



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN USANDO EL MODELO  
GLOBAL FORECAST SYSTEM EN LA ZONA  
ALTOANDINA DE LA CUENCA  
DEL RÍO RAMIS**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. LEYDI YOSSELIN CHINO CHURA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO CIVIL**

JULIACA – PERÚ

2024



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN USANDO EL MODELO  
GLOBAL FORECAST SYSTEM EN LA ZONA  
ALTOANDINA DE LA CUENCA  
DEL RIO RAMIS**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. LEYDI YOSELIN CHINO CHURA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE**

:

  
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

**PRIMER MIEMBRO**

:

  
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**SEGUNDO MIEMBRO**

:

  
Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

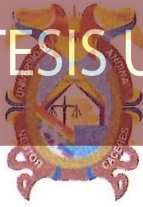
**ASESOR DE TESIS**

:

  
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN P17



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 947-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 06 de setiembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 11907 presentado por el (la) Bachiller: **LEYDI YOSELIN CHINO CHURA** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil 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. **LEYDI YOSELIN CHINO CHURA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN USANDO EL MODELO GLOBAL FORECAST SYSTEM EN LA ZONA ALTOANDINA DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

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° 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 **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- \* **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- \* **1er Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- \* **2do Miembro** : Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

**ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER** como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

**ARTICULO TERCERO . - APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **LEYDI YOSELIN CHINO CHURA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN USANDO EL MODELO GLOBAL FORECAST SYSTEM EN LA ZONA ALTOANDINA DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Jueves 12 de setiembre del 2024
- \* **HORA** : 9:00 a.m.
- \* **LUGAR** : Aula 306 - FICP

**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 Civil 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

cc.  
Archivo  
interesado (a)



Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 544-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 03 de julio del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 7208 por el o (la) Bachiller: **LEYDI YOSELIN CHINO CHURA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 539- 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 104 - 2024 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el o (la) Bachiller: **LEYDI YOSELIN CHINO CHURA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN USANDO EL MODELO GLOBAL FORECAST SYSTEM EN LA ZONA ALTOANDINA DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

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. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 104 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN USANDO EL MODELO GLOBAL FORECAST SYSTEM EN LA ZONA ALTOANDINA DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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 o (la) Bachiller: **LEYDI YOSELIN CHINO CHURA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN USANDO EL MODELO GLOBAL FORECAST SYSTEM EN LA ZONA ALTOANDINA DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la), **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

**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 Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

  
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
Dr. MILTON QUISPE HUANCU  
DECANO  
CIP. 47750

  
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
DIRECTOR  
Dr. Efrain Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 177-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 18 de abril del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU-2771, presentado por el señor (a) **LEYDI YOSELIN CHINO CHURA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 157-2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 72 -2024 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) estudiante: **LEYDI YOSELIN CHINO CHURA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN USANDO EL MODELO GLOBAL FORECAST SYSTEM EN LA ZONA ALTOANDINA DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

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. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 72 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN USANDO EL MODELO GLOBAL FORECAST SYSTEM EN LA ZONA ALTOANDINA DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS**.

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 o (la) Bachiller: **LEYDI YOSELIN CHINO CHURA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN USANDO EL MODELO GLOBAL FORECAST SYSTEM EN LA ZONA ALTOANDINA DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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. EFRAIN PARILLO SOSA**.

**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 Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)



## ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN USANDO EL MODELO GLOBAL FORECAST SYSTEM EN LA ZONA ALTOANDINA DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS

### INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	3%
2	repositorio.igp.gob.pe Fuente de Internet	2%
3	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	tesis.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	ribuni.uni.edu.ni Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Católica de Santa María	<1%




## Metadatos Complementarios



<b>Título de la tesis</b>	
<b>ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN USANDO EL MODELO GLOBAL FORECAST SYSTEM EN LA ZONA ALTOANDINA DE LA CUENCA DEL RIO RAMIS</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	Leydi Yoselin Chino Chura
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72252789
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0003-2119-4062">https://orcid.org/0000-0003-2119-4062</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	Efrain Parillo Sosa
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-7567-039X">https://orcid.org/0000-0001-7567-039X</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	Leonel Suasaca Pelinco
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
<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	Fritz Willy Mamani Apaza
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02306659
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de la construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú  Departamento: Puno  Provincia: San Antonio De Putina, Azángaro, Melgar, Huancané, Carabaya, San Román, Sandía, Puno, Lampa y Espinar.  Latitud: 16°18'47.8"S – 14°01'55.9"S  Longitud: 69°21'35.8"W – 71°06'47.8"W</p>  <p>URL Maps:  <a href="https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1t1XMe67qXfD6a7IQ7qbnsBpOMof72s&amp;usp=sharing">https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1t1XMe67qXfD6a7IQ7qbnsBpOMof72s&amp;usp=sharing</a></p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo 2024 - Julio 2024
URL de disciplinas OCDE	<p><b>Ingeniería civil</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.00.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.00.00</a></p> <p><b>Estadísticas, Probabilidad</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.01.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.01.00</a></p>
- Librería	

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CERES VILLASQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS JURÍDICAS  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN - JULIACA - 2013  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN  
Dr. Efraín Pajillo Sosa  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo LEYDI YOSELIN CHINO CHURA, identificado con DNI Nro. 72252789, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA CIVIL

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

" ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN USANDO EL MODELO GLOBAL FORECAST SYSTEM EN LA ZONA ALTOANDINA DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS "

Asesorado por: DR. EFRAIN PARILLO SOSA

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 22 de NOVIEMBRE del 2024

  
Firma del Asesor

  
Firma del Estudiante



Huella



## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos, quienes han sido un pilar fundamental durante todo mi recorrido universitario. En especial a mi madre Victoria Chura de Chino; mi mayor fuente de inspiración, por inculcarme valores y principios con amor y sabiduría. Su apoyo incondicional y su manera de motivarme, incluso en los momentos más difíciles me dieron la fuerza para seguir adelante sin rendirme a pesar de los muchos obstáculos que se presentaron en el camino; a mi padre Juan Nestor Chino Tonconi quien siempre confió en mí y estuvo pendiente de todo lo que necesitaba y en todo momento; a mis hermanos Jordany y Reyson por sus consejos y cuidados.



## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, quien ha sido mi guía y protector a lo largo de mi camino profesional y familiar. Su presencia en mi vida me ha dado fortaleza y sabiduría para superar los retos y alcanzar esta meta tan importante: culminar mis estudios superiores.

Agradezco también de corazón a mis padres, cuyo esfuerzo incansable, confianza y apoyo incondicional fueron fundamentales para que pudiera avanzar en este recorrido. Su amor y dedicación me impulsaron a dar lo mejor de mí, incluso en los momentos más difíciles. Sin ellos, este logro no habría sido posible, gracias infinitas a mi familia.

A mi asesor de tesis, Efrain Parillo, por sus conocimientos, paciencia y orientación

A mis amigos de Ingeniería Civil que conocí después de ser egresada en especial a dos ingenieros que me apoyaron en todo momento.



**ÍNDICE DE CONTENIDO**

**DEDICATORIA ..... I**

**AGRADECIMIENTO ..... II**

**ÍNDICE DE CONTENIDO..... III**

**ÍNDICE DE TABLAS ..... VII**

**ÍNDICE DE FIGURAS ..... VIII**

**RESUMEN ..... IX**

**ABSTRACT ..... X**

**INTRODUCCIÓN ..... XI**

**CAPITULO I**

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

1.1. Análisis de la situación problemática ..... 14

1.2. Planteamiento del problema ..... 16

    1.2.1. Problema general ..... 16

    1.2.2. Problema general ..... 16

1.3. Objetivos de la investigación ..... 16

    1.3.1. Objetivo general ..... 16

    1.3.2. Objetivos específicos..... 16

1.4. Justificación de la investigación..... 17

    1.4.1. Justificación económica..... 17

    1.4.2. Justificación ambiental ..... 17

1.5. Hipótesis de la investigación ..... 18

    1.5.1. Hipótesis general..... 18

    1.5.2. Hipótesis específicas..... 18



- 1.5.3. Variable independiente .....19
- 1.5.4. Variable dependiente .....19
- 1.6. Operacionalización de variables .....19

**CAPITULO II**

**MARCO TEORICO**

- 2.1. Antecedentes de la investigación .....20
  - 2.1.1. Internacionales .....20
  - 2.1.2. Nacionales.....23
  - 2.1.3. Locales .....24
- 2.2. Bases Teóricas .....25
  - 2.2.1. Precipitaciones .....25
    - 2.2.1.1. Distribución temporal .....25
    - 2.2.1.2. Distribución espacial .....26
  - 2.2.2. Modelo global Forescast System.....27
  - 2.2.3. Modelo numérico .....29
    - 2.2.3.1. Pendiente ..... 30
    - 2.2.3.2. Geología ..... 32
    - 2.2.3.3. Geomorfología ..... 32
  - 2.2.4. Coeficiente de correlación de Pearson .....32
- 2.3. Marco conceptual ..... 34



**CAPITULO III**

**METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

3.1. Tipo de la investigación ..... 36

3.2. Diseño de la investigación ..... 36

3.3. Nivel de investigación .....37

3.4. Enfoque de investigación .....37

3.5. Ubicación del área en estudio..... 38

3.6. Información cartográfica .....39

3.7. Población y muestra ..... 40

    3.7.1. Población..... 40

    3.7.2. Muestra ..... 40

3.8. Técnicas .....41

    3.8.1. Análisis comparativo .....41

    3.8.2. Cálculo del error absoluto medio .....41

    3.8.3. Validación de datos .....42

3.9. Instrumentos .....42

    3.9.1. Datos del Modelo GFS .....42

    3.9.2. Estaciones meteorológicas locales .....43

    3.9.3. Software de análisis estadístico .....43

3.10. Procedimiento metodológico..... 44



**CAPITULO IV**

**RESULTADOS Y DISCUSIONES**

4.1. Resultados..... 45

    4.1.1. Datos de las estaciones meteorológicas .....45

    4.1.2. Discusión de resultados .....62

    4.1.3. Coeficiente de Pearson .....65

    4.1.4. Error medio absoluto .....66

**CONCLUSIONES .....68**

**RECOMENDACIONES .....69**

**BIBLIOGRAFÍA .....70**

**ANEXOS.....75**



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Operacionalización de variables.....	19
<b>Tabla 2.</b>	Descripción del parámetro pendiente .....	31
<b>Tabla 3.</b>	Estaciones meteorológicas utilizadas.....	41
<b>Tabla 4.</b>	Estaciones meteorológicas de la cuenca Ramis .....	45
<b>Tabla 5.</b>	Datos pronosticados según modelo GFS 2019 .....	46
<b>Tabla 6.</b>	Valores coeficiente de Pearson .....	65
<b>Tabla 7.</b>	Coeficiente de Pearson estaciones .....	65
<b>Tabla 8.</b>	Error medio absoluto .....	66



### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Ubicación del área en estudio .....	39
<b>Figura 2.</b>	Ubicación cartográfica .....	40
<b>Figura 3.</b>	Estaciones meteorológicas Global Forecast System .....	47
<b>Figura 4.</b>	Precipitación estación meteorológica mensual 2019 Ananea .....	48
<b>Figura 5.</b>	Precipitación estación meteorológica mensual 2019 Arapa.....	49
<b>Figura 6.</b>	Precipitación estación meteorológica mensual 2019 Azángaro ....	50
<b>Figura 7.</b>	Precipitación estación meteorológica mensual 2019 Chuquibambilla. ....	51
<b>Figura 8.</b>	Precipitación estación meteorológica mensual 2019 Cojata .....	52
<b>Figura 9.</b>	Precipitación estación meteorológica mensual 2019 Crucero .....	53
<b>Figura 10.</b>	Precipitación estación meteorológica mensual 2019 Huancané....	53
<b>Figura 11.</b>	Precipitación estación meteorológica mensual 2019 Juliaca .....	54
<b>Figura 12.</b>	Precipitación estación meteorológica mensual 2019 Limbani .....	55
<b>Figura 13.</b>	Precipitación estación meteorológica mensual 2019 Llalli.....	56
<b>Figura 14.</b>	Precipitación estación meteorológica mensual 2019 Macusani ....	57
<b>Figura 15.</b>	Precipitación estación meteorológica mensual 2019 Muñoa .....	58
<b>Figura 16.</b>	Precipitación estación meteorológica mensual 2019 Pampahuta...59	
<b>Figura 17.</b>	Precipitación estación meteorológica mensual 2019 Yauri .....	60
<b>Figura 18.</b>	Precipitación estación meteorológica total mensual 2019 .....	61



