

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Influencia del cambio climático y uso del suelo en la
capacidad de regulación hídrica en la microcuenca
medio bajo Mantaro del departamento de
Huancavelica, periodo 2015 - 2020**

Elyda Margot Arroyo Canales
Liz Doris Bazán Vásquez
Janeth Catay Ordoñez

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Mirjana Alice Porles Arteaga

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirnos cumplir con esta meta, por darnos conocimiento y su inmenso amor, porque sin el nada se puede hacer. A la Universidad Continental, por brindarnos enseñanzas muy valiosas por medio de sus excelentes maestros.

A nuestros seres que nos dieron la vida y hermanos, por brindarnos la seguridad de que todo se puede, además de inculcarnos valores y sobre todo por la motivación constante para así seguir creciendo como buenos profesionales.

A la Ing. Mirjana Porlles Arteaga, por el asesoramiento, guía y confianza durante la elaboración del presente trabajo y así lograr el objetivo.

DEDICATORIA

Dedicamos la presente investigación a nuestros padres, por su ayuda y los ánimos brindados, pese a las dificultades vividas. A nuestros hermanos, por su cariño y motivación, quienes comparten nuestros logros y dificultades. A las personas que nos brindaron sus conocimientos durante el proceso de elaboración del trabajo.

ÍNDICE

ASESOR	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.2. Formulación del problema.....	8
1.1.2.1. Problema general.....	8
1.1.2.2. Problemas específicos.....	8
1.2. Objetivos	8
1.2.1. Objetivo general	8
1.2.2. Objetivos específicos.....	9
1.3. Justificación e importancia.....	9
1.3.1. Justificación social	9
1.3.2. Justificación académica	9
1.3.3. Importancia	10
1.4. Hipótesis y descripción de las variables.....	10
1.4.1. Hipótesis de investigación.....	10
1.4.2. Hipótesis nula	11
1.4.3. Hipótesis específicas.....	11

1.4.4.	Descripción y operacionalización de las variables	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....		13
2.1.	Antecedentes de la investigación.....	13
2.1.1.	Antecedentes encontrados en artículos científicos	13
2.1.2.	Antecedentes encontrados en tesis	14
2.1.3.	Antecedentes encontrados en libros.....	16
2.2.	Bases teóricas	16
2.2.1.	Generalidades de la microcuenca Medio Bajo Mantaro.....	16
2.2.1.1.	Clima de la cuenca	17
2.2.2.	Regulación hídrica	17
2.2.2.1.	Usos del agua en la microcuenca Medio Bajo Mantaro	18
2.2.2.2.	Precipitación en la microcuenca Medio Bajo Mantaro	19
2.2.2.3.	Caudal de la cuenca del río Mantaro	19
2.2.3.	Cambio climático	19
2.2.3.1.	Impactos del cambio climático en el departamento de Huancavelica	19
2.2.3.2.	Efectos del cambio climático en Huancavelica	20
2.2.3.3.	Causas del cambio climático en Huancavelica.....	20
2.2.4.	Obtención de parámetros climáticos mediante el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI	20
2.2.4.1.	Parámetros.....	21
2.2.5.	Cambio de uso de suelo.....	21
2.2.5.1.	Factores que influyen al cambio de uso de suelo.....	22
2.2.5.2.	Causas del cambio de uso de suelo	22
2.2.5.3.	Porcentaje de cobertura vegetal de la región de Huancavelica	23
2.2.6.	Tipo de suelo de la cuenca del Mantaro	23
2.2.6.1.	Suelo leptosoles.....	24
2.2.6.2.	Suelo regosoles	24
2.2.6.3.	Suelo cambisol.....	24

2.2.7.	Tipo de cobertura vegetal de la cuenca del Mantaro	24
2.2.7.1.	Tipo de cobertura vegetal de la microcuenca Medio Bajo Mantaro	25
2.2.8.	Relación de variables	26
2.3.	Definición de términos básicos	27
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		30
3.1.	Método, tipo y nivel de la investigación	30
3.1.1.	Métodos de la investigación	30
3.1.1.1.	Método general o teórico de la investigación	30
3.1.1.2.	Métodos de la investigación	30
3.1.2.	Tipo de la investigación	31
3.1.3.	Nivel de la investigación	31
3.2.	Diseño de la investigación	31
3.2.1.	Tipo de diseño de la investigación	31
3.3.	Población y muestra	32
3.3.1.	Población	32
3.3.2.	Muestra	33
3.4.	Proceso metodológico	35
3.4.1.	Desarrollo de base de datos	35
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	41
3.5.1.	Técnicas de recolección de datos	41
3.5.2.	Instrumentos de recolección de datos	41
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		42
4.1.	Resultados del tratamiento y análisis de la información	42
4.1.1.	Análisis de las variables independientes y dependiente	42
4.1.1.1.	Caudal de la microcuenca Medio Bajo Mantaro	42
4.1.1.2.	Precipitaciones de la microcuenca Medio Bajo Mantaro	43
4.1.1.3.	Temperatura en la microcuenca Medio Bajo Mantaro	45
4.1.1.4.	Precipitaciones de la microcuenca Medio Bajo Mantaro	46

4.1.2. Influencia del cambio climático y el cambio de uso de suelo en la capacidad de regulación hídrica de la microcuenca	48
4.1.2.1. Cambio climático.....	48
4.2. Validación de hipótesis	50
4.3. Discusión de resultados.....	51
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXOS	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Escasez física y/o económica de agua a nivel mundial.....	2
Figura 02. Países más afectados por condiciones climáticas extremas.....	3
Figura 03. Variación neta de la superficie agrícola y forestal por país/territorio, 2000 - 2010.....	4
Figura 04. Mapa de zonas de Perú con mayor riesgo de quedarse sin agua.....	5
Figura 05. Mapa de pérdida de bosque húmedo Amazónico, bosque/no bosque en el 2001 - 2018 en la provincia de Tayacaja.....	7
Figura 06. Mapa de las estaciones meteorológicas del departamento de Huancavelica..	36
Figura 07. Obtención de datos de precipitación y temperatura.....	38
Figura 08. Proceso de descarga de imágenes satelitales.....	39
Figura 09. Procesamientos de imágenes satelitales.....	40
Figura 10. Descarga de datos hidrometeorológicos.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Operacionalización de las variables.....	12
Tabla 02. Clasificación del Índice de Retención y Regulación Hídrica.....	18
Tabla 03. Características orográficas, climáticas y florísticas propias.....	25
Tabla 04. Tipos de cobertura vegetal en la microcuenca Medio Bajo Mantaro.....	25
Tabla 05. Microcuencas de la cuenca del Mantaro.....	32
Tabla 06. Límites de la microcuenca Medio Bajo Mantaro.....	34
Tabla 07. Componentes de cada provincia.....	34
Tabla 08. Ubicación de la estación meteorológica de Acobamba.....	36
Tabla 09. Estadísticas de la regresión.....	37
Tabla 10. Análisis de varianza.....	37
Tabla 11. Resumen del modelo estadístico pronóstico mediante regresión lineal.....	37
Tabla 12. Datos de caudal de la microcuenca Medio Bajo Mantaro, 2015-2020.....	43
Tabla 13. Promedio de datos de caudal.....	43
Tabla 14. Datos de la precipitación de la microcuenca Medio Bajo Mantaro, 2015-2020.....	44
Tabla 15. Variación porcentual de la precipitación anual.....	44
Tabla 16. Promedio de datos de la precipitación.....	44
Tabla 17. Datos de temperatura de la microcuenca Medio Bajo Mantaro, 2015-2020.....	45
Tabla 18. Promedio de datos de la temperatura.....	45
Tabla 19. Datos de la cobertura vegetal de la microcuenca Medio Bajo Mantaro, 2015-2020.....	46
Tabla 20. Datos por tipo de cobertura vegetal en la microcuenca Medio Bajo Mantaro.....	47
Tabla 21. Datos del cambio de la cobertura vegetal de la microcuenca Medio Bajo Mantaro, 2015-2020.....	48
Tabla 22. Relación entre el caudal y precipitación.....	48
Tabla 23. Coeficiente de correlación de Pearson.....	49
Tabla 24. Relación entre el caudal y la temperatura.....	49
Tabla 25. Coeficiente de correlación de Pearson.....	49
Tabla 26. Relación entre el caudal, porcentaje de cobertura vegetal y cambio de uso de suelo.....	50
Tabla 27. Coeficiente de correlación de Pearson.....	50

RESUMEN

El objetivo de la tesis fue determinar la influencia del cambio de uso de suelo y el cambio climático en la capacidad de regulación hídrica en la microcuenca Medio Bajo Mantaro del departamento de Huancavelica, periodo 2015 - 2020. El tipo de investigación fue básica, ya que se buscó aumentar el conocimiento acerca de la capacidad de regulación hídrica de la microcuenca y si ésta guarda alguna relación con el cambio de uso de suelo y el cambio climático. Se utilizó el método hipotético - deductivo, debido a que se pusieron a prueba las hipótesis planteadas con la finalidad de corroborar si el cambio de uso de suelo y el cambio climático influyen en la capacidad de regulación hídrica de la microcuenca Medio Bajo Mantaro. Los datos fueron procesados con el modelo estadístico Pearson para precisar si existe relación directa o inversa entre las variables independientes y dependiente. La precipitación y el caudal de la microcuenca presentan una relación directa con un coeficiente de correlación de 0.90 y coeficiente de determinación de $R^2 = 81 \%$, mientras que la temperatura y el caudal presentan una relación inversa con un coeficiente de correlación de - 0.392 y coeficiente de determinación de $R^2 = 15 \%$, así como la relación entre el caudal y la cobertura vegetal fue directa con un coeficiente de correlación de 0.83 y coeficiente de determinación de $R^2 = 69 \%$ y finalmente la relación entre el caudal y el cambio de uso de suelo (CUS) fue inversa con un coeficiente de correlación de - 0.65 y coeficiente de determinación de $R^2 = 43 \%$. Se concluye que la precipitación, la cobertura vegetal y el cambio de uso de suelo influyen en la capacidad de regulación hídrica de la microcuenca Medio Bajo Mantaro.

Palabras clave: cambio climático, cambio de uso de suelo, capacidad de regulación hídrica.

ABSTRACT

The objective of the thesis was to determine the influence of land use change and climate change on the capacity for water regulation in the Medio Bajo Mantaro microbasin of the department of Huancavelica, period 2015 - 2020. The type of research was basic, since it sought to increase knowledge about the water regulation capacity of the micro-basin and whether it bears any relation to land use change and climate change. The hypothetical - deductive method was used, because the hypotheses raised were tested in order to corroborate whether the change in land use and climate change influence the water regulation capacity of the Medio Bajo Mantaro microbasin. The data were processed with the Pearson statistical model to determine whether there is a direct or inverse relationship between the independent and dependent variables. The precipitation and flow of the microbasin have a direct relationship with a correlation coefficient of 0.90 and coefficient of determination of $R^2 = 81 \%$, while temperature and the flow have an inverse relationship with a correlation coefficient of - 0.392 and coefficient of determination of $R^2 = 15 \%$, as well as the relationship between the flow and the vegetation cover was direct with a correlation coefficient of 0.83 and coefficient of determination of $R^2 = 69 \%$ and finally the relationship between flow and change of use of soil was inverse with a correlation coefficient of - 0.65 and coefficient of determination of $R^2 = 43 \%$. It is concluded that precipitation, vegetation cover and change of use of soil influence the water regulation capacity of the Medio Bajo Mantaro microbasin.

Keywords: climate change, change of use of soil, water regulation capacity.

INTRODUCCIÓN

La regulación hídrica es un servicio ecosistémico de gran importancia para la región andina, ya que es el responsable de proveer agua de buena calidad y disponibilidad a través del año. El servicio de regulación hídrica se genera cuando el ambiente almacena aguas provenientes de las precipitaciones y lo libera lentamente aportando agua a los ríos y a manantiales en épocas de estiaje; sin embargo, para el buen funcionamiento de este servicio, y así se beneficien las comunidades, depende de diferentes factores como la profundidad del suelo, la cobertura vegetal, la precipitación e incluso las buenas prácticas de conservación del agua (1).

Actualmente en nuestro planeta se vienen manifestando numerosos problemas ambientales que causan impactos negativos a la calidad de vida de los pobladores y muchos de los problemas requieren de una solución pronta. Uno de los problemas ambientales más relevantes que viene afectando a la población es la escasez del recurso hídrico, debido al cambio de uso del suelo y el cambio climático que impactan sobre el proceso del ciclo hidrológico.

En los últimos años debido a la demanda económica, los pobladores de la microcuenca Medio Bajo Mantaro iniciaron sus actividades de agricultura y ganadería desmesuradamente a comparación de los años anteriores, alterando principalmente la cobertura vegetal, asimismo se evidencia que la temperatura es cada vez mayor y se da un déficit de precipitaciones que cada vez es más frecuente, generando como consecuencia la disminución del caudal de la microcuenca, perjudicando así el desarrollo de la flora, la fauna y otras actividades del hombre.

El trabajo tiene como objetivo determinar la influencia del cambio de uso de suelo y el cambio climático en la capacidad de regulación hídrica en la microcuenca Medio Bajo Mantaro del departamento de Huancavelica, período 2015 - 2020.

La investigación se divide en cuatro capítulos. El Capítulo I muestra el planteamiento del estudio, la formulación del problema, los objetivos, la justificación e importancia, las hipótesis y la descripción de las variables independientes y dependientes.

El Capítulo II muestran los antecedentes del problema, donde se incluyen tesis, libros y artículos científicos asociados al objeto de estudio; asimismo, se incluyen las bases teóricas y la definición de términos básicos que facilitaron la elaboración de la tesis.

El Capítulo III explica el método y alcance de la investigación, el diseño, la población y la muestra y la técnica metodológica aplicada. El método de la investigación es el hipotético - deductivo; ya que se pone en prueba la hipótesis planteada.

El Capítulo IV muestra los resultados, el tratamiento y análisis de la información, y la discusión de resultados.

Se concluye que el cambio de uso de suelo influye significativamente en la capacidad de la regulación hídrica en la microcuenca Medio Bajo Mantaro, mientras que el cambio climático no influye significativamente.

Las autoras.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

El servicio ecosistémico de regulación hídrica ocurre cuando el ambiente almacena el agua de las precipitaciones de las épocas de invierno y los libera lentamente en las temporadas secas, con la finalidad de proporcionar un balance entre los caudales del periodo lluvioso con los caudales del periodo seco; generalmente ocurre en aquellas cuencas que no cuentan con glaciares, por ello es muy importante la conservación de los ecosistemas para evitar la escasez del recurso hídrico (1).

El agua es indispensable para el desarrollo de los seres vivos; no obstante, desde hace algunos años se viene afrontando la escasez de éste, que afecta a los habitantes del mundo. Muchos investigadores proyectan que para el año 2050 no se contará con este valioso recurso. Las principales fuentes de provisión de agua son las cuencas que están conformadas por humedales, quebradas, ríos, entre otros; donde la regulación hídrica juega un rol muy importante, las cuales vienen siendo afectadas por las actividades del hombre y el cambio climático, más aún en los países desarrollados (2).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en el informe sobre el desarrollo del recurso hídrico en el mundo, menciona que la escasez de este recurso ya viene afectando en muchos continentes. La quinta parte de los habitantes de todo el mundo, siendo casi 1 200 millones de personas, viven en lugares que carecen de agua, mientras que la cuarta parte, siendo casi 1 600 millones de personas, vienen enfrentando situaciones de escasez de agua, donde la mayoría de los países no cuentan con infraestructuras necesarias para el transporte del agua de los ríos, manantiales y acuíferos (3), como se aprecia en la figura 01.

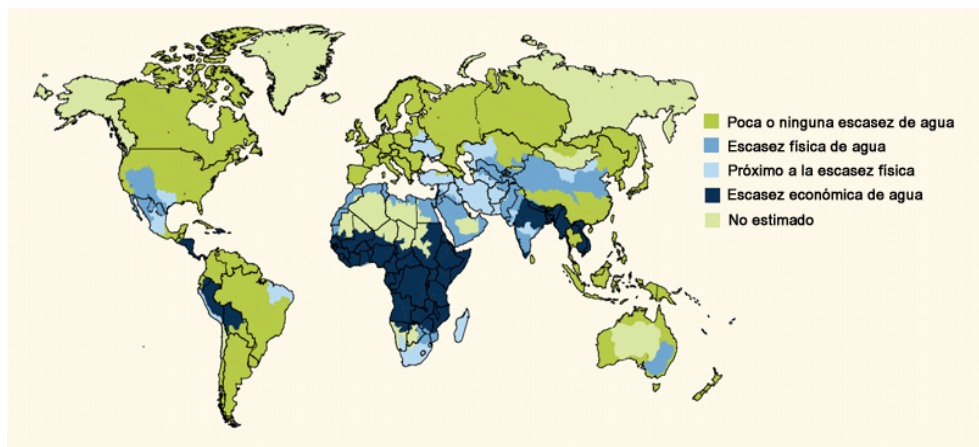


Figura 01. Escasez física y/o económica de agua a nivel mundial.

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (3).

Uno de los problemas ambientales globales es el cambio climático que influye negativamente a la capacidad de regulación hídrica, ya que provoca impactos negativos en el proceso del ciclo hidrológico; una de las consecuencias es el déficit de las precipitaciones que provoca la disminución de la cantidad de agua esperada en las cuencas, siendo escaso la disponibilidad del agua para satisfacer la demanda (2).

Según un informe emitido por La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se menciona que el cambio climático trae consecuencias graves en la disponibilidad del agua para la productividad de los cultivos. Otras consecuencias que hace mención el informe se asocia con una rápida alteración del ciclo hidrológico que ocurre

en nuestro planeta, incrementando la tasa de evaporación de la tierra y el mar, esto por las altas temperaturas. Las lluvias aumentarán en las zonas más altas, pero disminuirán en las que ya tienen carácter seco, entonces se presentarán con mayor frecuencia situaciones de inundaciones y sequías, aunque se pronostica que aquellas zonas que ya vienen atravesando la escasez de agua sean más secas y calurosas (4).

El diario France 24 muestra que en el año 2016 ocurrieron condiciones meteorológicas extremas, siendo los países más afectados Haití, Zimbabue y Fiyi (ver figura 02), donde están incluidos los deslizamientos, inundaciones, tormentas y sequías. Este último evento causó pérdidas en los cultivos, seguido de inundaciones que mataron alrededor de 250 personas y se predice que en el futuro estos eventos se darán con mayor frecuencia (5).

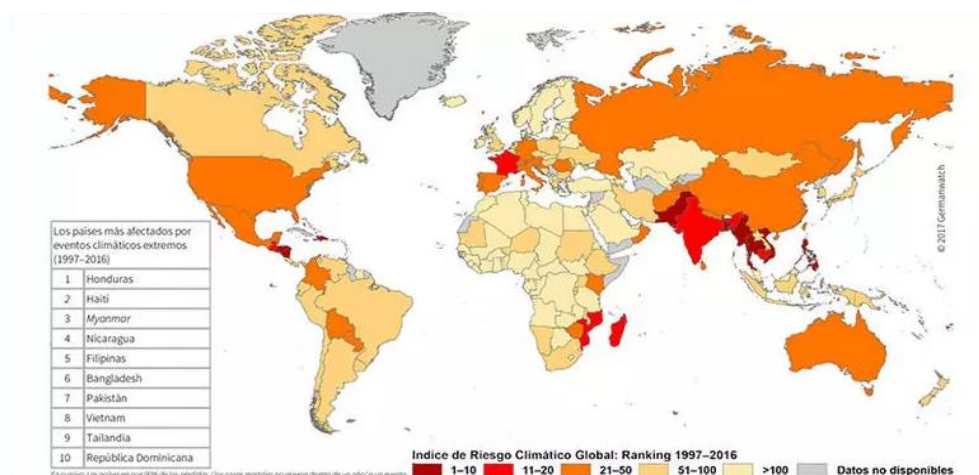


Figura 02. Países más afectados por condiciones climáticas extremas.

Fuente: Diario France 24 (5).

Uno de los problemas mundiales poco conocidos, que ha tomado importancia en los últimos años, es el cambio de uso de suelo, ya que los bosques y los árboles cumplen una función esencial en la regulación del flujo de agua. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en un informe acerca del estado de los bosques del mundo, da a conocer la variación neta de la superficie forestal y agrícola del país durante el periodo 2000 - 2010 (6), como se

aprecia en la figura 03, evidenciando que no solo es un problema a nivel local, sino a una escala mundial.

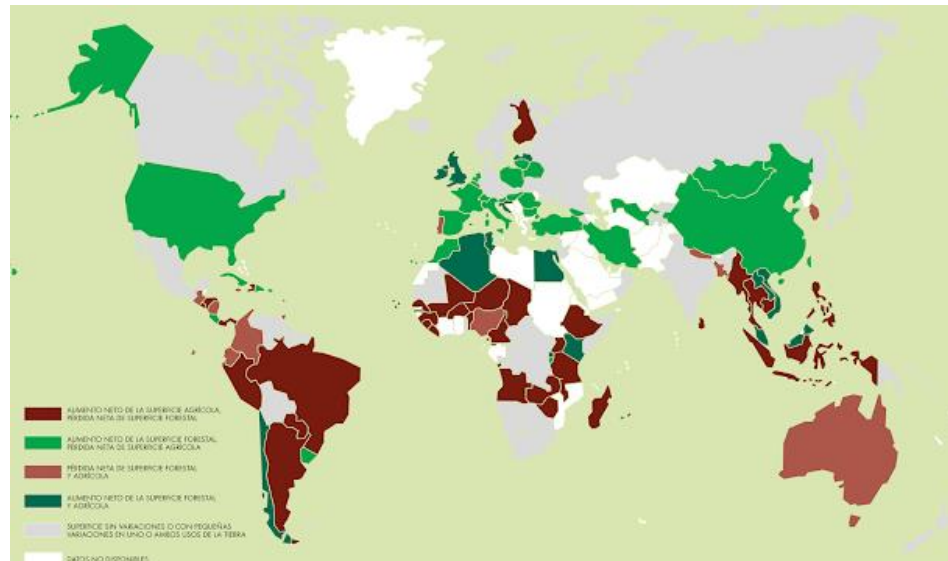


Figura 03. Variación neta de la superficie agrícola y forestal por país/territorio, 2000-2010.

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (6).

América Latina y el Caribe conservan el principal reservorio de bosques nativos a nivel mundial, aunque, durante los últimos años, estos ecosistemas han sido alterados, siendo reemplazados por plantas exóticas y deforestados para convertirlos en áreas agrícolas, como resultado de una manera no sustentable de cambio de uso de suelo realizado por el hombre que trae consigo uno de los riesgos más grandes sobre el rendimiento hídrico, provocando daños en la vegetación y limitando la productividad del suelo, denominado como sequía (7).

