



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Vectores Hidrológicos para la Gestión de los Recursos Hídricos
en la Subcuenca Pachacayo – Jauja, 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

Porras De Los Ríos, Samir Eduardo (ORCID: 0000-0003-2316-0077)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (ORCID: 0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2021

Dedicatoria

A mi Madre y mis hijos, Paulo y Leonardo quienes se convirtieron en el motor para lograr esta meta.

Agradecimientos

Agradezco a cada uno de los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad César Vallejo.

Al Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio, quien a pesar de las diversas ocupaciones que desarrolla como profesor principal de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad César Vallejo, coadyuvó la planificación y desarrollo de la presente investigación. Gracias por brindarnos sus acertadas observaciones y por contribuir a que el presente trabajo llegara a buen puerto.

Al Ingeniero-Investigador Carlos Juan Astuvilca Huayta, por su apoyo como profesor externo en la planificación, estructuración y ejecución de la presente investigación. Gracias por su asesoría en el desarrollo de la presente tesis, así como, la consultoría en tópicos específicos de la misma.

A todos aquellos que de manera directa o indirecta contribuyeron a que tanto la planificación, como la ejecución de la presente tesis pudieran ser culminadas, y así dejar en sus manos el presente informe de investigación que desde ya queda a vuestra consideración.

Índice de contenidos

	Pág.
Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Tipo y Diseño de Investigación	10
3.2. Variables y operacionalización.....	10
3.3. Población y Muestra.....	11
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	12
3.5. Procedimientos	12
3.6. Método de Análisis de Datos	13
3.7. Aspectos éticos.....	13
IV. RESULTADOS.....	14
V. DISCUSIÓN.....	30
VI. CONCLUSIONES	34
VII. RECOMENDACIONES.....	35
REFERENCIAS.....	36
ANEXOS	42

Índice de tablas

Tabla 1: Uso de las aguas de los ríos de la cuenca del Mantaro – Departamento de Junín.	14
Tabla 2: Fuentes de agua en el distrito de Canchaylo.....	16
Tabla 3: Presencia de contaminantes en los ríos de la subcuenca Pachacayo ...	18
Tabla 4: Comparación de los parámetros contaminantes presentes en las principales fuentes de agua de la subcuenca Pachacayo con los ECA. Caso: Agua para riego y agua para bebida de animales.....	21
Tabla 5: Comparación de los parámetros contaminantes presentes en las principales fuentes de agua de la subcuenca Pachacayo con los ECA y LMP. Caso: Agua para consumo humano.....	23
Tabla 6: Caudales máximos (m ³ /s) registrados en el Rio Pachacayo, periodo:2013- 2020.....	26
Tabla 7: Caudales mínimos (m ³ /s) registrados en el Rio Pachacayo, periodo: 2013-2020.	27
Tabla 8: Caudales medios (m ³ /s) registrados en el Rio Pachacayo, periodo: 2013-2020.	28

Índice de figuras

Figura 1: Mapa de la subcuenca Pachacayo y su relación con la Reserva Paisajística Nor Yauyos – Cochas.....	14
Figura 2: Caudales promedios en el río Pachacayo, periodo: 2013-2020.....	32

Resumen

La presente tesis lleva por título “Vectores Hidrológicos para la Gestión de los Recursos Hídricos en la Subcuenca Pachacayo – Jauja, 2020”, la cual fue presentada en la casa universitaria de la UCV; el objetivo principal del estudio consistió en identificar los vectores hidrológicos que permitan la gestión de los recursos hídricos en la Subcuenca Pachacayo.

Para el proceso de análisis se procedió a examinar los reportes históricos de los caudales máximos, mínimos y medios del río Pachacayo, así como los reportes de la calidad del agua de dicho río; por lo que, los hallazgos encontrados establecieron que el caudal del río Pachacayo cumple holgadamente con la demanda de dicho recurso que hace la empresa ELECTROPERU, asimismo sus aguas cumplieron con los estándares de calidad ambiental y los límites máximos permisibles establecidos para el consumo humano. Finalmente, para concluir, la investigación ayudó a identificar en qué situación se encuentran los vectores hidrológicos en la Subcuenca Pachacayo, los cuales presentaron condiciones favorables, por otro lado, para que la gestión de los recursos hídricos sea buena se priorizó la gestión de los vectores hidrológicos como el vector disminución de fuentes acuíferas, el vector alteración de precipitaciones y el vector contaminación de acuíferos.

Palabras clave: *Subcuenca, vectores hidrológicos, gestión de recursos hídricos.*

Abstract

This thesis is entitled "Hydrological Vectors for the Management of Water Resources in the Pachacayo - Jauja Sub-basin, 2020", which was presented at the UCV University; the main objective of the study was to identify the hydrological vectors that allow the management of water resources in the Pachacayo Sub-basin.

For the analysis process, the historical reports of the maximum, minimum and average flows of the Pachacayo River were examined, as well as the reports on the water quality of the river; therefore, the findings established that the flow of the Pachacayo River comfortably meets the demand for this resource made by the ELECTROPERU company, and its water also complies with the environmental quality standards and the maximum permissible limits established for human consumption. Finally, to conclude, the research helped identify the situation of the hydrological vectors in the Pachacayo sub-basin, which presented favorable conditions. On the other hand, in order to ensure good water resource management, priority was given to the management of hydrological vectors such as the vector for the reduction of water sources, the vector for the alteration of precipitation and the vector for the contamination of aquifers.

Keywords: *Sub-basin, hydrological vectors, water resources management.*

I. INTRODUCCIÓN

La escasez de agua dulce siempre ha sido parte de los problemas de diferentes pueblos y ha estado presente en la historia de la cultura humana. Históricamente se ha distinguido dos etapas del año en términos de presencia o ausencia de lluvias, las cuales son conocidas como época de avenidas, asociada con la época de lluvias; y, época de estiaje, asociada con la época de falta de lluvias (UNESCO, 2019).

A nivel mundial, la escasez de este recurso ha llevado a una competitividad por el uso variado del agua, debido principalmente a la alta demanda por parte de las poblacionales, como para generación de energía y actividades agrícolas; por otro lado, son muchos los países que, debido a la falta de leyes en cuanto a este tema, ha ocasionado incipientes en su desarrollo para abastecimiento de este recurso preciado (Martínez y Villalejo, 2018, p.59).

Muy diferente fue Latinoamérica, la cual fue denominada paradoja latinoamericana del agua, debido a la resaltante escasez de dicho elemento a pesar de la alta disponibilidad que se tiene del mismo en la región. Por su parte, la Universidad de Chile (2018), destacó que, con una porción equivalente a la tercera parte del agua dulce de la tierra y un per cápita de más de 22000 m³ por habitante latinoamericano al año resulta paradójico que la región sea una de la más afectadas a nivel planetario; asimismo, destacó el deficiente manejo de dicho recurso, así como el sobreconsumo focalizado principalmente en las áreas urbana y los problemas de distribución del líquido en las ciudades.

Sin embargo, el país peruano no ha sido ajeno a esta problemática, debido a que presentó escasez y desabastecimiento de agua para el consumo humano, en las diferentes ciudades de Lima y Callao, el cual ha sido uno de los problemas latentes sin solución, el cual afecta a más de un millón de personas que no cuentan con agua potable en sus casas y con aproximadamente 8 millones que no cuentan con este servicio (Pacheco, 2019, p.1).

Por otro lado, en la provincia de Jauja, en el río Pachacayo, específicamente en la subcuenca del río Cochas, se encuentran las represas artificiales de Caullau, Calzada, Huaylacancha, Carhuacocha, Azulcocha y Tembladera, los cuales que en forma conjunta regulan un volumen de agua que asciende a 64 800 000 metros cúbicos de dicho elemento vital; además, en la sub cuenca del río Piñascocha, otro

tributario del río Pachacayo, se levantaron las presas Vichecochoa, Yuraccocha y Ñahuincocha, las cuales en conjunto regulan un total de 14 200 000 metros cúbicos de agua. Las presas antes señaladas, vierten su agua al río Pachacayo, el cual es formado por la confluencia de los ríos Cochas y Piñascochas y tiene como punto de confluencia o vertimiento de aguas en el río Mantaro a las cercanías de la zona denominada Puente Pachacayo, debido a que en dicho punto existe un puente sobre el río Mantaro que conecta el distrito con la carretera central, aproximadamente a 60 Km de la ciudad de Huancayo, en el caserío de Pachacayo, distrito de Canchaylo, provincia de Jauja (ELECTROPERU, 2020, parr.1).

Asimismo, se señaló que, los vectores hidrológicos hacen referencia a los aspectos que tienen que ver con la escasez de agua dulce; es decir, con la poca disponibilidad de agua para: animales y plantas, agua para consumo humano o agua potable, y, el agua para usos industriales. Además de ello, también contempló determinar aspectos contaminantes que dañan este recurso, así como los distintos problemas que suelen presentarse en las fuentes acuíferas, sus causas y consecuencias. Entre los vectores hidrológicos se tuvo al estrés hídrico, reducción del número de fuentes acuíferas, alteración de las lluvias o precipitaciones, y, contaminación de los acuíferos (Envira Ingenieros y Asesores, 2020, parr.1).

Finalmente, teniendo en cuenta la definición de vectores hidrológicos se procedió a determinar los vectores hidrológicos en la subcuenca Pachacayo – Jauja, basados en la Gestión de los Recursos Hídricos – GRH, en dicha subcuenca durante el año 2020.

Después de ello, se procedió a formular el problema general que consistió en la siguiente pregunta, ¿Qué vectores hidrológicos se pueden identificar para la gestión de los recursos hídricos en la subcuenca Pachacayo – Jauja, 2020?, asimismo, se formularon los problemas específicos, los cuales consistieron en ¿Cuáles son los vectores hidrológicos referidos a la contaminación de acuíferos que se pueden identificar para la gestión de los recursos hídricos en la subcuenca Pachacayo – Jauja, 2020?, ¿Cuáles son los vectores hidrológicos referidos a la alteración de precipitaciones que se pueden identificar para la gestión de los recursos hídricos en la subcuenca Pachacayo – Jauja, 2020?, y, ¿Cuáles son los vectores hidrológicos referidos a la disminución de fuentes acuíferas que se pueden

identificar para la gestión de los recursos hídricos en la subcuenca Pachacayo – Jauja, 2020?

La presente investigación, se justifica debido a que se tuvo en cuenta la necesidad de determinar aquellos aspectos enfocados a la escasez de agua dulce de uso humano, así como los vectores hidrológicos, los cuales sirvieron como parámetros de referencia para que se desarrollen programas orientados a la mitigación de la amenaza de escasez de este recurso.

Asimismo, tuvo la finalidad de estudiar aquellos aspectos referidos a la escasez de agua en la subcuenca Pachacayo; en ese sentido solamente consideramos tres de los cuatro aspectos que configuran los denominados vectores hidrológicos. En cuanto a los vectores hidrológicos tomados en cuenta, fueron el vector disminución de fuentes acuíferas, que tiene que ver con la cantidad de agua; el vector alteración de precipitaciones, que tiene que ver con el balance de la cantidad de agua; y el vector contaminación de acuíferos, que tiene que ver con la calidad del agua. Dejando de lado el vector estrés hídrico.

Por otra parte, los objetivos general de la investigación consistió el objetivo en Identificar los vectores hidrológicos que permiten la gestión de los recursos hídricos en la subcuenca Pachacayo – Jauja, 2020, asimismo, los objetivos específicos fueron describir los vectores hidrológicos referidos a la contaminación de acuíferos que permiten la gestión de los recursos hídricos en la subcuenca Pachacayo – Jauja, 2020, describir los vectores hidrológicos referidos a la alteración de precipitaciones que permiten la gestión de los recursos hídricos en la subcuenca Pachacayo – Jauja, 2020, y, describir los vectores hidrológicos referidos a la disminución de fuentes acuíferas que permiten la gestión de los recursos hídricos en la subcuenca Pachacayo – Jauja, 2020.

II. MARCO TEÓRICO

Algunos antecedentes de la presente investigación, se recopiló estudios de contexto nacional como extranjero.

Las tesis de Pacheco (2019), propuso como objetivo, determinar la intervención del diseño condominial de agua potable en el desabastecimiento de agua potable a dicha asociación; para tal efecto, desarrolla una tesis cuasi experimental cuya muestra estuvo compuesta por 56 hogares de la Asociación Villa Jardín. La conclusión a la que llega la autora en citación es que, el diseño del sistema condominial de agua potable puede subsanar la falta de agua potable en la Asociación Villa Jardín, esto en el sentido que, dicha autora, verifico la existencia de una relación directa entre las variables diseño del sistema condominial y desabastecimiento de agua potable; y que, además, considera que, su implementación es viable.

Por otro lado, Oppliger, Höhl y Fragkou (2019), examinó los orígenes sociales de la poca disponibilidad agua en la cuenca del rio Bueno, Chile; en ese sentido, se empleó el marco teórico de la ecología política, herramienta que permite analizar la escasez hídrica como un fenómeno “híbrido” de carácter socio natural, permitiendo desarrollar un marco de referencia para establecer las “tipologías de escasez de agua”. Las conclusiones a las que se llegó en la investigación dan cuenta que, la escasez de agua en la cuenca del río Bueno tiene orígenes variados; y que, a pesar de ello, la gestión del agua en la republica chilena se ha caracterizado por dar prioridad a las actividades económicas de alto interés económico para la nación, por encima del manejo del agua para consumo humano.