## RESUMEN

El presente estudio análisis de la precipitación usando el modelo Global Forecast System en la zona altoandina de la cuenca del río Ramis se llevó a cabo debido a que en los últimos años del distrito de Vilque se ha observado un aumento significativo en la frecuencia de precipitaciones intensas. Por esto se definió como **objetivo** Analizar la precipitación usando el modelo Global Forecast System en las zonas alto andina de la cuenca del rio Ramis Región Puno siendo la **metodología** de investigación con un diseño de investigación experimental con un enfoque cuantitativo y al tener un tipo de investigación aplicada siendo la obtención de datos con técnicas e instrumentos como datos históricos diarios, mensuales y anuales de las precipitaciones de la nasa.gov . del modelo Forescast System con los datos de las estaciones meteorológicas **Resultando** el modelo GFS tiene un error medio de 7.06 mm en la cuenca del Río Ramis que se está estudiando. **Concluyendo** Se realizó el estudio en la cuenca Ramis de las zonas altoandinas con una distribución de 16 estaciones en una serie del año 2019 considerándose la precipitación como una variable a analizar del modelo proyectado lobar Forecast System y los valores de las estaciones meteorológicas proporcionadas por Senamhi del año 2019, para el efecto se analizó con estadígrafos como son el coeficiente de Pearson indicándose como el valor superior de la estación de Arapa es muy alta sin embargo la mayoría de los casos se encuentra en un valor de 0.40 a 0.60 cuyo valor implica un coeficiente de Pearson entre baja y moderada.

**Palabras clave:** Precipitación, Forecast System, cuenca Ramis, estaciones meteorológicas, Predicciones, Modelos matemáticos



## ABSTRACT

The present study Analysis of Precipitation Using the Global Forecast System Model in the High Andean Zone of the Ramis River Basin was carried out because in recent years the district of Vilque has observed a significant increase in the frequency of intense rainfall. For this reason, the objective was defined to analyze precipitation using the global forecast system model in the high Andean areas of the Ramis River basin, Puno Region, being the research methodology with an experimental research design with a qualitative approach and having a type of applied research being the obtaining of data with techniques and instruments such as daily, monthly and annual historical data of precipitation from nasa.gov. of the Forecast System model with data from the meteorological stations. Resulting in the GFS model having an average error of 4.06 mm in the Ramis River basin that is being studied. Concluding The study was carried out in the Ramis basin of the high Andean areas with a distribution of 16 stations in a series of the year 2019, considering precipitation as a variable to be analyzed in the projected model of the Global Forecast System and the values of the meteorological stations provided by Senamhi in 2019, for this purpose it was analyzed with statistics such as the Pearson coefficient indicating that the upper value of the Arapa station is very high, however, most cases are at a value of 0.40 to 0.60, whose value implies a Pearson coefficient between low and moderate.

**Keywords:** Precipitation Forecast System, Ramis basin, meteorological stations Predictions, Mathematical Models



## INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Ramis situada en la región altoandina del Perú es un lugar presenta problemas críticos en el monitoreo y la predicción de la precipitación crucial para el progreso económico, la ganadería y la agricultura. No obstante, para la planificación del desarrollo sostenible y la gestión de los recursos hídricos la variabilidad de la precipitación en esta región es un desafío. La precisión de la estimación de la variable precipitación es fundamental para la región y para evaluar la precipitación en la región altoandina de la cuenca del río Ramis el uso de modelos de predicción climática como el Global Forecast System (GFS) se presenta como una herramienta útil en este contexto.

La predicción de fenómenos meteorológicos de la precipitación en zonas altoandinas se enfrenta a barreras técnicas y geográficas. La zona de la cuenca del río Ramis es una de las zonas más vulnerables a fenómenos climáticos extremos, como lluvias intensas y sequías prolongadas. Las lluvias intensas, a menudo impredecibles, suelen ocasionar inundaciones deslizamientos y pérdida de cultivos lo que afecta gravemente a las comunidades campesina, quienes dependen en gran medida de la agricultura. Sin embargo, la infraestructura meteorológica y de monitoreo en estas zonas es limitada. A pesar de los esfuerzos del Servicio Nacional de Meteorología e hidrología (SENAMHI) posee una red de estaciones meteorológicas sigue siendo insuficiente en muchas áreas altoandinas, lo que genera brechas en los datos que afectan la precisión en los modelos climáticos.



Las comunidades en la cuenca del río Ramis dependen en gran medida de recursos hídricos para su subsistencia y actividades productivas, especialmente la agricultura y la ganadería. La variabilidad en los patrones de precipitación, exacerbada por el cambio climático, ha generado una creciente preocupación entre las comunidades que ven afectadas sus fuentes de agua y en consecuencia su seguridad alimentaria. La falta de precisión en los pronósticos de precipitación es un problema grave ya que sin esta información no pueden planificar adecuadamente sus actividades. Esto afecta directamente el desarrollo local y limita el potencial de adaptación de las comunidades ante cambios climáticos ya que las decisiones agrícolas y de manejo de recursos hídricos se ven constantemente condicionadas por la incertidumbre climática.

El uso de modelos como el GFS tiene un potencial significativo para mejorar esta situación, al ofrecer a las autoridades locales y a las comunidades una herramienta predictiva que podría ayudar a reducir el riesgo de desastres y a optimizar el uso de recursos hídricos. Sin embargo, los ajustes necesarios para que este modelo sea efectivo en un contexto de alta variabilidad geográfica y climática implican un esfuerzo considerable de adaptación y validación local. Además, existen limitaciones en términos de acceso a la tecnología y capacitación en el uso e interpretación de estos modelos en comunidades rurales, lo cual requiere la intervención de instituciones de investigación y organizaciones no gubernamentales para garantizar que los beneficios de esta tecnología sean accesibles y aplicables a la realidad local.