Durante los últimos años, América Latina y el Caribe han mostrado un desarrollo económico muy importante que conlleva a una mejora de las condiciones sociales y económicas de sus habitantes, sin embargo, esto ha suscitado efectos negativos, así como el deterioro de los recursos no renovables, los bosques, el agua y genera una mayor contaminación atmosférica. El cambio climático en esta región viene modificando los patrones de la precipitación, la escorrentía, la humedad del suelo; asimismo acelerando el retroceso de los glaciares. Todo lo mencionado

influye en la disponibilidad del agua para satisfacer las necesidades del hombre. En muchos casos se han provocado escenarios de estrés hídrico, así evidenciando los cambios en las condiciones hidrológicas (8).

El Perú es un país vulnerable ante al cambio climático; según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático se ha determinado que a causa del cambio climático se producen sequías, la desertificación, la desglaciación, lo cual provoca la escasez del recurso hídrico en las cuencas de la vertiente del Pacífico (9).

El Diario El Comercio, de acuerdo con un informe realizado por el Instituto de Recursos Mundiales, reporta que el Perú ocupa el puesto 66 del ranking de estrés hídrico, es decir, nuestro país se encuentra en un riesgo medio-alto de sufrir los efectos negativos por la deficiencia del agua. Las regiones costeras más afectadas son: Lambayeque, Tumbes, Arequipa, La Libertad, Ica, Piura, Tacna y Moquegua (10), como se observa en la figura 04, donde se dan efectos como la inseguridad alimentaria, conflictos y migraciones.

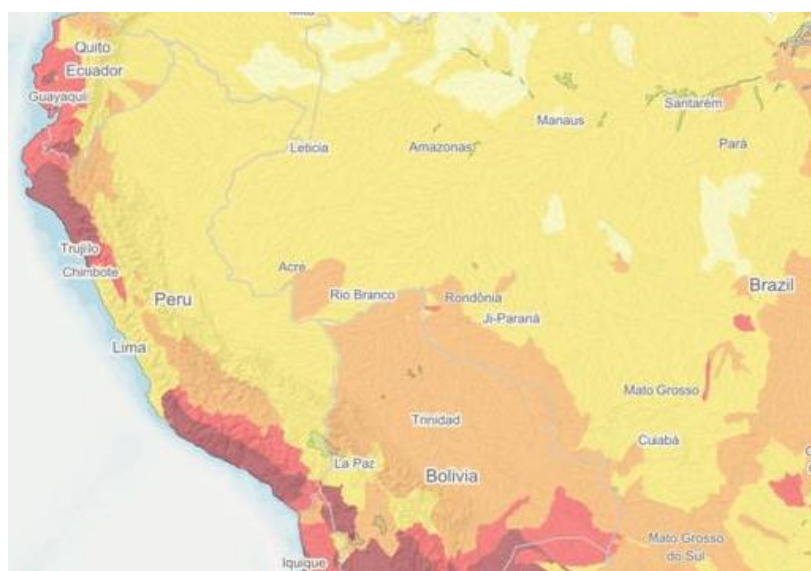


Figura 04. Mapa de zonas de Perú con mayor riesgo de quedarse sin agua.

Fuente: Baca (9).

Así también, desde tiempos remotos se viene practicando la quema de pajonales en los andes del Perú, modificando la cobertura vegetal, esto con la finalidad de obtener nuevos brotes para la alimentación de los

animales; sin embargo, la población desconoce que esta acción afecta negativamente a la regulación hídrica. Esta actividad, que provoca el cambio de uso de suelo, es uno de los factores que afecta el rendimiento adecuado del servicio ecosistémico, ya que incrementa el coeficiente de escorrentía, disminuye la tasa de infiltración y reduce el caudal, de modo que altera la capacidad de regulación hídrica y genera la escasez de los recursos hídricos (1).

En uno de los reportes del Diario Agencia Andina se muestra que durante los últimos años el índice de incendios forestales se incrementó sobrepasando el 100 % y que el 80 % de estos incendios ocurren en los Andes del Perú desde los 1 500 a 4 000 m.s.n.m. ocurriendo éstos en mayor incidencia entre los meses de agosto a noviembre (11). Los incendios forestales también guardan relación con los eventos de sequías extremas, ya que la cobertura vegetal desempeña un rol fundamental en la regulación del ciclo hidrológico.

El departamento de Huancavelica cuenta con 16 tipos de cobertura vegetal que representa una gran variabilidad de flora de tipo arbóreo, arbustivo y herbáceo, distribuido en las partes bajas, medias y altas de las cuencas, lo cual tiene particular importancia en el proceso de regulación hídrica (12); sin embargo, en los últimos años los ecosistemas altoandinos han sufrido degradaciones a raíz de las actividades humanas principalmente el cambio de uso de suelo; asimismo, la falta de prácticas de conservación de estos ecosistemas repercute en que la capacidad de la regulación hídrica disminuya. Por otro lado, recientes estudios señalan que el cambio climático está afectando significativamente los servicios ecosistémicos de regulación hídrica por el déficit de las precipitaciones, las altas temperaturas, etc. (12).

En un reporte del Diario Correo se muestra que en el departamento de Huancavelica se da la falta de agua, así como la merma de pastizales, debido a la sequía y ausencia de lluvia, por lo cual han muerto más del 70 % de las crías de las alpacas (13).

A través del Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático del Ministerio del Ambiente, se reportó que

durante el año 2018 en el departamento de Huancavelica se perdió un total de 18 hectáreas de bosque húmedo amazónico. En promedio, la disminución anual de este bosque, entre los años 2001 - 2018, es de 56 hectáreas. Dentro del mismo periodo, se registró una pérdida total de 1 013 hectáreas de bosques, dándose con mayor incidencia en la provincia de Tayacaja (14), como se visualiza en la figura 05.

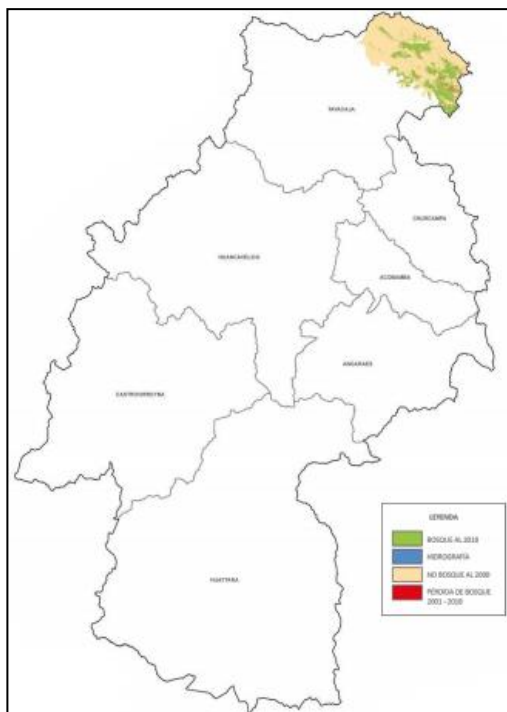


Figura 05. Mapa de pérdida de bosque húmedo Amazónico, bosque/no bosque en el 2001 - 2018 en la provincia de Tayacaja.

Fuente: Ministerio del Ambiente (14).

La regulación hídrica es uno de los servicios ecosistémicos más prioritarios en la microcuenca Medio Bajo Mantaro, ya que de ésta se benefician 21 distritos del departamento de Huancavelica. La cantidad de agua proporcionada por esta microcuenca ha ido disminuyendo año tras año, influyendo directamente en el desarrollo de los pobladores.

Las principales causas de la pérdida de la capacidad de regulación hídrica en esta microcuenca son el cambio de uso de suelo y el cambio climático. Las actividades económicas que realizan los pobladores son la agricultura

y la ganadería, motivo por el cual, ellos convierten los campos con pajonales y arbustos en parcelas de agricultura; asimismo en zonas de pastoreo intensivo y extensivo, impactando de manera negativa al servicio ecosistémico.

Por otro lado, el cambio climático es uno de los problemas ambientales que afecta a la microcuenca por las bajas y tardías precipitaciones que hace que el servicio ecosistémico pierda su mayor capacidad de regulación hídrica, generando escasez del recurso hídrico y más pobreza a la población.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cuál es la influencia del cambio climático y uso de suelo en la capacidad de regulación hídrica en la microcuenca Medio Bajo Mantaro del departamento de Huancavelica, periodo 2015 - 2020?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los efectos del cambio climático en la capacidad de regulación hídrica?
- ¿Cuáles son los efectos del cambio de uso de suelo en la capacidad de regulación hídrica?
- ¿Cuál es la variación de la capacidad de regulación hídrica en la microcuenca durante los últimos seis años?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia del cambio climático y el cambio de uso de suelo en la capacidad de regulación hídrica en la microcuenca Medio Bajo Mantaro del departamento de Huancavelica, periodo 2015 - 2020.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar los efectos del cambio climático en la capacidad de regulación hídrica.
- Identificar los efectos del cambio de uso de suelo en la capacidad de regulación hídrica.
- Determinar la variación de la capacidad de regulación hídrica en la microcuenca durante los últimos seis años.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación social

La investigación se realizó por la preocupación de la población del departamento de Huancavelica, quienes manifiestan que en los últimos años se ha evidenciado la escasez del recurso hídrico en la microcuenca Media Bajo Mantaro, influyendo directamente en la calidad de vida de los pobladores y afectando sus actividades agrícolas y pecuarias que son las principales fuentes de ingreso. Por consiguiente, se evaluó la precipitación, la temperatura y el uso de suelo de los últimos seis años de la microcuenca.

1.3.2. Justificación académica

La presente investigación guarda su aporte académico por ser un punto de partida a otros investigadores en temas de influencia del cambio de uso de suelo y cambio climático en la regulación hídrica; se presenta indagaciones con fines académicos para la búsqueda de nuevas soluciones y toma de medidas preventivas y correctivas con la finalidad de erradicar el problema

de disminución de la capacidad de regulación hídrica en las cuencas, microcuencas y subcuencas que son las principales fuentes de agua.

1.3.3. Importancia

La regulación hídrica en la microcuenca Medio Bajo Mantaro es uno de los servicios ecosistémicos más importantes que sirve para el crecimiento de la agricultura y ganadería que son las principales actividades económicas de la población, sin embargo, durante los últimos años el funcionamiento de dicho servicio se ha visto afectado por la actividad antropogénica y el cambio climático, afectando la sustentabilidad de las familias.

Esta investigación demuestra su importancia porque contribuye a que los pobladores que habitan en la microcuenca, y alrededor de ella, identifiquen las actividades que afectan el buen funcionamiento del servicio ecosistémico de regulación hídrica y así implementar y ejecutar prácticas de conservación. Como es de conocimiento, el recurso agua ha ido escaseando considerablemente durante los últimos años, muchas veces generando conflictos sociales entre los pueblos vecinos. Cabe resaltar que la cobertura pajonal ha sido cambiada por áreas agrícolas y plantaciones forestales alterando la funcionalidad del ecosistema. Asimismo, los resultados logrados pueden ser utilizados en proyectos de reforestación con el objetivo de atenuar las consecuencias del cambio climático y realizar medidas de adaptación para mantener el rendimiento hídrico de la microcuenca, que es la fuente principal de suministro de agua para el desarrollo de sus actividades de la población.

1.4. Hipótesis y descripción de las variables

1.4.1. Hipótesis de investigación

H₁: Existe una relación entre el cambio climático y el cambio de uso de suelo con la capacidad de regulación hídrica en la microcuenca Medio Bajo Mantaro.

1.4.2. Hipótesis nula

H_0 : No existe una relación entre el cambio climático y el cambio de uso de suelo con la capacidad de regulación hídrica en la microcuenca Medio Bajo Mantaro.

1.4.3. Hipótesis específicas

- La disminución del caudal de la microcuenca en épocas de estiaje es el efecto del cambio climático que afecta a la capacidad de la regulación hídrica.
- La disminución del caudal de la microcuenca en épocas de estiaje es el efecto del cambio de uso de suelo que afecta a la capacidad de la regulación hídrica.
- La disminución del caudal de la microcuenca en épocas de estiaje alteró la capacidad de regulación hídrica durante los últimos seis años.

1.4.4. Descripción y operacionalización de las variables

- Variables independientes:
 - a. Cambio climático: en la presente investigación se determinó si el cambio climático influye en la pérdida de la capacidad de regulación hídrica y de qué manera, para ello se tuvo en cuenta como indicadores a la precipitación y la temperatura.
 - b. Cambio de uso de suelo: por el otro lado, se analizó la influencia del cambio de uso de suelo en la capacidad de regulación hídrica, teniendo como indicador la cobertura vegetal.
- Variable dependiente:

- c. Regulación hídrica: para determinar la variación de la capacidad de regulación hídrica durante los últimos seis años, se tuvo en cuenta el caudal como un indicador. Finalmente, se analizaron los datos del cambio climático y cambio de uso de suelo para determinar la influencia de cada uno de ellos con respecto a la regulación hídrica.

Tabla 01. Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	OPERACIONALIZACIÓN		
		INDICADORES	TIPO DE VARIABLES	
VARIABLE INDEPENDIENTE	Cambio climático	Se define como la variación del clima de la Tierra.	Precipitación (mm)* Temperatura (°C)*	Cuantitativo
	Cambio de uso de suelo	Se define como la transformación de la cobertura vegetal original para convertir a otros usos.	Cobertura Vegetal (%)*	Cuantitativo
VARIABLE DEPENDIENTE	Regulación hídrica	Se define como la proporción de un balance natural de caudales de épocas lluviosas y épocas secas.	Caudal (m ³ /s)*	Cuantitativo

Fuente: elaboración propia.

*Nota: mm = milímetros, °C = grados centígrados, % = porcentaje, m³/s = metro cúbico por segundo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos

En el artículo científico titulado “Evaluación del servicio ecosistémico de regulación hídrica ante escenarios de conservación de vegetación nativa y expansión de plantaciones forestales en el centro - sur de Chile”, se tuvo por objetivo “analizar cambios del servicio ecosistémico de regulación hídrica bajo escenarios de cambio de uso de suelo a escala de cuencas”; en ésta investigación usaron datos espaciales para su análisis a través del ArcGIS 10.1 en la cual tuvieron dos escenarios de uso de suelo: A de conservación de bosque nativo y B de plantaciones exóticas. En el escenario A la regulación hídrica aumentó en 12 m^3 , esto debido a que la proporción del bosque nativo aumentó 117 hectáreas y en el escenario B disminuyó en un 5 m^3 debido a que hubo menor proporción de cantidad de plantas exóticas abarcando 56 hectáreas (15).

En el artículo científico titulado “Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México”, determinaron que al aumentar la temperatura en 3°C mensuales, se presentará una disminución del escurrimiento superficial y precipitaciones, lo que genera el aumento de la escasez hídrica; el escenario de cambio climático que se da se asocia con la variación del escurrimiento en la mayoría de las regiones del mundo (16).

En el artículo científico titulado “Evaluación de la tasa de infiltración en tierras agrícolas, forestales y de pastoreo en la subcuenca del río Shullcas”, cuyo objetivo fue “evaluar y determinar el uso del suelo con mayor tasa de infiltración en la subcuenca del río Shullcas en Huancayo”, se evaluó la tasa de infiltración en tres tipos de usos de suelo: tierras forestales, agrícolas y pastoreo. La investigación presentó como resultado que las tasas de infiltración, fueron: 14.04 cm/h; 12.42 cm/h y 2.07 cm/h respectivamente. Finalmente, el estudio concluye que no hay una diferencia estadística significativa entre la tasa de infiltración de tierras forestales y agrícolas, pero si hay una notable diferencia en la tasa de infiltración de tierras forestales y agrícolas respecto a la tasa de infiltración de las tierras de pastoreo (17).

En el artículo titulado “Efectos de la cobertura vegetal en la regulación hidrológica de microcuencas de Páramo” se tuvo como objetivo “contribuir a un correcto manejo y planificación de los recursos hídricos y naturales en cuencas hidrográficas de montaña mediante la cuantificación de la influencia de la cobertura vegetal sobre la hidrología de páramos”, donde se hizo la comparación de dos cuencas con cobertura de pajonal y pinos, obteniendo como resultado para la cuenca con pajonal 0.50 de coeficiente de escorrentía y 0.22 para la cuenca con pinos, de ésta manera obteniendo un caudal de tres veces mayor en la cuenca con pajonal en comparación con el de pino (18).

2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis

En la tesis titulada “Potencialidad de tierras y calidad de sitio con fines agroforestales en la Microcuenca del río Vilca - Huancavelica” se planteó como objetivo “determinar el uso actual y el conflicto de uso de tierras en la microcuenca, alcanzando que el 20.05 % de las tierras son dedicadas a la agricultura con un sobre uso alto y el 41.89 % son utilizadas con fines de pastoreo, con ello provocando la pérdida de cobertura vegetal el cual requiere un descanso y cambio de uso para que pueda recuperarse (19).

En la tesis titulada “Análisis multivariado para la generación de escenarios climáticos 2040 - 2050 en el Perú”, se tuvo como objetivo generar escenarios de temperatura y precipitación a escala local para el verano 2036 - 2065 relativo al período 1971 - 2000, donde se determinó que de 153 localidades del Perú, 88 de ellas indican a futuro un incremento promedio de 18 % de la precipitación siendo su variabilidad normal actual de ± 15 %, además de ello se menciona que pese al incremento de las precipitaciones, la humedad del suelo se reduce, esto se debe al aumento de la evapotranspiración (20). Ésta investigación es importante ya que brinda información sobre la variabilidad normal de la precipitación y comparar con los resultados obtenidos.

En la tesis titulada “La gestión de recursos hídricos en un escenario de escasez hídrica como consecuencia del cambio climático”, se expone la importancia del vínculo indudable que existe entre el cambio climático y la regulación del agua; se señala que el cambio climático, ante sus efectos negativos, ocasiona menor disponibilidad hídrica, asimismo se afirma de que en la actualidad en el ámbito de la sierra del Perú hay escasez de lluvia en los meses de marzo a noviembre, lo que genera alteraciones en la descarga hídrica de las cuencas (21).

La tesis titulada “Correlación de la cobertura vegetal de pastos naturales con la recarga hídrica de la cuenca alta del río Shullcas como media de adaptación al cambio climático en el periodo julio - 2013 hasta junio - 2014”, es importante para el presente trabajo de investigación debido a que determina que los meses con mayor precipitación y aprovechamiento de agua son diciembre, enero, febrero y marzo (22).

En la tesis titulada “Impactos del cambio de cobertura y el uso de suelo en la oferta de servicios ecosistémicos de regulación hídrica en el centro - sur de Chile”, se tuvo como objetivo “analizar el efecto del cambio de uso de suelo sobre la oferta del servicio de mediación de flujos líquidos (SEMFL), en las cuencas presentes en la cordillera de la costa del centro sur de Chile, mediante modelación espacialmente explícita”; se presenta como resultado de 65 cuencas analizadas que los bosques con cobertura nativo presentan mejor regulación hídrica a comparación de aquellos bosques de cobertura antrópica. El 75 % de las cuencas analizadas presentó una

disminución en la oferta hídrica, teniendo una relación directa con el cambio de plantaciones a matorral y la persistencia del matorral; en contraste el restante 25 % de las cuencas mejoraron o mantuvieron la oferta hídrica, esto por el cambio de matorral a bosque nativo, de matorral a plantaciones y la formación de matorrales en terrenos agrícolas. La investigación aporta una metodología detallada acerca de la modelación de análisis de los cambios en la cobertura y uso del suelo (CCUS) para un periodo de 25 años, utilizando imágenes Landsat (Path 233, Row 088) (23).

2.1.3. Antecedentes encontrados en libros

En el libro titulado “Captación y almacenamiento del agua de lluvia” se menciona acerca de los indicadores que pueden alertar sobre la amenaza de déficit hídrico en una zona. Si la precipitación anual es menor a 1 200 mm es posible que se presente un déficit de agua en algunos meses o semanas del año, mientras que si la precipitación mensual está por debajo de 50 - 60 mm, indica un déficit para la gran mayoría de cultivos; si el déficit es más de dos meses se empiezan a secar los manantiales y por último si la vegetación es pobre, leñoso con pocas hojas y pequeñas hay mayor déficit hídrico en la zona (24).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Generalidades de la microcuenca Medio Bajo Mantaro

La microcuenca del Mantaro se ubica en el núcleo del Perú a 80 kilómetros del lago Junín. Los ríos principales del tramo de la microcuenca son el río Yauli, Thisgo, Huari y Pachacayo. El caudal en todo el transcurso de la cuenca depende generalmente de las precipitaciones y del nivel de las lagunas que se encuentran en el recorrido de la cuenca. La temperatura media más baja se presenta en el mes de julio y la más alta en el mes de noviembre (25).

2.2.1.1. Clima de la cuenca

Las precipitaciones en la cuenca inician desde el mes de julio, pero con mayor intensidad a partir del mes de octubre hasta abril, alcanzando un valor máximo en el mes de febrero. Las mínimas temperaturas se muestran en los meses de junio y julio, y las máximas entre los meses de enero y marzo (26).

2.2.2. Regulación hídrica

La regulación hídrica se refiere a la proporción de la precipitación que son infiltradas, generando escorrentía superficial. Este proceso comienza cuando la precipitación es interceptada e infiltrada en napas subterráneas, contribuyendo al flujo constante de agua (15).

La capacidad de regulación hídrica depende del tipo de vegetación abundante en la zona, la cual se encarga de almacenar el agua de las precipitaciones (15). En dicho sentido, al haber mayor precipitación, una temperatura normal y la cobertura vegetal abundante, mayor será la capacidad de regulación hídrica.

Asimismo, para estimar la capacidad de regulación hídrica de las cuencas o microcuencas, ésta se determina a través del Coeficiente de Regulación Hídrica (K_r) y el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) (27).

- Coeficiente de Regulación Hídrica (K_r): mide la variabilidad de series de caudales de una cuenca, así como de una microcuenca; a través de la siguiente fórmula:

$$K_r = \frac{A_o}{A_t}$$

Donde:

* A_o : área parcial bajo la curva de duración contenida bajo el promedio de la serie de tiempo.

* A_t : área total bajo la curva de duración.

Valores de Kr mayores o iguales a 0.8 indican una regulación hídrica muy buena, mientras que valores de Kr por debajo de 0.6 indican una capacidad de regulación baja de la cuenca (27).

- Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH): dicho índice se asocia a la determinación de la capacidad de regulación de acuerdo con la frecuencia temporal y las más adecuadas son las horarias y diarias; asimismo, se plantea una ecuación para estimar dicho índice y clasificar la capacidad de regulación hídrica (27):

$$IRH = \frac{VP}{Vt}$$

Donde:

*VP: volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio.

*Vt: volumen total representado por el área bajo la curva de duración de caudales diarios.

Tabla 02. Clasificación del Índice de Retención y Regulación Hídrica.

