



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Gestión de la Vulnerabilidad de la Cuenca Hidrográfica Ilo -  
Moquegua frente a Diferentes Escenarios del Cambio Climático**

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

**AUTORES:**

Mendoza Cáceres, John Tomas Hermes (ORCID: 0000-0002-5832-1873)

Quispe Soto, Cristhian Alberto (ORCID: 0000-0003-2533-1730)

**ASESOR:**

Dr. Túllume Chavesta, Milton César (0000-0002-0432-2459)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

Lima – Perú

2021

## **Dedicatoria**

El presente trabajo de investigación se lo dedicamos a nuestros padres por la dedicación que tuvieron con nosotros y guiarnos en nuestras vidas.

## **Agradecimiento**

A Dios por darnos las directrices para enfocarnos a desarrollar un tema que puede servir de ayuda a la sociedad, a nuestro asesor, Dr. Milton César Túllume Chavesta por las directrices brindadas y su apoyo en todo momento, y a la Universidad César Vallejo por la oportunidad brindada para exponer la presente.

## Índice de Contenidos

Carátula	
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de Tablas.....	vii
Índice de Gráficos y Figuras.....	viii
Índice de abreviaturas.....	x
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III.METODOLOGÍA.....	21
7.1 Tipo y diseño de investigación.....	21
7.2 Variables y operacionalización.....	21
7.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis.....	24
7.3.1 Población.....	24
7.3.2 Muestra.....	24
7.3.3 Muestreo.....	24
7.3.4 Unidad de análisis.....	24
7.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
7.4.1 Validez y confiabilidad.....	25
7.5 Procedimientos.....	26
7.6 Método de análisis de datos.....	26
7.6.1 Paso 1: Delimitación de las características del modelo.....	27
7.6.2 Paso 2: Definición de dimensiones en la cuenca.....	27

7.6.3	Paso 3: Selección de indicadores.....	28
7.6.4	Paso 4: Fórmula para el análisis de la vulnerabilidad.....	29
7.6.5	Paso 5: Evaluación de la vulnerabilidad actual y futura.....	31
7.7	Aspectos éticos.....	31
IV.	RESULTADOS.....	32
7.8	Paso 1: Delimitación de las características del modelo.....	32
7.8.1	Divisoria del Agua.....	33
7.8.2	Río Principal.....	33
7.8.3	Tipo de Cuenca.....	34
7.8.4	Parámetros generales de la cuenca.....	34
7.8.5	Parámetros relativos a la red de drenaje.....	35
7.8.6	Parámetros que caracterizan la forma de una cuenca.....	38
7.8.7	Parámetros que caracterizan el relieve de la cuenca.....	39
7.9	Paso 2 y Paso 3.....	43
7.9.1	Biofísica.....	43
7.9.1.1	Índice de regulación hídrica.....	43
7.9.1.2	Coberturas Reguladoras del ciclo hidrológico.....	44
7.9.1.3	Índice de Uso de Agua (IUA).....	46
7.9.1.4	Índice de fragmentación.....	47
7.9.1.5	Índice de calidad de agua.....	50
7.9.1.6	Precipitación y Temperatura.....	51
7.9.1.7	Caudal.....	54
7.9.1.7.1	HEC-HMS.....	54
7.9.2	Político institucional.....	67
7.9.2.1	Inversiones del acueducto en gestión ambiental para la cuenca.....	67

7.9.2.2	Actores relacionados con el recurso hídrico en la cuenca.....	68
7.9.3	Económico productivo.....	69
7.9.3.1	% Cobertura acueducto rural.....	69
7.9.3.2	% Cobertura acueducto urbana.....	70
7.9.4	Socio cultural.....	71
7.9.4.1	Densidad poblacional rural.....	72
7.9.4.2	Densidad poblacional urbana.....	72
7.9.4.3	Percepción de eficiencia del servicio de acueducto usuarios zona urbana.....	77
2		
7.9.4.4	Percepción de eficiencia del recurso hídrico por usuarios zona rural.....	73
7.10	Paso 4: Fórmula para el análisis de la vulnerabilidad.....	74
7.11	Paso 5: Evaluación de la vulnerabilidad actual y futura.....	75
7.12	Propuesta de estrategias para afrontar el cambio climático en la cuenca Moquegua.....	76
7.12.1	Misión.....	76
7.12.2	Visión.....	77
7.12.3	Objetivos.....	77
7.12.4	Análisis FODA.....	78
7.12.5	Estrategias.....	78
V.	DISCUSIÓN.....	81
VI.	CONCLUSIONES.....	83
VII.	RECOMENDACIONES.....	85
	REFERENCIAS.....	87
	ANEXOS	

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Escenarios del cambio climático.....	16
<b>Tabla 2.</b> Operacionalización de variables.....	22
<b>Tabla 3.</b> Indicadores seleccionados.....	28
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de la red de drenajes.....	38
<b>Tabla 5.</b> Clasificación de pendientes medias.....	39
<b>Tabla 6.</b> Cotas para la curva hipsométrica.....	40
<b>Tabla 7.</b> Índice de regulación hídrica.....	43
<b>Tabla 8.</b> Coberturas vegetales de la cuenca Moquegua.....	44
<b>Tabla 9.</b> Valores del índice de Fragmentación.....	48
<b>Tabla 10.</b> Parámetros de agua.....	51
<b>Tabla 11.</b> Estaciones Meteorológicas a usar.....	52
<b>Tabla 12.</b> Estaciones Hidrológicas a usar.....	54
<b>Tabla 13.</b> Valores de los caudales.....	55
<b>Tabla 14.</b> Caudales de la cuenca Ilo Moquegua obtenido por otras instituciones.....	56
<b>Tabla 15.</b> Datos meteorológicos de la estación Ilo.....	58
<b>Tabla 16.</b> Datos meteorológicos de la estación Moquegua.....	61
<b>Tabla 17.</b> Datos meteorológicos de la estación Yacanco.....	64
<b>Tabla 18.</b> Actores relacionados a la cuenca Moquegua.....	68
<b>Tabla 19.</b> Resumen de los indicadores.....	73
<b>Tabla 20.</b> Vulnerabilidad de acuerdo a los escenarios.....	75

## Índice de Gráficos y Figuras

<b>Figura 1.</b> Desarrollo sostenible.....	13
<b>Figura 2.</b> Agua, recurso integrador y estratégico.....	19
<b>Figura 3.</b> Rangos para la interpretación de la vulnerabilidad.....	30
<b>Figura 4.</b> Delimitación de la cuenca Moquegua.....	33
<b>Figura 5.</b> Longitudes del Cauce Principal y de la Red Hídrica de la Cuenca Moquegua.....	35
<b>Figura 6.</b> Patrón de drenajes.....	36
<b>Figura 7.</b> Orden de la cuenca Strahler.....	37
<b>Figura 8.</b> Curva hipsométrica de la cuenca Moquegua.....	41
<b>Figura 9.</b> Curva hipsométrica.....	42
<b>Figura 11.</b> Coberturas vegetales de la cuenca Moquegua.....	46
<b>Figura 12.</b> Mapa de la cuenca Ilo- Moquegua y la ubicación de las celdas.....	50
<b>Figura 13.</b> Hidrograma de la cuenca Moquegua.....	56
<b>Figura 14.</b> Mapa de las estaciones a usar.....	57
<b>Figura 15.</b> Precipitación anual de la estación Ilo (1990 – 2020).....	59
<b>Figura 16.</b> Temperatura anual de la estación Ilo (1990 – 2020).....	60
<b>Figura 17.</b> Precipitación anual de la estación Moquegua (1990 -2020).....	62
<b>Figura 18.</b> Temperatura anual de la estación Moquegua (1990 -2020).....	63
<b>Figura 19.</b> Precipitación anual de la estación Yacanco (1990-2020).....	65
<b>Figura 20.</b> Temperatura anual de la estación Yacanco (1990-2020).....	66
<b>Figura 21.</b> Cobertura rural peruana.....	70
<b>Figura 22.</b> Cobertura urbana peruana.....	71
<b>Figura 23.</b> Rangos para la interpretación de la vulnerabilidad.....	75
<b>Figura 24.</b> Archivo Raster.....	96
<b>Figura 25.</b> DEM sin imperfecciones.....	97



<b>Figura 26.</b> Flow direction.....	98
<b>Figura 27.</b> Flow Accumulation.....	99
<b>Figura 28.</b> DEM cortado.....	100
<b>Figura 29.</b> Herramienta Raster Calculator.....	101
<b>Figura 30.</b> Cuenca hídrica.....	102
<b>Figura 31.</b> Herramienta Clip.....	103
<b>Figura 32.</b> Tabla de atributos para la curva hipsométrica.....	104
<b>Figura 33.</b> Diagrama de flujo para extraer el DEM.....	105

## Índice de abreviaturas

**AAA:** Autoridad Administrativa del Agua

**ALA:** Autoridad Local del Agua

**ANA:** Autoridad Nacional del Agua

**CC:** Cambio climático

**CH:** Cuencas Hidrográficas

**GEI:** Gases de Efecto Invernadero

**IPCC:** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

**IRH:** Índice de regulación hídrica

**IUA:** Índice de Uso de Agua

**RRHH:** Recursos hídricos

**MICH:** Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas

**MINAM:** Ministerio del Ambiente

**UNESCO:** Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

## Resumen

Con la realización de la presente investigación se identificó la vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua para afrontar el cambio climático en los diferentes escenarios propuestos. Para ello se utilizaron datos de precipitación, temperatura, caudales pertenecientes a la cuenca hidrográfica, luego se realizó el análisis las dimensiones biofísicas, políticos institucionales, económico productivas y socio culturales, así como sus indicadores, todo ello con el objetivo de hallar la vulnerabilidad de la cuenca y analizar esta en diferentes escenarios del cambio climático siendo: el presente, niño moderado, niña moderada, cada uno de ellos en condiciones de baja y alta capacidad adaptativa. Primero se realizó la identificación de las condiciones actuales de la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua para luego proceder con la recolección y procesamiento de datos obtenidos de los últimos 30 años mediante las plataformas de NASA POWER y SENAMHI, de esta forma se obtuvo los promedios de datos meteorológicos, además se obtuvo el caudal de la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua utilizando el software HEC-HMS. Finalmente, se procedió a realizar el análisis de vulnerabilidad encontrando los datos de los indicadores propuestos en la metodología y planteados en los escenarios escogidos encontrándose que la vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua es de nivel medio - alto, considerando el escenario de niña moderada BCA, para lo que se planteó una propuesta para poder afrontar la incidencia de este escenario de cambio climático.

**Palabras clave:** Vulnerabilidad, Cuenca, Cambio climático

## **Abstract**

With the realization of this research, the vulnerability of the Ilo - Moquegua watershed was identified to face climate change in the different proposed scenarios. For this, data on precipitation, temperature, flows belonging to the hydrographic basin were used, then the biophysical, institutional political, economic, productive and socio-cultural dimensions were analyzed, as well as their indicators, all with the aim of finding the vulnerability of the basin and analyze it in different scenarios of climate change being: the present, moderate boy, moderate girl, each one of them in conditions of low and high adaptive capacity. First, the identification of the current conditions of the Ilo - Moquegua watershed was carried out and then proceed with the collection and processing of data obtained from the last 30 years through the NASA POWER and SENAMHI platforms, in this way the data averages were obtained In addition, the flow of the Ilo - Moquegua watershed was obtained using the HEC-HMS software. Finally, the vulnerability analysis was carried out, finding the data of the indicators proposed in the methodology and raised in the chosen scenarios, finding that the vulnerability of the Ilo-Moquegua watershed is of medium-high level, considering the moderate-girl BCA scenario, for which a proposal was made to be able to face the incidence of this climate change scenario.

**Keywords:** Vulnerability, Watershed, Climate Change

## I. INTRODUCCIÓN

El análisis de la vulnerabilidad de una cuenca hidrográfica hoy en día se considera de gran relevancia ya que una cuenca es tomada como una unidad de diagnóstico para el manejo y planificación del recurso hídrico, al hallar la vulnerabilidad de la cuenca se puede identificar el grado de amenazas que existen. Por otra parte, antes de las actividades extractivas antropogénicas, los sistemas hidrográficos se encontraban viables, funcionales y en estado moderado es por ello que las interferencias se deben realizar de una manera más sostenible y racional, contemplando la preservación del equilibrio y los recursos naturales de la cuenca, con la finalidad de proteger y salvaguardar las cuencas hidrográficas (Moreira, *et al.* 2019, p. 71).

Castro, *et al.* (2018) definen al calentamiento global como “El incremento de forma gradual en la temperatura en la corteza terrestre como consecuencia del forzamiento radiativo provocado por causas antropogénicas, principalmente emisiones” (p.61).

En relación a esto, sus efectos tienen un impacto de una preocupante magnitud, siendo una de las variables principales la hidrológica, que engloba a las precipitaciones, y al ser estas el fundamental elemento de balance temporal y espacial de los recursos hídricos; su estudio de modelo integral de la cuenca hidrográfica es de vital importancia (UNESCO, y CODIA, 2019, p.22).

Así también Castro, *et al.* (2018) agregan que actualmente el mundo se encuentra en una fase de cambios continuos, que en su mayoría rebasan nuestra capacidad adaptativa, estos cambios provocan el incremento de demanda en bienes y servicios, por lo que los recursos naturales sufren presión, como consecuencia de ello se producen los GEI, lo que provoca el fenómeno conocido como “calentamiento global” (p. 61).

Del mismo modo, el desarrollo de nuestro país poco a poco genera una mayor demanda del recurso hídrico para así satisfacer las demandas de la creciente población y del entorno que la rodea, lo que trae consigo diferentes variaciones en los sistemas acuáticos, alteraciones del recurso hídrico entre otros.

Con el aumento de la demanda el uso de este recurso hídrico es abrupto lo que origina una serie de posibles amenazas para el desarrollo sostenible de este recurso, el medio ambiente que lo rodea, la salud, seguridad alimentaria, desarrollo industrial y el desarrollo de los ecosistemas colindantes; estas amenazas además de las variaciones climáticas de la zona de estudio podrían alterar esta sostenibilidad. De la misma manera, al hacer uso del agua para fines domésticos e industriales, la demanda del recurso hídrico cada vez es mayor a nivel mundial, nacional y local (UNESCO, 2019, p.4).

Por otro lado, Perú se encuentra en el tercer lugar en el mundo dentro de los países con mayor vulnerabilidad frente a los efectos del CC, luego de Honduras y Bangladesh, y se estima que nuestro país dentro de los próximos 40 años solo poseerá el 60% del agua potable que tiene actualmente, lo que causará grave escasez (HUERTA, 2020).

Además, Castro, et al. (2018) señalan que, en los países tercermundistas, las asociaciones de gestión eficaz de las cuencas todavía se encuentran emergentes, sin embargo, en países desarrollados el manejo de cuencas hidrográficas tiene un efecto muy positivo sobre las consecuencias del cambio climático (p. 55).

Del mismo modo, Castro, et al (2018) argumentan que las zonas urbanizadas dependen directamente de una CH, el problema radica en que la expansión urbana contribuye enormemente a la degradación de la cuenca debido al cambio de uso de suelo, aumentando la vulnerabilidad de esta, un manejo sustentable entre los usuarios que se encuentran tanto arriba como debajo de la cuenca reduce las vulnerabilidades e incrementa la capacidad adaptativa de la cuenca para lidiar con potenciales desastres (p.58).

Al respecto, la cuenca hidrográfica de Moquegua es demasiado irregular y escasa, es por ello que se construye el embalse Pasto Grande en la parte alta del río Vizcachas, en la cuenca del río Tambo, para que sus aguas sean derivadas al río Moquegua y sean usadas para satisfacer las necesidades básicas de la creciente población que utiliza el recurso hídrico en la cuenca (ANA, 2016, p.4).

Además de acuerdo a (INGEMMET, 2019, p. 14) la cuenca Ilo Moquegua no cuenta aún con un manejo integral del uso del agua, es decir que la gestión de recursos hídricos superficiales y subterráneos no existe en forma conjunta por lo que esto produce un uso irracional y sin control de la cuenca, entendiéndose entonces que esta cuenca se encuentra vulnerable ante los efectos de la variación climática.

Por consecuente, el presente trabajo tiene como objetivo general: Determinar si la gestión de la vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua reduce los efectos de diferentes escenarios del cambio climático. Los objetivos específicos son:

- **OE1:** Identificar la situación actual de la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua que incide frente a diferentes escenarios del cambio climático.
- **OE2:** Analizar los datos obtenidos de temperatura, precipitación y caudal de un periodo de 30 años que inciden frente a diferentes escenarios del cambio climático.
- **OE 3:** Establecer las dimensiones en la cuenca hidrográfica Ilo – Moquegua que inciden frente a diferentes escenarios del cambio climático.
- **OE 4:** Evaluar las estrategias en la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua que inciden frente a diferentes escenarios del cambio climático.

Para el problema general se planteó: ¿Cómo la gestión de la vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua incide frente a diferentes escenarios del cambio climático? Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- **PE1:** ¿Cuál es la situación actual de la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua que incide frente a diferentes escenarios del cambio climático?

- **PE 2:** ¿Cómo los datos obtenidos de temperatura, precipitación y caudal de un periodo de 30 años incide frente a diferentes escenarios del cambio climático?
- **PE 3:** ¿De qué manera las dimensiones de la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua inciden frente a diferentes escenarios del cambio climático?
- **PE 4:** ¿Cuáles son las estrategias en la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua que inciden frente a diferentes escenarios del cambio climático?

Como hipótesis general se tiene que: La gestión de la vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica Ilo-Moquegua evidencia la reducción de los efectos de diferentes escenarios del cambio climático. Las hipótesis específicas de la investigación fueron las siguientes:

- **HE 1:** La situación actual de la cuenca hidrográfica del rio Moquegua incide frente a diferentes escenarios del cambio climático.
- **HE 2:** Los datos obtenidos de temperatura, precipitación y caudal de un periodo de 30 años inciden frente a diferentes escenarios del cambio climático
- **HE 3:** Las dimensiones en la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua inciden frente a diferentes escenarios del cambio climático.
- **HE 4:** Las estrategias en la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua inciden frente a diferentes escenarios del cambio climático.

La justificación teórica de la presente investigación fue describir los indicadores, niveles y características de la vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua para lograr afrontar el curso del cambio climático. La justificación metodológica fue que al aplicar la metodología propuesta en el trabajo se pudo delimitar las dimensiones de la cuenca y los indicadores y gracias a ello se puede plantear estrategias políticas y normas de responsabilidad compartida con la



finalidad de comprobar la vulnerabilidad de la cuenca frente al cambio climático (Valencia et al., 2016, p.3).

La justificación social se basa en que la adecuada gestión de la cuenca hidrográfica permitirá obtener mejor satisfacción respecto a las demandas y necesidades que tiene la población aledaña a ella y también impulsar su capital social y humano, gracias al análisis de la vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua se impulsan diferentes actividades como convenios comunitarios e intercomunitarios, mejoramiento de productos agrícolas, diagnósticos participativos, monitoreos de calidad de agua, talleres de capacitación entre otros, para lograr hacerle frente a los efectos del CC. Por ello la propuesta de estrategias se presenta como una opción viable para aprovechar al máximo los beneficios que la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua y lograr prever a la población del entorno local, municipal y/o nacional (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020, párr. 6).

La justificación económica es que al analizar si la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua es o no vulnerable se puede impulsar la inversión en la movilización de la inversión climática, proponiendo soluciones innovadoras de financiación combinada para el agua y el clima ante los diferentes escenarios de cambio climático, con bonos climáticos verdes y azules.

Finalmente, la justificación ambiental en la presente investigación es que al haber presencia de cambios climáticos sin la adecuada prevención, estos ponen en peligro la sostenibilidad de los recursos ya que se disminuyen los suministros de la disposición de recursos hídricos o aumenta su demanda en la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua (Grupo de expertos de ONU – Agua sobre el Agua y Cambio Climático, 2020, p. 9).

## II. MARCO TEÓRICO

Las fuentes de los antecedentes de este trabajo fueron extraídas de las plataformas Scielo, ResearchGate y Scopus, además de la búsqueda en Google Académico para las tesis, con una antigüedad no menor de 5 años. Estos antecedentes proporcionan un marco referencial para la elaboración de la metodología del trabajo y son de fuentes internacionales y nacionales.

(Esquinca, 2018) en su artículo de investigación titulado: “Una estrategia participativa de gestión del comité de cuenca del río Cahoacán para la adaptación al cambio climático con base en ecosistemas” tuvo como objetivo principal establecer estrategias participativas para la cuenca del río Cahoacán, y su adaptación al CC, este proyecto de gestión integrada se debió principalmente a la ocurrencia del huracán Stan ocurrido el 2005, esto tuvo como consecuencia la necesidad de reformular estrategias de contingencia en la cuenca además del fortalecimiento de gestión ante el cambio climático y tuvo una duración de 48 meses, como resultado se obtuvo las siguientes estrategias para la cuenca, como fortalecer la gestión integrada a nivel de microcuencas con la participación comunitaria, desarrollar un programa de servicios ambientales hidrológicos de mitigación de desastres naturales en apoyo de la comunidad y fortalecimiento de las alianzas estratégicas, ampliar acciones municipales para el monitoreo y el saneamiento ambiental como principal vía para mejorar la calidad del agua, impulsar la economía amigable con el ambiente en la cuenca, fortalecer las instituciones que controlan las microcuencas, establecer un programa de carácter intermunicipal sobre la mitigación y adaptación al CC a través de la gestión del riesgo, propiciar el fortalecimiento de las instituciones que mantienen inversiones como el Comité de cuenca. Finalmente, como conclusión señala que la gestión participativa en las cuencas con un enfoque en cambio climático permite un mejor desempeño en estas, además de la inclusión de todos los actores de la misma ya que su apoyo es determinante para el futuro de la cuenca (p. 49-60).

(Musseta, y otros, 2017) en su artículo de investigación titulado: Vulnerabilidad al cambio climático: Dificultades en el uso de indicadores de dos cuencas de Colombia y Argentina tuvo como objetivo aportar evidencia acerca del

uso de los indicadores para valorar la vulnerabilidad de dos cuencas hidrográficas a los efectos del CC, además de propiciar la refinación de las metodologías para la medición de la vulnerabilidad a través de la propuesta de indicadores, para este trabajo se usó dos cuencas tanto de Colombia como de Argentina, siendo la cuenca del Río Chinchiná y el Río Mendoza respectivamente, para ello los autores usaron las tres dimensiones establecidas por el IPCC para evaluar la vulnerabilidad en una cuenca hidrográfica y propusieron indicadores para evaluar estas tres dimensiones, que son, la sensibilidad, la capacidad adaptativa y la exposición, como resultados hallaron cada uno de los indicadores propuestos y elaboraron una propuesta para realizar un análisis cuantitativo de la vulnerabilidad de las cuencas estudiadas. Finalmente, como conclusión los autores señalan que es necesario brindar herramientas como esta para que los gobiernos tomen adecuadas decisiones políticas, ya que implican la redistribución justa de los recursos y la mejora del acceso a la tierra, la distribución del agua y la tecnología (p. 119-147).

(Benegas, y otros, 2020) en su artículo de investigación titulado: Planificación basada en el servicio ecosistémico hídrico ante la vulnerabilidad al cambio climático en la región hidrográfica del estero Jaltepeque, El Salvador tuvo como objetivo principal analizar la vulnerabilidad de la población que se encarga del manejo de la cuenca baja del río Lempa o también conocida como la región hidrográfica del Estero Jaltepeque, para ello los autores analizaron la cuenca para mantener tres servicios ecosistémicos: Mitigación de inundaciones, manejo adecuado de la erosión para mejorar la calidad de agua y mejoramiento de la recarga de acuíferos, como resultado se obtuvo que la distribución de nuevas coberturas con las que se podría mantener estos tres servicios priorizados serán la agricultura a través de tres buenas prácticas, que son la plantación de contorno, uso de semillas mejoradas y conservación de suelos y aguas, el café fue la plantación escogida para ello, seguida de agricultura tropical mixta, como conclusión los autores indican que este manejo permite conservar los servicios ecosistémicos brindados por la cuenca a fin de reducir el impacto lo menos posible y sin afectar los ecosistemas frágiles los cuales son clave para la región (p. 355 – 363).

(Huerta, 2020) en su tesis con grado de magíster titulada: Vulnerabilidad de la disponibilidad de los recursos hídricos en el Perú frente al cambio climático: Análisis probabilístico de Budyko tuvo como objetivo principal determinar la vulnerabilidad de los recursos hídricos del país con respecto al CC, para lograrlo el autor primeramente recopiló datos de temperatura, precipitación, evapotranspiración y caudales para la aplicación de Budyko probabilístico, demostrando la eficiencia de este método para la estimación del índice de evaporación además de caracterizar hidro climáticamente la cuenca, como conclusión se obtuvo que existe un incremento de la vulnerabilidad debido a cambios negativos en la precipitación, también se obtuvo que las cuencas pertenecientes de la vertiente del Amazonas serían las más susceptibles al CC, seguidas de las cuencas pertenecientes a la vertiente del pacífico y el Titicaca (p. 1-116).

(Escobar, y otros, 2020) en su tesis titulada: Medición de adaptación al cambio climático en la subcuenca del Río Terán, Municipio de Yacopi, Cundimarca tuvo como objetivo principal formular medidas de adaptación al CC de la subcuenca ya indicada para ello los autores definieron el área de estudio y luego diseñaron el trabajo en tres fases: Recopilación y revisión de la información secundaria aplicable al CC en la sub cuenca, diagnóstico y caracterización de variables climáticas y diseño de las medidas de adaptación al cambio climático, como resultado se obtuvo que luego de la recopilación de datos climáticos de la cuenca y posterior comparación se obtuvo que los eventos de riesgo presentes en la sub cuenca del río Teran son el movimiento en masa, la torrencialidad, los incendios forestales y las inundaciones y finalmente se propuso acciones contra el cambio climático y resultados esperados. Finalmente, como conclusión los autores obtuvieron que las medidas propuestas garantizarían un territorio más seguro y resiliente ante el cambio climático, sin embargo, es necesario fortalecer a las autoridades, ya que carecen de capacidad técnica, recursos financieros, así mismo fortalecer la cultura ambiental en las comunidades implicadas, principalmente de carácter agrícola (p. 1-119).

(Zabala, y otros, 2019) en su artículo de investigación titulado: “Capacidad adaptativa y vulnerabilidad de la cuenca del río Orotoy ante el cambio climático, a

partir del análisis de las variables de los medios de vida” tuvo como primer objetivo la determinación de las variables con mayor dominio en las unidades de análisis, estas son: Perfiles de actores, secciones de cuenca, marco urbano y rurales, de esta forma se relacionaron con capacidades adaptativas al cambio climático, para ello los autores recolectaron información durante el año 2016 para luego realizar el cálculo de las capacidades adaptativas y posteriormente el análisis documental, se concluyó que las variables que influyen en el análisis de vulnerabilidad de la cuenca con respecto a la capacidad adaptativa tienen que tener en cuenta varios tipos de enfoque, diferente de lo tradicional y que dependerán de un anticipado análisis de la cuenca, tanto ecológico como socioeconómico.

(Valencia, y otros, 2016) en su artículo de investigación titulado: “Metodología para el análisis de vulnerabilidad en cuencas abastecedoras de agua ante la variabilidad climática” tiene como objetivo la propuesta de una metodología para poder analizar la vulnerabilidad de una cuenca, para ello los autores consideraron los siguientes componentes; Indicadores pertinentes, percepción, procedimientos matemáticos, saberes locales, identificación de problemática, instrumentos de planificación territorial, clima, esta metodología se aplicó a dos cuencas de Medellín, es decir, Popayán y Cajibío para ello los autores propusieron un rango de interpretación de la vulnerabilidad calculada mediante el hallazgo de los tres componentes del IPCC que son: Capacidad adaptativa, sensibilidad y exposición, estos hallados de acuerdo a indicadores propuestos, como resultado se obtuvieron las vulnerabilidades de las cuencas en mención y finalmente los autores concluyeron que la metodología propuesta es útil para analizar indicadores de diferentes dimensiones y que puede ser replicada en otros sistemas hidrográficos (p. 29-43).