En este estudio, se examina la precipitación en la región altoandina de la cuenca del río Ramis basado en el Modelo Global Forecast System (GFS). La investigación actual tiene como objetivo general comprender los patrones y las variaciones de la precipitación en esta región, así como evaluar la eficacia del modelo GFS para predecir este fenómeno climático en un ambiente tan complejo y particular como el de la región altoandina. Para las zonas alto andina de la cuenca del río Ramis Region Puno y con objetivos específicos, examinar la precipitación utilizando el sistema de pronóstico global: Con el análisis de las simulaciones del modelo Global Forecast System, identificar patrones climáticos relevantes que afectan la precipitación en las áreas altoandinas de la cuenca del río Ramis; Evaluar las predicciones de precipitación del modelo Global Forecast System con datos observados de estaciones meteorológicas ubicadas en la zona de estudio para verificar su confiabilidad.

El proyecto está estructurado en cuatro capítulos cada uno diseñado para abordar aspectos clave. **Capítulo I** se centra en presentar el planteamiento del problema la hipótesis, la justificación y los objetivos alcanzados. Además, establece una visión general sobre la relevancia del trabajo. **Capítulo II** explora los antecedentes, el marco teórico y las terminologías esenciales relacionadas con el tema, proporcionando una base sólida para el desarrollo del estudio. el **Capítulo III** se adentra en la metodología utilizada detallando el tipo y diseño de investigación adoptado junto con los procedimientos aplicados para garantizar un enfoque riguroso y coherente. **Capítulo IV** muestra los resultados obtenidos acompañados de un análisis detallado y una discusión pertinente. expone las principales conclusiones derivadas del estudio y las recomendaciones prácticas en el ámbito investigado.



## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Análisis de la situación problemática

La variabilidad climática plantea importantes desafíos a la cuenca del río Ramis. Uno de los componentes fundamentales que son relevantes es la precipitación. No obstante, no se puede afirmar que los patrones de precipitación detallados en la cuenca del río Ramis estén bien comprendidos, y aún se necesita investigar en profundidad la posibilidad de pronóstico de modelos como el GFS. Por lo tanto, en este ensayo se examinará las predicciones del modelo GFS están relacionadas con la precipitación en las zonas altoandinas de la cuenca del río Ramis en la región de Puno.

La importancia de la cuenca del río Ramis y la región altoandina: Debido a su impacto en la agricultura, la biodiversidad y la economía local, la zona altoandina es muy importante especialmente en áreas como la cuenca del



río Ramis. El equilibrio socioeconómico y ecológico de esta región depende de la precipitación.

El modelo Global Forecast System (GFS) es útil: El modelo numérico GFS se emplea ampliamente para predecir el tiempo atmosférico global. En áreas donde los datos observacionales son limitados es una herramienta útil para investigar la precipitación debido a su habilidad para hacer pronósticos a corto y mediano plazo. Es posible alcanzar una perspectiva más integral de los patrones de precipitación en la cuenca del río Ramis y su relación con los fenómenos meteorológicos regionales y globales mediante el uso del GFS.

Como aporte al conocimiento científico y como aplicación práctica el uso del Modelo Global Forecast System (GFS) para la predicción de la precipitación en esta región altoandina busca superar parte de estas limitaciones. El GFS al ser un modelo global permite a los investigadores tener acceso a un sistema de predicción que integra variables y condiciones climáticas a gran escala. Sin embargo, el reto radica en adaptar este modelo a las condiciones específicas de la región donde las variaciones de altitud y la compleja geografía dificultan la precisión en los pronósticos. En el contexto nacional una adaptación y calibración del GFS a las características locales permitiría no solo mejorar la precisión de los pronósticos sino también fortalecer la reacción frente a fenómenos climáticos extremos y prevenir desastres naturales que afectan principalmente a las poblaciones vulnerables.

## 1.2. Planteamiento del problema

### 1.2.1. Problema general

¿Cómo se relaciona la predicción de precipitación proporcionada por el modelo GFS con las condiciones reales de precipitación en las zonas altoandinas de la cuenca del río Ramis en la región de Puno?

### 1.2.2. Problemas específicos

- ✓ ¿Cuál es el comportamiento de precipitación generadas por el modelo Global Forecast System (GFS) frente a los datos observados recopilados por estaciones meteorológicas dentro de la zona de estudio?
- ✓ ¿El análisis de las simulaciones del modelo Global Forecast System (GFS) permitirá identificar patrones climáticos relevantes que ejercen influencia sobre la precipitación en las áreas altoandinas de la cuenca del río Ramis?

## 1.3. Objetivos de la investigación

### 1.3.1. Objetivo general

Analizar la precipitación usando el modelo global forecast system en las zonas alto andina de la cuenca del rio Ramis Región Puno

### 1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Evaluar las predicciones de precipitación del modelo Global Forecast System con datos observados de estaciones meteorológicas ubicadas en la zona de estudio para validar su fiabilidad.
- ✓ Identificar patrones climáticos relevantes que influyen en la precipitación en las áreas altoandinas de la cuenca del río Ramis mediante el análisis de las simulaciones del modelo Global Forecast System.



## 1.4. Justificación de la investigación

La variabilidad climática plantea importantes desafíos a la cuenca del río Ramis. Uno de los elementos esenciales de los ecosistemas que son relevantes es la precipitación. No obstante, no se puede afirmar que los patrones de precipitación detallados en la cuenca del río Ramis estén bien comprendidos, y aún se necesita investigar en profundidad la posibilidad de pronóstico de modelos como el GFS. Por lo tanto, en este ensayo se examinará las predicciones del modelo GFS están relacionadas con la precipitación en las zonas altoandinas de la cuenca del río Ramis, en la región de Puno.

