



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**



**ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA  
CUENCA DEL RÍO COATA, BAJO LA INCIDENCIA  
DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS, MEDIANTE  
UN MODELO HIDROLÓGICO**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. JOSUE ELEICER APAZA APAZA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

**JULIACA - PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**

**ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO COATA, BAJO LA INCIDENCIA DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS, MEDIANTE UN MODELO HIDROLÓGICO**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. JOSUE ELEICER APAZA APAZA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE**

:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

**PRIMER MIEMBRO**

:

  
\_\_\_\_\_  
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**SEGUNDO MIEMBRO**

:

  
\_\_\_\_\_  
M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**ASESOR DE TESIS**

:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. ÁRNALDO YANA TORRES

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN :**

CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1899-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 19364 presentado por el (la) Bachiller: JOSUE ELEICER APAZA APAZA estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. JOSUE ELEICER APAZA APAZA, quien solicita NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN de la Tesis Titulado: ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO COATA, BAJO LA INCIDENCIA DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS, MEDIANTE UN MODELO HIDROLÓGICO, la misma que pertenece a la línea de investigación CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 2466 I, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la NOMINACIÓN DE JURADOS integrado por los siguientes docentes:

- \* Presidente : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
\* 1er Miembro : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
\* 2do Miembro : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Dr. ARNALDO YANA TORRES.

ARTICULO TERCERO . - APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (la) bachiller: JOSUE ELEICER APAZA APAZA; del informe final de la investigación (tesis) titulado: ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO COATA, BAJO LA INCIDENCIA DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS, MEDIANTE UN MODELO HIDROLÓGICO para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* FECHA : Martes 31 de diciembre del 2024
\* HORA : 11:00 horas
\* LUGAR : Aula 306 - Pabellón de Hidraulica

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



Dr. Efraín Carillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.



UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1622-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 03 de diciembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 16008 por el señor (a): **JOSUE ELEICER APAZA APAZA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1409 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 0111 - 2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **JOSUE ELEICER APAZA APAZA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO COATA, BAJO LA INCIDENCIA DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS, MEDIANTE UN MODELO HIDROLÓGICO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 0111 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO COATA, BAJO LA INCIDENCIA DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS, MEDIANTE UN MODELO HIDROLÓGICO**, Correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **JOSUE ELEICER APAZA APAZA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO COATA, BAJO LA INCIDENCIA DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS, MEDIANTE UN MODELO HIDROLÓGICO** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraín Pañillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
Interesado (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 785-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 13 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-9656, presentado el señor (a) JOSUÉ ELEICER APAZA APAZA solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 743 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 91 -2024 del integrante del comité de investigación EPISA de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): JOSUÉ ELEICER APAZA APAZA ha presentado su propuesta de investigación Titulado: ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO COATA, BAJO LA INCIDENCIA DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS, MEDIANTE UN MODELO HIDROLÓGICO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 91 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO COATA, BAJO LA INCIDENCIA DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS, MEDIANTE UN MODELO HIDROLÓGICO.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

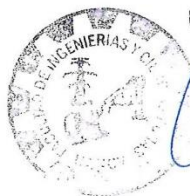
ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el señor (a): JOSUÉ ELEICER APAZA APAZA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO COATA, BAJO LA INCIDENCIA DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS, MEDIANTE UN MODELO HIDROLÓGICO correspondiente a la línea de investigación CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como ASESOR DE INVESTIGACIÓN de al (a la) docente Dr. ARNALDO YANA TORRES.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. ROLANDO GUSPE HUANCA DECANO CIP. 47750



Dr. César Augusto Sosa DIRECTOR OFICINA DE INVESTIGACIÓN

cc. Archivo 2024 Interesado (a)



# 14% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

## Fuentes principales

- 11% Fuentes de Internet
- 3% Publicaciones
- 13% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



### Metadatos complementarios

<b>Título de la Tesis</b>	
<b>ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO COATA, BAJO LA INCIDENCIA DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS, MEDIANTE UN MODELO HIDROLÓGICO</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	JOSUE ELEICER APAZA APAZA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	76614827
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0004-7767-7906">https://orcid.org/0009-0004-7767-7906</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-6740-5024">https://orcid.org/0000-0002-6740-5024</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821

<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Contaminación y Calidad Ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p><b>País:</b> Perú  <b>Departamento:</b> Puno  <b>Provincia:</b> San Román. Lampa, Puno  <b>Distrito:</b> Juliaca  <b>CUENCA DEL RÍO COATA</b>  <b>Coordenadas:</b>  <b>Latitud:</b> -15.5165569  <b>Longitud.</b> -70.0190694  <b>URL Maps</b>  <a href="https://www.google.com/maps/d/edit?mid=148x1Ylo2P1z-x4eEiLJuU1gOoAdRgPk&amp;usp=sharing">https://www.google.com/maps/d/edit?mid=148x1Ylo2P1z-x4eEiLJuU1gOoAdRgPk&amp;usp=sharing</a></p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo 2024 – Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> Librería	<p><b>Ingeniería ambiental</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</a></p> <p><b>Ciencias del medio ambiente</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</a></p>



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CACERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS  
 DIRECTOR  
 Dr. Fritz Willy Mamani Apaza  
 DIRECTOR  
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JOSUE ELEICER APAZA APAZA, identificado con DNI Nro. 76614827, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación,  Trabajo Académico denominada:

ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO COATA, BAJO LA INCIDENCIA DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS, MEDIANTE UN MODELO HIDROLÓGICO

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 07 de Octubre del 2025

Firma del Asesor (obligatoria)

Firma del Estudiante (obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

A mis progenitores, Wenceslao Quispe Moya y Elsa Yolanda Condori Mamani, y a mi familia, quienes me proveyeron de un manantial inagotable de respaldo inquebrantable a lo largo de mi existencia; su perpetuo aliento y entrega han constituido el faro que orientó mi rumbo en esta travesía formativa.



## AGRADECIMIENTO

A mis padres, Wenceslao Quispe Moya y Elsa Yolanda Condori Mamani, y a mi familia, por su respaldo inquebrantable, el cual ha sido un pilar fundamental a lo largo de mi vida; su incesante aliento y dedicación han servido como el faro que iluminó mi sendero en este recorrido educativo.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA..... i

AGRADECIMIENTO..... ii

ÍNDICE DE CONTENIDO..... iii

ÍNDICE DE TABLAS ..... vii

ÍNDICE DE FIGURAS ..... viii

RESUMEN ..... x

ABSTRACT ..... xi

INTRODUCCIÓN ..... xii

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Exposición de la situación problemática ..... 1

1.2. Formulación del planteamiento del problema ..... 2

    1.2.1. Problema general ..... 2

    1.2.2. Problemas específicos ..... 2

1.3. Justificación de la investigación ..... 3

    1.3.1. Justificación teórica ..... 3

    1.3.2. Justificación práctica ..... 3

    1.3.3. Justificación metodológica..... 3

1.4. Objetivos ..... 4

    1.4.1. Objetivo general ..... 4



- 1.4.2. Objetivos específicos .....4
- 1.5. Importancia y alcance de la investigación.....4
- 1.6. Limitaciones y delimitaciones de la investigación .....4
- 1.7. Hipótesis .....5
  - 1.7.1. Hipótesis general.....5
  - 1.7.2. Hipótesis específicas.....5
- 1.8. Variables e indicadores.....5
  - 1.8.1. Conceptualización de variables.....5
  - 1.8.2. Operacionalización de las variables .....6

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

- 2.1. Antecedentes del estudio.....7
  - 2.1.1. A nivel internacional .....7
  - 2.1.2. A nivel nacional .....8
  - 2.1.3. A nivel local .....10
- 2.2. Bases teóricas .....11
  - 2.2.1. Modelamiento aplicado a cuencas Hidrológicas.....11
  - 2.2.2. Categorización de Modelos Hidrológicos .....12
  - 2.2.3. Soil & Water Assessment Tool (SWAT) .....14
  - 2.2.4. Desarrollo del modelo hidrológico SWAT .....17



2.2.5. Desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica en Recursos Hídricos ..... 19

2.2.6. Proyecciones Climáticas ..... 19

2.3. Marco conceptual.....22

**CAPÍTULO III**

**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1. Enfoque de la investigación .....24

3.2. Nivel de investigación .....24

3.3. Diseño de investigación .....25

3.4. Población y muestra .....25

    3.4.1. Población.....25

    3.4.2. Muestra .....25

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de información.....25

    3.5.1. Técnicas de la investigación.....25

    3.5.2. Instrumentos de la investigación .....25

3.6. Procedimiento metodológico.....26

    3.6.1. Obtención de Suministro del Modelo.....26

    3.6.2. Procedimiento del Modelado en SWAT.....32

**CAPÍTULO IV**

**RESULTADOS**

4.1. Presentación de resultados .....43



4.1.1. Para el objetivo N° 01.....	43
4.1.2. Para el objetivo N° 02.....	50
4.1.3. Para el objetivo N° 03.....	54
4.2. Discusión de resultados.....	57
4.3. Validación y contrastación de hipótesis.....	58
CONCLUSIONES.....	59
RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXOS.....	67



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización De Variables .....	6
Tabla 2 Escenarios Ssp .....	21
Tabla 3 Ubicación De Estaciones Hidro-Meteorológicas De La Cuenca Coata ....	27
Tabla 4 Datos Gis Ingresadas Al Modelo Swat .....	29
Tabla 5 Modelos Climaticos Globales Obtenidos Del Servicio De Cambio Climático De Copernicus.....	30
Tabla 6 Escenarios Mip Aplicados En Esta Investigación .....	31
Tabla 7 Códigos De Entrada Para Cobertura Vegetal De La Cuenca Del Río Coata .....	33
Tabla 8 Clasificación Taxonómica Del Suelo En La Cuenca Del Río Coata .....	34
Tabla 9 Clasificación De Pendientes En La Cuenca Del Río Coata.....	35
Tabla 10 Parámetros De Calibración Utilizados En Swat-Cup.....	39
Tabla 11 Descargas Mensuales Multianuales De La Cuenca Del Río Coata.....	43
Tabla 12 Variaciones Porcentuales De Las Descargas De La Cuenca Del Río Coata ...	45
Tabla 13 Variaciones Porcentuales De La Precipitación Media En La Cuenca Del Río Coata .....	51
Tabla 14 Variación Porcentual De La Temperatura Media En La Cuenca Del Río Coata .....	52
Tabla 15 Criterios Estadísticos Empleados En El Proceso De Calibración Y Validación.....	54
Tabla 16 Valores Obtenidos En La Calibración Y Validación Del Modelo Swat ....	55
Tabla 17 Valores En Los Parámetros Obtenidos En El Proceso De Calibración Del Modelo Swat.....	56



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de un sistema de hidrología.....	11
Figura 2 Clasificación de los modelos hidrológicos .....	13
Figura 3 Categorización de los modelos hidrológicos en función a la representación espacial .....	13
Figura 4 Generación de unidades de respuesta hidrológica con el modelo swat.15	
Figura 5 Representación de la interacción hídrica en swat .....	16
Figura 6 Procedimientos adoptados para el desarrollo del modelo hidrológico swat..	18
Figura 7 Emisiones de gei, en los diferentes escenarios ssp .....	22
Figura 8 Distribución espacial de datos hidrometereológicos de la cuenca del río coata .....	28
Figura 9 Datos espaciales suministradas al modelo swat .....	29
Figura 10 Estacionalidad de la precipitación acumulada promedio mensual multianual.....	31
Figura 11 Esquema de procedimientos aplicados para la evaluación de la disponibilidad hídrica.....	32
Figura 12 Distribución espacial de cobertura vegetal en la cuenca del río coata .34	
Figura 13 Distribución espacial del tipo de suelo existente en la cuenca del río coata....	35
Figura 14 Distribución espacial de la clasificación de pendientes de la cuenca del río coata .....	36
Figura 15 Interacción de la simulación base del ciclo hidrológico .....	38



Figura 16 Esquematización del proceso de corrección de sesgo de los datos locales y predicantes.....	41
Figura 17 Contraste de los caudales proyectados y del escenario base de la cuenca del río coata .....	44
Figura 18 Variación porcentual de las descargas mensuales multianuales en la cuenca del río coata .....	46
Figura 19 Persistencias de descargas en la cuenca del río coata.....	47
Figura 20 Diagrama de las descargas acumuladas anuales en el contexto cnrm-esm2 ssp2-4.5.....	48
Figura 21 Diagrama de las descargas acumuladas anuales en el contexto cnrm-esm2 ssp5-8.5.....	48
Figura 22 Diagrama de las descargas acumuladas anuales en el contexto miroc6 ssp2-4.5 .....	49
Figura 23 Diagrama de las descargas acumuladas anuales en el contexto miroc6 ssp5-8.5 .....	49
Figura 24 Precipitación media de la cuenca del río coata .....	50
Figura 25 Variación porcentual de las precipitaciones medias en la cuenca del río coata .....	52
Figura 26 Variación porcentual de la temperatura media en la cuenca del río coata.....	53
Figura 27 Hidrograma de la calibración y validación de la cuenca del río coata ..	55



## RESUMEN

Hoy en día, la variabilidad del clima está generando incertidumbre sobre la excedencia de H<sub>2</sub>O en diversos territorios del universo. Este análisis se ejecutó en la oquedad del afluente Coata de Perú, con el fin de estudiar cómo las diferentes escenas atmosféricas impactan la disponibilidad de H<sub>2</sub>O en la oquedad del afluente Coata, empleando el modelo SWAT (Instrumento de Valoración de Suelo y Agua). Para ello, el modelo fue medido y validado en etapas de 15 y 7 años, esgrimiendo registros vistos de caudales y logrando un ajuste considerado "satisfactorio". En la evaluación hacia el futuro, en el horizonte 2025 - 2100, se tomaron en cuenta los datos de las escenas SSP5-8.5 y SSP2-4.5, generados por los modelos de cambio climático global MIROC6 y CNRM-ESM2, según el CMIP6 (Proyecto de Intercomparación de Modelos Conectados). Estos datos fueron ajustados a través de una técnica de downscaling estadístico, mediante un modelo de regresión lineal. Los escenarios climáticos proyectan proyecciones climáticas muy variadas llegando a picos de hasta 9223% para la precipitación en la escena MIROC6 SSP5-8.5 en la precipitación y de 63.2% de en el escenario CNRM-ESM2 en la temperatura. Por otro lado, los caudales se proyectan aportes de hasta 128.3 m<sup>3</sup>/s y 1.13 m<sup>3</sup>/s en las épocas húmeda y de estiaje respectivamente.

**Palabras clave:** disponibilidad hídrica, modelos globales de cambio climático, variabilidad del clima, SWAT, cuenca del río Coata.



## ABSTRACT

Today, climate variability is generating uncertainty about H<sub>2</sub>O abundance in various territories of the universe. This analysis was carried out in the Coata tributary basin in Peru, with the aim of studying how different atmospheric conditions impact H<sub>2</sub>O availability in the Coata tributary basin, using the SWAT (Soil and Water Assessment Tool) model. To this end, the model was measured and validated in 15- and 7-year stages, using observed flow records and achieving an adjustment considered "satisfactory." In the forward assessment, for the period 2025-2100, data from the SSP5-8.5 and SSP2-4.5 scenarios were taken into account, generated by the MIROC6 and CNRM-ESM2 global climate change models, according to CMIP6 (Connected Model Intercomparison Project). These data were adjusted using a statistical downscaling technique, through a linear regression model. The climate scenarios project highly varied climate projections, reaching peaks of up to 9223% for precipitation in the MIROC6 SSP5-8.5 scenario and 63.2% in the CNRM-ESM2 scenario for temperature. On the other hand, flows are projected to reach up to 128.3 m<sup>3</sup>/s and 1.13 m<sup>3</sup>/s in the wet and dry seasons, respectively.

**Keywords:** water availability, global climate change models, climate variability, SWAT, Coata River basin.



## INTRODUCCIÓN

La excedencia de H<sub>2</sub>O es un aspecto fundamental para el desarrollo sustentable, especialmente en zonas de elevada vulnerabilidad como la cuenca del río Coata. Esta región enfrenta desafíos críticos derivados de la variabilidad y el cambio de clima, lo cual incrementa la incertidumbre sobre sus recursos del H<sub>2</sub>O. Este estudio se centra en evaluar cómo los escenarios climáticos futuros podrían impactar la excedencia de H<sub>2</sub>O en la cuenca, empleando un modelo hidrológico específico para representar estos efectos. Para ello, se ha seleccionado el uso de dos modelos de cambio climático reconocidos: MIROC6 y CNRM-ESM2, los cuales forman parte del conjunto CMIP6, ampliamente utilizado en estudios de proyección climática. Estos modelos generan escenarios SSP (Shared Socioeconomic Pathways) que permiten explorar distintos niveles de emisión de gases de calentamiento global y sus consecuencias en el clima regional. En particular, se examinan las proyecciones de precipitación, temperatura y caudal, aspectos clave que permiten modelar con mayor precisión la excedencia del H<sub>2</sub>O futura en el río Coata. Por medio de esta evaluación, se busca generar información útil para unas gestiones sostenibles de los recursos del H<sub>2</sub>O y para la planificación de habilidades de ajuste que mitiguen los efectos negativos del cambio del clima en la región. El actual estudio muestra los siguientes capítulos:

Capítulo I. Planteamiento del problema

Capítulo II. Marco teórico

Capítulo III. Metodología de la investigación

Capítulo IV. Resultados

Conclusiones y Recomendaciones



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Exposición de la situación problemática

El sexto documento del IPCC evidencia que las alteraciones y consecuencias provocadas por el calentamiento global se han manifestado de forma rápida y extensiva en la atmósfera, las zonas glaciares, los océanos y los ecosistemas. Esta transformación de origen antropogénico ya está influyendo en una multiplicidad de eventos climáticos y meteorológicos severos en cada rincón del planeta. Esto ha generado consecuencias negativas de amplio espectro, materializadas en perjuicios y devastación tanto para los ecosistemas como para las poblaciones humanas. En consecuencia, la mayor frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos ha sumido a millones de individuos en una crisis alimentaria severa y en la escasez hídrica, siendo las regiones más críticamente afectadas diversas localidades y comunidades de África, Asia, América del Sur y América Central (Calvin et al., 2023)

La reducción de la seguridad hídrica en el Perú se ve asociada a las altas montañas como fuente de agua para ciudades y ecosistemas, es así que la escasez del recurso hídrico está ligada al retroceso glacial que presentan los andes



peruanos, esto se traduce en la variabilidad de caudales de determinadas cuencas en las que se desarrollaron modelos hidrológicos y su proyección futura (Huerta Julca, 2020)

Actualmente la oquedad del afluente Coata cuenta con una sistemática de regulación por el sistema de irrigación en Lagunillas, aun así, la oquedad del afluente Coata enfrenta deficiencias con las descargas, debido a que durante las la época de avenida, las zonas de la cuenca media presentan desbordes en los ríos y en la cuenca baja presentan inundaciones, acarreando así a una perdida en las áreas cultivo e infraestructura. Por otro lado, en la época de estiaje se presentan problemas en la insolvenia de H<sub>2</sub>O, conmoviendo directamente a las actividades ligadas a los recursos hídricos (Leandro Pelaez, 2022)

## **1.2. Formulación del planteamiento del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo será la disponibilidad hídrica, bajo la incidencia de proyecciones climáticas en la cuenca del río Coata?

### **1.2.2. Problemas específicos**

1. ¿Cómo serán las descargas anuales, bajo la incidencia de proyecciones climáticas en la cuenca del río Coata?
2. ¿Cómo serán las tendencias en cuanto a proyecciones climáticas en la cuenca del río Coata?
3. ¿Cómo será el desarrollo del Modelo Hidrológico en la cuenca del río Coata?



## **1.3. Justificación de la investigación**

### **1.3.1. Justificación teórica**

Este estudio se justifica en la proyección de caudales futuros en la cuenca del río Coata, es esencial para evaluar los riesgos asociados a programas extremos como desbordamientos y estiajes, y para diseñar medidas de adaptación y mitigación. Así mismo los resultados de esta investigación ayudara a la comunidad científica, sobre la gestión de peligros, planificación de recursos hídricos, ajuste al cambio de clima y el desarrollo del modelo hidrológico SWAT, como un modelo más preciso competente de simular los procesos hidrológicos de la oquedad del afluente Coata, bajo condiciones climáticas cambiantes.

### **1.3.2. Justificación práctica**

Este estudio consentirá que los órganos competentes en materia de recursos hídricos, utilicen los hallazgos de este análisis como base para la planificación de infraestructuras hidráulicas (embalses, canales, sistemas de drenaje), la gestión de la petición de H<sub>2</sub>O y la asignación de recursos del H<sub>2</sub>O en la oquedad del afluente Coata.

### **1.3.3. Justificación metodológica**

En el actual estudio se plantea el método basado en el modelamiento hidrológico, utilizando el modelo SWAT, cuyo modelo realiza una simulación hidrológica, basado en el ciclo hidrológico, donde el proceso de modelamiento se parte en 2 etapas, las cuales son: Fase Terrestre del Ciclo del Hidrológico y la etapa de enrutamiento del Ciclo Hidrológico (Neitsch et al., 2010).



## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Analizar la Disponibilidad Hídrica de la cuenca del río Coata, bajo proyecciones climáticas.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

1. Estimar descargas anuales de la cuenca del río Coata, bajo proyecciones climáticas
2. Evaluar las tendencias climáticas proyectadas en la cuenca del río Coata.
3. Emplear criterios estadísticos en el desarrollo del modelo hidrológico SWAT, en la cuenca del río Coata.

## **1.5. Importancia y alcance de la investigación**

Los alcances de este análisis, se centran en la Proyección de Haciendas en la oquedad del afluente Coata, esta proyección está influenciada por MCG (Modelos de Cambio de Clima) proyectados por el CMIP 6, la importancia de este estudio recae que a partir de la proyección de datos proyectados (Caudales en MMC), se pueda gestionar el recurso hídrico y así mismo buscar herramientas para la adaptación y mitigación ante potenciales escenarios ligados a la disposición y oferta del recurso del H<sub>2</sub>O.

## **1.6. Limitaciones y delimitaciones de la investigación**

Las restricciones que presenta este análisis se basan en la poca cantidad y calidad de datos meteorológicos en el Sur del País, para ello se adoptaron datos



modelos de data grillada hecha por SENAMHI. Esto con el fin de concordar el modelo SWAT a la oquedad del afluente Coata.

## 1.7. Hipótesis

### 1.7.1. *Hipótesis general*

Las proyecciones climáticas traerán variaciones en las descargas mensuales multianuales, del umbral  $\pm 50\%$ .

### 1.7.2. *Hipótesis específicas*

1. Se proyectarán descargas anuales variables en la cuenca del río Coata.
2. Se proyectarán tendencias climáticas variables en la cuenca del río Coata.
3. Los criterios estadísticos darán valores positivos en el desarrollo del modelo hidrológico

## 1.8. Variables e indicadores

### 1.8.1. *Conceptualización de variables*

#### **VARIABLE DE CARACTERIZACIÓN:**

Proyecciones Climáticas

#### **VARIABLE DE INTERÉS:**

Disponibilidad Hídrica



## 1.8.2. Operacionalización de las variables

**Tabla 1**

Operacionalización de variables

VARIABLES:	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>VARIABLE DE CARACTERIZACIÓN</b> Proyecciones Climáticas	La variable independiente y/o de caracterización, Proyecciones Climáticas, se define como datos meteorológicos proyectados por el CMIP 6	Precipitación	mm
		Temperatura	°C
<b>VARIABLE DE INTERÉS</b> Disponibilidad Hídrica	La variable dependiente y/o de interés, se define como las descargas proyectadas a raíz de la incidencia Climática Proyectada por del CMIP 6	Caudales	MMC (Millones de Metros Cubicos)



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del estudio

##### 2.1.1. *A nivel internacional*

(Jodar-Abellan et al., 2018) en su estudio poseyó como fin cuantificar las derivaciones del cambio de clima en los compendios fundamentales del ciclo del H<sub>2</sub>O en la parte superior de la oquedad del afluente Taibilla en España, para cuantificar los impactos descritos, se ha empleado el modelo hidrológico SWAT, ajustado a los datos observados mediante el algoritmo SUFI-2. La ratificación y calibración del modelo se ejecutó considerando los índices estadísticos NSE y KGE, utilizando el periodo de registro de caudales (1996-2012) como referencia. Así mismo los Modelos Climaticos Globales (MCG) adoptados para este estudio fueron MPI.ESM.MR y bcc-csm1-1-m, esto para los escenarios RCP4.5 y RCP4.8, para el lapso 2010 - 2050. Los hallazgos conseguidos en la precipitación media de la cuenca en mención, proyecta una eminente variabilidad, es así que se proyectan disminuciones de 8.4 mm/década en la escena RCP 8.5 y en el RCP4.5 prevé un pequeño acrecentamiento de 0.3 mm/década. Por otro lado, en la temperatura se presentan escenas significativas de 0.31°C/década y 0.25 °C/década para las



escenas de manifestación RCP 8.5 y RCP 4.5 respectivamente. Para las escorrentías superficiales en la escena RCP 4.5 disminuirá un 10% y en la escena de RCP 8.5 disminuirá un 19%.

(Velázquez Zapata Juan Alberto et al., 2017) en el marco de su estudio para valorar los efectos del calentamiento global sobre la disposición hídrica en una cuenca del centro de México, utilizaron el modelo hidrológico SWAT como instrumento de valoración. El modelo hidrológico SWAT se midió durante el lapso 1971-1985 y se aprobó durante el lapso 1986-2000, para la evaluación hídrica futura se adoptaron MCGs del CMIP3 para los modelos CGCM3.1; CNRM-CM3; ECHO-G; CSIRO-Mk3.5 y MRI-CGCM2.3.2. En cuestiones de temperatura el mayor cambio se produce en el modelo CGCM3.1, esto en la etapa de verano y otoño, mientras el menor cambio se proyecta en el modelo CNRM-CM3, donde las variaciones se dan entre 1.2 °C y 2.7°C. Por otro lado en la precipitación, los cambios son positivos y negativos, donde se estiman valores de entre -20% y +9%, esto según MCG. El régimen hídrico de los modelos climáticos (MCG) proyectan cambios variables en el caudal del río. Algunos, como CGC, anticipan una disminución, mientras que otros (ECH y CM3) prevén un aumento, especialmente en septiembre. Sin embargo, todos coinciden en que el ciclo anual actual se mantendrá. Por su parte, MK5 y MRI sugieren un cambio en este ciclo, con un julio más caudaloso que septiembre, y ECH no simula la sequía estacional.

### **2.1.2. A nivel nacional**

(León Tinoco & Huarhua Zaquinaula, 2015) en su estudio para valorar los efectos del cambio de clima en la disponibilidad de agua de superficie de la cuenca del afluente Piura, se empleó la herramienta hidrológica STREAM para simular el



caudal superficial en los períodos histórico (1971-2000), actual (1980-2010) y proyectado (2016-2099). El modelo hidrológico evidenció una elevada precisión en su calibración con los valores registrados in situ, con un error de volumen inferior al 15% y coeficientes de eficiencia y correlación superiores al 80%. Las simulaciones futuras, basadas en proyecciones climáticas RCP 8.5 y RCP 4.5 de los modelos CANESM2, MPI-ESM-MR, CNRM-CM5, planean un acrecentamiento gradual en los caudales, especialmente en las escenas climáticos más extremos (RCP 8.5), y sugieren un retraso en la ocurrencia de los picos de caudal hacia finales de la primavera

(Osorio Díaz, 2021) en su estudio se centró en evaluar cómo el cambio climático afectará los caudales del río Lurín, una cuenca caracterizada por su aridez y escasez de datos hidrológicos, para ello se utilizó el modelo hidrológico semi mercantilizado TETIS anticipadamente validado y calibrado, las proyecciones de arrebató y temple se centró en un futuro colindante (2020-2050) y un futuro lejano (2051-2100), bajo 03 RCP de 06 MCG. Los resultados proyectados tienen un rango de precipitación anual entre 94 y 845 mm para el futuro cercano, y entre 95 y 974 mm para el futuro lejano. La temperatura aumentaría de 13 a 22 °C en el corto plazo y de 13 a 26 °C en el largo plazo. La evapotranspiración también se incrementaría, variando entre 942 y 1452 mm en el futuro cercano, y entre 812 y 1643 mm en el futuro lejano. El caudal anual en la zona alta disminuya, oscilando entre 0.3 y 14.3 m<sup>3</sup>/s en el horizonte temporal evaluado. En contraste, en las áreas baja y media se proyecta un acrecentamiento, con caudales que podrían alcanzar hasta 49.3 m<sup>3</sup>/s en el futuro lejano, en cambio en la oquedad alta se proyecta menguas de caudal en el periodo seco y húmedo, cuyos caudales oscilan de entre 0.2 a 12.2 m<sup>3</sup>/s y de 0.1 a 3.4 m<sup>3</sup>/s proporcionalmente.



### **2.1.3. A nivel local**

(Santos Villar, 2016) en su estudio destinado a establecer la disponibilidad mensual de agua de superficie en el afluente Coata bajo proyecciones de cambio de clima para el horizonte 2050-2075, se implementó el modelo hidrológico GR2M (Génie Rural à 2 paramètres Mensuel), el cual fue sometido a un proceso de calibración y validación con el índice estadístico Nash-Sutcliffe de 0.84 y 0.64, donde el escenario base fue del periodo 1964-1989, se adoptaron 6 MCG del CMIP5 y una escena de manifestación RCP 8.5 (Trayectoria de Concentración Representativa). Los hallazgos indican que algunos de los modelos escogidos del CMIP5 reflejan de manera más efectiva la dinámica estacional del clima observada. Según los MCG escogidos, el promedio de esorrentía superficial futura sugiere: Un incremento del 6.3%; a nivel periódico, la extravagancia del H<sub>2</sub>O más alta ocurrió en marzo (19.2%) y la más baja, en noviembre (-27.4%).

(Calderón Cahua, 2023) en el estudio destinado a analizar la disponibilidad de recursos del H<sub>2</sub>O de superficies en la oquedad del afluente Huancané, se implementó el modelo hidrológico SWAT, sometido a procesos de calibración y validación con períodos de 13 y 9 años proporcionalmente, esgrimiendo para ello datos de caudal registrados en la estación hidrométrica Puente Huancané. Para el análisis prospectivo de caudales, se emplearon datos de las escenas SSP5-8.5 y SSP2-4.5, generados por los Modelos de Circulación General NorESM2-MM y MIROC6 del proyecto CMIP6, los cuales fueron sometidos a un proceso de reducción de escala mediante técnicas de downscaling estadístico. Los resultados del estudio en cuanto a la proyección de las precipitaciones indica una reducción de -18.85 mm a -11.46 mm, esta reducción se espera durante el periodo lluvioso, y el temple media se acrecienta de 0.07°C a 0.06°C. Respecto al flujo, se anticipa

una reducción durante el periodo de caudal mínimo, oscilando entre  $-3.0 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $-2.7 \text{ m}^3/\text{s}$ , en tanto que durante el periodo lluvioso se anticipan aportes de  $79.3 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $71.6 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 2.2. Bases teóricas

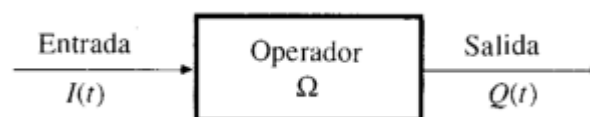
### 2.2.1. Modelamiento aplicado a cuencas Hidrológicas

La representación hidrológica de una cuenca implica necesariamente la abstracción de un sistema nativo (Mendoza et al., 2002). Por consiguiente, la simulación hidrológica constituye una expresión de la interpretación conceptual del sistema y su respuesta. Análogamente, la confiabilidad predictiva del modelo depende directamente de la exactitud en la comprensión del sistema, reconociendo que cada cuenca presenta características únicas de geología, clima, fisiografía, entre otros aspectos, que condicionan la configuración del modelo (Cabrera, 2015).