(Zhao & Wu, 2019) en su investigación titulada: Predicción sobre los impactos del cambio climático en los ciclos de acoplamiento agua – carbono en la cuenca hidrográfica de Loess Hilly-Gully tuvo como objetivo general la evaluación de los impactos futuros del CC en los ciclos de carbono y agua a través del uso de modelo hidro químico integrado (SWAT- DayCent) e investigar cuantitativamente los impactos del CC en el acoplamiento de los ciclos del agua y el carbono para la cuenca hidrográfica de Loess en China, para ello usó dos periodos futuros, de 2020-

2049 (cerca de futuro, CF) y 2070-2099 (futuro lejano, FL), como resultados se obtuvo que para el periodo CF la precipitación anual disminuiría levemente de un 4 a 11% y durante el periodo FL las temperaturas máximas y mínimas del aire aumentan significativamente, el caudal medio disminuiría hasta el 20.1% y la evapotranspiración permanece casi sin cambios durante el periodo CF sin embargo para el periodo FL aumentaría, así como la producción primaria neta de carbono sería más alta debido a la mayor presencia de CO<sub>2</sub> mientras que el carbono orgánico en el suelo disminuiría en todos los escenarios puesto que tendría un clima más cálido. Como conclusión los autores señalan que estas proyecciones son útiles para tomar decisiones adecuadas y ejecutar un buen manejo integrado de la cuenca, así como los ecosistemas de las regiones montañosas de Loess (p. 4 - 9).

(León, 2020) en su tesis: Modelo de gestión del recurso hídrico en la cuenca del río Tarqui, analizando escenarios de cambio climático mediante la herramienta de simulación HYDRO – BID tuvo de principal objeto gestar un modelo de gestión hidrológico para la cuenca en mención en Ecuador y mediante el uso de HYDRO-BID simular escenarios para el cambio climático, para ello el autor primeramente, determinó la morfometría de la cuenca, para con esta información generar información de diagnóstico para la gestión y el análisis, luego, mediante la recopilación de data de precipitación, temperatura y caudales de las estaciones cercanas a la cuenca, usó esta información para simular y determinar los posibles impactos que se suscitarían en un escenario del CC sobre el río Tarqui para un periodo de 50 años y una simulación de cuatro escenarios con la variación de caudal y porcentaje de variación. Finalmente, el autor concluye que, debido al aumento poblacional, la expansión de la frontera ganadera, agrícola e industrial la cuenca se verá sometida a un estrés hídrico en el futuro y que es primordial tomar medidas de control, así como la generación de planes de prevención y cuidado de fuentes hídricas.

(Zaldivar, 2017) en su tesis titulada “La cuenca hidrográfica como propuesta de unidad de análisis y gestión sustentable del territorio. Caso de estudio cuencas de los ríos Limarí y Rapel a partir de la información del VII Censo Nacional Agropecuario” por principal objetivo principal tuvo el analizar la factibilidad respecto a un estudio piloto del caso al usar a las cuencas como división territorial en un

país, esto para reordenar la información de índole social y productiva del VII Censo Agropecuario a través de la gestión de la actividad forestal y agropecuaria de la zona de estudio a través de una perspectiva basada en la sustentabilidad. Para ello se identificaron los predios con actividad agrícola por medio del censo agropecuario, para poder integrarlos en la cuenca correspondiente. Luego desarrollaron una interpretación de las imágenes satelitales obtenidas de los identificados, por lo que se digitalizó y cuantificó la superficie agrícola del territorio de acuerdo a la cuenca. Finalmente se aplicó un criterio metodológico para identificar aquellos distritos con actividad agrícola nula o que no son reconocidos en el espacio y tiempo de estudio lo que permitirá una mejor toma de decisiones (p. 6).

(Brombal, y otros, 2018) en su investigación titulada: “Una evaluación participativa de la sostenibilidad para la gestión integrada de cuencas hidrográficas en las zonas urbanas de China”, tuvo como objetivo general la evaluación de la sostenibilidad de la gestión de la cuenca del Lago Lihu en la ciudad de Wuxi, donde entre el 2002 y el 2012 se implementó un plan en manejo integrado de cuencas, para ello los autores evaluaron las dimensiones ambientales, económicas y sociales de la cuenca y obtuvieron como resultado a través de la medición cuantitativa del índice de sostenibilidad que el impacto de las medidas implementadas fue positiva, se realizaron mejoras en la dimensión ambiental y económica, sin embargo la dimensión social tuvo una mejora pero no muy notable como en las otras dimensiones pues la reubicación de los miles de residentes y trabajadores, no estuvo acompañada de medidas que garanticen su reempleo ni acceso a sus fuentes tradicionales de sustento (agricultura y piscicultura). Como conclusión los autores señalan que el caso de Lihu es representativo pues tiene un resultado positivo en superar la brecha la economía y el ambiente, sin embargo, se deben realizar grandes esfuerzos para superar los problemas sociales en la gestión integrada de la cuenca, también señalan que los estudios de este tipo juegan un papel importante para evaluar las deficiencias y facilitar la transición hacia la mejora (p. 54-63).

(Juarez, y otros, 2017) en su tesis titulada “Aportes del análisis de las características morfométricas de la cuenca hidrográfica del arroyo Santa Bárbara

para el diagnóstico ambiental” tuvo como objetivo principal la obtención de las características morfométricas y de esta forma poder comprender la dinámica que tiene el arroyo Santa Bárbara a través del uso del programa QGIS, para ello se analizaron los parámetros forma, longitud axial, perímetro, área y ancho promedio con esto se pudo calcular el factor de forma de la cuenca y el coeficiente de Gravelius y así poder el riesgo en la cuenca de las crecidas. El autor concluye que a través del análisis morfométrico de la cuenca en estudio se pudo obtener datos de gran relevancia y de esta forma obtener la información sobre la dinámica del curso de agua con la finalidad de predecir los riesgos de inundación y erosión, además de las gradientes de las variables de calidad de agua y el funcionamiento trófico, por lo que aplicar el análisis morfométrico se convierte en una manera fundamental para realizar el diagnóstico ambiental de una cuenca (p. 8).

(Águila, y otros, 2021) en su investigación titulada “Caracterización morfométrica de dos cuencas altoandinas del Perú utilizando sistemas de información geográfica” tuvo como objetivo principal analizar y caracterizar la morfometría de dos cuencas: Anya y Machique, para ello se realizó el cálculo de sus parámetros geomorfológicos y de este modo poder explicar sus respuestas hidrológicas. Se seleccionó información cartográfica base, para delimitar la CH y se calculó los parámetros básicos de cada cuenca y se calculó, alargamiento, elongación, coeficiente de compacidad, factor de forma, relación de bifurcación y densidad de drenaje. Finalmente, el autor señala como conclusión que al realizar el análisis morfométrico de las CH nos da una noción de lo que se considera la base de los estudios hidrológicos a través de uso del software ArcGIS y técnicas de computación para obtener resultados con un rápido entendimiento de la dinámica física presente en las redes de drenaje de cuencas hidrográficas (p. 7).

A continuación, se definen algunos conceptos que ayudarán a la retroalimentación del tema:

El agua es un elemento de incalculable valor, además de ser esencial en la vida, así como para su desarrollo, el usarla eficientemente resulta clave para la sustentabilidad, sin embargo, existe muchos desafíos asociados con la gestión

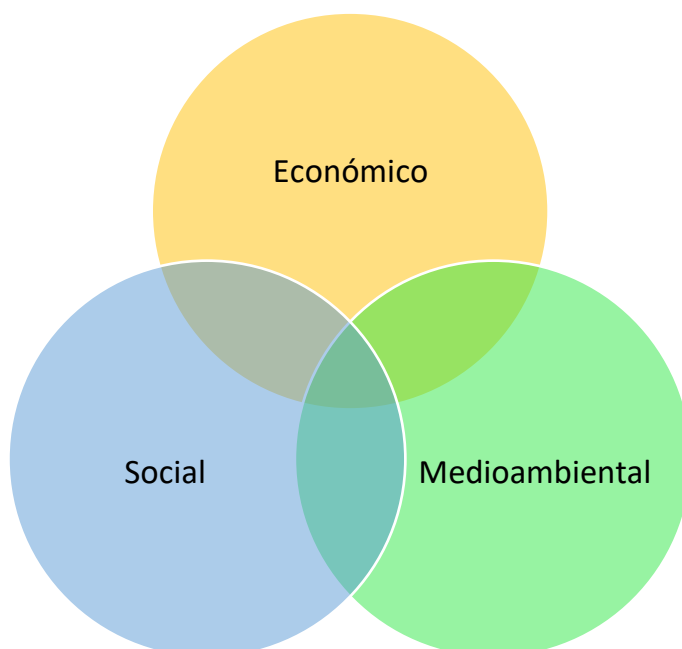


integral del agua es por ello que es necesaria una adecuada gestión integrada de los recursos hídricos (Quintana, 2020, p. 6).

Gutiérrez (2018) asevera que “El aumento de la población, así como el transcurso rápido de la industrialización, el turismo, el crecimiento de la ganadería y la agricultura como las ciudades, además del cambio climático ejercen una fuerte presión en el recurso hídrico de los países en el mundo” (p.18).

Además, según (Uvidia & Villagómez, 2020, p. 32) la población mundial tiene un crecimiento exponencial que causa alta demanda de los recursos naturales, de allí se genera un gran interés en conservar estos recursos con un enfoque integrado en desarrollo sostenible (Ver figura 1).

**Figura 1.** Desarrollo sostenible



Fuente: (Línea Verde, 2018)

La vulnerabilidad viene a ser el grado de susceptibilidad para hacer frente a diferentes efectos que puede traer consigo el cambio climático, teniendo en cuenta principalmente los climas de la zona y las variaciones meteorológicas presentes. Esta se puede trabajar teniendo en cuenta las variaciones climáticas, magnitudes

y caracteres de las mismas que pueden afectar al sistema en cuestión, su adaptación y sensibilidad (Jiménez, 2016, p. 28).

Además, Según (Espinosa, 2016, p. 34) la vulnerabilidad puede ser interpretada también teniendo en cuenta el grado de exposición que posee el sistema, la sensibilidad y su capacidad adaptativa, teniendo en cuenta la siguiente formulación:

$$Vulnerabilidad = f(Exposición, Sensibilidad, Capacidad Adaptativa)$$

Y de esta formulación se puede entender de la exposición como unidad aquella actividad, o variación climática significativa que se pueda dar en la unidad en mención. En el caso de sensibilidad se puede entender como el grado de afectación positiva o negativa de las variaciones climáticas. Y en el caso de la capacidad adaptativa se puede entender como la capacidad del sistema para poder ajustarse a las variaciones climáticas. Teniendo en cuenta todos estos conceptos se podría estudiar y anticipar de cierta manera el daño potencial y poder hacer frente a las condiciones futuras.

Es así que la vulnerabilidad de un sistema, subsistema o componente se puede identificar como aquella posibilidad que este posea para afrontar algún daño a consecuencia de la exposición del mismo a un factor de estrés, algún riesgo o perturbación. Teniendo en cuenta que el sistema sea capaz de poder hacer frente al CC en diferentes escenarios que se puedan presentar en el sistema, subsistema o componente (Espinosa, 2016, p. 35).

Por ello en la evaluación de la vulnerabilidad se da primordialmente el análisis de las variaciones climáticas y el efecto que puedan tener en el entorno social del sistema estudiado y la adaptabilidad que este posea. Luego de realizar este análisis se procede con otro análisis más complejo en el que se puede evaluar la adaptabilidad no solo del entorno social, sino también teniendo en cuenta la adaptación del entorno ambiental y otros aspectos de acuerdo a la metodología seleccionada para su análisis (Jiménez, 2018, p. 28).

Para la evaluación de la vulnerabilidad en el presente trabajo se hace uso de la metodología que fue elaborada por (Valencia, et al, 2016) en la que se calcula una lista de indicadores que podrán ser utilizados en base a la formulación que se tocó anteriormente, enfocándonos en los indicadores del sistema elegido que en este caso es la cuenca hidrográfica Ilo Moquegua.

- Biofísica
  - ✓ Índice de Uso de Agua
  - ✓ Índice de fragmentación
  - ✓ Precipitación
  - ✓ Coberturas Reguladoras del ciclo hidrológico
  - ✓ Índice de regulación hídrica
  - ✓ Caudal
  - ✓ Temperatura
  - ✓ Índice de calidad de agua
- Político institucional
  - ✓ Actores relacionados con el recurso hídrico en la cuenca
  - ✓ Inversiones del acueducto en gestión ambiental para la cuenca
- Económico productivo
  - ✓ % Cobertura acueducto rural
  - ✓ % Cobertura acueducto urbana
- Socio cultural

- ✓ Percepción de eficiencia del servicio de acueducto usuarios zona urbana.
- ✓ Densidad poblacional rural
- ✓ Percepción de eficiencia del recurso hídrico por usuarios zona rural.
- ✓ Densidad poblacional urbana

Además, se toman en cuenta algunos escenarios que se pueden presentar en el cambio climático:

**Tabla 1.** Escenarios del cambio climático

<b>Escenario</b>	<b>Descripción</b>
Presente	Se basa en el comportamiento usual de la cuenca sin incidencia de eventos del clima de carácter extremo.
Niño Moderado	La variabilidad climática es moderada con una incidencia en el componente de exposición, lo que disminuye la precipitación y el caudal, todo ello mientras la temperatura se incrementa. Las otras variables poseen un comportamiento normal.
Niña Moderado	Tiene una variabilidad climática moderada con repercusión en el componente de exposición, se incrementa la precipitación y el caudal, mientras la temperatura decrece. Las otras variables poseen un el comportamiento normal
Con baja capacidad adaptativa (BCA)	Se considera una disminución en los indicadores del componente de capacidad adaptativa: Actores relacionados con los RRHH, Inversión del acueducto en gestión ambiental para la cuenca, % Cobertura acueducto rural y urbano. Los anteriores cambios inciden sobre otras variables del modelo lo que disminuye el índice de calidad de agua, las coberturas reguladoras del ciclo hidrológico, la percepción de eficiencia del servicio de acueducto usuarios zona urbana y rural. También incrementando los Índices

	de fragmentación y de uso de Agua, la densidad poblacional rural y urbana
Con alta capacidad adaptativa (ACA)	Se da un incremento en los indicadores del componente de capacidad adaptativa: Actores relacionados con el recurso hídrico en la cuenca, inversión del acueducto en gestión ambiental para la cuenca, % de cobertura acueducto rural y urbano. Dichos cambios influyen sobre otras variables del modelo incrementando el índice de calidad de agua, la percepción de eficiencia del servicio de acueducto usuarios zona urbana, las coberturas reguladoras del ciclo hidrológico, la percepción de eficiencia del recurso hídrico por usuarios zona rural, la densidad poblacional rural y urbana. También los índices de fragmentación y de uso de Agua decrecen.

Fuente: (Valencia, et al., 2016, p. 38)

Por otro lado, en el año 2009, se creó la ANA y así como la ley de Recursos hídricos 29338, por lo que nuestro país inició un proceso de cambio en las instituciones respecto a la gestión de sus recursos hídricos, es por eso que el estado peruano esperó poder instaurar un modelo de gobierno basado en el enfoque de GIRH, es decir, una estructura de gestión que permita garantizar la eficiencia en el uso del agua, la equidad en el acceso y la integridad ecológica, lo que produciría un efecto positivo para reducir la alta conflictividad de la competencia por el agua entre las actividades económicas peruanas (Geng, 2016, p. 21).

Las reformas institucionales introdujeron la reorganización administrativa, así como territorial de la gestión del agua, a través del planteamiento de cambios en las relaciones de poder entre los actores del agua. Por la parte administrativa se dio origen a los organismos desconcentrados como los ALA y AAA, estos se constituyeron como un rango de nivel medio que mediaría entre la gestión local y nacional de los recursos hídricos (Geng, 2016, p. 21).

A nivel territorial, la cuenca hidrográfica se reconoció como una unidad de gestión, es decir, una referencia territorial a partir de la cual implementar políticas y

establecer jurisdicciones. Por último, a nivel político, se amplió la participación en la gestión del agua a la sociedad a través de la creación del consejo de recurso hídrico de cuenca, así los usuarios del agua tendrían la posibilidad de participar en la toma de decisiones sobre los recursos hídricos de su cuenca por intermedio de los representantes que escogieran (Geng, 2016, p. 21).

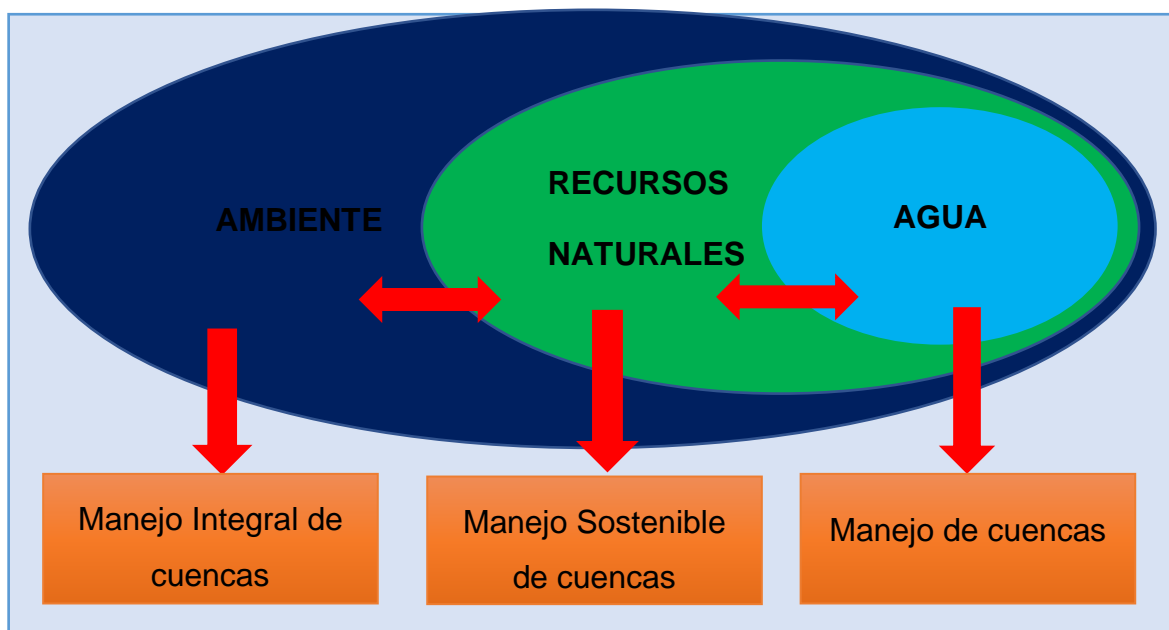
Según ANA (2021) define a una cuenca hidrográfica como un “Área que se encuentra delimitada por un límite topográfico bastante notorio (parteaguas). Dentro de este límite la cuenca presenta un complejo de geformas, suelos, vegetación, fauna, entre otros componentes” (Párr. 1).

(ANA, 2018) bajo un enfoque hidrológico define a la cuenca como cualquier área de superficie desde la cual la escorrentía resultante de la lluvia se recoge y se drena a través de un punto común, esta puede tener solo unas pocas hectáreas o cientos de kilómetros cuadrados y se puede dividir en subcuencas más pequeñas (p. 10).

El enfoque de cuencas permite gestionar de forma más clara un área a nivel geográfico e hidrológico. Es así que la gestión de aguas debe ignorar los límites administrativos y políticos, ya que los conflictos típicos de un área de gestión son conflictos de usuarios río arriba – río abajo que incluyen impactos al medio ambiente y a las condiciones socioeconómicas. En zonas rurales la mayoría de conflictos tienen orígenes directos e indirectos por el uso del agua, y un enfoque en cuencas hidrográficas aborda directamente los conflictos de los usuarios de agua río arriba con los de río abajo lo que permitirá conducir a la solución del problema (Thiermann, Schubert, & Schutt, 2018, p. 11).

Según Ruelas & Travieso (2017) “Una cuenca que se encuentra en equilibrio, sin presión de uso de suelo y alteración de sus recursos naturales no requerirá ser gestionada, sin embargo, actualmente es poco probable pues existen diferentes situaciones de contaminación ambiental, tanto de aguas, como la erosión de suelo, falta de ordenamiento territorial, inundaciones, etc., es por ello que es necesario aplicar alternativas que logren impactos positivos en el desarrollo sostenible y bienestar humano” (p. 5).

**Figura 2.** Agua, recurso integrador y estratégico.



Fuente: Elaboración propia

Moreira, et al., (2020) señala que “Un enfoque en cuencas hidrográficas puede ser tomado como una forma de ordenar y planificar ambiental y territorialmente un espacio, además de que la cuenca funciona como una unidad básica para el análisis ambiental, pues permite evaluar los componentes, interacciones y procesos que ocurren dentro de ella, por lo que a la hora de ejecutar acciones este enfoque permite tener en cuenta la conservación de los recursos de la cuenca” (p. 71).

El hecho de comprender a una cuenca como la unidad sistémica, puede ser fundamental a la hora de proponer acciones y medidas de planificación y manejo ambiental, pues la gestión integrada se orienta hacia el ordenamiento adecuado del uso del suelo, la preservación del agua y la minimización de impactos originados de forma antropogénica por las actividades económicas que se dan en el interior de la cuenca (Moreira, et al., 2020, p. 82).

Pero debido a que la cuenca funciona como una unidad territorial, las estrategias y los problemas que puedan surgir de la gestión hídrica serán de toda

esta misma. La solución a estos problemas va a requerir de la coordinación de los actores involucrados existentes, independientemente de los aspectos políticos de la zona. No se decide cuál de los planes priorizar, sino por el contrario motivar el enlazamiento o cooperación entre todos los planes para evitar vacíos o superposiciones lo que dará como resultado el uso óptimo de la cuenca (Paris & Marano, 2017, p. 59).

Por otro lado, el cambio climático tiene en escenarios como representación plausible que significa muy frecuentemente nos dan indicios del clima futuro y que tiene relación con las condiciones climáticas que serán utilizadas en esta investigación para determinar si existe el cambio climático, que es la diferencia entre este cambio dado y el clima actual. En las siguientes décadas el escenario actual experimentará aumentos de temperatura, tanto en los océanos como en la superficie terrestre, entre otros impactos. Por ende, al vincular el cambio climático al manejo integral de cuencas se necesita reconocer que cada cuenca según sea la estructura que posea y las funciones que cumple, su manejo y ubicación además de los aspectos climáticos nos permitirán hacer frente a los efectos que pueda generar este CC en la cuenca en mención, en este caso en la cuenca Hidrográfica del río Moquegua (Ríos, 2017, p. 4).



### **III. METODOLOGÍA**

#### **5.1 Tipo y diseño de investigación**

La investigación es de tipo aplicada pues se basa en la investigación básica para resolver problemas de la sociedad, además este tipo de investigación se centra en la resolución de un problema en un contexto determinado, es decir que busca la aplicación del conocimiento mediante su uso, es decir que se enfoca en la búsqueda y consolidación de la información para su posterior aplicación y por ende el enriquecimiento del desarrollo científico y cultural. El presente trabajo recopila información sobre la cuenca Moquegua para medir su grado de vulnerabilidad y por ende proponer estrategias para afrontar el cambio climático, para su posterior aplicación en la toma de decisiones por parte de las autoridades (Nieto, 2018, p. 1).

El enfoque de la investigación es cuantitativo porque se encuentra orientado sobre los pasos del método científico con el objeto de generar nuevos conocimientos, además establece una o varias hipótesis, variables y se traza un plan para probarlas, seguidamente se miden las variables en un determinado contexto y se analiza las mediciones obtenidas a través de método estadísticos y finalmente se extrae una serie de conclusiones. En el presente trabajo se analiza el entorno en el que se desarrolla la cuenca Moquegua y se comprueba si la hipótesis planteada es verdadera, así como las variables que influyen (Hernández, Fernández, & Baptista, 2017, p. 4).

El diseño de la investigación es no experimental ya que esta investigación se observa los fenómenos más no se interviene en su desarrollo (Cabrero, et al, 2020, párr. 1).

#### **5.2 Variables y operacionalización**

**Tabla 2.** Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
<p><b>Variable independiente</b> Vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua</p>	<p>Grado de exposición que posee el sistema, la sensibilidad y su capacidad adaptativa</p>	<p>Situación actual de la cuenca de la cuenca</p>	<p>Parámetros generales de la cuenca Parámetros relativos a la red de drenaje de la cuenca Parámetros de forma de la cuenca Parámetros de relieve de la cuenca</p>
		<p>Biofísica</p>	<p>Índice de Uso de Agua Caudal Coberturas Reguladoras del ciclo hidrológico Índice de fragmentación Índice de calidad de agua Precipitación Temperatura Índice de regulación hídrica</p>
		<p>Político institucional</p>	<p>Actores relacionados con el recurso hídrico en la cuenca Inversiones del acueducto en gestión ambiental para la cuenca</p>
		<p>Económico productivo</p>	<p>% Cobertura acueducto urbana % Cobertura acueducto rural</p>
		<p>Socio cultural</p>	<p>Percepción de eficiencia del servicio de acueducto usuarios zona urbana. Densidad poblacional urbana Percepción de eficiencia del recurso hídrico por usuarios zona rural</p>

			Densidad poblacional rural
<b>Variable dependiente</b> Diferentes escenarios del cambio climático	Escenarios presentes en el cambio climático con cambios en diferentes indicadores	Presente Niño Moderado Niña Moderado Con baja capacidad adaptativa (BCA) Con alta capacidad adaptativa (ACA)	Comportamiento normal Variabilidad climática moderada Disminución de la capacidad adaptativa Aumento de la capacidad adaptativa
		Estrategias de la cuenca	Propuesta de estrategias

Fuente: Elaboración propia

### **5.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis**

#### **5.3.1 Población**

La población corresponde a toda la cuenca Hidrográfica del río Moquegua.

#### **5.3.2 Muestra**

La muestra sería no probabilística, por ende, se toma en cuenta como muestra a toda la población seleccionada que en este caso vendría a ser la cuenca Hidrográfica del río Moquegua.

#### **5.3.3 Muestreo**

En la presente investigación, el método utilizado para la selección de nuestra muestra, es el muestreo no probabilístico, que consiste en la selección de elementos de la muestra sin asignar una probabilidad antes conocida a cada elemento de la población. Se tiene que tener en cuenta el juicio del investigador, en lugar de realizar un procedimiento para la selección de ciertos elementos de la población respectiva (Salas, 2020, párr. 10).

#### **5.3.4 Unidad de análisis**

Se tomó como unidad de análisis a la cuenca hidrográfica de Moquegua, la cual se encuentra ubicada en la costa sur del territorio peruano, políticamente abarca parte de las provincias de Mariscal Nieto e Ilo, ambas pertenecientes a la región Moquegua, que comprende un área de 616,22 Km<sup>2</sup> de la provincia de Ilo y 2988,53 Km<sup>2</sup> de la provincia de Mariscal Nieto, haciendo obteniendo un área de 3604.75 km<sup>2</sup> (INGEMMET, 2019, p.5).

La cuenca posee un relieve variado y agreste que nace de una compleja actividad volcánica y tectónica. Con una precipitación muy baja de 419.47 metros cúbicos de agua por año, que se produce en la parte alta de la cuenca a través de una recarga natural que favorece el acuífero fisurado Barroso y al volcánico sedimentario Capillune.

Además, en la cuenca se identificaron sectores contaminados por un uso excesivo de productos químicos en la agricultura como fertilizantes y plaguicidas, botaderos de residuos sólidos, quema de residuos y la disposición final de residuos líquidos (aguas servidas vertidas directamente en el acuífero) que afectan la calidad ambiental de la ciudad de Moquegua (INGEMMET, 2019, p.9).

#### **5.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se usaron las técnicas: investigación y análisis documental, además se utilizaron instrumentos para determinar los parámetros morfométricos de la cuenca Moquegua como son:

- Computadora
- ArcGIS 10.4
- Imágenes satelitales
- Información bibliográfica
- Microsoft Excel
- Software HEC HMS

Para la obtención de datos meteorológicos se usó el programa NASA POWER que contiene datos relacionados a la meteorología y la energía solar, este software fue formulado para con la finalidad de diseñar sistemas de energía renovable, pero puede tomarse como referencia para completar la data meteorológica que no se pueda obtener del SENAMHI.

##### **5.4.1 Validez y confiabilidad**

Las fuentes con las que se trabajó son de artículos académicos de revistas indexadas pertenecientes a fuentes como Scielo, Scopus, Dialnet, ResearchGate, además se obtuvo información de la cuenca y el marco legal de instituciones como: ANA, SENAMHI, INGEMMET, MINAM, SINIA y tesis obtenidas en el Google Académico.