### 1.4.1. Justificación Económica

Por otro lado, la información sobre la precipitación recolectada en este estudio puede ser fundamental para la planificación del desarrollo sostenible. Una parte significativa de la población estudiada depende del río Ramis como fuente de agua. Por tanto, los resultados de esta investigación brindan un mayor posibilidad de optimizar la calidad de vida de este.

### 1.4.2. Justificación ambiental

Los cambios en la precipitación pueden tener un impacto muy significativo en el medio ambiente ya que las inundaciones pueden causar contaminación del agua y erosión del suelo, y las sequías pueden afectar la biodiversidad. La comprensión de cómo la variabilidad de la precipitación afecta el medio ambiente puede mejorarse con el estudio lo que puede permitir tomar medidas para salvaguardar los recursos naturales del área.

Como aporte al conocimiento científico y como aplicación práctica:  
El uso del GFS para analizar la precipitación en la región altoandina de la cuenca del río Ramis no solo puede mejorar nuestra comprensión de los procesos climáticos locales, sino que también puede tener aplicaciones prácticas como la adaptación al cambio climático, la prevención de desastres naturales y la gestión del agua. Las autoridades gubernamentales las comunidades locales y las organizaciones comprometidas con el desarrollo sostenible en la zona podrían beneficiarse de los hallazgos de esta investigación.

## **1.5. Hipótesis de la investigación**

### **1.5.1. Hipótesis General**

La precipitación en las zonas altoandinas de la cuenca del río Ramis, en la región de Puno, está relacionada con las predicciones del modelo GFS en un alto nivel de riesgo ante las precipitaciones intensas ocasiona un impacto ambiental negativo en el distrito de Vilque, Puno-2022

### **1.5.2. Hipótesis Específicas**

Evaluar las predicciones de precipitación del modelo Global Forecast System con datos observados de estaciones meteorológicas ubicadas en la zona de estudio para validar su fiabilidad.

Identificar patrones climáticos relevantes que influyen en la precipitación en las áreas altoandinas de la cuenca del río Ramis mediante el análisis de las simulaciones del modelo Global Forecast System.



### 1.5.3. Variable independiente

- ✓ precipitaciones

### 1.5.4. Variable dependiente

- ✓ Modelo Global Forecast System (GFS)

## 1.6. Operacionalización de variables

Tabla 1.

Operacionalización de variables.

<u>VARIABLES</u>	<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADOR</u>	<u>UND</u>
<b>Independiente</b>		Milímetros de precipitación por unidad de tiempo (por día, por mes, por año,	mm
Precipitación	Intensidad, Duración, Frecuencia, Distribución Temporal	, Número de días de precipitación, Épocas de mayor y menor precipitación	
<b>Dependiente</b>		Porcentaje de precisión en los pronósticos de precipitación, Área geográfica	%
Modelo Global Forecast System (GFS)	Precisión, Cobertura Espacial, Cobertura Temporal,	Nivel de exactitud en los pronósticos de lluvias, región geográfica.	
		Nivel de precisión espacial en los pronósticos	



## CAPITULO II MARCO TEORICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Internacionales

El viento, la precipitación, la temperatura y otras variables climáticas pueden evaluarse con ayuda de los modelos globales (GCMs) (Ramos 2014). Sin embargo, debido a las dificultades en la resolución espacial y temporal los GCMs no son adecuados para medir la precipitación de los Andes tropicales a escala local. Por lo tanto, modelos climáticos regionales (RCM) como el denominado modelo Weather Research and Forecasting (WRF) requieren un downscaling. En investigaciones anteriores sobre los Andes, este modelo ha sido utilizado (Uribe 2012; Mourre et al., 2015; Mejia y Douglas 2006; Spiga et al., 2008; Ochoa et al., 2014)

Como resultado de una marcada tendencia durante la fase de máximo. (-4%/década) que incluye febrero los estudios de (Silva ,2008) indicaron un descenso del 2% de la distribución de precipitación total por década en la cuenca. Para comprender la dinámica y la física detrás de su variabilidad



y formación se justifica estudiar la precipitación y los factores que la afectan; sin embargo, aunque no siempre se obtienen resultados favorables en la validación los modelos atmosféricos son una herramienta esencial para este propósito.

En los Andes que determina las especificaciones climáticas de las zonas subtropicales en el verano es una característica distintiva de la geografía de Sudamérica (Junquas et al., 2015). El comportamiento de esta variable durante el verano austral está relacionado con los sistemas que controlan Sudamérica. En primer lugar, hay una actividad convectiva significativa en la región central de Brasil; además las bandas de nubosidad que se extenderán desde el sur de la Amazonía hasta el sureste de Brasil, están relacionadas con la fase de maduración del Sistema Monzónico Sudamericano (SAMS) (Vera et al., 2006).

En las regiones altoandinas, la compleja topografía y los microclimas cambiantes dificultan la predicción precisa de la precipitación. La estimación de la precipitación y otras variables meteorológicas depende de modelos de predicción numérica del tiempo como el Modelo Global Forecast System (GFS) (Razy et al., 2021). La resolución espacial y temporal, la parametrización de procesos físicos y la precisión de datos iniciales sin embargo pueden afectar la precisión de estos modelos (Sikder & Hossain, 2016).

El National Centers for Environmental Prediction (NCEP) de los Estados Unidos ha creado un modelo numérico de predicción del tiempo llamado Modelo Global Forecast System (GFS). Para modelar la atmósfera y



predecir variables meteorológicas a nivel mundial, emplea ecuaciones matemáticas (Environmental Modeling Center, 2003). Debido a su habilidad para realizar predicciones a corto mediano y largo plazo el GFS ha sido ampliamente empleado en investigaciones y aplicaciones operativas (Janjić, 2003).

La precisión del GFS, sin embargo, puede ser muy diferente según la región geográfica y las condiciones meteorológicas particulares. El desempeño del modelo se ha analizado en diversas regiones del mundo, incluidas las montañas (Milbrandt et al., 2016; Sikder & Hossain, 2016). Los resultados indican que, en zonas con topografía compleja, donde los procesos locales son esenciales, el GFS puede presentar limitaciones en la predicción de la precipitación.