Rangos de IRG	Categoría	Descripción
> 0.85	Muy Alta	Muy alta capacidad de retención y regulación
0.75 - 0.85	Alta	Alta capacidad de retención y regulación
0.65 - 0.75	Moderada	Media capacidad de retención y regulación
0.50 - 0.65	Baja	Baja capacidad de retención y regulación
< 0.50	Muy Baja	Muy baja capacidad de retención y regulación

Fuente: Cuevas (27).

Para esta investigación no se determinan los rangos de la capacidad de regulación hídrica, ya que no está considerado en los objetivos de la investigación.

2.2.2.1. Usos del agua en la microcuenca Medio Bajo Mantaro

Principalmente estas aguas son utilizadas en cultivos (papa, maíz, haba y pastos), además para la crianza de animales mayores (ovino, camélidos, equino, caprino, vacuno) y una parte para es usado con fines de consumo humano (25).

2.2.2.2. Precipitación en la microcuenca Medio Bajo Mantaro

Las precipitaciones inician en el mes de julio y se van incrementando en los meses de agosto y setiembre, presentando mayor cantidad de precipitaciones en los meses de febrero a marzo y disminuyendo bruscamente en el mes de abril, donde se vive la escasez de lluvia que va afectando a la flora, la fauna y al consumo humano (28).

2.2.2.3. Caudal de la cuenca del río Mantaro

El caudal de la cuenca del Mantaro aumenta significativamente en los meses de febrero y marzo, donde las precipitaciones son mayores (28).

2.2.3. Cambio climático

Los investigadores definen como “todo cambio que ocurre en el clima a través del tiempo producto de fenómenos naturales o de las actividades del hombre” (29). Los cambios climáticos en los últimos decenios han causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todo el mundo (30); éste es un fenómeno producto del calentamiento global y a causa de la emisión excesiva de los gases de efecto invernadero (GEI).

2.2.3.1. Impactos del cambio climático en el departamento de Huancavelica

Recientemente en los últimos años se evidenció los impactos negativos producto del cambio climático en el departamento de Huancavelica, las cuales son (31):

- Producción agrícola vulnerable afectando la seguridad alimentaria.
- Reducción de fuentes de agua que altera la disponibilidad de agua dulce.
- Impactos negativos que alteran los ecosistemas, la diversidad biológica y los recursos naturales.
- Impactos negativos sobre la salud humana vulnerable.

2.2.3.2. Efectos del cambio climático en Huancavelica

Los efectos del cambio climático asociados con los eventos hidroclimáticos en el departamento de Huancavelica que afecta a la regulación hídrica son la sequía y el incremento de temperaturas de aire, lo cual afecta al desarrollo de la flora y fauna y la variación de épocas de lluvia (32).

2.2.3.3. Causas del cambio climático en Huancavelica

En el departamento de Huancavelica también se generan gases de efecto invernadero (GEI). Las fuentes provenientes de la emisión son las actividades agropecuarias, la quema de pastizales y la deforestación; en ello está incluido el cambio de uso de suelo (32).

2.2.4. Obtención de parámetros climáticos mediante el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

El principal objetivo del SENAMHI es generar y brindar información confiable y de calidad meteorológica, climática e hidrológica (33).

- La hidrología:

Dentro del estudio de las cuencas del Perú, los hidrólogos realizan monitoreos y hacen predicciones hidrológicas del impacto del clima en los recursos hídricos, por otro lado, realizan monitoreos de las sequías y los impactos de cambio climático en los recursos hídricos (33).

2.2.4.1. Parámetros

a. Precipitación:

Para ver el comportamiento hidrológico de las cuencas se analiza la precipitación en épocas de mayor y menor precipitación. Las precipitaciones máximas en la cuenca del Mantaro se registran en los meses de enero a marzo, mientras que en abril existe una brusca disminución de precipitación; precipitación mínima alcanza en junio (26).

b. Temperatura:

Las temperaturas mínimas en la cuenca se registran en los meses de febrero y marzo, donde hay presencia de nubosidad durante el periodo de lluvias; también se registran temperaturas mínimas en el mes de julio, donde hay un enfriamiento estacional. Las temperaturas máximas en la cuenca se registran en el mes de noviembre, debido a que el aire va adquiriendo condiciones más cálidas y existe una escasa presencia de nubosidad (26).

2.2.5. Cambio de uso de suelo

El cambio de uso de suelo se da por causas directas como la transformación de bosques y selvas para usos agropecuarios, así como tras darse escenarios de extracción forestal, en donde, se presenta la

mayor degradación ambiental cuando los daños sobrepasan la capacidad natural de ambiente, tales como de resiliencia que consiste en la capacidad de recuperarse de manera natural después de haber sufrido un daño y la resistencia (34).

2.2.5.1. Factores que influyen al cambio de uso de suelo

Los factores más relevantes que influyen al cambio de uso de suelo son (34):

- Demográficos (aumento de la población).
- Económicos (procesos de industrialización y urbanización, mayor tendencia de los mercados).
- Cambio en la actividad agropecuaria y el manejo forestal.

2.2.5.2. Causas del cambio de uso de suelo

a) Deforestación:

Es la causante de la pérdida de la cobertura forestal en el suelo que se da a causa de la expansión agrícola y forestal (34).

b) Incremento de zonas agrícolas:

Al incrementar la zona agrícola, se pierde gran cantidad de cubierta vegetal, de esta manera modificando las propiedades naturales del suelo; estas áreas en la región Huancavelica son terrenos dedicados principalmente a la producción de cultivos y pastos (35).

- Áreas agrícolas heterogéneas: son las áreas ocupadas por cultivos en un tiempo menor a un año, incluso puede ser solo unos cuantos meses, dentro de ello ésta la

siembra de hortalizas, maíz, papa, cebada, trigo y otras especies que se reproducen a cielo abierto, cuya característica principal es que se puede volver a sembrar después de la cosecha (35).

c) Quema y destrucción de pastos naturales:

Comprende áreas que han sido consumidas por el fuego donde se manifiesta la pérdida de árboles y pastos naturales. Según reportes del Gerente Municipal de la Municipalidad Provincial de Tayacaja, Huancavelica, el 7 de setiembre del 2018 en el distrito de Daniel Alcides Carrión, en el cerro Atoc del Centro Poblado de Viñas, fueron quemadas más de 60 hectáreas de pastizales y árboles, provocado por personas extrañas; la falta de equipos para mitigar el incendio permitió que se arrasara con gran cantidad de fauna silvestre y la vegetación; los pastos naturales que se quemaron fueron el ichu, chilcares y árboles de quinales y eucaliptos (36).

2.2.5.3. Porcentaje de cobertura vegetal de la región de Huancavelica

Comprende una cantidad variable de flora de tipo arbustivo, arbóreo y herbáceo que están distribuidos en la parte alta, media y baja de la cuenca; tienen una gran importancia en el proceso de regulación hídrica (31).

2.2.6. Tipo de suelo de la cuenca del Mantaro

La cuenca del Mantaro presenta nueve tipos de suelo, los cuales son (26):

- Leptosol dístico-alisol vítrico.
- Leptosol dístico-cambisol dístico-regosol dístico.
- Leptosol dístico-regosol dístico-afloramiento lítico.

- Leptosol eútrico-cambisol éútrico.
- Leptosol eútrico-kastanosems háplicoafloresamiento lítico.
- Leptosol eútrico-regosol éútrico.
- Regosol dístrico-afloresamiento lítico.
- Regosol dístrico-cambisol dístrico.
- Cambisol dístrico-alisol dístrico.

2.2.6.1. Suelo leptosoles

Es el que más predomina en la cuenca del Mantaro. Se caracteriza por ser muy someras y pedregosas; su ubicación topográfica se asocia a las zonas montañosas lo cual es susceptible a la erosión; en este tipo de suelo la agricultura es limitada, pero son utilizadas para pastoreo extensivo (26).

2.2.6.2. Suelo regosoles

Son suelos profundos y bien drenados; se ubican en diversas posiciones topográficas; en caso de que se presentan en laderas son susceptibles a la erosión. En este tipo de suelo la agricultura es muy limitada (26).

2.2.6.3. Suelo cambisol

Son suelos acumulados de materia fina y se asocian con material recientemente depositados. Tienen buen potencial para la agricultura, aunque son de poca profundidad y existe exceso de piedras superficiales (26).

2.2.7. Tipo de cobertura vegetal de la cuenca del Mantaro

La cuenca del Mantaro cuenta con 1 460 especies de fanerógamas, que se agrupan en 120 familias y 560 géneros, quedando muchas especies indeterminadas. En esta cuenca se distinguen tres secciones con características orográficas, climáticas y florísticas propias (26).

Tabla 03. *Características orográficas, climáticas y florísticas propias.*





CARACTERÍSTICAS OROGRÁFICAS, CLIMÁTICAS Y FLORÍSTICAS PROPIAS.		
CUENCA	ALTITUD	COBERTURA VEGETAL
Alto Mantaro	Lago Junín (4 100 msnm) a	• Piso andino o puna superior.
	Ingahuasi (3 100 msnm)	• Piso altoandino o puna inferior. • Piso mesoandino superior.
Mantaro Medio	De Ingahuasi a Mayocc (2 200 msnm)	• Piso mesoandino inferior. • Piso termoandino superior.
	De Mayocc hasta la confluencia con el río Apurímac (500 msnm)	• Piso mesoandino inferior. • Piso termoandino superior.

Fuente: Instituto Geofísico del Perú (26).

2.2.7.1. Tipo de cobertura vegetal de la microcuenca Medio Bajo Mantaro

Tabla 04. *Tipos de cobertura vegetal en la microcuenca Medio Bajo Mantaro.*

MICROCUEENCA MEDIO BAJO MANTARO		
TIPO DE COBERTURA VEGETAL	DESCRIPCIÓN	IMÁGENES
Matorral arbustivo	<p>Este tipo de cobertura se encuentra distribuido desde los 1 500 hasta 3 800 msnm.</p> <p>Las especies son: huanarpo, mito, maguey, etc.; también se tiene cactáceas.</p>	

<p>Pajonal andino</p>	<p>Se encuentran distribuidos entre los 3 800 y 4 800 msnm.</p> <p>Las especies dominantes son festuca, stipa y calamagrostis, etc.</p>	
<p>Bofedal</p>	<p>Distribuido en la región, a partir de los 3800 msnm.</p> <p>Las especies más frecuentes son la champa, champa estrella, alchemilla pinnata, camagrostis rigescens, etc.</p>	
<p>Agricultura costera y andina</p>	<p>Esta cobertura corresponde a todas las áreas donde se realiza la actividad agropecuaria.</p> <p>En la Microcuenca se realiza cultivo bajo secano.</p>	
<p>Plantación forestal</p>	<p>Las especies que se utilizan son los Pinos y eucaliptos.</p>	

Fuente: cotejo propio.

En el anexo 10 se muestra el mapa de la cobertura vegetal de la microcuenca Medio Bajo Mantaro.

2.2.8. Relación de variables

Comprende la relación que guardan entre las variables; dicha relación se da entre el cambio climático y cambio de uso de suelo con la regulación hídrica como servicio ecosistémico, lo cual se da mediante un modelo estadístico.

2.3. Definición de términos básicos

- Banda 1: detecta azules y violetas profundas, con una resolución de treinta metros, en donde es difícil reconocer la luz azul del espacio porque se dispersa por pequeños trozos de agua y polvo en el aire (37).
- Banda 2: es útil para mapear cuerpos de agua y para diferenciar entre vegetación y suelo; tiene una resolución de treinta metros (37).
- Banda 3: es útil para evaluar el vigor de las vegetaciones sanas y resaltar la máxima vegetación, además está diseñada para medir la calidad de agua y diferenciar los tipos de rocas (37).
- Banda 4: es útil para la clasificación de cubierta vegetal, el uso de suelo y la agricultura; tiene una resolución de treinta metros (37).
- Banda 5: mide el infrarrojo cercano. Esta parte del espectro es importante para la ecología, porque las plantas saludables lo reflejan (37).
- Banda 6: es útil para diferenciar la tierra seca de la húmeda (37).
- Banda 7: tiene funciones similares que la banda 6, con una resolución de 30 metros (37).
- Banda 8: funciona como una película en blanco y negro (37).
- Banda 9: cubre una rebanada muy fina de longitudes de onda (37).
- Banda 10: permite ver el calor y tiene una longitud de 100 metros (37).
- Banda 11: tiene funciones similares a la banda 10, con una longitud de 100 metros (37).
- Cambio climático: es la variación del clima en la tierra que afecta a los seres vivos como consecuencia de los gases que emanan las industrias y demás actividades antropogénicas que alteran la composición de la atmósfera (38).
- Cambio de uso de suelo: es el cambio y/o alteración de la composición, estructura y propiedades del suelo producto de las actividades que realiza el hombre (39).
- Caudal: es el volumen de agua que contribuye a la cantidad del río y se mide en un determinado tiempo; sus unidades de medida son: m^3/s , m^3/min , m^3/h , L/s , L/min , L/h (40).
- Cobertura vegetal: es una capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, que comprende gran cantidad de materia orgánica con diversas características ambientales, que van desde pastizales hasta áreas cubiertas por bosques (41).

- Conflicto social: se da cuando dos o más actores están en desacuerdo sobre el uso y acceso de los recursos naturales, porque se piensa que al satisfacer los intereses de uno implica necesariamente que el otro no lo haga (42).
- Cuenca: es una zona de un territorio en donde las aguas fluyen hacia un mismo lago, río o mar, es decir, es una especie de embudo por donde escurre el agua proveniente desde las partes más altas y llegan a un mismo punto de salida (43).
- Deforestación: es extraer o desmontar el volumen total o parcial de las formaciones arbóreas para usar el espacio con fines agrícolas, ganaderas o de otro tipo (44).
- Ecosistemas: es el sistema natural de organismos vivos que interactúan entre sí con su entorno físico como una unidad ecológica (45).
- Escasez de agua: es el desequilibrio entre la demanda y la disponibilidad de agua, la cual cambia en función de las condiciones climáticas. La demanda varía entre los distintos países y regiones según el uso (46).
- Escorrentía superficial: es una parte de la precipitación que consigue alimentar a las corrientes superficiales (47).
- Humedal: es una zona de tierra que almacena agua durante épocas húmedas y al crecer los ríos, que posteriormente son liberados por escorrentía; se forman en terrenos inundados que favorecen el crecimiento de la flora y fauna (48).
- Imagen satelital: es el resultado obtenido de la captura de la radiación emitida por la superficie de la tierra mediante sensores colocados a bordo de un satélite artificial, que tienen características como resolución, colores, elevación, etc. (49).
- Impacto ambiental: es el efecto de alterar las propiedades del ambiente en sus distintos aspectos, que puede ser generada por acciones humanas o acciones naturales (50).
- Infiltración: es un proceso en donde el agua penetra de la superficie terrestre hacia el suelo y primeramente satisface a la falta de humedad (51).
- Landsat 8: es el octavo satélite de observación de la tierra que está compuesto por dos segmentos: el segmento y el sistema terrestre (37)
- Microcuenca: es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una subcuenca (52).
- Precipitación: condensación del agua que cae de la atmósfera y se deposita en la superficie terrestre (17).

- Regulación hídrica: se refiere a la proporción de las precipitaciones almacenadas que se infiltran en la napa subterránea para posteriormente ser liberados en épocas de estiaje (15).
- Servicio ecosistémico: son todos los beneficios ambientales, económicos y sociales directos e indirectos, que adquieren los hombres del buen funcionamiento de un ecosistema y forman parte de esta: la regulación hídrica en cuencas, la belleza paisajística, el mantenimiento de la biodiversidad, la formación de suelos, la provisión de recursos genéticos y el secuestro de carbono (44).
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI: es un organismo público ejecutor adscrito al Ministerio del Ambiente, que tiene como misión proveer productos y servicios meteorológicos, hidrológicos y climáticos (33).
- Sobrepastoreo: ocurre cuando la capacidad, en número de animales, es excesivo en una determinada área y periodo de tiempo, haciendo que el sistema no sea capaz de recobrar y mantener su vegetación y capacidad productiva (53).
- Subcuenca: conformado por un grupo de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente (50).
- Temperatura: es la intensidad del calor que influye directamente en la reducción de cuerpos de agua (16).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo y nivel de la investigación

3.1.1. Métodos de la investigación

3.1.1.1. Método general o teórico de la investigación

El método de investigación fue el hipotético - deductivo, debido a que se puso en prueba las hipótesis planteadas y se buscó refutar o falsear (54). En la investigación se buscó corroborar si existe una relación directa entre el cambio climático y el cambio de uso de suelo con la regulación hídrica de la microcuenca Medio Bajo Mantaro.

3.1.1.2. Métodos de la investigación

El método específico de la investigación fue no experimental, porque no se realizó la manipulación de variables independientes debido a que éstas ya han sucedido, solo se observaron situaciones ya existentes, tal como se han dado en su contexto natural (55). Para la investigación se procesaron datos ya existentes del portal del Servicio Nacional de Hidrología

y Meteorología del Perú (SENAMHI), así como los datos del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos e imágenes satelitales de la página web EarthExplorer.

3.1.2. Tipo de la investigación

El tipo de investigación fue aplicada, debido a que se procuró buscar y encontrar soluciones a problemas reales que existen dentro de la sociedad (55). En la presente investigación se analizó la influencia de cambio climático y cambio de uso en la capacidad de regulación hídrica de suelo en la microcuenca medio Bajo Mantaro, para posteriormente dar una solución.

3.1.3. Nivel de la investigación

El nivel de investigación fue correlacional (55), ya que asoció conceptos o variables, es decir, se tuvo por finalidad conocer la relación que existe entre el cambio climático y cambio de uso de suelo con la capacidad de regulación hídrica.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de investigación fue no experimental, porque no se realizó la manipulación de las variables (55). En la presente investigación no se hizo variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables, lo que se realizó fue observar la variación de la precipitación, temperatura y cobertura vegetal, para posteriormente ser analizados.

3.2.1. Tipo de diseño de la investigación

El tipo de diseño fue transversal de tipo correlacional debido a que se buscó la relación entre las variables (55). En la investigación se relacionó

la regulación hídrica con el cambio climático y el cambio de uso de suelo, con la finalidad de analizar la relación que guardan estas variables.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

En el año 2008, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) llevó a cabo la “Delimitación y Codificación de Cuencas Hidrográficas” aplicando el Sistema Internacional Pfafstetter y tecnología SIG. Este sistema de delimitación de unidades hidrográficas es de carácter analítico, organizado y de aplicación global. Está basado principalmente en la superficie de las unidades de drenaje y su ubicación dentro del contexto hipsográfico en el que se encuentra, en relación con las unidades de drenaje vecinas, respondiendo a criterios netamente topológicos, determinando que la cuenca Mantaro corresponde al nivel 4 y se compone de 18 subcuencas, 9 de ellas de nivel 5 y las otras 9 de nivel 6, tal y como se detallan en la siguiente tabla (56).

Tabla 05. *Microcuencas de la cuenca del Mantaro.*

MICROCUENCAS	SUPERFICIES	
	km ²	%
Junín	1 719.86	4.98
Pachacayo	821.46	2.38
Unidad Hidrográfica 499691	2 113.26	6.12
Yauli	691.19	2.00
Unidad Hidrográfica 499693	943.35	2.73
Unidad Hidrográfica 499695	1 719.26	4.98
Conocancha	717.75	2.08
Unidad Hidrográfica 499697	995.15	2.88
San Juan	941.34	2.72

Bajo Mantaro	8 139.95	23.56
Cunas	1 718.36	4.97
Huarpa	6 804.95	23.56
Ichu	1 382.73	4.00
Lag. Huarmicocha	88.37	0.26
Medio Alto Mantaro	891.77	2.58
Medio Bajo Mantaro	1 289.14	3.73
Medio Mantaro	611.62	1.77
Vilca	2 957.00	8.56
TOTAL	34 546.51	100.00

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (56).

Para la presente investigación, la población comprende el clima, la cobertura vegetal y la capacidad de regulación hídrica de la cuenca Mantaro, que se encuentra en los Andes centrales del Perú, con una superficie total de 34 546.51 km². Esta cuenca abarca los departamentos de Junín, Pasco, Huancavelica y Ayacucho. En el anexo 02 se presenta el mapa de ubicación de la cuenca del Mantaro.

El Ministerio del Ambiente dio a conocer que la cuenca Mantaro será la más afectada por el calentamiento global de la Tierra; asimismo, se prevé que para el año 2030 el Perú empezará a sentir la calamidad de la falta de agua; en dicho sentido, la microcuenca Medio Bajo Mantaro forma parte de la cuenca, donde en el año 2020 los pobladores de dicha microcuenca llegaron a experimentar los estragos de la falta del agua, ya que perdieron hectáreas de siembras e incluso murieron ganados; así también, no solo ocurrió aquello en dicha microcuenca, sino también en la parte alta y baja.

3.3.2. Muestra

La muestra fue no probabilística, delimitada de forma intencional, es decir, la delimitación se hizo de acuerdo con el interés del equipo investigador, para llevar a cabo la investigación (57). Se eligió la microcuenca Medio

Bajo Mantaro porque se vive la realidad que vienen atravesando los pobladores respecto de las consecuencias del cambio climático. En este caso se optó por la condición climática, el uso de suelo y la capacidad de regulación hídrica de la microcuenca Medio Bajo Mantaro. El área comprende aproximadamente 1 289 km². Los límites de la microcuenca se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 06. *Límites de la microcuenca Medio Bajo Mantaro.*

PUNTOS CARDINALES	LÍMITES
Norte	Microcuencas Medio Mantaro y Bajo Mantaro
Sur	Microcuencas Huarpa y Bajo Mantaro
Este	Microcuenca Bajo Mantaro
Oeste	Microcuencas Huarpa e Ichu

Fuente: cotejo propio.

Abarca cuatro provincias del departamento de Huancavelica que son: Huancavelica, Tayacaja, Churcampa y Acobamba. Los distritos que componen a cada una de las provincias se observan en la tabla siguiente.

Tabla 07. *Componentes de cada provincia.*

PROVINCIA	DISTRITOS
Huancavelica	Acoria
	Locroja
	El Carmen
	Anco
Churcampa	Paucarbama
	San Miguel de Mayocc
	Chinchihuasi
	Churcampa
	La Merced
	Acraquia
Tayacaja	Pampas
	Colcabamba
	Acostambo
	Daniel Hernández
	Ahuaycha

Acobamba	Andabamba
	Paucará
	Rosario
	Acobamba
	Pomacocha
	Marcas

Fuente: cotejo propio.

En el anexo 03 se presenta el mapa de ubicación de la microcuenca Medio Bajo Mantaro.