## 5.5 Procedimientos

El presente trabajo se realizó en base a la metodología para el análisis de vulnerabilidad en cuencas abastecedoras de agua ante la variabilidad climática elaborado por (Valencia, et al., 2016, p 30) y se divide en las siguientes etapas:

**Etapas Inicial.** – En esta etapa se recopilaron datos y se clasificó la información obtenida sobre la cuenca Moquegua de las diferentes instituciones públicas y privadas de los últimos 30 años, es decir, desde el año 1990 al 2020.

**Etapas Intermedia.** – En esta etapa se analizaron los datos obtenidos del área de estudio y se evaluará las siguientes dimensiones: Biofísica, Político – institucional, Económico productivo, Socio Cultural, de acuerdo a la guía metodológica y posteriormente los indicadores para determinar el grado de vulnerabilidad de la cuenca Moquegua.

**Etapas Final.** – En esta etapa por último se llevó a cabo el análisis, evaluación y reajuste de toda la información obtenida en las etapas anteriores para proponer estrategias para afrontar el cambio climático, las cuales se sugirieron de acuerdo al diagnóstico de la cuenca y el grado de vulnerabilidad de la misma.

## 5.6 Método de análisis de datos

Para determinar la vulnerabilidad de la cuenca Moquegua ante los efectos del cambio climático (Valencia, et al., 2016, p. 33) indica que es necesario analizar tres componentes que fueron propuestos por el IPCC y son:

- Exposición: Grado en el que la cuenca se encuentra expuesta a variaciones climáticas extremas.
- Sensibilidad: Grado en el cual la cuenca responderá a un cambio dado en el clima, incluyendo efectos beneficiosos o dañinos.
- Capacidad de adaptación: Son los medios por los cuales la sociedad usa los recursos disponibles y habilidades para afrontar las consecuencias sobre la cuenca.

(Valencia, et al., 2016, p. 33) indica que para conseguir que el análisis tenga un enfoque sistémico y tenga en cuenta los factores extrínsecos (modelos y políticas de desarrollo nacional e internacional, cambio global) e intrínsecos (saberes tradicionales, políticas locales, patrones culturales y tipo de ecosistema) que determinan la vulnerabilidad de los sistemas considerados, para ello el autor señala una serie de pasos a seguir y estos son:

### **5.6.1 Paso 1: Delimitación de las características del modelo**

Con la finalidad de delimitar el alcance que tendrá el análisis de vulnerabilidad, se tiene que responder las siguientes interrogantes teniendo en cuenta los atributos de vulnerabilidad (Valencia, et al., 2016, p. 33):

- ¿Quién o qué es vulnerable?
- ¿Frente a que se es vulnerable?
- ¿Cuándo o en qué momento es vulnerable?
- ¿Cuál es el atributo específico de la vulnerabilidad?

### **5.6.2 Paso 2: Definición de dimensiones en la cuenca**

(Valencia, et al., 2016, p. 33) señala las siguientes dimensiones:

#### **1. Biofísica:**

Toma como base a un grupo de estructuras y relaciones en el contexto abiótico y biótico.

#### **2. Político institucional**

Constituye la capacidad de la gestión administrativa institucional y fiscal de las instituciones de los distintos niveles como son: local, departamental y nacional

#### **3. Económico productiva**

Consta de las dinámicas económicas de los servicios y productos relacionados con la cuenca.

#### 4. Socio cultural

Corresponde a las interacciones y características de las comunidades humanas en el interior de la cuenca.

#### 5.6.3 Paso 3: Selección de indicadores.

**Tabla 3.** Indicadores seleccionados

<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad</b>
Biofísica	Coberturas Reguladoras del ciclo hidrológico	Unidad
	Índice de regulación hídrica	Unidad
	Índice de fragmentación	Unidad
	Índice de calidad de agua	Unidad
	Índice de Uso de Agua	Unidad
	Precipitación	Mm
	Caudal	m <sup>3</sup> /s
	Temperatura	°C



Político institucional	Inversiones del acueducto en gestión ambiental para la cuenca	%
	Actores relacionados con el recurso hídrico en la cuenca	#
Económico productivo	% Cobertura acueducto rural	%
	% Cobertura acueducto urbana	%
Socio cultural	Densidad poblacional rural	hab./km <sup>2</sup>
	Densidad poblacional urbana	hab./km <sup>2</sup>
	Percepción de eficiencia del recurso hídrico por usuarios zona rural.	%
	Percepción de eficiencia del servicio de acueducto por usuarios zona urbana.	%

Fuente: (Valencia, et al., 2016, p. 35)

#### 5.6.4 Paso 4: Fórmula para el análisis de la vulnerabilidad

Teniendo en cuenta que la vulnerabilidad ( $V$ ) que se encuentra dependiente de la sensibilidad ( $se$ ), capacidad adaptativa ( $ca$ ) y exposición ( $ex$ ), se puede expresar de la siguiente manera:

$$V = ex + se - ca + \frac{1}{3} \quad (1)$$

Luego se procederá a calcular los componentes (se, ex, ca) tomando el valor ponderado (mediante la normalización métrica) de los indicadores ( $p_n$ ) y sus pesos o relevancias ( $w_n$ ) en la vulnerabilidad sistemática a través de las ecuaciones siguientes:

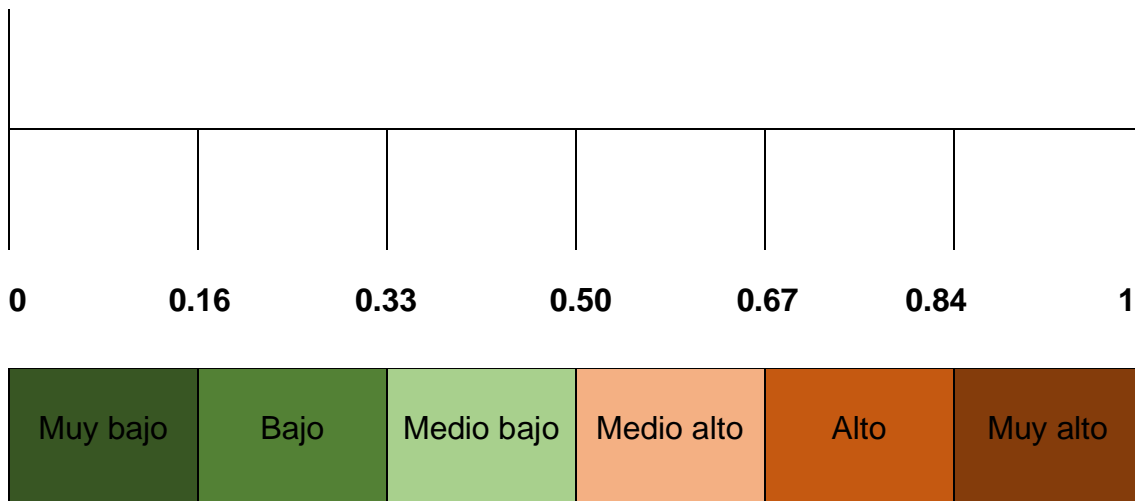
$$ex = \sum_{i=1}^n I_i = I_{(p1)(w1)} + I_{(p2)(w2)} + I_{(p3)(w3)} + I_n = 1 \quad (2)$$

$$se = \sum_{i=1}^n I_i = I_{(p1)(w1)} + I_{(p2)(w2)} + I_{(p3)(w3)} + I_n = 1 \quad (3)$$

$$ca = \sum_{i=1}^n I_i = I_{(p1)(w1)} + I_{(p2)(w2)} + I_{(p3)(w3)} + I_n = 1 \quad (4)$$

Según la metodología propuesta la vulnerabilidad tiene seis valores equidistantes de interpretación:

**Figura 3.** Rangos para la interpretación de la vulnerabilidad



Fuente: (Valencia, et al., 2016, p. 36)

### **5.6.5 Paso 5: Evaluación de la vulnerabilidad actual y futura**

(Valencia, et al., 2016, p. 37) plantea los escenarios de análisis para evaluar la vulnerabilidad actual y futura, siendo: El presente, Niño Moderado, Niña Moderado, con baja capacidad adaptativa (BCA) y con alta capacidad adaptativa (ACA).

### **5.7 Aspectos éticos**

El investigador tiene el compromiso de cumplir con los aspectos éticos, por ningún motivo se falsificaron los datos pues esto afectaría los resultados de la investigación. Se utilizó información de carácter público la cual fue referenciada según la norma ISO 690.

## **IV. RESULTADOS**

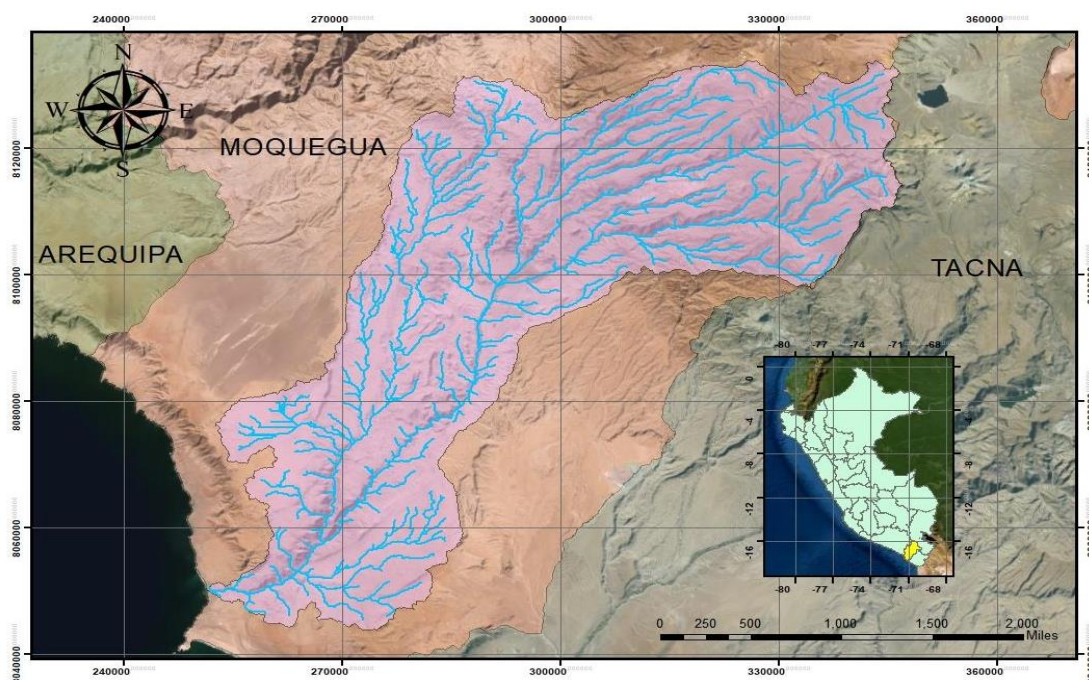
### **5.8 Paso 1: Delimitación de las características del modelo**

(Valencia, et al., 2016, p. 33) plantea en su metodología las siguientes interrogantes: ¿Quién o qué es vulnerable?, ¿Frente a que se es vulnerable?, ¿Cuándo o en qué momento es vulnerable?, ¿Cuál es el atributo específico de la vulnerabilidad? Y para responder a las siguientes interrogantes es necesario tratarlo por partes y definir los parámetros morfológicos de la cuenca para responder ¿Quién o qué es vulnerable?

La cuenca Ilo - Moquegua se encuentra en la Costa Sur del Perú abarcando el Departamento de Moquegua, así también las Provincias Mariscal Nieto e Ilo, geográficamente entre los paralelos  $16^{\circ} 52'$  y  $-17^{\circ} 43'$  de Latitud Sur y los meridianos  $70^{\circ} 26'$  y  $-71^{\circ} 20'$  de Longitud Oeste (ANA, 2016, p. 2).

Sus Limites son: Por el Norte la cuenca del río Tambo, al Este y al Sur con la cuenca del río Locumba, al Oeste con la cuenca del Océano Pacífico y la intercuenca entre Moquegua y Tambo, el cual está compuesto por una sucesión de quebradas de mediana y corta longitud y sus aguas son drenadas al Océano, pues pertenece a la vertiente del pacifico (ANA, 2016, p. 2).

**Figura 4.** Delimitación de la cuenca Moquegua



Fuente: Elaboración propia

### **5.8.1 Divisoria del Agua**

Se define como la línea imaginaria que delimita la Cuenca Moquegua, marcando el límite entre cuenca Moquegua y las demás cuencas. El agua precipitada a cada lado de la divisoria desemboca en los ríos de Torata, R. Chujulay, R. Cuajone, R. Capillune, R. Tumilaca, correspondientes a la Zona de Recarga (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2017, p. 19).

### **5.8.2 Río Principal**

El río principal de la Cuenca Moquegua es el Río Moquegua, con un curso de mayor caudal de agua y de mayor longitud. (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2017, p. 20)

### 5.8.3 Tipo de Cuenca

El tipo de cuenca es exorreica o abierta, la Cuenca Moquegua por su dirección de la evacuación de las aguas que drenan al mar en la vertiente del Pacífico (ANA, 2016, p. 3).

### 5.8.4 Parámetros generales de la cuenca

Los parámetros fueron determinados en el programa Arc Gis 10.4 y según (Camino, et al., 2018, p. 4) los parámetros generales de una cuenca son:

**Área (A):** Se mide en kilómetros cuadrados. Según el software Arc Gis 10.4.1 es: 3531.2 km<sup>2</sup>.

**Perímetro (P):** Longitud de la línea que limita una cuenca. Como resultado se tiene 382.981 km.

**Longitud axial (La):** Es la longitud en línea recta del punto que se encuentra más distante del límite de aguas y de la desembocadura en una cuenca además enlaza los puntos extremos de la misma. De acuerdo al software se tiene 126.35 km.

**Ancho (W):** Es el enlace entre un área de cuenca (A) y una longitud axial (La) como se observa en la ecuación 1, siendo su valor de 27.95 km.

$$W = \frac{A}{La} \quad (1)$$

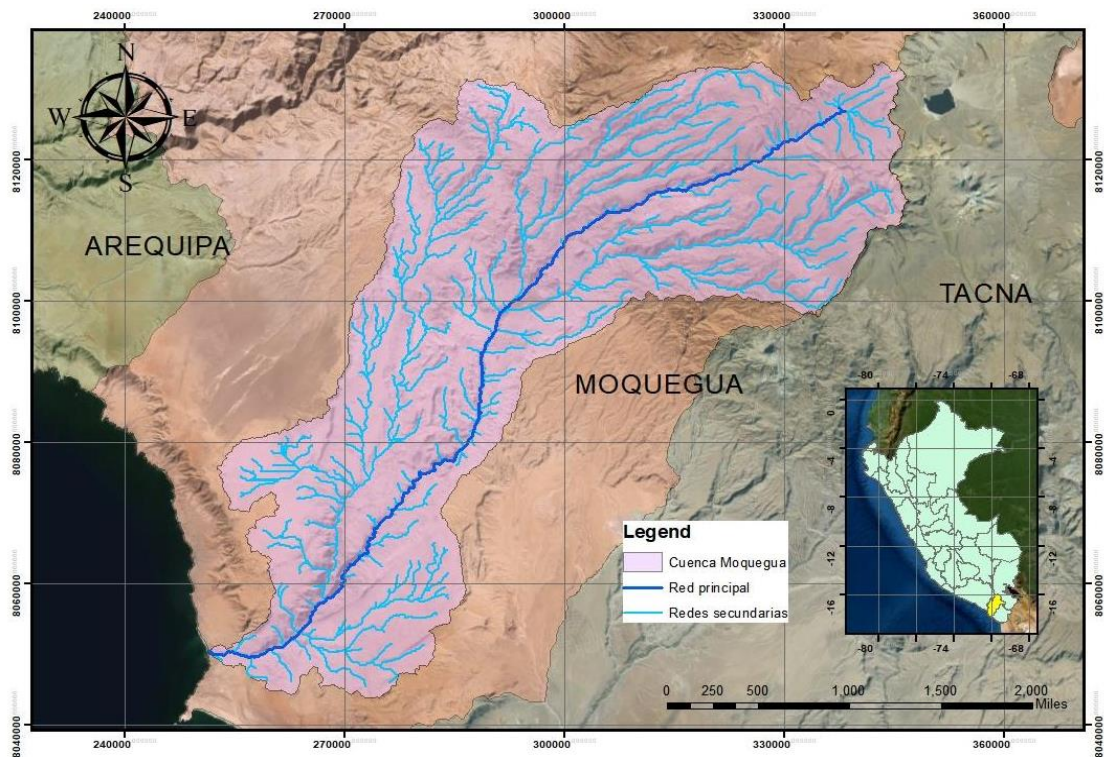
Reemplazando en (1):

$$W = \frac{3531.2 \text{ Km}^2}{126.35 \text{ Km}}$$

$$W = 27.95 \text{ Km}$$

**Longitud total de los cursos de agua (Lt):** Según (Camino, et al., 2018, p. 4) es la sumatoria de las longitudes de todos los cursos de agua que drenan en una cuenca, para ArcGIS 10.4.1 la longitud total (Lt) es 965.409 Km, y se aprecia la red hídrica en la figura 5.

**Figura 5.** Longitudes del Cauce Principal y de la Red Hídrica de la Cuenca Moquegua



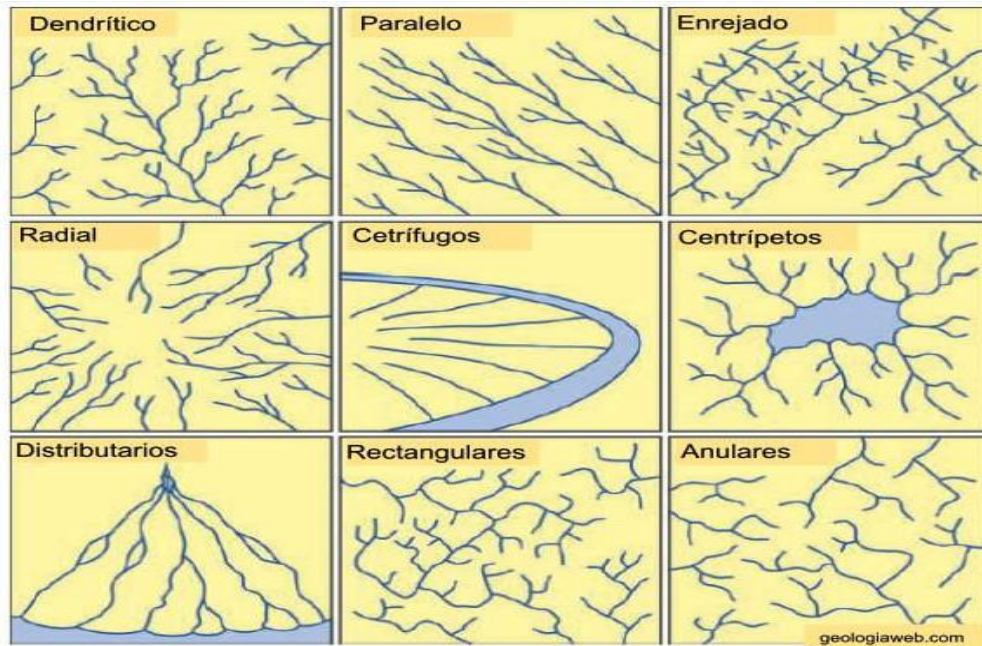
Fuente: Elaboración propia

### 5.8.5 Parámetros relativos a la red de drenaje

**Patrón de drenajes:** Según (HidroCHEP, 2016) los patrones de drenaje son ramificaciones hidrológicas, producidas de forma natural y sus diferentes tipos se producen debido a la geología física y geomorfología planetaria, es decir la erosión provoca un caudal donde los patrones forman ríos, lagos y aguas subterráneas alimentadas por lluvias, nieve, entre otros. Existen diversos tipos de drenaje que se pueden ver en la figura 6.

La cuenca Ilo-Moquegua presenta un tipo de patrón “Dendrítico” el cual se caracteriza por tener materiales homogéneos aproximadamente en su composición, sin control estructural. Constituye uno de los más comunes patrones y está presente en muchos ambientes.

**Figura 6. Patrón de drenajes**

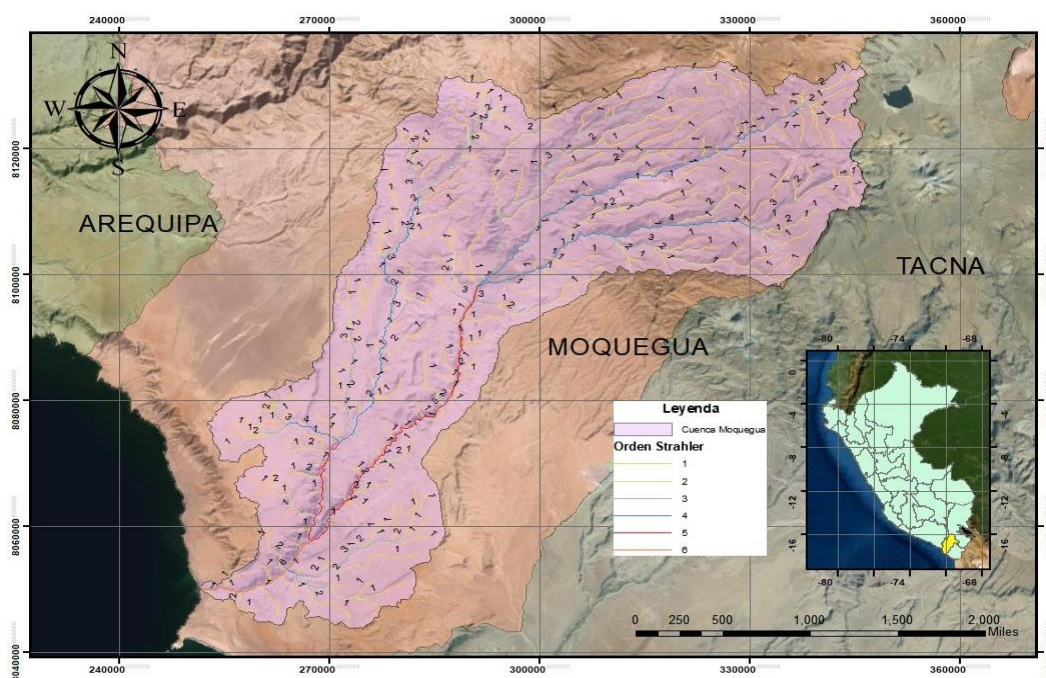


Fuente: (Geología Web, 2016)

**El orden de la cuenca Strahler:** Según (Camino, et al., 2018, p. 8) el Orden Strahler es el número que expresa el grado de ramificación de un sistema hidrográfico y como resultado según el software es de orden 6.



**Figura 7. Orden de la cuenca Strahler**



Fuente: Elaboración propia.

**Densidad de drenaje (D):** Viene a ser el sistema de cauces en el que fluyen los escurrimientos subsuperficiales, superficiales y subterráneos, en forma permanente o temporal, por lo que a mayor densidad de drenaje se tiene un tiempo de escorrentía menor y por tanto es considerado un indicador de peligrosidad, en cuencas de alta densidad de drenaje y planas se espera estabilidad de regímenes de caudales debido al escurrimiento superficial además del aporte de aguas subterráneas. (Camino, et al., 2018, p. 8) Se representa según la ecuación 2:

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (2)$$

Reemplazando en (2)

$$Dd = \frac{965.409 \text{ Km}}{3531.2 \text{ Km}^2}$$

$$Dd = 0.27 \text{ Km}^{-1}$$

**Tabla 4.** Clasificación de la red de drenajes.

Rangos(km/km <sup>2</sup> )	Clase
3,7 a 5,6	Alta
1,9 a 3,6	Moderada
0.1 a 1,8	Baja

Fuente: (Camino, et al., 2018, p. 8)

Según la tabla 4 el valor de 0.27 nos indica que la cuenca se encuentra en la categoría “Baja” lo que indica según (Camino, et al., 2018, p. 8) que es una región de alta resistencia a la erosión, muy permeables y de bajo relieve.

#### 5.8.6 Parámetros que caracterizan la forma de una cuenca

**Factor forma adimensional de HORTON (Kf):** Según (Lux, 2017, p. 3) es la relación entre el cuadrado de la longitud de la cuenca y el área, intenta medir cuan cuadrada es la cuenca, un Kf superior a la unidad indica que una tendencia a concentrar escurrimiento de lluvia y, por tanto, tener grandes crecidas fácilmente, además cuanto más se acerque a cero más alargada será, cuando este cerca de 1 o igual a 1 será de un ancho cuadrado y más alejado de 1 significa que es más ancho. De acuerdo a la ecuación 3:

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

Reemplazando en (3)

$$Kf = \frac{3531.2 \text{ Km}^2}{(126.35 \text{ Km})^2}$$

$$Kf = 0.22$$

La cuenca presenta un valor de 0.22 lo que nos indica que la cuenca Ilo-Moquegua es de forma **ALARGADA**, lo que nos indica que tiene tendencias alta susceptibilidad a la formación de avenidas.

**Índice de compacidad o Gravelius (Kc):** Según (Camino, et al., 2018, p. 6) este es un parámetro adimensional y compara el perímetro de la cuenca con el perímetro de un círculo teórico equivalente de la cuenca, según la ecuación 4:

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \quad (4)$$

Reemplazando en (4)

$$Kc = \frac{383.2 \text{ Km}}{2\sqrt{\pi(3531.2) \text{ Km}^2}}$$

$$Kc = 1.81$$

El índice de compacidad es mayor a 1 lo que indica que es una cuenca **IRREGULAR** ya que según (Camino, et al., 2018, p. 6) un valor cercano a uno significa que la cuenca se asemeja a un círculo, por ende, es regular, además la peligrosidad de la cuenca es mayor debido a las crecidas, porque se tiene una equidistancia relativa de los puntos de la divisoria respecto a la central, cuencas con valores superiores a 1.75 indican irregularidad y por tanto menos peligro a las crecidas.

### 5.8.7 Parámetros que caracterizan el relieve de la cuenca

**Pendiente media de la cuenca:** Según (Camino, et al., 2018, p. 7) viene a ser el valor medio de las pendientes, teniendo una gran importancia en el estudio de la infiltración, escurrimiento superficial, arrastre de material y recarga de acuíferos.

**Tabla 5.** Clasificación de pendientes medias.

Pendiente	Tipo de relieve
-----------	-----------------

0-3	Plano
3-7	Suave
7-12	Mediano
12-35	Accidentado
35-50	Fuerte
50-75	Muy fuerte
>75	Escarpado

Fuente: (Camino, et al., 2018, p. 7)

Según la tabla 5 la pendiente es de 15.19, que nos permite entender de que la cuenca es accidentada pero no demasiado.

**Curva Hipsométrica:** Según Lux (2017) esta curva permite caracterizar el relieve obteniéndose a partir de cotas de altitud registradas versus el porcentaje de área acumulado por cota. (p. 5)

En la tabla 6 se obtienen estos valores para la cuenca Moquegua en el programa ArcGIS 10.4.1.