Muy diferente fueron aportaciones de Bueno et. al. (2018), los cuales se enfocaron en determinar la huella hídrica en la zona costera de San Blas, México; para tal efecto, se estimó la huella de agua en la zona costera del municipio de San Blas, ubicado en el estado mexicano de Nayarit, teniendo como referencia el método de escasez de agua, el cual fue utilizado cuando se detectó que la demanda de agua dulce superó el suministro del mismo en una determinada zona. Los autores en citación presentaron como resultados que, la huella de agua, sirvió para cuantificar el volumen total del líquido utilizado por los habitantes de una determinada zona, es inferior al promedio nacional en el municipio de San Blas; sustentando dicho hallazgo, los autores concluyeron que, la huella hídrica por el

método de escasez de agua, pudo haber considerado como un referente que nos indique la razón entre las extracciones anuales y la disponibilidad de agua; luego, dicho indicador generado, permitió realizar balances de la presión a la que está sometido el recurso hídrico, y así, tener un referente de comparación de los mismos con otros de las zonas aledañas, regiones y países.

Por otra parte, los autores Martínez y Villalejo (2018), sostuvieron que, para alcanzar los logros propuestos como metas a lograr por la gestión nacional del recurso hídrico en cada uno de los países, la metodología sustentado en un modelo de gestión del recurso hídrico resultó siendo la adecuada; en razón de ello, presentaron la siguiente conclusión, manifestaron los retos que tienen las naciones al buscar su desarrollo socioeconómico, tienen que ver principalmente con el manejo y gestión del agua, teniendo como problemas sobresalientes los referidos a la escasez de agua, la calidad del mismo, y, los impactos de la sobreabundancia temporal de los mismos manifestada a través de las inundaciones.

Sin embargo, los aportes de Viera (2018), se enfocó en determinar la relación que existe entre la sustentabilidad de la cultura ambiental, y, el uso y manejo del agua potable en usuarios del distrito de Huancayo; los hallazgos de esto, indicaron que un 64,3% de las familias encuestadas, consideraron que, el conocimiento ambiental en las familias huancaínas fue mala, mientras que el 57.8 % consideró que fue ineficiente la utilización del agua por parte de las familias huancaínas, por lo que se concluyó que, el conocimiento ambiental se relacionó favorablemente con la eficiente utilización del agua potable en los usuarios del servicio de agua potable del distrito de Huancayo.

Por otro lado, Pimentel (2018), señaló en sus conclusiones que el manejo actual de la subcuenca Pachacayo en el año 2013, dio cuenta de un ineficiente uso de los recursos naturales y un inexistente manejo de los recursos culturales; lo que indicó que la gestión actual del recurso hídrico en la subcuenca Pachacayo cubre las solicitudes de caudal impuesta a la subcuenca, es decir que, se garantizó un flujo mayor a los 4 m³/s; por otro lado, para el régimen actual se buscó cubrir una demanda de 4 m³/s, el cual tuvo un superávit de volumen de agua igual a 26.41 Millones de Metros Cúbicos (MMC); finalmente, con respecto a dicho superávit o exceso de agua, el autor señaló que dicho excedente hídrico puede garantizar una demanda de hasta 7 m³/s, luego, en las condiciones actuales de ese mismo año,

se contó con un caudal excedente de 3 m³/s que no se llegó a utilizar óptimamente, ya que fue vertido directamente, sin darle uso o cumplir compromiso alguno, al río Mantaro.

Muy diferente fue la tesis De la Paz (2017), el cual tuvo la finalidad de guiar los procesos emergentes entorno a la gestión de dicho recurso hídrico y de esa manera contribuir con superar los obstáculos que aparecen durante la gestión de los mismos. El autor en citación, se basó en la aplicación de un caso específico que fue los proyectos de la plataforma de conocimiento de humedales construidos – CWKP, y el “Sludge Tec Project”, en el tema de agua residual, concluyó que, la aplicación de dicha propuesta teórica y conceptual pueden ser usados como soporte a la gestión integrada y sostenible del agua, ya que, este ofreció un aporte respecto a los mecanismos de implementación de la GIRHU, enfocados al DS.

Mientras tanto, los aportes Núñez (2017), evaluó los efectos causados por la construcción de embalses, presas o represas; en el régimen hidrológico de la cuenca del río en cuestión. Como resultado de dicha evaluación, el autor de la tesis en citación concluye que: Los caudales promedios mensuales del río Lluçhus no se alteraron significativamente, en cuanto a cantidad o volumen de agua se refiere, con la regulación del agua de dicho río.

Por otra parte, las aportaciones Santos (2016), indicó la disponibilidad de agua superficial en el río Coata del departamento de Puno, el cual fue evaluado bajo contextos relacionados al cambio climático; en cuanto a la conclusión se hallaron bajo la metodología de los Modelos Climáticos Globales – MCG, se reportó un aumento de la oferta hídrica que alcanzó hasta un 6.3% anual para los recursos hídricos de dicho río; asimismo, bajo un periodo mensual, se determinó que, la mayor anomalía hídrica se presentó en el mes de marzo con un crecimiento que alcanza el 19.2%, y la menor anomalía, se presentó en el mes de noviembre con un decrecimiento del 27.4%. En base a los hallazgos acabados de citar, el autor de la investigación señaló que, de manera global, las huellas del cambio climático en la oferta de agua superficial del río en cuestión, cambian según el Modelo Climático Global utilizado.

Sin embargo, La tesis de Aranda (2015), se enfocó a la captación de agua de lluvias a través de los techos de la viviendas, como alternativa para el abastecimiento de agua y ahorro en el consumo de agua potable en la ciudad de

Huancayo; llega a la conclusión que, técnicamente es viable la propuesta, ya que, es factible el uso eficiente del agua dentro de las instituciones educativas, y de la población en general; en efecto, con la precipitación promedio de la zona y el espacio disponible en los techos, por ejemplo, para el caso de la Universidad Nacional del Centro del Perú, se logra abastecer en un 48% de la demanda siendo necesario suplir el 52% con agua potable; y para techos de viviendas con superficies de 220 m² y con 6 habitantes, se puede satisfacer el 100% de la demanda.

Para el desarrollo de las teóricas, se contempló documentos relacionados a las dimensiones del estudio.

Según la Autoridad Nacional del Agua (2015), sostuvo que el desarrollo de una gestión integrada de los recursos hídricos debería asumir el reconocimiento del agua como patrimonio de la Nación y derecho fundamental de los peruanos, esta asunción conllevaría o implicaría en forma directa, la dación de una base jurídica que facilite la implementación de proyectos, la realización de estos y la difusión de los avances conseguidos.

Asimismo, resultó siendo pertinente considerar aspectos referidos a los vectores ambientales, los cuales son factores que permitirán realizar un análisis de los principales parámetros que determinen la situación ambiental de una determinada zona. Dichos parámetros o factores ambientales fueron el agua, residuos, energía, contaminación atmosférica y ruido; y, también la huella ecológica de la zona como indicador ambiental del impacto que ejerce la comunidad humana sobre su entorno (Envira Ingenieros y Asesores, 2020).

Por su parte, el Ministerio del Ambiente (2020), destacó que, a nivel del país, los vectores ambientales están referenciados al concepto de seguridad ambiental, el cual se entiende como la condición de estabilidad y bienestar lograda por una nación a través del buen manejo del medio ambiente y los recursos naturales; unos de los vectores de seguridad ambiental fueron los vectores eco-terrestres, vectores eco-marinos, vectores hidrológicos, vectores demográficos y vectores atmosféricos.

Para complementar lo referente a los cinco vectores de la seguridad ambiental señalados en el párrafo anterior, se presentó las definiciones de cada uno de ellos:

- Los vectores eco-terrestres, fueron considerados como aquellos aspectos que tienen que ver con el resultado de la degradación de los ecosistemas terrestres, reflejados en la pérdida de biodiversidad vital, deforestación, desertificación y contaminación del medio terrestre (García, 2009, p.7).
- Los Vectores eco-marinos, fueron considerados como aquellos aspectos que “están referidos a degradación de la hidrosfera reflejados en la alteración de los ecosistemas marinos, pérdida de capacidad marina de absorción, pérdida de biodiversidad marina, contaminación de los mares y océanos y cambios en los patrones bio-marítimos (García, 2009, p.7).
- los vectores hidrológicos, fueron considerados como aquellos aspectos que tienen que ver con el proceso de merma o desabastecimiento futuro de agua para consumo humano, es por ello que dichos vectores “están enfocados a la escasez de agua dulce de uso humano, potable, para riego o usos industriales, la contaminación por vertido u otros adherentes, así como los diferentes problemas hídricos de las fuentes acuíferas terrestres, teniendo en cuenta sus causas y consecuencias (García, 2009, p.7).
- Los vectores demográficos, fueron considerados como aquellos aspectos que tienen que ver o tratan acerca de las amenazas ambientales resultado del crecimiento y falta de ordenamiento de la población que altera el medio ambiente y genera gran presión al planeta en términos de urbanismo con distribución irregular y desequilibrada, producción de residuos y vertidos manifestando problemas de salud e insalubridad y las hambrunas producto de la inseguridad alimentaria (García, 2009, p.8).
- Los vectores atmosféricos, tuvieron que ver con aquellos aspectos orientados al estudio, anticipación o enfrentamiento de los efectos de las modificaciones climáticas, deshielos, aumento del nivel del mar, sequías, inundaciones, precipitaciones, calor, incendios forestales y fenómenos hidrometeorológicos como huracanes, tornados, tifones y otros hechos resultados de las modificaciones climáticas (García, 2009, p.8).

En este punto, se destacó que, los vectores hidrológicos hacen referencia a aquellos aspectos enfocados a la escasez de agua dulce de uso humano, la cual, es utilizada como agua potable, para riego de plantas o para usos industriales;

asimismo, los vectores hidrológicos tuvieron que ver con la contaminación y vertimiento de aguas negras u otros tipos de aguas conteniendo elementos contaminantes; de igual manera, tuvo que ver con los diferentes problemas hídricos de las fuentes acuíferas, considerando las causas y consecuencias de dichos problemas. También es menester recalcar que, son cuatro los vectores hidrológicos, los cuales fueron el estrés hídrico, disminución de fuentes acuíferas, alteración de precipitaciones y contaminación de acuíferos (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2020).

Sin embargo, sabiendo que los vectores hidrológicos tuvieron que ver directamente con la escasez de agua, fue necesario entender que dicha escasez se debe a un exceso de demanda de agua para el suministro disponible, lo cual genera tensiones entre los usuarios, generándose una competencia por el agua y propulsando la sobreexplotación del mismo. En este contexto la escasez de agua se definió como la brecha entre el suministro disponible y la demanda expresada de agua dulce en un área determinada, bajo las disposiciones institucionales, donde se incluyó la 'fijación del precio' del recurso y los costes acordados para el consumidor, así como las condiciones de infraestructura existentes" (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, 2013, p.5).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

El tipo de investigación que se desarrolló para este estudio fue de enfoque aplicado, debido a que se analizó reportes históricos de los caudales máximos, mínimos y medios del río Pachacayo, así como reportes de calidad del agua de dicho río. En cuanto a ello, los estudios de Sanchez, H. & Reyes C. (2015), indicaron que este tipo de investigación aprovecha las teorías científicas para ayudar al entendimiento de un tema específico y los hallazgos de estos (pág. 45)

Por otro lado, el diseño fue cuantitativo, descriptivo – transversal, con alcances predictivos, debido a que se describió e identificó los vectores hidrológicos que permiten una buena gestión de los recursos hídricos en la Subcuenca Pachacayo, para gestionar ello, se tomó como referencia las medidas de los caudales realizados por la empresa ELECTROPERÚ para cada uno de los meses del año 2020 ; en relación a ello, las contribuciones de Hernández, R. & Mendoza, C., (2018), señalaron que el enfoque elegido se encuentra ligado a evaluar acontecimientos u los efectos de ciertos fenómenos para probar hipótesis (pág. 6)

3.2. Variables y operacionalización

Variable 1: Gestión de recursos hídricos.

Definición conceptual

De acuerdo a los alcances de Martínez, Y. & Villalejo, V. (2018), señalaron que este proceso ayudará a promover el crecimiento y la admistracion de elementos como el agua, tierra y recursos, los cuales proporcionarán resultados favorables en el ambito social y monetario, sin afectar los habitas existentes. Por lo que, este se enfocará en predesidir posibles desarrollos que se manifiesten en cuanto a la materia establecida, teniendo en cuenta como factor clave conciliación del crecimiento economico, social en conjunto y asi poder proteger los ecosistemas existentes.

Definición operacional

Fue establecida para aprovechar, explotar y conservar el agua en la sub cuenca Pachacayo.

Variable 2: Vectores hidrológicos.

Definición conceptual

Según las aportaciones de Envira Ingenieros y Asesores (2020), señalaron que estos se encuentran asociados a los aspectos que tienen que ver con la escasez del agua existente, así como también en determinar aspectos contaminantes que dañan este recurso. Entre los vectores que la componen estuvieron el establecer el estrés hídrico, reducción del número de fuentes acuíferas, alteración de las lluvias o precipitaciones, y, contaminación de los acuíferos.

Definición operacional

Estos aspectos fueron enfocados a la escasez de agua dulce de uso humano, potable, para riego o usos industriales en la ciudad de Huancayo.