3.4. Proceso metodológico

3.4.1. Desarrollo de base de datos

Para determinar la capacidad de regulación hídrica de la microcuenca Medio Bajo Mantaro, se realizó el procesamiento de datos de las variables independientes (precipitación, temperatura y porcentaje de cobertura vegetal) y dependiente (caudal) de los años 2015 al 2020, con la finalidad de analizar la relación existente entre las variables. La guía de orientaciones para el análisis del clima y determinación de los peligros asociados al cambio climático determina que para analizar datos meteorológicos se debe tomar como periodo de referencia reglamentario del año 1981 al 2010 (30 años), sin embargo, para el análisis de esta investigación se tomaron datos de seis años, ya que en el área de estudio solo se encuentra la estación meteorológica de Acobamba y cuenta solo con datos desde el año 2015 al 2020. Por otro lado, los distritos que se encuentran en la microcuenca han ido padeciendo de la escasez del recurso hídrico con más frecuencia durante los últimos seis años. En la siguiente tabla se presenta el detalle de la estación meteorológica.

Tabla 08. Ubicación de la estación meteorológica de Acobamba.

Estación: ACOBAMBA					
Departamento	HUANCAVELICA	Provincia	ACOBAMBA	Distrito	ACOBAMBA
Latitud	12°50'37"	Longitud	74°33'41.8"	Altitud	3399 msnm
Tipo	CO - Meteorológica	Código		112067	

Fuente: SENAMHI (33).

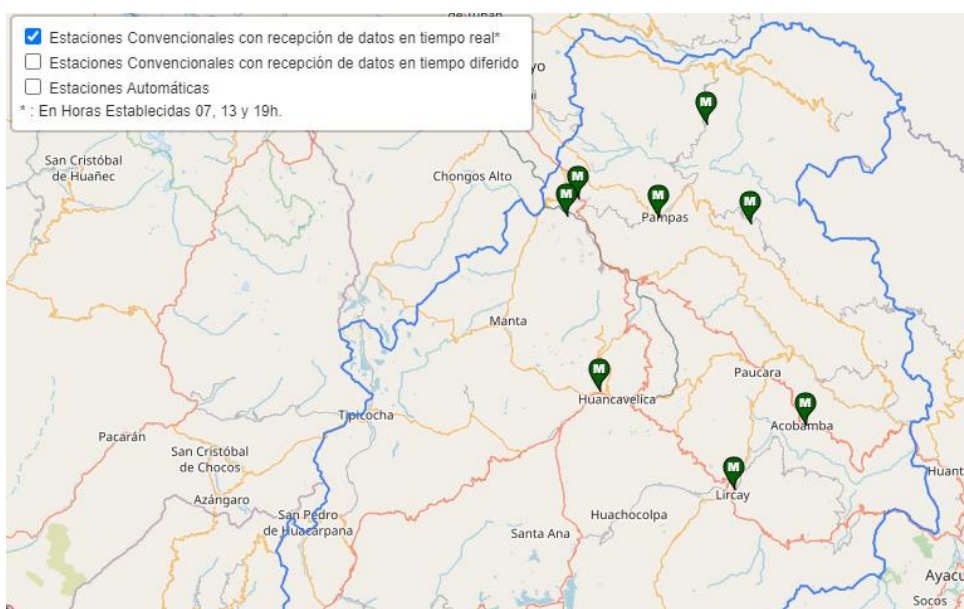


Figura 06. Mapa de las estaciones meteorológicas del departamento de Huancavelica.

Fuente: SENAMHI (33).

El complemento de los datos faltantes de la temperatura fue a través de la función pronóstica utilizando regresión lineal que consiste en determinar la relación entre una variable dependiente y una variable independiente, representado a través de la siguiente ecuación:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X$$

Donde Y es la variable dependiente, X es la variable independiente y los parámetros β_0 y β_1 representan el intercepto con el eje Y, y la pendiente de la relación lineal entre las variables X e Y.

Para la presente, la variable dependiente abarcó a los valores de la temperatura y la variable independiente abarcó a los días.

Tabla 09. *Estadísticas de la regresión.*

ESTADÍSTICAS DE LA REGRESIÓN	
Coefficiente de correlación múltiple	0.42190981
Coefficiente de determinación R ²	0.17800789
R ² ajustado	0.01360947
Error típico	1.38026912
Observaciones	7

Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. *Análisis de varianza.*

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	2.06285714	2.06285714	1.08278344	0.34575301
Residuos	5	9.52571429	1.90514286		
Total	6	11.5885714			

Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. *Resumen del modelo estadístico pronóstico mediante regresión lineal.*

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95 %	Superior 95 %	Inferior 95 %	Superior 95 %
Intercepción	13.1285714	1.40470056	9.34617083	0.0002362	9.51767368	16.7394692	9.51767368	16.7394692
Variable X 1	0.27142857	0.26084635	1.04056881	0.34575301	-0.39909831	0.94195545	-0.39909831	0.94195545

Fuente: elaboración propia.

Para determinar los datos faltantes de la temperatura se reemplazó en la siguiente ecuación:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X$$

Donde:

- $\beta_0 = 13.1285714$
- $\beta_1 = 0.27142857$
- X = día del dato faltante.

De acuerdo a la memoria descriptiva asociada al Mapa Nacional de Cobertura Vegetal, desarrollada por el Ministerio del Ambiente en el año 2015, se da a conocer que la microcuenca Medio Bajo Mantaro presenta coberturas de agricultura costera y andina, área urbana, bofedal, cuerpos de agua (lagunas, lagos y cochas), matorral arbustivo, pajonal andino, plantación forestal y río, que fue procesado en el soporte informático ArcGIS, una vez descargados los shapefiles de cobertura (ver anexo 10). Esto se realizó con la finalidad de tener conocimiento de las coberturas existentes en la microcuenca.

- a. Temperatura y precipitación: para la investigación fue necesario contar con estos datos para determinar la media anual y mensual del periodo 2015 al 2020, los cuales fueron descargados del portal de SENAMHI y finalmente llevados a la hoja de cálculo de Microsoft Excel.

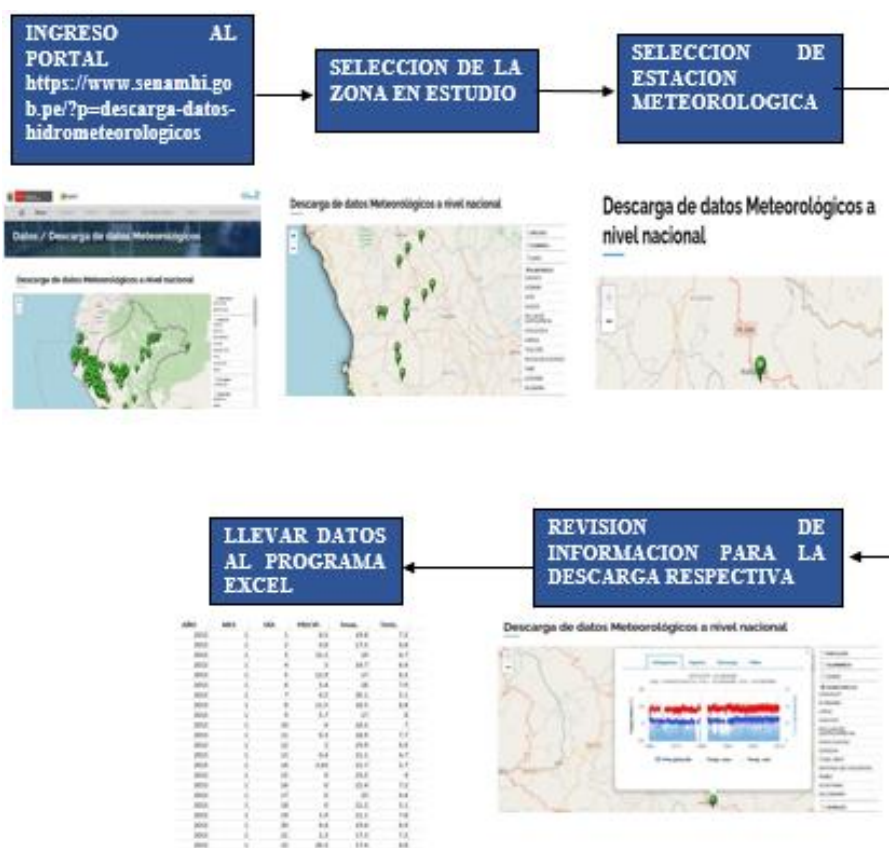


Figura 07. Obtención de datos de precipitación y temperatura.

Fuente: elaboración propia.

- b. Porcentaje de cobertura vegetal: para determinar el porcentaje de la cobertura vegetal de la microcuenca Medio Bajo Mantaro, se emplearon imágenes satelitales del portal del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

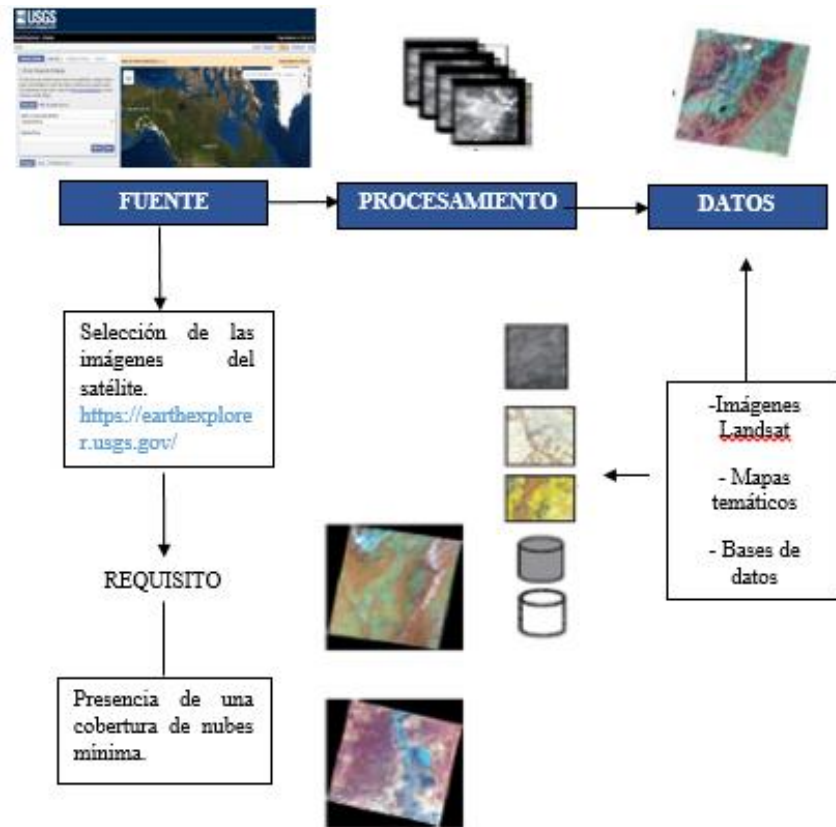


Figura 08. Proceso de descarga de imágenes satelitales.

Fuente: elaboración propia.

Para el procesamiento de datos de las imágenes satelitales se siguió el siguiente procedimiento.



Figura 09. Procesamientos de imágenes satelitales.

Fuente: elaboración propia.

- c. Caudal de la microcuenca: para determinar los caudales de la microcuenca se ingresa al portal Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos.

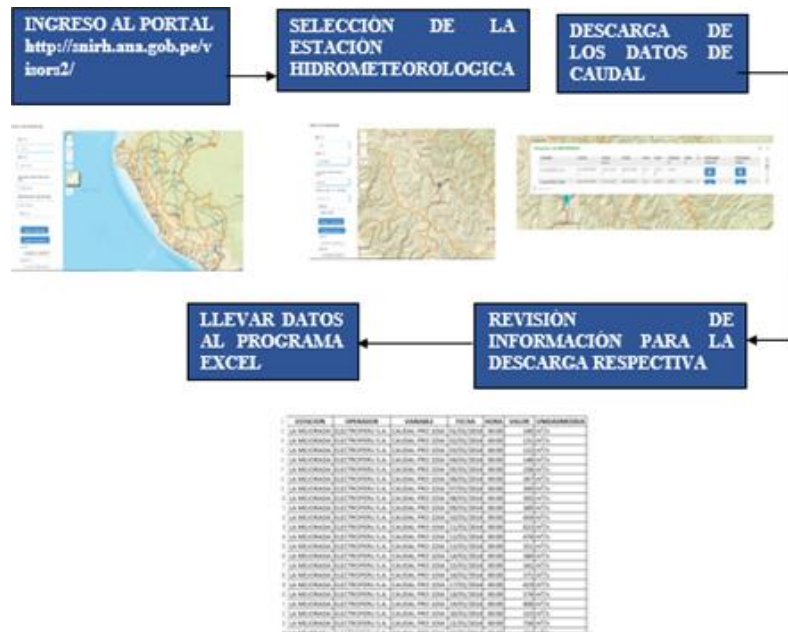


Figura 10. Descarga de datos hidrometeorológicos.

Fuente: elaboración propia.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Para la obtención de datos se utilizó la técnica de la observación de imágenes satelitales, que se obtuvo ingresando a la página web de EarthExplorer del cual se descargó imágenes satelitales de los últimos 5 años; asimismo, se utilizó el portal del SENAMHI para descargar datos de precipitación y temperatura; finalmente se utilizó el Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos para obtener datos de caudal de la microcuenca, para posteriormente procesarlo. Además, se emplearon fuentes bibliográficas que permitieron enriquecer el conocimiento y ayudar a la elaboración de la investigación.

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

a. Software:

- ArcGIS 10.5: empleándose para la elaboración de mapas de ubicación y cobertura vegetal.
- Microsoft Excel: se empleó para el procesamiento de los datos de caudal, temperatura y precipitación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

En el presente capítulo se presentan los resultados tomando en cuenta la influencia del cambio de uso de suelo y el cambio climático en la regulación hídrica en la microcuenca Medio Bajo Mantaro, durante el periodo del 2015 al 2020. Para detallar tales resultados, se muestran tablas y gráficas.

4.1.1. Análisis de las variables independientes y dependiente

4.1.1.1. Caudal de la microcuenca Medio Bajo Mantaro

Para cuantificar y determinar la capacidad de regulación hídrica de la microcuenca Medio Bajo Mantaro se procesaron los datos del caudal. Durante los seis años de estudio, en el 2019 la microcuenca presentó el caudal más alto, registrando un valor de 2 410.52 m³/s, mientras que en el año 2016 se registró el caudal más bajo con un valor de 1 474.79 m³/s, como se observa en la tabla 12.

Tabla 12. *Datos de caudal de la microcuenca Medio Bajo Mantaro, 2015-2020.*

CAUDAL m ³ /s													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2015	268.51	376.92	375.33	314.37	169.74	107.77	113.52	101.30	111.55	98.65	111.67	175.36	2324.69
2016	135.20	241.36	254.67	167.85	85.62	86.71	92.20	88.83	83.06	89.26	76.91	73.11	1474.79
2017	304.17	357.19	486.44	334.37	188.63	143.42	96.10	82.22	93.47	104.28	97.19	92.17	2379.65
2018	249.22	257.39	446.04	239.68	126.17	96.50	97.93	105.35	88.33	120.88	123.64	87.47	2038.62
2019	179.73	496.46	485.36	224.40	126.08	95.99	100.52	96.93	92.53	95.85	113.81	302.88	2410.52
2020	221.74	395.72	339.56	255.23	151.02	101.25	99.80	94.06	96.58	98.55	83.43	114.63	2051.58

Fuente: elaboración propia.

Como resultado del procedimiento de datos, se obtuvo el promedio del caudal de los doce meses (ver tabla 13) donde se observa que los caudales más altos en la microcuenca fueron entre los meses de enero y abril que varían entre 200 y 300 m³/s.

Tabla 13. *Promedio de datos de caudal.*

CAUDAL (m ³ /s)													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
PROMEDIO	226.43	354.17	397.90	255.98	141.21	105.27	100.01	94.78	94.25	101.25	101.11	140.94	

Fuente: elaboración propia.

4.1.1.2. Precipitaciones de la microcuenca Medio Bajo Mantaro

La precipitación en la microcuenca Medio Bajo Mantaro durante los seis años de investigación presentó un comportamiento irregular, ya que en el año 2019 se presentó la precipitación más alta con un valor de 946.5 mm, mientras que en el año 2016 la precipitación fue baja alcanzando un valor de 634.3 mm, como se observa en la tabla 14. Estos resultados guardan relación con los años donde se presenta el mayor y menor caudal en la microcuenca.

Tabla 14. Datos de la precipitación de la microcuenca Medio Bajo Mantaro, 2015-2020.

PRECIPITACIÓN (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2015	173.0	148.9	135.3	62.4	26.2	3.0	5.3	23.8	6.2	31.9	50.4	189.9	856.3
2016	83.9	100.5	166.4	52.4	23.4	8.0	7.2	1.1	25.7	34.5	12.1	119.1	634.3
2017	150.9	178.2	151.7	42.3	30.6	10.6	18.1	0.0	12.7	64.0	60.6	152.8	872.5
2018	198.6	163.1	139.5	67.4	58.0	10.1	4.8	6.0	54.1	43.8	22.3	67.5	835.2
2019	96.5	210.3	98.9	97.9	10.2	19.2	13.3	19.2	30.6	140.3	89.5	120.6	946.5
2020	94.3	116.1	115.6	41.4	16.2	16.5	24.4	51.3	14.9	99.9	72.6	40.5	703.7

Fuente: elaboración propia.

Como resultado final del procesamiento de los datos de precipitación de la microcuenca, se obtuvo que el promedio (ver tabla 15) entre los meses de noviembre y abril presentaron mayores valores que varían desde los 60 hasta 160 mm.

Tabla 15. Variación porcentual de la precipitación anual.

VARIACIÓN PORCENTUAL			
AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)	PORCENTAJE (%)	VARIACIÓN (%)
2015	856.3	17.66	0
2016	634.3	13.08	- 4.58
2017	872.5	18.00	4.91
2018	835.2	17.23	- 0.77
2019	946.5	19.52	2.30
2020	703.7	14.51	- 5.01
	4 848.5	100	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 16. Promedio de datos de la precipitación.

PRECIPITACIÓN (mm)													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
PROMEDIO	132.87	152.85	134.57	60.63	27.43	11.23	12.18	20.28	24.03	51.25	69.07	115.07	

Fuente: elaboración propia.

4.1.1.3. Temperatura en la microcuenca Medio Bajo Mantaro

La temperatura de la microcuenca varía entre 6 y 14°C. Durante los seis años de objeto de la investigación, la temperatura máxima y mínima se dieron en el año 2015, en el mes de enero con 14.13°C y en junio con 6.32°C respectivamente, como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. *Datos de temperatura de la microcuenca Medio Bajo Mantaro, 2015-2020.*

TEMPERATURA (°C)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2015	14.13	13.42	13.23	12.76	12.55	6.32	6.33	11.53	11.88	12.73	12.92	13.71	11.79
2016	13.57	12.94	12.45	12.42	11.81	11.12	7.42	11.80	12.12	12.35	12.86	13.14	12.00
2017	13.24	12.46	11.90	11.49	10.89	10.64	10.40	10.76	11.07	11.21	11.80	12.59	11.54
2018	11.24	10.90	11.00	10.82	10.54	9.59	9.82	9.98	11.67	12.45	12.47	13.36	11.15
2019	12.00	11.62	11.51	11.45	11.32	10.60	10.31	10.39	11.52	12.24	12.55	12.19	11.48
2020	13.52	13.22	12.26	12.30	12.10	11.73	11.95	12.01	12.14	12.20	12.33	13.58	12.45

Fuente: elaboración propia.

Como resultado final del procedimiento de los datos de temperatura, se obtuvo el promedio de los doce meses en relación a los seis años analizados de la investigación (ver tabla 18), donde se muestra que entre los meses de octubre a febrero se presentan temperaturas de los 11 a 13°C y los meses de junio y julio se presentan las más bajas temperaturas, como es típico de la zona.

Tabla 18. *Promedio de datos de la temperatura.*

TEMPERATURA (°C)													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
PROMEDIO	12.95	12.43	11.82	11.87	11.54	10.00	9.37	11.08	11.73	12.20	12.49	13.10	

Fuente: elaboración propia.

4.1.1.4. Precipitaciones de la microcuenca Medio Bajo Mantaro

La zona de estudio presenta coberturas de agricultura costera y andina, área urbana, bofedal, cuerpos de agua (ríos, lagunas, lagos y cochas), matorral arbustivo, pajonal andino y plantaciones forestales (ver anexo 10).

En el área de estudio, al realizar el procesamiento de las imágenes satelitales desde el año 2015 hasta el año 2020, se llegaron a identificar cinco tipos de cobertura, siendo éstas: sombras y agua, suelo sin vegetación, cobertura ligera, cobertura mediana y finalmente la cobertura alta; clasificados de acuerdo al NDVI. Dentro de las últimas tres coberturas mencionadas se encuentran el bofedal, matorral arbustivo, pajonal andino y plantaciones forestales.

El área total de la microcuenca es de 1 289 km². En el año 2015, el tipo de cobertura que abarcó la mayor extensión fue la vegetación ligera, con un valor de 431.083 km²; mientras en los años 2016, 2018 y 2020 fue el suelo sin vegetación ocupando 526.51, 485.64 y 483.56 km² respectivamente, mientras que en los años 2017 y 2019 la cobertura que ocupó la mayor extensión en la microcuenca fue la vegetación mediana con 667.97 y 709.527 km² como se muestra en la tabla 19.

Tabla 19. *Datos de la cobertura vegetal de la microcuenca Medio Bajo Mantaro, 2015-2020.*

AÑO	ÁREA (km ²)					ÁREA TOTAL (km ²)
	SOMBRAS Y AGUA	SUELO SIN VEGETACIÓN	VEGETACIÓN LIGERA	VEGETACIÓN MEDIANA	VEGETACIÓN ALTA	
2015	11.13	428.49	431.08	417.40	0.88	1 289
2016	16.65	526.51	445.14	300.29	0.37	1 289
2017	12.80	316.20	285.20	667.97	6.86	1 289
2018	13.43	485.64	456.52	333.17	0.22	1 289
2019	9.99	288.72	273.36	709.51	7.44	1 289

2020	10.43	483.56	460.77	333.84	0.38	1 289
------	-------	--------	--------	--------	------	-------

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, se calculó el total de la cobertura vegetal de la microcuenca desde el año 2015 hasta el 2020, con la finalidad de determinar el cambio ocurrido.

En la tabla 20 se observa que, en los años 2015, 2016, 2018 y 2020, la vegetación ligera fue la más representativa de las tres coberturas vegetales con 33, 35, 35 y 36 % respectivamente, mientras en los años 2017 y 2019 fue la vegetación mediana con 52 y 55 % respectivamente. La suma de los tres tipos de vegetación (ligera, mediana y alta) representan la cobertura vegetal total de la microcuenca; se determinó que en el año 2019 se presentó mayor extensión de la cobertura vegetal representando el 77 % y el año 2016 se presentó la menor extensión de cobertura vegetal, alcanzando un 58 %.