**Tabla 6.** Cotras para la curva hipsométrica.

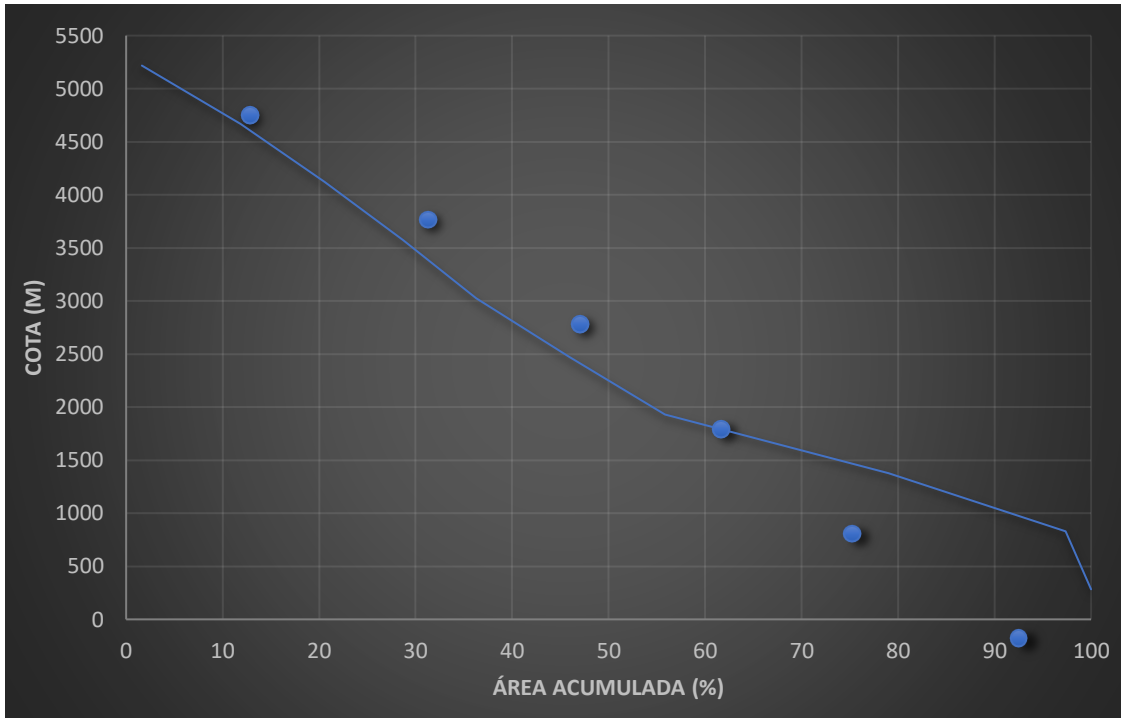
N° de cota	Intervalo entre curvas de nivel [m]		Cota media (m)	Área (Km²)	Área/Área Total [%]	Porcentaje Acumulado	ai ci
	MIN	MAX					
1	4944	5492	5218	57.6	1.63%	1.63%	300556.8
2	4396	4943	4669.5	360.3	10.20%	11.83%	1682420.85

3	3848	4395	4121. 5	308.2	8.73%	20.56%	1270246.3
4	3299	3847	3573	287.5	8.14%	28.70%	1027237.5
5	2751	3298	3024. 5	268.1	7.59%	36.30%	810868.45
6	2203	2750	2476. 5	337.5	9.56%	45.85%	835818.75
7	1654	2202	1928	353	10.00%	55.85%	680584
8	1106	1653	1379. 5	817.2	23.14%	78.99%	1127327.4
9	558	1105	831.5	647.9	18.35%	97.34%	538728.85
10	9	557	283	93.9	2.66%	100.00%	26573.7

Fuente: Elaboración propia.

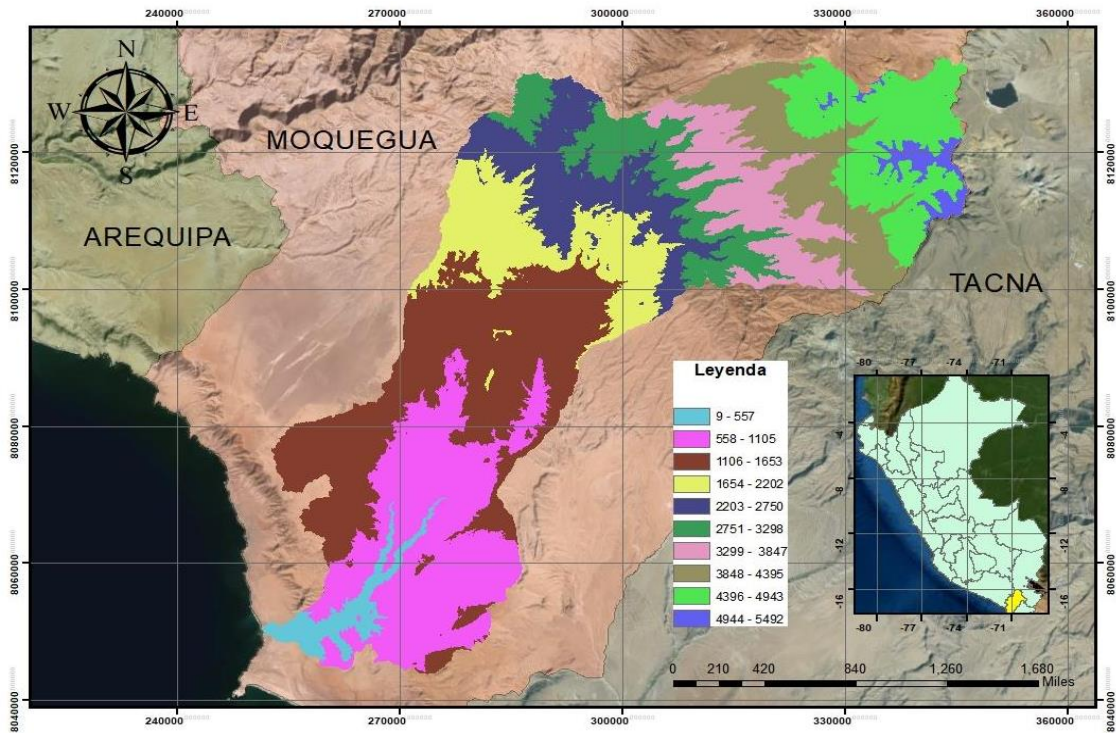
Área Total (Km <sup>2</sup> )	3531.2
$\sum a_i \cdot c_i$	8300362.6
Altura Media (m)	2750.5

**Figura 8.** Curva hipsométrica de la cuenca Moquegua



Fuente: Elaboración propia

**Figura 9.** Curva hipsométrica.



Fuente: Elaboración propia.

## 5.9 Paso 2 y Paso 3

### 5.9.1 Biofísica

#### 5.9.1.1 Índice de regulación hídrica

El índice de regulación hídrica (IRH) se encarga de medir cual es la cantidad de humedad que puede retener una cuenca, su rango es de 0 a 1, cuando los valores son más bajos significa que existe menor regulación y se halla de acuerdo a la siguiente formula (IDEAM, 2021, párr. 1).

$$IRH = \frac{V_p}{V_t}$$

Vp: Volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea de caudal medio.

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

De acuerdo a ello se tiene los siguientes valores obtenidos a través de (INGEMMET, 2019, p. 222)

$$IRH = \frac{4302.97}{6024.85}$$

$$IRH = 0.71$$

De acuerdo a ello se tiene la siguiente tabla se tiene que el IRH es de capacidad de retención moderada.

**Tabla 7.** Índice de regulación hídrica

Descripción	Valores
Capacidad de retención muy baja	< 0.5

Capacidad de retención baja	0.5 a 0.65
Capacidad de retención moderada	0.65 a 0.75
Capacidad de retención alta	0.75 a 0.85
Capacidad de retención muy alta	> 0.85

Fuente: (IDEAM, 2021, párr. 1)

### 5.9.1.2 Coberturas Reguladoras del ciclo hidrológico

Según (MINAM, 2021, párr. 1) de acuerdo al mapa de cobertura vegetal actualizado la cuenca Moquegua posee las siguientes coberturas:

**Tabla 8.** Coberturas vegetales de la cuenca Moquegua

<b>Cobertura vegetal</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Agricultura costera y andina	91.64	2.58
Área altoandina con escasa y sin vegetación	405.02	11.42
Área Urbana	5.36	0.15
Bofedal	6.71	0.19
Bosque relictos altoandinos	6.79	0.19
Cardonal	608.56	17.15

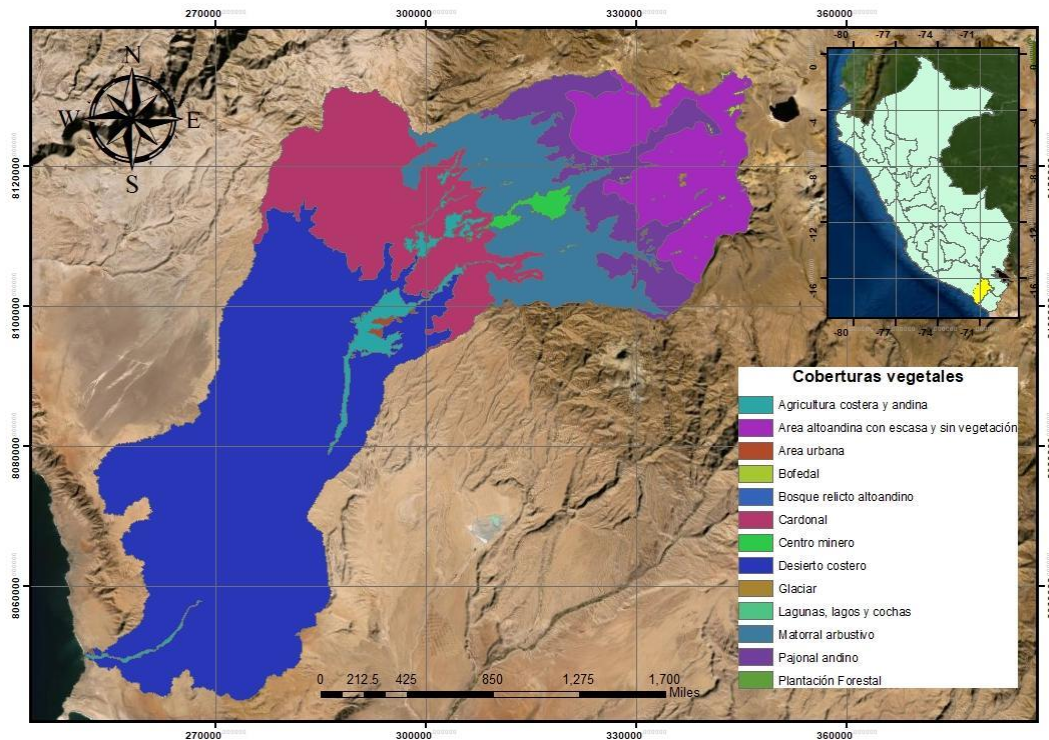


Centro minero	27.62	0.78
Desierto costero	1690.16	47.64
Glaciar	1.89	0.05
Lagunas, lagos y cochas	0.38	0.01
Matorral arbustivo	421.78	11.89
Pajonal andino	280.88	7.92
Plantación forestal	1.08	0.03
TOTAL		100

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en ArcGIS 10.4

De esta tabla se puede interpretar que las coberturas reguladoras del ciclo hidrológico son: Área urbana, centros mineros, agricultura costera y andina y plantación forestal, ya que según (Mendoza, et al., 2021, p. 1) las coberturas que influyen en el ciclo hidrológico son las que muestran una fuerte presión sobre el recurso hídrico por lo que repercute en su deterioro, principalmente por contaminación y reducción de suministro de agua superficial.

**Figura 10.** Coberturas vegetales de la cuenca Moquegua



Fuente: Elaboración propia en ArcGIS 10.4

Finalmente, el porcentaje de cobertura es de 3.54% y en unidades sería 125.71 km<sup>2</sup>.

### 5.9.1.3 Índice de Uso de Agua (IUA)

De acuerdo al último censo en el 2017, la población de Moquegua dio como resultado un total de 174 mil 863 habitantes; la cual al compararla con la cantidad de habitantes del censo anterior a este (realizado en el año 2007), se encontró un aumento en la tasa de crecimiento anual de 2.0% en los habitantes de la zona urbana y una disminución de la tasa de crecimiento anual de 4.7% en la rural (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018, p 24).

Según el anuario de estadísticas ambientales el Perú dispone con un volumen anual promedio de 1 768 512 hectómetros cúbicos de agua, distribuidos en todas sus vertientes hidrográficas. Las cuencas de la región Moquegua,

pertencen a la vertiente hidrográfica del pacifico, la cual cuenta con un promedio de 38 821 hectómetros cúbicos.

El 75.0% de la población posee acceso de agua potable y de este solo 60.1% tiene acceso a agua con niveles de cloro adecuados (INEI, 2019 p- 20 y 27). Por otro lado, el IUA se refiere a un volumen usado de agua por todos los actores existentes en la cuenca en un tiempo determinado, es por ello que se relaciona la demanda de agua con la oferta hídrica. Para hallar este índice tenemos la siguiente fórmula:

$$IUA_{jt} = \left( \frac{Dh_{jt}}{Oh_{jt}} \right)$$

Donde:

$Dh_{jt}$  : Demanda hídrica sectorial en la unidad espacial de referencia (j), en un periodo determinado de tiempo.

$Oh_{jt}$  Oferta hídrica superficial disponible en la unidad espacial de referencia (j), en un determinado periodo de tiempo.

$Dh_{jt}$  93.336

$Oh_{jt}$ : 149.947 hectómetros cúbicos

Datos extraídos de: (Alvarado J. D., 2016)

$$IUA_{jt} = \left( \frac{93.336}{149.947} \right)$$

$$IUA_{jt} = 0.6224$$

#### 5.9.1.4 Índice de fragmentación

(Jiménez, 2019 p. 37) habla de un cálculo al superponer la cobertura de la tierra con una cuadrícula de celdas, y la distribución entre los complejos naturales es evaluada dentro de esas celdas. De cada celda se determina cuántos complejos naturales se encuentran en ella. Según el tipo de cobertura en el área estudiada se

puede encontrar un área adyacente a las presiones y otra sensible a las mismas, y áreas que no caen en ninguno de esos dos aspectos, denominadas de carácter neutral.

(Corredor, 2019, p. 39) El índice de fragmentación es calculado por medio de la aplicación de celdas de 2 x 2 km en un mapa de coberturas procesadas y se procede a realizar la siguiente fórmula:

$$IF = \frac{PSC}{\left(\frac{PS}{CS}\right) \times \frac{PS}{16}}$$

De donde se entiende:

IF: Índice de fragmentación

PSC: Celdas conectadas sensibles

PS: Celdas sensibles

CS: Complejos sensibles

Teniendo en cuenta que las celdas sensibles son aquellas que poseen un alto impacto de la mano del hombre lo que genera una presión en las áreas naturales y las celdas conectadas sensibles se pueden considerar aquellas infraestructuras que causen efectos barreras y fragmentación en las áreas naturales susceptibles. Los rangos que se establecen para determinar el índice de fragmentación son los siguientes:

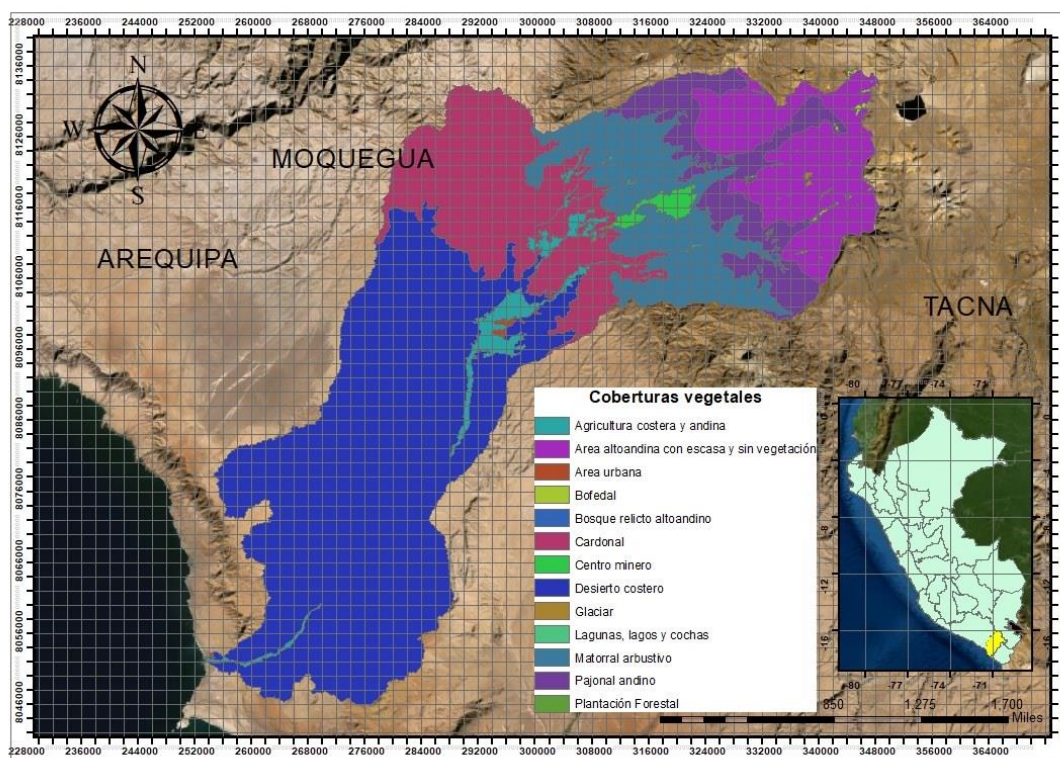
**Tabla 9.** Valores del índice de Fragmentación

VALOR DE FRAGMENTACIÓN	RANGO
Mínima	IF < 0,01
Poca	IF 0,01 - 0,1

Regular	IF 0,01 – 1
Moderada	IF 1 – 10
Fuerte	IF 10 – 100
Extrema	IF > 100

Fuente: Corredor, 2019, p.40

**Figura 11.** Mapa de la cuenca Ilo- Moquegua y la ubicación de las celdas



Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar el mapa de coberturas de la cuenca Ilo – Moquegua se realiza una superposición de casillas de 2x2 km de las cuales salen 3550 celdas de las cuales se puede identificar que las celdas sensibles en total serian 1430, las celdas conectadas sensibles serian 1125, y el número de complejos sensibles serian 305. Con un índice de fragmentación en nivel fuerte.

$$IF = \frac{1430}{\left(\frac{1125}{305}\right) \times \frac{1125}{16}}$$

$$IF = 88,27$$

### 5.9.1.5 Índice de calidad de agua

(INGEMMET, 2019) realizó 3 campañas de campo para generar un inventario de 121 fuentes de agua, de las cuales 34 fueron muestreadas de forma

puntual y no de forma sistemática. Para este estudio se tuvo en cuenta la distribución aleatoria de las fuentes de agua repartidas a lo largo de toda la cuenca del río Ilo Moquegua, así como las características hidráulicas y litología variable según el lugar (INGEMMET, 2019 p. 117).

(INGEMMET, 2019) indica que el análisis realizado fue de metales disueltos, este análisis indica el contenido y la cantidad de elementos en estado iónico, esto representa la composición química del agua subterránea. Este análisis consiste en usar iones mayoritarios (Ca, Na, Mg K HCO, CO, SO, Cl y NO<sub>3</sub>) y metales disueltos (Fe, As, Pb, entre otros), los cuales inciden en los metales pesados.

Posteriormente se hizo un análisis del agua de los manantiales y pozos tomando así 22 muestras para conocer sus características isotópicas, llevando a cabo un análisis por isótopos ambientales (<sup>18</sup>O y D) llevado a cabo en el laboratorio de isótopos ambientales en Chile.

**Tabla 10.** Parámetros de agua

<b>Parámetros</b>	<b>Ríos De Costa Y Sierra</b>	<b>Análisis De Las Cuencas Moquegua-Ilo</b>
Fuente	(El Peruano, 2017)	(INGEMMET, 2019, p. 120)
Temperatura	Δ 3	13.57
pH	6,5 a 9,0	7.61
Ce	<5000	523.24

Fuente: (INGEMMET, 2019)

El índice de calidad de agua califica de 0 a 100, desde muy mala, mala media, buena, excelente y según los estudios realizados y la comparación con la ECA (estándares de calidad ambiental) para el agua se encontró que el índice de

calidad de esta cuenca es 51.44, lo que indica que las aguas de estudiadas cuentan con calidad media (Alvarado, 2017).

### 5.9.1.6 Precipitación y Temperatura

En la recolección de información de temperatura y precipitación de los últimos 30 años se usó la plataforma del SENAMHI que contiene los datos hidrometeorológicos de las siguientes estaciones (SENAMHI, 2021, párr. 1):

- Estación Hidrológica Convencional
- Estación Hidrológica Automática
- Estación Meteorológica Convencional
- Estación Meteorológica Automática

Las estaciones a usar están señaladas en la tabla 9.

**Tabla 11.** Estaciones Meteorológicas a usar.

N°	Estación	Descripción	Ubicación	Información extraída
1	Estación Ilo Código: 117007 Tipo: Convencional Meteorológica	Latitud 17°37'25.7" S  Longitud 71°16'18.8" W  Altitud: 60 msnm	Departamento: Moquegua  Provincia: Ilo  Distrito: El Algarrobal	Precipitación, Humedad relativa, Temperatura máxima, Temperatura mínima  De los años: 2017, 2018, 2019, 2020



2	Estación Moquegua  Código: 4723F1BE  Tipo: Automática Meteorológica	Latitud 17°10'43.48" S  Longitud 71°55'57.61" W  Altitud: 1420 msnm	Departamento: Moquegua  Provincia: Mariscal Nieto  Distrito: Moquegua	Precipitación, Humedad relativa, Temperatura máxima, Temperatura mínima, velocidad del viento  De los años: 2016, 2017, 2018, 2019, 2020
3	Estación Yacanco  Código: 100150  Tipo: Convencional Meteorológica	Latitud: 17°5'26.8" S  Longitud: 70°52'1.2" W  Altitud: 2053 msnm	Departamento: Moquegua  Provincia: Mariscal Nieto  Distrito: Torata	Precipitación, Humedad relativa, Temperatura máxima, Temperatura mínima  De los años: 2018, 2019, 2020

Fuente: Elaboración propia a partir de (SENAMHI, 2021, párr. 1)

Como no existe información completa de los datos que se requieren para el trabajo de investigación se optó por la herramienta NASA POWER, la NASA, ha apoyado durante mucho tiempo la investigación y los sistemas de satélites, proporcionando información importante en el estudio de los procesos climáticos y del clima. Esta información incluye estimaciones climatológicamente promediadas a largo plazo de cantidades meteorológicas y flujos de energía solar superficial (NASA POWER, 2021, párr. 9).

Gracias a los datos que se obtuvieron de la NASA se pudo completar la información faltante de cada estación. Los datos que se consideraron fueron:

Temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura promedio, humedad relativa, precipitación y dirección del viento.

### 5.9.1.7 Caudal

#### 5.9.1.7.1 HEC-HMS

Este es un programa que logra simular el hidrograma de una cuenca mediante aquellos datos físicos que la misma cuenca posee, logrando estimar aquellos caudales máximos que son generados en tiempos de circunstancias pico en los que hay presencia de lluvias extremas. Además de todo gracias a cálculos de hidrogramas de diseño genera cálculos del flujo base, pérdidas de infiltración y la conversión a escorrentía directa (García, 2015, p. 36).

Este programa se usará para simular el caudal histórico de la cuenca Moquegua. En la tabla 12 se tienen dos estaciones hidrológicas del SENAMHI, sin embargo, estas estaciones no tienen información de los caudales de la cuenca, es por ello que se usará las coordenadas de estas estaciones para simular los caudales.

**Tabla 12.** Estaciones Hidrológicas a usar

N°	Estación	Descripción	Ubicación	Información extraída
1	Estación Tumilaca  Código: 204804  Tipo: Convencional Hidrológica	Latitud: 17°7'42.2" S  Longitud: 70°7'42.2" W  Altitud: 1929 msnm	Departamento: Moquegua  Provincia: Mariscal Nieto  Distrito: Torata	Solo tiene información de nivel de río, pero no de velocidad por lo que no se puede calcular caudales, pero se tomará como punto de referencia.

2	Estación Otorá Código: 214700 Tipo: Convencional Hidrológica	Latitud: 17°0'26.36" S  Longitud: 70°51'12.99" W  Altitud: 2575 msnm	Departamento: Moquegua  Provincia: Mariscal Nieto  Distrito: Torata	Solo tiene información de nivel de río, pero no de velocidad por lo que no se puede calcular caudales, pero se tomará como punto de referencia.
---	--	--	---	---

Fuente: Elaboración propia a partir de (SENAMHI, 2021, párr. 1)

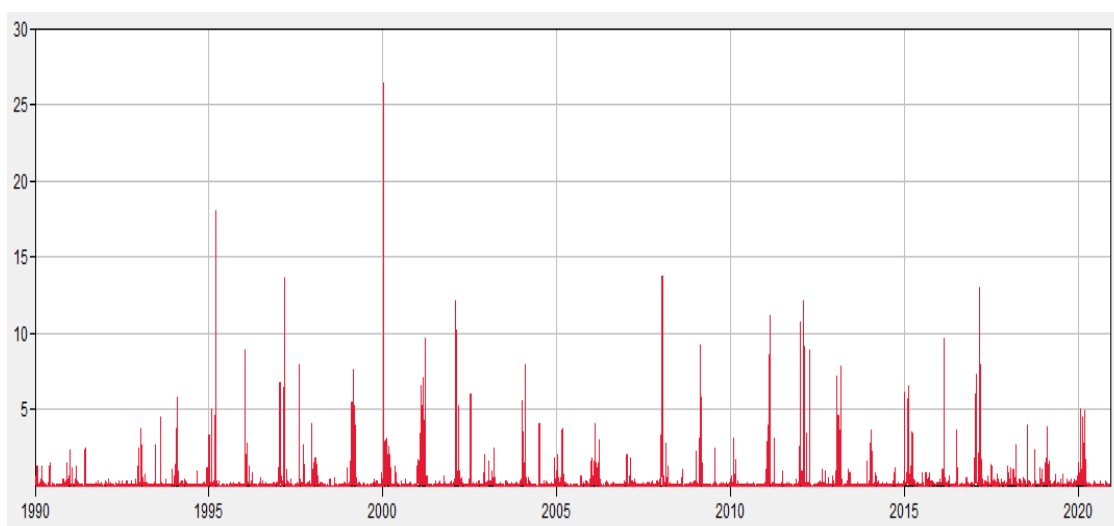
De acuerdo a lo obtenido se tienen dos valores para los caudales promedio para los puntos elegidos:

**Tabla 13.** Valores de los caudales

<b>N°</b>	<b>Estación</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>
1	Estación Tumilaca	0.5
2	Estación Otorá	10

Fuente: Elaboración propia

**Figura 12.** Hidrograma de la cuenca Moquegua



Fuente: HEC HMS

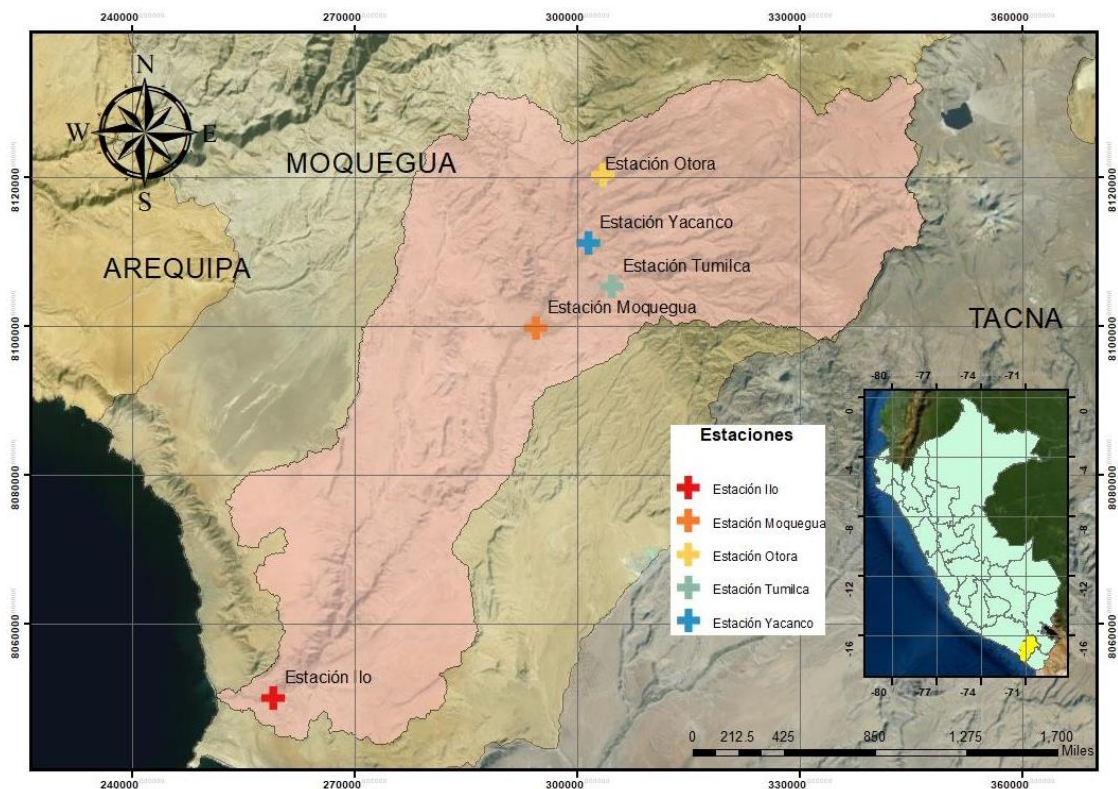
**Interpretación:** A través de la tabla 13 se aprecia que los dos caudales calculados en la cuenca pertenecen a dos estaciones hidrológicas, y son un promedio obtenido a través del programa, por otro lado, se observa que estos caudales promedio son bajos, esto se debería principalmente a las bajas precipitaciones presentadas en la cuenca, además de que de acuerdo a (INGEMMET 2019, p. 54) esta cuenca ha sufrido de constantes sequías entre los años 1971 hasta 1991, lo que no le permitía cubrir la demanda hídrica de la población, ya que anteriormente su utilizaba agua subterránea de pozos, hasta que en el año 1996 a través del proyecto Pasto Grande se pudo trasvasar las aguas superficiales de la CH alta del rio Tambo, por lo que se ha cubierto el déficit de agua y se incrementó la disponibilidad hídrica, lo que permitió usar aguas superficiales para regadío, así como en otras industrias, por lo que el caudal de la cuenca es alterado constantemente, además se observa en el grafico 13 que la cuenca no ha presentado caudales mayores a 30 m<sup>3</sup>/s, luego el promedio general de la cuenca sería de 5m<sup>3</sup>/s de acuerdo a lo obtenido, esto se podría comparar con los valores obtenidos por INGEMMET de acuerdo a diversas instituciones:

**Tabla 14** Caudales de la cuenca Ilo Moquegua obtenido por otras instituciones

ONERN	ANA	CEDEX	ELECTROPERÚ	PROMEDIO ANUAL SENAMHI
2.87 m <sup>3</sup> /s	2.13 m <sup>3</sup> /s	1.8 m <sup>3</sup> /s	4.3 m <sup>3</sup> /s	2.78 m <sup>3</sup> /s

Fuente: (INGEMMET, 2019, p. 64)

**Figura 13.** Mapa de las estaciones a usar



Fuente: (SENAMHI, 2021, párr. 1)

Luego, los resultados obtenidos, de la base de datos del SENAMHI y la base de datos de NASA POWER se pueden resumir en las siguientes tablas, y fue obtenido realizando un promedio de la data por año.