Por otro lado, la simulación del período hidrológico considera variables de salida y entrada, las cuales, según Chow & Maidment (1998), constituyen indicadores hidrológicos interrelacionados mediante ecuaciones matemáticas. El propósito fundamental del modelado es estudiar la oquedad como un sistema integrado, examinando su funcionamiento para predecir su comportamiento hidrológico.

#### Figura 1

Diagrama de un sistema de hidrología



*Nota.* La figura ilustra el funcionamiento de un sistema de agua. Applied Hydrology (p.7), de Chow. et al., 1994



### **2.2.2. Categorización de Modelos Hidrológicos**

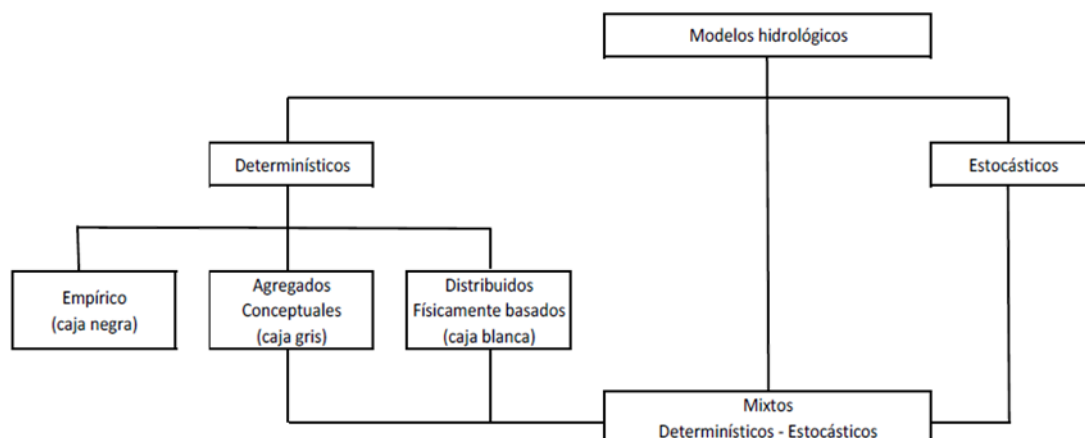
(Chow & Maidment, 1998) Señala que los esquemas de simulación hidrológica se categorizan en 2 grupos: modelos abstractos y físicos; los iniciales constituyen réplicas a escala reducida, como un esquema de simulación hidrológica de aliviadero, mientras que los segundos corresponden a representaciones matemáticas, donde se describe la descripción matemática del sistema a través de relaciones algebraicas que relacionan las variables de salida y entrada.

(Cabrera, 2015) Señala una clasificación alternativa fundamentada en la conceptualización de procesos esenciales. Cuando el modelo funciona como una relación parametrizada entre los insumos y los productos, se denomina modelo de caja negra.

Así pues, cuando el modelo funciona como una correspondencia parametrizada entre los insumos y los productos, se clasifica como modelo de "Caja Negra"; estos modelos no explican el comportamiento generado por procesos internos. En contraposición, los modelos de "Caja Blanca" permiten la identificación de los diversos procesos que participan en la metamorfosis. Estos presentadores se fundamentan en igualdad físicas que ilustran los diversos procesos que intervienen en el fenómeno a simular, lo que hace innecesario el proceso de calibración; sin embargo, debido a la alta incertidumbre de carecer de información sobre los procesos prósperos en la superficie, flora, etc., resulta esencial llevar a cabo la fase de calibración. Además, existen los modelos de "Caja Gris", conocidos por ciertos de los procedimientos del modelo y que se consideran como leyes mecánicas en el ámbito físico.(Cabrera, 2015).

**Figura 2**

*Clasificación de los Modelos Hidrológicos*



*Nota.* La figura ilustra a través de un diagrama la esencia de los algoritmos utilizados en los modelos hidrológicos. Adaptado de MODELOS HIDROLOGICOS (p.6), realizado por Cabrera, 2015.

Es necesario tener en cuenta la grafía espacial; en la que (Cabrera, 2015) los categoriza en función de la dimensión de la oquedad, las características de la superficie y procesos involucrados en los flujos superficiales y subterráneos.

**Figura 3**

*Categorización de los modelos hidrológicos en función a la representación espacial*



*Nota.* La figura ilustra la representación espacial categorizada de la siguiente manera: Modelo agregado (cuencas de tamaño reducido y análisis más exhaustivo), Modelo Semi-distribuido (oquedades de tamaño medio y estudios más detallado), Modelo Distribuido (grandes cuencas y una representación detallada más grande). Adaptado de MODELOS HIDROLOGICOS (p.8), realizado por Cabrera, 2015.

De igual manera, (Calderón Cahua, 2023) afirma que el modelo SWAT se categoriza como una herramienta determinística, mercantilizada espacialmente, de caja blanca y con cabida de simulación continua a escala diaria.

### **2.2.3. Soil & Water Assessment Tool (SWAT)**

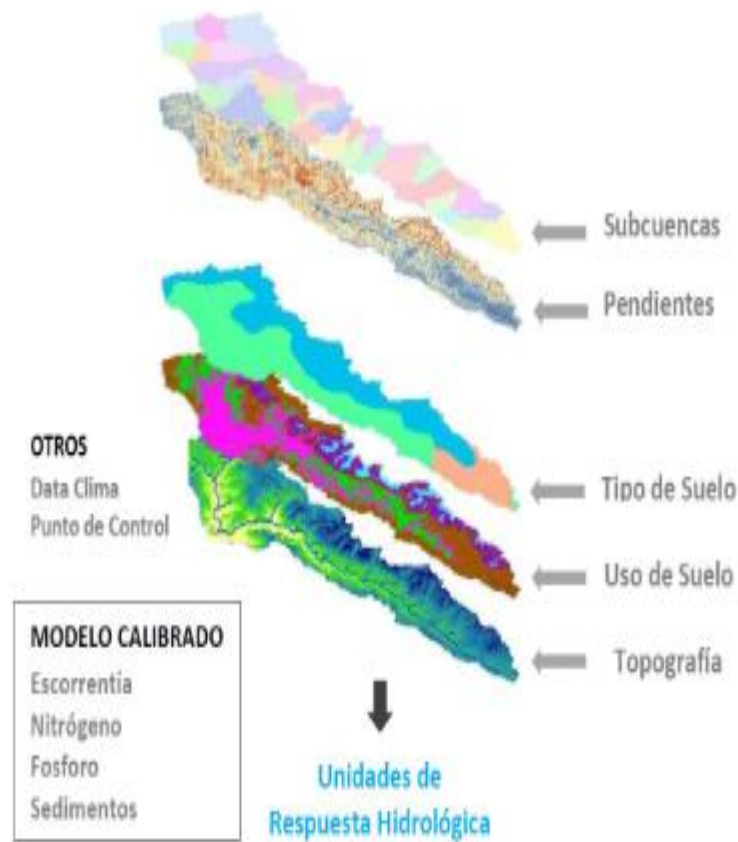
SWAT corresponde a las siglas de "Soil and Water Assessment Tool", una herramienta de modelización desarrollada a nivel macro por el Dr. Jeff Arnold para el ARS. Este instrumento fue diseñado con la finalidad de pronosticar los cambios ambientales de gestión territorial sobre los componentes hídricos, sedimentarios y químicos en cuencas de gran escala y complejidad, con diversidad de suelos y coberturas, durante prolongados horizontes temporales (Neitsch et al., 2011)

Esta sencillez para simular escenarios que ofrece esta herramienta, sumada a otros atributos como: ser un modelo basado en materiales, ser eficaz en términos computacionales, utilizar investigaciones de ingreso reales y simples, ha hecho que se haya posicionado como uno de los modeladores más útiles para el fingimiento hidrológico en la colectividad científica (Neitsch et al., 2010)

(Valladares Martel, 2017) Señala que, en la implementación del modelo SWAT, la oquedad se segmenta en subcuencas y HRU, generadas mediante la integración de datos del DEM, tipos de suelo, clases de pendiente y usos de suelo, conforme se ilustra en la figura 4.

**Figura 4**

*Generación de Unidades de Respuesta Hidrológica con el modelo SWAT*



*Nota.* La figura actual muestra el proceso de delimitación de las Unidades de Respuesta Hidrológica (HRU) para la simulación de la producción hídrica individual de cada unidad. Fuente: Adaptado de "Respuesta Hidrológica de la Cuenca del Río Santa en Condiciones de Cambio Climático" (p.45) Realizado por Valladares Martel, 2017.

De igual manera, (Neitsch et al., 2011) sostienen que el período hidrológico imitado por el SWAT se fundamenta en la ecuación del equilibrio hídrico, que se presenta como:

$$SW_t = SW + \sum(R_i + Q_i + ET_i + P_i + QR_i)$$

Donde:

$SW_t$ : Cantidad final de contenido de agua en el suelo (mm)

$SW$ : Cantidad inicial de contenido de agua en el suelo (mm)

$t$ : Tiempo en días

$R_i$ : Cantidad de lluvia caída en el periodo de análisis (mm)

$Q_i$ : Cantidad de escorrentía (mm)

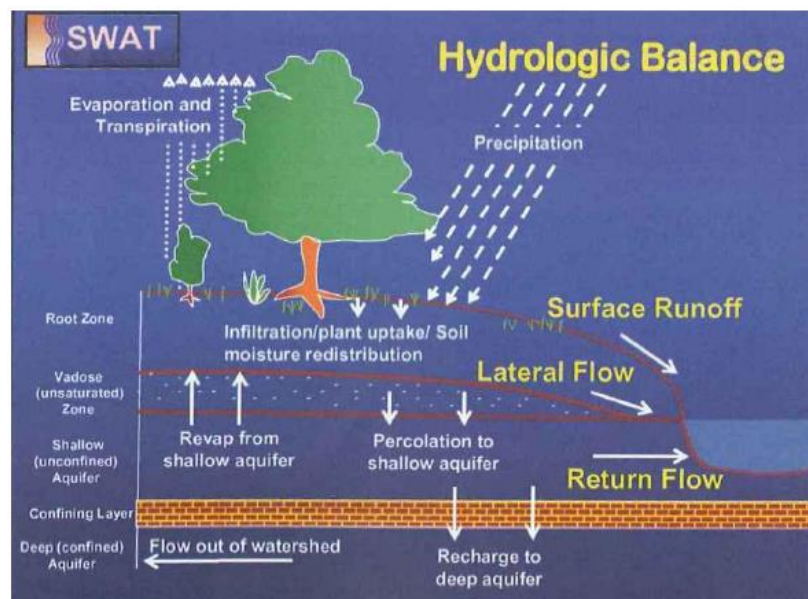
$ET_i$ : Evapotranspiración (mm)

$P_i$ : Percolación (mm)

$QR_i$ : Flujo de retorno (mm)

**Figura 5**

*Representación de la interacción hídrica en SWAT*



*Nota. La imagen ilustra de manera esquemática el ciclo hidrológico en la que se fundamenta el SWAT. Implementación de nociones fundamentales y guía vertiginosa para el beneficiario SWAT (p. 11), de Neitsch. et al. 2011.*



## 2.2.4. Desarrollo del modelo hidrológico SWAT

Según (Del Aguila Ríos, 2021) para analizar la cuenca, esta se divide en subcuencas más pequeñas. Cada subcuenca se describe a través de datos detallados sobre su clima, comportamiento hidrológico, presencia de embalses, interacción con el agua acuífera y el afluente principal que la drena.

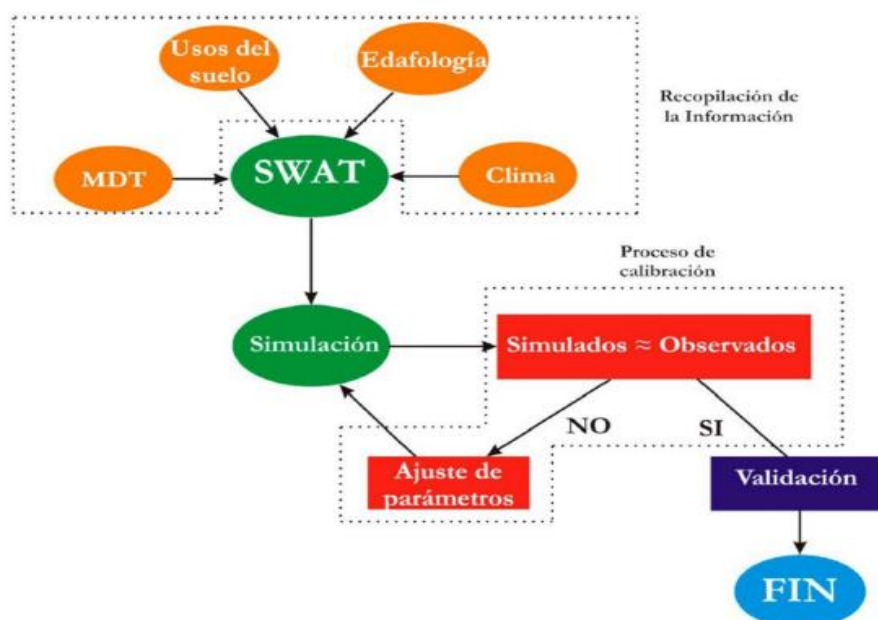
De acuerdo con (Fernández de Villaran San Juan, 2017) el procedimiento para implementar el modelado del SWAT incluye los pasos siguientes:

- El Watershed Delineator establecerá la cuenca y subcuenca (Watershed Delineator) basándose en el MDT. SWAT definirá la oquedad, las suboquedades y las redes de desagüe que conforman los sistemas hidrológicos.
- Las suboquedades se subdividen en HRU, las cuales corresponden a sectores dentro de una misma subcuenca que presentan homogeneidad en cuanto a características edáficas, cobertura vegetal y rangos de pendiente.
- Inclusión de datos del clima (Write Input Tables), son esenciales para la modelización las variables climáticas, las cuales son: Descenso diario, tempes mínima y máxima, irradiación solar, rapidez de la corriente y relente relativo.
- Modificación de los indicadores de ingreso del modelo (Edit SWAT input), fase en la cual se ajustan los archivos base del sistema que contienen la información necesaria para la simulación hidrológica.

- Durante la etapa de fingimiento se efectúa la disposición estacional del fingimiento (longitud e intervalos de periodo preferidos).
- La etapa conclusiva corresponde a la validación y calibración del modelo, donde se evalúa la concordancia entre los valores simulados y los registrados mediante indicadores descriptivos (Coeficiente de Nash-Sutcliffe y Coeficiente de Correlación de Pearson). Al identificarse discrepancias significativas entre las mediciones y anotaciones realizadas en campo y modelados, se ajustan los indicadores mediante el estudio de sensibilidad ejecutado por SWAT. Posteriormente a la calibración, se verifica el modelo con una serie de datos independiente no empleada en el proceso de ajuste.

**Figura 6**

*Procedimientos adoptados para el desarrollo del modelo hidrológico SWAT*



*Nota.* La presente figura esquematiza los procesos desarrollados por SWAT, para el modelamiento hidrológico. Empañado de Modelización hidrológica del afluente Odiel: uso en el estudio de la polución provocada por el desagüe ácido de las minas. por Galván González, 2012) (p. 67)



### **2.2.5. Desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica en Recursos Hídricos**

Los SIG se transforman en un instrumento eficiente para tratar la base socioambiental del arbitrio H<sub>2</sub>O, dado que recolecta, elige, funda y muestra la pesquisa en este contexto. De igual manera, vincula datos tanto espaciales como no espaciales, incorporando una diversidad de variables, mecanismos de medición y formas de documentación. Los SIG esgrimen y elaboran modelos herramientas para la unificación, estudio y cambio de reseñas, además de recuperar información de forma completa y materia para el estudio actual y la valoración de escenas. Posteriormente, posibilita la invariable revisión y actualización de la información y los modelos producidos, con el objetivo de colaborar en procesos dinámicos de planificación y administración del territorio (Chaco et al., 2013)

De acuerdo (Jayakrishnan et al., 2005) se han creado herramientas SIG para que SWAT pueda procesar efectivamente toda la pesquisa geoespacial requerida, simplificando la evaluación de cómo diversas cuencas y condiciones climáticas afectan la administración, eficacia y condiciones del agua.

### **2.2.6. Proyecciones Climáticas**

(Moss et al., 2010) Alude que las proyecciones climáticas son ilustraciones de un futuro clima, con supuestas emanaciones futuras de GEI y diversas poluciones, evidenciado en el saber serio sobre el impacto del acrecentamiento de las reuniones de estos gases en el aire global. Así mismo un modelo del clima es la ilustración numérica del sistema del clima, fundamentada en las características químicas, físicas y biológicas de sus manuales. Este sistema climático se



representa a través de modelos climáticos globales de variado nivel de complejidad (Pachauri & Reisinger, 2008).

La simulación climática mediante estos MCG (Modelo Climático Global) tiene la capacidad de replicar los cambios climáticos a nivel mundial vistos a lo largo del siglo pretérito, basándose en la progresión de las reuniones de GEI, lo cual otorga seguridad en la habilidad de reproducir el temple y su inestabilidad expectante (Barros, 2005).

En la actualidad, se han elaborado los Modelos de Circulación General CMIP6. Estos modelos ofrecen un rango de complejidad más extenso, desde GCM hasta representaciones integrales del sistema terrestre, incorporando mejoras en los métodos físicos y una mayor precisión en la resolución espacial (Kim et al., 2020)

Es así que estos modelos CGM – CMIP6, ofrecen escenarios SSP, las cuales delegan a los RCP (Vías Representativas de Concentraciones) del CMIP5, es así que (León Ochoa, 2017) define estos escenarios como representaciones del porvenir u opciones futuras del estado expectante de la compañía y del ambiente, fundamentadas en hipótesis acerca del incremento de la manifestación de gases de calentamiento global y aerosoles, incremento poblacional, políticas medioambientales y progreso económico.

Los SSP examinan cinco maneras distintas en las que el mundo podría progresar si no existieran directrices climáticas. Los dos caminos se crearon para complementarse, los RCP definen las rutas para las concentraciones de gases de cambio climático y la cuantía de caldeo que podría suceder a finales de época.

Además, los SSP definen el panorama en la que se alcanzarán o no las disminuciones de manifestaciones.(Riahi et al., 2017)

**Tabla 2**

*Escenarios SSP*

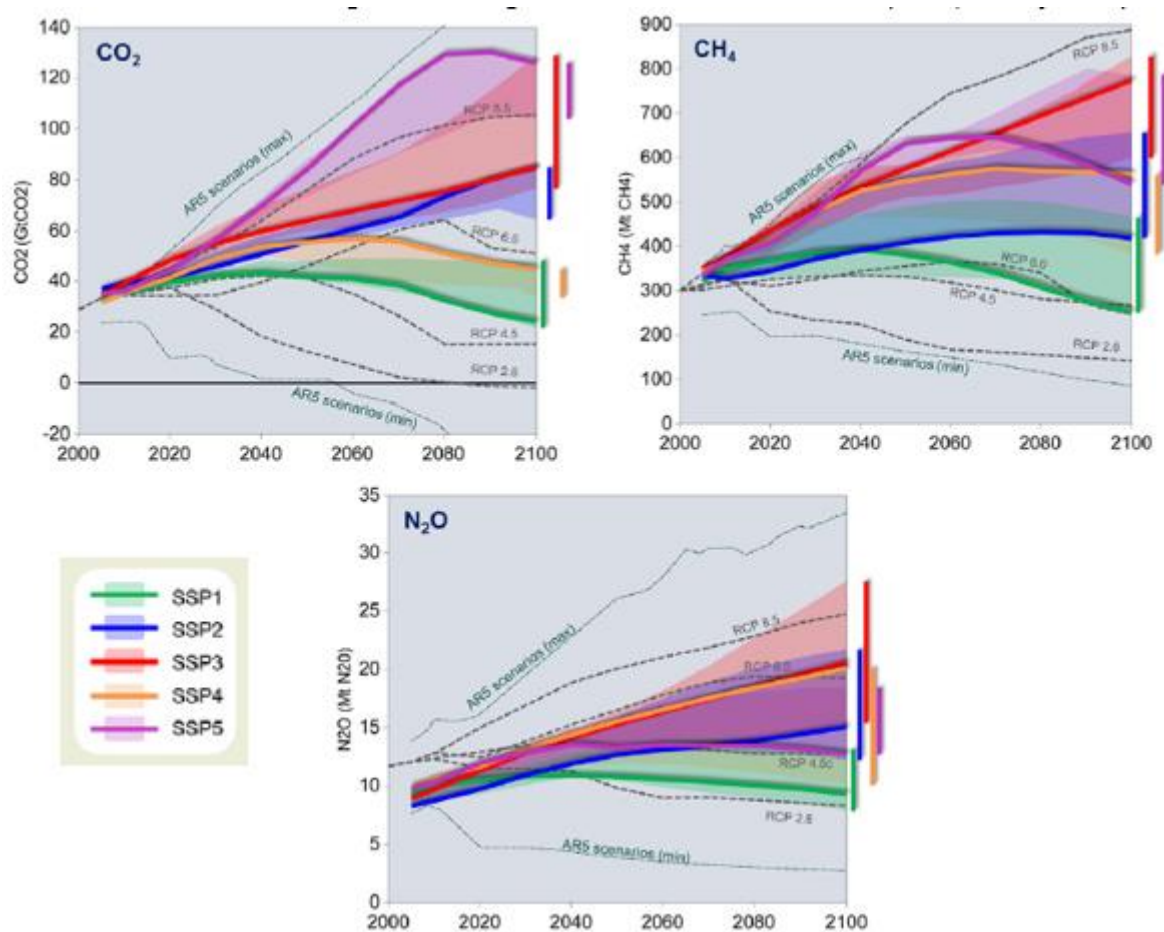
<b>Narrativas SSP</b>	
<b>SSP1</b>	Sostenibilidad: optar por la ruta verde (retos reducidos para la mitigación y la adaptabilidad)
<b>SSP2</b>	En la mitad del trayecto: (Procesos intermedios para la mitigación y la adaptación)
<b>SSP3</b>	Competitividad regional: Un sendero pedregoso (grandes retos para la mitigación y la adaptación)
<b>SSP4</b>	Desigualdad: Una trayectoria fragmentada (retos reducidos para la mitigación, retos significativos para la adaptación)
<b>SSP5</b>	Desarrollo propulsado por combustibles fósiles: Tomando el camino (retos significativos para la mitigación, retos reducidos para la adaptación)

*Nota.* Esta tabla ilustra extensas propensiones socioeconómicas que podrían moldear la sociedad venidera. Adaptado de The Shared Socioeconomic Pathways and their impactos en energía, usanza de tierras y emisión de gases de calentamiento global: Una visión general (p. 157), K. Riahi. et al. 2017, Global Environmental Change.

En el contexto de las manifestaciones y el calentamiento global, SSP se materializan en una amplia gama de gases de calentamiento global y agentes contaminantes. Para las manifestaciones de dióxido de carbono, existe una correspondencia más estrecha ante los retos venideros en materia de mitigación. De manera similar, en las trayectorias SSP4 y SSP1, la demanda energética se reduce en inflamables fósiles y aumenta en fuentes de brío no fósiles. En contraste, en los caminos SSP5 y SSP3, la demanda energética depende predominantemente de inflamables fósiles, generando un aumento significativo en las manifestaciones de CO<sub>2</sub>. (Riahi et al., 2017)

**Figura 7**

*Emisiones de GEI, en los diferentes escenarios SSP*



Nota. La ilustración presenta las proyecciones para el año 2100, las cuales son comparativas con los RCP. Adaptado de The Shared Socioeconomic Pathways and their impacts en energía, usanza de tierras y emisión de gases de calentamiento global: Un enfoque general (p. 162), K. Riahi. et al, 2017, Global Environmental Change.

## 2.3. Marco conceptual

### Ciclo del agua:

Son los procesos de cambio y flujo del H<sub>2</sub>O en la tierra en distintas etapas; su forma de interconexión crea un auténtico lapso, dado que su comienzo se da en el lugar donde luego finaliza (Chow & Maidment, 1998)

## **Clima:**

El clima suele definirse de manera restringida como el estado promedio de las condiciones meteorológicas, y de forma más exhaustiva, como la caracterización estadística del estado atmosférico en función de los promedios y la fluctuación de las variables relevantes a lo largo de etapas que pueden abarcar desde meses hasta millones o miles de años. (Pachauri & Reisinger, 2008)

## **Cambio Climático:**

Es el acrecentamiento del temple media en la atmósfera mundial, debido al incremento en la producción y acopio de Gases de Calentamiento Global en el planeta.(Pachauri & Reisinger, 2008)

## **Escenarios climáticos:**

Simulación factible de la progresión futura de las emisiones de elementos que podrían tener una actividad radiativa.(Calvin et al., 2023)

## **Disponibilidad Hídrica**

Corresponde al caudal disponible total almacenado en una cuenca hidrográfica, destinado a usos como el riego agrícola, generación de energía hidroeléctrica, abastecimiento público de agua potable y otros fines socioeconómicos (Autoridad Nacional del Agua, 2017).



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Enfoque de la investigación

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo, fundamentado en la recolección de datos mediante procesos de medición de variables e hipótesis definidas. La obtención de información se realiza aplicando metodologías estandarizadas y validadas por la comunidad científica. La validación y reconocimiento del estudio por pares exige la demostración de la correcta aplicación de estos protocolos. Al orientarse hacia la medición, los fenómenos examinados deben ser observables o tener una conexión directa con la realidad tangible (Hernández Sampieri et al., 2014)

#### 3.2. Nivel de investigación

Este estudio tiene un enfoque Correlacional – Descriptivo.

Correlacional – Descriptivo ya que en este estudio se valoró la disponibilidad de agua basándose en condiciones climáticas, lo que revela un nivel de relación entre variables. Por otro lado, se detallaron algunos parámetros morfológicos de la oquedad del afluente Coata.



### **3.3. Diseño de investigación**

Este estudio adopta un diseño No Experimental de tipo transversal, ya que algunas variables no fueron objeto de experimentación y la compilación de datos se realizó en un único instante.

### **3.4. Población y muestra**

#### **3.4.1. Población**

El grupo de estudio se compone de toda la red de ríos de la vertiente del Titicaca, que abarca 13 cuencas hidrográficas cuyos cauces se unen al lago Titicaca.

#### **3.4.2. Muestra**

En este estudio se ejecutó una muestra no probabilístico, ya que la elección de la muestra se enfocó en ciertos aspectos como que la oquedad en análisis disponga de una frecuencia hidrométrica para efectuar el arreglo de la oquedad con el modelo SWAT.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de información**

#### **3.5.1. Técnicas de la investigación**

La técnica de compilación de datos en esta investigación, está basada en el método indirecto (Hernández Sampieri et al., 2014), es decir que los datos recolectados están ligados a registros estadísticos realizados por expertos y entidades competentes en materia de recursos del H<sub>2</sub>O y cambio de clima.

#### **3.5.2. Instrumentos de la investigación**

Los instrumentos esgrimidos en este estudio, se basó en la utilización de recursos computacionales, en programas software los cuales son los siguientes:



- Extension 3D Analyst for ArcGIS 10.5
- ArcSwat 2012 10.5
- SWAT-CUP 2019 5.2.1.1
- RStudio 4.2.2
- Google Earth
- Google Earth Engine
- CMhyd (Modelado de Datos de Cambio Climático para Recursos Hídricos)
- ArcGIS Desktop 10.5
- Microsoft Office LTSC Professional Plus 2021

### **3.6. Procedimiento metodológico**

#### **3.6.1. Obtención de Suministro del Modelo**

En la fase inicial del estudio, se recopiló la información climática necesaria, pesquisa GIS e información de caudales de una estación hidrométrica, todo ello información respecto a la oquedad en análisis.

Los datos meteorológicos fueron adquiridos del producto PISCO (Datos Interpolados Peruanos de Observaciones Climatológicas e Hidrológicas del SENAMHI), utilizando las versiones PISCOp v2.1 para temple y PISCOp v1.1 para precipitación respectivamente.

Para la obtención de las variables de temple y precipitaciones del provecho grillado PISCO, se utilizaron la localización de seis (06) estaciones meteorológicas y dos (02) ficticias, esto debido a que la exactitud en la predicción espacio-temporal

de las precipitaciones y temperaturas, incrementará la confiabilidad en los sitios en la que se coloque de datos de pluviómetros (Aybar Camacho et al., 2017).

La adquisición de datos del beneficio PISCO se ejecutó por medio del entorno de clasificación RSTUDIO, utilizando un algoritmo desarrollado por los ingenieros especialistas del SENAMHI Waldo Lavado y Adrián Huerta (detalles disponibles en los anexos).