3.3. Población y Muestra

La población objeto de estudio fue conformada por el total de subcuencas o cuencas medianas con características geográficas aproximadamente > 50 y < 150 Km² existentes en el Perú.

La muestra utilizada en la presente investigación, correspondió a una muestra determinada de forma no probabilística, debido a que no se utilizó fórmula para su determinación, en ese sentido, la muestra fue conformada por la subcuenca Pachacayo

Por otro lado, debido a su carácter no probabilístico, no se contempló muestreo. La unidad de análisis serán los reportes de calidad del agua, cantidad de agua y gestión del balance de la cantidad de agua de la subcuenca Pachacayo del año 2020.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Las principales técnicas utilizadas en la investigación fueron la observación *in situ*, el mapeo y el análisis documental.

Por otra parte, los instrumentos que utilizados fueron los correspondientes a cada una de las técnicas; en ese sentido tendremos la guía de observación, la guía de mapeo y la guía de análisis documental, para esta última técnica se utilizó la ficha de cotejo como herramienta para registrar la información recolectada a través del análisis documental.

3.5. Procedimientos

En cuanto a este proceso, se determinó establecer en qué condiciones se encuentra la calidad del agua de la subcuenca Pachacayo; para ello, se procedió a comparar los niveles de contaminación reportados en dichas aguas con los Límites Máximos Permisibles – LMP o Estándar de Calidad Ambiental – ECA, según elemento contaminante. Los valores referenciales para el ECA, así como los valores máximos para el LMP.

Asimismo, se determinó establecer la cantidad de agua de la subcuenca Pachacayo a través de los datos históricos del caudal del río; en dicho reporte se pronosticaron datos extendidos hasta el año 2020; para este desarrollo, se utilizó la técnica de pronóstico por promedio móviles, luego, de haber pronosticado el caudal del río mediante promedios móviles, se determinó aproximando los tres tipos de medidas de caudales, máximo, mínimo y medio; al promedio simple de los caudales anteriores.

Por otro lado, para el caso de la gestión del balance de la cantidad de agua de la subcuenca Pachacayo, es importante recalcar que, este se realizó considerando el peor de los casos en el periodo de evaluación 2012-2018, considerando el excedente de agua en época de estiaje, en comparación con el exigido al río Pachacayo por ELECTROPERU. Para diferenciar los meses de avenida y meses de estiaje, se tuvo en cuenta que, los meses de avenida son 6 (noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril); y, los meses de estiaje son 6 (mayo, junio, julio, agosto, setiembre y octubre).

3.6. Método de Análisis de Datos

Para el análisis de datos no solo se contempló las variables, sino también los objetivos de investigación, para realizar esto se procedió al análisis de los datos históricos de caudal del río Pachacayo, los cuales fueron analizados a través del Programa SPSS 23, utilizando la parte referida a estadísticas descriptivas – medidas de tendencia central. Con esa base de datos y en Excel 2016, se creó una fórmula que nos permitió pronosticar los caudales para los años 2018 y 2019 hasta llegar a los caudales para cada uno de los meses del año 2020.

3.7. Aspectos éticos

Durante el desarrollo de la presente investigación, en todo momento se contempló el respeto de la autoría de la información recolectada, para tal efecto se citaron las fuentes consultadas, asimismo, la investigación garantiza pertinencia en relación a los objetivos propuestos, por otro lado, se veló por la veracidad en todo el proceso de la investigación y por último, se cumplió con el código de ética y el reglamento de propiedad intelectual así como el respeto a las recomendaciones a seguirse por la norma ISO 690.

IV. RESULTADOS

4.1. Ubicación del estudio

Subcuenca Pachacayo

Es una de las subcuencas que fueron formadas en el río Mantaro, la cual se encuentra ubicada en el departamento de Junín; siendo este un colector de las aguas de 20 subcuencas que adoptan la denominación de río al que están asociadas.

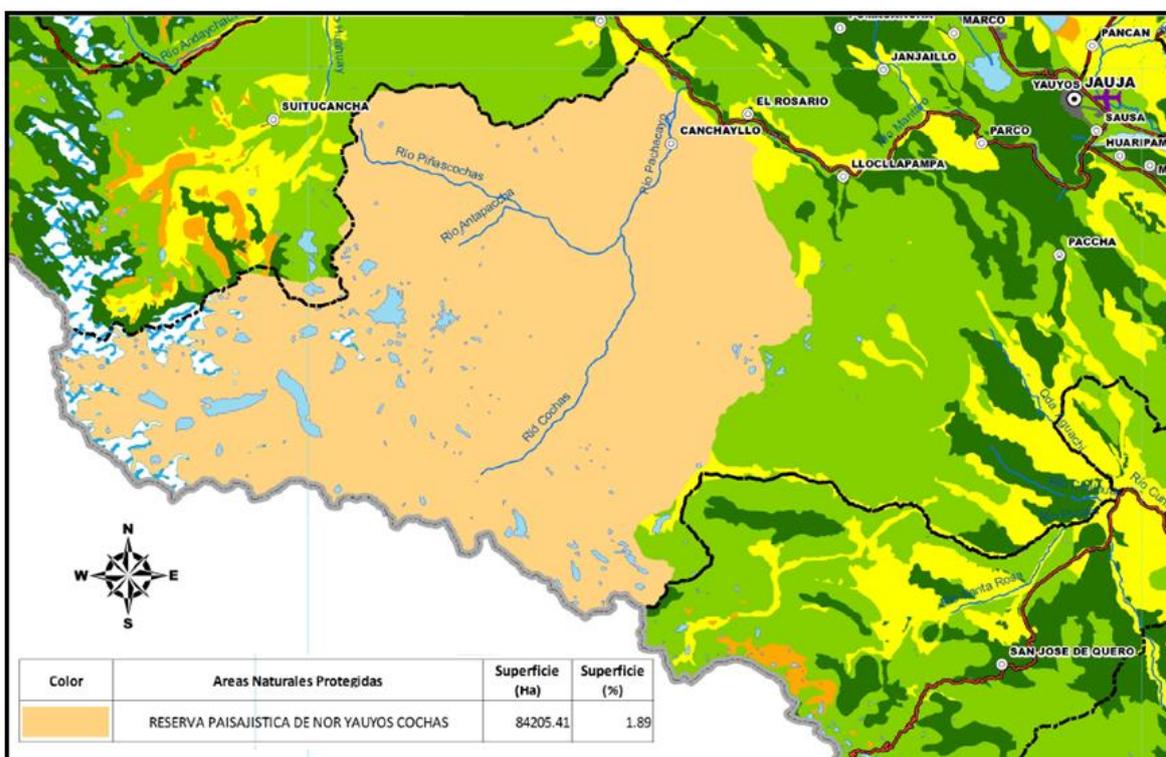


Figura 1 Mapa de la subcuenca Pachacayo y su relación con la Reserva Paisajística Nor Yauyos – Cochas.

En cuanto a sus principales usos de este recurso, a continuación, se detallará en la siguiente tabla.

Tabla 1

Uso de las aguas de los ríos de la cuenca del Mantaro – Departamento de Junín.

Nº	RIO	CAUDAL (m³/s)	ALTITUD (m.s.n.m.)	Coordenadas		USO
				E	S	
1	Canipaco	4.34	3184	0495706	8612133	Riego

2	Chanchas	0.551	3308	0476393	8660483	Riego
3	Sullcas	1.432	3342	0480046	8671968	Riego y consumo humano
4	Cunas	6.28	3348	0458584	8668579	Riego y consumo humano
5	Achamayo	3.05	3360	0468325	8685529	Riego y consumo humano
6	Seco (Apata)	0.312	3373	0465108	8692632	Riego y consumo humano
7	Yacus	3.486	3382	0447761	8700988	Riego y consumo humano
8	Grande	0.643	3472	0439815	8700005	Riego
9	Quisuarcancha	1.082	3429	0437186	8697371	Ninguno
10	Pachacayo	12.864	3658	0420583	8693056	Riego y energético
11	Huari	6.654	3668	0410079	8713089	Ninguno
12	Yauli	1.282	3887	0395046	8718183	Ninguno
13	Atoe Huarco	0.452	3939	0400107	8738281	Riego
14	Shiricancha	0.76	3963	0382716	8741391	Ninguno
15	SantaAna	2.48	3985	0378852	8697371	Riego
16	Tingo	0.85	3992	0371932	8758294	Riego
17	Conocancha	3.40	3990	0371335	8756849	Riego
18	Chinchaycocha	6.46	4089	0361647	8792444	Riego
19	San Fernando	5.24	1086	0538422	8674333	Ninguno
20	Pariahuanca	6.16	1328	0530453	8666913	Ninguno

Fuente: Gobierno Regional de Junín. (2015). Memoria descriptiva del estudio hidrológico y de cuencas del departamento de Junín a escala 1:100000; p.37.

La mencionada tabla determinó que, uno de los principales usos que se le ha ido dando a estos recursos hídricos en el departamento de Junín fueron el riego y el consumo humano.

Por otra parte, en la siguiente tabla se llegó a ahondar acerca de las fuentes de aguas existentes en la subcuenca Pachacayo; los cuales fueron sustraído de un reporte de las fuentes de agua existentes en el distrito de Canchayllo – Jauja, distrito que contiene íntegramente a la subcuenca Pachacayo, principalmente de aportes de los investigadores de Parra y Gómez (2015), quienes dieron a conocer de la existencia de cuarenta y dos fuentes de agua existentes en el distrito en mención.

Tabla 2
Fuentes de agua en el distrito de Canchayllo.

TIPOS DE FUENTES DE AGUA	NOMBRE	CANTIDAD
Nevados	Pariacaca, Tollojoto, Tunsho, Norma y Wacra.	5
Lagunas	Almacén, Antacocha (Patricia), Asiacocha, Azulcocha, Calzadas, Carhuacocha, Caullao, Chacara, Chalhuacocha, Contadera, Habascocha, Huascacocha, Huaylacancho, Jaracancha, Llaczacocha, Ninauclo, Norma, Ñawincocha, Patococha, Pariona, Runtococha, Shuirococha, Tembladera, Vichicocha, Wacra, Wirachalhua, Yanauja, Yurajcocha.	28
Lagunas Temporales	Alvarado y Mulacocha.	2
Pantano	Elenapuquio.	1
Ríos Permanentes	Cochas, Jaramayo, Taucar y Piñascochas.	4
Cataratas o Cascadas	Antapacha y Tinyari.	2
TOTAL		42

Fuente: Parra y Gómez. (Edit.). (2015). Diagnóstico Participativo para el Plan de Manejo de Pastos y Agua de la Comunidad de Canchayllo, Jauja, Junín; p.28.

Para agregar a lo ante señalado en el párrafo anterior, la tabla también señaló las fuentes de aguas reportadas en el distrito de Canchayllo la cual se encuentra íntegramente en la Subcuenca Pachacayo.

4.2. Gestión de los recursos hídricos en la subcuenca Pachacayo

La información recogida para la primera variable (Categoría 1), la cual estuvo referenciada a la Gestión de Recursos Hídricos – GRH, constituyó los resultados

primigenios del trabajo de campo de la investigación y tuvo en cuenta la gestión del recurso hídrico en la sub cuenca Pachacayo año 2018 y los cinco años anteriores, cubriendo el periodo 2013-2018.

Para efectos de conocer la gestión del recurso hídrico en la sub cuenca Pachacayo en el periodo de evaluación, se recolectó información pertinente que tuvo que ver con aspectos específicos de la denominada primera variable o Categoría 1. Los resultados obtenidos para dicha variable se organizaron teniendo en cuenta tres rubros que configuraron las dimensiones de dicha variable, y, se presentan en los apartados que prosiguen del presente subcapítulo.

4.3. Gestión de la calidad del agua de la subcuenca Pachacayo

La calidad del agua constituyó uno de los múltiples y variados factores que conforman lo que se conoce como calidad ambiental, la cual a su vez es uno de los componentes de la calidad de vida en una comunidad, en ese sentido, es pertinente destacar que la calidad ambiental se concibió como aquel el conjunto de características (ambientales, sociales, culturales y económicas) que califican el estado, disponibilidad y acceso a componentes de la naturaleza y la presencia de posibles alteraciones en el ambiente, que estén afectando sus derechos o puedan alterar sus condiciones y los de la población de una determinada zona o región (Fundación para el Desarrollo del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, 2019, p.2).

En cuanto al contexto calidad ambiental, la calidad de los recursos hídricos fueron uno de los factores importantes que debe tenerse en cuenta para garantizar tanto la existencia como el buen desarrollo de las personas, animales y vegetales; en efecto, la calidad del agua del denominado líquido vital por su carácter imprescindible para la vida de los seres vivos, debido a que es uno de los aspectos más importantes que se deberá tomar en cuenta a la hora de realizar un estudio del recurso hídrico, sobre todo cuando se trata de uso para consumo humano; así como para la gestión ambiental en general, por las implicancias que esta puede tener no solo en la población usuaria sino también sobre los ecosistemas". (Ministerio del Ambiente, 2011, p.55).

Dado que, como recursos hídricos nos referimos al agua, la gestión de la calidad de los recursos hídricos, para efectos de la presente investigación, tuvo que ver con la gestión de la calidad del agua de la subcuenca Pachacayo; en ese sentido, en la Tabla 3 se presentan datos referidos a la calidad del agua y la comparación correspondiente de los niveles de contaminación de dichas aguas con los Límites Máximos Permisibles – LMP o Estándar de Calidad Ambiental – ECA, según elemento contaminante.