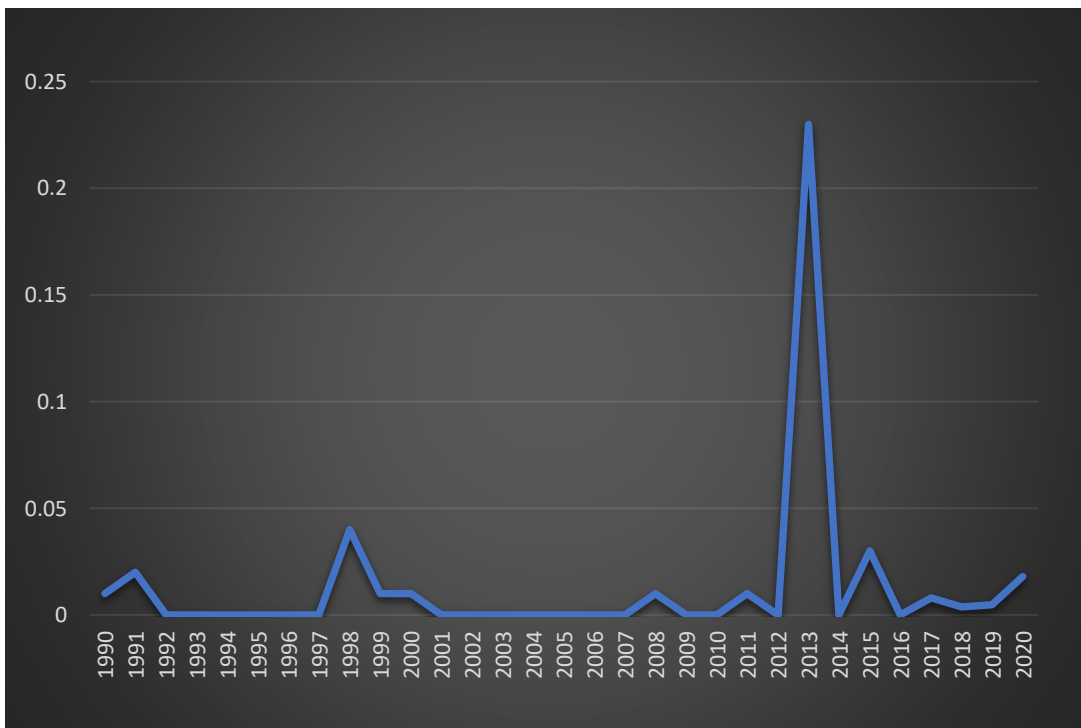
**Tabla 15.** Datos meteorológicos de la estación Ilo

<b>Año</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Humedad Relativa</b>	<b>Temperatura Mínima</b>	<b>Temperatura Máxima</b>	<b>Velocidad del viento</b>
1990	0.01	74	20.25	24.62	3.29
1991	0.02	80.69	13.5	18.04	3.44
1992	0	76.12	13.21	18.05	3.06
1993	0	75.22	14.12	20.26	3.32
1994	0	79.49	14.72	19.65	3.16
1995	0	80.84	14.16	19.08	2.43
1996	0	78.08	16.37	22.2	4.15
1997	0	77.41	18.25	23.36	3.66
1998	0.04	77.36	15.05	20.75	3.91
1999	0.01	78.19	16.22	21.19	3.69
2000	0.01	76.64	18.43	23.09	3.93
2001	0	79.87	12.79	17.91	3.92
2002	0	81.48	17.76	21.75	3.48
2003	0	78.94	17.77	22.83	3.17
2004	0	77.79	13.58	18.52	2.94
2005	0	77.08	14.24	18.6	2.47
2006	0	74.94	16.15	21.27	2.55
2007	0	77.58	16.96	21.52	4.79
2008	0.01	78.04	20.99	25.13	3.53
2009	0	76.53	14.67	19.2	3.99
2010	0	77.59	15.1	19.9	3.25
2011	0.01	74.16	19.19	24.38	3.92
2012	0	76.88	17.56	23.17	3.02
2013	0.23	79.29	20.53	25.48	3.04
2014	0	78.72	19.26	24.2	3.08
2015	0.03	80.47	18.6	22.89	4.12
2016	0	74.11	15.84	22.36	2.66

2017	0.01	82.51	17.04	26.51	4.05
2018	0.00	85.03	16.98	26.42	2.44
2019	0.00	87.24	16.70	26.49	2.78
2020	0.02	88.69	21.57	31.75	4.21

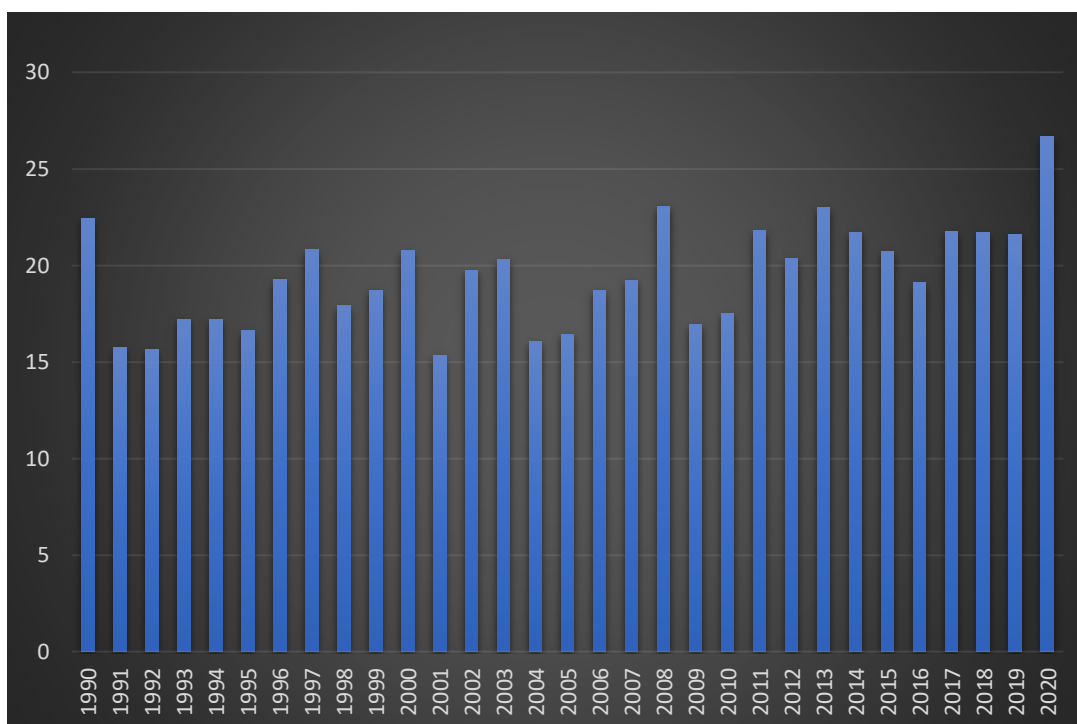
Fuente: Elaboración propia a partir de (NASA POWER, 2021) y (SENAMHI, 2021)

**Figura 14.** Precipitación anual de la estación Ilo (1990 – 2020)



Fuente: Elaboración propia

**Figura 15.** Temperatura anual de la estación Ilo (1990 – 2020)



Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** La estación Ilo que se encuentra en la parte baja de la cuenca presenta precipitaciones bajas en un rango de 0 a 0.25 mm, siendo su pico más alto en los años 2012 y 2014, de acuerdo a (INGEMMET 2019, p. 54) durante los años 1971 a 1991 se registró una sequía continua hasta la construcción de Pasto Grande, que alimenta el caudal de la cuenca, sin embargo, se observa que las precipitaciones continúan siendo bajas en la cuenca, estas bajas precipitaciones concordarían con lo señalado por (INGEMMET 2019, p. 55) que refiere que las precipitaciones en la parte baja en entre el litoral marino y los 2500 msnm s el sector menos lluvioso de toda la cuenca, pues esta influenciado por una elevada concentración de neblinas invernales que provienen del Pacífico de mayo a septiembre, por otra parte la temperatura promedio anual no varía fuertemente, se observa que tiene un comportamiento estable con un ligero incremento durante los últimos años debido probablemente al CC.



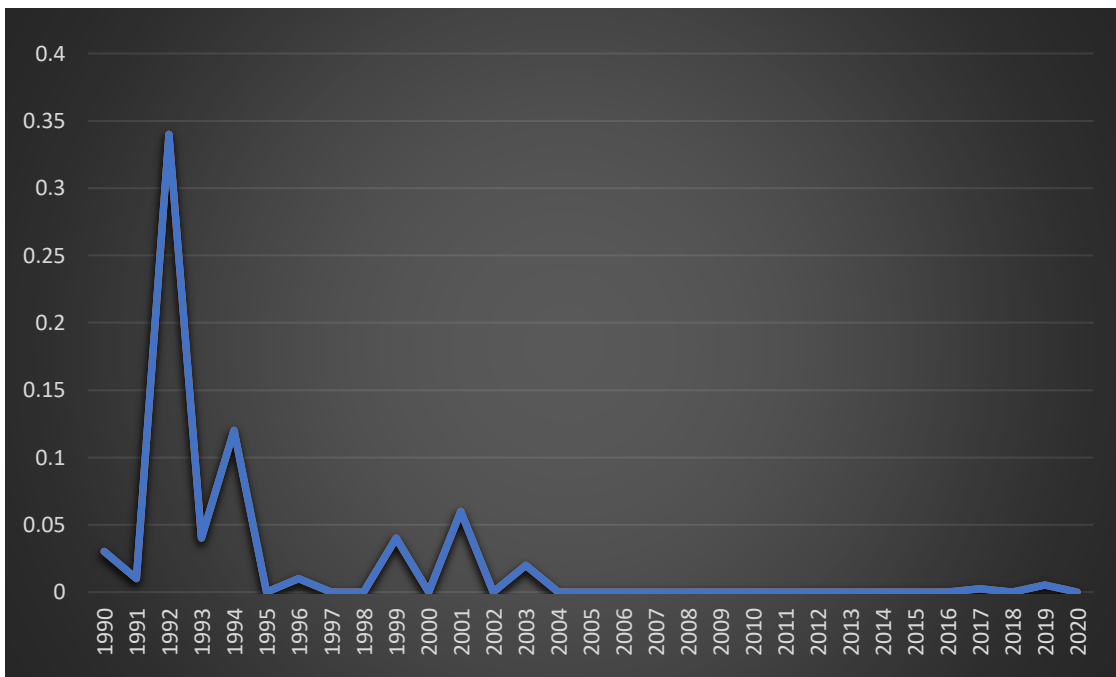
**Tabla 16.** Datos meteorológicos de la estación Moquegua

<b>Año</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Humedad Relativa</b>	<b>Temperatura Mínima</b>	<b>Temperatura Máxima</b>	<b>Velocidad del viento</b>
1990	0.03	77.19	18.96	23.43	3.37
1991	0.01	79.62	19.71	24.7	3.21
1992	0.34	79.33	18	23.23	3.94
1993	0.04	73.8	18.82	23.29	3.45
1994	0.12	80.74	16.64	20.94	2.98
1995	0	74.98	14.47	18.83	2.79
1996	0.01	78.81	17.63	22.68	2.97
1997	0	78.25	16.04	20.9	3.77
1998	0	79.89	15.16	19.57	3.23
1999	0.04	78	15.05	19.86	3.3
2000	0	73.53	15.95	20.96	2.68
2001	0.06	82.2	19.83	24.21	3.15
2002	0	73.61	15.73	21.59	3.69
2003	0.02	76.5	20.92	25.35	3.7
2004	0	75.73	19.41	23.98	3.67
2005	0	74.47	15.85	20.75	3.04
2006	0	71.83	13.53	18.98	3.2
2007	0	76.42	16.41	20.47	3.39
2008	0	70.51	12.25	18.05	3.71
2009	0	71.19	13.3	18.91	2.66
2010	0	76.24	17.25	21.72	3.65
2011	0	71.1	14.62	18.62	2.28
2012	0	77.19	15.01	19.8	2.49
2013	0	74.25	15.23	20.05	2.23
2014	0	72.91	16.54	21.15	2.58
2015	0	68.43	14.8	20.67	3.28
2016	0	77.16	17.56	22.45	2.53

2017	0	80.59	18.46	23.2	3.19
2018	0	76.23	18.03	23.08	2.42
2019	0	76.57	17.94	22.97	3.33
2020	0.06	79.34	17.17	21.78	3.1

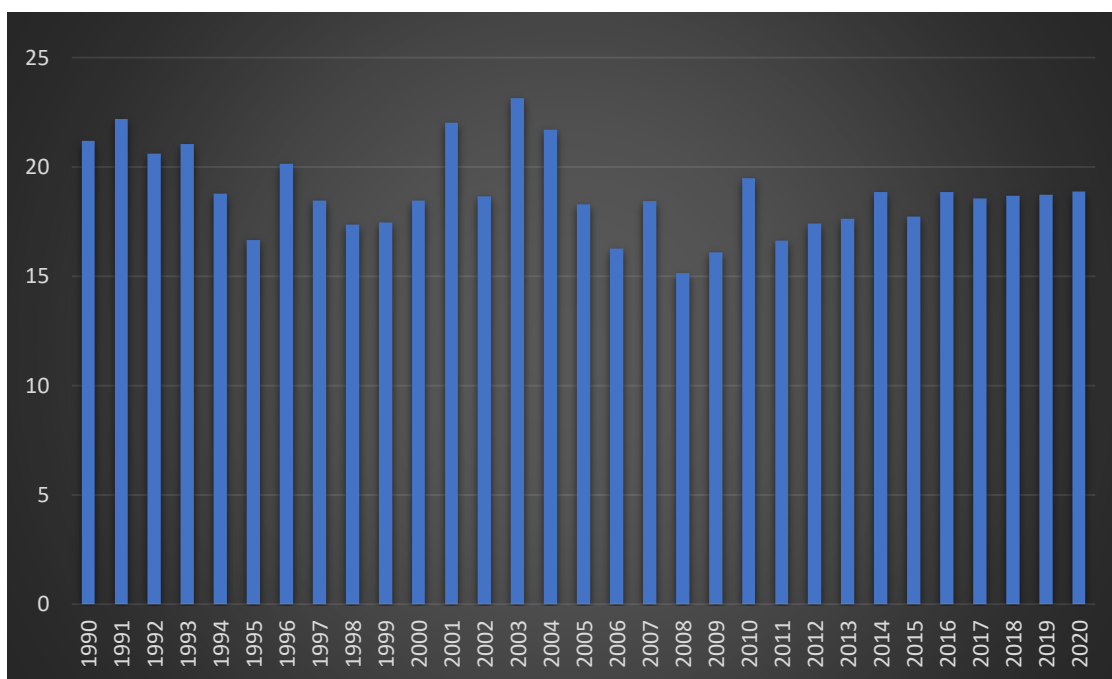
Fuente: Elaboración propia a partir de (NASA POWER, 2021) y (SENAMHI, 2021)

**Figura 16.** Precipitación anual de la estación Moquegua (1990 -2020)



Fuente: Elaboración propia

**Figura 17.** Temperatura anual de la estación Moquegua (1990 -2020)



Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** La estación Moquegua que se encuentra en la parte media de la cuenca, se observa por la tabla 16 y los gráficos obtenidos de esta que, primeramente el rango de precipitaciones se ha incrementado, es decir, de 0 a 0.4 mm, por otro lado, se aprecia que el mayor pico alcanzado fue en el año 1992, hasta que en el 2004 se observa que las precipitaciones fueron prácticamente nulas, por lo que es cierto que existe un incremento de precipitación conforme se sube de altura, pero no parece ser muy significativo, de igual forma la temperatura presenta ligeras variaciones pero no son muy significativas, (INGEMMET, 2019, p. 58) señala que de acuerdo al piso altitudinal es que la temperatura a lo largo de la cuenca presenta ligeras variaciones, pero estas no son muy significativas, y que las mayores temperaturas se presentan durante la época de verano (enero, febrero y marzo) y los otros meses, presenta las bajas temperaturas que se registran (junio, julio y agosto) y de igual forma con respecto a la precipitación.

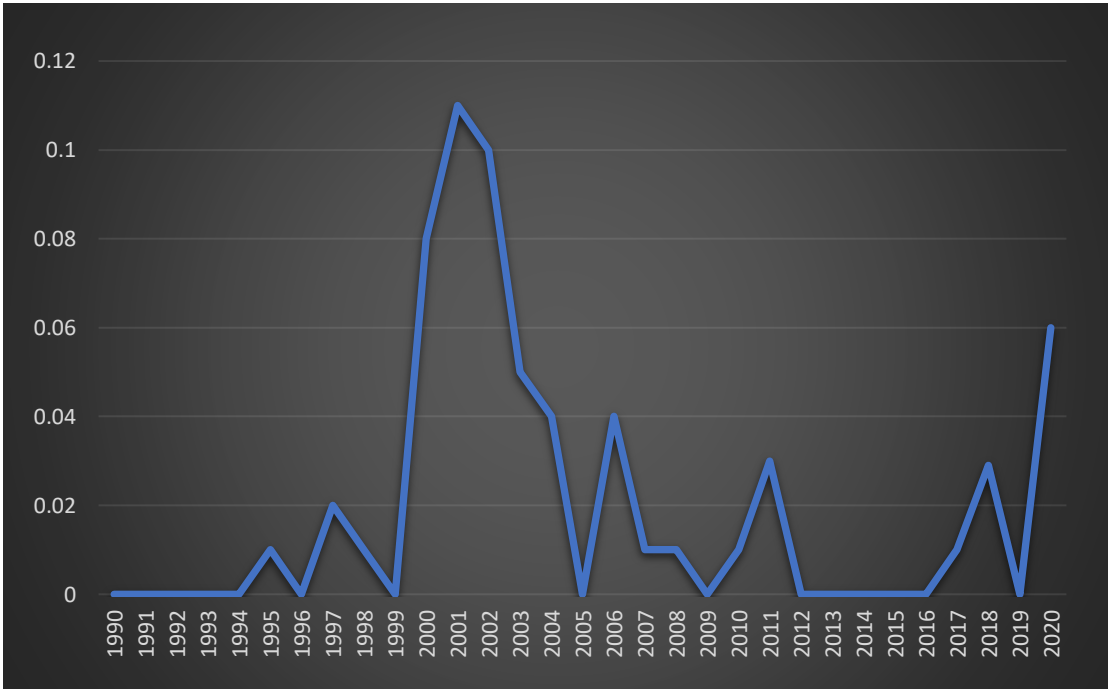
**Tabla 17.** Datos meteorológicos de la estación Yacanco

<b>Año</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Humedad Relativa</b>	<b>Temperatura Mínima</b>	<b>Temperatura Máxima</b>	<b>Velocidad del viento</b>
1990	0	78.64	19.24	23.95	3.97
1991	0	74.9	19.83	24.38	4.06
1992	0	68.45	12.97	18.88	2.91
1993	0	74.55	19.41	24.33	3.69
1994	0	74.23	15.54	20.77	2.59
1995	0.01	80.8	14.79	19.74	3.26
1996	0	76.9	19.35	24.3	3.49
1997	0.02	78	18.68	23.01	4
1998	0.01	73.37	15.53	20.74	3.97
1999	0	74.36	15.46	20.84	4.09
2000	0.08	82.26	19.52	22.3	3.8
2001	0.11	79.73	20.52	25.28	2.97
2002	0.1	80.93	20.01	24.15	3.78
2003	0.05	78.53	18.61	23.37	4.16
2004	0.04	77.26	19.1	23.73	3.3
2005	0	74.91	13.99	18.82	4.32
2006	0.04	81.05	20.05	24.07	3.37
2007	0.01	78.68	17.02	22.03	3.31
2008	0.01	74.28	17.55	22.92	3.2
2009	0	71.19	13.3	18.91	2.66
2010	0.01	74.16	15	20.8	3.51
2011	0.03	71.62	13.23	18.83	3.34
2012	0	78.42	14.78	19.58	3.7
2013	0	76.04	14.5	19.38	3.63
2014	0	76.02	18.56	23.6	3.24
2015	0	74.82	13.7	19.01	3.34
2016	0	76.45	15	19.85	3.09

2017	0.01	79.98	20.97	25.21	3.32
2018	0.03	71.80	11.10	25.16	3.37
2019	0	76.08	14.37	19.03	3.05
2020	0.06	80.8	17.31	21.23	3.09

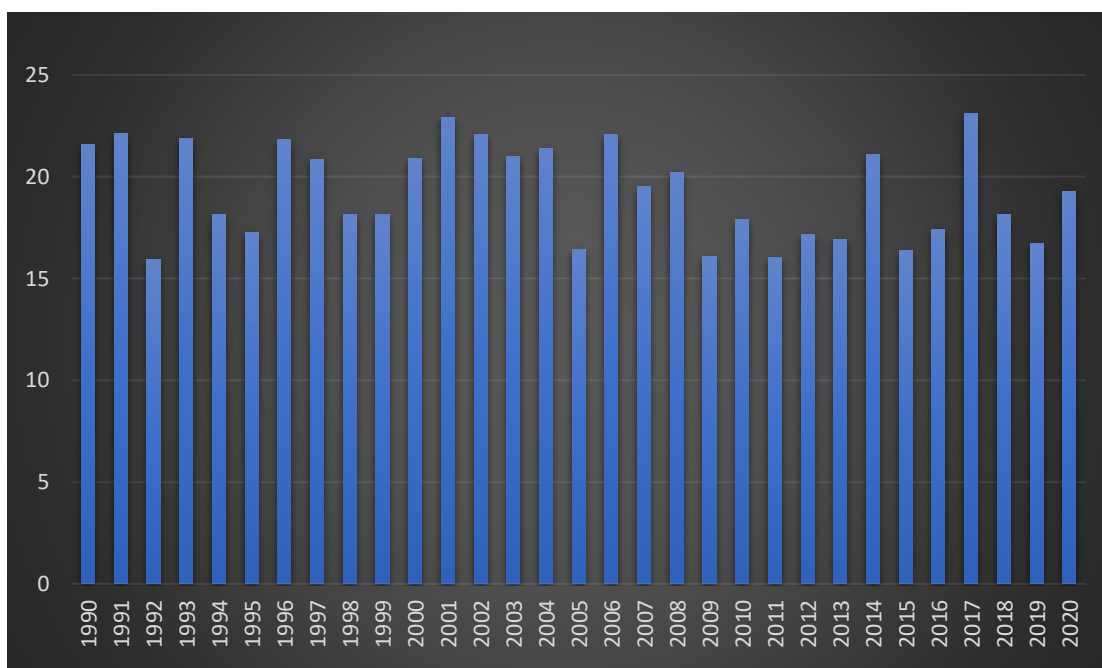
Fuente: Elaboración propia a partir de (NASA POWER, 2021) y (SENAMHI, 2021)

**Figura 18.** Precipitación anual de la estación Yacanco (1990-2020)



Fuente: Elaboración propia

**Figura 19.** Temperatura anual de la estación Yacanco (1990-2020)



Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** La estación Yacanco, que se encuentra en la parte alta de la cuenca a pesar de no registrar altas precipitaciones si muestra que en esta zona existe mayor precipitación que en las otras estaciones, en general todos los años, esto según (INGEMMET, 2019, p. 54) debido a que en la zona alta de Puna aún existen porciones pequeñas de nevados, la temperatura continúa siendo estable, presentando variaciones relativamente estables.

Con todo ello se observa que las precipitaciones son menores a la temperatura todos los años, por lo que esto contribuye al déficit hídrico de la cuenca, por otro lado, respecto a la humedad relativa se observa que en todas las tablas tiene un valor no muy variable, siendo que el valor promedio de esta es de acuerdo a las tablas de 75.86% y la dirección del viento con un promedio general de 3.33 m/s, (INGEMMET, 2019, p. 61) indica que los valores más altos de viento ubicados en la parte baja de la cuenca y a medida que la altura aumenta, la velocidad del viento disminuye.