Para los datos hidrométricos se obtuvieron las estaciones hidrométricas Puente Unocolla - Coata, para la etapa 1995 – 2016

El procesamiento de la información climática para SWAT, que comprende variables de radiación solar, velocidad eólica y humedad relativa, fue completado mediante el módulo generador de datos meteorológicos integrado en la herramienta (Neitsch et al., 2005)

**Tabla 3**

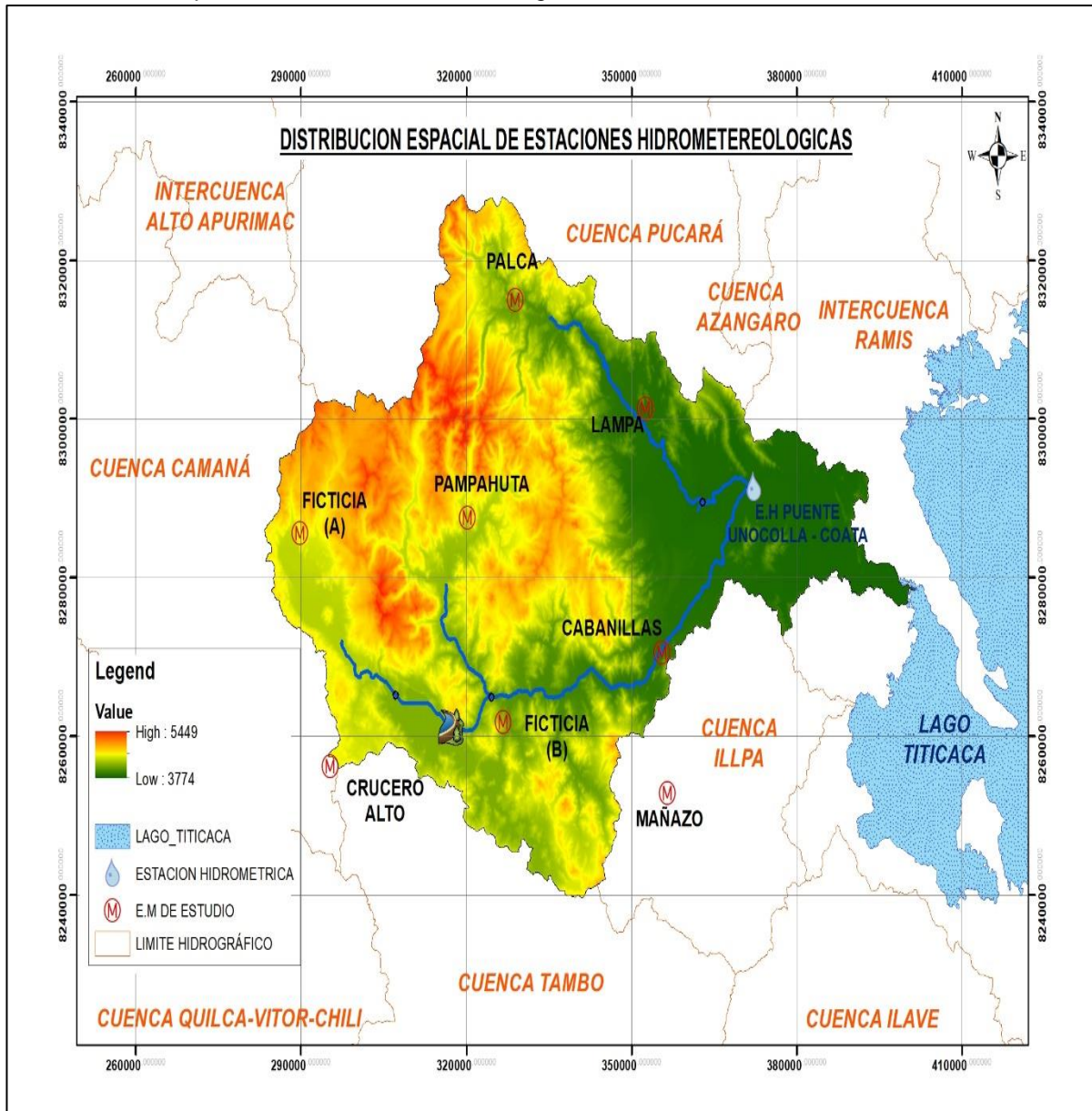
*Ubicación de estaciones Hidro-meteorológicas de la cuenca Coata*

Estación	Tipo	Periodo de Registro	Coordenadas UTM (WGS - 84)		Altitud (m.s.n.m)
			Este	Norte	
Lampa	Meteorológica	1981 - 2016	-15.361083	-70.374000	3860
Palca	Meteorológica	1981 - 2016	-15.235889	-70.593000	4053
Cabanillas	Meteorológica	1981 - 2016	-15.639108	-70.347000	3879
Mañazo	Meteorológica	1981 - 2016	-15.799444	-70.340000	3919
Pampa huta	Meteorológica	1981 - 2016	-15.483686	-70.676000	4302
Crucero Alto	Meteorológica	1981 - 2016	-15.764478	-70.911000	4509
E. Ficticia A	Meteorológica	1981 - 2016	-15.498897	-70.959906	4483
E. Ficticia B	Meteorológica	1981 - 2016	-15.716617	-70.959906	4181
Puente Unocolla - Coata	Hidrométrica	1995 - 2016	-15.450847	-70.191333	3835

*Nota.* En la tabla se puede ver las estaciones meteorológicas, esgrimidas en referencia para la interpolación de PISCO con sus respectivas localizaciones, así mismo muestra el sitio de la estación hidrométrica de la estación hidrométrica Puente Unocolla – Coata.

**Figura 8**

*Distribución Espacial de Datos Hidrometeorológicos de la cuenca del río Coata*



Nota. La siguiente imagen muestra la distribución espacial de las Estaciones de la cuenca del río Coata

La información GIS (Sistema de Información Geográfica) como, el DEM, Tipo de Superficie y Usanza de Superficie se obtuvo de mediante la plataforma Google Earth Engine, el cual almacena data GIS

**Tabla 4**

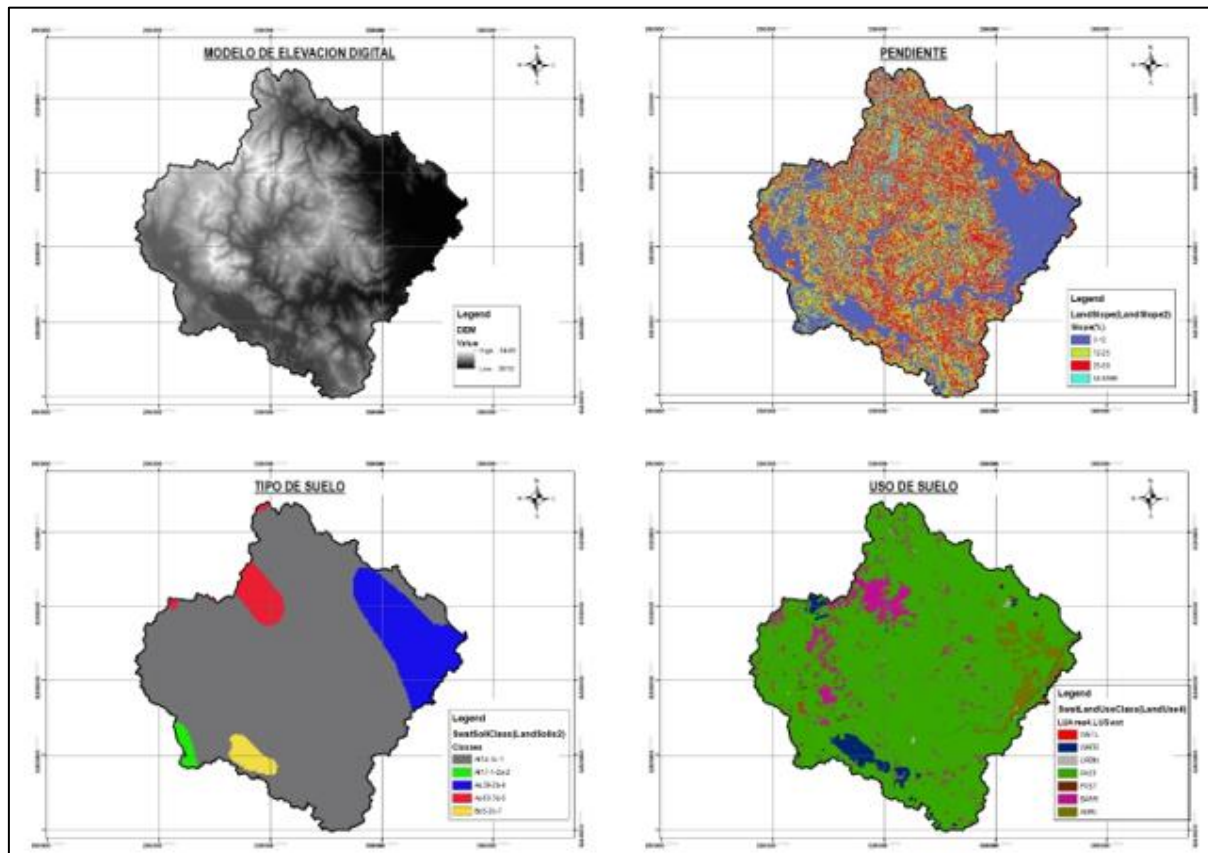
*Datos GIS ingresadas al modelo SWAT*

Información	Fuente	Descripción	Formato
Cobertura vegetal y uso de suelo	ESRI	Esta capa muestra un mapa global de uso y cobertura del suelo (LULC) derivado de imágenes Sentinel-2 de la ESA con una resolución de 10 m	Ráster
Unidades de suelo (Edafología)	FAO	Mapa de capacidad de uso mayor de tierras	Shapefile
DEM	SRTM/USGS	Modelo digital de elevación a una resolución de 30 X 30 m.	Ráster
Hidrografía	ANA SENAMHI	Estaciones hidrometeorológicas y delimitación de red de drenaje hidrográfica de la cuenca Huancané.	Shapefile
Cartografía Básica	IGN	Cartas nacionales de la cuenca del Río Coata	Shapefile

*Nota.* La presente tabla muestra la data GIS obtenida de Google Earth Engine

**Figura 9**

*Datos espaciales suministradas al modelo SWAT*



*Nota.* La presente ilustración muestra los datos espaciales generados con la información GIS, para el suministro del modelo

Para la adquisición de datos de GCM, se utilizaron modelos climáticos internacionales de última generación correspondientes a los experimentos CMIP6. La información diaria de precipitación y temperaturas extremas de los GCM fue obtenida del "Climate Change Service de Copernicus (C3S)". Este servicio, administrado por el ECMWF, proporciona datos de calidad verificada sobre estados climáticos históricos.

Los modelos acogidos a esta investigación, se basaron en el estudio realizado por (Fernandez-Palomino et al., 2024).

**Tabla 5**

*Modelos Climáticos Globales obtenidos del Servicio de Cambio Climático de Copernicus*

<b>Modelo</b>	<b>Instituto (país)</b>	<b>Resolución (long x lat)</b>
MIROC6	Atmosphere and Ocean Research Institute (The University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology – Japón	1.40625° x 1.40625°
NorESM2-LM	Norwegian Climate Centre (NorClim) - Noruega	2.5° x 1.89°

*Nota.* La presente tabla muestra los modelos aptos para la evaluación del Cambio del Clima Perú y Ecuador (Fernandez-Palomino et al., 2024).

Por otro lado, los escenarios adoptados para este estudio son "Vías Socioeconómicas Compartidas" (SSP), que exploran las manifestaciones, impactos, el cambio del clima, las posibles habilidades de adaptaciones y de mitigación (O'Neill et al., 2016).

**Tabla 6**

*Escenarios MIP aplicados en esta investigación*

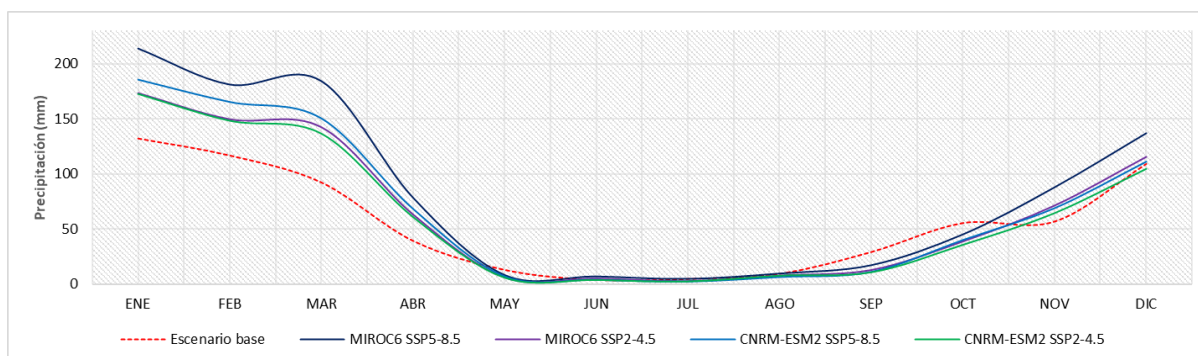
Nombre del escenario	Categoría de Forzamiento	(W/m <sup>2</sup> )	SSP	Año
SSP5-8.5	Alto	8.5	5	2025 - 2055
SSP2-4.5	Medio	4.5	2	

*Nota.* La actual tabla muestra los escenarios SPP aplicados en esta investigación para evaluar la disponibilidad hídrica futura

Para evaluar la confiabilidad de los MCG en la variable de precipitación, se aplicó un análisis de correlación que verificó la estacionalidad de la precipitación acumulada promedio mensual multianual. Se comparó el período base (1995-2016) con el escenario futuro (2025-2100) de los datos pluviométricos.

**Figura 10**

*Estacionalidad de la precipitación acumulada promedio mensual multianual*



*Nota.* La presente ilustración muestra que los MCG si presentan la estacionalidad de la precipitación

Se comprobó estadísticamente también la estacionalidad de las precipitaciones, para el modelo MIROC6 la correlación R<sup>2</sup> dio valor de 0.93 y para el modelo CNRM-ESM2 la correlación R<sup>2</sup> dio valor de 0.93, lo que indica que estadísticamente los MCG adoptados a este estudio son aptos para valorar las disponibilidades del H<sub>2</sub>O en la oquedad del afluente Coata.

La confiabilidad para los datos del escenario base (1995-2016), se debería realizar por medio del Estudio Exploratorio de Datos, como el estudio de dupla

masa y el análisis visual gráfico, sin embargo, este estudio maneja data modelada del producto PISCO, por lo que no está generada por estaciones pluviométricas, donde ocurren errores como, saltos, averías en el equipo, etc (errores sistemáticos), lo que hace que no sea necesario aplicar dicho análisis.

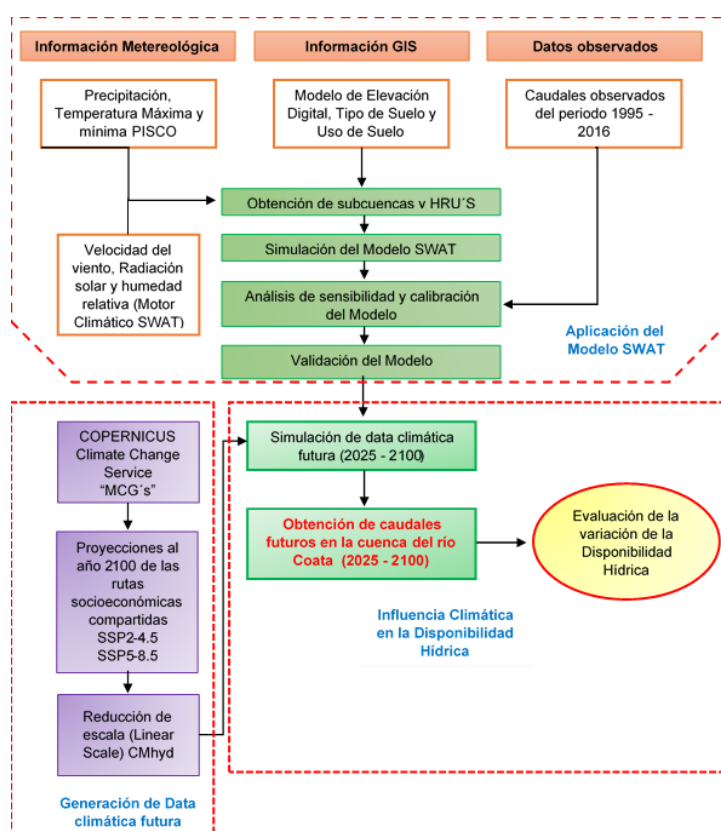
### 3.6.2. Procedimiento del Modelado en SWAT

El modelamiento en SWAT constó de tres (03) etapas, los cuales son:

- Aplicación del Modelo SWAT en el escenario base
- Influencia Climática de la Disponibilidad Hídrica
- Reproducción de Data Futura

Figura 11

Esquema de procedimientos aplicados para la evaluación de la disponibilidad hídrica



Nota. La siguiente figura esquematiza los pasos adoptados para ejecutar la obtención de caudales futuros en la cuenca del Afluyente Coata

### 3.6.2.1. Aplicación del Modelo SWAT en el escenario base

Para la aplicación de esta etapa se realizó el procedimiento llevado a cabo por (Neitsch et al., 2005), el cual orienta el procedimiento de implementación en las interfaces gráfica de ArcGIS, a través de la extensión ArcSWAT. Es por ello que se clasificó el los datos espaciales GIS (Cobertura Vegetal, Tipo de Superficie y Pendiente), para volverlos aptos en la lectura del ArcSWAT

Para la cobertura vegetal, se relacionó los valores de ESRI 10m con la codificación realizado por (Arnold et al., 2012).

**Tabla 7**

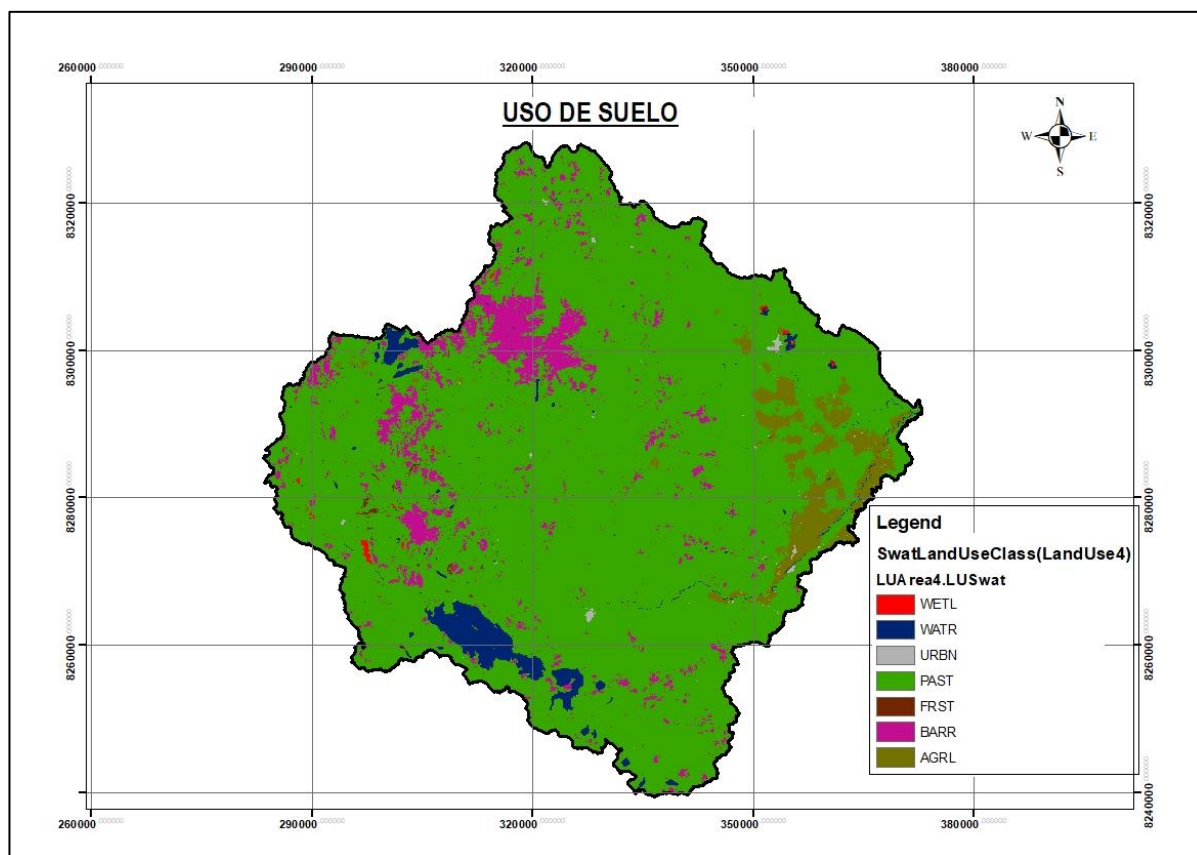
*Códigos de entrada para Cobertura Vegetal de la cuenca del río Coata*

Clasificación	Código SWAT	Descripción
1. Agua	WATR	Cuerpos de agua permanentes
2. Arboles	FRST	Comunidades vegetales arborescentes densas
4. Vegetación inundada	WETL	Áreas de transición entre ambientes acuáticos y terrestres
5. Cultivos	AGRL	Cultivos básicos de grano y forraje
7. Área construida	URBN	Urbanización y construcción
8. Suelo desnudo	BARR	Extensos terrenos áridos, sin vegetación
9. Nieve hielo	WATR	Masas de hielo permanentes en zonas frías
11. Pastizales	PAST	Pastizales son áreas dominadas por hierbas, mientras que matorrales tienen una cobertura más baja y dispersa de arbustos y matas

*Nota.* La actual tabla enseña la codificación SWAT tomada de los valores de ESRI 10m

**Figura 12**

*Distribución espacial de Cobertura Vegetal en la cuenca del río Coata*



*Nota.* La actual ilustración presenta la colocación espacial de Cobertura Vegetal de la cuenca del río Coata, donde se visualiza una amplia predominancia de Pastizales.

Para la clasificación taxonómica del Tipo del Superficie para la oquedad del afluente Coata, se ejecutó la importación de los datos elaborados por (FAO & UNESCO, 1976), estos datos se relacionaron con la codificación de ArcSWAT.

**Tabla 8**

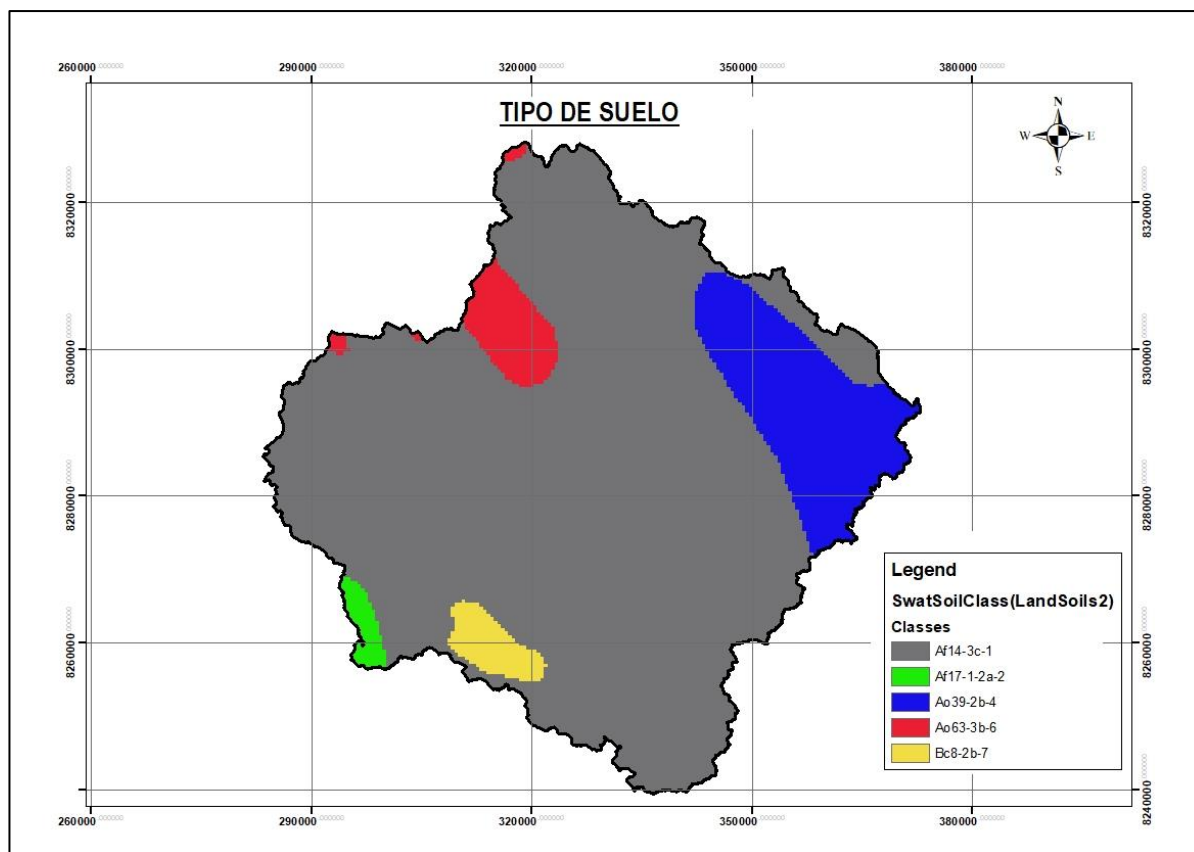
*Clasificación taxonómica del suelo en la cuenca del río Coata*

Clasificación	Descripción	Textura	Densidad Aparente ( $g/cm^3$ )	% Arcilla	% Limo	% Arena
Af14-3c-1	Acrisol férrico	Arcilla - Marga	1.2	38	26	36
Af17-1-2a-2	Acrisol férrico	Arcilla arenosa - Marga	1.3	21	19	60
Ao39-2b-4	Acrisol ortico	Marga	1.3	22	31	46
Ao63-3b-6	Acrisol ortico	Arcilla	1.2	41	33	26
Bc8-2b-7	Cambisol cromico	Marga	1.2	22	29	49

*Nota.* La siguiente tabla muestra el tipo de suelo existente en la oquedad del afluente Coata

**Figura 13**

*Distribución espacial del tipo de suelo existente en la Cuenca del Río Coata*



*Nota.* La siguiente ilustración representa la colocación existente del tipo de superficie en la cuenca del afluente Coata, donde predomina el tipo de suelo de textura “Arcilla-Marga”.

Para la codificación de pendientes, generadas a raíz del Modelo de Prominencia Digital (DEM), se utilizó el RCT (DECRETO SUPREMO No 017-2009-AG, 2009).

**Tabla 9**

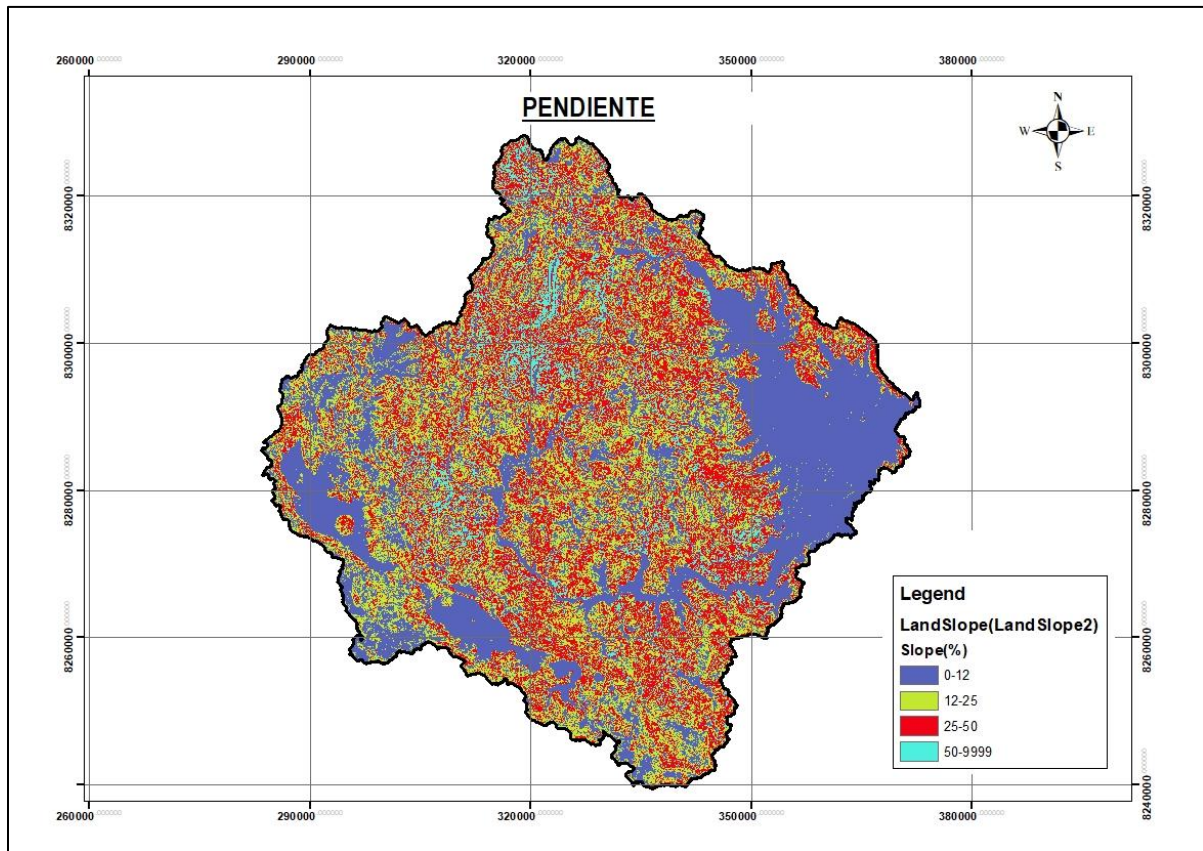
*Clasificación de pendientes en la Cuenca del Río Coata*

Clase	Pendiente (%)
Ligeramente Inclinado	0 – 12
Moderadamente Inclinado	12 – 25
Algo Escarpado	25 – 50
Muy Escarpado	> 50

*Nota.* La actual tabla enseña la clasificación adoptada por el Reglamento de Clasificación de Tierras

**Figura 14**

*Distribución Espacial de la clasificación de Pendientes de la cuenca del río Coata*



*Nota.* La presente ilustración enseña las pendientes de la cuenca del afluente Coata, donde se visualiza que la pendiente de 0-12 es donde desemboca el río Coata.

Para la modelización del escenario de referencia, la implementación del modelo SWAT en la cuenca del río Huancané se ejecutó conforme a la metodología estandarizada por Neitsch et al. (2005), la cual guía el proceso de configuración dentro del entorno gráfico de ArcGIS 10.5 mediante el complemento ArcSWAT. El modelo SWAT efectúa la siguiente simulación hidrológica: La precipitación es interceptada y retenida por la cobertura vegetal (dosel) o se acumula en la superficie del terreno. El H<sub>2</sub>O superficial se absorbe en el perfil edáfico o se moviliza como escorrentía superficial. Paralelamente, el flujo superficial converge hacia los cauces fluviales, incorporándose a ellos en un intervalo temporal reducido. El líquido infiltrado se almacena en el suelo y es sujeto de evapotranspiración

progresiva (esgrimiendo el método Penman-Monteith), o puede transferirse lentamente hacia el sistema de H<sub>2</sub>O superficiales a través de flujos subsuperficiales y acuíferos.

Por el contrario, la metodología de modelamiento divide la cuenca en subcuadras y HRU, las cuales se constituyen a partir de la combinación de tipos de cobertura vegetal, clases de pendiente y características edáficas (Neitsch et al., 2011).

Así mismo, se calcula la esorrentía de superficie mediante el método del dígito de curva del SCS y el método Green Ampt (U.S. Department of Agriculture, 1972).

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - 0.2S)^2}{(R_{day} + 0.8S)}; R > 0.2S$$

$Q_{surf}$  representa la esorrentía amontonada por la abundancia de aguacero (mm);  $R_{day}$  representa la cuantía de lluvias diarias (mm);  $S$  es el parámetro de retención, que cambia debido a las variaciones generadas por la cantidad de agua en el terreno.

