2020). Acuerdos Mutuos por el Agua (AMA) y Adaptación al Cambio Climático. *Iniciativa Ganadora: II Edición Del Reconocimiento a Las Buenas Prácticas de Desarrollo Sostenible*.
- ETAPA EP. (2017). ETAPA EP - Plantas de potabilización. Retrieved April 5, 2022, from <https://www.etapa.net.ec/principal/agua-potable/operacion-y-mantenimiento/plantas-de-potabilizacion>
- Faustino, J., Vásquez, A., & Mejía, A. (2016). *Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas*.
- González, G. (2012). Determinación del mulch. *España*.
- Gutierrez, I., & Becerra, P. (2018). Composition, diversity and vegetation structure of riparian forests in south-central Chile. *Bosque*, 39(2), 239–253. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002018000200239>

- Gutierrez, R. (2017). *The confrontation of society-state coalitions : Native forest protection policy in Argentina (2004-2015)*. 11, 283–312.
- Guzmán Arias, I., & Calvo Alvarado, J. (2013). Planificación del recurso hídrico en América Latina y el Caribe. *Tecnología En Marcha*, 26(0), 4–17.
- Guzmán, I., & Calvo, J. (2012). Planificación del recurso hídrico en América Latina y el Caribe Planning Water Resources in Latin America and the Caribbean. *Tecnología En Marcha*, 26(1), 16.
- Henríquez, C., Azócar, G., & Aguayo, M. (2006). Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: Aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles. *Revista de Geografía Norte Grande*, (36), 61–74. <https://doi.org/10.4067/s0718-34022006000200004>
- Hernández Ramos, J., Magaña, J. J. G., Flores, H. J. M., GarcíaCuevas, X., Reyes, T. S., López, C. F., & Ramos, A. H. (2013). Guía de densidad para manejo de bosques. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(19), 61–77.
- Holdridge, L. R. (1982). Ecología basada en zonas de vida. In *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura* (Vol. 53).
- INEGI. (2009). Guía para la interpretación de cartografía uso del suelo y vegetación : Escala 1:250 000 : Serie III. *Inegi*, 77.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2020). Crecimiento poblacional en Ecuador. *Proyecciones Poblacionales*, 1–38. Retrieved from <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- Lambrano, A., Sosa, E., Ramos, A., & Fuentes, C. (2017). Pérdidas por intercepción de la vegetación y su efecto en la relación intensidad, duración y frecuencia (IDF) de la lluvia en una cuenca semiárida. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 8(4), 37–56. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-04-03>
- Lizmová, N. (2007). Análisis de mapas como un método de investigación de fenómenos naturales y socioeconomicos. *Revista Luna Azul*, 24, 74–84.
- Loja, G. (2013). Determinación de estrategias de conservación en la subcuenca del río Yanuncay mediante el análisis de indicadores de calidad y cantidad de agua. *Universidad Del Azuay*, 1–145. Retrieved from

<http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6819/1/07260.pdf>

- LOOTUGS. (2016). Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo. *Suplemento Del Registro Oficial 790, 5-VII-2016, LOOTUGS*, 31.
- López, E. (2015). Evaluación de la calidad del bosque de ribera, utilizando un método simple y rápido en dos ríos de bosque seco tropical (Tolima, Colombia). *Tumbaga*, 1(10), 1.
- Machado, D., & Buytaert, W. (2019). Hydrologic modeling of a Venezuelan Andean páramo with rocky outcrops using TOPMODEL. *MASKANA*, 10(2), 54–63. <https://doi.org/10.18537/mskn.10.02.06>
- Marin, J. (1993). Balance hidrico e hidrológico de la cuenca media del rio Gallego. *Geographicalia*, 30(01), 243–257. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/287341815.pdf>
- Martínez, J. (2012). *Diagnóstico del inventario de recursos hídricos en la provincia del Azuay*. 237. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3680/1/UPS-CT002575.pdf>
- Mayra, M., García, E., Magdalena, G. M., & Domínguez, E. (2015). *Importancia del clima laboral en los resultados de una empresa y la competitividad*.
- Molina, E. (2008). Cogestión de cuencas hidrográficas experiencias y desafíos. In *Memoria del Seminario Internacional realizado en CATIE*. Retrieved from <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2983E/A2983E.PDF>
- Montesinos, D., Otto, R., & Fernández Palacios, J. M. (2009). Bosques endémicos de *Juniperus* spp. In *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Retrieved from http://jolube.es/Habitat_Espana/documentos/9560.pdf%5Cnhttp://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-prottegidos/red-natura-2000/rn_tip_hab_esp_espana.aspx
- Muñoz, L., & Vera, D. (2019). Evaluación de la influencia de la cobertura vegetal en la protección hidrológica del sitio Brisas - Quiroga, cuenca media del río Carrizal. *Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí*, 1(47), 35.
- Nieto, A., & Cárdenas, G. (2018). Sistemas De Información Geográfica Y Teledetección : Aplicaciones En El Análisis Territorial. In *Sistemas de información geográfica y*