Tabla 20. Datos por tipo de cobertura vegetal en la microcuenca Medio Bajo Mantaro.

TIPO DE COBERTURA	2015		2016		2017		2018		2019		2020	
Vegetación Ligera	431.08	33 %	445.14	35 %	285.20	22 %	456.52	35 %	273.360	21 %	460.77	36 %
Vegetación mediana	417.40	32 %	300.29	23 %	667.97	52 %	333.17	26 %	709.517	55 %	333.84	26 %
Vegetación alta	0.88	0.1 %	0.37	0.03 %	6.86	1 %	0.22	0.02 %	7.438	1 %	0.38	0.03 %
Total de cobertura vegetal	849.37	66 %	745.80	58 %	960.03	74 %	789.91	61 %	990.32	77 %	794.99	62 %

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 21 se muestra el cambio de la cobertura vegetal, es decir, el cambio de uso de suelo que ocurrió entre el año 2015 al 2020; los valores positivos significan que hubo una pérdida de la cobertura vegetal e incremento de áreas agrícolas, mientras los valores negativos significan que se incrementó la cobertura vegetal y disminuyó las áreas agrícolas. En dicho sentido, se observa que en el año 2020 hubo una mayor pérdida de

cobertura vegetal con un 15 % y en los años 2017 y 2019 se recuperaron las áreas de cobertura vegetal en un 16 %.

Tabla 21. *Datos del cambio de la cobertura vegetal de la microcuenca Medio Bajo Mantaro, 2015-2020.*

ANO	COBERTURA VEGETAL	CAMBIO DE USO DE SUELO
2015	66 %	0 %
2016	58 %	8 %
2017	74 %	- 16 %
2018	61 %	13 %
2019	77 %	- 16 %
2020	62 %	15 %

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Influencia del cambio climático y el cambio de uso de suelo en la capacidad de regulación hídrica de la microcuenca

4.1.2.1. Cambio climático

a. Precipitación:

Se realizó el análisis con el modelo estadístico de Pearson determinando así que existe una relación directa entre el caudal y la precipitación como se observa en la tabla 22. La relación directa entre las variables analizadas es alta, ya que se alcanzó un $R^2 = 81 \%$.

Tabla 22. *Relación entre el caudal y precipitación.*

ANO	CAUDAL (m ³ /s)	PRECIPITACION (mm)
2015	2 324.69	856.33
2016	1 474.79	634.30
2017	2 379.65	872.50
2018	2 038.62	835.20

2019	2 410.52	946.50
2020	2 051.58	703.70

Fuente: elaboración propia.

Tabla 23. *Coefficiente de correlación de Pearson.*

PEARSON	0.90
R²	81 %

Fuente: elaboración propia.

b. Temperatura:

Al realizar la correlación con el modelo estadístico de Pearson, se determinó que existe una relación inversa entre el caudal y la temperatura, como se observa en la tabla 24; así también, la relación entre dichas variables no es significativa, ya que se alcanzó un $R^2 = 15 \%$.

Tabla 24. *Relación entre el caudal y la temperatura.*

AÑO	CAUDAL (m³/s)	TEMPERATURA (°C)
2015	2 324.69	11.66
2016	1 474.79	12.00
2017	2 379.65	11.54
2018	2 038.62	11.15
2019	2 410.52	11.48
2020	2 051.58	12.45

Fuente: elaboración propia.

Tabla 25. *Coefficiente de correlación de Pearson.*

PEARSON	- 0.39
R²	15 %

Fuente: elaboración propia.

c. Cambio de uso de suelo (CUS):

Al realizar la correlación del caudal con la cobertura vegetal y el cambio de uso de suelo (ver tabla 26) con el modelo estadístico de Pearson, se determinó que la cobertura vegetal y el caudal presentan una relación directa con un coeficiente de determinación de 69 %, mientras que el cambio de uso de suelo y el caudal se relacionan de manera inversa con un coeficiente de determinación de 43 % como se observa en la tabla 27.

Tabla 26. *Relación entre el caudal, porcentaje de cobertura vegetal y cambio de uso de suelo.*

AÑO	CAUDAL (m ³ /s)	COBERTURA VEGETAL	CAMBIO DE USO DE SUELO
2015	2324.69	0.66	0
2016	1474.79	0.58	0.08
2017	2379.65	0.74	-0.16
2018	2038.62	0.61	0.13
2019	2410.52	0.77	-0.16
2020	2051.58	0.62	0.15

Fuente: elaboración propia.

Tabla 27. *Coefficiente de correlación de Pearson.*

	COBERTURA VEGETAL	CAMBIO DE USO DE SUELO
PEARSON	0.83018874	- 0.65367548
R ²	69 %	43 %

Fuente: elaboración propia.

4.2. Validación de hipótesis

Se determinó que: H₁: si existe una relación entre el cambio climático y el cambio de uso de suelo con la capacidad de regulación hídrica en la microcuenca Medio Bajo Mantaro; es importante detallar que la relación entre la precipitación y el caudal es directa y significativa con un coeficiente de correlación de R² = 81 %, así como

la relación entre la temperatura y el caudal es directa, pero no significativa, ya que el coeficiente de correlación alcanzado fue de $R^2 = 15 \%$, finalmente la relación entre el cambio de uso de suelo y el caudal es inversa con un coeficiente de correlación de $R^2 = 43 \%$, de esta manera aceptando la hipótesis de investigación.

4.3. Discusión de resultados

En la microcuenca Medio Bajo Mantaro, la variación de la precipitación durante los años 2015 al 2020 fue de: - 4.58 %, + 4.91 %, - 0.77 %, + 2.30 % y - 5.01 % respectivamente, donde los valores negativos significan que hubo una disminución de precipitación año tras año, mientras los valores positivos significan que hubo un aumento de precipitación. En el estudio de Acuña, titulado “Análisis multivariado para la generación de escenarios climáticos 2040 - 2050 en el Perú” (20) se menciona que la variación de la precipitación normal actual es de $\pm 15 \%$, comparando con la investigación se determina que los resultados obtenidos no superan la variabilidad normal anual; también indica que, en los periodos de precipitaciones mayores, la humedad del suelo se reduce; esto ocurre debido al incremento de la evapotranspiración.

En la microcuenca Medio Bajo Mantaro, durante el periodo 2015 - 2020, la temperatura varió entre 11.79, 12.00, 11.54, 11.15, 11.48 y 12.45°C respectivamente, donde la menor temperatura se dio en el año 2018 y la mayor ocurrió en el año 2020. Además de ello, se analizó el promedio mensual de la temperatura donde en los meses de junio, julio, agosto y setiembre se registraron temperaturas bajas de 10.00, 9.37, 11.08 y 11.73°C respectivamente, mientras las temperaturas más altas se registraron en los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero siendo: 12.20, 12.49, 13.10, 12.95 y 12.43°C respectivamente, encontrando una relación con el estudio de Martínez-Austria y Patiño-Gómez titulado “Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México” (16), donde se menciona que si hay un aumento de temperatura superior a 3°C mensuales habrá una disminución de recarga de acuíferos, así como una menor escorrentía superficial, lo que generará menor disponibilidad de agua y por lo tanto provocará el estrés hídrico, sin embargo, en el estudio se determinó que las temperaturas mensuales sólo varían en un grado centígrado, de modo que no hay un estrés hídrico significativo durante el año, pero sí se llegaron a registrar caudales bajos en algunos meses del año.

Según el análisis realizado, el efecto del cambio climático hacia la regulación hídrica se da a través de la variación de las precipitaciones anuales; se determinó que el año 2016 hubo una menor cantidad de precipitación (ver tabla 14), por lo tanto, hubo una menor infiltración en el suelo, afectando a la regulación hídrica, principalmente en los meses de abril a noviembre donde las precipitaciones fueron bajas. Esta información coincide con la investigación realizada por Carraza, la cual lleva por título “La gestión de recursos hídricos en un escenario de escasez hídrica como consecuencia del cambio climático” (21), donde se menciona que en los periodos de 2016 - 2017 nuestro país vivió uno de los fenómenos del niño más anormales, lo cual generó escasez del recurso hídrico y sequías en diferentes lugares de nuestro país como consecuencia negativa del cambio climático.

Los resultados alcanzados en la presente investigación indican que el cambio de uso de suelo (CUS) si influye en la capacidad de regulación hídrica de la microcuenca Medio Bajo Mantaro ($R^2 = 43\%$). Durante los años del 2016 al 2020, el cambio de uso de suelo ocurrido en la microcuenca Medio Bajo Mantaro fue de 0, 0.08, - 0.16, 0.13, - 0.16 y 0.15 respectivamente, demostrando que en los años 2016, 2018 y 2020 hubo una pérdida de cobertura vegetal a causa de la expansión de las áreas agrícolas, mientras que en los años 2017 y 2019 se incrementó la cobertura vegetal, pero no la considerada como propia de la zona, ya que la cobertura de la microcuenca tarda años en regenerarse después de un disturbio. El incremento de cobertura vegetal de los años 2017 y 2019 se dio debido a la presencia de plantaciones forestales, además de la expansión de áreas agrícolas, entre otras que alteran y modifican la originalidad del ecosistema. En dicho sentido, la investigación realizada por Jullian, Nahuelhual y Mazorrana, titulada “Evaluación del servicio ecosistémico de regulación hídrica ante escenarios de conservación de vegetación nativa y expansión de plantaciones forestales en el centro - sur de Chile” (15), evidencia la determinación de la capacidad de regulación hídrica en dos escenarios de cuenca (A = vegetación nativa y B = plantaciones forestales), donde en el escenario A se aumentó la capacidad de regulación hídrica ($\bar{x} = 8.51 \text{ m}^3/\text{ha}$), mientras que en el escenario B, todas las cuencas mermaron su capacidad de regulación hídrica ($\bar{x} = 3.1 \text{ m}^3/\text{ha}$), evidenciando la importancia que tiene la conservación de la cobertura vegetal propia de la zona.

En el artículo “Evaluación de la tasa de infiltración en tierras agrícolas, forestales y de pastoreo en la subcuenca del río Shullcas” (17) se presentan valores de las tasas

de infiltración de los tipos de usos de suelo: 14.04 cm/h en tierras forestales, 12.42 cm/h en tierras agrícolas y 2.07 cm/h en tierras de pastoreo, demostrando que las zonas intervenidas por el pastoreo presentan una menor tasa de infiltración por el pisoteo de los diferentes animales mayores y menores de la zona. Este estudio refuerza los resultados obtenidos en la presente investigación, ya que el uso del suelo es un factor predominante en la capacidad de regulación hídrica, considerando que en la microcuenca Medio Bajo Mantaro la ganadería es una de las actividades principales de ingreso económico para los pobladores.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la cobertura vegetal influye de forma directa y de forma significativa en la capacidad de regulación hídrica de la microcuenca Medio Bajo Mantaro, ya que los tipos de cobertura vegetal abundantes en la microcuenca son matorral arbustivo y pajonal andino que son altamente efectivos en la captación e infiltración del agua de lluvia, regulando y manteniendo así el flujo de la microcuenca; este hallazgo guarda relación con la investigación de Ticse (22), quien concluyó que la cobertura vegetal no está relacionado con recarga potencial de manera significativa, ya que el tipo de cobertura vegetal y el uso del suelo son factores determinantes en la recarga hídrica.

La cobertura vegetal influye en la capacidad de regulación hídrica, ya que las plantas cumplen la función de retener el agua de las precipitaciones y regular el caudal de una microcuenca, pero no solo depende de la cobertura vegetal, sino también del tipo de cobertura abundante en la zona. En la investigación realizada por Esparza, titulada "Impactos del cambio de cobertura y el uso de suelo en la oferta de servicios ecosistémicos de regulación hídrica en el centro - sur de Chile" (23), se evaluó cuencas con tres coberturas y se determinó que la oferta del servicio de mediación de flujos líquidos (SEMFL) fue positiva, así como demostró una relación significativa con la cobertura de bosque nativo, mientras que con la cobertura de plantaciones forestales y matorral fue negativa, esto significa que el buen funcionamiento de la regulación hídrica no solo depende de la cobertura vegetal, sino también del tipo de cobertura como se mencionó líneas arriba.

En la investigación titulada "Efectos de la cobertura vegetal en la regulación hidrológica de microcuencas de Páramo" (18), se evaluó el coeficiente de escorrentía en dos cuencas: una con cobertura vegetal de tipo pajonal (natural) y otra de plantaciones de pino (antropogénica) y se determinó un coeficiente de escorrentía de 0.50 y 0.22 respectivamente y el caudal de la cuenca con pajonal

durante el tiempo de investigación fue aproximadamente tres veces más alto en comparación a la cuenca con plantaciones de pino. Esta investigación refuerza los resultados obtenidos en la microcuenca Medio Bajo Mantaro, ya que la cobertura vegetal predominante en esta zona es pajonal andino.

CONCLUSIONES

- De acuerdo con los análisis realizados de las variables del cambio climático, se determinó que la precipitación influye de manera directa en la capacidad de regulación hídrica de la microcuenca con un 81 %. Por otro lado, al realizar el análisis de la temperatura se determinó que la influencia de esta variable en la capacidad de regulación hídrica es inversa con un 15 %, siendo ésta no significativa.
- El cambio de uso de suelo influye de manera inversa en la capacidad de regulación hídrica de la microcuenca con un 43 %, siendo éste un factor determinante ya que llega a alterar el ecosistema original, la misma que pierde su funcionalidad provocando consecuencias negativas en el ciclo hidrológico.
- El efecto del déficit de las precipitaciones hace que los caudales de la microcuenca disminuyan; sin embargo, la temperatura, al presentar una relación no significativa con el caudal, no genera efectos en la capacidad de regulación hídrica.
- El efecto del cambio de uso de suelo se da a través de la pérdida de la capacidad de regulación hídrica de la microcuenca, ya que al alterar la originalidad de un ecosistema se pierde la suficiencia de captar e infiltrar el agua de las precipitaciones; aunque de acuerdo con otras investigaciones ésta depende del tipo de cobertura predominante en la zona de investigación.
- La capacidad de regulación hídrica de la microcuenca Medio Bajo Mantaro fue variable durante los años 2015 al 2020 con 2 324.69, 1 474.79, 2 379.65, 2 038.62, 2 410.52 y 2 051.58 m³/s respectivamente y está estrictamente ligada a la precipitación, la cobertura vegetal y el cambio de uso de suelo.
- La escasez de agua y los conflictos sociales son los efectos del cambio climático y el cambio de uso de suelo, ya que éstos problemas hacen que el caudal de la microcuenca disminuya y no haya agua suficiente sobre todo en épocas de sequía, provocando la muerte de animales y pérdida de cultivos.

RECOMENDACIONES

- Como medidas de adaptación del cambio climático se proponen proyectos de conservación de cobertura vegetal natural propias de la zona, ya que éstas cumplen un rol importante en la regulación hídrica; asimismo, es oportuno el realizar una sensibilización a la población acerca de los efectos negativos que genera la quema de los bosques, pajonales, entre otros.
- Realizar estudios sobre el tipo de suelo de la microcuenca Medio Bajo Mantaro, por ser un factor primordial que se encarga de la infiltración.
- Se recomienda utilizar imágenes satelitales Landsat 8, ya que ésta brinda mayor resolución espacial, que permite obtener mejores resultados.
- Realizar proyectos de recuperación del servicio ecosistémico de regulación hídrica con la finalidad de prevenir la escasez del agua en las épocas de estiaje.
- Realizar estudios del cambio climático con un mínimo de diez años (10) para obtener información relevante, asimismo ir a campo a constatar la información obtenida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. QUINTERO, M. *Servicios ambientales hidrológicos en la región andina*. Lima: Panorama Andino, 2010. pp. 277. 978-9972-51-277-3.
2. ONU-AGUA. *Informe de políticas de ONU-AGUA sobre el cambio climático y el agua*. Suiza: Grupo de expertos ONU-Agua, 2019. pp. 28.
3. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. *Informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo*. s.l.: FAO, 2018.
4. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. *Cambio climático, agua y seguridad hídrica*. Roma: FAO, 2011.
5. DIARIO FRANCE 24. Índice mundial de países más afectados por condiciones climáticas extremas: Haití, Zimbabue y Fiyi encabezan la lista. [En línea] 2018. [Citado el: 24 de marzo de 2021.] <https://www.france24.com/es/20171111-indice-riesgo-global-cambio-climatico>.
6. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. *El estado de los bosques en el mundo*. Roma: FAO, 2016.
7. LARA, A., LATERRA, P. y otros. *Servicios ecosistémicos hídricos: Estudio de caso en América Latina y el Caribe*. Valdivia: Ediciones Universidad Austral de Chile, 2013. pp. 314.
8. COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: paradojas y desafíos del desarrollo sostenible*. [En línea] 2015. [Citado el: 25 de marzo de 2021.] https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37310/4/S1420656_es.pdf.

9. BACA, R. Efectos del cambio climático en los recursos hídricos. [En línea] 2014. [Citado el: 12 de abril de 2021.] <https://www.congreso.gob.pe/Docs/ParlamentoAmazonico/files/exposiciones/efectos-del-cambio-clim%C3%81tico-en-los-recursos-hidricos-ricardo-baca.pdf>.
10. DIARIO EL COMERCIO. Las zonas de Perú con mayor riesgo de quedarse sin agua. 2017.
11. AGENCIA ANDINA. IGP alerta que incendios forestales se pueden incrementar severamente en Andes peruanos. 2020.
12. GOBIERNO REGIONAL DE HUANCVELICA. Estrategia y Plan Regional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos del Departamento de Huancavelica. [En línea] 2018. [Citado el: 22 de marzo de 2021.] file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/eprgirh_hvca_2018_-_small.pdf.
13. DIARIO CORREO. Huancavelica: 70 % de crías de alpacas mueren a falta de agua. 03 de diciembre de 2020.
14. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Cobertura y deforestación en los bosques húmedos amazónicos 2018. [En línea] 2018. [Citado el: 15 de abril de 2021.] <http://www.bosques.gob.pe/archivo/Apuntes-del-Bosque-N1.pdf>.
15. JULLIAN, C., NAHUELHUAL, L. y MAZORRANA, B. *Evaluación del servicio ecosistémico de regulación hídrica ante escenarios de conservación de vegetación nativa y expansión de plantaciones forestales en el centro - sur de Chile*. 2, Chile: Bosque, 2018, **39**, pp. 277-289.
16. MARTÍNEZ-AUSTRIA, P. y PATIÑO-GÓMEZ, C. *Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México*. 1, México: Tecnología y Ciencias del Agua, 2012, **III**.
17. CARLOS, G., y otros. *Evaluación de la tasa de infiltración en tierras agrícolas, forestales y de pastoreo en la subcuenca del río Shullcas*. 1, Huancayo: Apuntes de Ciencia & Sociedad, 2013, **4**.
18. CELLERI, R. *Efectos de la cobertura vegetal en la regulación hidrológica de microcuencas de Páramo*. Cuenca: CONDESAN, 2004.

19. HUAROC, R. y PORTA, J. *Potencialidad de tierras y calidad del sitio con fines agroforestales en la microcuenca del río Vilca - Huancavelica*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2014. pp. 75-76.
20. ACUÑA, D. *Análisis multivariado para la generación de escenarios climáticos 2040 - 2050 en el Perú*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015. pp. 137.
21. CARRAZA, A. *La gestión de recursos hídricos en un escenario de escasez hídrica como consecuencia del cambio climático*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2019. pp. 9-11.
22. TICSE, G. *Correlación de la cobertura vegetal de pastos naturales con la recarga hídrica de la cuenca alta del río Shullcas como media de adaptación al cambio climático en el periodo julio - 2013 hasta junio - 2014*. Huancayo: Universidad Continental, 2018. pp. 122.
23. ESPARZA, A. *Impactos del cambio de la cobertura y el uso de suelo en la oferta de servicios ecosistémicos de regulación hídrica en el centro - sur de Chile*. Chile: Universidad de Concepción, 2017.
24. VAN, J. *Captación y almacenamiento de agua de lluvia*. Santiago de Chile: FAO, 2013. pp. 247. 978-92-5-307581-2.
25. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. *Consejo de recursos hídricos de cuenca Mantaro*. Lima: ANA, 2019.
26. INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ. *Diagnóstico de la Cuenca del Mantaro bajo la visión del cambio climático*. Junín: IGP, 2005.
27. CUEVAS, J. *Propuesta metodológica para la presentación cuantitativa de la regulación hídrica en las distintas escalas de cuenca hidrográfica*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2020.
28. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. *Registro histórico de eventos hidroclimáticos y sus afectaciones en la cuenca del río Mantaro, Perú*. Junín: Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño, 2019. pp. 1.
29. SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. *Cambio climático: ciencia, evidencia y acciones*. México: SEMARNAT, 2009.

30. GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. *Cambio Climático 2014*. Ginebra: IPCC, 2015. 978-92-9169-343-6.
31. GOBIERNO REGIONAL DE HUANCAMELICA. *Estrategia y Plan Regional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos del Departamento de Huancavelica*. Huancavelica: EPRGIRH, 2018.
32. GOBIERNO REGIONAL DE HUANCAMELICA. *Estrategia regional de cambio climático de Huancavelica 2017 - 2021*. Huancavelica: Grupo Técnico Regional de Cambio Climático de Huancavelica, 2017. pp. 10-11.
33. SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ. *Trabajando unidos por el bienestar del Perú*. Lima: SENAMHI, 2021.
34. ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS. *Cambio de uso del suelo y degradación ambiental*. México: Comunicaciones Libres, 2007. pp. 1-8.
35. CASO, E., TOVAR, M. y DÍAS, J. *Informe temático de uso actual de las tierras*. Huancavelica: Gobierno Regional de Huancavelica, 2021. pp. 27-28.
36. AGENCIA PERUANA DE NOTICIAS. Fuego arrasa con 60 hectáreas de pastizales y árboles en Huancavelica. ANDINA, 2018, pp. 1-2.
37. ARIZA, A. *Descripción y corrección de productos Landsat 8*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2013. pp. 8-9.
38. CHACA, A. *Percepciones y perspectivas socioculturales de los pobladores sobre el cambio climático en Huayllahuara - Huancavelica 2025*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016. pp. 16-17.
39. VALÁZQUEZ, A., BOCCO, G. y SIEBE, C. *Cambio de uso de suelo*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2014.
40. DYSON, M., BERGKAMP, G. y SCANLON, J. *Caudal: elementos esenciales de caudales ambientales*. Costa Rica: IUCN, 2003. pp. 6.
41. MARTINEZ, R., MONTOYA, A. y CALDERÓN, M. La cobertura vegetal en la Cuenca del Canal de Panamá.