El parámetro de retención se calcula con la siguiente formula:

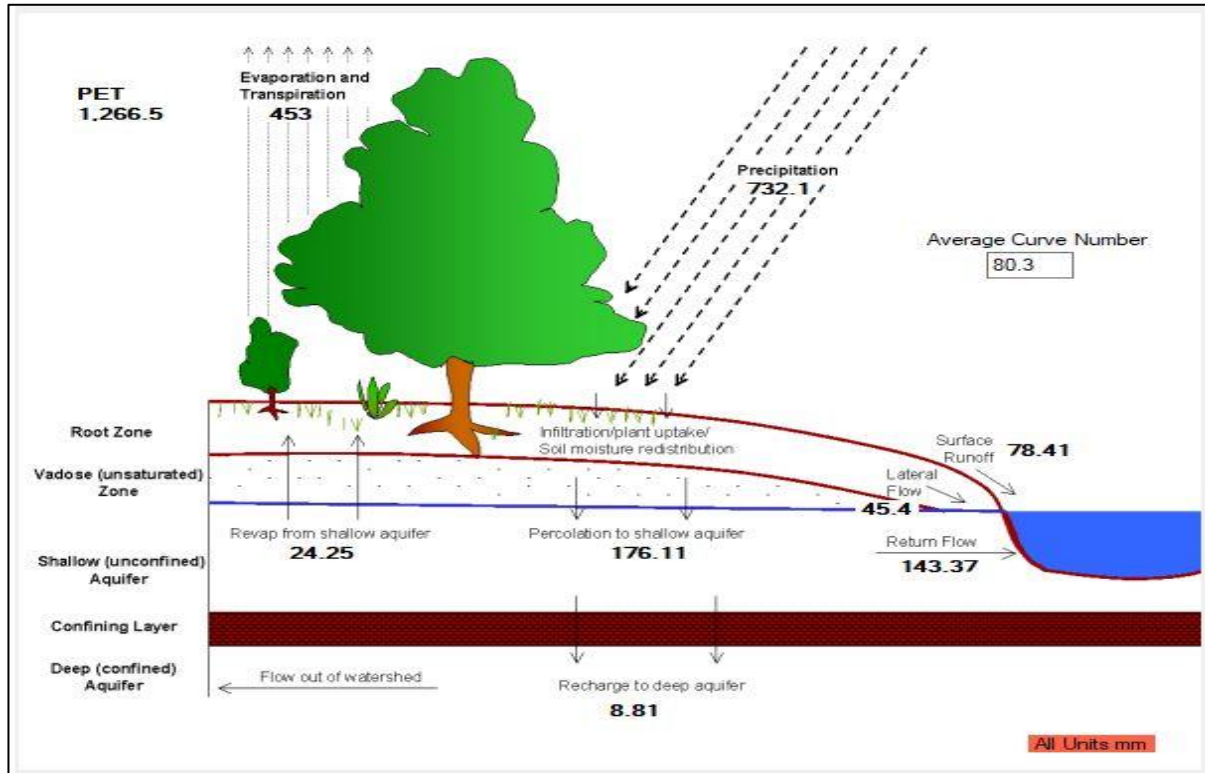
$$S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

En él  $CN$  se muestra una curva numérica diaria, que depende de la filtración del terreno, los contextos del H<sub>2</sub>O, la superficie y la cubierta de vegetación.

De esta manera, se ejecutó esta simulación en la plataforma ArcSWAT, iniciando la modelización del escenario de referencia (1995-2016) con resolución temporal diaria, partiendo a partir de 1992 debido al período de estabilización (warm-up) de 3 tiempos requerido. (Neitsch et al., 2011).

**Figura 15**

*Interacción de la simulación base del ciclo hidrológico*



Nota. La presente ilustración muestra la interacción del ciclo hidrológico y balance general en la cuenca del río Coata.

Para el procedimiento de comprobación y validación del modelo SWAT, que reduce la vacilación y fortalece la confiabilidad de su capacidad predictiva, la calibración se efectúa mediante un proceso automatizado de autocalibración, donde los parámetros fluctúan aleatoriamente dentro de rangos específicos predefinidos, pudiendo estos incidir en los procesos físicos de la oquedad. (Galván González, 2012).

Se empleó el presentación SWAT - CUP 2019 5.2.1.1 para llevar a cabo la calibración durante un lapso de 15 años desde 1995 hasta 2009 (caudales registrados en la estación hidrométrica del puente Unocolla - Coata), esta calibración se realizó con 50 simulaciones, de manera que los parámetros escogidos para la calibración se basaron en el estudio realizado por (De Oliveira

Bueno et al., 2017), donde evalúa el desempeño del modelo SWAT, en cuencas hidrográficas dependiendo al espacio temporal en meses o días.

**Tabla 10**

*Parámetros de Calibración utilizados en SWAT-CUP*

Parámetro	Descripción	Proceso	Rango
v_ESCO.hru	Aspecto compensatorio de la evaporación del terreno.	Evaporación	0.7 – 0.95
r_CN2.mgt	Numeración SCS curva de escorrentía	Cobertura	-0.1 – 0.1
_ALPHA_BF.gw	Factor "Alpha" de la corriente base	Acuíferos	0 – 1
_GW_DELAY.gw	Periodo de demora en el agua subterránea (días)	Acuíferos	-30 – 60
a_GWQMN.gw	Dimensiones de la profundidad del agua en el acuífero (mm)	Acuíferos	-1000 – 1000
v_CANMX.hru	Máximo almacenamiento de dosel (mm)	Cobertura	0 – 30
v_CH_K2.rte	Eficiencia de la conductividad hidráulica en aluvión del canal principal	Enrutamiento	0 – 10
v_CH_N2.rte	Manning establece un valor "n" para el canal principal.	Enrutamiento	-0.01 – 0.2
v_EPCO.bsn	Aspecto compensatorio de la absorción de la planta	Transpiración	0.01 – 1
_GW_REVAP.gw	Coefficiente "revap" de las aguas subterráneas.	Acuíferos	0.02 – 0.2
_REVAPMN.gw	Determinación de la profundidad del agua en el acuífero superficial "revap" (mm).	Acuíferos	-1000 – 1000
_SOL_AWC.sol	Humedad disponible (mm agua/mm tierra)	Suelos	-0.05 – 0.05
r_SOL_K.sol	Saturación de la conductividad hidráulica	Suelos	-0.05 – 0.05
r_SURLAG.bsn	Periodo de demora en la escorrentía superficial	Enrutamiento	0.01 – 24
_SLSUBBSN.hru	Longitud promedio de la inclinación	Enrutamiento	-0.25 – 0.25

*Nota.* La siguiente tabla enseña los rangos e indicadores escogidos en cada proceso de la simulación SWAT. El término "v\_" hace referencia a la renovación de valor en el modelo; "r\_" implica que el indicador se multiplica por 1 y se añade el valor en el modelo; "a\_" hace referencia a la adición del valor del indicador en el modelo.

Este procedimiento de calibración se implementó mediante el algoritmo "Sequential Uncertainty Fitting 2 (SUFI2)", el cual consolida todas las fuentes de



incertidumbre del modelo (indicadores, estructura conceptual, etc.) en rangos paramétricos, logrando así abarcar la mayoría de datos observados dentro del intervalo del 95% de vacilación predictiva (Abbaspour et al., 2015).

En la etapa de validación se evidenció el proceso de calibración utilizando los valores inapreciables obtenidos de cada indicador en la etapa de comprobación. En esta etapa se realizó en una fase de 07 años (2010-2016) de caudales obtenidos de la estación hidrométrica Puente Unocolla – Coata.

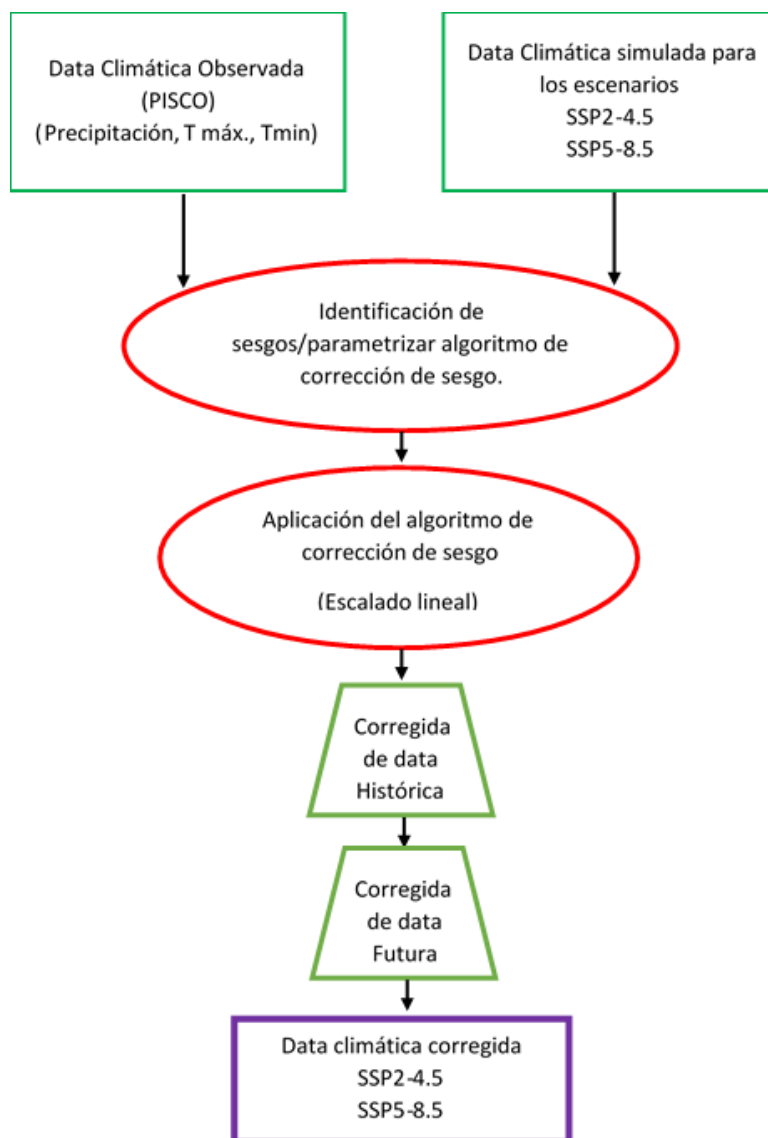
### **3.6.2.2. Generación de Data Futura**

Se esgrimió la utilidad meteorológica de SWAT denominada "CMhyd" (Climate Model Data for Hydrological Modeling) para generar los registros de precipitación y temperaturas (máxima y media) de los modelos climáticos preseleccionados, procediendo además a la corrección de sesgos de dichos datos. Para la cortesía de sesgos, "CMhyd" esgrime un algoritmo de transformación que ajusta los hallazgos de los modelos climáticos. El propósito es cuantificar las discrepancias entre los datos climáticos históricos simulados y observados, para así parametrizar un método de corrección que se aplica a los registros históricos modelados. Este mismo algoritmo de corrección y parametrización, calibrado para condiciones climáticas presentes, mantiene su validez para escenarios climáticos futuros (Rathjens et al., 2016)

La metodología elegida para la reducción de escala estadística se fundamentó en modelos de regresiones lineales (Linear Scaling), técnica disponible en la interfaz de CMhyd, la cual establece una correspondencia empírica entre los GCM y las variables a escala local (Amador & Alfaro, 2008).

**Figura 16**

*Esquemización del proceso de corrección de sesgo de los datos locales y predicantes*



*Nota.* La figura actual ilustra el procedimiento de reducción de escala aplicado a los Modelos Climáticos Globales para la oquedad del afluente Coata. Fuente: Adaptado de "Disponibilidad Hídrica Superficial en la oquedad del afluente Huancané bajo influencia climática, mediante la implementación del modelo Soil & Water Assessment Tool V2012.10.7.24", Calderón Cahua, 2023.

Por otra parte, este vínculo empírico puede manifestarse de la forma siguiente:

$$Y = f(x)$$



$Y$  corresponde a la variable climática local que los Modelos Climáticos Globales no representan adecuadamente y que requiere reducción de escala;  $X$  simboliza el conjunto de variables climáticas a escala global;  $f$  denota la función que establece la relación entre estas variables climáticas. (León Ochoa, 2017)

### **3.6.2.3. Influencia Climática de la Disponibilidad Hídrica**

Luego del proceso de la amabilidad de sesgo y de los datos locales y los predicantes (MCG), los datos de fogosidad y temple se integraron al modelo, para realizar la simulación hidrológica para la obtención de las descargas anuales en el horizonte 2025 – 2100.

Cabe mencionar que los parámetros como, prontitud del viento, radiación solar y humedad relativa, son estimados por el motor climático del SWAT (Neitsch et al., 2005).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Presentación de resultados

##### 4.1.1. Para el objetivo N° 01

La tabla 11 muestra la proyección (Horizonte 2025 - 2100) de la disposición hídrica en la oquedad del afluente Coata de los Modelos Climáticos Globales CNRM-ESM2 y MIROC6, para las Rutas Socioeconómicas Simultáneas SSP2-4.5 y SSP5-8.5 así mismo, los caudales obtenidos de las estaciones hidrométricas Puente Unocolla – Coata (Escenario base 1995 - 2016).

**Tabla 11**

*Descargas mensuales multianuales de la cuenca del río Coata*

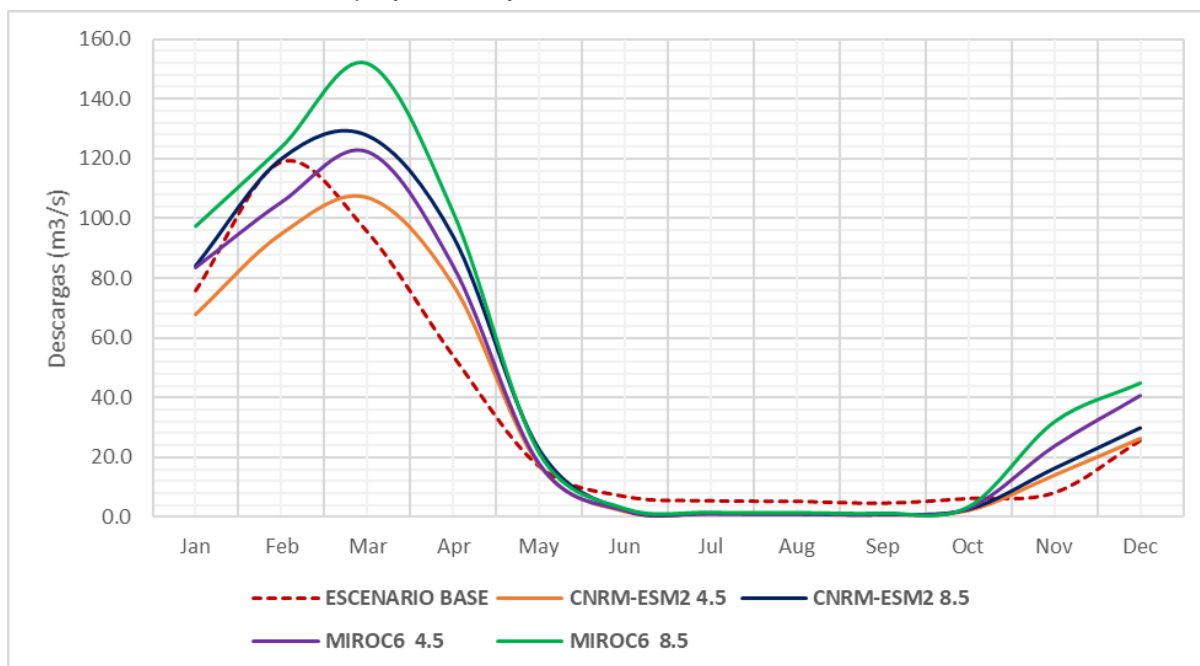
Escenario	Descargas mensuales multianuales (m <sup>3</sup> /S)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dec
<i>Escenario Base</i>	75.8	118.9	95.4	53.9	17.0	6.9	5.5	5.3	4.6	6.2	8.1	25.6
<i>CNRM-ESM2 SSP2-4.5</i>	67.9	94.9	107.0	77.7	17.5	2.0	1.2	1.1	0.9	2.3	14.1	26.4
<i>CNRM-ESM2 SSP5-8.5</i>	84.2	120.1	127.8	94.0	22.7	2.4	1.3	1.1	0.9	2.7	16.4	29.9
<i>MIROC6 SSP2-4.5</i>	83.5	105.3	122.1	83.9	17.9	2.3	1.2	1.2	1.1	3.1	23.9	40.7
<i>MIROC6 SSP5-8.5</i>	97.2	123.7	151.7	101.8	21.3	2.7	1.5	1.4	1.2	3.3	31.8	44.7

### Interpretación de la Tabla 11:

En la tabla 11 se puede visualizar caudales (m<sup>3</sup>/s) proyectados y del escenario base, donde de cuyos valores se puede realizar un contraste para evaluar los caudales máximos y mínimos, según época de estiaje o avenida.

### Figura 17

Contraste de los caudales proyectados y del escenario base de la cuenca del río Coata



Nota. La actual ilustración enseña los caudales proyectados de los MCG (2025-2100) y los del escenario base (1995-2016).

### Interpretación de la Figura 17:

La Figura 17 muestra que para las descargas mensuales multianuales del modelo CNRM-ESM2, en la época de estiaje (mayo a octubre), los escenarios SPP2-4.5 y SSP5-8.5 existe caudales mínimos, sin embargo, para la época húmeda (noviembre a abril), existe un ligero aumento en la mensualidad de enero para el escenario SPP5-8.5, y una mengua en el escenario SPP2-4.5.

Por otro lado, las descargas mensuales multianuales del modelo MIROC6, en el periodo húmedo existe considerables aumentos en los periodos de febrero y abril, no obstante, en la temporada de estiaje al igual que el modelo CNRM-ESM2 presenta disminuciones.

**Tabla 12**

*Variaciones porcentuales de las descargas de la cuenca del río Coata*

Escenario	$\Delta$ Variación Porcentual (%)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>CNRM-ESM2 SSP2-4.5</b>	-10.4	-20.2	12.1	44.3	3.0	-71.7	-78.9	-79.8	-81.3	-62.8	73.9	2.8
<b>CNRM-ESM2 SSP5-8.5</b>	11.1	1.0	34.0	74.4	33.8	-65.4	-75.8	-79.0	-79.8	-56.5	101.9	16.9
<b>MIROC6 SSP2-4.5</b>	10.2	-11.4	28.0	55.7	5.7	-66.7	-77.8	-77.6	-77.1	-50.5	193.8	58.9
<b>MIROC6 SSP5-8.5</b>	28.3	4.1	59.0	88.9	25.6	-60.7	-73.4	-73.9	-74.3	-46.9	291.3	74.6

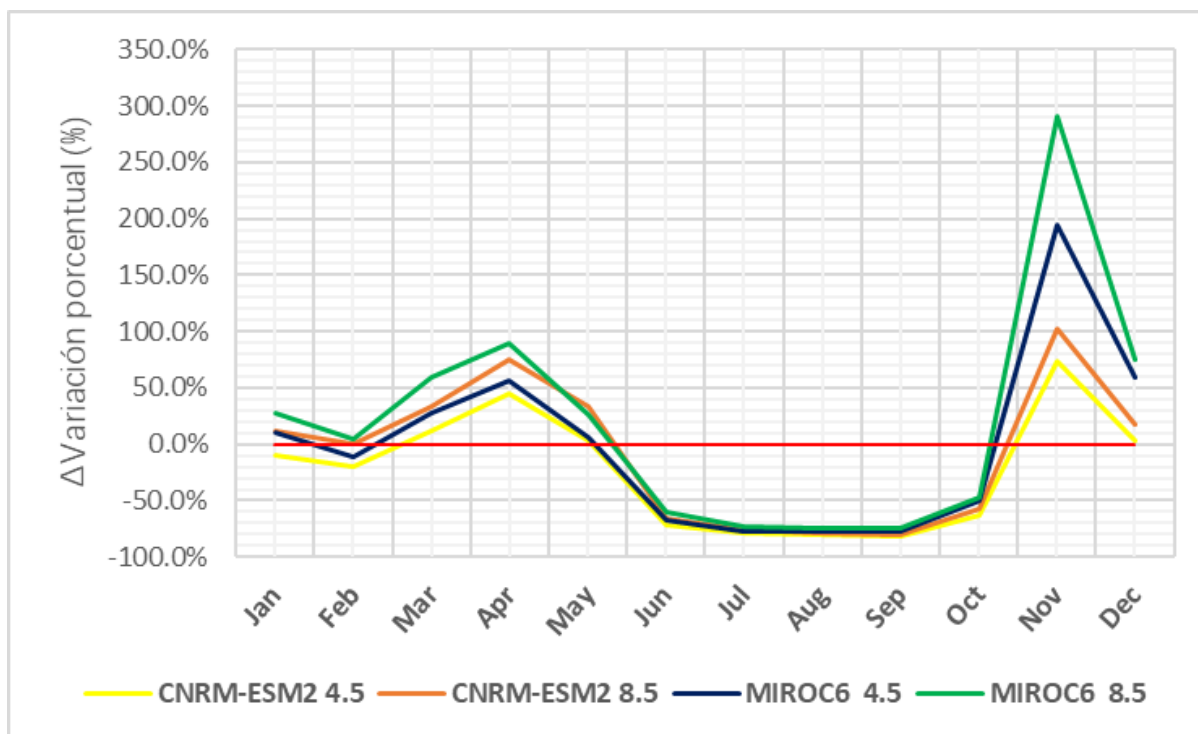
**Interpretación de la Tabla 12:**

La actual tabla, enseña valores porcentuales de las descargas de los MCG (Modelos Climáticos Globales), donde el modelo CNRM-ESM2 para la escena SSP2-4.5 posee un aporte de hasta 73.9% en la etapa de humedad y una disminución de hasta -81.3% en el periodo de estiaje. Por otra parte, la escena SSP5-8.5 presenta un aumento de hasta 101.9% en la etapa húmeda, coincidiendo con el escenario SSP2-4.5 en el mes de noviembre, al contrario, en el periodo de estiaje presenta una disminución de hasta -79.8%.

Para el modelo MIROC6 en el escenario SSP2-4.5 presenta el mayor aporte en el periodo húmedo 193.8% (noviembre, coincidiendo con el modelo CNRM-ESM2), la mayor disminución ocurre en el mes de julio (periodo de estiaje), llegando hasta un -77.8%. En la escena SSP5-8.5 también proyecta un acrecentamiento en el mes de noviembre de hasta 291.3%, y la disminución se dará en agosto con un valor de hasta -73.9.

**Figura\_18**

*Variación porcentual de las descargas mensuales multianuales en la cuenca del río Coata.*

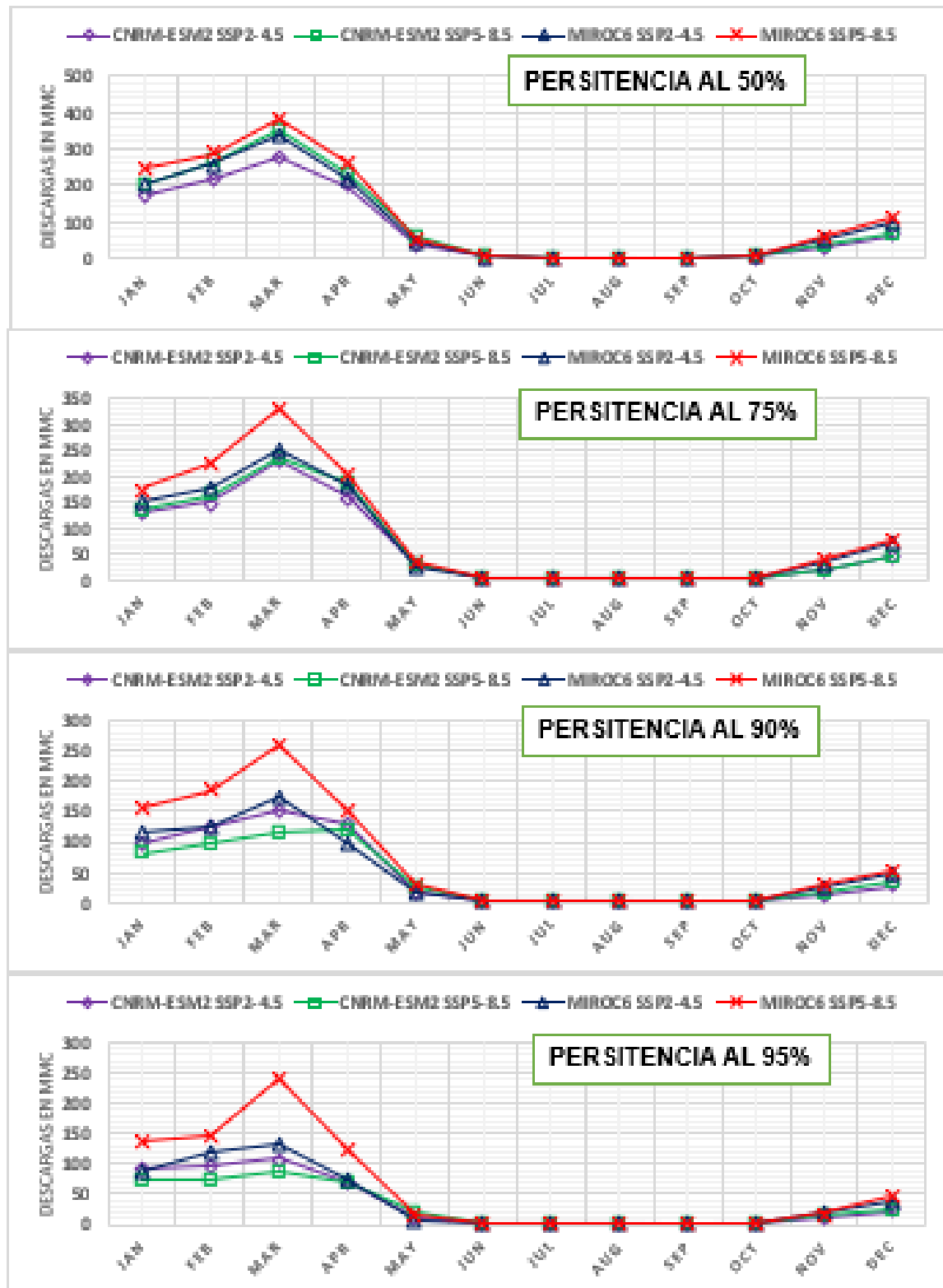


### Interpretación de la Figura 18:

En la actual figura se observa la tendencia de las variaciones porcentuales de las descargas medias mensuales multianuales de la oquedad del afluente Coata, donde se aprecia, que en los períodos de mayo a octubre (época de estiaje) existen disminuciones considerables pasando el umbral del 50%, por otro lado los acrecentamientos se generan en los períodos de noviembre y diciembre (época húmeda), pasando lo picos de 250%.

**Figura 19**

*Persistencias de descargas en la cuenca del río Coata*

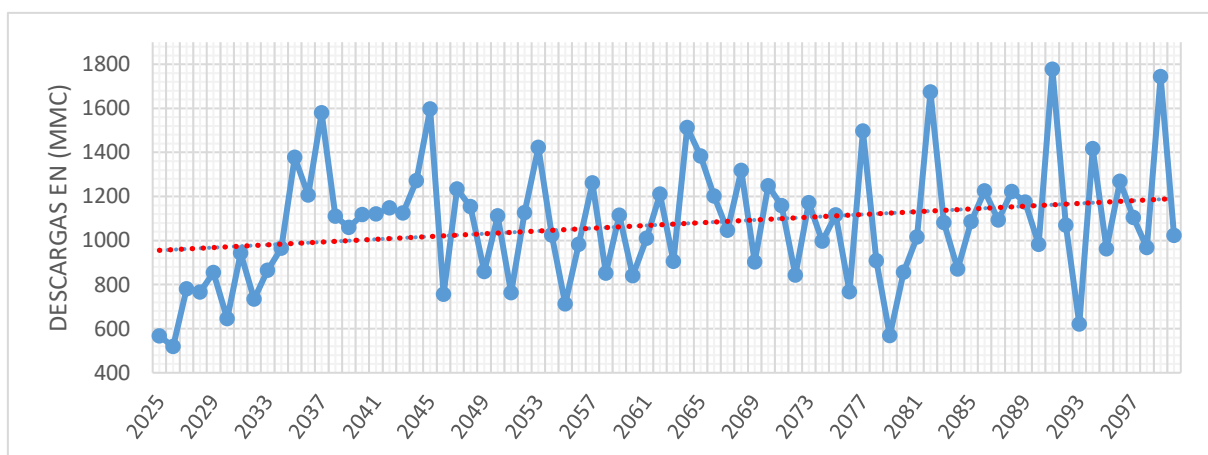


### Interpretación de la Figura 19:

La Figura 19 ilustra las reservas de agua para las persistencias del 95%, 90%, 50% y 75%, a fin de responder a los requerimientos de regadío, producción de carácter, preservación ecológica, entre otros. Es como se demuestra que en la escena MIROC6 SSP5-8.5 existe un mayor acrecentamiento en el periodo húmedo (enero - abril), por otro lado, los demás escenarios están relativamente iguales.

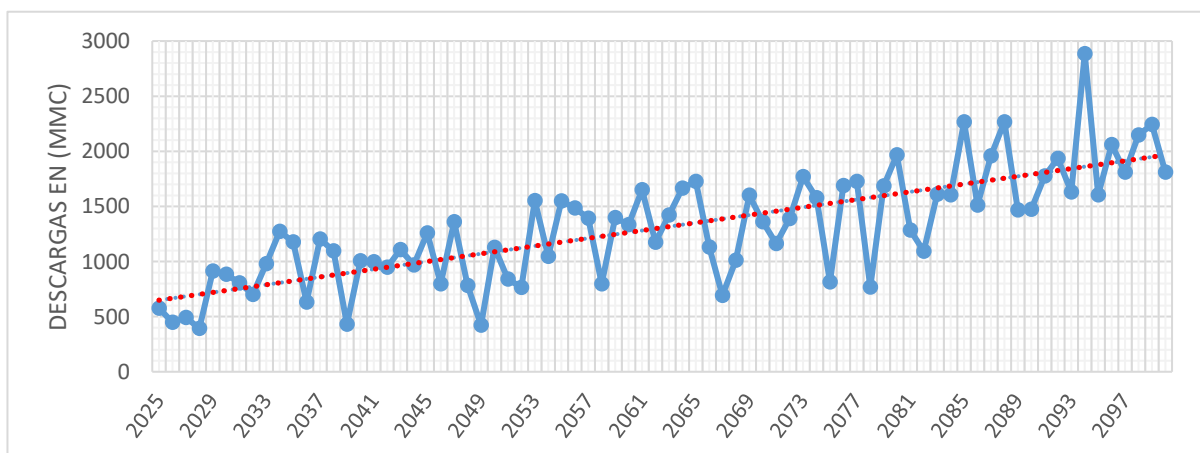
### Figura 20

Diagrama de las descargas acumuladas anuales en el contexto CNRM-ESM2 SSP2-4.5



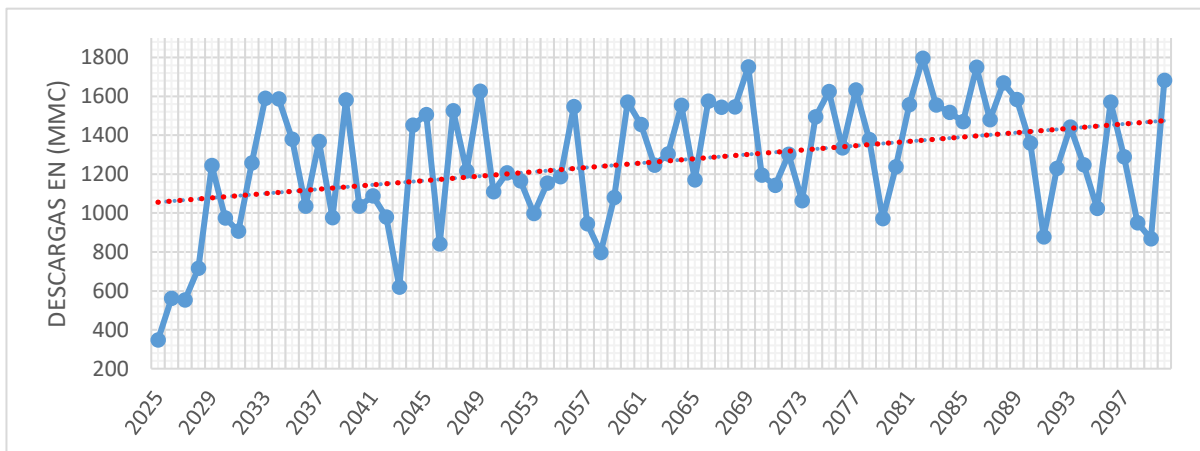
### Figura 21

Diagrama de las descargas acumuladas anuales en el contexto CNRM-ESM2 SSP5-8.5



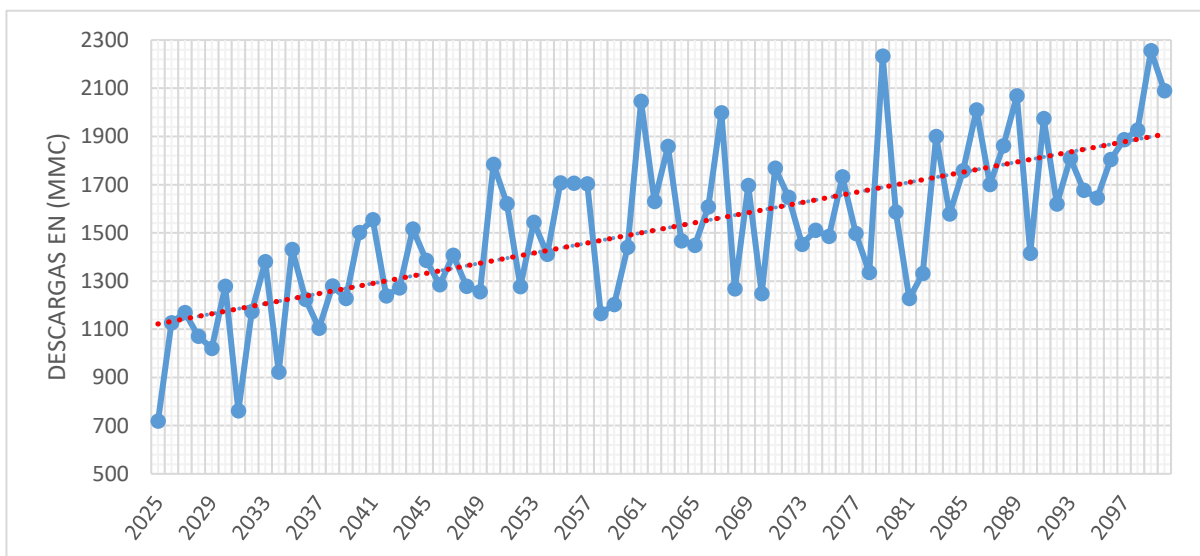
**Figura 22**

*Diagrama de las descargas acumuladas anuales en el contexto MIROC6 SSP2-4.5*



**Figura 23**

*Diagrama de las descargas acumuladas anuales en el contexto MIROC6 SSP5-8.5*



**Interpretación de las Figuras 20, 21, 22 y 23:**

Las Figuras 20, 21, 22 y 23 muestran el diagrama de las descargas proyectadas en el horizonte 2025-2100, donde la línea de propensión indica que en el transcurso del tiempo, la disponibilidad hídrica aumenta, pero también indica que de un año al otro la disponibilidad del agua va variando considerablemente.