La representación adecuada de los efectos orográficos y los procesos de mesoescala es uno de los desafíos más importantes en la predicción de la precipitación en áreas montañosas. Debido a su resolución espacial limitada, los modelos globales como el GFS pueden encontrar dificultades para captar estos fenómenos (Anagnostou et al., 2006). Adicionalmente, la parametrización de procesos físicos como la microfísica de nubes y la convección puede generar más incertidumbres (Tewari et al., 2004).

Evaluar el rendimiento del Modelo Global Forecast System (GFS) en la predicción de la precipitación en áreas particulares de Altoandina, como la cuenca del río Ramis, es esencial. Para maximizar la precisión de las predicciones en estas áreas, esto permitirá descubrir sus fortalezas y limitaciones y examinar posibles mejoras o complementos (Razy et al., 2021)

### 2.1.2. Nacionales

La precipitación en la región altoandina de la cuenca del río Ramis presenta una gran variabilidad tanto en términos espaciales como temporales. Los patrones de teleconexión la circulación atmosférica, la altitud, la topografía y otros factores afectan esta variabilidad (Buytaert et al., 2009; Pulgar-Muñoz et al., 2014).

La precipitación ha disminuido en las últimas décadas, según estudios realizados en la región altoandina de la cuenca del río Ramis (Goldsworthy & Jopson, 2011; Raghavan et al., 2015). El cambio climático está transformando los patrones de circulación atmosférica lo que a su vez está afectando la intensidad de los eventos climáticos extremos. (IPCC ,2013)

Se analizan los escenarios climáticos relacionados con el sistema hídrico, que incluye el Río Desaguadero, el Lago Poopó, el Río Desaguadero, el Lago Titicaca y el Salar de Coipasa, según el informe GIRH TDPS (2015) de la MINAM. Con incrementos y reducciones del 15% al 15%, especialmente en términos anuales y durante la estación húmeda, las proyecciones de cambios de precipitación durante el periodo 2036-2065 muestran una notable variabilidad espacial. Se prevé un incremento en las áreas centrales y noroeste de la cuenca y una disminución en el sur, a pesar de que la mayoría de estas alteraciones no son significativas estadísticamente. La temperatura mínima aumentará en todo con estimaciones positivas de 1.3°C y 2.5°C durante el período anual.



### 2.1.3. Locales

La investigación tuvo como objetivo identificar el índice de riesgo natural asociado a las lluvias en la zona urbana de Puno. Para ello, se aplicaron técnicas de análisis jerárquico y toma de decisiones multicriterio, los diversos niveles de susceptibilidad. Los métodos de los sistemas de información geográfica se emplearon para tratar y mostrar los datos. Según el índice de efecto de 52,90%, el área urbana de Puno sufrió un impacto considerable. Se encontró un índice significativo de efecto de riesgo del 47,10 % lo cual indica que la ciudad de Puno es susceptible a la cantidad de precipitaciones más intensas que pueden producirse en un día. De acuerdo con los datos que expone la investigación la zona de Puno muestra grados de impacto del riesgo natural que van de datos extremos altos. (Manami, 2021)

La disponibilidad de agua se ve afectada por la variabilidad climática en el estudio de en la cuenca Huancané. El aumento de la temperatura promedio y la disminución de las precipitaciones anuales son tendencias que reducen el caudal promedio anual. Esto podría afectar significativamente la administración del agua en la cuenca. (Chacón 2015)

Se uso datos mensuales históricos de 1964 a 2014 para evaluar los efectos del cambio climático en la cuenca Huancané al 2050. La temperatura media seguirá aumentando, lo que reducirá las precipitaciones y cause la evaporación de los recursos hídricos, hallazgos.



## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1. Precipitaciones

La formación de nubes la condensación del vapor de agua y la liberación de humedad en forma de precipitación son procesos atmosféricos complejos que contribuyen a la precipitación (Wallace & Hobbs, 2006). Varios factores como la topografía, la humedad, la temperatura y los patrones de viento, afectan estos procesos.

La compleja topografía y los microclimas cambiantes pueden influir en la precipitación en las regiones altoandinas. Los efectos orográficos tienen un gran impacto en la precipitación en las zonas montañosas lo que resulta en patrones espaciales diversos y en una gran variabilidad temporal; Esto significa que debido a la compleja orografía y los sistemas meteorológicos es difícil predecir con precisión la precipitación en estas zonas. (Garreaud, 2009).

La investigación climática, la planificación agrícola, la gestión de los recursos hídricos y la prevención de desastres naturales requieren la medición y el registro precisos de la precipitación. Las estimaciones satelitales, los radares meteorológicos y los pluviómetros son varios métodos y técnicas para medir la precipitación (Roe, 2005).

#### 2.2.1.1. Distribución temporal

En los estudios de la cuenca del Mantaro surgió de los Andes centrales según Lavado y Comdom (2010). En cuanto a este último se sabe que durante el ciclo diurno la mayor precipitación ocurre durante la tarde debido a la gran concentración de tormentas que



se encuentran en los picos de la montaña que superan los 4000m. Por otro lado, durante las primeras horas de la mañana, la actividad convectiva se limita en las crestas así como en las laderas con un nivel (1500 - 2000m y 3500 - 4000m).

Las precipitaciones en la cuenca del Mantaro inician a principios de julio y aumentan gradualmente durante agosto y setiembre, alcanzando su punto máximo en febrero (Segura et al., 2006). La fase de pico ocurre en enero, febrero y marzo cuando ocurre casi el 50% (Silva et al., 2008). Un patrón que se observa en la mayoría de las estaciones en los estudios del IGP (2005a) es un fuerte descenso en abril que luego llega a valores mínimos en junio.).