## 5.9.2 Político institucional

### 5.9.2.1 Inversiones del acueducto en gestión ambiental para la cuenca

Según (Corporación ANP, 2016) para hallar este indicador es necesario aplicar la siguiente fórmula:

$$\%Inversiones = \frac{K}{T} * 100$$

Donde:

K: Número de proyectos financiados

T: Número de proyectos formulados

De acuerdo a (Zavaleta, 2017, p. 5) la cuenca del río Moquegua no tiene regulación en toda la cuenca, pero recibe descargas de caudales regulados del Canal de Pasto Grande, uno de los proyectos de inversión más importantes de la cuenca, de donde las aguas son derivados de la cuenca del río Tambo. Para hallar el porcentaje de inversiones del acueducto se enumeran a continuación los proyectos que se encuentran en la cuenca Moquegua de acuerdo con lo que indica (Alegría, 2016, p.9):

- Proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica
- Proyecto Especial Regional Pasto Grande (PERPG)
- Programa de Formalización de Derechos de Usos de Agua (PROFODUA)
- Programa de Encauzamientos de Ríos y Protección de Estructuras de Captación (PERPEC)
- Programa Sectorial de Irrigación (PSI)
- Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (FONCODES)

Todos estos proyectos están Financiados por lo que el indicador sería del 100%

### 5.9.2.2 Actores relacionados con el recurso hídrico en la cuenca

Según (Alegría, 2016, p.9) los actores de la gestión del agua se organizan en tres grupos de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 18.** Actores relacionados a la cuenca Moquegua

<b>Actores</b>	<b>Descripción</b>
<p><b>Gestión social:</b> Conformado por organizaciones de usuarios locales, relacionados directamente a su utilización, agrario o poblacional y que puedan gestionar el agua acorde a sus costumbres y usos, valoran el agua por sus criterios económico, cultural, social y también religioso</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comunidades campesinas ubicadas en zonas andinas de la cuenca.</li> <li>2. Comisiones, juntas de Usuarios y comités de regantes, ubicados en zonas de valle y costeras, que administran y operan infraestructuras menores de riego.</li> <li>3. Juntas de servicios de agua y saneamiento o comités de agua potable, que mantienen y operan el servicio de agua en algunos centros poblados pequeños.</li> <li>4. Asociaciones civiles, con objeto de promocionar la incidencia en contribución a objetivos de gestión del agua.</li> </ol>
<p><b>Gestión empresarial:</b> Realizada por iniciativas de agencias y empresas económicas privadas con fines de lucro o la óptima prestación de servicios públicos que desempeñan en un marco de</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Empresas Mineras (Southern Perú Copper Corp, SPCC, Anglo American Quellaveco, AAQ)</li> <li>2. Empresas agropecuarias</li> <li>3. Empresas prestadoras de saneamiento municipales.</li> <li>4. Empresas prestadoras de electricidad (SPCC y ENERSUR)</li> </ol>



formalidad, consideran el agua como un insumo de producción	
<p><b>Gestión pública del agua:</b> La cual la asumen las instituciones públicas con un mandato normativo o técnico normativo determinado relacionado a la gestión del agua en concordancia al marco institucional y normativo del agua.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ANA: Calidad de ente rector</li> <li>2. ALA Moquegua: con jurisdicción en la cuenca Ilo - Moquegua y el sector del Alto Tambo del ámbito de influencia de la Presa Pasto Grande, trasvasado a Moquegua</li> <li>3. MINAM: Ente rector de la gestión ambiental</li> <li>4. Gobierno regional</li> <li>5. Instancias regionales de los sectores públicos</li> <li>6. Gobiernos locales</li> <li>7. Programas y proyectos del estado</li> </ol>
<b>Total</b>	15

Fuente: (Alegría, 2016, p. 11)

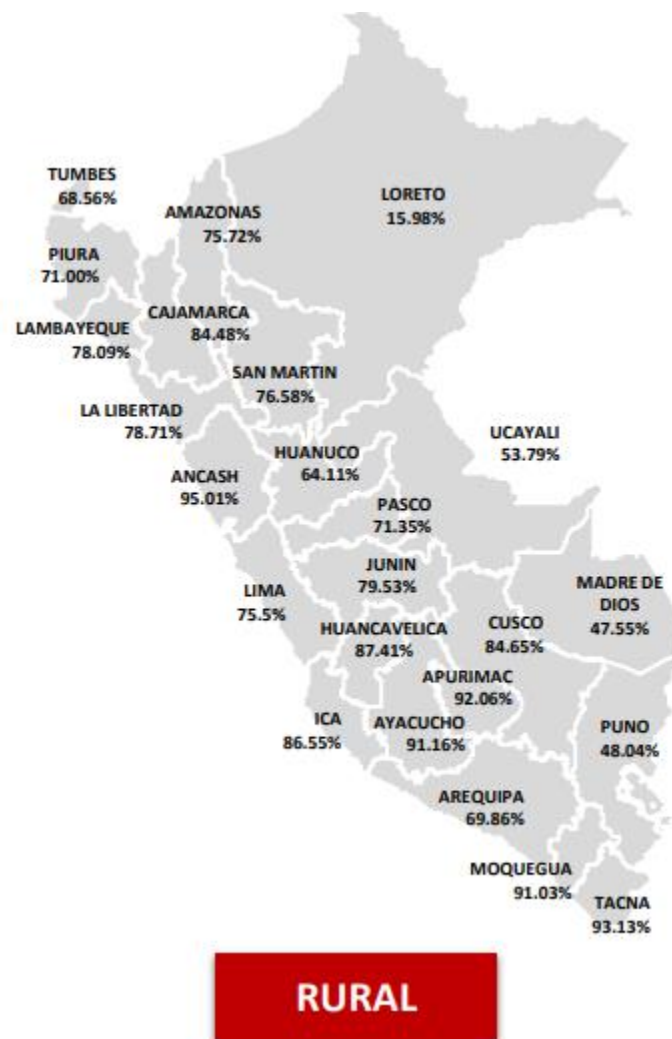
### 5.9.3 Económico productivo

En esta dimensión se puede analizar el desarrollo socioeconómico con la realización de diferentes actividades económicas como podrían ser pecuario, forestal, cacería, agricultura, apicultura, crianza de animales domésticos, uso de recurso hídrico y minería no metálica. Además, también pueden analizarse la promoción y desarrollo de asociaciones con cadenas productivas, mejoramiento de red vial regional con prioridad de promover el desarrollo de las actividades que la cuenca puede promover (GRM, 2018, p. 56).

#### 5.9.3.1 % Cobertura acueducto rural

Es el porcentaje del sistema de abastecimiento de agua, en el caso del acueducto de la zona rural es aquel sistema utilizado para abastecer a la zona rural.

**Figura 20. Cobertura rural peruana**

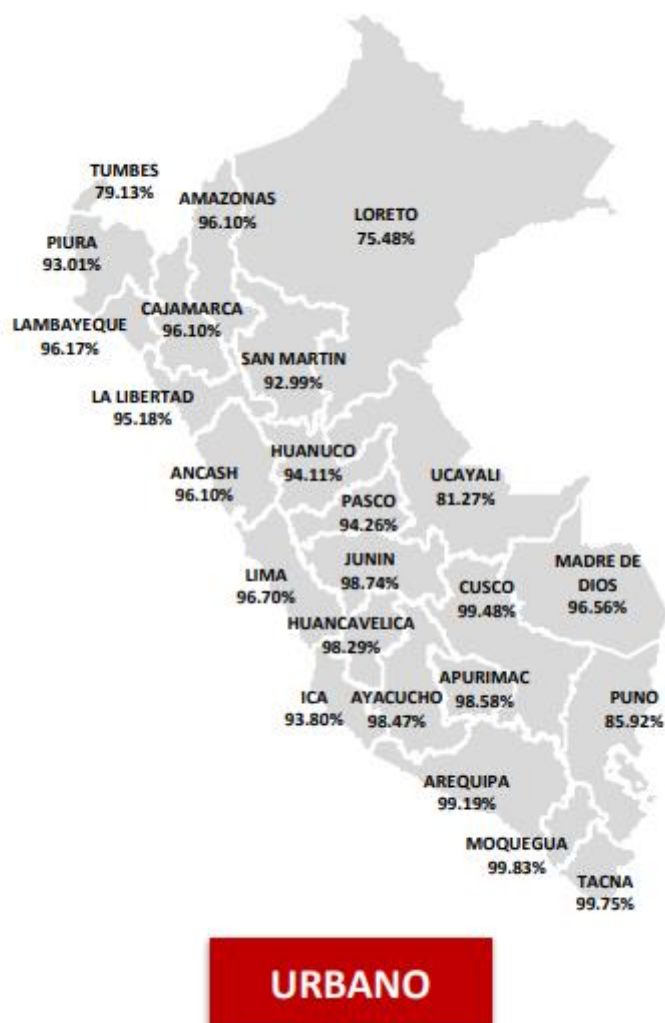


Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019, p.8

### 5.9.3.2 % Cobertura acueducto urbana

Es el porcentaje del sistema de abastecimiento de agua, en el caso del acueducto urbano es aquel sistema utilizado para abastecer a la zona urbana.

**Figura 21.** Cobertura urbana peruana



Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019, p.8

#### **5.9.4 Socio cultural**

En esta dimensión se pueden analizar los factores de conflictos de usos de agua, la disponibilidad del agua de la comunidad, densidad de la población, niveles de organización, calidad de vida, pobreza entre otros. Además, también se busca con el análisis de esta dimensión de que la población participe en sus aspiraciones respecto al plan del uso del agua en lo posible y puedan obtener algún beneficio (CEPAL, 2018, p.10).

#### **5.9.4.1 Densidad poblacional rural**

Este indicador evalúa el nivel de concentración de la población en una región determinada, en este caso se evaluará para el área geográfica de influencia de la cuenca Moquegua, es el número de habitantes que existen en un kilómetro cuadrado, en este caso hablando de población en el área rural (INEI, 2017, p. 20).

Población censada 2017: 22 972 - 13,1%

Superficie en km<sup>2</sup>: 15 734

Su densidad sería: 1,46 hab/km<sup>2</sup>

#### **5.9.4.2 Densidad poblacional urbana**

Este indicador estima el nivel de concentración de la población en una región determinada, en este caso se evaluará para el área geográfica de influencia de la cuenca Moquegua, es el número de habitantes que existen en un kilómetro cuadrado, en este caso hablando de población en el área urbana (INEI, 2017, p. 20).

Población censada en 2017: 151 891 - 86.9%

Superficie en km<sup>2</sup>: 15 734

Su densidad sería: 9,65 hab/km<sup>2</sup>

#### **5.9.4.3 Percepción de eficiencia del servicio de acueducto usuarios zona urbana**

Según (EPS Moquegua S.A., 2019, p. 18) este indicador evalúa el porcentaje de eficiencia del servicio de acueducto que se presta en la zona urbana del área influenciada por la cuenca Moquegua, teniendo un porcentaje de 75,9%.

#### 5.9.4.4 Percepción de eficiencia del recurso hídrico por usuarios zona rural

Según (EPS Moquegua S.A., 2019, p. 18) este indicador evalúa el porcentaje de eficiencia del recurso hídrico que se presta en la zona rural del área influenciada por la cuenca Moquegua, teniendo un porcentaje de 59 %.

**Tabla 19.** Resumen de los indicadores

<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Valor (x)</b>	<b>Fuente bibliográfica</b>
Biofísica	Índice de regulación hídrica	0,71	(IDEAM, 2021)
	Coberturas Reguladoras del ciclo hidrológico	3,54%	(MINAM, 2021)
	Índice de Uso de Agua	0,6224	(Alvarado, 2017)
	Índice de fragmentación	88,27	(Jiménez, 2019)
	Índice de calidad de agua	51,44	(Alvarado, 2017)
	Precipitación	0,018 mm	(SENAMHI, 2021) (NASA POWER, 2021)
	Caudal	5	m <sup>3</sup> /s
	Temperatura	19,207 °C	(SENAMHI, 2021) (NASA POWER, 2021)
Político institucional	Inversiones del acueducto en gestión ambiental para la cuenca	100%	(Alegría, 2016)
	Actores relacionados con el recurso hídrico en la cuenca	15	(Alegría, 2016)
Económico productivo	% Cobertura acueducto rural	91,03 %	(Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

	% Cobertura acueducto urbana	99,86 %	(Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)
Socio cultural	Densidad poblacional rural	1,46 hab./km <sup>2</sup>	(INEI, 2017)
	Densidad poblacional urbana	9,65 hab./km <sup>2</sup>	(INEI, 2017)
	Percepción de eficiencia del servicio de acueducto usuarios zona urbana.	75,9%	(EPS Moquegua S.A., 2019)
	Percepción de eficiencia del recurso hídrico por usuarios zona rural.	59%	(EPS Moquegua S.A., 2019)

Fuente: Elaboración propia

#### 5.10 Paso 4: Fórmula para el análisis de la vulnerabilidad

Aplicando la fórmula de para el análisis de la vulnerabilidad se tiene:

$$V = ex + se - ca + \frac{1}{3} \quad (1)$$

Luego procederemos al cálculo de cada uno de los componentes (ex, se, ca) de acuerdo con la metodología:

En el caso de la vulnerabilidad presente

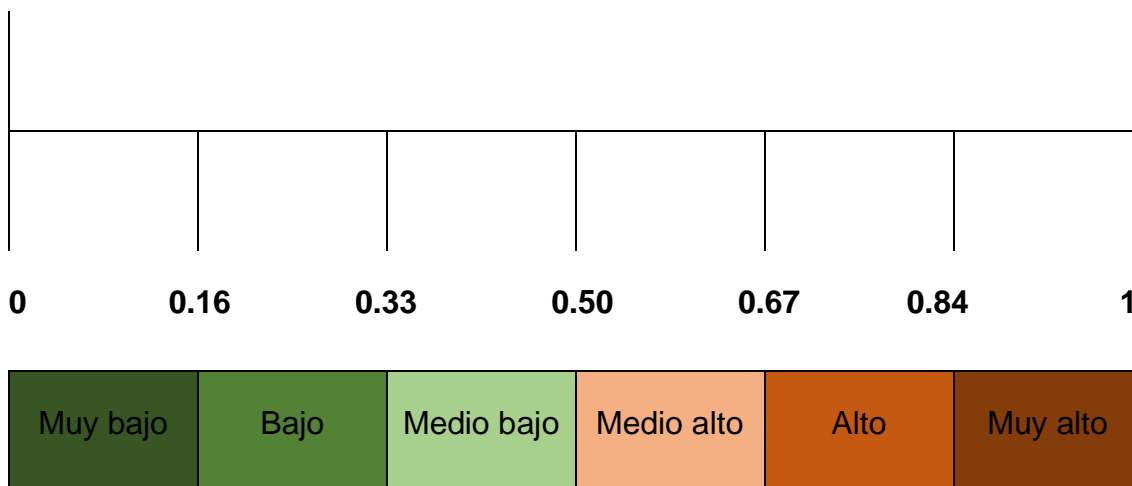
$$ex = \sum_{i=1}^n I_i = I_{(p1)(w1)} + I_{(p2)(w2)} + I_{(p3)(w3)} + I_n = 0,94 \quad (2)$$

$$se = \sum_{i=1}^n I_i = I_{(p1)(w1)} + I_{(p2)(w2)} + I_{(p3)(w3)} + I_n = 0.19 \quad (3)$$

$$ca = \sum_{i=1}^n I_i = I_{(p1)(w1)} + I_{(p2)(w2)} + I_{(p3)(w3)} + I_n = 1.25 \quad (4)$$

Según la metodología que se está utilizando la vulnerabilidad tiene seis valores de interpretación equidistante:

**Figura 22.** Rangos para la interpretación de la vulnerabilidad



Fuente: (Valencia, et al., 2016, p. 36)

### 5.11 Paso 5: Evaluación de la vulnerabilidad actual y futura

**Tabla 20.** Vulnerabilidad de acuerdo a los escenarios

Escenarios	S	E	CA	V	VULNERABILIDAD					
Presente	0.19	0.94	1.25	0.21	X					
Niño moderado	0.96	0.19	1.25	0.23	X					
Niña moderada	1	0.19	1.25	0.34		X				
Niño moderado BCA	0.98	0.17	0.99	0.49		X				

Niña moderada BCA	1	0.17	0.98	0.52				X		
Niño moderado ACA	0.91	0.25	1,29	0.18		X				
Niña moderada ACA	0.91	0.25	1,29	0.19		X				

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Se puede identificar que en la tabla 20 que los niveles de vulnerabilidad obtenidos luego del análisis de cada identificador y la aplicación de niveles de sensibilidad, exposición y capacidad adaptativa en cada uno de los escenarios planteados, en los que se puede identificar niveles de bajo en el presente, niño moderado, niño moderado ACA, niña moderada ACA; medio bajo en la niña moderada y niño moderado BCA; además de nivel medio alto para niña moderada BCA. De estos niveles de vulnerabilidad el que encontramos que puede representar un riesgo para esta cuenca serían el escenario que se dan en el nivel medio alto en el escenario niña moderada BCA.

## 5.12 Propuesta de estrategias para afrontar el cambio climático en la cuenca

### Moquegua

#### 5.12.1 Misión

Se proponen estrategias para poder afrontar la vulnerabilidad medio alta encontrada en la cuenca Moquegua en diferentes escenarios analizados y poder hacer frente al cambio climático.



### **5.12.2 Visión**

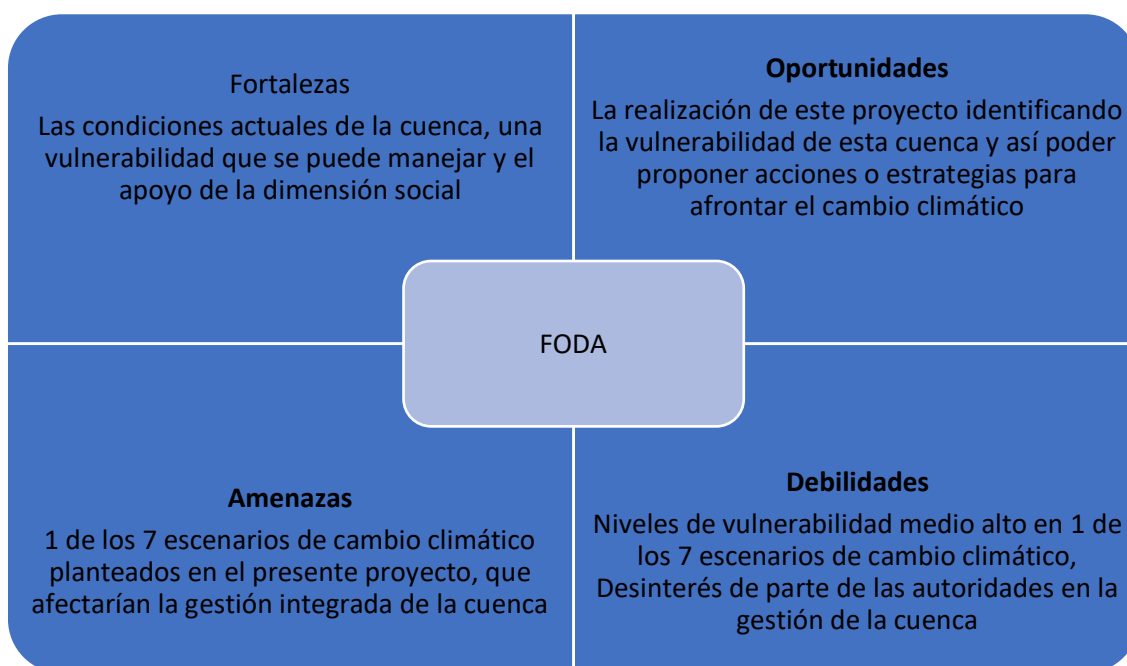
Esta propuesta de estrategias busca hacer frente a las situaciones de cambio climático que inciden de una u otra manera en el manejo del recurso hídrico de la cuenca Moquegua.

### **5.12.3 Objetivos**

Proponer estrategias para poder hacer frente a los cambios climáticos en la cuenca Moquegua

- Identificar las fortalezas del manejo de la cuenca Moquegua frente al CC.
- Identificar las oportunidades del manejo de la cuenca Moquegua frente al CC.
- Identificar las debilidades del manejo de la cuenca Moquegua frente al CC.
- Identificar las amenazas del manejo de la cuenca Moquegua frente al CC.

#### 5.12.4 Análisis FODA



Fuente: Elaboración propia

#### 5.12.5 Estrategias

- Mantener y organizar mesas de diálogo regional.
- Intentar incorporar a todas las comunidades que están en el entorno de incidencia de la cuenca Ilo - Moquegua en las mesas de diálogo.
- Realizar mayor inversión por parte de gobiernos nacionales y regionales poniendo como prioridad el diseño y la construcción de represas, ya que la cuenca Ilo - Moquegua no cuenta con ellas, para lograr regular y controlar el agua teniendo en consideración el Plan Estratégico de desarrollo nacional.
- La generación de institucionalidad del manejo de la cuenca Ilo - Moquegua para hacer frente al cambio climático, no pueden alcanzarse con entes autárquicos con poca articulación ni capacidad organizacional en el trabajo y convergencia de intereses.

- Realizar más propuestas para los acuerdos y puntos de vista que se puedan presentar en las mesas de diálogo exactamente en los debates que realizan, por medio de radiales e impresos, tratando de que no tenga influencia en los grupos ciudadanos anti desarrollo.
- Tratar de que la Mesa de Diálogo no se politice mediante el planteamiento de normas que plasmen que los diálogos y debates sean técnicos, además que los acuerdos que se tomen sean en consenso.
- Establecer en la Mesa de Diálogo, sobre todo en los integrantes, que el Estado tiene las instancias y unidades competentes que opinarán y resolverán técnicamente los aspectos o temas que se requieran o soliciten sus equipos técnicos.
- Debe haber participación ciudadana democrática de la región para una previa consulta del otorgamiento de la licencia social.
- Tener claro que las inversiones y estrategias políticas de desarrollo nacional y con otros fines están dentro de las competencias del gobierno nacional el cual podrá determinar el beneficio de las mayorías y el valor de la inversión nacional que se pueda realizar.
- En estas mesas de diálogos la presencia de representantes de organizaciones desfasadas e ideologizadas representaran un bache en la toma de decisiones y esto lo deben tener claro las autoridades de las mismas, ya que podrían generar caos e inestabilidad social usando medios de comunicación aprovechando el autoritarismo y fanatismo para imponer sus puntos de vista.
- En el caso del control y evaluación de la calidad del agua y su disponibilidad se debe instrumentar mecanismos integradores.
- El uso conjunto y la gestión multisectorial de las aguas subterráneas y superficiales debe ser implementado y consolidado.

- La infraestructura mayor hidráulica debe ser consolidada.
- Para el desarrollo de infraestructura en la gestión de agua se debe promocionar inversiones privadas.
- Para el uso conjunto del agua subterránea y superficial se recomienda un modelamiento previo.
- En el caso de la gestión de embalses también se recomienda un previo modelamiento.
- Para formular planes de gestión del manejo del recurso hídrico de la cuenca se deben diseñar previamente procesos participativos.
- Se debe considerar previamente para desarrollar proyectos hidráulicos de común aprovechamiento el diseño e implementación de un sistema financiero sólido.
- En el caso de los programas binacionales de recursos hídricos deben ser gestionados previamente.
- Para facilitar la solución de conflictos que se puedan presentar se debe plantear un vademécum normativo para casos especiales.
- Para el caso de las aguas subterráneas presentes se debe diseñar e implementar sistemas de monitoreo.
- En torno a los cuerpos de agua en calidad y cantidad se debe programar un monitoreo sistemático.
- Para sedimentos en el recurso hídrico se debe programar su medición de manera sistemática.
- Por último, en el caso de embalses de regulación se recomienda efectuar levantamientos batimétricos frecuentes.

## V. DISCUSIÓN

Se logro analizar los parámetros de precipitación con un valor en el rango de 0 a 26 mm y la precipitación promedio que fue 0.18 mm, temperatura siendo el mínimo 11 °C y el máximo 27 °C y la temperatura promedio es 19.2 y caudal promedio que fue de 0.5 a 10 y el promedio 5 m<sup>3</sup>/s, esto , esto mediante fuentes bibliográficas confiables como la base de datos meteorológicos del SENAMHI y la base de datos de la NASA, de donde se analizaron datos históricos de aproximadamente 30 años y se pudieron procesar de manera efectiva además del software HEC-HMS, de donde se obtuvieron los datos de caudal, para ello se promediaron los datos de cada día, de todos los años y se obtuvo un promedio general para cada año, este método de cálculo resultó eficiente pues los valores obtenidos concuerdan con el boletín hidrológico elaborado por el INGEMMET para el año 2019, pues indica valores bastante cercanos, todo ello con la finalidad de analizar la vulnerabilidad ante el CC y gestionar esto con las estrategias propuestas.

De los resultados se observa que la cuenca sufre de estrés hídrico, y que para poder cumplir los requerimientos y la demanda hídrica es necesario incrementar su caudal a través de la represa Pasto Grande, esto corroborado con (INGEMMET, 2019, p. 56) quien sugiere que como solución a esta dependencia de la cuenca del rio tambo se enfoque en propuestas de intervención para incrementar la oferta hídrica a través del uso de los recursos subterráneos, además de que sugiere la captación de agua a través de neblina, por otra parte (ANA, p. 120) de acuerdo a su estudio hidrogeológico en la cuenca señala que existen 24 sectores de la cuenca con buenas condiciones de explotación de agua subterránea, esto reforzaría el hecho de que se puede trabajar de con los recursos subterráneos, pero no sin olvidar que es necesario considerar su manejo sostenible.

Respecto a la vulnerabilidad, se realizó el análisis de esta, por lo que se definieron valores estándares en las dimensiones político institucional, económico productivo y socio cultural demostrando que la cuenca hidrográfica Ilo – Moquegua se da abasto en lo que cabe a la cobertura que puede dar a nivel social en la influencia de la cuenca, ya que son categorizadas según los componentes de vulnerabilidad que se están tomando en cuenta como son la exposición, capacidad

adaptativa y sensibilidad que se miden, que pueden diferir de otros componente tomados para el análisis de otras cuencas como se considera en (Mussetta, y otros, 2017, p. 4) en la que se señalan dimensiones políticas, sociales, económicas y culturales que condiciona el análisis de vulnerabilidad mediante factores físicos y sociales, además de que se sigue con las dimensiones tomadas en cuenta en la investigación (Valencia, et al., 2016, p. 5), en la que se definen estas dimensiones por el modelo AVA que se utiliza como referencia.

Del análisis de vulnerabilidad se obtuvieron los valores de vulnerabilidad en los escenarios de niña moderada BCA son de 0.52, encajando en el nivel medio alto de vulnerabilidad, en el caso de niña moderada es de 0,34 y en el caso del niño moderado BCA es de 0,49 valores que indican que tienen un nivel de vulnerabilidad medio bajo y en el caso de los escenarios del presente con 0,21; niño moderado 0.23; niño moderado ACA 0.18 y niña moderada ACA 0.19 el nivel de vulnerabilidad es bajo. Teniendo en cuenta que se encontraron situaciones de emergencia declarando peligro inminente en el periodo de lluvias 2019-2020 en la cuenca hidrográfica Ilo – Moquegua según (ANA, 2020, párr. 4), además también se evalúan puntos críticos, en la cuenca, pero no hay estudios que puedan contrastar los niveles de vulnerabilidad, según (INGEMMET, 2019, p. 166) se identifican también niveles de vulnerabilidad en la cuenca Ilo – Moquegua con valores de 0,64 y 0,56 en acuíferos sedimentarios, ante la contaminación que se presenta en el área, delimitando la vulnerabilidad de la cuenca a un área determinada.

Demostrando también que la mayor vulnerabilidad en la cuenca Ilo Moquegua se da en el escenario de niña moderada BCA obteniendo una vulnerabilidad medio alta producto de la mala regulación de la cuenca y las condiciones climáticas de cada uno de los escenarios, luego del análisis de cada uno de los indicadores de cada dimensión señalada. Según (INGEMMET, 2019, p. 166) señala que la vulnerabilidad de nivel alto en la cuenca hidrográfica Ilo – Moquegua se delimita a nivel de las características del relieve que se presenta en la cuenca, ante posibles fuentes de contaminación, que hace a la cuenca más sensible a este tipo de afección medio ambiental.

## VI. CONCLUSIONES

- Se determinó la vulnerabilidad de la cuenca en diferentes escenarios del cambio climático y se demostró que la mayor vulnerabilidad en la cuenca Ilo - Moquegua se da en el evento de la niña moderada BCA obteniendo una vulnerabilidad medio alta producto de la mala regulación de la cuenca y las condiciones climáticas de cada uno de los escenarios analizo según los indicadores de cada dimensión tomada en cuenta, demostrando que la gestión de la vulnerabilidad de la cuenca Ilo Moquegua puede reducirse si se llega a realizar, ya que esta cuenca solo presenta 1 escenario vulnerable medio alto de cambio climático.
- Se identificó la situación actual de la cuenca, sus parámetros morfométricos, y sus dimensiones, biofísica, sociocultural, político institucional y económico productivo, de acuerdo a lo obtenido se aprecia que se aprecia que la cuenca posee con respecto a su dimensión biofísica, tiene un índice con capacidad de retención moderada, la cobertura vegetal predominante es de tipo desértica, el índice de uso de agua es regular, pues no toda la población tiene acceso al agua potable, su fragmentación es fuerte, la calidad de agua es media, la precipitación es muy baja y las temperaturas son no muy variables, el caudal es bajo, en la dimensión político institucional las inversiones son buenas y se dan pero los proyectos no se terminan, la cuenca tiene 15 actores, en la dimensión económico productiva, el porcentaje de cobertura acueducto rural y urbano el abastecimiento del agua es muy bueno ya que logra abastecer a más del 90% de la cuenca, Y respecto a la dimensión socio cultural se tiene que la densidad rural es 1.46 hab/km<sup>2</sup> y la urbana 9.65 hab/km<sup>2</sup> satisfaciendo los datos estadísticos, la percepción de eficiencia del servicio de acueducto usuarios zona urbana satisface a la mayoría y en la zona rural es menor al 59%.
- Se procesó los datos obtenidos de las diferentes fuentes como el SENAMHI de la temperatura, precipitación y caudal, respecto a las precipitaciones en la cuenca son bajas, esto indicaría que la cuenca sufre

de sequías, si bien es cierto la construcción del Embalse Pasto Grande permite a la cuenca reducir el número de sequías, sería necesario contar con infraestructura más especializada para su control, gracias a esta estructura la cuenca no presenta un déficit de caudal, sin embargo es necesario hacer regulaciones mucho más especializadas.

- Se determinaron 4 dimensiones que inciden en la cuenca hidrográfica Ilo – Moquegua en los diferentes escenarios del cambio climático, las cuales son: Dimensión Biofísica que considera los indicadores de Índice de regulación hídrica, coberturas reguladoras del ciclo hidrológico, índice de uso del agua, índice de fragmentación, índice de calidad de agua, precipitación, caudal y temperatura; Dimensión político institucional con los indicadores de inversiones del acueducto en gestión ambiental para la cuenca, actores relacionados con el recurso hídrico en la cuenca; Dimensión económico productivo con los indicadores de % de cobertura acueducto rural y urbano y Dimensión Socio cultural con los indicadores densidad poblacional rural y urbana, percepción de eficiencia del servicio de acueducto usuarios zona urbana y percepción de eficiencia del recurso hídrico por usuarios zona rural.
- Se realizó una propuesta de estrategias para hacer frente a los efectos del cambio climático para la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua, esta permitirá una mejor toma de decisiones de carácter político para mejorar su manejo y prevenir los efectos provocados por el cambio climático.