42. CONGRESO DE CIENCIAS AMBIENTALES. Los conflictos socioambientales: enfoque desde la planificación colaborativa. [En línea] 2009. http://imae.usal.edu.ar/archivos/imae/otros/a_camb.pdf.
43. INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA. ¿Qué es una cuenca? [En línea] Gobierno de México, 2017. <https://www.gob.mx/imta/videos/que-es-una-cuenca-hidrografica>.
44. BURGA, M. *Incremento de la deforestación y sus consecuencias en la pérdida de biomasa en los bosques de la provincia alto Amazonas del departamento de Loreto, 2000 - 2014*. Iquitos: Universidad Científica del Perú, 2016. pp. 15.
45. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos. *Ley N° 30215*. Lima: El Peruano, 2014.
46. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. *Afrontar la escasez de agua: Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria*. Roma: FAO, 2013. pp. 22-23. 978-92-5-307304-7.
47. QUILLATUPA, Y. y CÁRDENAS, E. *Relación precipitación, infiltración y escorrentía para la época de lluvia en la microcuenca Yanango - Chanchamayo*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016. pp. 22.
48. YUPANQUI, C. La Autoridad Nacional del Agua y la conservación de humedales. [En línea] 2019. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/03/La-ANA-y-la-conservaci%C3%B3n-de-humedales.pdf>.
49. SÁNCHEZ, P. *La teledetección enfocada a la obtención de mapas digitales*. Ecuador: Universidad de Cuenca, 2012. pág. 60.
50. GUTIÉRREZ, J. y SÁNCHEZ, L. Impacto ambiental. [En línea] 2009. http://files.uladech.edu.pe/docente/17817631/mads/Sesion_1/Temas%20sobre%20medio%20ambiente%20y%20desarrollo%20sostenible%20ULADECH/14._Impacto_ambiental_lectura_2009_.pdf.
51. HERAS, R. *Manual de hidrología*. Madrid: Centro de Estudios Hidrográficos, 1972.
52. ORDOÑEZ, J. *¿Qué es cuenca hidrológica?* Lima: Sociedad Geográfica de Lima, 2011.

53. CONTRERAS-HINOJOSA, J., y otros. *Estado actual y causas de la degradación de los agostaderos en el municipio de Yanhuítlán, Oaxaca*. 3, México: Terra Latinoamericana, 2003, **21**. 2395-8030.
54. BERNAL, C. *Metodología de la investigación*. Tercera. Colombia: Pearson, 2010. pp. 60. 978-958-699-128-5.
55. HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ-COLLADO, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill, 2014. pp. 153-154. 978-1-4562-2396-0.
56. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Delimitación y codificación hidrográfica. [En línea] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2019. [Citado el: 20 de julio de 2021.] <https://www.ana.gob.pe/2019/consejo-de-cuenca/mantaro/SH>.
57. OTZEN, T. y MANTEROLA, C. *Técnicas de muestreo sobre una población a estudio*. I, Chile: Int. J. Morphol, 2017, **35**.

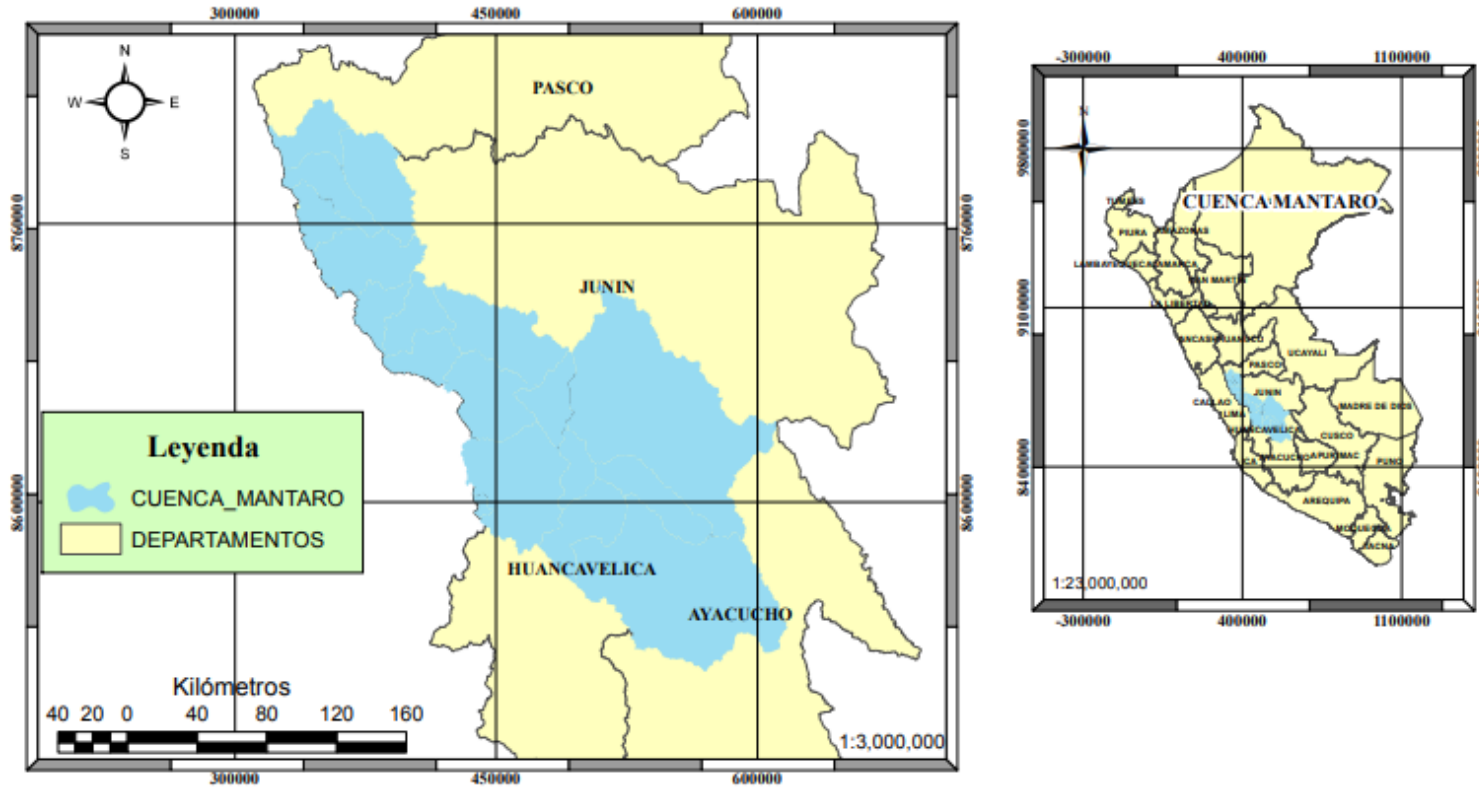
ANEXOS


Anexo 01. Matriz de consistencia.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Conceptualización	Indicador	Tipo de variable	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es la influencia del cambio climático y uso de suelo en la capacidad de regulación hídrica en la microcuenca Medio Bajo Mantaro del departamento de Huancavelica, periodo 2015 - 2020?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>*¿Cuáles son los efectos del cambio climático en la capacidad de regulación hídrica?</p> <p>*¿Cuáles son los efectos del cambio de uso de suelo en la capacidad de regulación hídrica?</p> <p>*¿Cuál es la variación de la capacidad de regulación hídrica en la microcuenca durante los últimos seis años?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar la influencia del cambio climático y el cambio de uso de suelo en la capacidad de regulación hídrica en la microcuenca Medio Bajo Mantaro del departamento de Huancavelica, periodo 2015 - 2020.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>*Identificar los efectos del cambio climático en la capacidad de regulación hídrica.</p> <p>*Identificar los efectos del cambio de uso de suelo en la capacidad de regulación hídrica.</p> <p>*Determinar la variación de la capacidad de regulación hídrica en la microcuenca durante los últimos seis años.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>Existe una relación entre el cambio climático y el cambio de uso de suelo con la capacidad de regulación hídrica en la microcuenca Medio Bajo Mantaro.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>*La disminución del caudal de la microcuenca en épocas de estiaje es el efecto del cambio climático que afecta a la capacidad de la regulación hídrica.</p> <p>*La disminución del caudal de la microcuenca en épocas de estiaje es el efecto del cambio de uso de suelo que afecta a la capacidad de la regulación hídrica.</p> <p>*La disminución del caudal de la microcuenca en épocas de estiaje alteró la capacidad de regulación hídrica durante los últimos seis años.</p>	<p>Variables independientes</p> <p>Cambio climático</p> <p>Cambio de uso de suelo</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Regulación hídrica</p>	<p>Consiste en analizar la variación de la precipitación y la temperatura de los últimos seis años.</p> <p>Consiste en analizar la variación de la cobertura vegetal de los últimos seis años.</p> <p>Consiste en analizar el caudal del agua en la microcuenca durante los últimos seis años.</p>	<p>*Temperatura (°C).</p> <p>*Precipitación (mm).</p> <p>*Cobertura vegetal (%).</p> <p>*Caudal (m³/s)</p>	<p>Cuantitativo</p> <p>Cuantitativa</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicada.</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Correlacional.</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>No experimental.</p> <p>Población:</p> <p>Cuenca del Mantaro.</p> <p>Muestra:</p> <p>Microcuenca Medio Bajo Mantaro, que comprende un área de 1 289 km².</p>

Anexo 02. Mapa de ubicación de la cuenca del Mantaro.

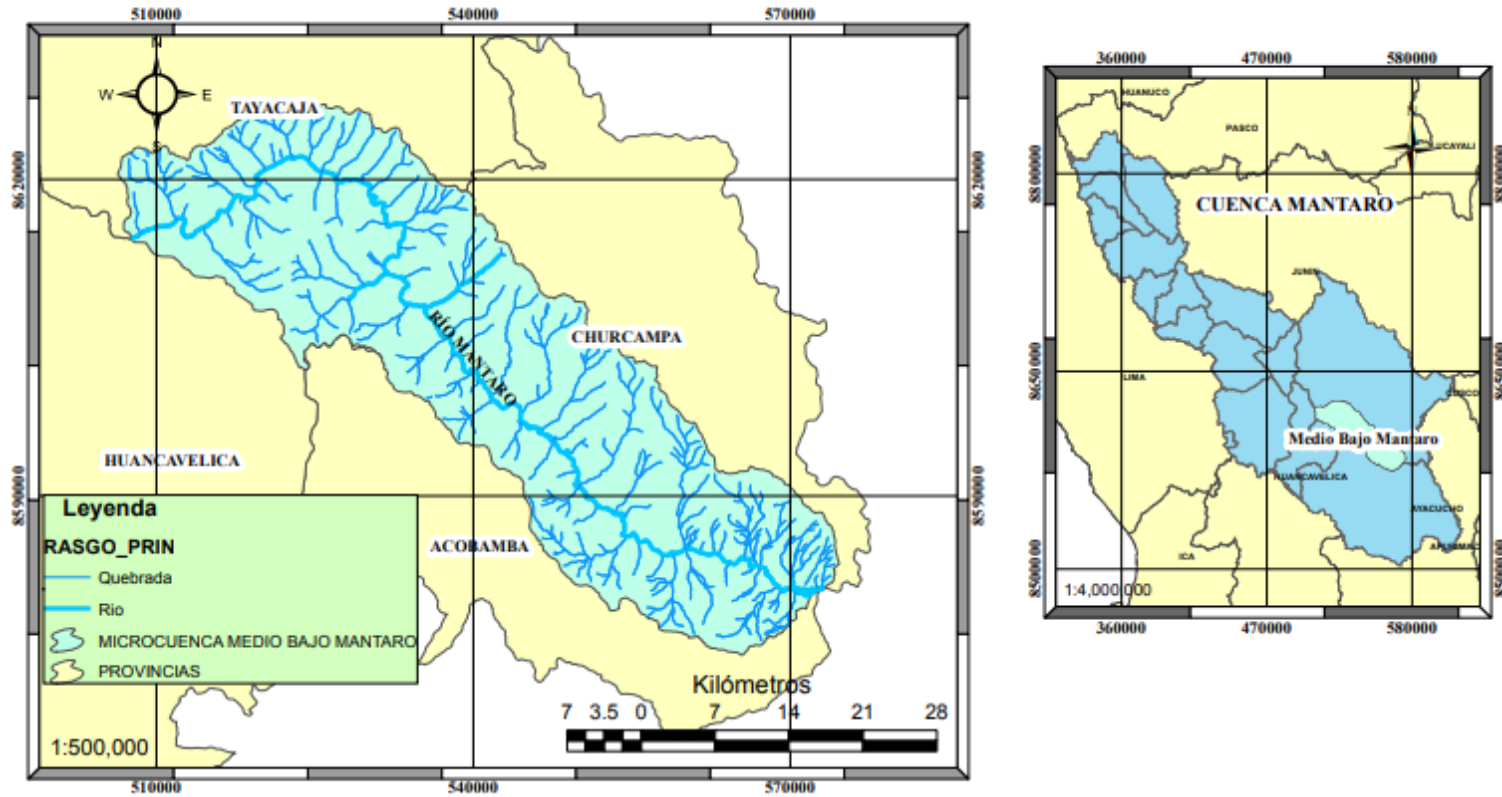
MAPA DE UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA MEDIO BAJO MANTARO




 Universidad Continental		UNIVERSIDAD CONTINENTAL	
MAPA DE UBICACIÓN DE LA CUENCA MANTARO		N° DE MAPA	
Integrantes: -ARROYO CANALES ELYDA MARGOT -BAZÁN VÁSQUEZ LIZ DORIS -CADAY ORDOÑEZ JANETH		01	
		Fecha: 04 de Febrero del 2021	

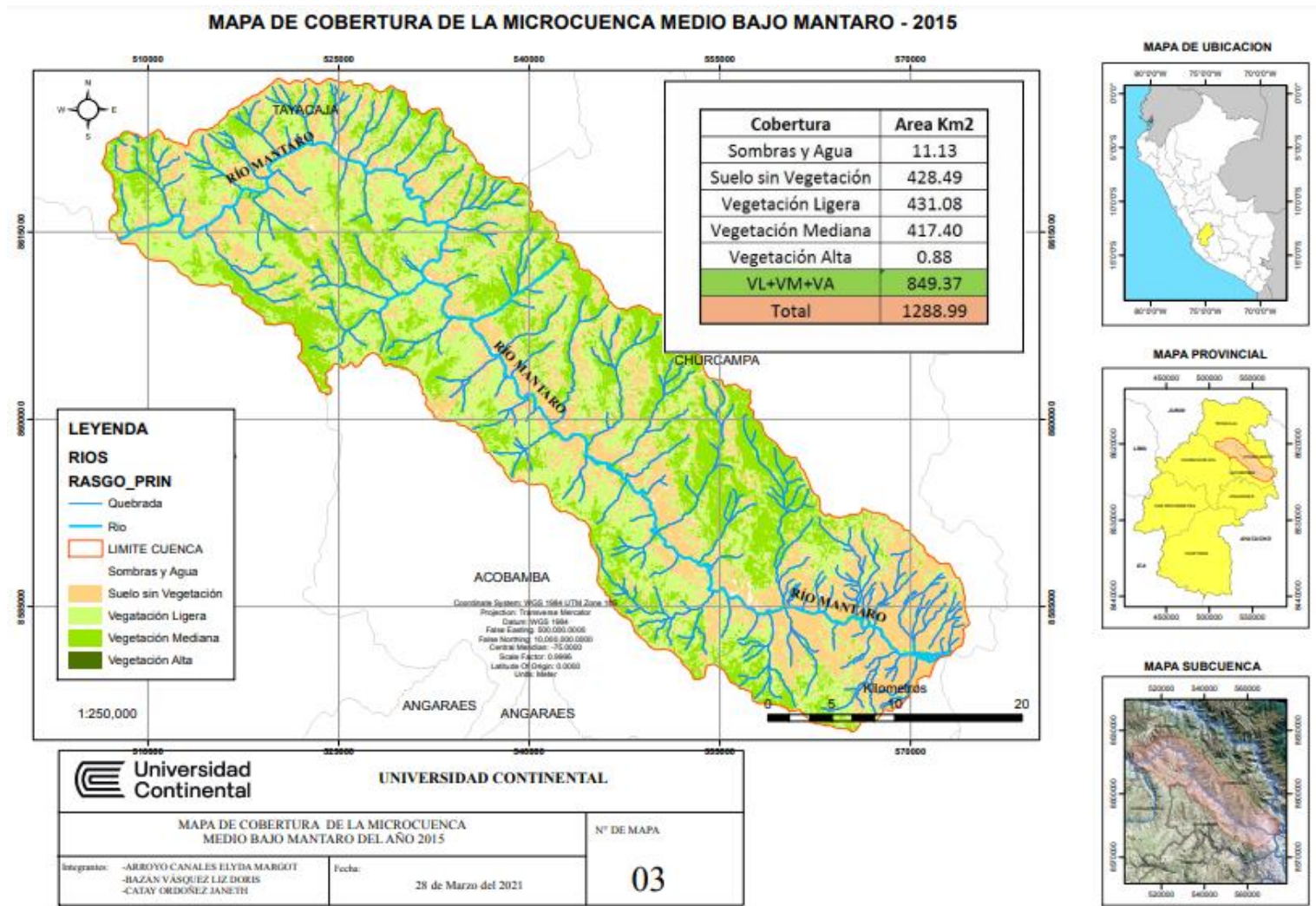
Anexo 03. Mapa de ubicación de la microcuenca Medio Bajo Mantaro.

MAPA DE UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA MEDIO BAJO MANTARO

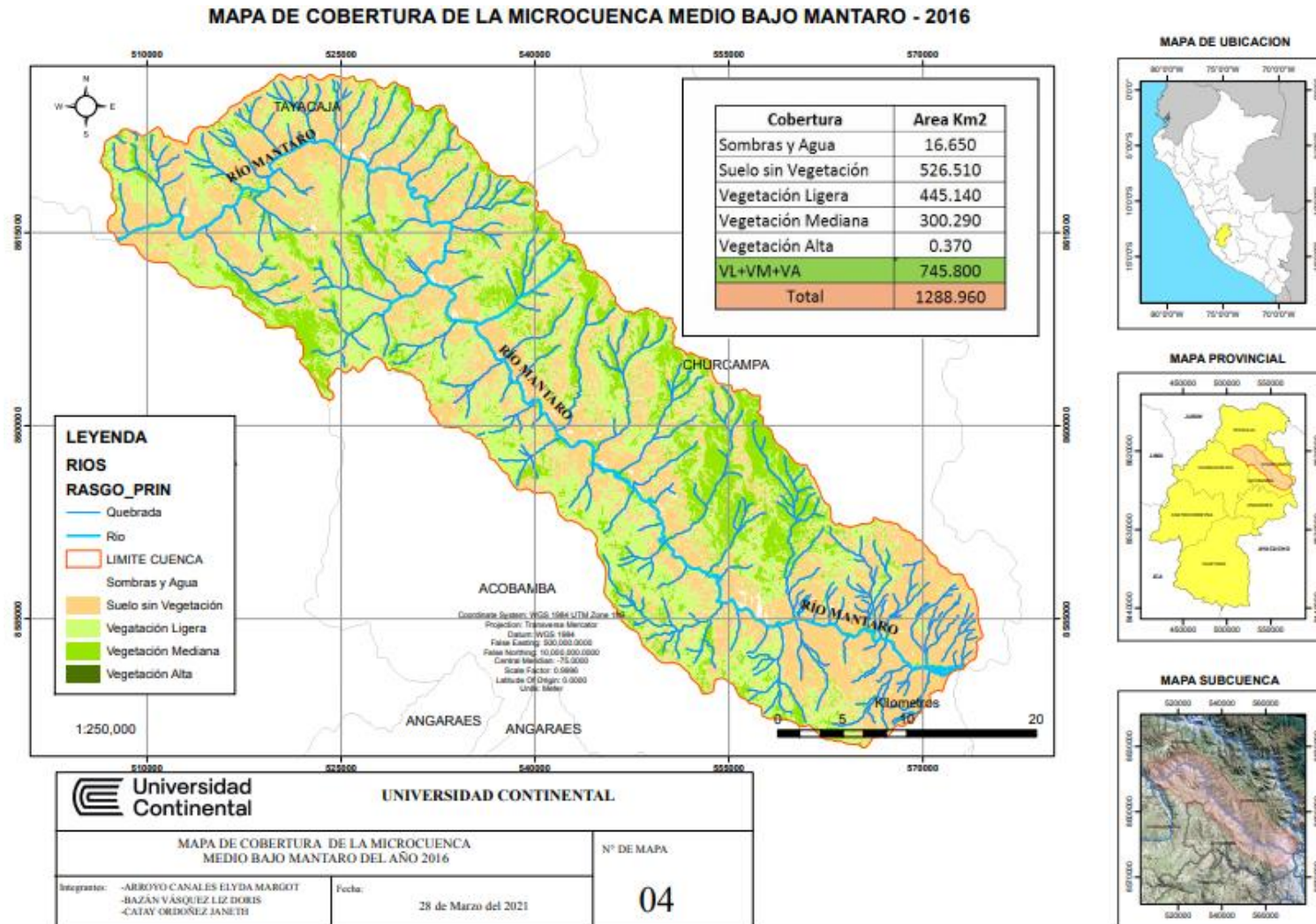


 Universidad Continental		UNIVERSIDAD CONTINENTAL	
UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA MEDIO BAJO MANTARO			Nº DE MAPA 02
Integrantes: -ARROYO CANALES ELYDA MARGOT -BAZÁN VÁSQUEZ LIZ DORIS -CATAY ORDOÑEZ JANETH		Fecha: 04 de Febrero del 2021	

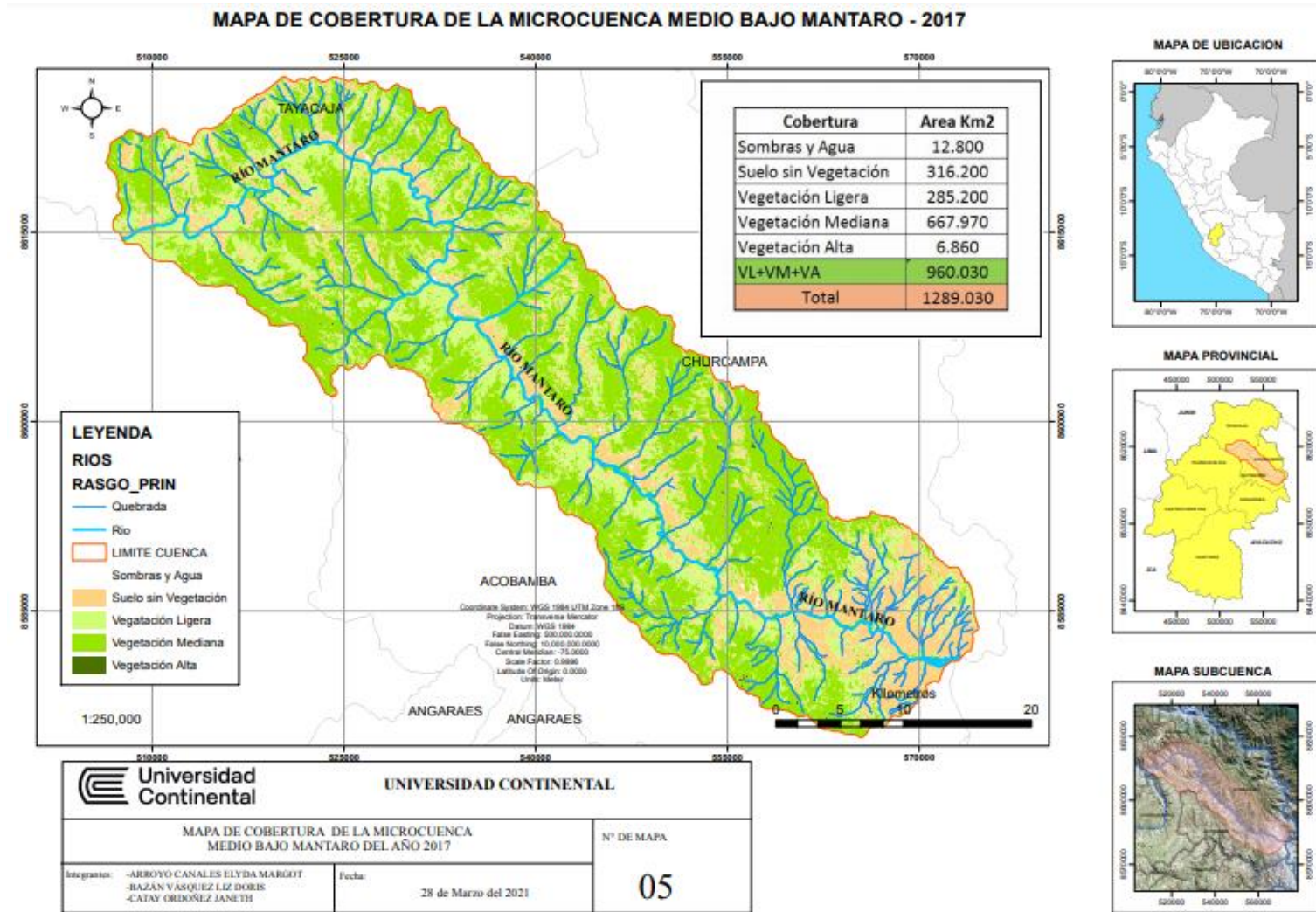
Anexo 04. Mapa de cobertura de la microcuenca Medio Bajo Mantaro - 2015.