### **2.2.1.2. Distribución espacial**

Está influenciada por los Andes centrales que se encuentran en la cuenca. Según Junquas et al. (2015) porque son una barrera natural que bloquea la entrada de las condiciones cálidas y húmedas típicas de la región amazónica hacia el interior de las cadenas montañosas. El impacto es más significativo ya que la influencia orográfica de los Andes determina condiciones cálidas y húmedas en la selva y secas y frías en la costa (Mourre et al., 2015; Junquas et al., 2015). Aunque la humedad proviene de fuentes externas las características topográficas determinan las áreas donde se produce la precipitación más intensa (Giovannettone y Barros, 2008). El transporte de humedad de la cuenca del amazonas es más frecuente en los años húmedos lo que permite



la convección. El levantamiento orográfico en los Andes centrales aumenta la precipitación lo cual indica que la convergencia de humedad es el factor limitante para la precipitación orográfica en el día. Además, mediante datos estimados como el producto 2A25 del radar del TRMM, estudios anteriores Espinoza et al. (2015) han determinado el papel que desempeñan las áreas de barlovento y Sotavento en el tipo de distribución espacial al este de los Andes.

### **2.2.2. Modelo Global Forecast System (GFS)**

La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA) desarrolló el modelo de predicción meteorológica conocido como GFS reconocido por su eficacia en pronósticos a medio plazo y a escala sinóptica. Este modelo ofrece predicciones atmosféricas hasta por 16 días actualizándose cuatro veces al día.

El sistema de asimilación de datos globales (GDAS) recopila información proveniente de satélites y observaciones convencionales de diversas fuentes a nivel mundial proporcionando las condiciones iniciales necesarias para realizar pronósticos globales. El modelo GFS utiliza estos datos para generar predicciones detalladas y también para establecer condiciones de contorno e iniciales para otros modelos del Centro Nacional de Predicción Ambiental (NCEP). El GFS opera con una frecuencia cuatro veces mayor que el sistema GDAS destacándose por su capacidad para proporcionar información confiable y actualizada sobre la atmósfera.

#### **1) Pronóstico Numérico del Tiempo**

Las inundaciones pueden tener múltiples efectos directos en la ecología y

los ecosistemas de una región inundada. La inundación es un proceso ecológico que garantiza naturalmente la productividad y la riqueza biológica de la llanura de inundación; por ejemplo, algunos de estos efectos son beneficiosos. Además, las inundaciones pueden tener efectos menos favorables y, en algunos casos, pueden empeorar el ecosistema. Los daños ambientales son los más graves y difíciles de restaurar en las áreas edificadas en la llanura de inundación (Corona & Jiménez, 2017).

El modelo predictivo global GFS ha logrado importantes avances gracias a una mejor implementación de recursos informáticos, permitiendo alcanzar una resolución más alta tanto horizontal como verticalmente. cuenta con una resolución vertical de 13 km, distribuida en 64 capas híbridas sigma-presión (JG Sela, 2009 Este modelo operativo utiliza un esquema de niveles temporales semimplícitos y una discretización lagrangiana. Además, tiene la capacidad de soportar hasta tres niveles temporales mediante un enfoque euleriano, lo que mejora significativamente su precisión y rendimiento en los pronósticos (JG Sela, 2010).

## 2) Radiación

En el marco de los modelos operativos del Global Forecast System (GFS) desarrollados por el Centro Nacional de Predicción Ambiental (NCEP) se utiliza un modelo de transferencia radiativa rápida (RRTM) (Mlawer et al., 1977) para estimar la radiación de onda larga (LW). Para obtener alta eficiencia y precisión, el método de parametrización se basa en una búsqueda lineal de transmitancia y el método de distribución-k correlacionada. En 16 bandas espectrales amplias el algoritmo tiene en



cuenta 140 intervalos desiguales.

El algoritmo incorpora el dióxido de carbono el vapor de agua y el ozono como también especies menores de absorción entre las que se incluyen el oxígeno el óxido nitroso el metano y hasta cuatro tipos de halocarbonos. En cuanto a la radiación en las nubes se utiliza un método de superposición aleatoria que considera las trayectorias de agua líquida/nube con hielo y evalúa el radio efectivo tanto para el agua líquida como para el hielo.

La radiación de onda corta (SW) se modela mediante una parametrización de transferencia radiativa, utilizando el método de distribución-k correlacionada para calcular la absorción de oxígeno, la transmisión de dióxido de carbono y las propiedades del vapor de agua. Además, se considera la influencia de los aerosoles atmosféricos, apoyándose en datos climatológicos estacionales globales que integran distintos componentes de aerosoles troposféricos para mayor exactitud.

### **2.2.3. Modelos Numéricos.**

Como herramientas matemáticas sofisticadas, los modelos numéricos nos permiten entender y estudiar el comportamiento de fenómenos naturales complejos, como el clima de la Tierra. Estas representaciones teóricas, expresadas en forma de ecuaciones, imitan los procesos físicos que regulan un sistema específico.

Los modelos numéricos para la atmósfera y el océano se basan en las



ecuaciones de la dinámica de fluidos las cuales describen cómo los fluidos se mueven y cambian con el tiempo. También se analizan otros procesos físicos cruciales como la transferencia de calor la formación de nubes y la interacción entre la materia y la radiación. Las variables como la temperatura la presión la humedad y la velocidad del viento se pueden predecir en el futuro mediante estas ecuaciones, que suelen ser expresadas como ecuaciones diferenciales parciales.

Dos componentes fundamentales son necesarios para que un modelo numérico opere adecuadamente:

**A Ecuaciones matemáticas:** Las ecuaciones que explican las operaciones físicas del sistema.

**B Condiciones iniciales:** Los valores de las variables pertinentes en un momento específico.

En teoría, las ecuaciones del modelo numérico podrían resolverse para determinar el estado futuro del océano o de la atmósfera si se conocieran con precisión las condiciones iniciales. En la práctica, sin embargo, las ecuaciones son demasiado complicadas para ser resueltas analíticamente. Se utilizan técnicas numéricas y computadoras para encontrar soluciones aproximadas.

### 2.2.3.1. Pendiente

La pendiente es un factor topográfico esencial para la probabilidad de que ocurran inundaciones pluviales porque la precipitación fluye sobre la superficie del terreno y es influenciada por la pendiente. Como resultado,

el deslizamiento del escurrimiento pluvial hacia terrenos con pendientes suaves se incrementa con la pendiente lo cual es un factor clave en la producción de inundaciones pluviales hacia áreas con pendientes más bajas (Toledo, 2022).

El ángulo de inclinación de la superficie del suelo hacia la horizontal se conoce como pendiente. Se han creado cuatro categorías de pendiente representadas en grados.