## **VII. RECOMENDACIONES**

- Es urgente establecer una institución a nivel de cuenca que se ocupe del diseño y aplicación de las políticas de nivel público a través del establecimiento de estrategias frente al cambio climático.
- Es necesario tener personal capacitado para el establecimiento de estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático, además de contar con el apoyo de las autoridades regionales y locales en conjunto con todos los actores en la Cuenca Moquegua ya identificados.
- Es importante señalar que a través de este tipo de trabajos se podrá brindar herramientas que permitan una mejor toma de decisiones políticas, así como una mejor gestión de la cuenca, ya que la mejor manera de hacerlo es por medio de la participación.
- Como ya se observó, la cuenca presenta déficit hídrico, por lo que se recomienda implementar medidas como la recarga artificial de acuíferos, y mejorar el almacenamiento de aguas, esto permitiría incrementar la disponibilidad de agua y mejorar su calidad, estas técnicas, así como otras permitirán que la cuenca no sea dependiente de otras como la cuenca del río Tambo, pero esto requiere un mayor análisis profesional.

## REFERENCIAS

1. ÁGUILA, S. D., & MEJÍA, A. (2021). Caracterización morfométrica de dos cuencas altoandinas del Perú utilizando sistemas de información geográfica. *Revista Del Instituto Mexicano de Tecnología Del Agua* [en línea].12(2):7, Marzo 2021. [Fecha de consulta: 23 de junio del 2021]. Disponible en <http://revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/2235> ISSN: 2007-2422
2. ALVARADO, J. D. (2016) Modelo de gestión integrada de recursos hidricos de las cuencas de los ríos Moquegua y Tambo. Universidad de Piura PIRHUA.
3. ANA. (2016). *Gestión de los recursos hídricos de la cuenca Moquegua*. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Proyeccion-Institucional/Encuentros-Regionales/2014/moquegua/eer-moquegua-2014-iglesias.pdf>
4. ANA. (2020). *Guía de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos para Gobiernos Locales*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-gestion-integrada-recursos-hidricos-gobiernos-locales>
5. BENEGAS, L., VILADES, M., & RIOS, N. (2020). Planificación basada en el servicio ecosistemico hidrico ante la vulnerabilidad al cambio climático en la región hidrográfica del estero Jaltepeque, El Salvador. (355-363). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
6. BROMBAL, D., Niu, Y., Pizzol, L., Moriggi, A., Wang, J., Critto, A., Marcominic, A. (2018). Una evaluación de sostenibilidad participativa para cuencas hidrográficas integradasgestión en la China urbana. *WebOfScience*, 54-63.
7. CAMINO, M., Bó, M., Del río, J., López, A., Marco, D., & Silvia. (2018). Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista Universitaria de Geografía*, 1-19.
8. CASTRO, V., Fierro, M., & Trejo, A. (2018). *Tapachula ante el desafío del calentamiento global*. Ciudad de México: Senado de la república.
9. CORREDOR, H. (2019). *Revisión y comparación del índice de fragmentación de coberturas naturales para cuatro cuencas hidrográficas en estudio*. Bogotá – Colombia. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*.

10. ELIAS, G. (2018). Marco para una gobernanza del agua: hacia una cooperación en cuencas transfronterizas. 7(1), 83-112.
  11. ESCOBAR, J., & SANCHEZ, E. (2020). Medición de adaptación al cambio climático en la sub cuenca del Río Terán, Municipio de Yacopi, Cundimarca. Bogotá: Universidad de Santo Tomás.
  12. ESQUINCA, C. (2018). Una estrategia participativa de gestión del comité de cuenca del río Cahoacán para la adaptación al cambio climático con base en ecosistemas. 49-60. Ciudad de México: Fundación Gonzalo Río Arronte.
  13. GARCÍA. (2015). *Análisis de las distribuciones estadísticas alternativas a las tradicionales para la optimización de caudales empleados en estudios hidrológicos.*
  14. GENG, D. (2016). Reformas institucionales del agua en la costa peruana: Analisis de la gobernanza del agua en la cuenca Ica Alto Pampas. *Pontificia Universidad Católica del Perú*, 1-116.
  15. GEOLOGÍA WEB. (2016). *Patrones de drenaje y su interpretación.* Obtenido de <https://geologiaweb.com/geologia-general/patrones-drenaje/>
  16. GUTIÉRREZ, M. (2018). Modelo de gobernanza y gestión del agua en la cuenca del río Cuja. *Universidad de Ciencias Aplicadas y ambientales*, 1-124.
  17. HERNÁNDEZ, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2017). *Metodología de la investigación.* México : Mc Graw Hill Education.
  18. HidroCHEP. (2016). *Caracterización de los sistemas y patrones de drenaje.* Obtenido de <https://sites.google.com/site/hydrotoolbox/fase-de-dianostico/hidrografia/caractericacion-de-los-sistemas-y-patrones-de-drenaje>
  19. HUERTA, A. (2020). Vulnerabilidad de la disponibilidad de los recursos hídricos en el Perú frente al cambio climático: Análisis probabilístico de Budyko. *Tesis para optar grado de Magister Scientiae en Recursos Hídricos.* Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
  20. INGEMMET. (2019). *Boletín serie H: Hidrogeología.* Lima : Perú.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA. (2018). *Moquegua Resultados Definitivos* . Lima.

21. JIMÉNEZ, S. (2019) Revisión y comparación del índice de fragmentación de coberturas naturales para cuatro cuencas hidrográficas en estudio. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.
22. JUAREZ, I., CRETТАZ, M., GIANELLO, D., & JUÁREZ, R. (2017). *Aportes del análisis de las características morfométricas de la cuenca hidrográfica del arroyo Santa Bárbara para el diagnóstico ambiental*. Buenos Aires: Universidad Nacional de la Plata.
23. LEÓN, V. (2020). *Modelo de gestión del recurso hídrico en la cuenca del río Tarqui, analizando escenarios de cambio climático mediante la herramienta de simulación HYDRO - BID*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
24. LÍNEA VERDE. (2018). *¿Que es el desarrollo sostenible?* Obtenido de <http://www.lineaverdehuelva.com/lv/consejos-ambientales/conciencia-ambiental/Que-es-el-desarrollo-sostenible.asp>
25. LUX, B. (2017). Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas. *Revista de Energía y Ambiente*, 1-8.
26. MEKONNEN, M., ABEJE, T., & ADDISU, S. (2020). Gestión integrada de cuencas hidrográficas sobre la calidad del suelo, la productividad de los cultivos y adaptación al cambio climático, tierras altas secas del noreste de Etiopía. *ScienceDirect*, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agry.2020.102964>
27. MINAM. (2021). *Geoservidor MINAM*. Obtenido de [http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download\\_raster.aspx](http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx)
28. MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO. (2017). *Cuenca Moquegua*. Obtenido de <https://www.minagri.gob.pe/portal/54-sector-agrario/cuencas-e-hidrografia/372-principales-cuencas-a-nivel-nacional?start=13>
29. MOLINA, C. (2015). *Estimación de la oferta hídrica de la subcuenca del Río Guayllabamba mediante el uso de herramientas geoinformáticas*. Ecuador.
30. MOREIRA, MIRANDOLA, PINTO, SALINAS, & OLIVEIRA. (2020). *Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra*. Colombia: Revista Colombiana de Geografía.

31. MUSSETA, P., BARRIENTOS, M., ACEVEDO, E., & TURBAY, S. O. (2017). Vulnerabilidad al cambio climático: Dificultades en el uso de indicadores de dos cuencas de Colombia y Argentina. (36). *Revista de Metodología de Ciencias Sociales*.
32. NALESSO. (2017). *Manual de Hydro-BID: Como ir ajustando parametros de calibración HydroBID*.
33. NIETO, N. (2018). Tipos de investigación. *Repositorio institucional*, 1- 4. Obtenido de <http://resultados.usdg.edu.pe/bitstream/USDG/34/1/Tipos-de-Investigacion.pdf>
34. PARIS, M., & Marano, R. (2017). Pautas para la gestión integrada de los recursos hídricos en los bajos submeridionales (Argentina). *Revista FAVE - Scielo*, 57-65.
35. QUINTANA, J. (2020). Modelo de gobernanza para la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande, frente a los efectos del cambio climático. *Universidad Central del Ecuador*, 1-127.
36. RINNER, J. (2014). *Base de datos de Hidrología analítica*.
37. RUELAS, L., & Travieso, A. (2017). Propuestas de gobernanza ambiental en cuencas hidrográficas. *Economía, Sociedad y Territorio*, 233-240.
38. RURAL, S. d. (19 de agosto de 2020). *Blog del Gobierno de México* . Obtenido de Blog del Gobierno de México : <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/manejo-integral-de-cuencas-una-alternativa-al-cambio-climatico?idiom=es>
39. SALAS, D. (2020). *Selección de la muestra en la investigación*.
40. THIERMANN, S., SCHUBERT, H., & SCHUTT, B. (2018). Gestión integrada de cuencas hidrográficas. *ResearchGate*, 2-89.
41. UNESCO. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019*. Francia.
42. UNESCO, & CODIA. (2019). *Garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos*. Madrid.

43. UVIDIA, W., & VILLAGÓMEZ, E. (2020). Manejo integral de la microcuenca hidrográfica del río la chumba para la captación del recurso hídrico para abastecimiento de agua de consumo humano de la parroquia Olmedo, Cantón Cayambe. *Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito*, 1-237.
44. VALENCIA, M., FIGUEROA, A., RUIZ, D., OTERO, J., MARTÍNEZ, J., CEBALLOS, V., GONZÁLEZ, D. (2016). Metodología para el análisis de vulnerabilidad en cuencas abastecedoras de agua ante la variabilidad climática. *Scielo*, 29-43.
45. WAI, L., PEÑA, F., & ACOSTA, H. (2019). Hidrogeología de la cuenca del río Ilo- Moquegua, Región Moquegua. *Boletín INGEMMET Serie H: Hidrogeología N° 6* , 296.
46. ZABALA, F., & VICTORINO, I. (2019). Capacidad adaptativa y vulnerabilidad de la cuenca del río Orotoy ante el cambio climático, a partir del análisis de las variables de los medios de vida. 4(1). Edición Cambio Climático.
47. ZALDIVAR, J. (2017). *La cuenca hidrográfica como propuesta de unidad de análisis y gestión sustentable del territorio. Caso de estudio cuencas de los ríos Limarí y Rapel a partir de la información del VII Censo Nacional Agropecuario*. Santiago : Chile: Universidad de Chile.
48. ZHAO, F., & WU, Y. (2019). Predecir los impactos del cambio climático en los ciclos de acoplamiento agua-carbono para una Cuenca de Loess Hilly-gully. *Revista de hidrología en Scien*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.12438>

## ANEXOS

### ANEXO N° 01

#### MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: Gestión de la Vulnerabilidad de la Cuenca Hidrográfica Ilo - Moquegua frente a Diferentes Escenarios del Cambio Climático									
Objetivo		Problema		Hipótesis		Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
General	Específico	General	Específico	General	Específica				
Determinar si la gestión de la vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica Ilo-Moquegua reduce los	Identificar la situación actual de la cuenca hidrográfica Ilo-Moquegua que incide frente a diferentes escenarios del cambio climático	¿Cómo la gestión de la vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica Ilo-Moquegua incide frente a diferentes	¿Cuál es la situación actual de la cuenca hidrográfica Ilo-Moquegua que incide frente a diferentes escenarios del cambio climático?	La gestión de la vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica Ilo-Moquegua evidencia la reducción de los efectos de	La situación actual de la cuenca hidrográfica Ilo-Moquegua incide frente a diferentes escenarios del cambio climático	<b>Variable independiente</b> Vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua	Grado de exposición que posee el sistema, la sensibilidad y su capacidad	Situación actual de la cuenca	Parámetros generales de la cuenca Parámetros relativos a la red de drenaje de la cuenca Parámetros de forma de la cuenca Parámetros de relieve de la cuenca

efectos de diferentes escenarios del cambio climático	Analizar los datos obtenidos de temperatura, precipitación y caudal de un periodo de 30 años que inciden frente a diferentes escenarios del cambio climático	escenarios del cambio climático?	¿Cómo los datos obtenidos de temperatura, precipitación y caudal de un periodo de 30 años inciden frente a diferentes escenarios del cambio climático?	diferentes escenarios del cambio climático	Los datos obtenidos de temperatura, precipitación y caudal de un periodo de 30 años inciden frente a diferentes escenarios del cambio climático		adaptativa		<p>Índice de regulación hídrica</p> <p>Coberturas Reguladoras del ciclo hidrológico</p> <p>Índice de Uso de Agua</p> <p>Índice de fragmentación</p> <p>Índice de calidad de agua</p> <p>Precipitación</p> <p>Caudal</p> <p>Temperatura</p> <p>Inversiones del acueducto en gestión ambiental para la cuenca</p> <p>Actores relacionados con el recurso hídrico en la cuenca</p> <p>% Cobertura acueducto rural</p> <p>% Cobertura acueducto urbana</p> <p>Densidad poblacional rural</p>
---	--	----------------------------------	--	--	---	--	------------	--	--



									<p>Densidad poblacional urbana</p> <p>Percepción de eficiencia del servicio de acueducto usuarios zona urbana.</p> <p>Percepción de eficiencia del recurso hídrico por usuarios zona rural.</p>
	<p>Establecer las dimensiones en la cuenca hidrográfica Ilo-Moquegua que inciden frente a diferentes escenarios del cambio climático</p>		<p>¿De qué manera las dimensiones en la cuenca hidrográfica Ilo-Moquegua inciden frente a diferentes escenarios del cambio climático?</p>		<p>Las dimensiones en la cuenca hidrográfica Ilo-Moquegua inciden frente a diferentes escenarios del cambio climático</p>	<p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Diferentes escenarios del cambio climático</p>	<p>Escenarios presentes en el cambio climático con cambios en diferentes indicadores</p>	<p>Presente</p> <p>Niño</p> <p>Moderado</p> <p>Niña</p> <p>Moderado</p> <p>Con baja capacidad adaptativa (BCA)</p> <p>Con alta capacidad adaptativa (ACA)</p>	<p>Comportamiento normal</p> <p>variabilidad climática moderada</p> <p>Disminución de la capacidad adaptativa</p> <p>Aumento de la capacidad adaptativa</p>

	<p>Evaluar las estrategias en la cuenca hidrográfica Ilo-Moquegua que inciden frente a diferentes escenarios del cambio climático</p>		<p>¿Cuáles son las estrategias en la cuenca hidrográfica Ilo-Moquegua que inciden frente a diferentes escenarios del cambio climático?</p>		<p>Las estrategias en la cuenca hidrográfica Ilo-Moquegua inciden frente a diferentes escenarios del cambio climático</p>			<p>Estrategias de la cuenca</p>	<p>Propuestas Estratégicas</p>
--	---	--	--	--	---	--	--	---------------------------------	--------------------------------

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo N° 02

### Procedimiento de delimitación de la cuenca en ArcGIS

**Descarga de imágenes DEM:** Para la delimitación de nuestras cuencas es indispensable la utilización de imágenes DEM, las cuales han sido descargadas de los siguientes enlaces y la descarga de cada DEM se detalla en el diagrama de flujo DEM.

#### Sitios Web utilizados:

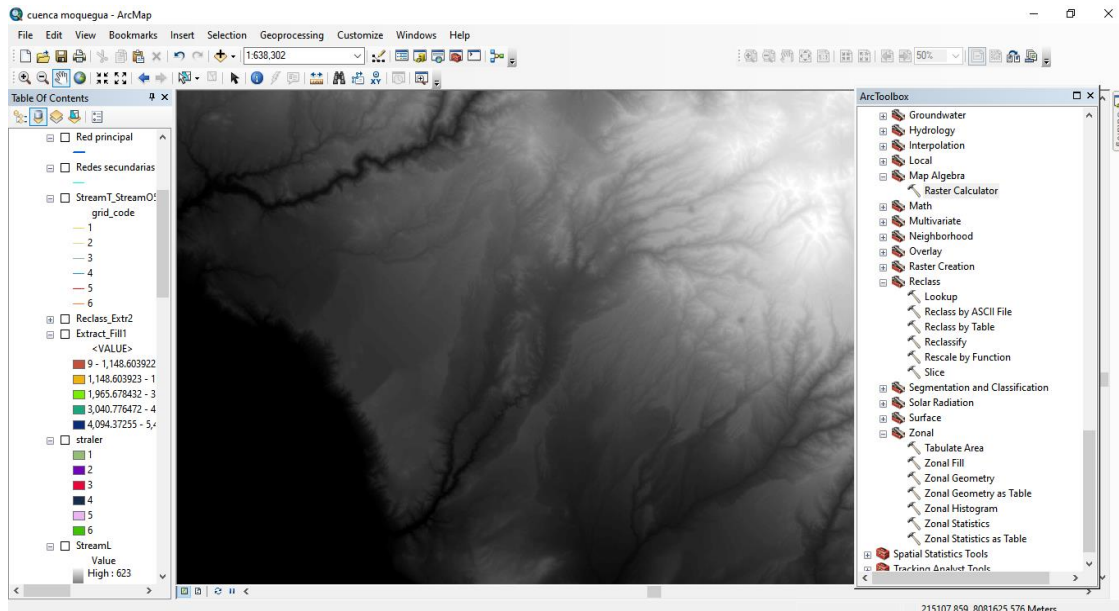
- <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- [http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download\\_raster.aspx](http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx)

#### Proceso de delimitación:

**Definir proyección del DEM:** Es necesario que el archivo ráster cuente con una proyección, en caso de no contar se la puede definir desde la caja de herramientas ArcToolbox, se define la proyección tanto en el sistema de coordenadas entrante (en caso de no tener) como el de salida.

*ArcToolbox > Data Management Tools > Projections and Transformations >  
Raster > Project Raster*

**Figura 23. Archivo Raster**

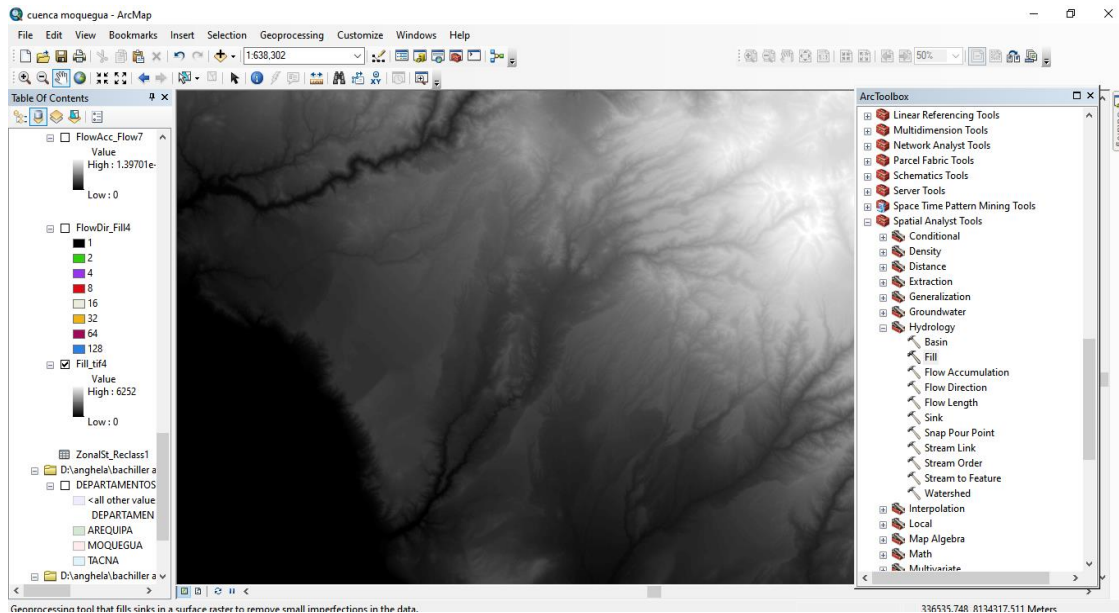


Fuente: ArcGIS 10.4.1

**Eliminar imperfecciones del DEM:** Una vez definida la proyección usaremos la herramienta Fill, que permite rellenar vacíos en la superficie del ráster para quitar imperfecciones en la información del DEM, tan solo es necesario trabajar con el DEM generado en el paso anterior.

*ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Fill*

**Figura 24. DEM sin imperfecciones**

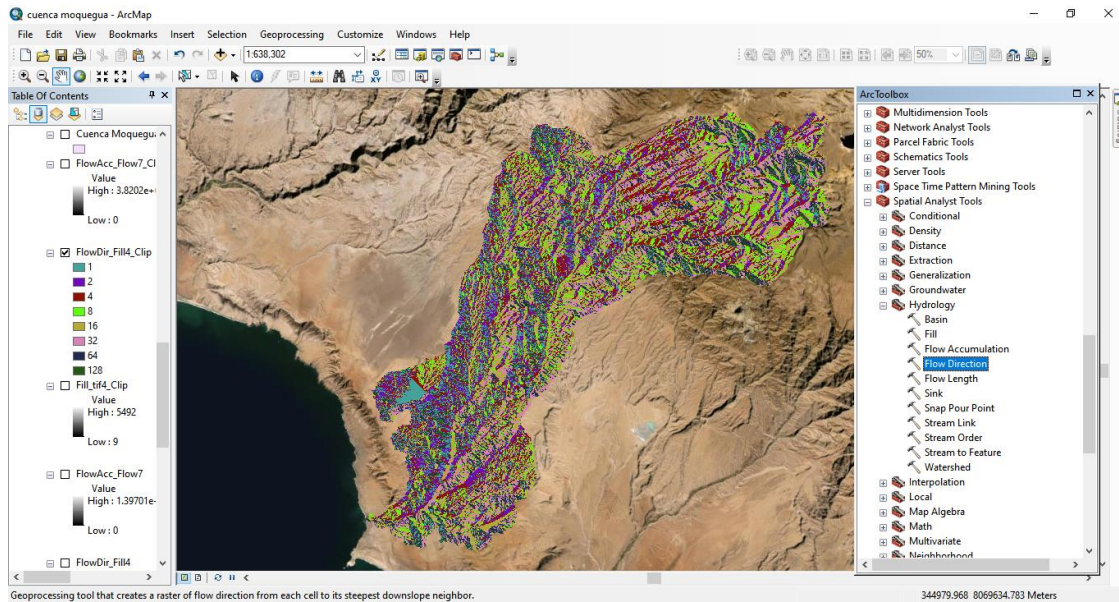


Fuente: ArcGIS 10.4.1

**Definir la dirección de la red hídrica:** Por medio de la herramienta Flow Direction, crea un ráster con la dirección de flujo de cada una de sus celdas hasta su vecina cuesta abajo, aquí seleccionamos el ráster generado con Fill.

*ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Flow Direction*

**Figura 25. Flow direction**

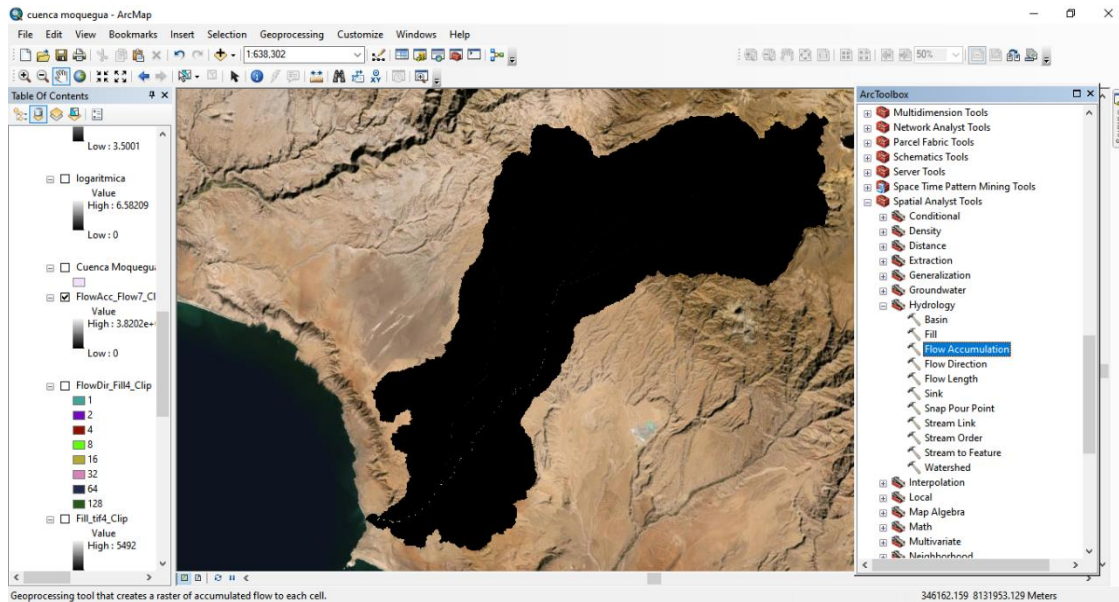


Fuente: ArcGIS 10.4.1

**Determinar la acumulación la red hídrica:** Ahora con la herramienta Flow Accumulation, se crea un ráster del flujo acumulado para cada una de sus celdas, también se puede aplicar un factor de peso si es necesario, la entrada de esta herramienta es el archivo ráster generado con la herramienta Flow Direction.

*ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Flow Accumulation*

**Figura 26. Flow Accumulation**



Fuente: ArcGIS 10.4.1

**Delimitar automáticamente la cuenca hidrográfica:** Se utilizan las siguientes herramientas:

**Basin**, elabora un ráster delineando todas las cuencas hidrográficas en base a la red de drenaje, el ráster de entrada es el creado con la herramienta Flow Direction.

*ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Basin*

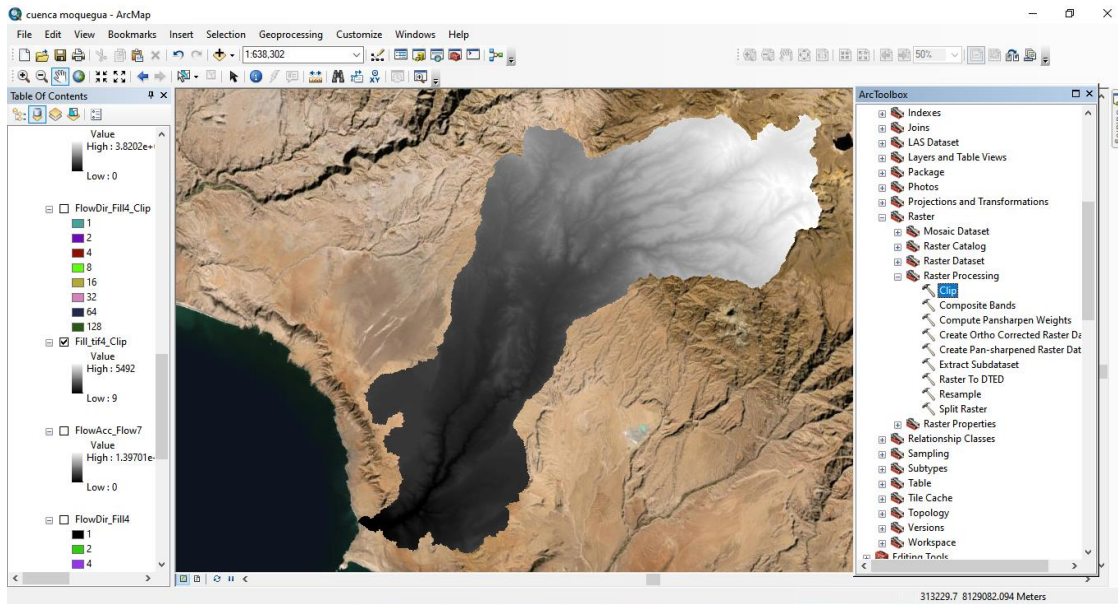
Como siguiente paso este transforma el ráster que se generó con Basin a vector (shapefile), con la herramienta **Raster to Polygon**.

*ArcToolbox > Conversion Tools > From Raster > Raster to Polygon*

**Recortar la cuenca hidrográfica**, aquí solo basta con usar la herramienta clip de Geoprocessing, o en su lugar seleccionar la cuenca deseada y exportar desde las propiedades (clic derecho sobre el shapefile Export Data).