En la tabla que prosigue se presentó los resultados reportados con respecto al análisis de calidad de agua para las principales fuentes de agua de la subcuenca Pachacayo.

Tabla 3

Presencia de contaminantes en los ríos de la subcuenca Pachacayo

NOMBRE	UNIDAD	FUENTE DE AGUA PARA RIEGO			
		REPRESA LAGUNA CHACARA	RIO JARAMAYO – ZONA YANAOTUTO	TOMA – RÍO COCHAS	CANAL RÍO PUMAPANCA
PH		7.18	8.61	8.07	8.02
C.E	dS/m	0.11	0.22	0.38	0.37
Calcio	meq/L	1.14	2.19	3.30	3.27
Magnesio	meq/L	0.11	0.45	0.63	0.64
Potasio	meq/L	0.01	0.02	0.02	0.03
Sodio	meq/L	0.06	0.25	0.11	0.12
SUMA CATIONES		1.32	2.91	4.06	4.06
Nitratos	meq/L	0.00	0.00	0.00	0.00
Carbonates	meq/L	0.00	0.15	0.08	0.05
Bicarbonatos	meq/L	0.87	1.56	2.33	2.21
Sulfates	meq/L	0.01	0.10	1.03	1.03
Cloruros	meq/L	0.40	1.00	0.60	0.70
SUMA DE ANIONES		1.28	2.81	4.04	3.99

Sodio	%	4.55	8.59	2.71	2.96
RAS		0.08	0.22	0.08	0.09
Boro	Ppm	0.02	0.01	0.01	0.02
Clasificación		C1-S1	C1-S1	C2-S1	C2-S1

Fuente: Parra y Gómez. (Edit.). (2015). Diagnóstico Participativo para el Plan de Manejo de Pastos y Agua de la Comunidad de Canchayllo, Jauja, Junín; pp.32-33.

Con respecto a la clasificación del agua, presentada en la última fila de la tabla anterior, se tiene que, según la clasificación del agua subterránea para uso agrícola, la clasificación de Riverside, la cual toma en consideración la Conductividad Eléctrica (C.E.) y la concentración relativa del sodio con respecto al calcio y al magnesio; se distinguen 20 zonas de agua en función de su Peligrosidad Salina y Sódica (RAS por sus siglas en inglés). En ese sentido, en el Diagnóstico Participativo para el Plan de Manejo de Pastos y Agua de la Comunidad de Canchayllo, se determinó las clasificaciones para las principales fuentes de agua de la subcuenca Pachacayo.

Los resultados obtenidos en el diagnóstico en mención, fueron los siguientes: Para la laguna Chacara y río Jaramayo se determinó que, la clasificación es C1-S1, esto significa que, el agua es apropiada para el riego de todo tipo de planta, y puede ser usada en todo tipo de suelos sin peligro de afectar o destruir su estructura; para el río Cochas y canal río Pumapanca, se determinó que, la clasificación es C2-S1, esto significa que, el agua es apropiada para riego, sin embargo, algunos cultivos sensibles pueden mostrar estrés frente a la concentración de sales, además, dicha agua puede ser usada en todo tipo de suelos. (Parra y Gómez, 2015).

En la Tabla 3 se puede apreciar que las unidades de medida de los parámetros no están en concordancia con los normalizados para establecer los Estándares de Calidad Ambiental – ECA y los Límites Máximos Permisibles – LMP; luego, fue necesario hacer las conversiones siguientes:

- Para la Conductividad Eléctrica (C.E.), los valores reportados fueron medidos en decisiemens por metro (dS/m), dichos valores fueron pasados a microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

- Para los valores reportados en mili equivalentes por litro (meq/L), se realizó la conversión a miligramos por litro (mg/L), para tal efecto se tuvo en cuenta los factores de conversión entre dichas unidades de medidas presentados en anexos, ver: «Anexo 5. Tabla de Conversión».
- Para pasar de partes por millón (ppm) a miligramos por litro (mg/L), se tuvo en cuenta que ambas unidades de medida son equivalentes numéricamente.

Por otro lado, es necesario destacar que los valores de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental – ECA, y, Límites Máximos Permisibles –LMP; para la Suma de Cationes, Suma de Aniones, % de Sodio, y, Peligrosidad Salina y Sódica - RAS, no figuran en los valores normados, luego, estos no fueron tomados en cuenta.

Asimismo, para efectos de comparar los parámetros contaminantes presentes en las aguas de las principales fuentes de agua de la subcuenca Pachacayo con los ECA y LMP, se tuvo en cuenta la distinción entre agua para riego, para bebida de animales y para consumo humano. En la tabla que prosigue se presenta la comparación de dichos parámetros contaminantes.

Tabla 4

Comparación de los parámetros contaminantes presentes en las principales fuentes de agua de la subcuenca Pachacayo con los ECA. Caso: Agua para riego y agua para bebida de animales.

PARÁMETRO	UNIDAD	SUBCUENCA PACHACAYO				ECA		OBSERVACIONES
		Laguna Chacara	Río Jaramayo	Río Cochas	Río Pumapanca	Agua para Riego	Agua para Bebida de Animales	
PH		7.18	8.61	8.07	8.02	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4	Las 4 fuentes cumplen con los ECA.
C.E.	µS/cm	110	220	380	370	< 2000	≤ 15	Las 4 fuentes cumplen con los ECA.
Calcio	mg/L	22,85	43,89	66,13	65,53	200	-	Las 4 fuentes cumplen con el ECA para riego.
Magnesio	mg/L	1,34	5,47	7,66	7,78	150	150	Las 4 fuentes cumplen con los ECA.
Potasio	mg/L	0,39	0,78	0,78	1,17	-	-	No se cuenta con los ECA.
Sodio	mg/L	1,38	5,75	2,53	2,76	200	-	Las 4 fuentes cumplen con el ECA para riego.
Nitratos	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	10	50	Las 4 fuentes cumplen con los ECA.
Carbonatos	mg/L	0,00	4,50	2,40	1,50	5	-	Las 4 fuentes cumplen con los ECA.
Bicarbonatos	mg/L	53,08	95,18	142,15	134,83	370	-	Las 4 fuentes cumplen con el ECA para riego.
Sulfatos	mg/L	0,48	4,80	49,47	49,47	300	500	Las 4 fuentes cumplen con los ECA.
Cloruros	mg/L	14,18	35,46	21,28	24,82	100-700	-	Las 4 fuentes cumplen con el ECA para riego.
Boro	mg/L	0.02	0.01	0.01	0.02	0,5 - 6	5	Las 4 fuentes cumplen con los ECA.

De la tabla anterior se tuvo que, de 12 de los parámetros medidos, solo uno, el potasio no tiene ECA que lo regule. De los 11 parámetros restantes, todos están por debajo de sus respectivos ECA, para el caso del agua para riego. Por otro lado, el caso del agua para bebida de animales, solo tuvo 11 parámetros medidos que tienen ECA establecido, y, de este grupo, todos cumplieron con estar sujetos, por debajo, de sus respectivos ECA.

Para el caso del agua para consumo humano, se destacó que estos cuentan con dos instrumentos de regulación, el ECA y el LMP. Además, en este se distinguen tres tipos, los cuales fueron:

Tipo A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección. Este tipo alude a las que, “por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente” (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, artículo 3).

Tipo A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. Este tipo hace referencia a aquellas aguas que, son “destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, [y] sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente” (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, artículo 3).

Tipo A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado. Las cuales son aquellas aguas que son “destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nano filtración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente” (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, artículo 3).

En la tabla que prosigue se presentó la comparación de los parámetros contaminantes presentes en las principales fuentes de agua de la subcuenca Pachacayo con los ECA y LMP señalados para el agua de consumo humano.

Tabla 5

Comparación de los parámetros contaminantes presentes en las principales fuentes de agua de la subcuenca Pachacayo con los ECA y LMP. Caso: Agua para consumo humano.

PARÁMETRO	UNIDAD	SUBCUENCA PACHACAYO				AGUA PARA CONSUMO HUMANO				OBSERVACIONES
		Laguna Chacara	Río Jaramayo	Río Cochas	Río Pumapanca	ECA			LMP	
						Tipo A1	Tipo A2	Tipo A3		
PH		7.18	8.61	8.07	8.02	6,5 - 8,5	5,5 - 9	5,5 - 9	-	Cumple ECA y LMP
C.E.	µS/cm	110	220	380	370	1500	1600	-	-	Cumple ECA y LMP
Calcio	mg/L	22,85	43,89	66,13	65,53	-	-	-	-	Cumple ECA y LMP
Magnesio	mg/L	1,34	5,47	7,66	7,78	-	-	-	-	Cumple ECA y LMP
Potasio	mg/L	0,39	0,78	0,78	1,17	-	-	-	-	Cumple ECA y LMP
Sodio	mg/L	1,38	5,75	2,53	2,76	-	-	-	-	Cumple ECA y LMP
Nitratos	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	10	10	10	50	Cumple ECA y LMP
Carbonatos	mg/L	0,00	4,50	2,40	1,50	-	-	-	-	Cumple ECA y LMP
Bicarbonatos	mg/L	53,08	95,18	142,15	134,83	-	-	-	-	Cumple ECA y LMP
Sulfatos	mg/L	0,48	4,80	49,47	49,47	250	-	-	-	Cumple ECA y LMP
Cloruros	mg/L	14,18	35,46	21,28	24,82	250	250	250	-	Cumple ECA y LMP
Boro	Ppm	0.02	0.01	0.01	0.02	0,5	0,5	0,75	1.5	Cumple ECA y LMP

De la tabla anterior se tuvo que, de los 12 parámetros medidos, solo uno, el potasio no tiene ECA ni LMP que lo regule. De los 11 parámetros restantes, todos estuvieron por debajo de sus respectivos ECA, pero, no todos tuvieron valores referenciales de ECA, por lo que, se consideró que para el Tipo 1, estos se encontraban regulados por 6 de los 11 parámetros; muy diferente fue el Tipo 2, el cual se encontró regulado por 5 de los 11 parámetros; y, para el Tipo 3, solo se encontró que solo estaba regulados por 4 de los 11 parámetros. Por su parte, en cuanto a los LMP se refiere, solo se encontró regulados 2 de los 11 parámetros evaluados.

4.4. Gestión de la cantidad de agua de la subcuenca Pachacayo

Para gestionar el pronóstico del caudal del río del periodo 2013-2018, se utilizó la técnica de pronóstico por promedio móviles, el cual determinó aproximando los tres tipos de medidas de caudales, máximo, mínimo y medio; al promedio simple de los caudales anteriores; por ejemplo: el caudal máximo en el mes de enero del año 2019, estuvo dado por:

$$Q_{Max_Ene_2019} = \frac{Q_{Max_Ene_2013} + \dots + Q_{Max_Ene_2018}}{8}$$

$$Q_{Max_Ene_2019} = \frac{18,08 + 13,81 + 14,60 + 21,02 + 11,42 + 31,69 + 44,07 + 12,17}{8}$$

$$Q_{Max_Ene_2019} = 20,86 \frac{m^3}{s}$$

Por lo que, el pronóstico del caudal en el río Pachacayo mediante promedio móviles se determinó aproximando los tres tipos de medidas de caudales, máximo, mínimo y medio; al promedio simple de los caudales anteriores. Como ejemplo de pronóstico para el caso de caudales máximos, presentamos la forma de cálculo del caudal máximo en el mes de enero del año 2019.

$$Q_{Max_Ene_2019} = \frac{Q_{Max_Ene_2013} + \dots + Q_{Max_Ene_2018}}{6}$$

$$Q_{Max_Ene_2019} = \frac{20,86 + 21,20 + 22,13 + 23,07 + 23,33 + 24,82}{6}$$

$$Q_{Max_Ene_2019} = 22,57 \frac{m^3}{s}$$

Por otro lado, como ejemplo de pronóstico para el caso de caudales mínimos, presentamos la forma de cálculo del caudal mínimo para el mes de junio del año 2020.

$$Q_{Min_Jun_2020} = \frac{Q_{Min_Jun_2014} + \dots + Q_{Min_Jun_2019}}{6}$$

$$Q_{Min_Jun_2020} = \frac{5,57 + 5,20 + 4,41 + 4,49 + 4,56 + 4,97}{6}$$

$$Q_{Min_Jun_2019} = 4,87 \frac{m^3}{s}$$

Asimismo, como ejemplo de pronóstico para el caso de caudales medios, presentamos la forma de cálculo del caudal medio para el mes de diciembre del año 2020.

$$Q_{Med_Dic_2020} = \frac{Q_{Med_Dic_2014} + \dots + Q_{Med_Dic_2019}}{6}$$

$$Q_{Med_Dic_2020} = \frac{6,34 + 6,51 + 6,90 + 7,45 + 6,48 + 6,61}{6}$$

$$Q_{Med_Dic_2020} = 6,72 \frac{m^3}{s}$$

Prosiguiendo de igual forma para cada uno de los meses de los años 2019 y 2020, para cada uno de los tipos de caudales, se obtuvo los caudales máximos, mínimos y medios proyectados; para cada uno de los meses de los años 2019 y 2020.