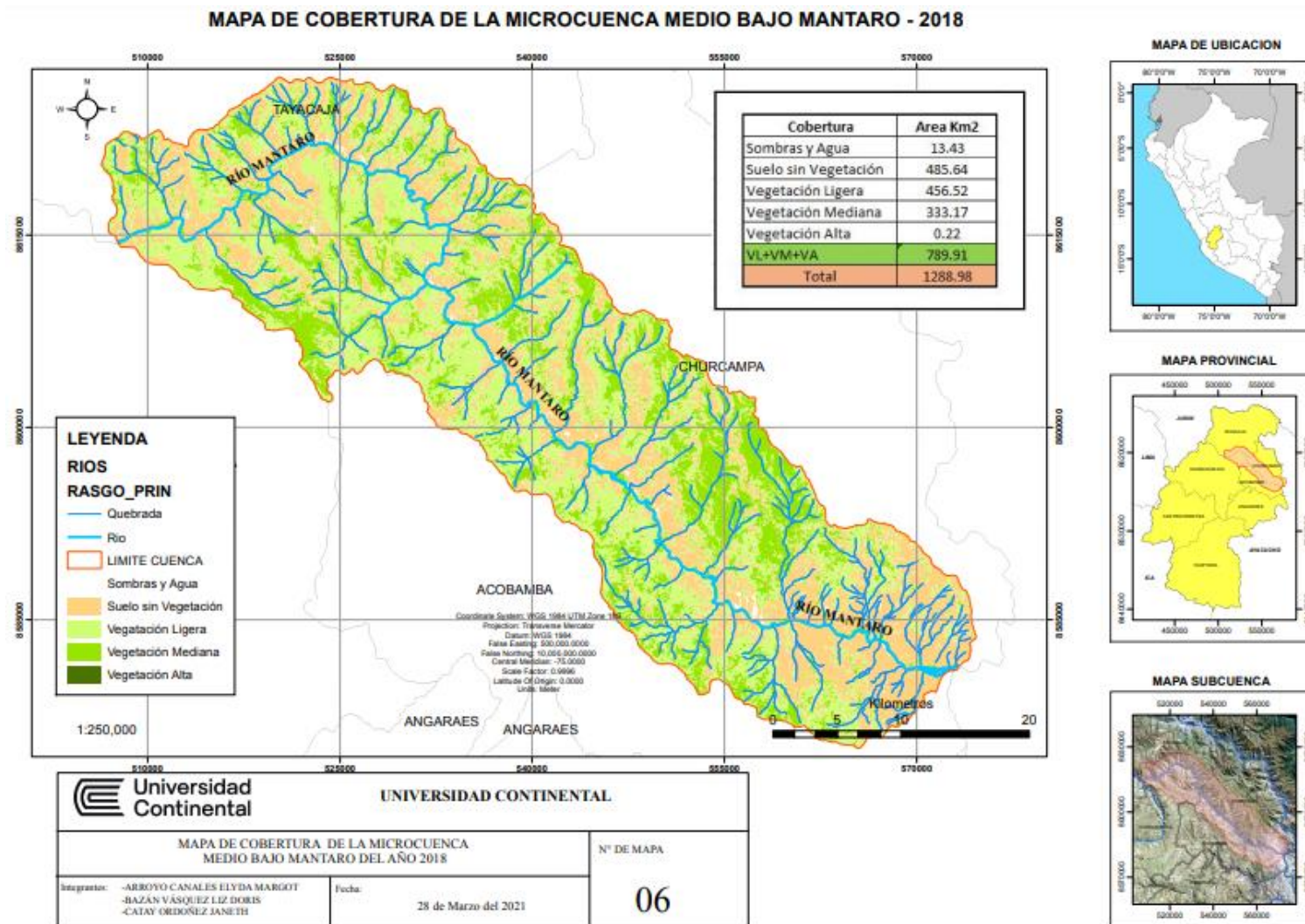
Anexo 05. Mapa de cobertura de la microcuenca Medio Bajo Mantaro - 2016.



Anexo 06. Mapa de cobertura de la microcuenca Medio Bajo Mantaro - 2017.



Anexo 07. Mapa de cobertura de la microcuenca Medio Bajo Mantaro - 2018.

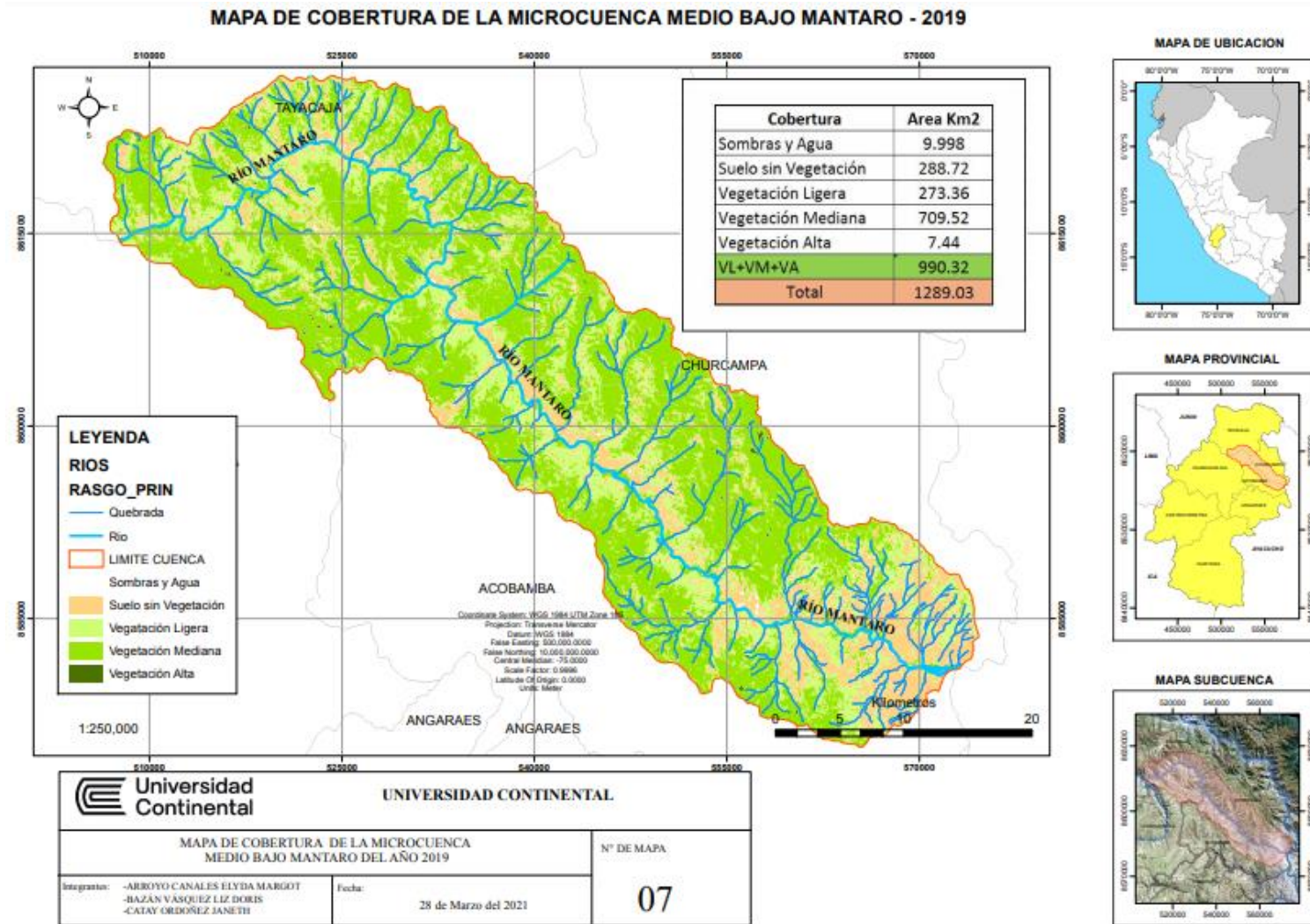


MAPA DE UBICACION

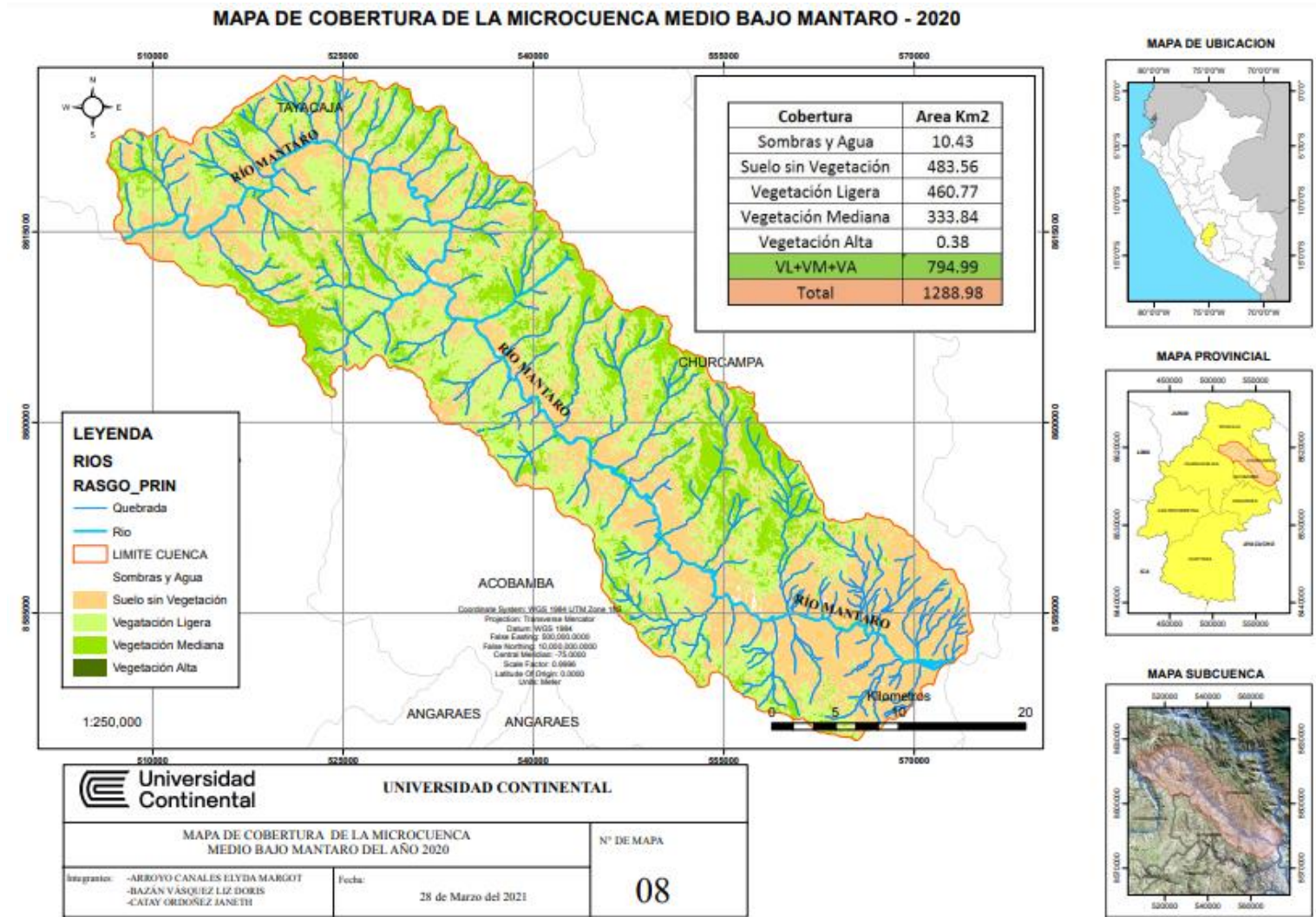
MAPA PROVINCIAL

MAPA SUBCUENCA

Anexo 08. Mapa de cobertura de la microcuenca Medio Bajo Mantaro - 2019.

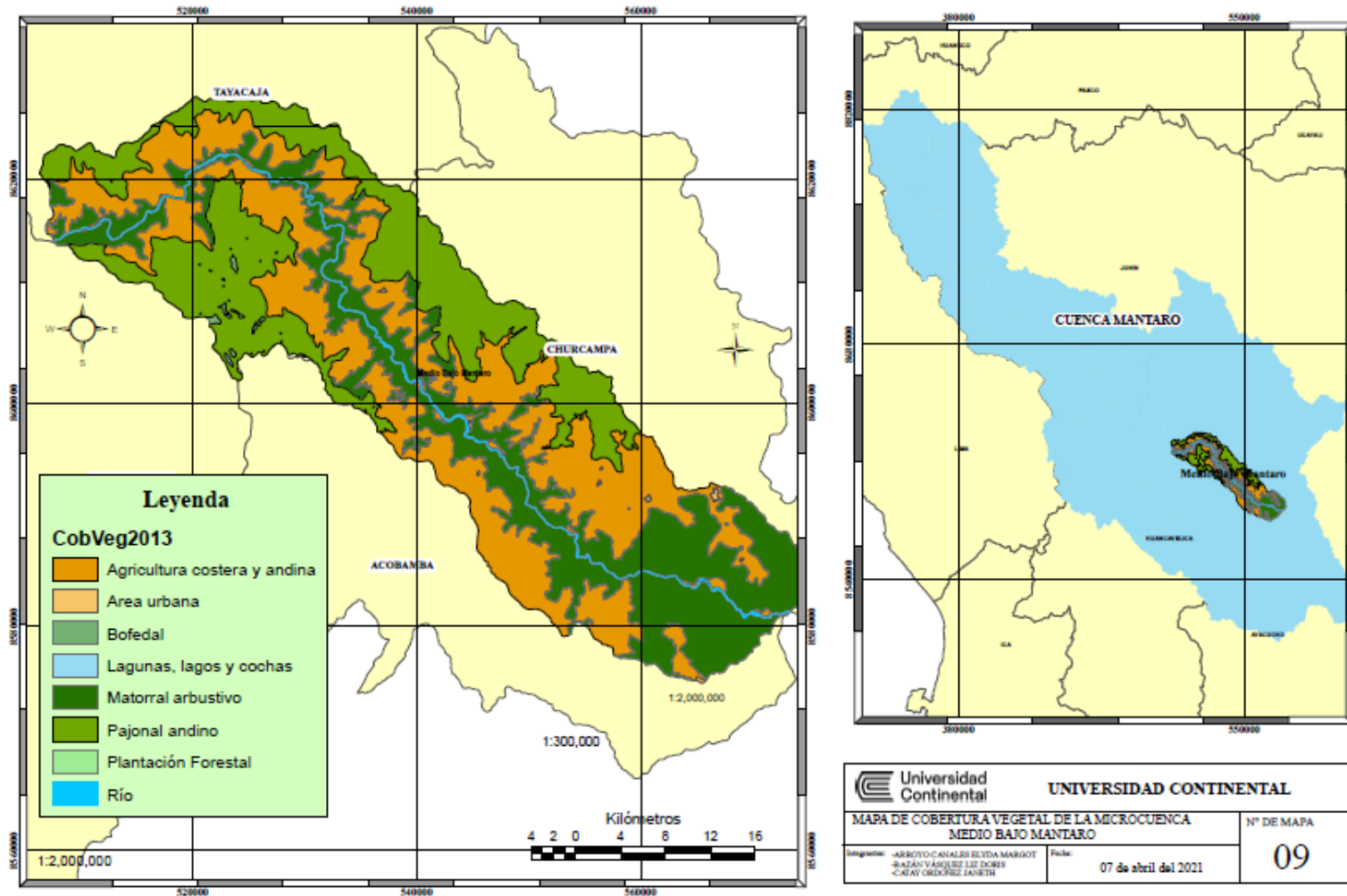


Anexo 09. Mapa de cobertura de la microcuenca Medio Bajo Mantaro - 2020.

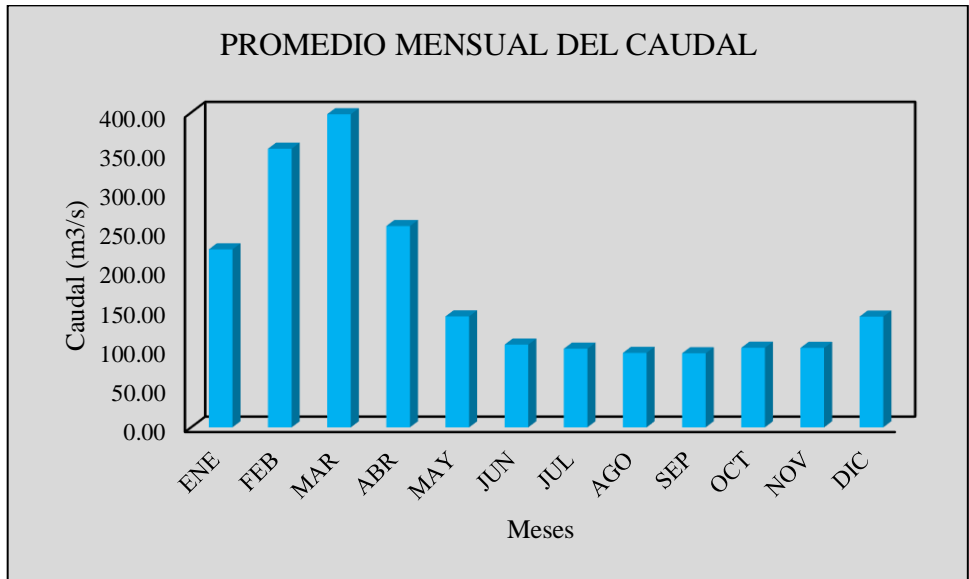


Anexo 10. Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca Medio Bajo Mantaro.

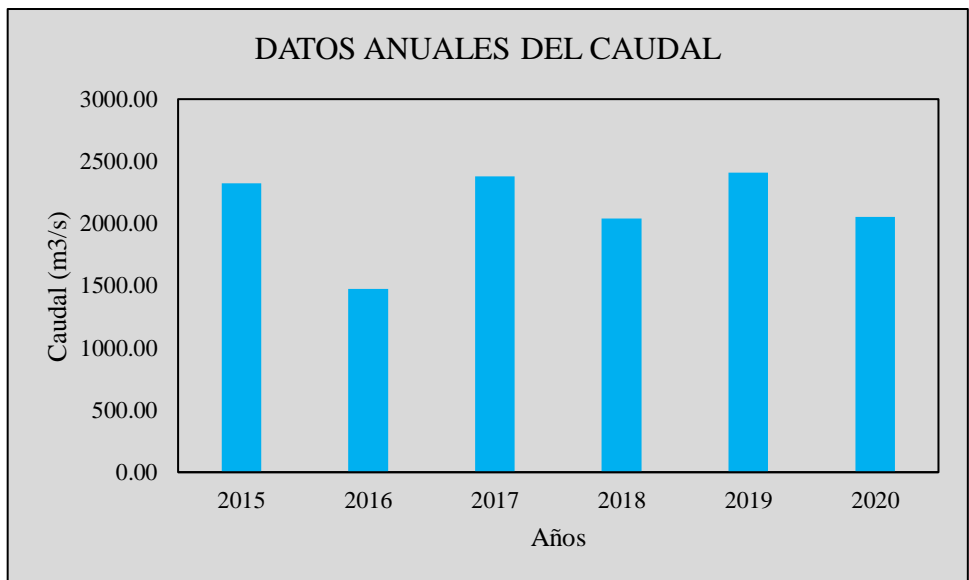
MAPA DE COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA MEDIO BAJO MANTARO



Anexo 11. Datos procesados del caudal de la microcuenca.