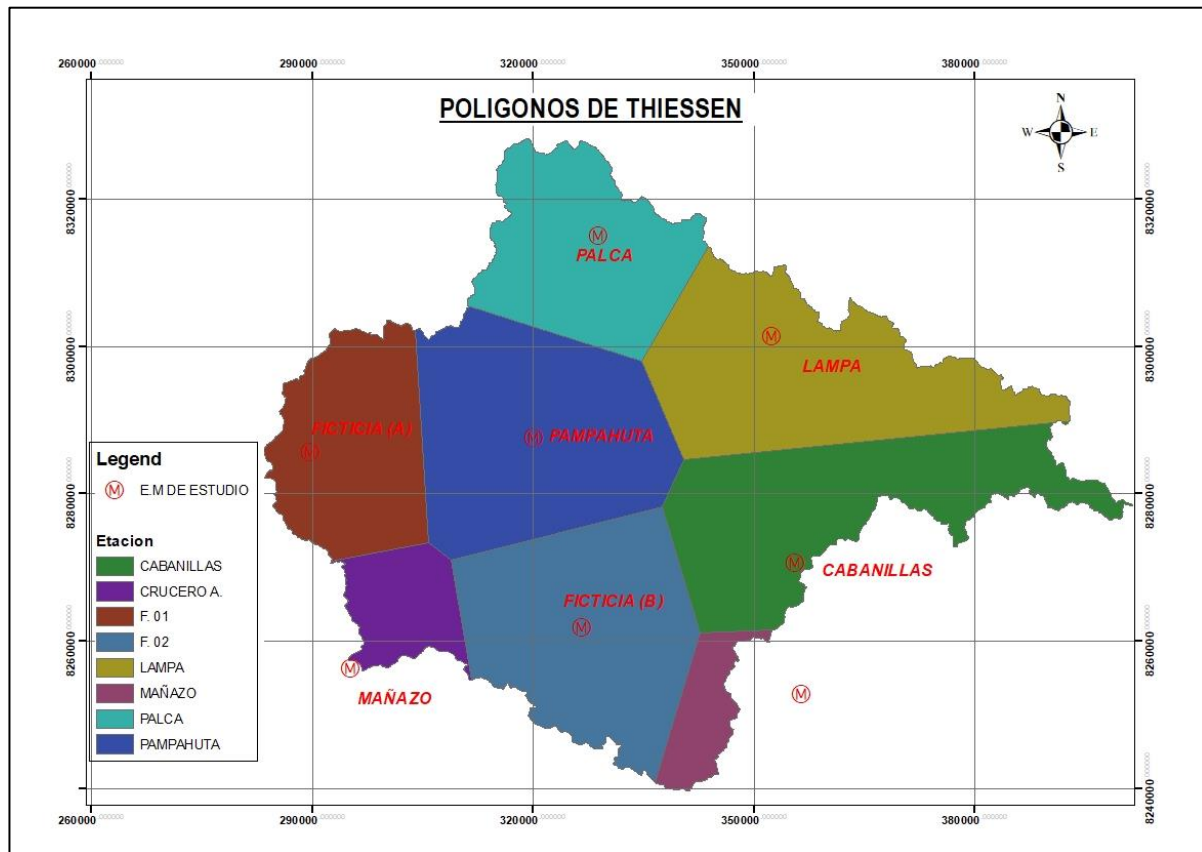
### 4.1.2. Para el objetivo N° 02

Las tendencias climáticas evaluadas en la cuenca del río Coata, están basadas en dos variables, temperatura media y precipitación media.

La temperatura media es hallada mediante la media de los temples máximos y mínimos, por otro lado, la precipitación fue hallada mediante los polígonos de Thiessen (Villón Bejar, 2004).

**Figura 24**

*Precipitación media de la cuenca del río Coata*



### Interpretación de la Figura 24:

La Figura 24 muestra el método del cálculo de las precipitaciones medias, tanto como en la escena base (1995-2016) como así en el periodo proyectado

(2025-2100), así mismo muestra las áreas de influencia para cada estación meteorológica.

**Tabla 13**

*Variaciones porcentuales de la precipitación media en la cuenca del río Coata*

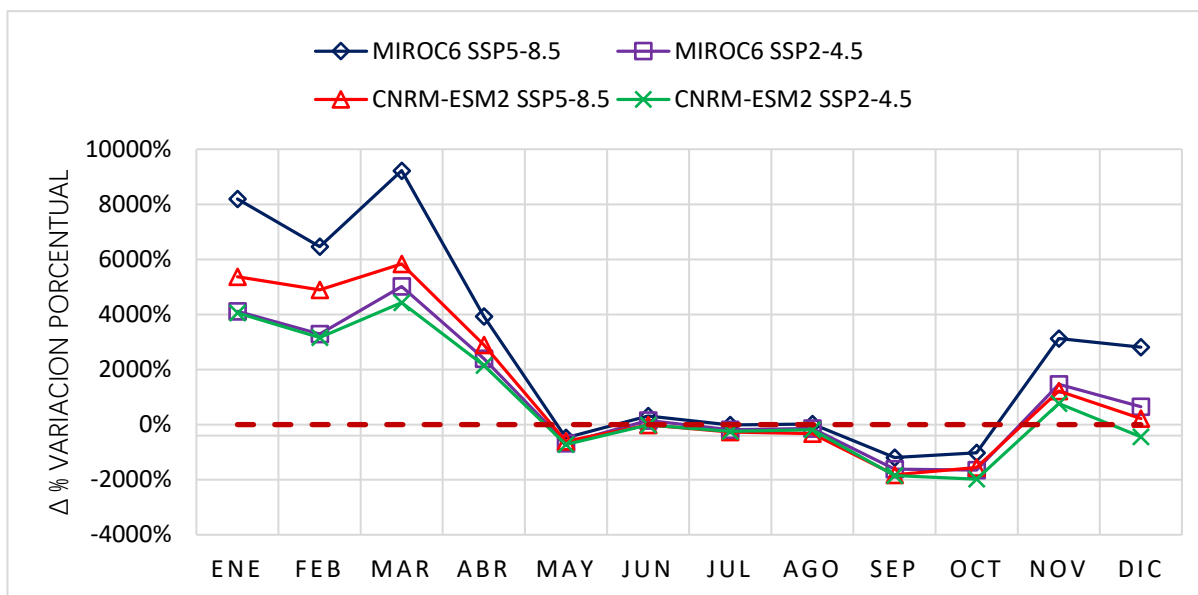
Escenario	$\Delta$ Variación Porcentual (%)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>CNRM-ESM2 SSP2-4.5</b>	4117	3287	5015	2400	-674	147	-181	-143	-1615	-1651	1466	647
<b>CNRM-ESM2 SSP5-8.5</b>	8197	6463	9223	3925	-472	317	-7	19	-1194	-1025	3122	2811
<b>MIROC6 SSP2-4.5</b>	4054	3163	4432	2152	-721	-11	-244	-185	-1853	-1981	764	-443
<b>MIROC6 SSP5-8.5</b>	5375	4888	5835	2899	-610	-10	-271	-321	-1821	-1554%	1215	218

### Interpretación de la Tabla 13:

La tabla 13 presenta las variaciones porcentajes de las precipitaciones media acumulada multianual de la cuenca del afluente Coata, donde en el tipo CNRM-ESM2, para la escena SSP2-4.5 muestra un aumento de 5015% en la etapa húmedo (marzo), y una reducción de un -1651% en la etapa de estiaje (octubre), en la escena SSP5-8.5 existe un incremento de un 9223% en la etapa húmeda (marzo), y una reducción de un -1194% en una etapa seco (septiembre). El modelo MIROC6 para el escenario SSP2-4.5 existe un aporte 4432% en el periodo húmedo (marzo), por otro lado, existe una disminución de hasta -1981% en la época de estiaje (octubre), en la escena SSP5-8.5 se proyectan aportes de un 5835% en la etapa húmeda (marzo), lo que coincide con los demás escenarios, por otro lado, se proyecta una disminución de hasta -1554% en el periodo de estiaje (octubre).

**Figura 25**

*Variación porcentual de las precipitaciones medias en la cuenca del río Coata*



**Interpretación de Figura 25:**

La Figura 25 se puede visualizar la tendencia de las variaciones en las precipitaciones medias acumuladas multianuales, donde se aprecia incrementos muy altos en estos meses desde enero a abril, las disminuciones son leves, las cuales se presentan en estos meses de septiembre y octubre, así mismo el escenario MIROC6 SSP2-4.5 presenta el mayor aporte en la época húmeda

**Tabla 14**

*Variación porcentual de la temperatura media en la cuenca del río Coata*

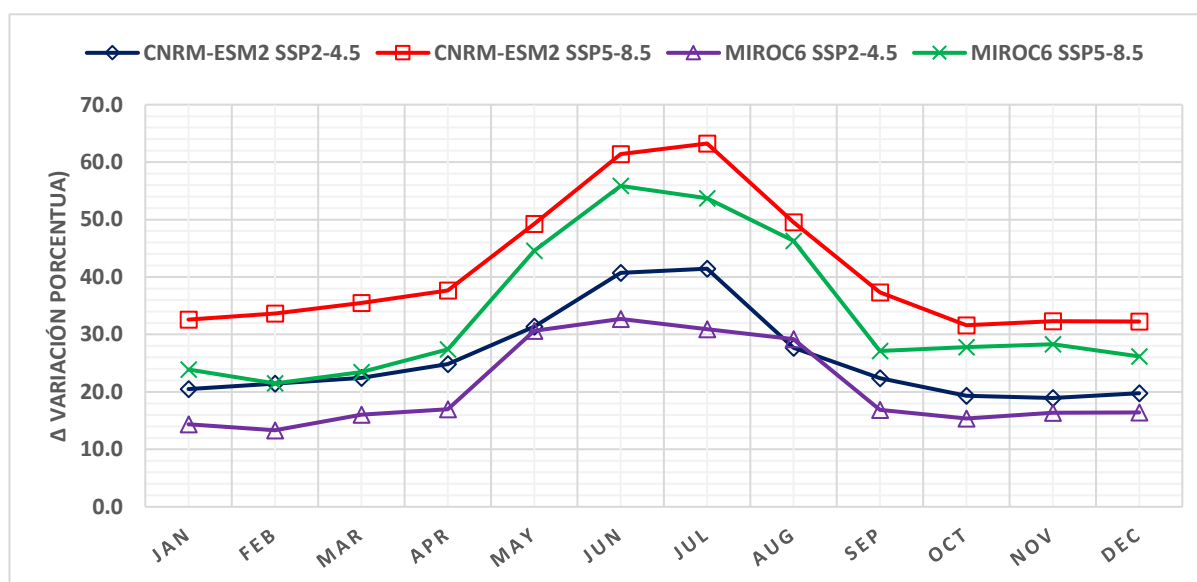
Escenario	Δ Variación Porcentual (%)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>CNRM-ESM2 SSP2-4.5</b>	20.5	21.5	22.5	24.8	31.4	40.7	41.5	27.7	22.4	19.3	18.9	19.8
<b>CNRM-ESM2 SSP5-8.5</b>	32.6	33.6	35.5	37.7	49.2	61.4	63.2	49.5	37.3	31.6	32.3	32.2
<b>MIROC6 SSP2-4.5</b>	14.4	13.3	16.0	17.0	30.6	32.7	30.9	29.2	16.9	15.4	16.4	16.4
<b>MIROC6 SSP5-8.5</b>	23.9	21.5	23.5	27.4	44.5	55.9	53.7	46.3	27.1	27.8	28.3	26.2

### Interpretación de la Tabla 14:

La tabla 14 presenta las variaciones porcentuales del temple moderada multianual de la oquedad del afluyente Coata, donde se visualiza que existe un incremento de temperatura en todos los meses, donde para los dos (02) modelos CNRM-ESM2 y MIROC6 los aumentos se presentan en la época de estiaje, precisamente en el mes junio, donde los valores llegan a los picos 40.7%, 61.4%, 32.7% y 55.9%, donde cabe resaltar que los mayores aumentos se presentan en la escena de emisión alta (SSP5-8.5).

**Figura 26**

*Variación porcentual de la temperatura media en la cuenca del río Coata*



### Interpretación de la Figura 26:

La Figura 26 manifiesta la tendencia de la variación porcentual del temple media mensual poli anual de la oquedad del afluyente Coata, donde se puede visualizar que todos los modelos exceden en cuanto a la tendencia, el escenario CNRM-ESM2 SSP5-8.5 presenta el mayor aumento en los meses junio y julio.

### 4.1.3. Para el objetivo N° 03

La calibración (1995-2009) y aceptación (2010-2016) de la oquedad del afluente Coata fue optima en todos los criterios estadísticos planteados, representando un buen ajuste del modelo SWAT a la oquedad en análisis.

Para esta calibración y confirmación del tipo SWAT, se emplearon los siguientes estimadores:

**Tabla 15**

*Criterios estadísticos empleados en el proceso de calibración y validación*

Ecuación	Valores	Clasificación del rendimiento
<p><b>Coefficiente Nash-Sutcliffe</b></p> $NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (Q_t^{obs} - Q_t^{sim})^2}{\sum_{t=1}^n (Q_t^{obs} - \bar{Q}^{sim})^2}$	0.75 < NSE ≤ 1.00	Excelente
	0.65 < NSE ≤ 0.75	Bueno
	0.50 < NSE ≤ 0.65	Satisfactorio
	0.40 < NSE ≤ 0.50	Aceptable
	NSE ≤ 0.40	Malo
<p><b>Coefficiente de determinación</b></p> $R^2 = \frac{[\sum_{t=1}^n (Q_t^{obs} - \bar{Q}^{obs})(Q_t^{sim} - \bar{Q}^{sim})]^2}{\sum_{t=1}^n (Q_t^{obs} - \bar{Q}^{obs})^2 \sum_{t=1}^n (Q_t^{sim} - \bar{Q}^{sim})^2}$	r ≥ 0.5	Satisfactorio
	0 ≤ r < 0.5	Malo
<p><b>Percent bias</b></p> $PBIAS = \left[ \frac{\sum_{t=1}^n (Q_t^{obs} - Q_t^{sim}) * (100)}{\sum_{t=1}^n (Q_t^{obs})} \right]$	PBIAS < ±10	Excelente
	±10 ≤ PBIAS < ±15	Bueno
	±15 ≤ PBIAS < ±25	Satisfactorio
	PBIAS ≥ ±25	Malo
<p><b>Relación entre el RMSE y la desviación estándar de las observaciones</b></p> $RSR = \frac{RMSE}{STDEV_{obs}} = \frac{\sqrt{\sum_{t=1}^n Q_t^{obs} - Q_t^{sim}}}{\sqrt{\sum_{t=1}^n Q_t^{obs} - \bar{Q}^{obs}}}$	0.00 ≤ RSR ≤ 0.50	Excelente
	0.50 ≤ RSR ≤ 0.60	Bueno
	0.60 ≤ RSR ≤ 0.70	Satisfactorio
	RSR > 0.70	Malo

### Interpretación de la Tabla 15:

" $Q^{sim}$  y  $Q^{obs}$ " simbolizan los caudales imitados y vigilados; " $\bar{Q}^{sim}$  y  $\bar{Q}^{obs}$ " simbolizan los promedios de los caudales imitados y vigilados, de igual forma "t" simboliza la etapa de periodo y "n" es la cantidad de vigilias. Modelo de la

Disponibilidad Hídrica del río Piura, teniendo en cuenta la repercusión del Cambio Climático.

**Tabla 16**

*Valores obtenidos en la calibración y validación del modelo SWAT*

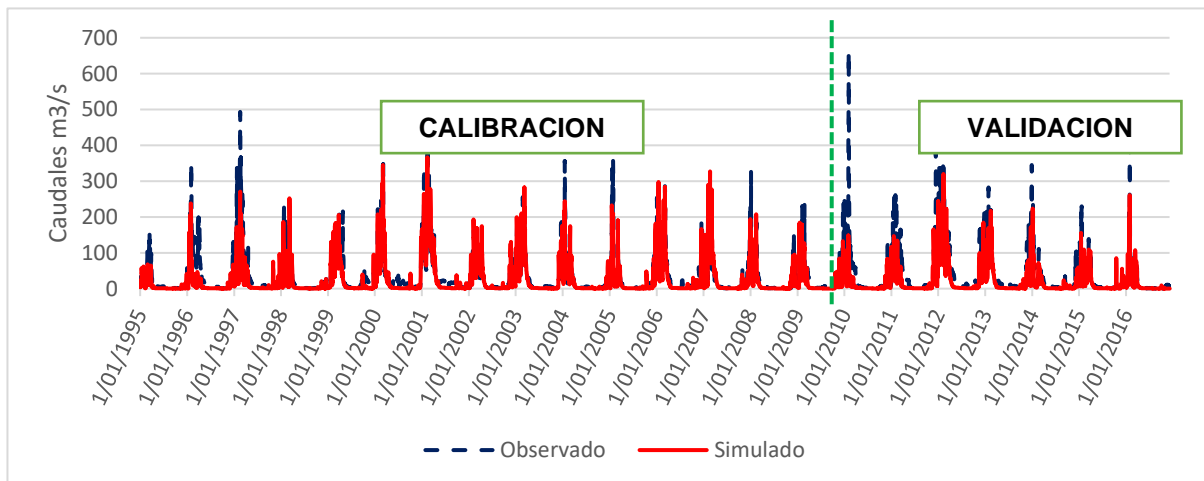
Etapa	Rendimiento del modelo			
	NSE	R2	PBIAS	RSR
<b>Calibración (1995 - 2007)</b>	0.59	0.63	30.3	0.64
<b>Validación (2008 - 2016)</b>	0.50	0.65	51.7	0.71

### Interpretación de la Tabla 16:

La tabla 16, manifiesta presentan los números obtenidos, que según la clasificación de la tabla 15 señala un satisfactorio ajuste del tipo a la oquedad del afluente Coata, lo que señala que el tipo SWAT es capaz de realizar simulaciones del ciclo hidrológico en la oquedad en análisis.

**Figura 27**

Hidrograma de la calibración y validación de la cuenca del río Coata



### Interpretación de la Figura 27:

En la figura 27, se puede visualizar que los causes simulados tuvieron una modificación optimo a los causes vigilados del escenario base (1995-2016), por lo que visualmente también representa un ajuste satisfactorio del tipo SWAT a la oquedad del afluente Coata

**Tabla 17**

Valores en los parámetros obtenidos en el proceso de calibración del modelo SWAT

Parámetro	Descripción	Proceso	Rango	Best-Parámetro
v_ESCO.hru	Aspecto compensatorio de la evaporación del terreno.	Evaporación	0.7 – 0.95	0.80500
r_CN2.mgt	Numeración SCS curva de escorrentía	Cobertura	-0.1 – 0.1	0.08000
v_ALPHA_BF.gw	Factor "Alpha" de la corriente base	Acuíferos	0 – 1	0.90000
a_GW_DELAY.gw	Periodo de demora en el agua subterránea (días)	Acuíferos	-30 – 60	-13.80000
a_GWQMN.gw	Dimensiones de la profundidad del agua en el acuífero (mm)	Acuíferos	-1000 – 1000	400.00000
v_CANMX.hru	Máximo almacenamiento de dosel (mm)	Cobertura	0 – 30	16.20000
v_CH_K2.rte	Eficiencia de la conductividad hidráulica en aluvión del canal principal	Enrutamiento	0 – 10	1.00000
v_CH_N2.rte	Manning establece un valor "n" para el canal principal.	Enrutamiento	-0.01 – 0.2	0.17060
v_EPCO.bsn	Aspecto compensatorio de la absorción de la planta	Transpiración	0.01 – 1	0.18820
v_GW_REVAP.gw	Coefficiente "revap" de las aguas subterráneas.	Acuíferos	0.02 – 0.2	0.08120
a_REVAPMN.gw	Determinación de la profundidad del agua en el acuífero superficial "revap" (mm).	Acuíferos	-1000 – 1000	-480.00000
r_SOL_AWC.sol	Humedad disponible (mm agua/mm tierra)	Suelos	-0.05 – 0.05	0.02800
r_SOL_K.sol	Saturación de la conductividad hidráulica	Suelos	-0.05 – 0.05	-0.02400
v_SURLAG.bsn	Periodo de demora en la escorrentía superficial	Enrutamiento	0.01 – 24	3.36860
r_SLSUBBSN.hru	Longitud promedio de la inclinación	Enrutamiento	-0.25 – 0.25	-0.20000

### Interpretación de la Tabla 17:

En la tabla 17 se puede vigilar los números de "Best-Parametros", los cuales fueron obtenidos de las iteraciones realizadas por el SWAT-CUP, así mismo detalla el proceso en el que fue añadido dichos valores,

#### 4.2. Discusión de resultados

En el actual análisis se hallaron valores Nash-Sutcliffe de 0.59 y 0.50 para la calibración y confirmación correspondiente, lo que señala que la cuenca puede ser simulada con modelos hidrológicos, así mismo (Santos Villar, 2016) en su análisis para determinar la oferta hídrica en la cuenca del afluente Coata, obtuvo valores de Nash-Sutcliffe de 0.84 y 0.64 para la calibración y confirmación para el modelo GRM2 (Ingeniería Rural de 2 intervalos a paso mensual), lo que se encuentra sobre una clasificación dentro del criterio estadístico Nash-Sutcliffe. Así mismo esto permitió a (Santos Villar, 2016) obtener anomalías de +19.2% y -27.4% en la proyección de caudales, lo que discrepa completamente con este estudio, debido a que las proyecciones realizadas para los modelos CNRM-ESM2 y MIROC6 superan los picos del  $\pm 50\%$  de las variaciones porcentuales en contraste con el escenario base (1995-2016), se presume que esto se dé, debido a que en este estudio se utilizan MCG del CMIP6, en cambio (Santos Villar, 2016) utiliza data del CMIP5.

Por otro lado (Calderón Cahua, 2023) en su estudio de evaluación de la oferta líquida superficial en la oquedad del río Huancané, muestra similitud en sus resultados con este estudio, debido a que muestra resultados donde las descargas están sujetas a variaciones significativas llegando en sus escenas SSP5-8.5 = -79.6% y en SSP2-4.5 = -78.3%. Así mismo las temperaturas y precipitaciones guardan similitud en el ciclo estacional de las cuencas Coata y Huancané. Esto es debido que en ambos estudios se utilizaron datos de los Modelos Climáticos Globales del CMIP6.



### 4.3. Validación y contrastación de hipótesis

En cada etapa de este estudio se emplearon herramientas gráficas y estadísticas, tales como el estudio de frecuencias de rectas apiladas, diferenciaciones porcentuales, con el fin de ilustrar el impacto climático en la provisión de agua futura. De igual manera, se empleó el índice de coeficientes Nash y el índice de coeficientes R2 para confirmar la adaptación del tipo SWAT a la oquedad estudiada. Además, se emplearon regresiones del vínculo R2 y sus gráficos de dispersión para ajustar los datos proyectados a la oquedad en análisis.

## CONCLUSIONES

- PRIMERA.** Se estimaron descargas mensuales, para la oquedad del río Coata en el horizonte 2025 – 2100, donde las variaciones significativas en cuanto al escenario base (1995 – 2016) son significativas superando umbrales del  $\pm 50\%$ , estas variaciones también se vieron presentes en las tendencias de caudales en MMC para cada modelo, donde se proyectaron tendencia en aumento. Así mismo se proyectan aportes de hasta 128.3 m<sup>3</sup>/s y 1.13 m<sup>3</sup>/s en las épocas húmeda y de estiaje respectivamente.
- SEGUNDA.** Las variables de precipitación y temperatura presentaron variaciones significativas, llegando a picos de hasta 9223% para la precipitación en la escena MIROC6 SSP5-8.5 en la precipitación y de 63.2% de en el escenario CNRM-ESM2 en la temperatura.
- TERCERA.** El ajuste del tipo SWAT en la oquedad del afluente Coata es satisfactorio, según el parámetro estadístico Nash-Sutcliffe con valores de 0.59 y 0.50 para la calibración y confirmación correspondiente, lo que representa que la cuenca del río Coata puede ser modelada correctamente en el ciclo hidrológico de la cuenca en cuestión.



## RECOMENDACIONES

- PRIMERA.** Las clases de Clima mundiales empleados en el análisis fueron MIROC6 y CNRM-ESM2 para los contextos SSP5-8.5 y SSP2-4.5, obteniendo un contraste lógico a estos. dado que se empleó un único modelo para dos escenarios, por lo que no se aconseja emplear múltiples modelos para comparar las rutas socioeconómicas compartidas (SSP), ya que los MCG simbolizan los sistemas caóticos. Esto significa que, a la mínima variación de un parámetro, el resultado cambia considerablemente, provocando contrastes ilógicos en la investigación.
- SEGUNDA.** Respecto a los datos de los Sistemas de Información Geográfica, se conserva la frase "Garbage in, garbage out", que indica que un ingreso incorrecto o de baja calidad podrá generar una salida imperfecta. Se aconseja discretizar la oquedad, llevando a cabo investigaciones edafológicas, de fotogrametría y topográficas, que faciliten una mayor exactitud en los datos. En caso contrario, se debería emplear información en consonancia con los antecedentes en investigaciones vinculadas a los SIG.
- TERCERA.** Se recomienda realizar estudios en Represas como estudios de sedimentos, descargas, etc, esto debido a que en este estudio no se contó con dicha información de la represa Lagunillas de la entidad competente, lo que bajo considerablemente los valores de NASH.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbaspour, K. C., Rouholahnejad, E., Vaghefi, S., Srinivasan, R., Yang, H., & Kløve, B. (2015). A continental-scale hydrogeology and water standard model for Europe: Calibration and vagueness of a high-resolution large-scale SWAT model. *Journal of Hydrology*, 524, 733–752. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.03.027>
- Amador, J. A., & Alfaro, E. J. (2008). Clases de disminución de escala: aplicaciones al clima, tiempo, variabilidad climática y cambio climático. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 11, 39–52. [http://www.redibec.org/IVO/rev11\\_04.pdf](http://www.redibec.org/IVO/rev11_04.pdf)
- Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Srinivasan, R., Williams, J. R., Haney, E. B., & Neitsch, S. L. (2012). *Input/Output Documentation Soil & Water Appraisal Tool*.
- Aybar Camacho, C., Lavado Casimiro, W., Huerta Julca, A., Fernández Palomino, C., Vega Jácome, F., Sabino Rojas, E., & Felipe Obando, O. G. (2017). *Uso del producto grillado pisco de precipitación en la evaluación, investigación y en sistemas de vigilancia y predicción hidrometeorológica operativa*.
- Cabrera, J. (2015). *Modelos hidrológicos*.
- Calderón Cahua, J. V. (2023). *DISPONIBILIDAD LIQUIDA SUPERFICIAL EN LA OQUEDAD DEL AFLUENTE HUANCANÉ, BAJO INFLUENCIA CLIMÁTICA, A PARTIR DE LA APLICACIÓN DEL TIPO SOIL & WATER ASSESSMENT TOOL V2012.10.7.24*. Universidad Andina Nestor Cáceres Velásquez.



Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P. W., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P., Barrett, K., Blanco, G., Cheung, W. W. L., Connors, S., Denton, F., Diongue-Niang, A., Dodman, D., Garschagen, M., Geden, O., Hayward, B., Jones, C., ... Ha, M. (2023). *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Subscription of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the between states Panel on Climate Modification [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. (P. Arias, M. Bustamante, I. Elgizouli, G. Flato, M. Howden, C. Méndez-Vallejo, J. J. Pereira, R. Pichs-Madruga, S. K. Rose, Y. Saheb, R. Sánchez Rodríguez, D. Üрге-Vorsatz, C. Xiao, N. Yassaa, J. Romero, J. Kim, E. F. Haites, Y. Jung, R. Stavins, ... C. Péan, Eds.).* <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>

Chaco, E. L., López, S. E., Belmonte, S., & Franco, J. (2013). *ELABORACIÓN DE UN ESQUEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA LIQUIDA PARA EXAMINAR POTENCIALES APLICACIONES DE ENERGÍA SOLAR EN. 17, 1–43.* <http://www.eolica.com.ar/>

Chow, V. te., & Maidment, D. R. . (1998). *Applied hydrology.* McGraw-Hill.

De Oliveira Bueno, E., De Oliveira, V. A., Ribeiro Viola, M., & De Mello, C. R. (2017). *DESEMPENHO DO MODELO SWAT PARA DIFERENTES CRITÉRIOS DE GERAÇÃO DE UNIDADES DE RESPOSTA HIDROLÓGICA. REVISTA SCIENTIA AGRARIA, 18(2), 114–125.* <https://lpdaac.usgs.gov/>

DECRETO SUPREMO N° 017-2009-AG, Diario el Peruano 1 (2009).