Finalmente, como síntesis de lo descrito en los apartados precedentes, en las tablas 6, 7 y 8; se presentan los caudales máximos, mínimos y medios, respectivamente. Dichas tablas contienen tanto los caudales registrados (2013-2018) y los proyectados (años 2019 y 2020).

Tabla 6

Caudales máximos (m³/s) registrados en el Río Pachacayo, periodo: 2013-2020.

Año	Caudal (m ³ /s)												Promedio (m ³ /s)
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2013	20,86	32,87	28,1	25,19	12,45	12,04	8,72	7,31	7,25	6,65	8,23	10,13	14,98
2014	21,2	36,26	29,96	27,59	11,87	11,94	8,67	7,42	7,8	6,95	8,81	10,94	15,78
2015	22,13	39,43	29,42	29,31	11,85	12,06	8,68	7,44	8,05	7,38	9,24	10,64	16,30
2016	23,07	40,18	28,72	28,16	10,69	11,25	8,1	7,3	8,27	7,55	9,75	11,39	16,20
2017	23,33	40,18	28,72	28,16	10,95	11,01	7,94	6,97	8,39	7,72	10,33	12,35	16,34
2018	24,82	43,19	29,22	28,45	11,3	11,68	8,18	6,73	8,61	7,78	9,52	10,92	16,70
2019	22,57	38,69	29,02	27,81	11,52	11,66	8,38	7,20	8,06	7,34	9,31	11,06	16,05
2020	22,85	39,65	29,18	28,25	11,36	11,60	8,33	7,18	8,20	7,45	9,49	11,22	16,23

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7

Caudales mínimos (m³/s) registrados en el Rio Pachacayo, periodo: 2013-2020.

Año	Caudal (m ³ /s)												Promedio (m ³ /s)
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2013	5,74	9,51	10,31	7,85	5,2	5,58	4,26	4,19	3,83	3,6	3,53	4,26	5,66
2014	5,94	10,27	10,96	8,31	4,83	5,57	3,99	4,34	3,97	3,73	3,58	4,42	5,83
2015	6,3	11,01	11,45	8,71	4,87	5,2	3,94	4,23	4,08	3,86	3,71	4,54	5,99
2016	6,09	11,65	11,97	8,55	4,71	4,41	3,86	3,95	3,91	3,87	3,77	4,76	5,96
2017	6,3	11,65	11,97	8,55	4,85	4,49	3,79	4,03	3,99	3,92	3,95	5,1	6,05
2018	6,72	12,13	12,26	8,59	4,85	4,56	3,86	3,85	3,8	3,76	3,81	4,49	6,06
2019	6,18	11,04	11,49	8,43	4,89	4,97	3,95	4,10	3,93	3,79	3,73	4,60	5,92
2020	6,26	11,29	11,68	8,52	4,83	4,87	3,90	4,08	3,95	3,82	3,76	4,65	5,97

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8

Caudales medios (m³/s) registrados en el Rio Pachacayo, periodo: 2013-2020.

Año	Caudal (m ³ /s)												Promedio (m ³ /s)
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2013	9,51	15,73	16,01	14,03	7,99	7,66	6,37	5,77	5,51	4,96	5,23	6	8,73
2014	9,74	17,08	17,17	15,18	7,26	7,52	6,22	5,98	5,84	5,13	5,45	6,34	9,08
2015	10,34	18,36	17,54	15,95	7,05	7,29	6,1	5,9	6,11	5,36	5,64	6,51	9,35
2016	10,43	19,34	17,37	15,71	6,71	6,68	5,65	5,73	6,13	5,42	5,86	6,9	9,33
2017	10,7	19,34	17,37	15,71	6,94	6,53	5,42	5,52	6,37	5,43	6,16	7,45	9,41
2018	11,32	20,29	17,71	15,82	7,06	6,76	5,6	5,3	6,39	5,31	5,93	6,48	9,50
2019	10,34	18,36	17,20	15,40	7,17	7,07	5,89	5,70	6,06	5,27	5,71	6,61	9,23
2020	10,48	18,79	17,39	15,63	7,03	6,98	5,81	5,69	6,15	5,32	5,79	6,72	9,31

Fuente: Elaboración propia.

4.5. Gestión del balance de la cantidad de agua de la subcuenca Pachacayo

La Tabla 7, se observó que el promedio del caudal mínimo de cada año supera los 5,66 m³/s. Este valor fue significativo, debido a que muestra que, en todos los meses del año, ya sea época de avenida o época de estiaje, en promedio es factible superar los 4 m³/s. Este último valor, es el correspondiente al volumen de agua que deben garantizar a ELECTROPERU las lagunas que almacenan agua en la subcuenca Pachacayo.

Considerando el peor de los casos en el periodo de evaluación 2013-2020, se tiene que, respecto al excedente de agua en época de estiaje, en comparación con el exigido al río Pachacayo por ELECTROPERU es de 1,66 m³/s, esto teniendo en cuenta el menor caudal mínimo del periodo y 10,98 m³/s para el menor caudal máximo, en época de avenidas.

Por otro lado, se consideró que, los meses de avenida corresponden a los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y Abril, por otro lado, los meses estiaje fueron Mayo, Junio, Julio, Agosto, Setiembre y Octubre.

En función a las estaciones de avenida – AVE, y estiaje – EST, el volumen mínimo de agua excedente al año sería:

$$Vol_Anual_Agua = Vol_Agua_Ave + Vol_Agua_Est$$

Donde:

$$Vol_Agua_Ave = 10,98 \frac{m^3}{s} \times 180 \text{ dias} \times 8600 \frac{s}{\text{dia}}$$

$$Vol_Agua_Ave = 16\,997\,040 \text{ m}^3 \cong 16,9 \text{ MMC}$$

$$Vol_Agua_Est = 1,66 \frac{m^3}{s} \times 180 \text{ dias} \times 8600 \frac{s}{\text{dia}}$$

$$Vol_Agua_Est = 2\,569\,680 \text{ m}^3 \cong 2,6 \text{ MMC}$$

Luego:

$$Vol_Anual_Agua = 16,9 \text{ MMC} + 2,6 \text{ MMC}$$

$$Vol_Anual_Agua = 19,5 \text{ MMC}$$

V. DISCUSIÓN

La finalidad del estudio “Vectores Hidrológicos para la Gestión de los Recursos Hídricos en la Subcuenca Pachacayo – Jauja, 2020”, consistió en identificar los vectores hidrológicos que permitan la gestión de los recursos hídricos en la Subcuenca Pachacayo. Fue relevante debido a que la gestión de recursos hídricos aprovechará, explotará y conservará el agua de la subcuenca Pachacayo, por otro lado, los vectores hidrológicos ayudaran a determinar qué aspectos contaminantes que dañan este recurso escaso para millones de habitantes, entre estos vectores apreciaremos tanto el vector del estrés hídrico, reducción del número de fuentes acuíferas, alteración de las lluvias o precipitaciones, y, contaminación de los acuíferos.

Por otro lado, el desarrollo metodológico de la investigación, fue el diseño descriptivo debido a que se establecerá alcances predictivos que ayuden a describir e identificar que vectores hidrológicos que ayuden a realizar una gestión de los recursos hídricos en la Subcuenca Pachacayo; para ello, se procedió a analizar y examinar los reportes históricos de los caudales máximos, mínimos y medios del río Pachacayo, así como los reportes de la calidad del agua de dicho río; los hallazgos encontrados en estos reportes establecieron que el caudal del río Pachacayo cumple holgadamente con la demanda de dicho recurso que hace la empresa ELECTROPERU, asimismo sus aguas cumplieron con los estándares de calidad ambiental y los límites máximos permisibles establecidos para el consumo humano.

Otro punto que hay que destacar es que el río Pachacayo se forma por la confluencia de los ríos Piñascochas y Cochas, en su trayecto hasta desembocar en el río Mantaro, este recibe el agua de varias lagunas naturales y artificiales, puquios, ríos pequeños a los cuales se les suele denominar quebradas; por lo que, el caudal (Q) del río Pachacayo, se expresa como:

$$Q_{\text{pachacayo}} > Q_{\text{cochas tunnel}} + Q_{\text{piñascocha}}$$

El caudal “Q Cochas Túnel” es el correspondiente al del río Cochas, el cual a través de una especie de túnel vierte sus aguas en el río Pachacayo, desembocando este último en el río Mantaro.

De las tres últimas tablas presentadas, tablas 6, 7 y 8; se observa que en algunos meses los caudales registrados estuvieron por debajo de los 4 m³/s; por ejemplo, los meses de setiembre, octubre y noviembre de los años 2014 y 2015. Dicha falta de agua es justamente el indicador que activa la regulación mediante lagunas artificiales hasta asegurar los 4 m³/s en forma continua demandado por ELECTROPERÚ.

Pero, en términos de caudales promedio es factible asegurar, con la disponibilidad hídrica en la subcuenca Pachacayo, caudales mayores a los 4 m³/s demandado por ELECTROPERÚ; en ese sentido, se pueden garantizar los siguientes caudales por exceso:

- Caudales máximos muy por encima de los 4 m³/s, registrándose en promedio hasta un máximo de 12,70 m³/s, en el periodo 2013-2020.
- Caudales mínimos por encima de los 4 m³/s, registrándose en promedio hasta un máximo de 6,06 m³/s, en el periodo 2013-2020.
- Caudales medios por encima del doble de los 4 m³/s demandado por ELECTROPERÚ, registrándose en promedio hasta un máximo de 6,50 m³/s, en el periodo 2013-2020.

En la Figura 2 se presentó los caudales promedios registrados y proyectados en el río Pachacayo, en el periodo 2013-2020; y su relación con el caudal tomado como referencia, 4 m³/s que se identifica con una línea continua de color verde.

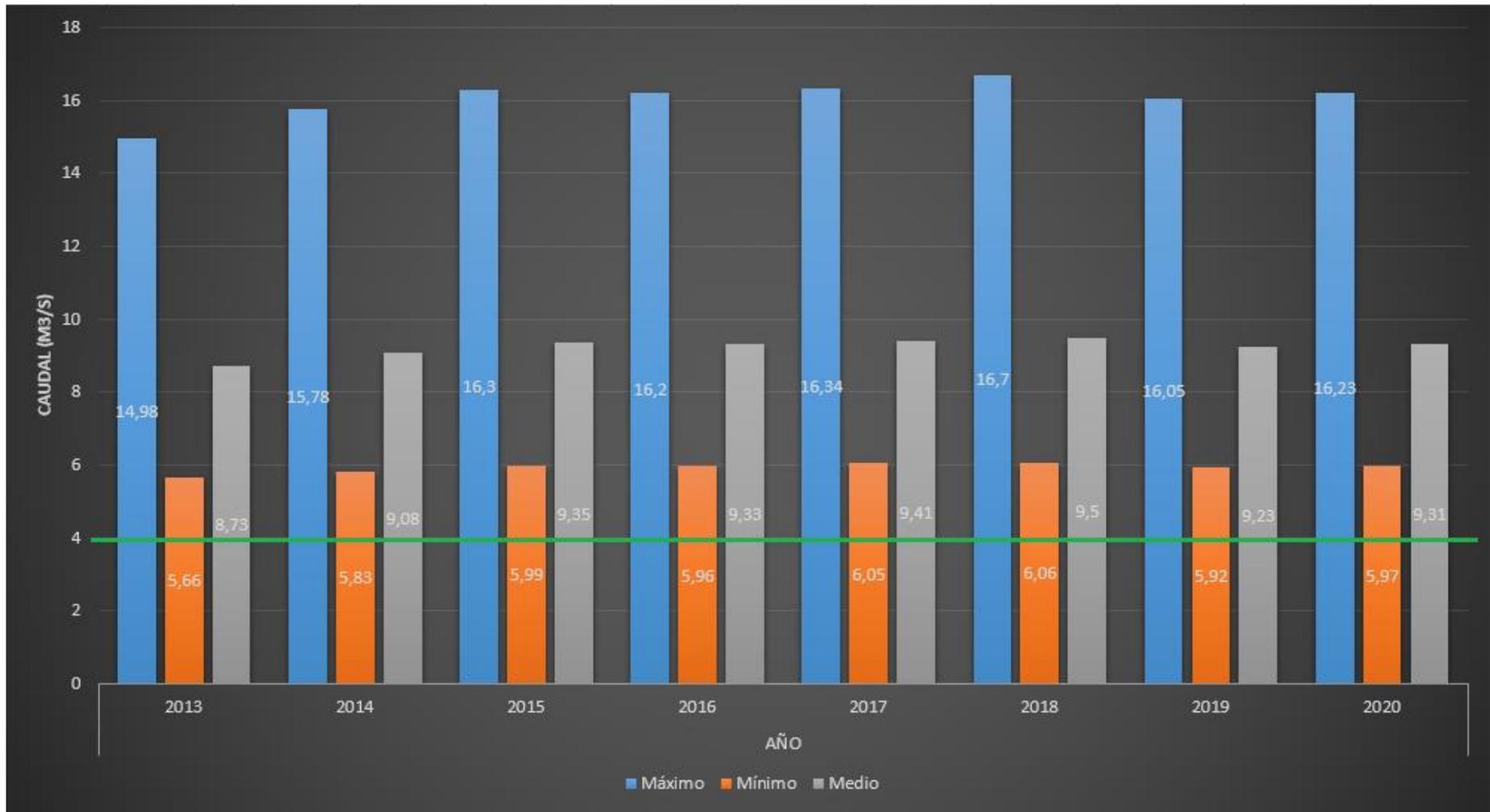


Figura 2 Caudales promedios en el río Pachacayo, periodo: 2013-2020.