- teledetección: aplicaciones en el análisis territorial*, 2018, ISBN 9788409037490.
Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=721667>
- Ordóñez, J. (2011). ¿ Qué Es Cuenca Hidrológica ? *Sociedad Geológica de Lima*, 1, 1–44.
Retrieved from http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf
- Organización Mundial de la Salud, O. (2019). Guías para la calidad del agua de consumo humano. *Organización Mundial de La Salud*, 4, 608.
- Orozco, W. B. M. (2019). Los páramos andinos. In *Tiempos de Crisis sistémica*.
<https://doi.org/10.2307/j.ctvpv50bh.8>
- Oyarzún, C., & Núñez, D. (2005). Los servicios ecosistémicos del bosque templado lluvioso: producción de agua y su valoración económica. *Ambiente y Desarrollo*, XX–XXI(3), 88–97.
- Paggi, J. C. (2004). *Importancia de la fauna de " Cladóceros " (Crustácea, Branchiopoda) del Litoral Fluvial Argentino*. 12, 239–246.
- Paiz, A. N. (2018). Caracterización de los bosques de ribera de cinco ríos del norte de Guatemala. *Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia*.
- Panu, S., & Sharma, C. (2009). Analysis of annual hydrological droughts: The case of northwest Ontario, Canada. *Hydrological Sciences Journal*, 54(1), 29–42.
<https://doi.org/10.1623/hysj.54.1.29>
- Patiño, D., & López, X. (2017). Aplicación de modelos hidrológicos de las microcuencas del área de bosque y vegetación protector Aguarongo con enfoque al cambio climático. *Universidad Politécnica de Salesiana*, 172.
- Peralta, A., Carrión, G., & Martínez, P. (2018). *Conservación de recursos naturales y protección de fuentes de agua en áreas de recarga hídrica*.
- Pérez, I. (2012). *Evaluación y análisis de la huella hídrica y el agua virtual de la producción agrícola en el Ecuador*. 62. Retrieved from <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/911/1/AGN-2012-T025.pdf>
- Pérez, J., Valdés, E., & Ordaz, V. (2012). Vegetal cover and soil erosion in shaded coffee

- agroforestry systems. *Terra Latinoamericana*, 30(3), 249–259.
- Planificación para la Conservación de Áreas de TNC, C. T. N. (2006). *Manual de Planificación para la conservación de Áreas, PCA*.
- Programa Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas para la Protección del Agua, M. (2013). *La propuesta de Acuerdos Mutuos por el Agua de ETAPA EP*.
- Ramos, C., & García, M. (2016). Características Ecosistémicas asociadas a la actividad ganadera en Arauca (Colombia): Desafíos frente al cambio climático. *Orinoquia*, 1(20), 28. <https://doi.org/10.22579/20112629.322>
- Rojas, Jaramillo. (2004). Estudio de Valoración Económica del Agua de Uso Domestico de Gonzanama. Fundación futuro ambiente y desarrollo local. *PROBANO*, 47.
- Rojas, Javier. (2013). *La propuesta del programa manejo integrado de cuencas para la proteccion de fuentes de gua de ETAPA EP*.
- Rosa, M., & Drozd, D. A. A. (2019). *Clasificación ecológica para la República Argentina a partir del modelo de zonas de vida de Holdridge (1947, 1967)*.
- Sanchez, A., García, R., & Palma, A. (2016). *La Cuenca hidrográfica: unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales* (Vol. 935). Retrieved from http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/cuenca_hidrografica.pdf
- Secretaría del Agua. (2014). Ley Orgánica de Recursos Hídricos. *Registro Oficial Suplemento N° 305*, 68.
- Segarra, J. (2016). Impacto del cambio del uso de suelo sobre la calidad del agua del río Tomebamba. *Diplomado Superior En Educación Universitaria Por Competencias*, 104. Retrieved from <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/3281/1/10055.pdf>
- Segnini, S., & Chacón, M. M. (2014). Arroyos y Quebradas de Montaña. *Humedales de La Orinoquia (Colombia - Venezuela)*, (January 2014).
- Seingier, G., Espejel, I., & Fermán-Almada, J. L. (2009). Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. *Investigación Ambiental*, 1(1), 54–69.
- Toasa, A. (2015). *Valoracion Ecologica Del Recurso Hidrico De Tres Vertientes De La Quebrada Oreja Del Diablo Del Canton Mocha*. 26-27–28. Retrieved from <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18397/1/tesis-044> Maestría en

- UICN. (2011). *Las áreas protegidas de América Latina Situación actual y perspectivas para el futuro*.
- UNESCO. (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. No dejar a nadie atrás. In *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*.
- Urbina, C. (1987). *Manejo de Cuencas Hidrográficas*. Bogotá, Colombia.
- Vásconez, P., Medina, G., & Hofstede, R. (2001). Los Páramos del Ecuador. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, 91–109.
- Venegas, D. S. M. (2014). Determinación óptima de mulch, para mejorar condición técnica del hidrosembado en taludes de alta pendiente. *Universidad Del Bío Bío Facultad de Ingeniería Departamento Ingeniería Civil y Ambiental*.
- Villacís, B., & Carrillo, D. (2012). Nueva cara demográfica del Ecuador. *Analiíka*, 52. Retrieved from http://www.inec.gob.ec/publicaciones_libros/Nuevacarademograficadeecuador.pdf
- Villalobos, A., Hernández, N., Guillermo, R., & Paz, A. (2004). *Manual de Manejo de Cuecas*. 153.