- Del Aguila Ríos, S. (2021). *MODELAMIENTO DE PROCESOS HIDROLÓGICOS EN CUENCAS DE LA SIERRA CENTRAL DEL PERÚ* [Tesis de PosGrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://shre.ink/SiOd>
- FAO, & UNESCO. (1976). *FAO-Unesco Mapa mundial de suelos Volumen I Leyenda*.
- Fernández de Villaran San Juan, R. (2017). UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA "SWAT" PARA LA ESTIMACIÓN DE LA EMISIÓN DE SEDIMENTOS EN CUENCAS. *E.T. Superior de Ingeniería*, 12, 21–32.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del pilar. (2014). *METODOLOGÍA DE LA ANALISIS CIENTIFICA* (McGraw-Hill & S. A. Interamericana Editores, Eds.; VI).
- Huerta Julca, A. M. (2020). *VULNERABILIDAD DE LA DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS LIQUIDOS EN EL PERÚ FRENTE AL PERMUTA CLIMÁTICO: ESTUDIO PROBABILISTICO DE BUDYKO* [Universidad Agraria la Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4503>
- Jayakrishnan, R., Srinivasan, R., Santhi, C., & Arnold, J. G. (2005). Advances in the request of the SWAT model for water wherewithal management. *Hydrological Processes*, 19(3), 749–762. <https://doi.org/10.1002/hyp.5624>
- Jodar-Abellan, A., Ruiz, M., & Melgarejo, J. (2018). Evaluación del impacto de la permuta climática sobre una oquedad hidrológica en régimen natural (SE, España) usando una clase SWAT. *Revista Mexicana de Ciencias Geologicas*, 35(3), 240–253. <https://doi.org/10.22201/cgeo.20072902e.2018.3.564>



- Kim, Y. H., Min, S. K., Zhang, X., Sillmann, J., & Sandstad, M. (2020). Evaluation of the CMIP6 multi-model aggregate for climate utmost indices. *Forecast and Climate Extremes*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2020.100269>
- Leandro Pelaez, A. J. (2022). *DISPONIBILIDAD LIQUIDA EN LA OQUEDAD DEL AFLUENTE COATA - PUNO, PARA EL PERIODO 1990-2013, USANDO EN MODELO HIDROLÓGICO GR4J* [Universidad Nacional Federico Villareal]. <https://shre.ink/SiOa>
- León Ochoa, R. F. (2017). "MODELACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD LIQUIDA DEL AFLUENTE PIURA, CONSIDERANDO LA INCIDENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO" [Tesis de Pre Grado]. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- León Tinoco, Y. D., & Huarhua Zaquinaula, D. F. (2015). *IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA OFERTA LIQUIDA SUPERFICIAL DE LA OQUEDAD DEL RÍO PIURA* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://shre.ink/SigU>
- Mendoza, M., Bocco, G., Bravo, M., Siebe, C., & Ortiz, M. A. (2002). Modelamiento hidrológico espacialmente administrado: una revisión de sus componentes, clases de integración e implicaciones en la estimación de técnicas hidrológicas en oquedad no instrumentadas. *Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía, UNAM*, 47, 36–58.
- Moss, R. H., Edmonds, J. A., Hibbard, K. A., Manning, M. R., Rose, S. K., Van Vuuren, D. P., Carter, T. R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G. A., Mitchell, J. F. B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S. J., Stouffer, R. J., Thomson, A. M., Weyant, J. P., & Wilbanks, T. J. (2010). The next formation of



- scenarios for environment change exploration and appraisal. In *Nature* (Vol. 463, Issue 7282, pp. 747–756). <https://doi.org/10.1038/nature08823>
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., & Williams, J. R. (2005). *SOIL AND WATER APPRAISAL TOOL NOTIONAL DOCUMENTATION VERSION 2005*.
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., & Williams, J. R. (2010). Conceptos básicos y guía rápida para el usuario Versión SWAT2005. In *CGIAR Challenge Program on WATER & FOOD*. <https://swat.tamu.edu/docs/>
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., & Williams, J. R. (2011). *COLLEGE OF AGRICULTURE AND LIFE SCIENCES Soil and Water Assessment Tool Hypothetical Documentation Version 2009*.
- O'Neill, B. C., Tebaldi, C., Van Vuuren, D. P., Eyring, V., Friedlingstein, P., Hurtt, G., Knutti, R., Kriegler, E., Lamarque, J. F., Lowe, J., Meehl, G. A., Moss, R., Riahi, K., & Sanderson, B. M. (2016). The Scenario Model comparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6. *geo-spatial Model Development*, 9(9), 3461–3482. <https://doi.org/10.5194/gmd-9-3461-2016>
- Osorio Díaz, K. J. (2021). *EFEECTO DE LA PERMUTA CLIMÁTICA Y LA OFERTA HÍDRICA DEL AFLUENTE LURÍN* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://shre.ink/Sib4>
- Pachauri, R., & Reisinger, A. (2008). *Permuta climática 2007 : informe de síntesis*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático.



- Rathjens, H., Bieger, K., Srinivasan, R., Chaubey, I., & Arnold, J. G. (2016). *CMhyd User Manual Documentation for preparation simulated climate alteration data for hydrologic impact studies*. <https://shre.ink/SiJ0>
- Riahi, K., van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., Bauer, N., Calvin, K., Dellink, R., Fricko, O., Lutz, W., Popp, A., Cuaresma, J. C., KC, S., Leimbach, M., Jiang, L., Kram, T., Rao, S., Emmerling, J., ... Tavoni, M. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas issuings implications: An synopsis. *Global Environmental Change*, 42, 153–168. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>
- Santos Villar, D. (2016). *OFERTA LIQUIDA SUPERFICIAL DEL AFLUENTE COATA-PUNO BAJO ESCENARIOS DE LA PERMUTA CLIMÁTICA*.
- Valladares Martel, E. A. (2017). *RESPUESTA HIDROLÓGICA DE LA OQUEDAD DEL AFLUENTE SANTA EN CONDICIONES DE PERMUTA CLIMÁTICA* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://shre.ink/Sib6>
- Velázquez Zapata Juan Alberto, Troin Magali, & Dávila Ortiz Rodrigo. (2017). Evaluación del impacto de la permuta climática en los indicadores hidrológicos de una oquedad del centro de México con base en un ensamble de clases climáticos y en el modelo hidrológico SWAT. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, XVIII(3), 341–351.
- Villón Bejar, M. (2004). *Hidrología Estadística* (INGENIERÍA AGRICOLA - I.T.C.R., Ed.). Instituto Tecnológico de Costa Rica.



# ANEXOS



## Anexo 1. Matriz de consistencia

**Título: ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO COATA, BAJO LA INCIDENCIA DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS, MEDIANTE UN MODELO HIDROLÓGICO**

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	OPERACIÓN DE VARIABLES				METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	INSTRUMENTO	
¿Cómo será la disponibilidad hídrica, bajo la incidencia de proyecciones climáticas en la cuenca del río Coata?	Analizar la Disponibilidad Hídrica de la cuenca del río Coata, bajo proyecciones climáticas.	Las proyecciones climáticas traerán variaciones en las descargas mensuales multianuales, del umbral $\pm$ 50%.	VD: Disponibilidad Hídrica	Caudales	Millones de Metros Cúbicos (MM3)	SWAT	<b>TIPO DE INVESTIGACION:</b>  Correlacional - Descriptivo  <b>DISEÑO DE INVESTIGACION:</b>  No experimental de corte transversal
			VI: Proyecciones Climáticas	Precipitación y Temperatura	Precipitación (mm) Temperatura max y min (°C)	CMhyd	
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	INSTRUMENTO	
¿Cómo serán las descargas	Estimar descargas anuales de la	Se proyectarán descargas	VD: Cambio de la disponibilidad de Agua	Calibración y validación	Coeficiente de determinación (R2)	CUP- SWAT	<b>METODO DE</b>



anuales, bajo la incidencia de proyecciones climáticas en la cuenca del río Coata?	cuenca del río Coata, bajo proyecciones climáticas	anuales variables en la cuenca del río Coata.			Nash y Sutcliffe (NSE)		<b>INVESTIGACION:</b>  Aplicativo
			<b>VI:</b> Modelos Globales Climáticos del CEMIP6	Variabilidad Climática	Precipitación (mm) Temperatura max y min (°C)	SWAT	
¿Cómo serán las tendencias en cuanto a proyecciones climáticas en la cuenca del río Coata?	Evaluar las tendencias climáticas proyectadas en la cuenca del río Coata.	Se proyectarán tendencias climáticas variables en la cuenca del río Coata.	<b>VD:</b> Proyección del clima futuro	Tendencias estadísticas	Δ% precipitación (mm) Δ% temperatura (°C)	Excel	
			<b>VI:</b> Modelos Climáticos Globales	Variabilidad Climática	Precipitación (mm) Temperatura max y min (°C)	CMhyd	
¿Cómo será el desarrollo del Modelo Hidrológico en la cuenca del río Coata?	Emplear criterios estadísticos en el desarrollo del modelo hidrológico SWAT, en la cuenca del río Coata.	Los criterios estadísticos darán valores positivos en el desarrollo del modelo hidrológico	<b>VD:</b> Rendimiento del Modelo SWAT	Estadísticos evaluadores	NASH, SUTCLIFFE	SWAT CUP	
			<b>VI:</b> Cuenca Coata	Caudales de simulación base	M3/seg	SWAT	



## ANEXO 2. Caudales obtenidos de la Estación Hidrométrica Puente Unocolla-Coata



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

DIRECCIÓN ZONAL 13



AÑO	Promedio Mensual de Caudales de la Estación Hidrométrica Puente Unocolla - Coata											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1995	35.9	37.9	89.4	15.5	6.2	4.8	6.1	5.3	2.2	1.4	1.4	5.4
1996	89.2	145.8	89.6	74.8	16.0	7.7	6.2	5.0	1.1	0.9	8.9	57.5
1997	133.9	242.1	126.3	62.9	18.7	9.9	7.5	8.0	4.8	4.3	6.7	5.4
1998	47.6	69.3	33.2	20.3	4.9	1.8	1.5	0.8	1.1	2.5	13.1	19.0
1999	14.1	64.6	112.5	106.1	52.1	4.8	1.7	1.4	6.2	26.7	20.4	19.1
2000	56.2	138.1	116.8	23.6	14.1	20.1	21.2	18.8	13.6	16.1	10.6	7.9
2001	165.4	180.2	145.1	73.4	26.5	21.4	18.5	15.3	14.9	7.2	3.8	3.5
2002	24.4	101.5	77.9	47.7	21.1	6.9	5.3	3.7	1.5	11.0	19.8	41.8
2003	69.4	93.1	150.8	56.0	11.4	3.5	3.3	5.6	6.9	5.5	3.8	11.0
2004	101.3	116.9	28.0	30.7	4.9	2.4	3.4	5.3	4.6	4.3	4.4	5.0
2005	18.6	162.8	36.7	34.2	5.5	2.8	2.7	2.8	1.7	2.1	6.0	12.1
2006	92.7	71.2	82.5	97.7	17.6	4.9	2.5	9.0	4.9	5.4	8.7	24.0
2007	62.3	32.8	126.8	56.7	17.5	3.7	1.1	3.1	4.8	3.9	12.9	19.8
2008	114.8	67.3	64.6	18.5	5.7	1.4	1.8	1.3	0.9	0.8	1.3	38.0
2009	40.1	57.5	94.7	37.2	12.0	3.7	2.2	4.7	5.9	3.1	5.8	39.0
2010	117.9	157.5	132.7	55.3	9.4	3.8	2.9	2.9	2.8	5.0	5.8	34.1
2011	29.1	189.2	140.7	87.3	29.0	12.4	5.1	3.5	2.6	6.9	7.5	41.5
2012	152.8	254.4	210.3	131.5	49.6	12.4	8.8	6.1	8.1	8.7	17.4	94.7
2013	115.0	167.5	119.7	28.6	17.1	11.7	9.0	7.0	6.0	7.6	9.6	54.3
2014	109.0	75.9	39.1	30.9	9.0	4.8	4.4	3.0	3.3	9.1	3.6	12.8
2015	68.3	100.9	39.7	68.4	20.5	4.9	3.2	2.5	3.3	3.0	4.8	8.8
2016	8.8	88.6	41.5	28.3	4.6	1.9	1.5	1.2	0.6	1.2	2.1	9.3



Firma Digital



Firmado digitalmente por QUISPE SALAZAR Emily Milagros FAU  
20131366028 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 14.07.2022 10:07:49 -05:00



### ANEXO 3. Script de Lenguaje de Programación R, para la obtención de precipitaciones y temperaturas del producto grillado PISCO.

#### **# Autores: Adrian Huerta & Waldo Lavado**

```
setwd (# Esta es la ruta de la carpeta donde esta Pisco)
# y deben estar el archivo *.csv con los puntos a extraer
# ojo que es / no \
# Descargar datos PISCO de: http://www.senamhi.gob.pe/?p=observacion-de-
inundaciones
# bajar de preferencia los datos de la carpeta PISCO_v2.0
# ftp://ftp.senamhi.gob.pe/PISCO_v2.0/ ## PISCO_Pd_v2.0 son diarios y
# PISCO_Pm_v2.0 son mensuales
# Este ejemplo es para los datos mensuales PISCOpm.nc
```

```
rm(list = ls())
install.packages("raster") #Instalar el paquete # si ya está instalado
install.packages("ncdf4") #Instalar el paquete r # si ya está instalado
library(sp) #cargar el paquete
library(raster) #cargar el paquete
library(ncdf4) #cargar el paquete
```

```
long_lat <- read_csv("Estaciones.csv", header = T)
# Leer el archivo *.csv (ver el archivo ejemplo)
# para agregar solo disminuya o incremente las coordenadas de las filas
# LONG Longitud y LAT Latitud
```

```
raster_pp <- raster::brick(#ubicacion de NC Pisco pp)
# Ensamblamos los datos *.nc
# Solo uno a la vez
```

```
sp::coordinates(long_lat) <- ~LONG+LAT # Asignamos las coordenadas
raster::projection(long_lat) <- raster::projection(raster_pp) # Igualamos las
proyecciones del raster y de los puntos a extraer
points_long_lat <- raster::extract(raster_pp[[1]], long_lat, cellnumbers = T)[,1] #
Extraemos los valores
data_long_lat <- t(raster_pp[points_long_lat])
```

```
colnames(data_long_lat) <- as_character(long_lat$NAME)
save_image("Output.csv")
write_csv(data_long_lat, "Output.csv", quote = F)
# Guardamos los datos como "*.csv"
```



**ANEXO 4. Caudales anuales (MMC) del Escenario CNRM-ESM2 SSP2-4.5**

Año	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2025	109.1	127.9	88.9	51.5	7.0	3.9	2.6	2.7	2.2	13.1	53.0	104.8
2026	103.0	93.1	120.1	70.2	16.5	4.6	3.2	2.4	2.4	5.1	21.5	76.6
2027	163.2	136.0	152.3	134.1	50.2	5.2	3.7	7.6	2.7	4.2	55.0	66.2
2028	178.5	155.4	158.4	170.4	33.8	4.2	2.8	3.5	2.1	7.9	33.3	15.0
2029	120.1	95.1	190.0	176.6	43.9	5.2	2.4	4.9	3.6	3.2	64.1	144.8
2030	185.6	134.0	96.1	58.1	7.8	1.8	1.2	1.4	1.7	4.5	43.7	109.9
2031	171.8	239.7	247.1	159.8	40.6	3.9	2.8	3.7	2.0	3.5	25.9	42.5
2032	160.3	97.5	215.6	155.5	45.5	3.4	2.4	2.0	1.8	4.7	12.2	32.2
2033	147.8	199.0	270.0	119.3	13.3	4.0	2.5	2.8	2.5	5.6	41.4	56.1
2034	176.5	135.6	226.4	200.3	56.4	3.9	2.7	2.0	1.6	9.2	60.6	90.4
2035	293.3	284.5	381.1	214.5	39.6	5.3	3.4	5.5	2.6	3.9	48.0	95.1
2036	243.2	269.3	267.4	181.4	24.1	3.8	2.7	2.3	2.2	3.3	95.3	111.5
2037	293.0	371.1	411.9	275.0	94.8	8.3	4.2	3.4	2.5	3.4	26.4	84.8
2038	149.4	228.8	327.0	238.5	36.8	4.7	3.2	2.8	2.0	6.2	56.1	54.9
2039	152.4	184.5	387.8	194.8	29.1	3.9	2.7	2.1	1.6	6.9	39.7	53.3
2040	199.2	222.7	429.9	137.0	31.3	5.3	3.6	2.2	1.7	2.4	19.2	62.2
2041	208.6	369.9	244.8	188.1	28.6	6.0	3.0	2.7	1.5	3.2	12.6	51.0
2042	175.2	312.8	374.2	144.0	27.6	3.9	2.8	2.7	1.6	3.2	54.5	44.9
2043	148.6	220.9	349.8	170.0	34.2	4.8	2.7	2.1	1.8	5.8	62.8	120.6
2044	289.5	340.6	309.9	159.4	12.8	4.1	3.0	2.1	1.8	4.6	41.6	101.6
2045	309.1	366.8	356.0	295.2	86.9	9.3	4.1	3.5	2.9	6.8	46.2	110.7
2046	230.2	155.3	176.1	68.9	13.0	2.8	2.0	1.2	0.9	8.5	29.9	67.6
2047	201.7	347.9	252.8	185.8	66.1	5.8	3.6	3.9	2.4	4.9	40.0	119.2
2048	187.9	305.3	341.0	215.1	31.6	4.3	3.1	2.2	2.4	3.4	21.6	36.3
2049	86.1	145.4	231.1	239.0	81.9	6.0	3.1	2.6	1.8	4.3	30.4	27.1
2050	135.5	230.5	275.1	351.5	58.5	4.9	3.4	3.0	2.3	2.6	7.6	36.7
2051	104.7	107.4	172.3	247.9	50.9	4.0	2.5	1.9	1.4	4.9	16.8	47.6
2052	168.7	219.3	306.1	156.1	34.7	3.8	2.5	1.9	1.5	9.7	72.3	149.7
2053	319.0	168.5	360.8	349.4	143.3	14.0	4.3	3.1	4.0	9.8	12.7	34.3
2054	95.7	199.2	304.3	284.6	73.3	5.4	3.4	3.9	2.5	1.5	14.2	36.8
2055	71.8	123.2	205.0	199.3	42.5	3.8	2.6	3.3	2.6	4.1	18.1	36.3
2056	117.0	200.8	341.5	194.2	28.1	4.2	2.8	2.6	2.5	8.7	26.0	54.3
2057	194.1	234.8	357.3	225.6	74.3	5.9	3.5	3.9	3.7	9.0	59.2	90.4
2058	187.9	126.8	191.6	195.2	44.7	3.9	2.6	2.1	1.7	9.5	25.4	59.7
2059	97.0	243.1	342.3	262.3	68.2	6.4	3.2	2.5	2.0	4.1	20.9	62.5
2060	128.5	109.2	234.9	220.7	43.7	3.7	2.5	2.5	2.5	2.4	30.0	59.6
2061	99.8	246.0	273.2	202.2	44.0	4.3	3.0	2.9	2.0	6.5	23.2	102.8
2062	283.4	360.5	313.4	162.8	48.7	4.5	3.3	4.1	2.2	4.9	5.8	16.8
2063	105.6	149.0	349.0	188.4	35.2	5.5	3.6	2.5	1.9	4.7	19.5	41.0
2064	248.4	355.9	383.0	268.5	54.9	5.2	3.7	3.8	3.7	7.1	59.5	119.2



<b>2065</b>	252.6	259.3	319.0	290.0	79.7	6.4	3.6	3.7	3.6	7.9	27.2	129.8
<b>2066</b>	226.6	352.7	238.2	240.3	86.7	9.0	3.7	3.4	2.7	3.1	16.2	18.7
<b>2067</b>	142.5	188.0	288.2	237.8	58.8	4.9	3.0	2.8	2.9	7.1	29.1	80.6
<b>2068</b>	245.7	345.9	364.8	189.6	33.3	5.0	3.5	2.2	1.7	11.0	65.2	49.3
<b>2069</b>	123.0	168.8	264.4	212.0	32.7	4.0	2.7	4.1	2.1	9.3	26.0	53.2
<b>2070</b>	221.0	324.2	346.3	194.9	37.0	4.4	3.1	2.5	3.1	4.1	25.5	82.4
<b>2071</b>	216.4	208.0	421.3	185.0	20.2	4.6	3.0	2.0	2.8	5.2	34.1	55.0
<b>2072</b>	122.9	86.2	248.0	206.0	67.4	6.7	2.7	2.8	2.2	2.8	32.8	62.9
<b>2073</b>	216.0	386.3	294.1	132.8	27.7	3.7	2.7	3.1	1.5	5.8	30.9	66.7
<b>2074</b>	149.8	192.8	271.1	188.0	32.4	5.4	2.6	4.6	5.2	9.4	43.1	91.7
<b>2075</b>	164.2	323.2	306.1	198.1	37.1	6.4	3.5	2.2	2.0	6.4	26.2	40.3
<b>2076</b>	171.6	154.3	139.5	148.1	32.9	4.6	2.2	1.7	1.4	2.6	12.5	96.2
<b>2077</b>	197.1	372.1	481.6	225.5	36.3	5.2	4.8	2.5	2.7	11.5	26.9	130.2
<b>2078</b>	257.0	220.4	244.4	117.1	10.8	3.2	2.4	1.6	1.2	3.3	17.8	28.8
<b>2079</b>	92.6	102.0	108.8	105.5	36.9	2.5	1.8	2.1	1.8	4.0	49.8	59.9
<b>2080</b>	95.6	150.1	130.1	227.2	66.3	4.7	2.6	5.8	3.1	15.7	36.4	118.5
<b>2081</b>	171.4	212.4	223.0	203.3	33.2	3.7	3.0	3.9	4.2	11.2	58.8	86.9
<b>2082</b>	280.7	435.2	457.5	238.0	76.5	6.5	4.0	3.0	2.7	8.8	56.4	104.9
<b>2083</b>	213.6	222.2	264.9	244.9	37.6	4.3	4.1	2.8	3.0	3.9	14.4	65.0
<b>2084</b>	106.5	148.6	236.3	174.2	27.6	3.9	2.6	2.1	1.7	6.7	67.0	92.9
<b>2085</b>	203.6	246.8	177.4	211.7	55.0	3.7	3.4	2.1	1.6	3.0	76.4	100.9
<b>2086</b>	262.6	186.0	241.6	277.3	93.6	9.1	3.6	2.5	1.8	11.1	90.6	44.9
<b>2087</b>	160.8	268.5	363.5	159.0	21.1	3.8	2.6	2.0	1.4	3.2	25.2	82.3
<b>2088</b>	164.9	309.7	332.9	267.0	85.1	6.2	3.7	2.7	2.4	10.4	13.4	23.4
<b>2089</b>	136.1	168.4	379.0	323.2	76.5	6.2	3.9	3.2	2.3	5.2	24.7	45.5
<b>2090</b>	191.0	128.0	262.8	164.1	64.6	4.3	2.7	2.1	1.6	15.1	74.4	72.0
<b>2091</b>	339.9	460.6	456.4	284.3	64.4	10.6	4.4	3.4	2.6	7.9	51.8	90.6
<b>2092</b>	251.5	297.6	298.6	153.5	15.9	3.9	2.7	1.9	1.6	2.0	17.9	22.2
<b>2093</b>	76.5	138.8	93.7	129.6	38.5	3.1	2.0	2.3	1.2	7.8	29.1	97.1
<b>2094</b>	242.9	340.4	439.0	233.2	44.2	6.8	3.7	2.9	2.6	4.3	12.9	83.2
<b>2095</b>	130.2	213.2	320.6	198.7	36.1	4.0	3.1	2.0	1.6	10.6	17.4	24.8
<b>2096</b>	129.2	245.1	471.7	269.3	51.1	5.2	3.5	2.5	1.7	9.1	25.3	55.0
<b>2097</b>	201.5	203.8	321.1	253.3	71.2	4.8	3.3	2.4	2.0	5.5	10.8	24.0
<b>2098</b>	128.3	133.4	237.9	206.5	39.7	3.4	2.6	1.7	1.3	2.8	57.4	152.9
<b>2099</b>	352.2	377.4	456.7	341.6	84.2	9.1	4.5	3.5	3.0	3.9	59.8	48.1
<b>2100</b>	144.3	266.1	261.9	173.1	50.5	4.2	2.7	2.5	1.9	7.5	51.6	56.0



## Caudales anuales (MMC) del Escenario CNRM-ESM2 SSP5-8.5

Año	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2025	95.5	161.7	87.7	63.8	17.5	4.8	2.7	2.1	2.3	4.4	68.8	66.2
2026	106.0	78.7	98.6	40.5	5.5	4.1	2.3	2.9	5.9	4.9	62.4	37.4
2027	126.4	89.5	76.8	84.3	20.9	3.5	2.5	2.0	2.3	9.6	25.4	48.7
2028	66.7	60.8	63.9	55.1	21.5	2.0	1.3	1.6	0.9	8.8	48.7	61.8
2029	201.8	142.4	190.4	151.9	30.6	5.6	3.1	2.5	2.7	7.6	60.0	115.9
2030	218.3	228.7	234.3	104.1	23.0	5.5	2.5	2.1	1.5	3.1	20.9	39.0
2031	148.4	137.3	229.3	187.0	31.7	3.9	2.7	3.9	1.8	9.3	24.6	27.0
2032	86.9	117.1	160.8	200.9	67.5	6.9	3.1	3.5	2.3	8.4	18.5	24.2
2033	137.9	160.8	263.0	147.9	28.0	3.4	2.4	2.2	1.5	7.2	95.7	130.1
2034	180.1	366.8	344.7	228.0	29.9	5.4	3.9	3.4	2.5	9.5	53.6	46.7
2035	150.6	260.3	312.0	282.8	68.5	5.5	3.6	4.6	4.0	2.5	34.9	49.4
2036	81.5	49.5	209.7	172.8	23.8	3.7	2.2	1.9	1.6	13.1	38.2	34.1
2037	122.9	173.4	254.6	307.4	113.5	9.7	4.0	2.9	2.4	7.1	81.3	126.0
2038	222.0	222.9	346.6	223.4	46.8	4.5	3.1	3.3	1.9	2.1	8.9	10.6
2039	35.2	73.0	100.3	120.1	34.0	3.6	1.8	1.5	0.8	4.1	14.9	40.7
2040	202.9	221.2	288.2	118.2	28.8	3.4	2.4	1.9	1.5	4.5	44.8	88.2
2041	118.9	233.8	261.4	183.9	67.5	4.2	2.9	2.3	2.2	12.1	41.1	67.6
2042	217.4	173.1	109.7	241.5	88.9	5.8	2.9	2.0	2.5	7.9	30.2	67.1
2043	163.1	276.5	342.3	182.2	25.9	3.7	2.8	3.0	3.8	10.9	19.7	73.1
2044	147.8	175.2	226.5	210.5	64.5	4.2	3.0	2.8	2.4	4.5	29.1	98.6
2045	201.3	289.1	386.5	247.8	36.2	5.1	3.4	4.4	3.2	10.6	15.0	56.3
2046	136.6	164.5	239.4	168.2	31.9	3.3	2.3	1.9	1.7	4.2	16.7	27.8
2047	217.2	224.1	424.0	322.4	79.6	7.7	3.7	3.1	2.5	12.7	18.7	44.9
2048	161.6	107.1	256.9	138.6	30.3	3.4	2.2	2.4	2.0	4.8	32.5	40.0
2049	73.6	95.5	63.2	68.3	27.1	1.9	1.3	0.9	0.7	8.8	21.9	58.6
2050	209.3	186.3	379.8	205.2	39.3	6.2	3.3	2.2	1.6	3.9	22.5	69.1
2051	154.1	207.4	232.7	112.3	14.0	2.9	2.1	1.5	2.0	3.7	37.6	70.9
2052	79.5	47.5	224.0	209.3	59.1	6.4	3.2	2.9	2.6	8.2	71.4	52.4
2053	222.8	424.3	337.7	331.5	111.5	12.0	4.5	3.9	2.7	7.2	17.0	77.2
2054	170.9	262.0	267.1	182.5	36.6	3.9	2.8	2.0	1.4	9.3	39.9	69.7
2055	308.6	397.7	373.9	278.9	82.5	6.7	4.0	3.7	3.6	10.3	41.1	38.4
2056	173.2	348.4	460.1	222.1	77.8	5.9	3.8	4.3	5.1	11.9	107.6	66.0
2057	193.2	268.0	460.7	289.5	76.9	8.6	4.1	3.1	2.7	7.2	20.5	59.1
2058	78.8	110.1	311.8	194.3	32.1	4.4	2.4	1.9	1.9	3.1	10.7	45.8
2059	270.0	302.4	401.8	250.7	75.4	5.5	3.6	2.8	2.9	4.1	20.3	58.0
2060	175.8	328.0	419.7	179.6	35.4	5.1	3.2	5.1	2.2	4.1	34.8	141.0
2061	345.0	399.7	480.5	194.3	38.6	5.1	3.7	2.8	2.3	4.7	62.4	110.9
2062	308.6	310.1	205.2	197.5	28.7	4.0	2.7	2.6	1.7	2.9	21.0	91.2
2063	214.5	421.9	353.3	191.9	50.3	5.2	3.4	2.3	2.2	9.3	60.7	105.4
2064	401.8	336.3	367.2	278.1	80.1	7.2	4.1	3.8	2.6	6.5	86.7	92.0
2065	303.2	339.7	523.1	348.1	78.0	11.5	4.7	3.7	2.6	4.4	30.5	78.3