De los cálculos realizados en la parte última de la presentación de resultados, se tiene que, existe una disponibilidad anual mínima de 19,5 MMC (Millones de Metros Cúbicos), que pueden ser utilizados con otros fines sin dejar de cumplir con el compromiso asumido con ELECTROPERÚ de 4 m³/s en forma continua. Dicho excedente de agua, de buena calidad según se comprobó por comparación con los ECA y LMP, podría ser derivado a la ciudad de Huancayo para el abastecimiento de agua potable en dicha ciudad.

Por otro lado, para efectos de conocer la demanda futura de agua en Huancayo, tomando como referencia la demanda futura de agua, destacamos la siguiente proyección de la demanda de agua en dicha ciudad:

Las tendencias de crecimiento poblacional indican que la ciudad de Huancayo tendrá 429 100 habitantes en el año 2030, por lo tanto, demandarán un volumen de 25,8 millones de metros cúbicos, superando a la oferta en 45% debido a pérdidas en la distribución, afectando de este modo a un 33,7% de la ciudad, que pertenecen a sectores de alto riesgo y donde se encuentran 42 centros educativos, 7 centros de salud y 12 centros comerciales. (Carlos y Grijalva, 2012, p.15).

Asimismo, en cuanto al consumo promedio de agua en la ciudad de Huancayo, Carlos y Grijalva (2012), estiman en 164,75 litros/habitante/día y que varían según el sector urbano. Para ver la variación según sector urbano de Huancayo, en anexos se presenta el consumo per cápita por parte de los pobladores de los distritos del área metropolitana de la ciudad de Huancayo; ver: «Anexo 6. Mapa de Consumo de Agua en Huancayo».

Finalmente, teniendo como marco comparativo la futura demanda de agua en la ciudad de Huancayo al año 2030, de 25,8 MMC, se tiene que el volumen de agua disponible en la subcuenca Pachacayo, 19,5 MMC cubre el 75,6% de dicha futura demanda. Además, considerando la afectación futura estimada en un 33,7%, se tiene que: el volumen de agua excedente de la subcuenca Pachacayo cubre fácilmente dicha afectación futura, quedando un margen de 41,9% de volumen de agua que se prevé será demandada en la misma ciudad de Huancayo en 2030.

VI. CONCLUSIONES

- 1.- Con respecto a describir los Vectores Hidrológicos referidos a la contaminación de acuíferos que permiten la Gestión de los Recursos Hídricos en la Subcuenca Pachacayo – Jauja, 2020; se encontró que, los parámetros contaminantes del agua de riego y bebida de animales, están por debajo de los ECAS establecidos para dichos tipos de agua; luego, la gestión de la calidad del agua en la subcuenca Pachacayo es tal que, las aguas del río no representan peligro alguno para las plantas y los animales; asimismo, el agua puede ser destinado al consumo humano, ya que, los parámetros contaminantes evaluados están por debajo de los ECA y LMP establecidos para considerar el agua como de consumo humano.
- 2.- Con respecto a describir los Vectores Hidrológicos referidos a la alteración de precipitaciones que permiten la Gestión de los Recursos Hídricos en la Subcuenca Pachacayo – Jauja, 2020; se determinó que, sea época de avenida o época de estiaje, el caudal del río Pachacayo cumple holgadamente con la demanda de dicho recurso que hace la empresa ELECTROPERU, teniendo un excedente disponible en la subcuenca que alcanza los 19,5 MMC.
- 3.- Con respecto a describir los Vectores Hidrológicos referidos a la disminución de fuentes acuíferas que permiten la Gestión de los Recursos Hídricos en la Subcuenca Pachacayo – Jauja, 2020; se logró comprobar la existencia de 42 fuentes de agua en la subcuenca.
- 4.- Al año 2020, los vectores hidrológicos presentan condiciones favorables en la Subcuenca Pachacayo – Jauja, en ese sentido, para una buena Gestión de los Recursos Hídricos, se debería considerar los siguientes vectores hidrológicos: el vector disminución de fuentes acuíferas, que tiene que ver con la cantidad de agua; el vector alteración de precipitaciones, que tiene que ver con el balance de la cantidad de agua; y el vector contaminación de acuíferos, que tiene que ver con la calidad del agua.

VII. RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda complementar la presente investigación con otra que tenga que ver con el recorrido que debería tener las tuberías o canales derivadores del agua del río Pachacayo hacia la ciudad de Huancayo, que cubre una distancia neta de 40 Km.
- 2.- Dado que, las aguas del río Pachacayo cumplen los ECA y LMP para los tres tipos de agua para consumo humano, se recomienda implementar programas de gestión que garanticen que el agua de dicho río siempre cumpla el estar considerado como de Tipo I, es decir, garantizar que el agua pueda ser potabilizada solamente con desinfección.
- 3.- Se recomienda el estudio para la construcción de represas o lagunas artificiales capaces de almacenar el volumen de agua excedente en época de avenidas, esto con la finalidad de disponer su utilización en épocas de estiaje y garantizar un mínimo caudal del río Pachacayo para dicha época
- 4.- Dado que, se avecina un escenario en el cual la escasez de agua afectaría a la población de la zona urbana huancaína, los distritos de Huancayo, El Tambo y Chilca, y que dicha afectación tiende a agravarse con el pasar de los años, resulta siendo importante una propuesta que busque prevenir la futura escasez de agua en dicha ciudad, cubriendo la demanda, la cual, según (Viera, 2018, p.6), presenta un comportamiento de consumo promedio de 164,75 lt/hab/día.

REFERENCIAS

ARANDA HUARI, Luis Enrique. Diseño del sistema de captación de agua pluvial en techos como alternativa para el ahorro de agua potable en la ciudad de Huancayo 2014. (Tesis de grado). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Política y estrategia nacional de recursos hídricos. Lima: ANA, 2015.

BREÑA PUYOL, Agustín Felipe. Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial. México: Universidad Autónoma Metropolitana, 2013.

BUENO PEREZ, Sara Edith; MARCELENO FLORES, Susana; NAJERA GONZALEZ, Oyolsi y MOTA, Rebeca de Haro. Implementación del método de escasez en la determinación de la huella hídrica en la zona costera de San Blas, México. En: Tecnura [online]; 23 (62), 45-54. 2019 [fecha de consulta: 18 de enero de 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14483/22487638.15796>.

CABEZAS CALVO-RUBIO, Francisco. Análisis estructural de modelos hidrológicos y de sistemas de recursos hídricos en zonas semiáridas. (Tesis de Doctorado). Murcia: Universidad de Murcia, 2015. Recuperado de <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/48218>

CAMPILLO, Santiago. El gran problema al que se enfrenta el planeta es el problema del agua. En: Medicina y Salud. [En línea]. 2018 [fecha de consulta: 10 de enero de 2021]. Disponible en: <https://www.xataka.com/medicina-y-salud/el-gran-problema-del-agua>

CARLOS GÓMEZ, G. y GRIJALVA SANTOS, R. Riesgos de escasez de agua en la ciudad de Huancayo al año 2030. En: Apuntes de ciencia & sociedad; 2(1), 15-26. Huancayo; Universidad Continental, 2012.

CONANT, Jeff y FADEM, Pam. Guía comunitaria para la salud ambiental. Berkeley, California: Hesperian, 2011.

DE LA PAZ RUÍZ, Néstor. Geomática para la Gestión del Agua Urbana: Propuesta de un Marco Teórico y Conceptual para Implementar la Gestión Integrada y Sostenible del Recurso Hídrico Urbano en México. (Tesis de Maestría). México, D.F.: Centro de Investigación en Geografía y Geomática “Ing. Jorge L. Tamayo”, 2017 [fecha de consulta: 18 de enero de 2021]. Disponible en: <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1012/236>

DECRETO SUPREMO N° 033-2001-AG. Crean Reserva Paisajística Nor Yauyos – Cochas. Lima: El Peruano, edición del domingo 3 de junio de 2001.

DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Lima: El Peruano, edición del miércoles 7 de junio de 2017.

DOMÍNGUEZ CALLE, Efraín Antonio; ANGARITA, Héctor y RIVERA, Hebert. Viabilidad para pronósticos hidrológicos de niveles diarios, semanales y decadales en Colombia. Ingeniería e Investigación; 30(2), 178-187. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia, 2010.

ELECTROPERU S. A. Programa de Afianzamientos Hídricos. [En línea]. 2020 [fecha de consulta: 18 de mayo]. Disponible en: <http://www.electroperu.com.pe/ElectroWebPublica/PaginaExterna.aspx>

ENVIRA INGENIEROS Y ASESORES. Factores que intervienen en la calidad ambiental. En: Página de Envira Ingenieros y Asesores [En línea]. 2020 [fecha de consulta: 10 de enero de 2021]. Disponible en: <https://envira.es/es/factores-calidad-ambiental/>

FERNÁNDEZ PALOMINO, Carlos Antonio; HATTERMANN, Fred F.; KRYSANOVA, Valentina; VEGA JÁCOME, Fiorella y BRONSTERT, Axel. Towards a more consistent eco-hydrological modelling through multi-objective calibration: a case study in the Andean Vilcanota River basin, Peru. [En línea]. 2020 [fecha de consulta: 5 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1846740>

FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS. Comités Locales de Monitoreo Ambiental: Calidad Ambiental. 2019 [fecha de consulta: 1 de marzo de 2021]. Disponible en: http://fundesnap.org/files/comites_locales_cepf.pdf

GARCÍA REYES, Valerio Antonio. Seguridad ambiental... componente de la seguridad nacional. En: V Jornadas Nacionales y III Internacionales sobre Naturaleza y Medio Ambiente. Santander: Consejería de Desarrollo Rural, Ganadería, Pesca y Biodiversidad, 2009 [fecha de consulta: 18 de enero de 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/13358041-Seguridad-ambiental-componente-de-la-seguridad-nacional.html>

GIRÓN, José Ángel; GÓMEZ, Carlos y RECALDE, Andrés. (Editores). Manual de Manejo de Cuencas. (8va ed.). San Salvador: Visión Mundial El Salvador, 2016.

GOBIERNO REGIONAL DE JUNÍN. Memoria descriptiva del estudio hidrológico y de cuencas del departamento de Junín a escala 1:100000. Huancayo: Comisión Técnica de Zonificación Ecológica, Económica y Ordenamiento Territorial; 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL. Probable desembalse de la laguna Chuspicocha, en el nevado de Huaytapallana y su impacto en la ciudad de Huancayo – Junín. Lima: INDECI, 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA. Resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. (Tomo I). Lima: INEI, 2018.

PARRA PÓVEZ, L. y GÓMEZ LOVATÓN, A. (Edit.). Diagnóstico Participativo para el Plan de Manejo de Pastos y Agua de la Comunidad de Canchayllo, Jauja, Junín. Huaraz: Instituto de Montaña y Proyecto EBA Montaña del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2015.

PNUD, PNUMA, UICN e IM. El futuro ancestral: La adaptación basada en ecosistemas. Lima: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Unión

Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) e Instituto de Montaña (IM), 2016.

MARTÍNEZ ARROYO, Amparo. El agua en la atmósfera. Revista Ciencia; julio-septiembre del año 2007; 36-44. [En línea]. 2007 [fecha de consulta: 25 de noviembre de 2020]. Disponible en: https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/58_3/PDF/06-546.pdf

MARTÍNEZ VALDÉS, Yaset y VILLALEJO GARCÍA, Víctor Michel. La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos. En: Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental [En línea]; 39(1), 58-72. La Habana: Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría-Cujae, 2018 [fecha de consulta: 18 de enero de 2021]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v39n1/riha05118.pdf>

MAYO, Adriana. Pérdida de glaciares por cambio climático en Perú. En: Diario La República, edición del 31 julio. Lima, Grupo La Republica, 2016.

MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO. El cambio climático está íntimamente relacionado con el agua. En: Agua y Cambio Climático. [En línea]. Lima: Autoridad Nacional del Agua, 2020 [fecha de consulta: 18 de enero de 2021]. Disponible en: <https://www.ana.gob.pe/portal/gestion-del-conocimiento-girh/agua-y-cambio-climatico>

MINISTERIO DEL AMBIENTE. (Edit.). Inventario y Evaluación del Patrimonio Natural en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas. Lima: Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural del Ministerio del Ambiente, 2011.

MINISTERIO DEL AMBIENTE. Política Nacional del Ambiente. En: Política Nacional del Ambiente 2030. [En línea]. Lima: MINAM, 2020 [fecha de consulta: 18 de enero de 2021]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/campa%C3%B1as/2041-politica-nacional-del-ambiente>

NÚÑEZ NUÑEZ, Roly Jaime. Efectos de los embalses en la alteración del régimen hidrológico Cuenca Rio Lluchus - Sapallanga - Huancayo. (Tesis de Maestría). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017.

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. Informe sobre temas Hídricos N° 38. Roma: FAO, 2013.

PACHECO VILCAPAZA, Eva Patricia. Desabastecimiento de agua potable y diseño del sistema condominial en la Asociación Villa Jardín, Ate-Lima. (Tesis de Grado). Lima: Universidad Peruana Los Andes, 2019.

SANTOS VILLAR, Darwin. Oferta Hídrica Superficial del río Coata-Puno bajo escenarios de cambio climático. Lima: SENAMHI, 2016.