*ArcToolbox > Analysis Tools > Extract > Clip*

**Figura 27. DEM cortado**



Fuente: ArcGIS 10.4.1

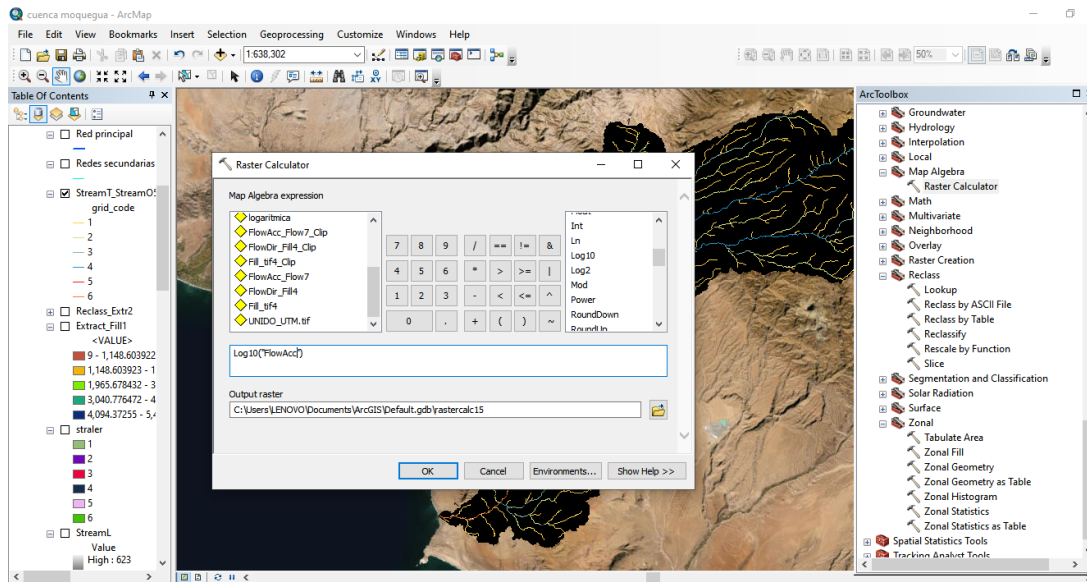
**Construir automáticamente la red hídrica:** Con la herramienta Raster Calculator, al construir la red hídrica primaria se puede determinar los valores del raster Flow Accumulation mayores a 1234567, y para la secundaria mayores a 1234.

- Red primaria: Flow\_accumulation > 1234567
- Red secundaria: Flow\_accumulation > 1234

*ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator*



**Figura 28. Herramienta Raster Calculator**

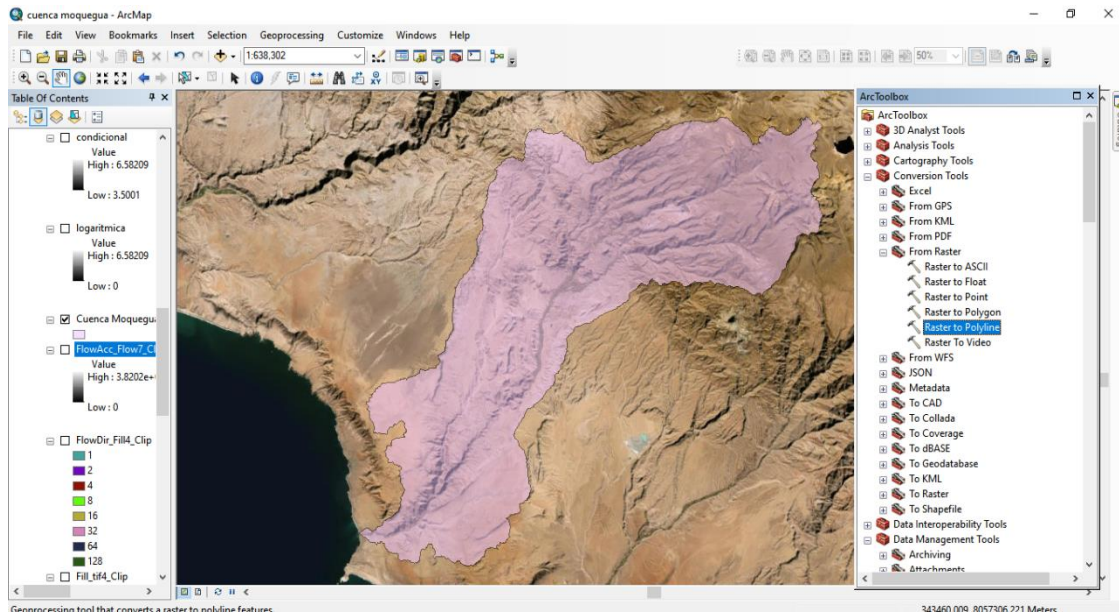


Fuente: ArcGIS 10.4.1

Ahora que se ha elaborado la red hídrica, convertir el ráster a shapefile con la herramienta **Raster to Polyline**.

*ArcToolbox > Conversion Tools > From Raster > Raster to Polyline*

**Figura 29.** Cuenca hídrica

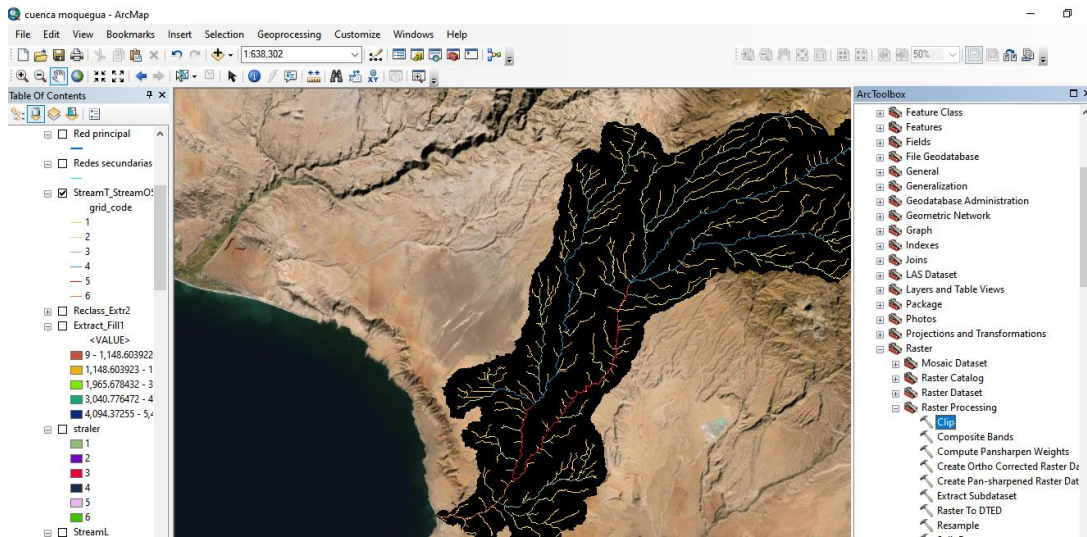


Fuente: ArcGIS 10.4.1

**Extraer la cuenca:** Finalmente se procede a recortar los shapefiles de la red hídrica (construida anteriormente), con ayuda de la herramienta Clip, tomando como entrada la red de polilíneas y cortar con el perímetro de la cuenca determinada anteriormente (sexto paso).

*ArcToolbox > Analysis Tools > Extract > Clip*

**Figura 30. Herramienta Clip**



Fuente: ArcGIS 10.4.1

Adicionalmente se puede usar herramientas en la sección Hydrology tales como:

- Zonal Statistics, genera estadísticas del ráster (Para la elaboración de la curva hipsométrica).
- Stream Order, asigna el orden numérico de cada uno de los segmentos del ráster que representan las ramas de una red lineal (red hídrica).

**Datos meteorológicos y de precipitación:** Los datos meteorológicos y de precipitación se extraerán de la base de datos de **SENAMHI**.

**Enlace web:** <https://www.senamhi.gob.pe/>

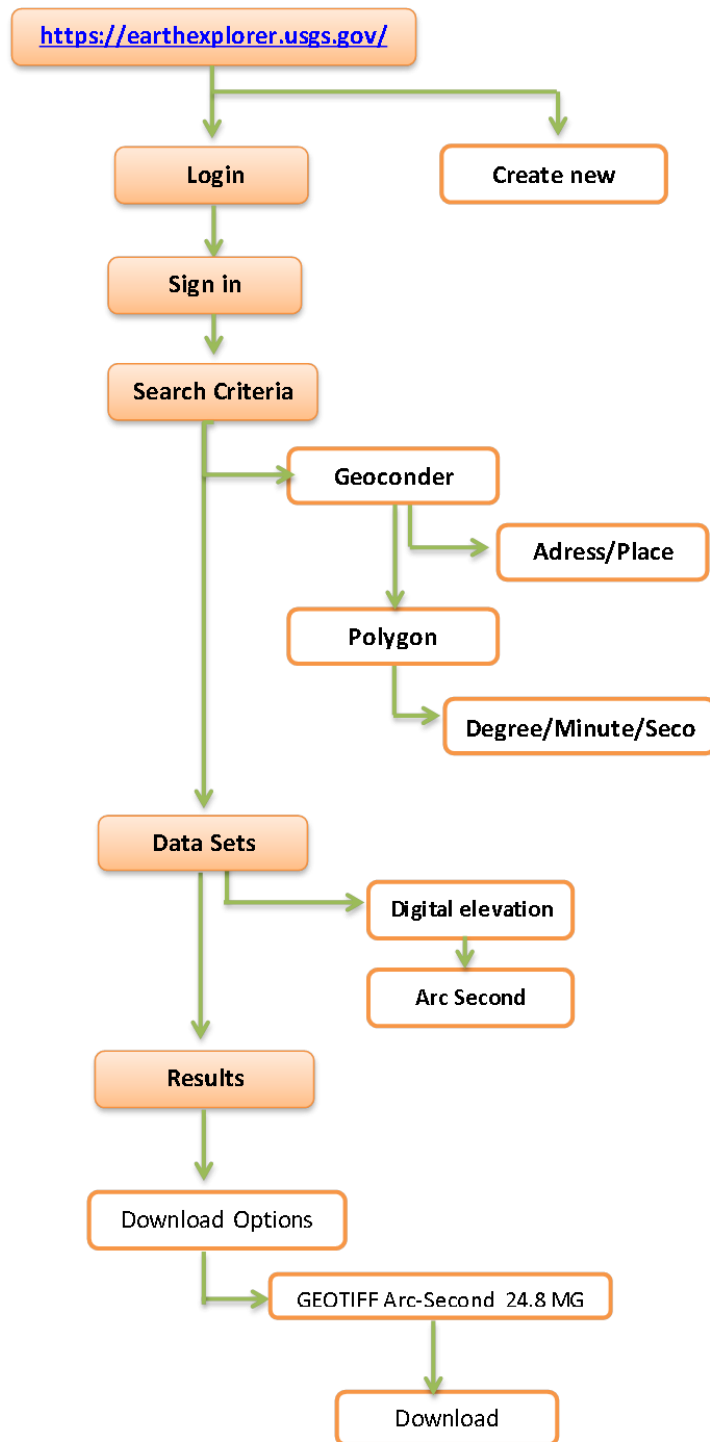
Datos obtenidos para la curva hipsométrica en ArcGIS

**Figura 31.** Tabla de atributos para la curva hipsométrica.

OBJECTID *	Value	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
1	1	101509	93909642.311163	9	557	548	360.149307	148.534074	36558396
2	2	700284	647858022.010171	558	1105	547	907.104472	142.590344	635230748
3	3	883279	817153306.120262	1106	1653	547	1326.596662	137.131634	1171754973
4	4	381575	353008814.635963	1654	2202	548	1934.103919	155.745113	738005703
5	5	364799	337488731.102365	2203	2750	547	2478.060247	159.924672	903993900
6	6	289847	268147928.705471	2751	3298	547	3012.151953	161.025868	873063207
7	7	310772	287506401.997111	3299	3847	548	3583.968704	156.522153	1113797122
8	8	333193	308248878.922887	3848	4395	547	4118.069662	154.798103	1372111985
9	9	389421	360267432.626224	4396	4943	547	4665.218907	143.389456	1816734212
10	10	62310	57645231.57955	4944	5492	548	5065.389552	101.997351	315624423

Fuente: ArcGIS 10.4.1

**Figura 32.** Diagrama de flujo para extraer el DEM



Fuente: Elaboración propia.

## Anexo N° 03

### Validación de instrumento



**EXPEDIENTE PARA VALIDAR LOS  
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN A TRAVÉS  
DE JUICIO DE EXPERTOS**

## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Mgtr. Ríos Zapana Paulino Flavio

Presente:

**Asunto: "Validación de instrumento a través de Juicio de expertos"**

Me es grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo participante del Taller de elaboración de tesis C190805, de la Universidad Cesar Vallejo, en la sede de Lima Este, y siendo requisito la validación de los instrumentos con las cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación, gracias a la cual optaré el grado académico de Ingeniero Ambiental.

El título de mi proyecto de investigación es "Gestión de la vulnerabilidad de la cuenca Hidrográfica Ilo - Moquegua frente a diferentes escenarios del cambio climático", y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas ambientales y/o investigación ambiental.

El expediente de validación, adjunto al presente, contiene:

1. **Anexo N°01:** Matriz de operacionalización.
2. **Anexo N°02:** Diagrama del método utilizado
3. **Anexo N°03:** Instrumentos de recolección de datos
4. **Anexo N°04:** Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mi sentimiento de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Firma

**Apellidos y Nombres:**

Cristhian Alberto Quispe Soto

DNI: 46133526



Firma

**Apellidos y Nombres:**

John Tomas Hermes Mendoza Cáceres

DNI: 47751930



Anexo N°02: Diagrama del método para la obtención del valor económico de la calidad del agua a través de costos evitados







**Anexo N°03: Instrumento de recolección de datos**

**Aplicación de la metodología para encontrar la vulnerabilidad de una cuenca mediante el uso de Dimensiones e Indicadores de la cuenca hidrográfica Ilo – Moquegua frente a diferentes escenarios de cambio climático**

Se encontrará cada uno de los indicadores seleccionados, para luego realizar la aplicación de las ecuaciones para poder encontrar la vulnerabilidad de la cuenca Ilo – Moquegua, según la evaluación de la sensibilidad, exposición y capacidad adaptativa.

Dimensión	Indicadores	Unidad
Biofísica	Índice de regulación hídrica	Unidad
	Coberturas Reguladoras del ciclo hidrológico	Unidad
	Índice de Uso de Agua	Unidad
	Índice de fragmentación	Unidad
	Índice de calidad de agua	Unidad
	Precipitación	Mm
	Caudal	m <sup>3</sup> /s
	Temperatura	°C
Político institucional	Inversiones del acueducto en gestión ambiental para la cuenca	%
	Actores relacionados con el recurso hídrico en la cuenca	#
Económico productivo	% Cobertura acueducto rural	%
	% Cobertura acueducto urbana	%
Socio cultural	Densidad poblacional rural	hab./km <sup>2</sup>
	Densidad poblacional urbana	hab./km <sup>2</sup>
	Percepción de eficiencia del servicio de acueducto usuarios zona urbana.	%
	Percepción de eficiencia del recurso hídrico por usuarios zona rural.	%

**ANEXO N°04: CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Mgtr. Ríos Zapana Paulino Flavio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente – Universidad Nacional de Moquegua
- 1.3. Especialidad del validador: Maestría en Ciencias con mención e Ing. Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento: Análisis de Indicadores para encontrar la vulnerabilidad de una cuenca frente al cambio climático
- 1.5. Título de la investigación:
- "Gestión de la vulnerabilidad de la cuenca Hidrográfica Ilo - Moquegua frente a diferentes escenarios del cambio climático"
- 1.6. Autor del instrumento: Valencia et al 2016: Metodología para el análisis de vulnerabilidad en cuencas abastecedoras de agua ante la variabilidad climática

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					83%
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.					83%
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					83%
4. Organización	Existe una organización lógica.					83%
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					83%
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					83%
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.					83%



8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones				83%
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				83%
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				83%
<b>PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN</b>					83%

### III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

✦ Primera variable: Vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Situación actual de la cuenca	Parámetros generales de la cuenca	x		
	Parámetros relativos a la red de drenaje de la cuenca	x		
	Parámetros de forma de la cuenca	x		
	Parámetros de relieve de la cuenca	x		
	Índice de regulación hídrica	x		
Biofísica	Coberturas reguladoras del ciclo hidrológico	x		
	Índice de uso de agua	x		
	Índice de fragmentación	x		
	Índice de calidad de agua	x		



Político institucional	Precipitación	x		
	Caudal	x		
	Temperatura	x		
	Inversiones del acueducto en gestión ambiental para la cuenca	x		
	Actores relacionados con el recurso hídrico en la cuenca	x		
Económico productivo	% Cobertura acueducto rural	x		
	% Cobertura acueducto urbana	x		
	Densidad poblacional rural	x		
	Densidad poblacional urbana	x		
Socio cultural	Percepción de eficiencia del servicio de acueducto por usuarios zona urbana.	x		
	Percepción de eficiencia del recurso hídrico por usuarios zona rural.	x		



✦ Segunda Variable: Diferentes escenarios del cambio climático

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Presente	Comportamiento normal	x		
	Niño Moderado	x		
	Niña Moderado			
	Con baja capacidad adaptativa (BCA)	x		
	Con alta capacidad adaptativa (ACA)	x		
Estrategias de la cuenca	Propuesta de estrategias	x		

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

83%

- ( x ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.  
( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Moquegua, 16 de Julio del 2021

Firma del experto informante

DNI: 46133525

Teléfono 991385993

### CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor : Mgtr. Vera Zuñiga, Marco Alexis

**Presente:**

**Asunto: "Validación de instrumento a través de Juicio de expertos"**

Me es grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo participante del Taller de elaboración de tesis C190805, de la Universidad Cesar Vallejo, en la sede de Lima Este, y siendo requisito la validación de los instrumentos con las cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación, gracias a la cual optaré el grado académico de Ingeniero Ambiental.

El título de mi proyecto de investigación es "Gestión de la vulnerabilidad de la cuenca Hidrográfica Ilo - Moquegua frente a diferentes escenarios del cambio climático", y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas ambientales y/o investigación ambiental.

El expediente de validación, adjunto al presente, contiene:

1. **Anexo N°01:** Matriz de operacionalización.
2. **Anexo N°02:** Diagrama del método utilizado
3. **Anexo N°03:** Instrumentos de recolección de datos
4. **Anexo N°04:** Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mi sentimiento de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Firma

**Apellidos y Nombres:**

Cristian Alberto Quispe Soto

**DNI:** 46133526



Firma

**Apellidos y Nombres:**

John Tomas Hermes Mendoza Cáceres

**DNI:** 47751930



**ANEXO N°04: CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Mgtr. Vera Zuñiga Marco Alexis
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente – Universidad José Carlos Mariátegui
- 1.3. Especialidad del validador: Tecnologías de protección Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento: Análisis de Indicadores para encontrar la vulnerabilidad de una cuenca frente al cambio climático
- 1.5. Título de la investigación:  
  
"Gestión de la vulnerabilidad de la cuenca Hidrográfica Ilo - Moquegua frente a diferentes escenarios del cambio climático"
- 1.6. Autor del instrumento: Valencia et al. 2016: Metodología para el análisis de vulnerabilidad en cuencas abastecedoras de agua ante la variabilidad climática

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.				80%	
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.				80%	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				80%	
4. Organización	Existe una organización lógica.				80%	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				80%	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				80%	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.				80%	



8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones				80%	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				80%	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				80%	
<b>PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN</b>					80%	

### III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

✦ Primera variable: Vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Situación actual de la cuenca	Parámetros generales de la cuenca	x		
	Parámetros relativos a la red de drenaje de la cuenca	x		
	Parámetros de forma de la cuenca	x		
	Parámetros de relieve de la cuenca	x		
	Índice de regulación hídrica	x		
Biofísica	Coberturas reguladoras del ciclo hidrológico	x		
	Índice de uso de agua	x		
	Índice de fragmentación	x		
	Índice de calidad de agua	x		





Político institucional	Precipitación	x		
	Caudal	x		
	Temperatura	x		
	Inversiones del acueducto en gestión ambiental para la cuenca	x		
	Actores relacionados con el recurso hídrico en la cuenca	x		
Económico productivo	% Cobertura acueducto rural	x		
	% Cobertura acueducto urbana	x		
	Densidad poblacional rural	x		
	Densidad poblacional urbana	x		
Socio cultural	Percepción de eficiencia del servicio de acueducto por usuarios zona urbana.	x		
	Percepción de eficiencia del recurso hídrico por usuarios zona rural.	x		



+ Segunda Variable: Diferentes escenarios del cambio climático

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente	
Presente	Comportamiento normal	x			
	Niño Moderado	x			
	Niña Moderado				
	Con baja capacidad adaptativa (BCA)	Disminución de la capacidad adaptativa	x		
	Con alta capacidad adaptativa (ACA)	Aumento de la capacidad adaptativa	x		
Estrategias de la cuenca	Propuesta de estrategias	x			

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

80%

- ( x ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.  
( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Moquegua, 16 de Julio del 2021

Firma del experto informante

DNI: 29440897

Teléfono: 962621999

## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor : Dr. Almanza Quispe, Williams Sergio

Presente:

**Asunto: "Validación de instrumento a través de Juicio de expertos"**

Me es grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo participante del Taller de elaboración de tesis C190805, de la Universidad Cesar Vallejo, en la sede de Lima Este, y siendo requisito la validación de los instrumentos con las cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación, gracias a la cual optaré el grado académico de Ingeniero Ambiental.

El título de mi proyecto de investigación es "Gestión de la vulnerabilidad de la cuenca Hidrográfica Ilo - Moquegua frente a diferentes escenarios del cambio climático", y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas ambientales y/o investigación ambiental.

El expediente de validación, adjunto al presente, contiene:

1. **Anexo N°01:** Matriz de operacionalización.
2. **Anexo N°02:** Diagrama del método utilizado
3. **Anexo N°03:** Instrumentos de recolección de datos
4. **Anexo N°04:** Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mi sentimiento de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Firma

**Apellidos y Nombres:**

Cristhian Alberto Quispe Soto

DNI: 46133526



Firma

**Apellidos y Nombres:**

John Tomas Hermes Mendoza Cáceres

DNI: 47751930



ANEXO N°04: CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres del validador: Almanza Quispe Williams Sergio

1.2. Cargo e institución donde labora: Docente – Universidad José Carlos Mariátegui

1.3. Especialidad del validador: Doctor en Ciencias Ambientales

1.4. Nombre del instrumento: Análisis de Indicadores para encontrar la vulnerabilidad de una cuenca frente al cambio climático

1.5. Título de la investigación:

"Gestión de la vulnerabilidad de la cuenca Hidrográfica Ilo - Moquegua frente a diferentes escenarios del cambio climático"

1.6. Autor del instrumento: Valencia et al. 2010: Metodología para el análisis de vulnerabilidad en cuencas abastecedoras de agua ante la variabilidad climática

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					85%
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.					85%
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					85%
4. Organización	Existe una organización lógica.					85%
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					85%
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					85%
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.					85%



8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones					85%
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					85%
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					85%
<b>PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN</b>						85%

### III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

✦ Primera variable: Vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Situación actual de la cuenca	Parámetros generales de la cuenca	x		
	Parámetros relativos a la red de drenaje de la cuenca	x		
	Parámetros de forma de la cuenca	x		
	Parámetros de relieve de la cuenca	x		
	Índice de regulación hídrica	x		
	Coberturas reguladoras del ciclo hidrológico	x		
Biofísica	Índice de uso de agua	x		
	Índice de fragmentación	x		
	Índice de calidad de agua	x		



Político institucional	Precipitación	x		
	Caudal	x		
	Temperatura	x		
	Inversiones del acueducto en gestión ambiental para la cuenca	x		
	Actores relacionados con el recurso hídrico en la cuenca	x		
Económico productivo	% Cobertura acueducto rural	x		
	% Cobertura acueducto urbana	x		
	Densidad poblacional rural	x		
	Densidad poblacional urbana	x		
Socio cultural	Percepción de eficiencia del servicio de acueducto por usuarios zona urbana.	x		
	Percepción de eficiencia del recurso hídrico por usuarios zona rural.	x		



✦ **Segunda Variable:** Diferentes escenarios del cambio climático

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente	
Presente	Comportamiento normal	x			
	Niño Moderado	x			
	Niña Moderado				
	Con baja capacidad adaptativa (BCA)	Disminución de la capacidad adaptativa	x		
	Con alta capacidad adaptativa (ACA)	Aumento de la capacidad adaptativa	x		
Estrategias de la cuenca	Propuesta de estrategias	x			

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: **85%**

- (  ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
- (  ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Moquegua, 18 de Julio del 2021

\_\_\_\_\_  
Firma del experto informante

DNI: 44369780

Teléfono: 952265955

## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señora: Mgtr. Téllez Beltrán Andrea Milena

Presente:

Asunto: "Validación de instrumento a través de Juicio de expertos"

Me es grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo participante del Taller de elaboración de tesis C190805, de la Universidad Cesar Vallejo, en la sede de Lima Este, y siendo requisito la validación de los instrumentos con las cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación, gracias a la cual optaré el grado académico de Ingeniero Ambiental.

El título de mi proyecto de investigación es "Gestión de la vulnerabilidad de la cuenca Hidrográfica Ilo - Moquegua frente a diferentes escenarios del cambio climático", y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas ambientales y/o investigación ambiental.

El expediente de validación, adjunto al presente, contiene:

1. Anexo N°01: Matriz de operacionalización.
2. Anexo N°02: Diagrama del método utilizado
3. Anexo N°03: Instrumentos de recolección de datos
4. Anexo N°04: Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mi sentimiento de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Firma

Apellidos y Nombres:

Cristhian Alberto Quispe Soto

DNI: 46133526



Firma

Apellidos y Nombres:

John Tomas Hermes Mendoza Cáceres

DNI: 47751930





ANEXO N°04: CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres del validador: Téllez Beltrán Milena Andrea

1.2. Cargo e institución donde labora: Gerente de Operaciones – WES PERÚ

1.3. Especialidad del validador: Hidrología Subterránea

1.4. Nombre del instrumento: Análisis de Indicadores para encontrar la vulnerabilidad de una cuenca frente al cambio climático

1.5. Título de la investigación:

"Gestión de la vulnerabilidad de la cuenca Hidrográfica Ilo - Moquegua frente a diferentes escenarios del cambio climático"

1.6. Autor del instrumento: Valencia et al. 2016: Metodología para el análisis de vulnerabilidad en cuencas abastecedoras de agua ante la variabilidad climática

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.				75%	
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.					85%
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				70%	
4. Organización	Existe una organización lógica.				80%	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					85%
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					85%
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.					85%



8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones				65%	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				80%	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					85%
<b>PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN</b>					79.5%	

### III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

✦ **Primera variable:** Vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica Ilo - Moquegua

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Situación actual de la cuenca	Parámetros generales de la cuenca	x		
	Parámetros relativos a la red de drenaje de la cuenca	x		
	Parámetros de forma de la cuenca	x		
	Parámetros de relieve de la cuenca	x		
	Índice de regulación hídrica	x		
Biofísica	Coberturas reguladoras del ciclo hidrológico	x		
	Índice de uso de agua	x		
	Índice de fragmentación	x		
	Índice de calidad de agua	x		



Político institucional	Precipitación	x		
	Caudal	x		
	Temperatura	x		
	Inversiones del acueducto en gestión ambiental para la cuenca	x		
	Actores relacionados con el recurso hídrico en la cuenca	x		
Económico productivo	% Cobertura acueducto rural	x		
	% Cobertura acueducto urbana	x		
	Densidad poblacional rural	x		
Socio cultural	Densidad poblacional urbana	x		
	Percepción de eficiencia del servicio de acueducto por usuarios zona urbana.	x		
	Percepción de eficiencia del recurso hídrico por usuarios zona rural.	x		



+ Segunda Variable: Diferentes escenarios del cambio climático

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Presente Niño Moderado Niña Moderado Con baja capacidad adaptativa (BCA) Con alta capacidad adaptativa (ACA) Estrategias de la cuenca	Comportamiento normal	x		
	variabilidad climática moderada	x		
	Disminución de la capacidad adaptativa	x		
	Aumento de la capacidad adaptativa	x		
	Propuesta de estrategias	x		

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: **79.5%**

- ( x ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
- ( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Moquegua, 16 de Julio del 2021

Firma del experto informante

DNI: 001016476

Teléfono: 948577478