2066	151.0	245.3	369.4	225.7	54.0	8.8	3.4	2.4	2.0	1.6	25.5	42.1
2067	74.3	82.9	158.7	207.3	32.1	3.1	2.2	1.7	1.3	8.7	51.4	68.4
2068	115.5	111.0	345.2	193.0	43.7	3.8	2.8	2.0	2.4	6.9	48.7	136.2
2069	299.7	420.5	410.6	230.7	37.3	5.4	3.9	2.9	2.5	8.8	28.6	150.0
2070	268.1	377.4	380.6	199.5	49.4	5.0	3.8	3.2	2.1	5.6	17.5	48.8
2071	157.3	189.3	375.5	285.9	57.5	5.4	3.4	2.4	2.2	10.4	31.2	41.9
2072	263.8	260.8	371.5	281.8	81.9	6.4	3.7	3.0	3.4	12.2	21.9	80.6
2073	330.8	463.8	401.2	282.3	83.5	6.2	4.1	2.9	3.5	8.5	35.6	146.7
2074	184.5	395.5	440.9	374.0	98.9	10.6	4.5	3.2	2.4	7.1	26.5	31.8
2075	77.6	123.3	145.1	198.6	98.0	4.4	2.9	2.7	2.8	11.7	53.2	93.5
2076	418.4	458.9	343.4	264.4	48.9	5.5	4.1	3.4	2.0	2.7	34.7	103.7
2077	357.0	497.6	418.9	268.5	99.9	10.5	4.3	3.3	2.1	12.2	15.7	35.6
2078	124.8	113.0	113.9	198.2	66.8	4.1	2.4	1.9	1.6	7.4	67.6	67.2
2079	108.2	436.9	485.6	303.8	97.7	7.9	4.1	2.9	2.1	10.9	75.5	148.8
2080	472.2	582.5	349.8	328.7	100.0	7.7	4.7	3.7	2.5	11.9	29.4	74.0
2081	141.0	313.5	376.9	335.7	62.5	5.6	3.8	2.9	2.1	8.7	12.6	19.5
2082	85.9	294.9	262.7	251.6	48.2	4.6	3.2	2.2	1.6	8.8	33.8	96.9
2083	293.8	340.1	389.7	308.4	87.4	6.0	4.0	3.1	4.0	5.9	76.3	91.5
2084	190.7	310.4	535.1	297.0	56.2	5.4	4.0	3.5	2.0	6.8	105.4	88.7
2085	505.9	653.9	411.4	405.4	116.9	8.9	5.4	4.5	2.8	5.7	44.2	101.1
2086	256.0	437.6	297.0	246.8	52.7	5.0	3.5	2.4	2.2	9.4	53.0	146.1
2087	537.3	368.7	516.7	329.7	73.0	8.2	4.7	3.2	2.3	5.2	49.9	60.6
2088	385.7	619.3	554.7	406.9	78.2	7.7	5.1	5.3	3.9	9.0	64.1	125.4
2089	198.7	409.6	434.4	263.1	67.5	7.4	4.2	4.2	3.0	2.3	23.5	50.2
2090	259.9	219.1	460.1	261.8	60.3	4.9	3.7	2.4	1.7	7.8	46.8	144.8
2091	381.7	609.6	267.6	229.9	87.8	7.6	4.0	2.8	2.3	8.0	53.1	120.3
2092	463.9	561.7	472.2	283.6	58.8	6.9	4.7	3.3	3.2	7.5	23.5	44.9
2093	197.6	186.9	484.3	339.8	60.2	6.4	4.0	2.7	2.0	8.3	116.0	221.3
2094	531.1	643.7	684.6	498.7	155.5	12.2	6.7	4.7	3.2	11.3	114.9	218.6
2095	338.8	241.8	485.3	212.5	78.9	7.8	3.9	2.7	3.0	4.9	76.1	150.0
2096	381.1	455.1	582.6	443.8	98.8	13.5	5.4	3.9	2.6	9.7	14.1	49.3
2097	224.9	233.2	603.2	441.2	127.7	15.4	4.9	3.4	2.6	3.9	71.0	79.7
2098	347.1	527.9	557.1	472.8	98.5	10.5	5.2	5.9	3.4	5.5	18.8	96.0
2099	422.1	584.7	707.4	276.0	58.7	8.1	5.3	3.5	2.2	5.4	37.7	132.5
2100	361.0	332.2	450.5	454.1	85.4	7.3	4.9	3.5	2.3	6.8	19.0	83.9



## ANEXO 5. Caudales anuales (MMC) del Escenario MIROC6 SSP2-4.5

Año	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2025	78.3	109.3	55.8	26.4	3.4	1.6	1.1	2.4	1.6	7.0	11.8	49.3
2026	153.6	94.1	84.3	60.3	8.4	3.7	2.6	2.2	2.1	12.2	67.4	70.9
2027	130.0	120.1	131.6	39.7	6.2	3.3	2.4	2.2	1.7	6.2	57.5	52.9
2028	135.1	127.2	155.4	102.6	20.6	3.6	2.6	2.6	3.0	7.7	62.8	93.5
2029	177.4	263.9	271.3	275.3	69.9	6.0	3.7	5.3	5.3	7.5	69.7	88.3
2030	201.7	188.6	257.0	187.2	33.1	4.5	2.7	1.8	2.0	8.0	25.6	62.8
2031	128.2	120.7	288.7	184.4	40.4	4.7	2.6	3.4	2.0	7.7	45.8	77.5
2032	172.1	162.6	341.8	272.2	65.5	5.5	3.5	4.3	6.7	6.7	61.1	156.3
2033	427.7	299.5	378.2	243.0	37.4	5.9	3.9	3.5	3.4	8.0	86.0	93.7
2034	307.5	369.4	431.0	239.2	42.8	4.6	4.5	2.5	2.1	16.1	23.8	142.8
2035	185.3	289.6	403.6	217.4	28.0	4.5	3.4	4.3	2.3	9.1	135.2	97.0
2036	90.3	259.1	303.2	210.4	25.2	3.8	2.6	3.9	2.3	5.5	50.2	79.8
2037	230.8	255.7	346.3	256.6	85.1	9.1	3.8	2.5	1.8	5.2	63.1	107.6
2038	197.5	155.3	237.1	172.4	16.8	3.5	2.3	2.4	3.0	3.3	84.8	97.6
2039	274.3	352.2	457.7	225.3	42.9	5.5	3.3	2.7	2.1	11.5	89.9	114.2
2040	153.4	255.7	375.8	89.9	13.8	3.4	2.2	1.9	1.6	3.2	55.4	78.3
2041	217.8	174.2	237.3	257.3	58.3	3.8	2.9	2.1	2.3	8.5	45.4	77.5
2042	112.5	149.1	329.7	210.7	20.4	4.2	2.5	2.9	1.4	5.4	66.1	74.5
2043	73.0	113.8	183.1	90.8	16.0	2.0	1.7	1.0	0.8	2.7	75.4	58.1
2044	182.3	272.9	410.9	297.0	94.8	7.4	3.9	4.9	5.8	8.3	43.9	120.0
2045	199.0	392.4	414.1	321.1	64.8	12.5	4.3	2.7	2.3	6.5	38.7	47.2
2046	116.1	187.2	219.2	97.2	13.0	2.5	2.2	2.1	1.5	8.5	77.3	113.6
2047	439.0	440.3	257.7	191.8	53.3	5.8	3.6	3.5	2.8	8.7	47.1	72.3
2048	123.8	161.4	357.8	304.8	78.6	6.7	4.1	2.5	4.9	10.7	121.9	38.6
2049	294.6	332.9	445.2	359.3	94.5	6.7	3.6	3.0	2.8	11.3	20.5	52.1
2050	114.1	146.2	377.9	256.9	70.0	14.1	3.5	3.4	2.5	6.1	41.8	73.4
2051	226.5	225.1	264.0	243.4	73.4	6.3	3.2	2.6	1.9	6.1	34.6	120.1
2052	135.9	222.3	403.9	145.2	24.8	3.5	2.4	2.8	1.5	7.2	80.1	135.7
2053	127.5	121.3	248.2	233.0	37.8	3.7	3.0	2.8	1.5	12.0	70.6	136.3
2054	251.8	232.2	368.3	165.5	16.8	4.8	3.0	2.7	1.6	4.7	38.1	64.5
2055	209.7	232.8	309.1	225.9	45.2	5.0	3.5	2.9	2.6	6.1	29.9	113.6
2056	265.0	291.8	563.3	228.6	36.9	4.7	3.4	2.5	3.1	6.8	22.1	118.8
2057	142.2	278.7	235.5	96.9	37.2	4.4	2.1	1.6	1.6	5.1	38.5	101.6
2058	169.3	261.3	157.1	75.9	8.6	2.8	1.7	1.2	1.8	4.0	62.2	51.2
2059	151.7	178.7	251.6	280.7	46.6	8.0	2.8	2.8	2.3	7.1	31.0	117.0
2060	257.4	297.6	409.5	364.4	68.3	5.9	3.8	3.5	2.8	6.2	66.0	85.3
2061	356.0	323.7	291.7	261.3	83.1	9.2	3.5	3.4	4.6	7.0	47.5	63.6
2062	231.5	212.1	328.4	269.8	36.7	4.7	3.1	2.6	3.3	11.1	46.5	96.7
2063	151.5	243.9	500.3	213.7	32.1	4.6	3.3	3.3	3.8	6.6	50.8	90.2
2064	270.3	254.3	360.8	330.5	89.9	6.6	3.7	4.1	2.7	12.2	44.4	175.1
2065	329.4	171.1	344.2	196.7	63.0	7.3	3.0	3.1	1.9	2.7	20.9	27.2



2066	256.5	263.7	462.6	378.2	56.1	8.0	3.4	6.4	2.3	6.9	27.2	104.1
2067	162.3	272.2	450.5	335.7	104.4	8.9	4.1	3.6	3.9	15.4	56.3	126.6
2068	309.6	274.6	331.3	205.6	34.8	6.0	3.8	2.8	2.0	7.8	172.4	194.2
2069	416.0	411.7	431.8	261.3	35.1	6.6	3.7	4.0	3.8	11.8	55.8	108.9
2070	160.9	168.9	298.1	230.7	27.7	5.1	3.0	1.8	2.9	5.7	156.9	133.0
2071	158.8	260.3	458.8	113.0	12.1	3.5	2.9	2.7	1.8	1.2	48.6	78.2
2072	232.2	341.3	280.7	279.9	45.1	5.3	3.5	3.8	3.2	7.7	30.2	68.1
2073	166.7	209.7	252.7	199.4	100.9	4.8	3.3	3.8	4.1	16.2	25.4	75.7
2074	320.9	311.6	363.2	183.8	28.4	5.8	3.0	2.7	4.5	14.7	109.9	145.4
2075	346.9	368.4	445.7	196.3	29.2	5.1	3.4	3.8	2.0	11.1	71.8	141.1
2076	110.1	198.1	348.7	269.8	92.6	10.1	3.3	2.8	2.3	10.9	99.2	187.6
2077	301.9	442.2	315.2	295.5	76.5	11.3	3.7	4.1	3.3	15.1	52.4	112.0
2078	212.3	326.8	440.6	271.4	42.6	4.9	4.1	5.1	2.2	8.0	11.5	47.5
2079	144.2	134.6	172.8	265.7	37.5	3.4	2.5	3.1	4.1	9.7	26.8	167.6
2080	208.8	260.3	265.0	210.0	78.2	7.0	3.3	5.4	5.6	12.4	72.3	109.7
2081	169.0	193.3	414.1	242.6	71.8	5.8	3.4	3.0	2.2	6.6	145.3	300.5
2082	474.1	421.7	497.6	194.8	22.1	5.0	3.5	3.1	2.8	10.6	60.3	100.2
2083	202.3	418.3	266.9	279.2	96.4	14.5	4.1	6.0	2.6	11.2	62.9	191.7
2084	382.2	407.9	293.3	159.3	24.3	5.2	3.3	4.3	4.1	6.5	35.2	191.3
2085	151.1	360.7	382.7	191.8	46.4	5.9	4.5	2.7	2.5	6.4	81.6	234.1
2086	439.5	369.9	440.3	227.4	63.1	4.9	3.6	4.5	2.8	6.8	84.8	101.7
2087	246.3	384.2	344.2	250.6	37.4	7.6	3.6	5.2	2.8	9.3	68.7	119.8
2088	305.6	283.0	422.1	290.8	91.2	14.8	7.1	3.7	4.4	16.6	107.7	122.1
2089	332.9	306.8	393.2	163.9	49.9	5.4	3.6	4.4	3.3	7.6	27.8	284.2
2090	411.7	313.3	278.3	206.9	38.6	4.4	3.0	2.1	2.1	3.9	49.2	45.6
2091	104.7	124.4	100.5	143.3	15.9	2.4	1.7	2.3	2.8	11.8	94.0	273.7
2092	459.1	202.5	176.6	212.2	58.4	4.2	2.9	2.9	2.7	4.9	29.7	73.5
2093	253.0	288.6	244.8	413.4	125.0	19.7	4.6	3.4	3.1	10.4	41.7	33.7
2094	196.2	196.4	404.7	237.5	73.4	8.9	4.0	3.9	2.4	11.9	69.5	38.6
2095	166.9	192.6	282.3	214.6	43.6	5.1	2.6	2.1	1.7	7.5	32.4	72.5
2096	207.3	338.4	580.9	203.9	55.5	5.6	3.7	3.5	3.6	11.5	21.3	135.0
2097	114.6	214.3	388.6	211.9	21.9	3.7	2.6	3.2	2.1	4.5	186.8	134.6
2098	238.5	260.8	235.2	111.3	52.7	4.3	3.1	2.4	2.0	5.6	15.6	18.6
2099	65.9	118.9	170.4	195.2	43.0	4.3	2.2	2.4	2.1	4.8	88.8	169.9
2100	372.8	382.5	440.3	164.1	17.5	4.4	3.7	2.5	2.0	7.4	126.9	158.2



**ANEXO 6. Caudales anuales (MMC) del Escenario MIROC6 SSP5-8.5**

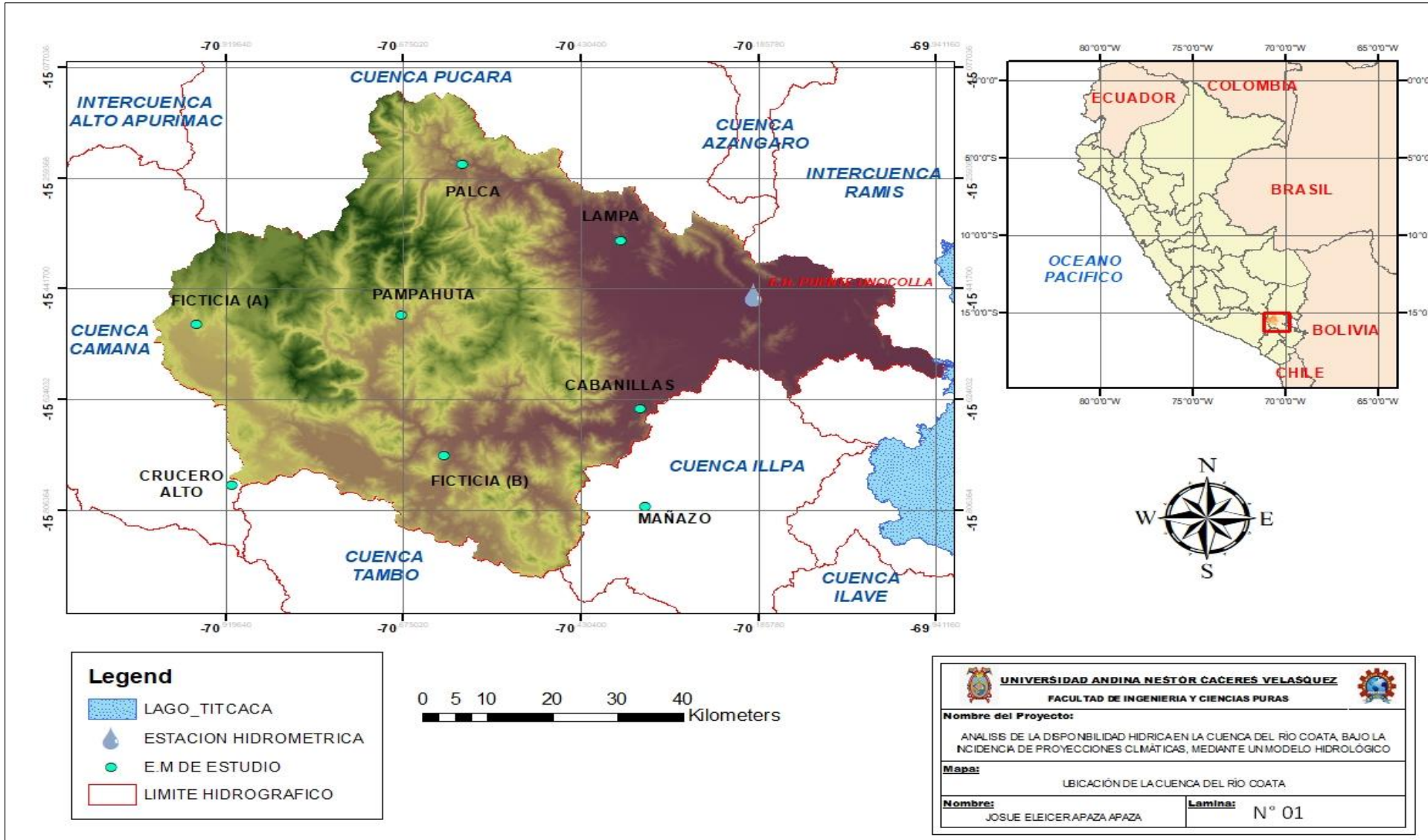
Año	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2025	147.7	244.1	103.4	66.1	38.4	2.3	1.7	1.8	2.2	6.4	45.5	59.0
2026	213.6	229.7	279.9	145.7	31.7	3.9	2.4	3.9	1.9	4.9	47.0	161.8
2027	193.0	268.3	260.3	263.1	56.8	5.4	3.2	3.5	2.7	7.3	39.1	66.5
2028	187.4	195.4	210.5	306.6	67.6	6.4	3.0	2.9	2.0	1.3	8.0	79.5
2029	86.7	186.5	256.3	202.0	37.6	4.3	2.5	2.3	2.2	5.6	37.7	196.9
2030	175.3	197.4	521.5	194.8	54.2	5.8	4.9	6.4	2.6	8.6	31.9	74.8
2031	153.7	151.7	249.0	77.2	12.1	2.4	1.7	1.6	2.0	7.0	77.3	25.2
2032	172.8	222.3	402.6	229.6	35.1	4.2	3.0	4.7	2.2	10.1	13.3	72.9
2033	275.3	266.1	343.4	270.9	62.3	7.4	3.3	4.8	3.2	9.4	61.0	72.9
2034	177.0	253.5	221.1	125.3	28.6	3.3	2.2	2.4	2.0	7.7	33.9	64.6
2035	229.1	227.6	433.4	275.8	47.9	5.8	5.1	3.8	3.9	5.7	36.4	157.0
2036	163.7	110.9	328.6	308.4	64.3	5.8	3.6	2.2	1.8	5.2	94.0	135.1
2037	199.6	201.9	331.1	175.1	16.2	3.9	2.9	3.1	1.7	9.9	29.7	129.0
2038	225.0	249.2	359.7	247.5	32.1	5.4	3.2	3.1	3.3	8.1	41.9	101.2
2039	201.5	283.5	293.6	151.2	74.0	7.6	3.3	4.5	4.0	2.8	77.8	123.6
2040	243.8	294.7	374.4	313.6	39.0	7.2	4.4	4.6	3.1	10.2	102.4	103.4
2041	213.1	303.6	614.4	256.6	53.3	5.0	4.0	2.9	3.0	11.3	36.1	51.1
2042	136.3	206.0	383.5	303.0	42.1	6.7	3.8	2.6	2.6	10.6	58.0	83.2
2043	158.6	285.9	445.4	191.9	28.8	4.3	2.9	2.4	3.2	4.5	39.6	103.5
2044	162.1	227.2	417.0	396.3	99.1	9.0	4.2	2.9	3.3	9.5	92.6	92.4
2045	175.1	385.9	317.7	285.6	105.7	7.3	3.6	4.7	3.2	9.1	50.3	37.7
2046	207.6	203.7	276.7	268.8	110.2	7.5	3.9	4.6	3.0	7.2	81.6	110.8
2047	256.9	401.8	367.7	218.6	37.1	4.8	3.5	2.2	2.7	11.2	62.1	37.9
2048	170.6	133.6	347.7	408.2	60.3	5.1	3.4	3.7	2.2	9.7	46.9	86.7
2049	187.9	246.0	241.9	181.9	34.8	5.9	2.9	1.8	1.5	8.2	166.2	176.4
2050	335.6	314.7	366.9	300.2	74.5	4.9	3.9	3.4	2.4	5.6	248.7	123.1
2051	285.0	412.2	495.8	248.9	50.8	6.7	4.3	4.8	3.3	4.8	54.8	49.5
2052	77.0	168.1	411.7	324.0	60.5	5.1	3.3	3.1	2.8	6.5	37.6	177.4
2053	282.8	326.8	317.4	291.9	77.0	8.8	3.8	4.4	4.6	11.4	133.8	81.3
2054	330.0	326.1	244.1	244.1	68.3	4.4	3.0	2.2	1.8	8.7	26.7	152.1
2055	324.1	259.6	525.0	332.0	50.5	6.0	4.9	4.7	3.6	3.3	80.1	113.3
2056	430.7	289.3	377.1	248.7	42.5	5.9	3.7	2.8	2.8	4.5	149.1	148.9
2057	374.7	460.6	421.6	271.9	49.4	6.0	4.8	2.8	1.8	5.8	48.6	54.9
2058	320.9	203.1	390.8	106.1	31.4	4.4	3.5	2.8	5.3	10.8	38.8	46.8
2059	135.4	176.6	504.9	228.8	24.2	5.3	3.2	2.9	3.0	10.9	16.2	90.7
2060	261.5	333.8	380.6	179.5	41.4	4.7	3.3	4.2	2.5	7.7	41.2	179.6
2061	495.5	475.9	470.9	273.5	66.4	6.4	4.5	5.9	4.5	11.6	94.3	136.6
2062	278.3	235.4	328.6	349.1	87.1	9.4	3.8	7.0	3.0	5.4	109.2	213.6
2063	457.7	322.2	372.3	317.5	66.4	13.1	8.6	8.4	2.9	4.9	34.4	250.1
2064	301.3	467.4	387.3	134.0	16.6	6.3	4.1	2.3	2.0	10.4	18.3	116.7
2065	356.0	377.9	332.1	205.1	37.9	5.8	3.5	2.9	3.8	11.0	35.7	76.3



2066	156.0	247.5	511.3	248.0	41.1	5.6	3.2	2.2	2.5	14.3	179.8	196.4
2067	366.4	429.2	580.1	311.3	47.7	6.0	4.5	3.2	3.5	9.8	119.3	117.3
2068	309.4	145.7	368.0	153.0	13.7	4.5	3.6	2.5	2.3	4.9	125.0	134.7
2069	324.4	425.8	497.9	250.2	83.8	7.5	4.7	3.1	2.4	9.4	31.1	56.5
2070	196.5	137.5	420.0	252.8	69.6	8.0	4.0	9.3	8.9	17.9	39.4	83.6
2071	224.8	390.0	565.9	373.5	70.9	11.4	4.8	4.2	5.1	9.4	45.3	62.6
2072	157.4	239.1	476.0	439.1	51.2	8.1	4.3	4.4	3.3	8.2	122.8	133.5
2073	311.8	357.8	322.2	195.3	65.9	15.2	3.7	2.2	2.1	19.5	27.1	129.8
2074	188.5	383.9	508.1	261.0	41.8	10.2	3.6	2.7	2.5	9.9	30.6	68.5
2075	361.9	380.8	282.6	203.3	87.2	12.5	5.1	3.6	2.4	3.8	56.7	85.2
2076	300.2	359.3	496.8	270.1	47.9	7.5	4.1	4.2	2.8	18.3	127.8	94.0
2077	265.9	406.7	323.6	123.2	43.6	5.6	3.5	4.1	3.3	8.1	114.5	196.1
2078	161.2	236.7	351.7	240.8	64.0	5.1	3.1	4.7	4.6	16.9	76.5	169.7
2079	352.7	389.0	586.6	398.1	60.9	6.4	4.6	5.0	3.5	15.0	212.3	199.6
2080	336.7	389.0	365.3	221.2	15.8	4.5	3.6	1.9	2.7	5.4	149.1	91.2
2081	161.7	224.1	330.5	281.8	46.3	4.0	3.0	2.0	3.5	10.2	61.5	99.2
2082	218.0	185.7	385.4	260.0	74.6	5.2	4.0	3.2	3.5	10.5	47.3	134.2
2083	112.1	231.1	723.7	429.0	85.0	7.4	4.2	3.1	2.2	6.8	130.8	163.8
2084	241.7	326.4	464.7	209.6	56.0	4.8	3.4	2.6	3.9	7.6	104.2	153.6
2085	369.6	267.8	501.4	263.6	63.8	7.6	3.8	4.3	2.7	3.8	124.7	144.2
2086	432.6	392.4	522.8	402.3	87.0	9.4	4.4	3.5	4.3	13.9	65.9	72.2
2087	283.4	291.0	348.2	402.8	118.1	18.6	4.1	4.0	2.7	13.6	132.5	82.2
2088	290.3	278.4	441.1	408.2	109.4	8.8	4.2	2.8	2.6	9.0	73.4	233.1
2089	402.3	542.6	488.0	413.7	95.2	13.0	7.2	4.1	2.6	6.9	39.1	54.6
2090	252.0	185.2	270.0	293.4	76.0	8.1	4.4	3.5	3.3	7.7	177.4	134.0
2091	400.2	418.5	529.0	359.8	35.8	6.5	4.2	3.9	3.4	11.1	46.0	156.2
2092	244.1	381.7	436.3	220.4	80.9	8.5	3.7	3.1	2.8	10.1	72.9	154.6
2093	168.0	305.3	712.2	387.0	53.8	6.7	4.8	5.2	2.5	6.1	69.4	89.0
2094	361.0	324.2	491.8	283.6	67.9	7.7	3.4	3.7	5.2	3.8	47.1	77.7
2095	235.1	424.1	460.1	238.4	30.8	7.0	3.8	4.5	3.2	11.0	73.6	153.4
2096	390.0	288.4	418.4	194.6	67.2	7.8	3.3	4.3	3.9	11.8	307.7	106.9
2097	270.3	440.3	546.7	245.2	83.2	7.7	4.1	4.5	2.8	8.2	67.8	205.3
2098	401.8	329.0	344.2	207.7	39.4	12.2	5.1	5.3	2.6	8.9	305.6	264.7
2099	381.4	434.2	535.7	361.3	79.3	16.7	6.4	4.5	5.0	14.5	170.5	246.0
2100	399.3	433.3	562.2	336.7	73.1	8.5	4.7	3.6	4.3	11.5	104.0	148.6



### ANEXO 7. UBICACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO COATA





## ANEXO 8. DATOS METEREOLÓGICOS DEL PRODUCTO PISCO (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations), PISCOp v2.1 y PISCOp v1.1

CUADRO 1: Datos de precipitación de la Estación Meteorológica Lampa

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total, general
<b>1995</b>	111.64	106.23	118.40	24.04	3.04	0.65	0.46	2.46	12.78	16.59	119.18	130.24	<b>645.73</b>
<b>1996</b>	207.38	112.06	89.16	48.70	10.98	0.07	1.62	22.16	8.62	23.60	123.61	153.71	<b>801.67</b>
<b>1997</b>	193.94	176.35	176.91	75.47	4.00	0.09	0.10	35.69	37.87	43.31	197.52	115.13	<b>1056.36</b>
<b>1998</b>	135.47	113.31	145.94	49.08	0.02	5.40	0.02	2.35	1.15	61.12	145.80	46.95	<b>706.61</b>
<b>1999</b>	117.26	126.30	212.21	168.20	12.14	0.99	1.65	3.72	22.00	95.53	37.22	75.81	<b>873.04</b>
<b>2000</b>	200.62	168.00	152.38	23.15	7.52	10.62	1.04	21.18	6.71	112.73	21.02	129.41	<b>854.39</b>
<b>2001</b>	297.39	191.18	170.10	61.17	20.99	4.57	4.47	18.19	9.27	50.60	61.73	89.69	<b>979.36</b>
<b>2002</b>	119.25	196.39	161.77	134.51	21.63	6.66	25.98	15.52	16.26	123.93	158.07	149.85	<b>1129.81</b>
<b>2003</b>	207.46	120.68	179.99	36.30	9.20	13.52	0.40	5.03	24.40	19.05	61.51	154.96	<b>832.50</b>
<b>2004</b>	242.28	131.62	105.15	65.66	3.50	4.58	9.92	34.28	29.81	9.33	73.59	87.87	<b>797.60</b>
<b>2005</b>	93.91	226.99	118.45	73.57	0.13	0.12	0.07	4.59	12.90	62.39	149.46	131.53	<b>874.11</b>
<b>2006</b>	237.78	87.98	154.73	62.27	0.60	4.51	0.44	6.09	18.41	58.94	153.66	100.19	<b>885.60</b>
<b>2007</b>	105.64	81.30	283.96	138.12	6.04	0.68	4.32	2.32	27.51	33.03	147.92	94.49	<b>925.32</b>
<b>2008</b>	215.36	84.25	81.45	5.23	1.84	3.38	0.10	1.73	4.18	49.96	55.53	213.23	<b>716.24</b>
<b>2009</b>	95.85	153.77	139.37	34.65	2.93	0.09	3.39	0.56	10.41	34.80	177.33	126.05	<b>779.18</b>
<b>2010</b>	166.83	166.54	81.51	46.41	13.23	0.49	0.18	0.47	0.30	28.82	56.38	149.67	<b>710.83</b>
<b>2011</b>	93.85	204.61	126.23	36.31	7.14	0.71	11.50	4.80	23.15	37.15	99.58	202.58	<b>847.61</b>
<b>2012</b>	190.39	188.21	183.19	150.35	1.22	1.01	0.14	11.08	2.87	17.37	76.19	221.14	<b>1043.16</b>
<b>2013</b>	181.28	146.07	139.56	18.34	16.03	16.11	8.45	18.27	2.46	55.68	97.46	182.68	<b>882.39</b>
<b>2014</b>	180.88	86.00	97.96	69.07	4.00	0.09	6.46	42.35	38.88	62.57	71.93	90.36	<b>750.57</b>
<b>2015</b>	160.80	101.62	114.76	181.18	2.88	3.83	8.33	11.29	34.96	47.32	121.17	113.61	<b>901.74</b>
<b>2016</b>	94.56	200.53	58.72	142.25	1.41	4.07	9.36	10.26	6.63	50.30	61.51	94.03	<b>733.64</b>
<b>Total, general</b>	<b>3649.81</b>	<b>3169.98</b>	<b>3091.92</b>	<b>1644.02</b>	<b>150.46</b>	<b>82.23</b>	<b>98.42</b>	<b>274.40</b>	<b>351.54</b>	<b>1094.13</b>	<b>2267.39</b>	<b>2853.18</b>	<b>18727.47</b>