SOCIEDAD COOPERATIVA GENERAL AGROPECUARIA ACOR. Nutrición Vegetal. 2016 [fecha de consulta: 18 de enero de 2021]. Disponible en: http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des_12/PUBLICACIONES/Fichas-remolacha/nutrientes/N-21.pdf

UNESCO. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. París: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura – UNESCO, 2019.

UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA. Cuenca hidrográfica. [En línea]. 2020 [fecha de consulta: 18 de enero de 2021]. Disponible en: https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/cuenca_hidrografica.pdf

UNIVERSIDAD DE CHILE. (Editor). La paradoja Latinoamericana: Escasez hídrica a pesar de su alta disponibilidad. En: Noticias CFCN [En línea]. Santiago: Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, 2018 [fecha de consulta: 18 de enero de 2021]. Disponible en:

<http://www.forestal.uchile.cl/noticias/148665/paradoja-latinoamericana-escasez-hidrica-pese-a-alta-disponibilidad>

UNIVERSIDAD TEC VIRTUAL. Cuidado del agua. En: Disponibilidad del agua. [En línea]. 2020 [fecha de consulta: 10 de enero de 2021]. Disponible en: http://www.cca.org.mx/ps/lideres/cursos/av_a/html/materiales/t1.pdf

VIERA PERALTA, Deybe Evyn. Sustentabilidad de la cultura ambiental, uso y manejo del agua potable en la ciudad de Huancayo. En: Revista Gaceta Científica; 4(2), 18-22. Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizán, 2018.

WORLD VISION. (Editor). Manual de Manejo de Cuencas. Mississauga: World Vision Canada, 2011.

ZUBIETA, Ricardo; LAQUI, Wilber y LAVADO, Waldo. Modelación hidrológica de la cuenca del río llave a partir de datos de precipitación observada y de satélite, periodo 2011-2015, Puno, Perú. Tecnología y Ciencias del Agua, 9(5), 85-105. [En línea]. 2018 [fecha de consulta: 5 de octubre de 2020]. Disponible en: DOI:10.24850/j-tyca-2018-05-04

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: Determinación de vectores hidrológicos para mitigar la amenaza de escasez de agua dulce en la ciudad de Huancayo basada en la gestión de los recursos hídricos de la subcuenca Pachacayo, 2019.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Problema General</p> <p>¿De qué manera se pueden determinar los vectores hidrológicos para mitigar la amenaza de escasez de agua dulce en la ciudad de Huancayo basada en la gestión de los recursos hídricos de la subcuenca Pachacayo, 2019?</p> <p>Problemas Específicos</p> <p>- ¿De qué manera se pueden determinar los vectores hidrológicos para mitigar la amenaza de escasez de agua dulce en la ciudad de Huancayo basada en la gestión de la calidad del agua de la subcuenca Pachacayo?</p> <p>- ¿De qué manera se pueden determinar los vectores hidrológicos para mitigar la</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar los vectores hidrológicos para mitigar la amenaza de escasez de agua dulce en la ciudad de Huancayo basada en la gestión de los recursos hídricos de la subcuenca Pachacayo, 2019.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>- Determinar los vectores hidrológicos para mitigar la amenaza de escasez de agua dulce en la ciudad de Huancayo basada en la gestión de la calidad del agua de la subcuenca Pachacayo.</p> <p>- Determinar los vectores hidrológicos para mitigar la amenaza de escasez de</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>Es factible la determinación de vectores hidrológicos basado en la gestión de los recursos hídricos de la subcuenca Pachacayo - 2019, que permitan mitigar la amenaza de escasez de agua dulce en la ciudad de Huancayo.</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <p>- Los vectores hidrológicos basados en la gestión de la calidad del agua de la subcuenca Pachacayo, permitirán mitigar la amenaza de escasez de agua dulce en la ciudad de Huancayo.</p> <p>- Los vectores hidrológicos basados en la gestión de la cantidad de agua de la</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Gestión actual del recurso hídrico en la sub cuenca Pachacayo.</p> <p>Gestión de la Calidad del Agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uso del agua - Presencia de contaminantes. - Grado de turbiedad <p>Gestión de la Cantidad del Agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caudal en época de avenida - Caudal en época de estiaje <p>Balance de la Cantidad de Agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Agua represada en lagunas naturales - Agua represada en lagunas artificiales 	<p>Tipo: Explicativo.</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Alcanza un nivel explicativo.</p> <p>Diseño: No experimental.</p> <p>Población: subcuencas o cuencas medianas (cuencas > 50 Km² y < 150 Km²) existentes en el Perú.</p> <p>Muestra: Muestra no probabilística e intencionada conformada por la subcuenca Pachacayo.</p> <p>Técnicas: Observación in situ, el mapeo y el análisis documental.</p> <p>Instrumento: Guía de observación, la guía de</p>

<p>amenaza de escasez de agua dulce en la ciudad de Huancayo basada en la gestión de la cantidad de agua de la subcuenca Pachacayo?</p> <p>- ¿De qué manera se pueden determinar los vectores hidrológicos para mitigar la amenaza de escasez de agua dulce en la ciudad de Huancayo basada en la gestión del balance de la cantidad de agua de la subcuenca Pachacayo?</p>	<p>agua dulce en la ciudad de Huancayo basada en la gestión de la cantidad de agua de la subcuenca Pachacayo.</p> <p>- Determinar los vectores hidrológicos para mitigar la amenaza de escasez de agua dulce en la ciudad de Huancayo basada en la gestión del balance de la cantidad de agua de la subcuenca Pachacayo.</p>	<p>subcuenca Pachacayo, permitirán mitigar la amenaza de escasez de agua dulce en la ciudad de Huancayo.</p> <p>- Los vectores hidrológicos basados en la gestión del balance de la cantidad de agua de la subcuenca Pachacayo, permitirán mitigar la amenaza de escasez de agua dulce en la ciudad de Huancayo.</p>	<p>- Agua de flujo continuo</p> <p>Variable Dependiente</p> <p>Vectores hidrológicos para mitigar la amenaza de escasez de agua en Huancayo.</p> <p>Escasez de agua potable:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Demanda actual - Demanda proyectada <p>Escasez de agua para riego:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Demanda actual - Demanda proyectada <p>Escasez de agua para usos industriales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Demanda actual - Demanda proyectada 	<p>mapeo y la guía de análisis de contenido.</p>
---	--	--	---	--

Anexo 2. Operacionalización de Variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<p>Variable Independiente (Variable X): Gestión actual del recurso hídrico en la sub cuenca Pachacayo</p>	<p>Martínez, Y. & Villalejo, V. (2018), señalaron que este proceso ayudará a promover el crecimiento y la admistracion de elementos como el agua, tierra y recursos, los cuales proporcionarán resultados favorables en el ambito social y monetario, sin afectar los habitas existentes. Por lo que, este se enfocará en predesidir posibles desarrollos que se manifiesten en cuanto a la materia establecida.</p>	<p>Conjunto de operaciones que se realizan para aprovechar, explotar y conservar el agua en la sub cuenca Pachacayo</p>	<p>Gestión de la Calidad del Agua</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Uso del agua - Presencia de contaminantes. - Grado de turbiedad 	<p>Escala de intervalo</p>
			<p>Gestión de la Cantidad del Agua</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Caudal en época de avenida - Caudal en época de estiaje 	
			<p>Balance de la Cantidad de Agua</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Agua represada en lagunas naturales - Agua represada en lagunas artificiales - Agua de flujo continuo 	

<p>Variable Dependiente (Variable Y): Vectores hidrológicos para mitigar la amenaza de escasez de agua en Huancayo</p>	<p>Envira Ingenieros y Asesores (2020), señalaron que estos se encuentran asociados a los aspectos que tienen que ver con la escasez del agua existente, así como también en determinar aspectos contaminantes que dañan este recurso.</p>	<p>Aspectos enfocados a la escasez de agua dulce de uso humano, potable, para riego o usos industriales en la ciudad de Huancayo</p>	<p>Escasez de agua para consumo humano</p>	<p>- Demanda actual - Demanda proyectada</p>	<p>Escala de intervalo</p>
			<p>Escasez de agua para riego</p>	<p>- Demanda actual - Demanda proyectada</p>	
			<p>Escasez de agua para usos industriales</p>	<p>- Demanda actual - Demanda proyectada</p>	

Anexo 3. ECA para Agua

Se presentan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA – Nacionales); que en el Perú deben cumplir las aguas destinadas a riego de vegetales, consumo humano, y, bebida de animales.

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua. Categoría – Riego de vegetales.

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Fisicoquímicos		
Bicarbonatos	mg/L	370
Calcio	mg/L	200
Carbonatos	mg/L	5
Cloruros	mg/L	100-700
Conductividad	(uS/cm)	<2 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40
Fluoruros	mg/L	1
Fosfatos - P	mg/L	1
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	10
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	0,06
Oxígeno Disuelto	mg/L	> =4
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5
Sodio	mg/L	200
Sulfatos	mg/L	300
Sulfuros	mg/L	0,05
Inorgánicos		
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,05
Bario total	mg/L	0,7
Boro	mg/L	0,5-6
Cadmio	mg/L	0,005
Cianuro Wad	mg/L	0,1
Cobalto	mg/L	0,05
Cobre	mg/L	0,2
Cromo (6+)	mg/L	0,1
Hierro	mg/L	1
Litio	mg/L	2,5
Magnesio	mg/L	150
Manganeso	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Niquel	mg/L	0,2
Plata	mg/L	0,05
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	2

Fuente: Anexo I del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua. Categoría - Poblacional.

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
		VALOR	VALOR	VALOR
FÍSICOS Y QUÍMICOS				
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	1,00	1,00
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	0,08	0,08
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color	Color verdadero escala Pt/Co	15	100	200
Conductividad	us/cm ⁽⁶⁾	1 500	1 600	**
D.B.O. ₅	mg/L	3	5	10
D.Q.O.	mg/L	10	20	30
Dureza	mg/L	500	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	0,5	na
Fenoles	mg/L	0,003	0,01	0,1
Fluoruros	mg/L	1	**	**
Fósforo Total	mg/L P	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes		Ausencia de material flotante	**	**
Nitratos	mg/L N	10	10	10
Nitritos	mg/L N	1	1	1
Nitrógeno amoniacal	mg/L N	1,5	2	3,7
Olor		Aceptable	**	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	>= 6	>= 5	>= 4
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 – 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	**	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**	**
Turbiedad	UNT ⁽⁶⁾	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,2	0,2	0,2
Antimonio	mg/L	0,006	0,006	0,006
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,7	1
Berilio	mg/L	0,004	0,04	0,04
Boro	mg/L	0,5	0,5	0,75
Cadmio	mg/L	0,003	0,003	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	1
Manganeso	mg/L	0,1	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Níquel	mg/L	0,02	0,025	0,025
Plata	mg/L	0,01	0,05	0,05
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,01	0,05	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	5	5

Fuente: Anexo I del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua. Categoría – Para bebidas de animales.

PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES		
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Fisicoquímicos		
Conductividad Eléctrica	(uS/cm)	<=5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<=15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40
Fluoruro	mg/L	2
Nitratos-(NO3-N)	mg/L	50
Nitritos (NO2-N)	mg/L	1
Oxígeno Disuelto	mg/L	> 5
pH	Unidades de pH	6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	500
Sulfuros	mg/L	0,05
Inorgánicos		
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,1
Berilio	mg/L	0,1
Boro	mg/L	5
Cadmio	mg/L	0,01
Cianuro WAD	mg/L	0,1
Cobalto	mg/L	1
Cobre	mg/L	0,5
Cromo (6+)	mg/L	1
Hierro	mg/L	1
Litio	mg/L	2,5
Magnesio	mg/L	150
Manganeso	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Niquel	mg/L	0,2
Plata	mg/L	0,05
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	24

Fuente: Anexo I del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

Anexo 4. LMP para Agua

Se presentan los Límites Máximos Permisibles que deben cumplir las aguas destinadas a consumo humano, en el Perú.

Límites Máximos Permisibles de Parámetros Químicos para Agua de Consumo Humano.

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Níquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental. (2011). Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA.; p.40.

Notas:

Nota 1: En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL⁻¹.

Nota 2: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL⁻¹.

Anexo 5. Instrumento de Recolección de la Información

COTEJO DE CAUDAL

El registro de los caudales de los ríos, por temporadas, estaciones, periodos, etc.; constituye una forma de organizar datos históricos con fines de utilizarlos posteriormente con fines descriptivos, preventivos y de respaldo de la actividad realizada en las estaciones hidrográficas.

El cotejo de los caudales registrados en los ríos, constituye una forma de organizar datos históricos con fines de contar con una base de datos que sirva como línea de base para la planificación de programas y/o actividades de intervención específica en dichos ríos, como también a nivel micro cuenca, subcuenca o cuenca, según corresponda.

El cotejo de los caudales históricos registrados en el río Pachacayo, estuvo basado en el registro en la ficha de cotejo de los caudales máximos, mínimos y medios, que se presentaron mes a mes durante el periodo 2012-2018. Dicho periodo de evaluación fue complementado con el registro de caudales de los años que van desde 2000 a 2012 y se presenta en Anexo 4.

I. Objetivo.

Registrar los caudales máximos, mínimos y medios, que se presentaron mes a mes durante el periodo 2005-2018, en el río Pachacayo.