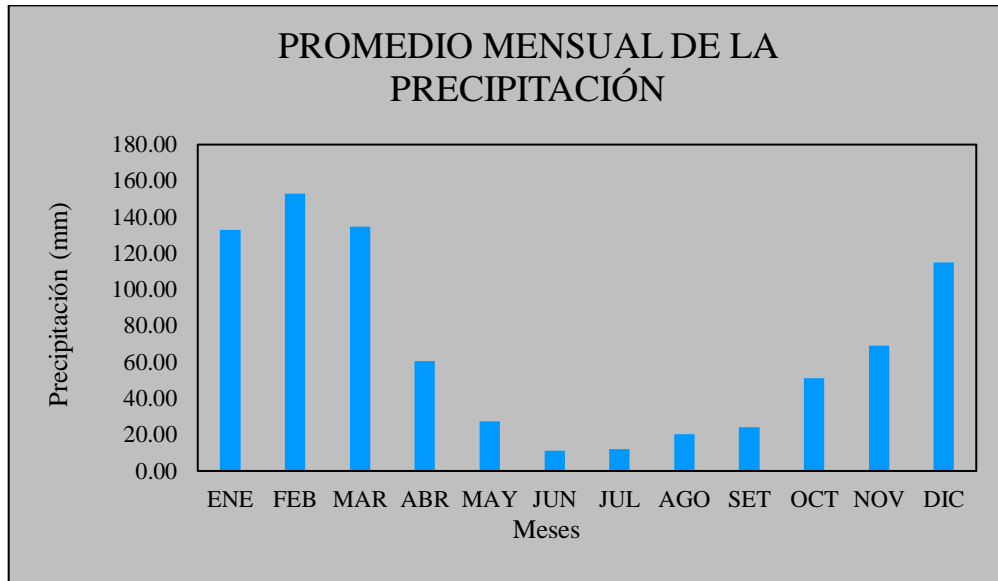


Promedio mensual del caudal de la microcuenca Medio Bajo Mantaro.

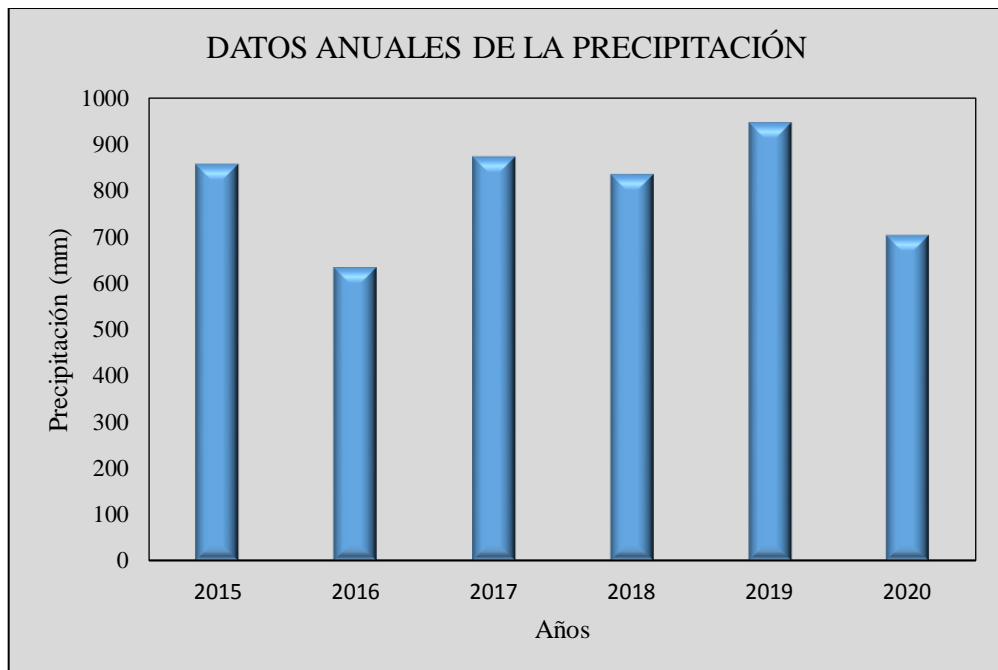


Datos anuales del caudal de la microcuenca Medio Bajo Mantaro.

Anexo 12. Datos procesados de la precipitación de la microcuenca.

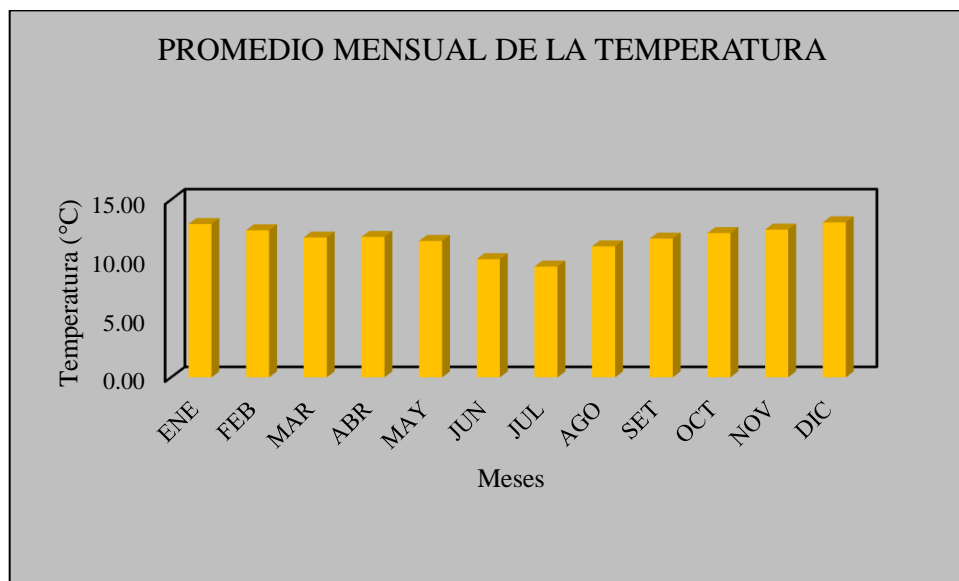


Variación mensual de la precipitación de la microcuenca Medio Bajo Mantaro.



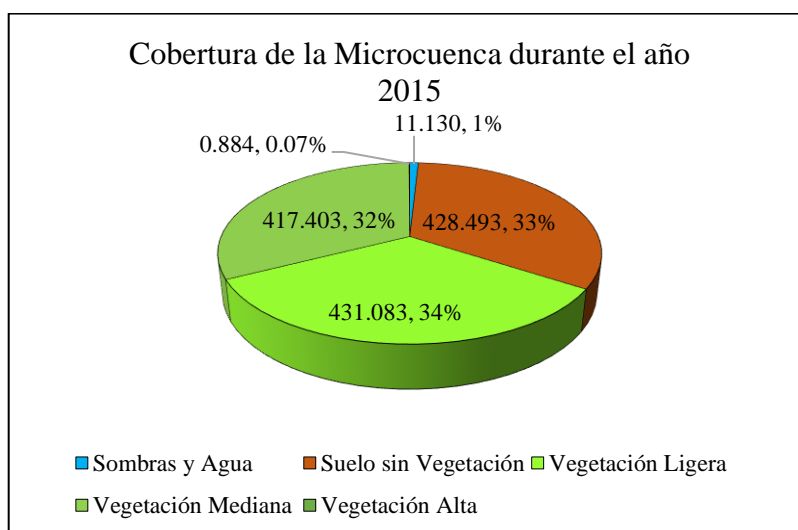
Variación anual de la precipitación de la microcuenca Medio Bajo Mantaro.

Anexo 13. Datos procesados de la temperatura de la microcuenca.

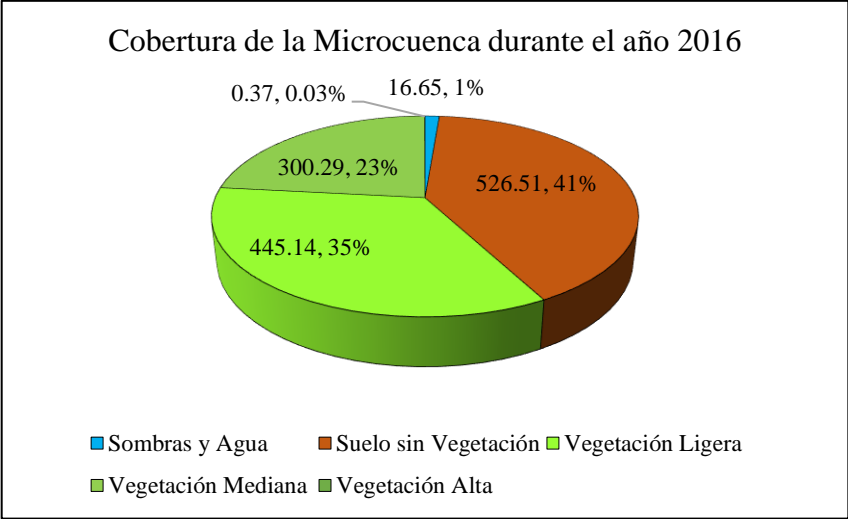


Variación mensual de la temperatura de la microcuenca Medio Bajo Mantaro.

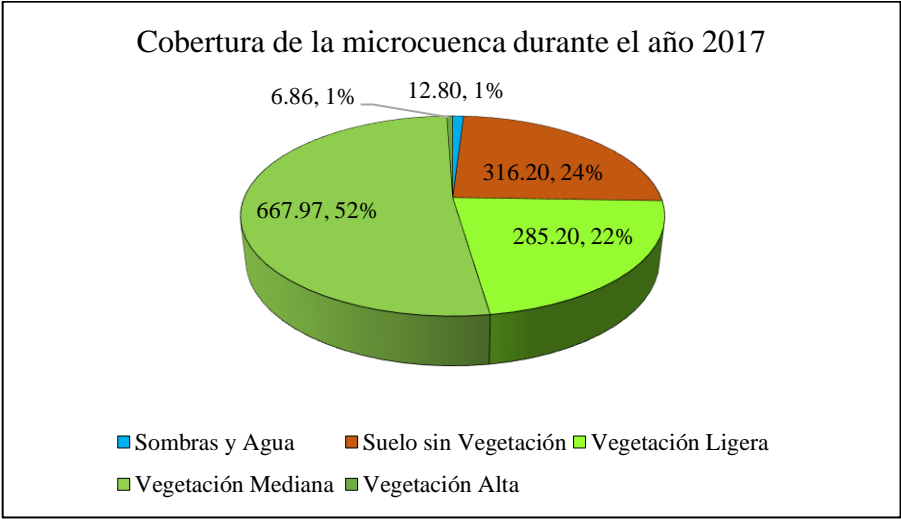
Anexo 14. Variación anual de los tipos de cobertura de la microcuenca.



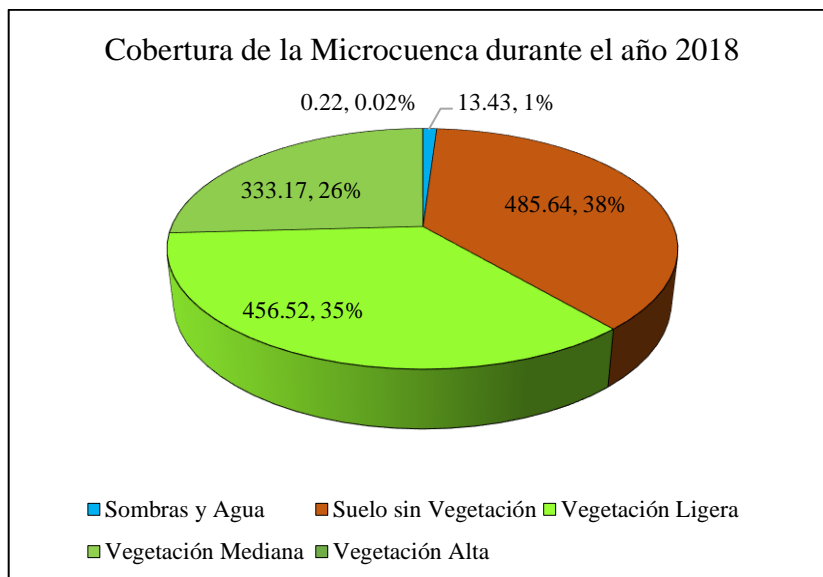
Tipos de cobertura de la microcuenca en el año 2015.



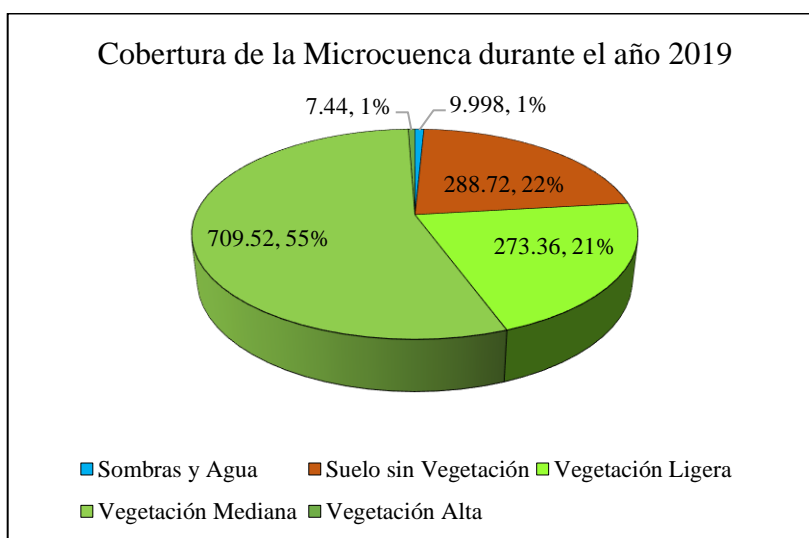
Tipos de cobertura de la microcuenca en el año 2016.



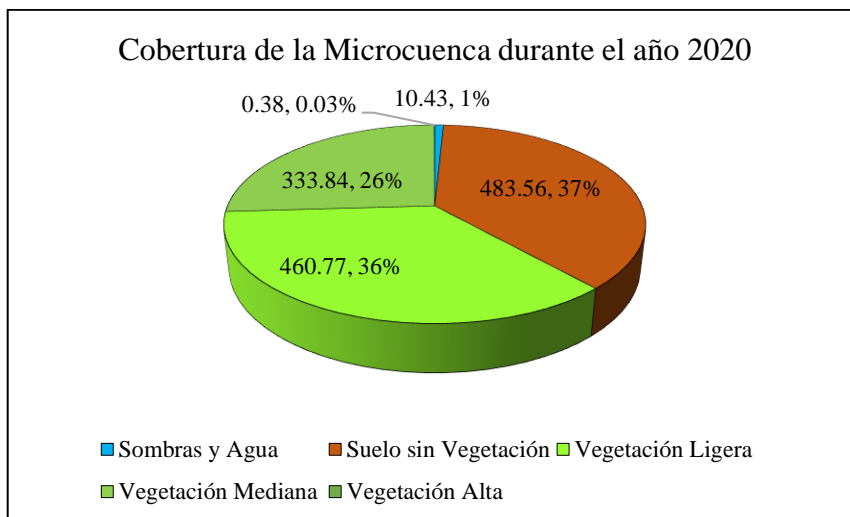
Tipos de cobertura de la microcuenca en el año 2017.



Tipos de cobertura de la microcuenca en el año 2018.

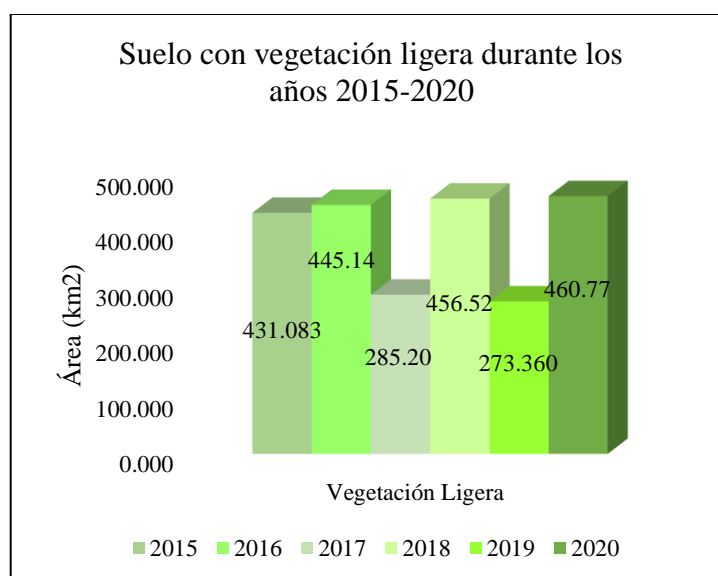


Tipos de cobertura de la microcuenca en el año 2019.

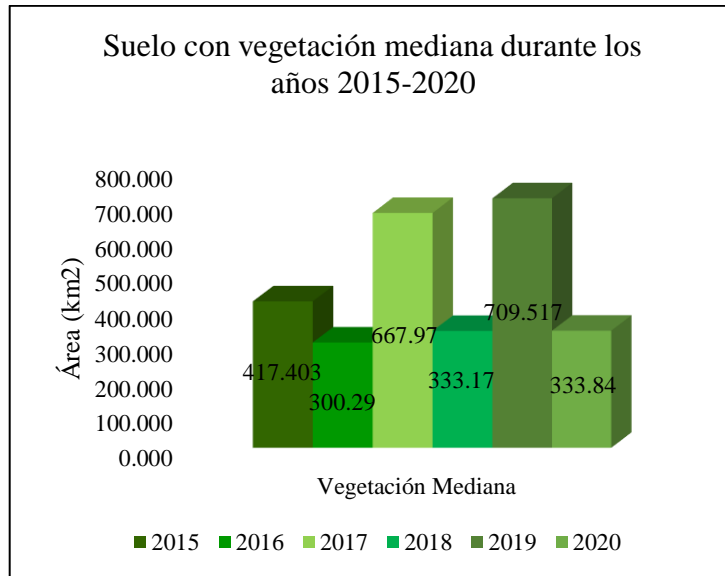


Tipos de cobertura de la microcuenca en el año 2020.

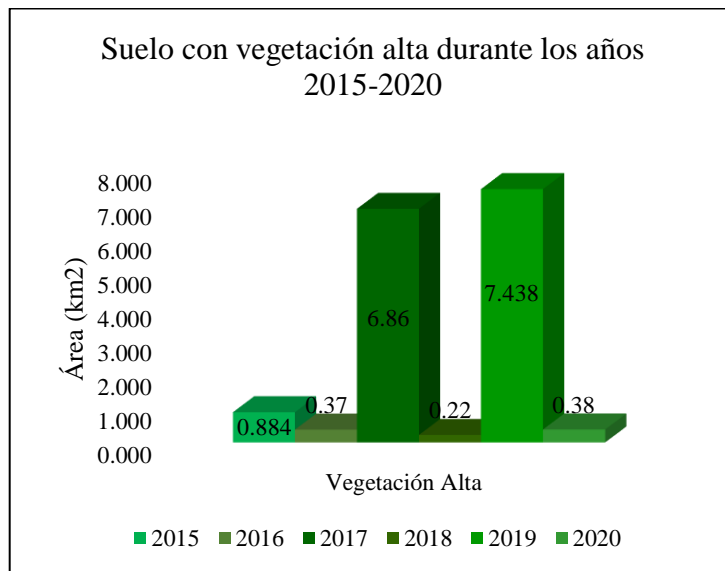
Anexo 15. Variación anual de los tres tipos de cobertura vegetal de la microcuenca.



Suelo con vegetación ligera durante los años 2015 - 2020.

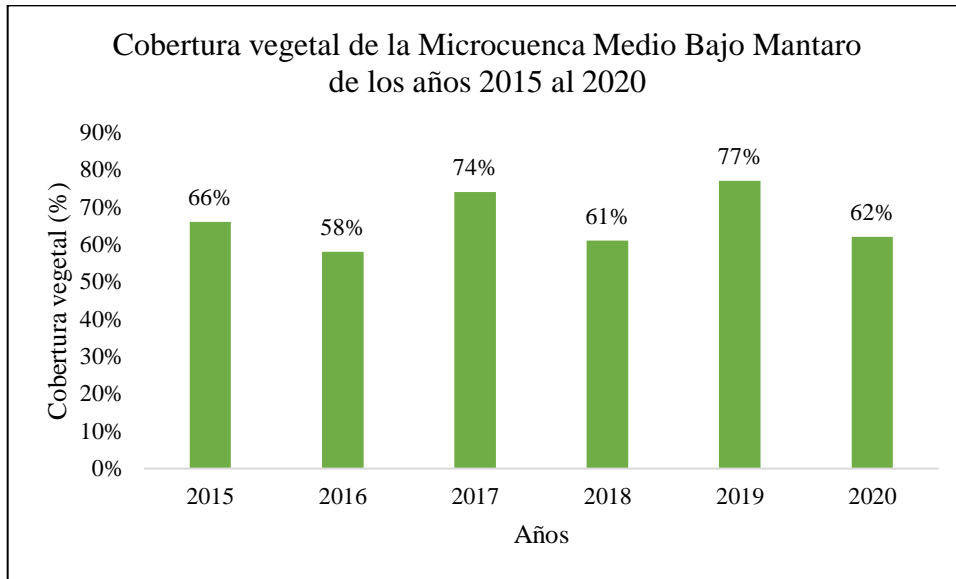


Suelo con vegetación mediana durante los años 2015 - 2020.



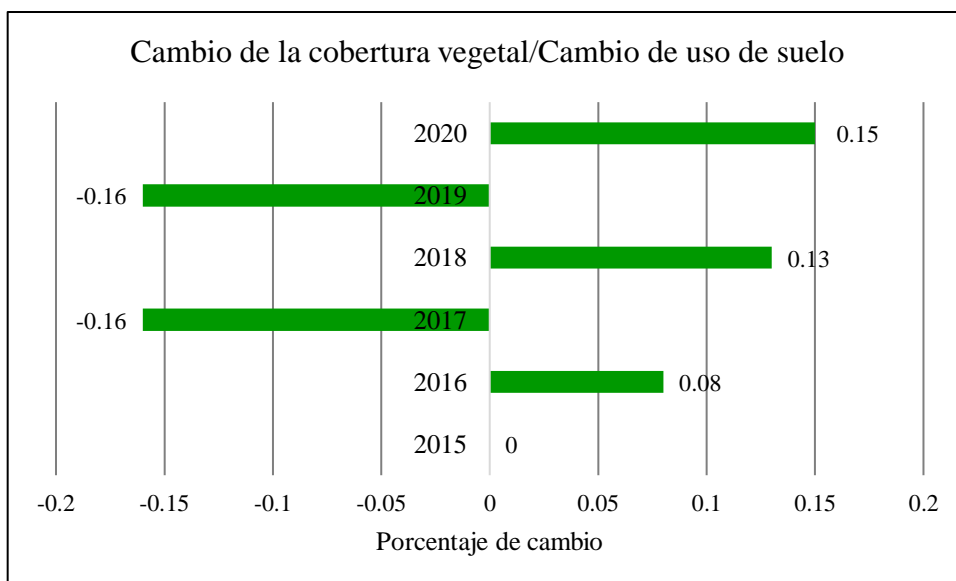
Suelo con vegetación alta durante los años 2015 - 2020.

Anexo 16. Variación de la cobertura vegetal total de la microcuenca.



Porcentaje de cobertura vegetal de la microcuenca Medio Bajo Mantaro, 2015 - 2020.

Anexo 17. Cambio de la cobertura vegetal/cambio de uso de suelo.



Cambio de cobertura vegetal en la microcuenca Medio Bajo Mantaro, 2015 - 2020.