### CUADRO 2: Datos de precipitación de la Estación Meteorológica Palca

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total, general
<b>1995</b>	123.44	100.76	117.10	28.96	2.27	0.01	0.10	1.37	13.54	12.95	57.01	87.65	<b>545.16</b>
<b>1996</b>	229.72	111.04	93.43	77.20	8.08	0.00	0.59	9.35	11.44	15.60	51.98	107.90	<b>716.32</b>
<b>1997</b>	195.12	167.55	168.63	48.24	3.58	0.00	0.15	15.60	29.04	26.38	80.22	85.55	<b>820.06</b>
<b>1998</b>	176.95	132.43	144.97	53.60	0.00	0.94	0.01	0.94	1.10	38.23	72.17	48.60	<b>669.95</b>
<b>1999</b>	161.58	145.52	233.95	153.76	7.44	0.00	0.73	1.86	23.89	66.71	16.46	65.38	<b>877.28</b>
<b>2000</b>	209.62	178.96	173.96	27.49	7.14	2.36	0.99	10.57	6.78	74.29	11.54	102.93	<b>806.63</b>
<b>2001</b>	343.20	169.50	187.72	68.23	15.82	0.73	4.30	8.62	11.08	23.30	21.44	69.70	<b>923.63</b>
<b>2002</b>	159.77	191.37	148.92	109.85	12.25	1.16	16.61	8.88	18.60	69.43	70.20	121.71	<b>928.74</b>
<b>2003</b>	199.47	129.20	206.95	43.12	6.13	2.50	0.17	4.17	20.68	14.88	22.56	115.87	<b>765.70</b>
<b>2004</b>	243.87	143.98	103.94	68.96	2.21	0.44	7.74	17.35	33.36	9.50	40.66	91.21	<b>763.22</b>
<b>2005</b>	103.33	199.35	122.76	71.84	0.03	0.00	0.06	3.03	10.16	37.34	62.53	105.28	<b>715.70</b>
<b>2006</b>	231.81	103.19	190.30	66.84	0.49	0.35	0.09	3.99	14.61	37.30	70.08	87.63	<b>806.69</b>
<b>2007</b>	130.34	91.83	283.83	115.13	5.17	0.01	3.23	0.36	27.76	23.21	59.06	77.28	<b>817.20</b>
<b>2008</b>	249.99	90.41	85.82	6.74	2.00	0.49	0.07	0.89	3.77	35.25	28.50	150.34	<b>654.27</b>
<b>2009</b>	107.37	138.69	134.37	44.46	2.65	0.00	2.50	0.32	15.39	22.25	80.21	106.87	<b>655.05</b>
<b>2010</b>	214.49	159.50	88.88	60.10	8.27	0.00	0.10	0.35	0.47	21.99	33.08	120.97	<b>708.21</b>
<b>2011</b>	120.69	204.09	154.41	69.35	4.21	0.06	8.91	2.72	22.51	22.37	45.34	146.23	<b>800.89</b>
<b>2012</b>	230.25	179.06	201.79	134.94	1.72	0.01	0.16	3.29	6.32	18.81	43.46	170.10	<b>989.90</b>
<b>2013</b>	173.54	144.33	171.14	20.07	7.32	5.02	4.56	9.68	3.03	41.22	46.17	136.75	<b>762.83</b>
<b>2014</b>	171.91	89.61	132.32	67.27	2.85	0.00	4.08	15.67	41.16	45.51	31.61	69.20	<b>671.18</b>
<b>2015</b>	192.11	102.12	104.94	145.93	3.07	0.40	6.65	5.35	29.22	27.04	54.45	86.12	<b>757.38</b>
<b>2016</b>	97.22	185.87	75.98	111.78	1.55	1.01	5.75	6.52	4.92	33.82	33.00	64.33	<b>621.76</b>
<b>Total, general</b>	<b>4065.76</b>	<b>3158.35</b>	<b>3326.11</b>	<b>1593.84</b>	<b>104.26</b>	<b>15.50</b>	<b>67.53</b>	<b>130.87</b>	<b>348.82</b>	<b>717.39</b>	<b>1031.75</b>	<b>2217.58</b>	<b>16777.75</b>



### CUADRO 3: Datos de precipitación de la Estación Meteorológica Cabanillas

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total, general
<b>1995</b>	120.57	74.94	100.09	5.99	0.00	0.00	0.00	0.06	15.74	10.17	31.98	56.28	<b>415.82</b>
<b>1996</b>	188.57	99.56	56.99	36.49	2.49	0.00	1.68	17.94	2.93	14.14	60.77	147.55	<b>629.10</b>
<b>1997</b>	163.09	216.54	152.36	71.51	3.17	0.00	0.00	22.69	42.76	32.20	94.23	88.81	<b>887.35</b>
<b>1998</b>	159.48	134.36	113.27	18.44	0.00	0.00	0.00	4.21	0.00	41.88	58.80	42.26	<b>572.69</b>
<b>1999</b>	97.52	114.58	114.91	100.06	5.86	0.00	0.09	2.11	20.74	100.68	3.62	93.28	<b>653.45</b>
<b>2000</b>	140.29	219.11	133.10	29.88	0.78	0.02	0.00	6.87	16.25	110.07	9.34	109.66	<b>775.36</b>
<b>2001</b>	275.90	186.10	84.02	62.87	10.83	0.79	0.36	15.00	2.86	63.99	33.83	54.11	<b>790.66</b>
<b>2002</b>	87.86	170.82	158.51	122.85	25.32	5.65	16.74	7.50	8.98	104.64	78.09	108.09	<b>895.05</b>
<b>2003</b>	190.49	95.69	117.43	22.54	10.76	3.04	0.00	1.01	16.28	11.39	23.35	127.50	<b>619.48</b>
<b>2004</b>	193.58	102.75	80.58	35.40	0.81	0.33	7.87	19.97	13.42	3.70	27.56	55.51	<b>541.48</b>
<b>2005</b>	73.33	231.21	79.61	48.37	0.00	0.00	0.00	0.21	6.28	29.50	70.32	80.31	<b>619.15</b>
<b>2006</b>	225.82	104.63	133.16	46.76	0.00	0.63	0.00	2.49	34.93	36.74	63.50	74.91	<b>723.55</b>
<b>2007</b>	74.00	102.29	274.97	68.61	2.44	0.00	1.10	0.00	21.26	38.94	73.86	82.68	<b>740.15</b>
<b>2008</b>	207.82	78.04	63.12	0.32	0.00	0.06	0.00	0.43	1.84	37.21	6.07	162.59	<b>557.51</b>
<b>2009</b>	87.36	124.17	106.63	25.41	0.00	0.00	1.95	0.19	1.94	9.97	134.03	97.15	<b>588.80</b>
<b>2010</b>	139.97	139.31	64.92	28.12	10.04	0.00	0.21	0.00	0.15	21.27	36.01	168.99	<b>609.00</b>
<b>2011</b>	77.58	177.32	134.49	41.57	2.28	0.00	5.45	0.03	5.71	27.10	72.43	181.61	<b>725.57</b>
<b>2012</b>	164.76	208.48	165.36	51.77	0.00	0.00	0.00	3.14	3.53	2.86	46.98	189.59	<b>836.48</b>
<b>2013</b>	193.01	135.00	76.90	3.03	7.56	9.51	8.39	5.10	0.03	47.59	50.80	136.02	<b>672.93</b>
<b>2014</b>	158.67	63.14	56.80	44.61	0.06	0.00	2.50	34.46	41.09	82.06	39.43	43.38	<b>566.19</b>
<b>2015</b>	117.67	105.88	72.64	159.25	0.01	0.60	3.99	4.77	32.52	44.91	73.16	92.31	<b>707.71</b>
<b>2016</b>	73.68	187.01	26.88	100.70	0.47	3.29	4.73	0.00	1.73	42.19	28.01	66.10	<b>534.78</b>
<b>Total, general</b>	<b>3211.01</b>	<b>3070.91</b>	<b>2366.74</b>	<b>1124.53</b>	<b>82.90</b>	<b>23.92</b>	<b>55.06</b>	<b>148.18</b>	<b>290.96</b>	<b>913.22</b>	<b>1116.14</b>	<b>2258.68</b>	<b>14662.27</b>



### CUADRO 4: Datos de precipitación de la Estación Meteorológica Mañazo

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total, general
<b>1995</b>	105.50	96.47	113.99	6.95	0.21	0.00	0.01	0.01	10.58	8.23	28.49	77.04	<b>447.48</b>
<b>1996</b>	226.19	125.61	53.88	28.29	2.30	0.01	0.80	15.46	2.21	11.72	66.96	131.00	<b>664.43</b>
<b>1997</b>	186.44	211.83	147.78	74.29	2.00	0.00	0.01	20.74	32.53	24.13	79.25	55.91	<b>834.92</b>
<b>1998</b>	188.07	130.04	94.57	22.53	0.00	0.17	0.00	1.87	0.00	31.02	57.59	32.79	<b>558.63</b>
<b>1999</b>	104.80	139.16	152.95	91.50	6.40	0.01	0.04	2.81	13.33	91.01	5.93	94.97	<b>702.91</b>
<b>2000</b>	142.78	200.61	98.11	22.72	1.48	0.28	0.06	4.91	7.61	84.46	8.82	102.64	<b>674.49</b>
<b>2001</b>	335.81	224.07	123.23	69.63	7.57	0.15	1.20	10.29	2.37	46.55	32.03	64.69	<b>917.59</b>
<b>2002</b>	82.84	173.36	131.27	89.15	20.30	5.76	16.44	6.48	6.70	83.95	73.37	98.40	<b>788.03</b>
<b>2003</b>	172.23	95.66	138.35	24.67	11.39	3.23	0.02	1.25	12.68	10.08	21.81	107.90	<b>599.26</b>
<b>2004</b>	210.73	124.08	88.86	38.94	0.68	0.79	9.80	19.61	10.69	4.01	17.73	40.35	<b>566.26</b>
<b>2005</b>	83.92	220.31	72.17	43.16	0.01	0.00	0.00	0.01	4.50	23.78	68.46	99.83	<b>616.16</b>
<b>2006</b>	231.88	98.29	119.43	39.51	0.10	0.23	0.01	1.50	20.00	26.95	65.78	88.17	<b>691.84</b>
<b>2007</b>	95.40	101.28	252.76	72.39	2.62	0.00	2.22	0.00	15.58	32.72	68.68	90.50	<b>734.16</b>
<b>2008</b>	223.26	95.15	67.48	0.53	0.21	0.05	0.00	0.70	1.01	33.74	7.10	156.26	<b>585.50</b>
<b>2009</b>	104.44	134.05	113.47	31.04	0.33	0.00	2.97	0.02	2.75	10.58	102.49	105.89	<b>608.03</b>
<b>2010</b>	139.07	158.27	68.60	26.85	12.54	0.01	0.04	0.00	0.00	22.76	33.80	127.33	<b>589.27</b>
<b>2011</b>	84.69	184.75	107.62	44.48	3.00	0.00	4.70	0.00	4.87	16.70	75.20	195.38	<b>721.39</b>
<b>2012</b>	176.06	248.10	163.45	58.31	0.04	0.01	0.00	2.24	3.91	3.69	48.56	173.43	<b>877.80</b>
<b>2013</b>	216.84	164.60	85.01	2.68	5.92	10.38	11.29	3.38	0.00	41.82	44.35	117.06	<b>703.31</b>
<b>2014</b>	170.85	60.88	58.32	53.00	1.73	0.05	1.49	25.77	24.64	57.76	42.85	30.78	<b>528.09</b>
<b>2015</b>	147.41	105.20	89.09	147.12	0.25	0.19	5.17	5.14	18.17	37.44	47.05	59.03	<b>661.25</b>
<b>2016</b>	53.39	154.66	23.63	99.80	0.96	2.62	4.77	0.02	0.93	35.15	25.82	63.14	<b>464.89</b>
<b>Total, general</b>	<b>3482.60</b>	<b>3246.40</b>	<b>2364.02</b>	<b>1087.55</b>	<b>80.03</b>	<b>23.95</b>	<b>61.04</b>	<b>122.20</b>	<b>195.07</b>	<b>738.23</b>	<b>1022.11</b>	<b>2112.48</b>	<b>14535.69</b>



### CUADRO 5: Datos de precipitación de la Estación Meteorológica Pampahuta

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total, general
<b>1995</b>	121.72	118.74	146.83	25.76	2.80	0.00	0.00	1.90	12.90	15.96	64.32	126.81	<b>637.75</b>
<b>1996</b>	244.88	167.98	77.17	61.16	16.75	0.00	0.02	16.28	9.67	7.99	76.61	180.54	<b>859.05</b>
<b>1997</b>	210.36	195.01	96.50	37.01	9.81	0.00	0.11	21.63	33.24	25.31	89.43	96.46	<b>814.87</b>
<b>1998</b>	206.94	139.31	106.67	23.57	0.06	0.43	0.00	0.12	0.02	32.25	94.96	62.50	<b>666.80</b>
<b>1999</b>	162.98	199.92	240.51	91.26	13.95	0.28	0.24	3.39	14.21	110.59	16.26	112.79	<b>966.37</b>
<b>2000</b>	211.92	218.08	152.60	22.33	14.19	2.55	0.12	7.48	4.26	84.04	15.57	145.71	<b>878.86</b>
<b>2001</b>	304.94	209.59	160.49	61.56	19.60	1.81	2.31	11.53	9.89	35.91	29.73	70.90	<b>918.26</b>
<b>2002</b>	139.38	219.06	145.09	75.69	18.55	0.97	13.34	6.37	9.46	73.11	92.46	167.98	<b>961.46</b>
<b>2003</b>	186.47	176.61	193.96	24.69	8.57	1.92	0.01	0.18	16.89	15.21	14.74	143.76	<b>783.00</b>
<b>2004</b>	227.40	157.65	95.19	51.72	0.86	0.18	7.48	18.68	18.82	11.71	32.31	96.60	<b>718.60</b>
<b>2005</b>	116.92	211.97	100.02	47.27	0.05	0.00	0.00	0.58	16.52	20.26	79.32	139.39	<b>732.31</b>
<b>2006</b>	223.56	150.60	185.43	47.43	2.62	0.00	0.00	4.75	19.17	41.31	101.57	94.42	<b>870.85</b>
<b>2007</b>	157.00	137.61	241.36	58.34	15.85	0.00	3.68	0.02	15.67	30.72	60.85	106.26	<b>827.37</b>
<b>2008</b>	233.99	87.44	85.73	4.68	2.86	2.00	0.00	0.35	2.28	39.87	30.96	189.74	<b>679.89</b>
<b>2009</b>	102.90	167.04	105.15	42.65	3.87	0.00	3.58	0.89	14.94	23.62	105.53	116.78	<b>686.97</b>
<b>2010</b>	212.57	199.47	94.70	44.98	13.31	0.00	0.00	0.02	0.04	25.06	43.91	168.44	<b>802.52</b>
<b>2011</b>	137.51	225.82	145.84	61.50	5.64	0.00	4.30	2.17	17.70	18.59	48.57	192.61	<b>860.24</b>
<b>2012</b>	234.72	238.66	167.58	87.62	6.18	0.36	0.00	3.02	8.19	44.23	55.07	208.95	<b>1054.60</b>
<b>2013</b>	196.14	165.01	109.50	5.47	9.86	5.24	5.36	13.94	1.00	42.13	61.98	174.87	<b>790.50</b>
<b>2014</b>	185.64	70.17	112.97	52.17	5.06	0.00	3.28	13.60	39.16	56.87	40.55	69.19	<b>648.67</b>
<b>2015</b>	180.00	112.74	106.05	82.36	2.07	0.42	5.00	5.27	19.01	36.63	63.11	76.60	<b>689.24</b>
<b>2016</b>	87.13	218.28	65.67	71.26	3.57	3.80	2.67	5.24	0.99	32.73	23.60	79.87	<b>594.83</b>
<b>Total, general</b>	<b>4085.06</b>	<b>3786.77</b>	<b>2935.02</b>	<b>1080.48</b>	<b>176.07</b>	<b>19.95</b>	<b>51.52</b>	<b>137.42</b>	<b>284.03</b>	<b>824.11</b>	<b>1241.41</b>	<b>2821.16</b>	<b>17443.00</b>



### CUADRO 6: Datos de precipitación de la Estación Meteorológica Crucero Alto

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total, general
<b>1995</b>	78.92	121.44	187.15	29.26	0.06	0.03	0.00	0.31	9.19	9.46	46.80	61.69	<b>544.31</b>
<b>1996</b>	194.15	174.53	86.32	50.41	10.18	0.00	0.02	13.28	0.18	3.50	17.78	102.66	<b>653.00</b>
<b>1997</b>	134.83	169.29	64.03	29.49	5.75	0.00	0.01	23.42	26.42	1.16	37.99	38.70	<b>531.08</b>
<b>1998</b>	156.22	78.46	98.64	16.28	0.00	1.68	0.00	1.74	1.16	13.97	46.76	53.62	<b>468.55</b>
<b>1999</b>	91.50	190.40	199.28	56.95	5.19	0.01	0.02	5.08	5.02	62.84	0.51	58.45	<b>675.24</b>
<b>2000</b>	173.86	134.77	66.87	12.20	11.18	3.49	0.02	1.88	0.04	42.95	8.70	86.97	<b>542.93</b>
<b>2001</b>	266.11	184.90	106.05	55.23	6.72	0.99	0.13	6.25	1.71	14.86	20.52	29.77	<b>693.23</b>
<b>2002</b>	84.55	181.41	180.35	112.46	10.23	3.22	19.18	0.79	0.54	43.40	36.62	115.14	<b>787.90</b>
<b>2003</b>	102.52	118.98	108.24	27.08	8.83	0.70	0.03	6.57	3.02	3.14	10.00	68.86	<b>457.96</b>
<b>2004</b>	145.22	110.19	87.88	47.89	0.04	0.05	13.62	8.00	5.50	2.37	7.32	43.88	<b>471.95</b>
<b>2005</b>	56.86	142.42	65.32	45.22	0.01	0.00	0.00	0.01	11.46	3.21	24.20	89.73	<b>438.43</b>
<b>2006</b>	192.77	123.46	158.31	38.06	0.24	0.10	0.00	2.19	6.73	9.53	55.69	53.48	<b>640.55</b>
<b>2007</b>	103.04	91.73	168.15	37.97	4.88	0.09	2.03	0.00	5.47	10.29	34.43	50.85	<b>508.94</b>
<b>2008</b>	194.82	62.54	42.46	0.76	0.03	0.02	0.00	0.58	0.02	11.80	10.50	96.87	<b>420.41</b>
<b>2009</b>	88.67	157.72	50.75	41.87	0.05	0.00	8.79	0.02	12.50	5.42	59.93	43.44	<b>469.15</b>
<b>2010</b>	182.06	174.08	65.95	43.39	6.26	1.16	0.05	0.12	2.38	9.42	8.59	109.40	<b>602.86</b>
<b>2011</b>	130.77	183.38	105.37	17.27	2.71	0.01	8.49	1.46	3.82	6.70	28.90	123.76	<b>612.64</b>
<b>2012</b>	200.03	216.68	107.71	86.50	5.62	0.03	0.00	0.02	8.74	46.28	9.32	113.30	<b>794.24</b>
<b>2013</b>	191.73	130.28	78.12	3.45	12.54	12.59	7.50	9.41	0.01	31.82	18.94	101.40	<b>597.80</b>
<b>2014</b>	170.07	42.02	72.30	42.17	3.45	0.01	0.17	1.79	12.64	23.36	21.52	29.46	<b>418.97</b>
<b>2015</b>	159.32	113.51	127.20	80.06	1.55	0.09	6.70	6.89	8.83	23.91	34.92	36.71	<b>599.69</b>
<b>2016</b>	47.84	189.64	39.19	69.00	2.05	7.62	3.95	0.07	0.70	16.84	10.81	44.72	<b>432.42</b>
<b>Total, general</b>	<b>3145.84</b>	<b>3091.82</b>	<b>2265.66</b>	<b>942.96</b>	<b>97.58</b>	<b>31.90</b>	<b>70.72</b>	<b>89.88</b>	<b>126.07</b>	<b>396.21</b>	<b>550.75</b>	<b>1552.86</b>	<b>12362.26</b>



### CUADRO 7: Datos de precipitación de la Estación Meteorológica Estación Ficticia (A)

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total, general
<b>1995</b>	82.31	137.79	171.80	21.07	2.87	0.00	0.00	0.65	18.07	16.23	49.21	109.06	<b>609.06</b>
<b>1996</b>	181.97	149.83	130.26	30.01	11.91	0.00	0.12	7.51	4.25	8.51	40.48	167.79	<b>732.65</b>
<b>1997</b>	130.91	208.62	109.64	14.70	9.40	0.00	0.13	10.64	32.67	9.28	76.03	87.35	<b>689.39</b>
<b>1998</b>	190.71	156.02	112.54	12.75	0.06	0.36	0.00	0.26	0.46	29.67	75.74	94.13	<b>672.72</b>
<b>1999</b>	129.34	240.60	355.66	50.34	6.97	0.00	0.02	0.98	17.11	87.97	8.19	123.90	<b>1021.08</b>
<b>2000</b>	179.90	215.27	219.69	10.77	12.91	1.03	0.12	2.49	4.81	75.53	14.95	150.54	<b>888.01</b>
<b>2001</b>	226.80	227.17	238.81	33.75	15.94	0.36	1.15	4.70	7.80	21.90	22.42	72.19	<b>872.98</b>
<b>2002</b>	99.75	230.65	209.66	41.05	14.96	0.73	9.52	2.21	6.08	55.02	87.33	156.62	<b>913.58</b>
<b>2003</b>	117.59	169.98	249.16	17.91	10.13	0.41	0.03	3.17	13.03	10.79	17.10	135.51	<b>744.80</b>
<b>2004</b>	172.84	161.44	163.31	23.65	1.16	0.00	5.21	7.12	16.07	9.06	32.64	97.62	<b>690.12</b>
<b>2005</b>	87.87	210.23	136.80	24.12	0.18	0.00	0.00	0.16	13.45	13.83	55.00	156.77	<b>698.40</b>
<b>2006</b>	163.90	158.05	262.56	21.89	2.12	0.00	0.00	2.12	14.58	29.66	87.74	105.90	<b>848.52</b>
<b>2007</b>	120.73	156.59	319.34	31.63	5.08	0.00	1.71	0.03	17.64	22.13	51.12	107.53	<b>833.54</b>
<b>2008</b>	210.16	121.40	112.02	1.83	2.06	0.00	0.00	0.48	1.25	30.33	26.02	178.52	<b>684.07</b>
<b>2009</b>	92.02	210.55	132.51	29.08	2.74	0.00	3.46	0.15	17.71	16.58	97.30	109.12	<b>711.22</b>
<b>2010</b>	163.73	200.40	122.69	25.59	10.86	0.00	0.03	0.18	2.20	21.92	39.72	177.92	<b>765.23</b>
<b>2011</b>	135.66	239.89	190.78	36.06	6.46	0.00	3.38	1.81	12.16	15.38	55.19	211.70	<b>908.47</b>
<b>2012</b>	202.65	248.82	237.25	47.36	4.93	0.00	0.02	0.42	14.73	40.12	31.15	216.72	<b>1044.16</b>
<b>2013</b>	134.50	173.71	191.35	3.30	12.24	4.62	2.46	5.91	0.92	37.43	49.54	171.04	<b>787.03</b>
<b>2014</b>	140.30	89.75	152.50	26.44	4.48	0.00	0.59	2.16	36.41	45.49	30.36	64.86	<b>593.35</b>
<b>2015</b>	159.26	129.56	186.79	41.70	5.27	0.00	3.33	4.57	17.39	26.31	53.17	80.21	<b>707.56</b>
<b>2016</b>	57.91	223.91	101.94	35.32	3.47	1.51	2.63	1.33	1.54	27.28	24.95	89.39	<b>571.19</b>
<b>Total, general</b>	<b>3180.81</b>	<b>4060.23</b>	<b>4107.06</b>	<b>580.32</b>	<b>146.21</b>	<b>9.01</b>	<b>33.92</b>	<b>59.04</b>	<b>270.34</b>	<b>650.43</b>	<b>1025.36</b>	<b>2864.40</b>	<b>16987.14</b>



### CUADRO 8: Datos de precipitación de la Estación Meteorológica Estación Ficticia (B)

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total, general
<b>1995</b>	103.62	106.18	137.54	14.96	0.07	0.00	0.00	0.01	6.94	6.01	44.36	104.52	<b>524.21</b>
<b>1996</b>	206.39	112.62	57.86	40.74	9.44	0.00	0.00	18.97	2.98	5.23	53.29	121.18	<b>628.71</b>
<b>1997</b>	156.36	180.00	87.42	34.07	0.88	0.00	0.00	21.35	33.13	11.27	77.75	73.64	<b>675.88</b>
<b>1998</b>	175.57	84.02	109.01	21.60	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	15.43	75.36	42.62	<b>523.68</b>
<b>1999</b>	140.58	170.93	199.77	81.26	6.88	0.01	0.00	3.24	6.16	57.10	8.26	79.71	<b>753.91</b>
<b>2000</b>	163.19	169.28	94.01	11.37	6.70	0.24	0.02	4.42	0.32	65.16	13.27	121.01	<b>648.99</b>
<b>2001</b>	278.74	164.14	118.03	58.85	7.87	0.11	1.12	2.86	3.56	26.42	12.25	75.07	<b>749.02</b>
<b>2002</b>	99.16	177.85	139.12	84.59	15.24	0.04	11.80	3.88	2.70	52.05	81.07	114.87	<b>782.38</b>
<b>2003</b>	146.19	126.49	172.85	28.29	10.48	0.38	0.00	0.55	5.37	5.83	4.20	95.47	<b>596.10</b>
<b>2004</b>	174.14	136.23	93.50	50.19	0.01	0.05	7.89	13.52	1.41	5.30	25.45	61.86	<b>569.57</b>
<b>2005</b>	159.81	182.59	66.30	4.59	0.00	0.00	0.00	0.00	12.26	2.55	58.26	110.11	<b>596.46</b>
<b>2006</b>	244.92	106.01	159.08	37.72	0.21	0.16	0.00	0.31	8.61	20.13	77.19	77.98	<b>732.32</b>
<b>2007</b>	132.83	93.94	189.18	44.20	13.41	0.00	0.86	0.00	11.86	18.20	56.60	68.03	<b>629.11</b>
<b>2008</b>	224.36	66.59	51.53	0.45	0.14	0.01	0.00	0.09	2.25	23.09	15.99	167.94	<b>552.44</b>
<b>2009</b>	106.98	162.42	81.43	16.24	0.58	0.00	1.65	0.00	14.05	12.44	93.72	82.89	<b>572.40</b>
<b>2010</b>	173.33	173.08	58.40	36.24	6.01	0.00	0.00	0.00	0.00	14.41	27.55	136.42	<b>625.44</b>
<b>2011</b>	121.65	182.33	105.18	39.77	0.66	0.00	1.56	0.00	7.50	13.63	41.57	183.76	<b>697.62</b>
<b>2012</b>	187.62	213.87	158.65	99.41	0.52	0.00	0.02	0.14	5.72	28.70	40.05	159.44	<b>894.15</b>
<b>2013</b>	196.35	129.87	86.25	2.84	11.85	14.29	4.62	10.60	0.55	30.57	42.10	132.11	<b>662.00</b>
<b>2014</b>	172.32	56.94	74.35	40.24	2.22	0.00	0.55	10.62	24.00	35.26	31.24	39.19	<b>486.94</b>
<b>2015</b>	156.50	103.12	119.15	91.22	1.82	0.07	1.14	2.60	12.28	27.83	50.86	50.74	<b>617.33</b>
<b>2016</b>	68.76	177.62	36.71	75.61	1.52	0.43	4.08	2.08	0.70	21.47	17.99	55.17	<b>462.14</b>
<b>Total, general</b>	<b>3589.38</b>	<b>3076.10</b>	<b>2395.31</b>	<b>914.47</b>	<b>96.52</b>	<b>15.84</b>	<b>35.32</b>	<b>95.29</b>	<b>162.37</b>	<b>498.07</b>	<b>948.39</b>	<b>2153.73</b>	<b>13980.79</b>

### VALIDACION DE INSTRUMENTO

**TITULO: ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO COATA, BAJO LA INCIDENCIA DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS, MEDIANTE UN MODELO HIDROLÓGICO**

#### OPINIÓN DE EXPERTO

##### I. DATOS DEL EXPERTO

NOMBRE DEL VALIDADOR:	ERIK RODRIGO QUISPE LLANOS
ESPECIALIDAD DEL VALIDADOR:	ING. SANITARIO Y AMBIENTAL
AUTOR DEL INSTRUMENTO:	JOSUE ELEICER APAZA APAZA

##### II. PUNTOS DE VALIDACION

DIMENSIONES	INDICADORES	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
		0 – 20%	21 – 40%	41 – 60%	61 – 80%	81–100%
10. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado					98 %
11. OBJETIVIDAD	Esta expresado en base a la realidad local					98%
12. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia					99%
13. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					98%
14. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en calidad y calidad					95%
15. INTENCIONALIDAD	Adecuado para la mejora de las unidades de estudio					98%
16. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos - científicos					99%
17. COHERENCIA	Entre los índices indicadores y las dimensiones					95%
18. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico					95%

##### III. OPINION DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple puntualmente con los requisitos para su aplicación.....
- El instrumento no cumple puntual mente con los requisitos para su aplicación.....

##### IV. PROMEDIO DE VALORACION:

97.22%



Erik Rodrigo Quispe Llanos  
ING. SANITARIO Y AMBIENTAL  
CIP: N° 346089



### VALIDACION DE INSTRUMENTO

**TITULO: ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO COATA, BAJO LA INCIDENCIA DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS, MEDIANTE UN MODELO HIDROLÓGICO**

#### OPINIÓN DE EXPERTO

##### I. DATOS DEL EXPERTO

NOMBRE DEL VALIDADOR:	NIBIA ELSIE APAZA APAZA
ESPECIALIDAD DEL VALIDADOR:	ING. SANITARIO Y AMBIENTAL
AUTOR DEL INSTRUMENTO:	JOSUE ELEICER APAZA APAZA

##### II. PUNTOS DE VALIDACION

DIMENSIONES	INDICADORES	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
		0 – 20%	21 – 40%	41 – 60%	61 – 80%	81–100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado					99 %
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en base a la realidad local					97 %
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia					99 %
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					98 %
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en calidad y calidad					95 %
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para la mejora de las unidades de estudio					96 %
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos - científicos					95 %
8. COHERENCIA	Entre los índices indicadores y las dimensiones					95 %
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico					95 %

##### III. OPINION DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple puntualmente con los requisitos para su aplicación.....
- El instrumento no cumple puntual mente con los requisitos para su aplicación.....

##### IV. PROMEDIO DE VALORACION:

96.55%

  
 Nibia Elsie Apaza Apaza  
 ING. SANITARIO Y AMBIENTAL  
 CIP. N° 361757



### VALIDACION DE INSTRUMENTO

**TITULO: ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO COATA, BAJO LA INCIDENCIA DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS, MEDIANTE UN MODELO HIDROLÓGICO**

#### OPINIÓN DE EXPERTO

##### I. DATOS DEL EXPERTO

NOMBRE DEL VALIDADOR:	MARYESTEFANY FELY HEREDIA PANCA
ESPECIALIDAD DEL VALIDADOR:	ING. SANITARIO Y AMBIENTAL
AUTOR DEL INSTRUMENTO:	JOSUE ELEICER APAZA APAZA

##### II. PUNTOS DE VALIDACION

DIMENSIONES	INDICADORES	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
		0 - 20%	21 - 40%	41 - 60%	61 - 80%	81-100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado					97 %
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en base a la realidad local					97 %
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia					99 %
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					98 %
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en calidad y calidad					95 %
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para la mejora de las unidades de estudio					96 %
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos - científicos					99 %
8. COHERENCIA	Entre los índices indicadores y las dimensiones					95 %
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico					95 %

##### III. OPINION DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple puntualmente con los requisitos para su aplicación.....
- El instrumento no cumple puntual mente con los requisitos para su aplicación.....

##### IV. PROMEDIO DE VALORACION:

96.77%



Maryestefany Fely Heredia Panca  
ING. SANITARIO Y AMBIENTAL

CIP: 17 345563



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS  
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN  
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 07 – 10 – 2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: JOSUE ELEICER APAZA APAZA

Dirección: Jr. Mariano Melgar Nro 1245

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 76614827

Teléfono: 916575106 email: urbanoclasico.19@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO COATA, BAJO LA  
INCIDENCIA DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS, MEDIANTE UN MODELO HIDROLÓGICO

Palabras claves, (3 a 5 términos): Disponibilidad hídrica, modelos globales de cambio climático,  
variabilidad del clima, SWAT, cuenca del río Coata

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?

2

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



## 2. Referencia de tesis:

Bachiller  Título  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

## 3. Licencias:

### a) Licencia estándar:

**Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.**

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): \_\_\_\_\_
- No autorizo.

### b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

**Sí:** significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

**No:** significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



### Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22

Firma de Autor



huella digital

07-10-2025

Fecha