II. Indicaciones.

- Solicitar el registro de caudales durante el periodo 2012-2018.
- Revisar los documentos brindados y ubicar los datos de cada uno de los indicadores sujetos a evaluación (Según modelo de ficha).
- Llenar las tablas con los datos solicitados, para cada mes y cada año.

III. Ítems a ser cotejados.

- Caudales máximos.
- Caudales mínimos.
- Caudales medios.

IV. Modelo de Ficha de Cotejo.

Año	Caudal (m ³ /s)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2012												
2013												
2014												
2015												
2016												
2017												
2018												

Nota: Imprimir un modelo, para cada tipo de nivel de caudal, máximo, mínimo y medio.

Anexo 6. Caudales Históricos del Rio Pachacayo

Para complementar la información histórica de caudales presentes en épocas de avenidas y de estiaje en la subcuenca Pachacayo, en los cuadros que prosiguen se presentan los caudales históricos máximo, mínimo y medio; registrados en el Rio Pachacayo, reportados mes a mes por la Empresa ELECTROPERU S.A, en el periodo 2000-2012.

Caudales máximos (m³/s) registrados en el Rio Pachacayo, periodo: 2000-2012.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2000	35,5436	49,3545	50,4086	40,8496	8,3171	3,3172	3,0717	7,7428	7,5975	7,1325	6,2626	19,5137
2001	35,7536	35,1727	52,3539	18,8206	5,8162	3,2463	2,8536	2,1881	2,8605	-	-	9,8745
2002	11,6456	34,1488	31,0321	20,4273	9,7264	5,3612	4,2291	5,1482	4,0704	8,9397	10,1160	16,8437
2003	23,3865	36,4680	93,6964	27,1276	12,3709	12,1389	7,8592	9,4021	4,7529	8,5742	10,4777	11,7395
2004	10,0551	49,0340	15,3623	7,5039	9,6838	13,9143	9,5353	6,9761	3,5145	6,3332	13,0129	12,5916
2005	18,0775	9,1722	15,1285	8,3297	17,0571	12,8531	9,1394	6,4025	2,9083	4,1753	4,1753	4,4647
2006	13,8091	14,0198	33,7381	15,5546	12,0369	10,954	8,5253	7,2672	5,7818	3,5704	5,8229	13,019
2007	14,595	34,1711	34,3242	37,3639	21,1701	18,5511	13,3407	8,5361	6,2471	5,9941	5,6286	5,3734
2008	21,0215	-	-	-	8,6149	13,1696	9,4038	9,993	7,3684	6,1706	5,7261	4,6952
2009	11,4202	16,1437	24,7009	25,9068	8,1701	5,6568	6,038	8,8741	6,6074	7,301	15,9645	22,3327
2010	31,6938	34,379	27,3539	22,0247	6,981	18,0059	10,2991	5,0207	4,679	5,1057	5,3727	10,0482
2011	44,0686	86,6016	31,0605	41,615	11,0443	5,0903	4,2125	3,3081	13,0627	10,5695	14,9323	10,9715
2012	12,1729	35,6057	30,4197	25,5057	14,5282	12,0463	8,7908	9,0593	11,3716	10,2799	-	-

Fuente: ELECTROPERU S.A.

Caudales mínimos (m³/s) registrados en el Rio Pachacayo, periodo: 2000-2012.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2000	5,6248	7,1077	14,7937	8,8605	3,4295	2,7189	2,2438	2,0255	3,9372	2,9760	2,4800	3,1393
2001	11,6397	10,1232	14,7517	5,7230	2,9760	2,4749	1,8196	1,6262	2,3089	-	-	5,3612
2002	4,0382	6,7993	14,8041	10,0084	5,3612	3,8918	3,7311	3,3823	3,4608	3,6520	5,2029	5,4377
2003	8,2811	14,2110	14,4953	7,2325	6,3005	4,3728	3,5431	3,5327	3,3410	3,3410	8,5742	5,2997
2004	4,4046	4,3094	5,9390	4,9876	4,5269	8,4738	7,4680	3,7881	2,7732	3,2787	4,2019	3,9638
2005	4,1078	4,2019	5,7884	4,606	8,1508	5,7106	6,4025	2,9845	2,6892	2,5807	3,1385	3,1385
2006	3,1385	5,088	7,5539	5,4657	4,4647	8,5253	4,4285	5,2593	3,1032	2,6782	2,6782	3,5704
2007	7,9122	6,5337	7,7696	9,8744	6,211	11,5091	4,593	6,393	5,4339	3,8204	3,3314	3,0397
2008	4,4739	-	-	-	3,5704	3,7579	4,4258	3,3314	3,2744	3,4163	2,4575	2,3872
2009	2,8682	7,8325	9,6404	8,214	4,8743	3,8966	3,2268	5,4991	5,566	5,2442	4,9358	9,3262
2010	12,8217	8,5701	13,5974	6,981	4,0817	3,9674	4,5636	4,0792	4,2073	4,5448	4,6392	4,907
2011	5,8939	27,7656	16,4114	9,8365	5,2928	3,7267	3,2377	3,0877	2,8855	3,0646	3,5156	3,4591
2012	4,7077	6,5938	11,4351	9,9391	4,9358	3,5704	3,2125	2,8855	3,4808	3,4708	-99,99	-99,99

Fuente: ELECTROPERU S.A.

Caudales medios (m³/s) registrados en el Rio Pachacayo, periodo: 2000-2012.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2000	19,1694	28,5845	28,4561	17,7666	6,4913	3,0691	2,5516	3,5200	6,1787	4,8350	4,3365	5,6144
2001	21,0388	19,4110	36,8668	11,3117	4,0374	2,8599	2,1982	1,9814	2,6488	-	-	6,7633
2002	6,1581	16,4538	19,1906	13,8665	7,1042	4,7797	4,0253	3,6413	3,7349	4,6889	6,2239	10,8297
2003	14,0413	19,8885	33,8865	13,2277	8,4230	7,4573	4,7822	5,5433	3,9276	4,3107	9,5996	8,4489
2004	7,3344	11,0135	8,7230	6,0997	7,0870	9,6691	8,5787	4,6461	3,0360	4,2196	6,5723	7,5015
2005	7,5968	6,2848	7,8700	5,9163	13,8363	8,7374	7,5124	4,1311	2,8086	3,5773	3,6379	3,6233
2006	4,9679	8,0763	14,6048	9,8367	8,9180	9,3804	7,1668	6,6354	3,6981	3,2699	4,1402	5,1512
2007	9,6455	11,5171	18,7286	17,6204	9,8115	12,1232	9,7158	7,2512	5,9480	4,8752	4,0763	3,7913
2008	8,2480	-	-	-	4,8386	7,9073	7,4968	7,3799	4,2555	5,3615	3,8006	3,0007
2009	5,7296	11,7335	14,6379	14,7759	6,0161	4,7343	3,9955	7,3067	6,1617	6,4419	7,7662	14,2870
2010	18,7847	16,1294	17,0756	11,9075	5,4987	8,2123	7,5558	4,3942	4,3847	4,8570	4,9525	6,6917
2011	13,7939	38,7754	22,6075	21,5468	7,2815	4,3844	3,6934	3,1995	8,1059	5,2061	8,2057	5,4510
2012	7,2731	17,5839	16,5547	16,5629	7,7332	5,7758	3,7749	5,8946	8,6937	6,0696	-	-

Fuente: ELECTROPERU S.A.

Anexo 7. Tabla de Conversión

En el cálculo de unidades de las medidas de los parámetros contaminantes del agua, se utilizó la tabla que prosigue.

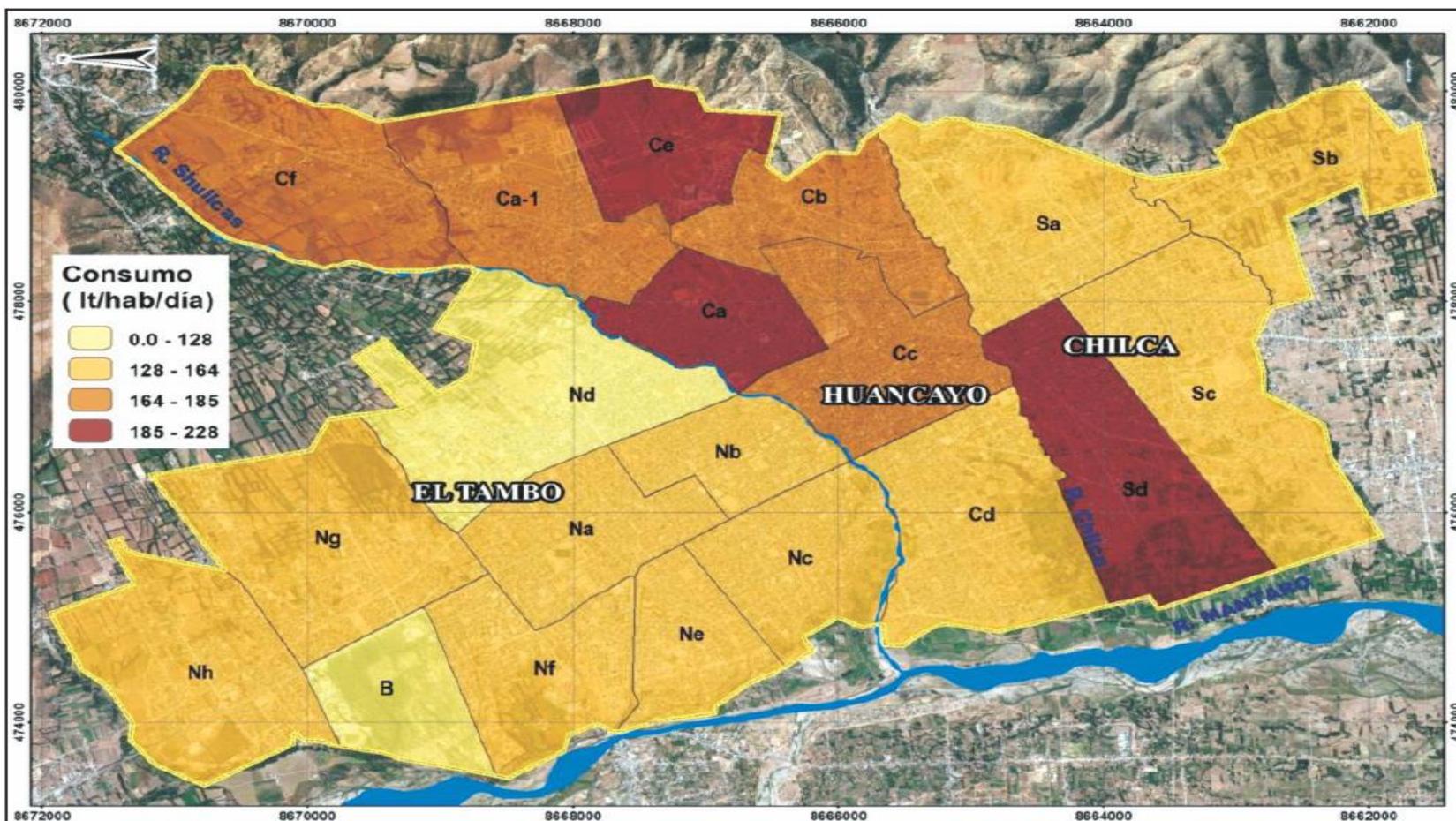
Tabla de Conversiones.

Elementos y compuestos químicos		Para pasar de:			
		meq a miligramos	meq/l a ppm	meq/l de extracto de saturación a ppm en suelo seco	meq/100 gr a ppm
Fórmula	Nombre	Multiplicar por:			
Ca ⁺⁺	Calcio	20.04	20.04	2004	200.4
Mg ⁺⁺	Magnesio	12.16	12.16	1216	121.6
Na ⁺	Sodio	23.00	23.00	2300	230.0
K ⁺	Potasio	39.10	39.10	3910	391.0
Cl ⁻	Cloro	35.46	35.46	3546	354.6
SO ₄ ⁼	Sulfato	48.03	48.03	4803	480.3
CO ₃ ⁼	Carbonato	30.00	30.00	3000	300.0
HCO ₃ ⁻	Carbonato ácido	61.01	61.01	6101	610.1
PO ₄ ⁼	Fosfato	31.65	31.65	3165	316.5
CaSO ₄ .2H ₂ O	Sulfato cálcico hidratado	86.09	86.09	8609	860.9
CaCO ₃	Carbonato cálcico	50.04	50.04	5004	500.4
S	Azufre	16.03	16.03	1603	160.3
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico	49.04	49.04	4904	490.4
Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O	Sulfato de aluminio hidrat.	111.07	111.07	11107	1110.7
FeSO ₄ .7H ₂ O	Sulfato de hierro hidratado	139.01	139.01	13901	1390.1
NO ₃ ⁻	Nitrato	62.00	62.00	6200	620.0

Fuente: Sociedad Cooperativa General Agropecuaria ACOR. (2016). Nutrición Vegetal. [En línea].

Anexo 8. Mapa de Consumo de Agua en Huancayo

Se presenta el denominado mapa de consumo de agua en Huancayo, el cual muestra los hábitos de consumo de agua potable por los pobladores de los distritos del área metropolitana de la ciudad de Huancayo.



Fuente: Carlos Gómez, G. y Grijalva Santos, R. (2012). Riesgos de escasez de agua en la ciudad de Huancayo al año 2030; p.20.