**Tabla 2.**

*Descripción del parámetro pendiente*

<b>Pendiente</b>	<b>Clasificación de pendiente</b>	<b>Descripción</b>	<b>Probabilidad de inundación pluvial por escorrentía pluvial</b>
0° - 5°	1	Terrenos llanos de pendiente suave	Muy alta probabilidad de inundación Pluvial
5° - 12°	2	Pendiente Moderada	Alta probabilidad de inundación Pluvial
12° - 20°	3	Pendiente Fuerte	Media probabilidad de inundación Pluvial
20° - 35°	4	Pendiente muy Fuerte	Baja probabilidad de inundación Pluvial

*Nota: Tomado de (Toledo, 2022).*

### 2.2.3.2. Geología

La geología es uno de los elementos más cruciales del ambiente físico para que se creen avenidas o cúmulos de naturaleza pluvial. La formación de avenidas pluviales se ve significativamente afectada por sus sustratos, que incluyen depósitos rocosos o no consolidados, entre otros (Toledo, 2022).

La región de Vilque los sedimentos areniscas feldespáticas de color púrpura o gris púrpura en unidades de 1 m, algunas de las cuales son gradadas y de grano muy grueso.

En su mayor parte de la geología está formada por gravas volcánicas, que están pobremente ordenadas con granos angulosos a subangulosos. Según el gobierno regional de Puno (GRP,2015) también hay conglomerados que contienen clastos subredondeados de andesita en una matriz de fragmentos de cuarzo también de arena feldespática y roca.

### 2.2.3.3. Geomorfología

Según Toledo (2022), la geomorfología se basa en la forma de la superficie del agua, que incluye el conjunto de deformaciones. Esto tiene un impacto evidente en el escurrimiento del agua al llevar el fluido a formas más favorables para la acumulación de agua, lo que puede provocar inundaciones pluviales.

### 2.2.4. Coeficiente de correlación de PEARSON

Una regresión lineal simple es el análisis de la variable independiente y una variable dependiente cuando la conexión entre ellas se aproxima a una línea recta el coeficiente de correlación de PEARSON no depende de



la escala de medida de las variables; es la medida de la regresión lineal de dos variables.

Aunque la relación entre las dos variables no es lineal lo que limita la fuerza de la correlación se utiliza el coeficiente de Pearson debido a que su forma facilita los cálculos matemáticos y se conecta estrechamente con el análisis de regresión. La correlación de Pearson tiene dos características clave: primero está restringida entre -1 y 1 su valor varía de -1 a 1 y segundo el cuadrado de la correlación de Pearson indica qué porcentaje de la variabilidad de una variable puede ser explicado por la otra aunque su interpretación no siempre es precisa. La relación entre las variables x e y no se explica por medio del coeficiente de correlación. Wilson Daniel (2006).

La covarianza entre dos variables no dimensionalizada es la correlación de Pearson.:

$$s_{xy}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

Donde xi indica el valor de la variable uno para el individuo i, Yi indica el valor de la variable dos con la diferencia de las medias de cada variable el cálculo de la desviación de cada variable

Interpretación

Varios grupos de puntos (x, y), cada uno con el coeficiente de correlación.

La no linealidad y la dirección de la relación lineal se muestran en la

correlación.

El índice de correlación refleja el grado de dependencia entre dos variables dentro del rango  $[-1,1]$ . Si  $r = 1$ , indica una correlación positiva perfecta, lo que significa que existe una relación directa: cuando una variable aumenta, la otra también lo hace de manera proporcional.

Si  $0 < r < 1$ , hay una correlación positiva, aunque no perfecta. Si  $r = 0$ , no hay una relación lineal entre las variables, pero esto no significa que sean independientes, ya que aún puede haber una relación no lineal.

Si  $-1 < r < 0$ , la correlación es negativa, y si  $r = -1$ , hay una correlación negativa perfecta. En este caso, existe una relación inversa: cuando una variable aumenta, la otra disminuye de manera proporcional.

### 2.3. Marco Conceptual

#### **Precipitación pluvial:**

Información meteorológica que se recopila en la superficie de la tierra, que incluye, entre otras cosas, la lluvia, el granizo y la nieve. (También hay heladas y rocío; en algunas áreas, se consideran partes importantes pero pequeñas de la precipitación total (Toledo B, 2022).

#### **Precipitación intensa:**

Tienen una distribución geográfica irregular con una frecuencia temporal baja y una intensidad elevada (Chanca & Inga, 2018).



## **Inundación pluvial:**

Inicia cuando las precipitaciones se acumulan en una zona específica, superando la capacidad de retención del suelo y manteniéndola allí durante muchas horas o días. (Toledo B., 2022).

## **Modelo Global Forecast System (GFS)**

Es un modelo de predicción meteorológica de escala global que permite estimar condiciones climáticas, como temperatura, precipitación, presión atmosférica y viento con el objetivo de realizar pronósticos a corto, mediano y largo plazo. Este modelo desarrollado y gestionado por el Servicio Meteorológico Nacional de Estados Unidos (NCEP por sus siglas en inglés) emplea una metodología de dinámica numérica para simular el comportamiento de la atmósfera en distintos niveles desde la superficie terrestre hasta la estratósfera (NOAA, 2021).



## CAPITULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Diseño de investigación

El diseño de la investigación en el análisis de la precipitación usando el modelo Global Forecast System (GFS) en la cuenca altoandina del río Ramis es de diseño no experimental. Esto significa que los investigadores no manipulan las variables directamente, sino que se limitan a observar y analizar los datos de precipitación generados por el modelo GFS y los datos de campo obtenidos en la región. Este enfoque permite examinar las variaciones y patrones de precipitación bajo condiciones naturales, sin intervención directa en las condiciones climáticas o geográficas de la cuenca (Hernández-Sampieri et al., 2018).

#### 3.2. Tipo de investigación

La investigación titulada Análisis de la Precipitación usando el Modelo



Global Forecast System en la Zona Altoandina de la Cuenca del Río Ramis se clasifica es aplicada porque busca resolver problemas prácticos y mejorar procesos en la gestión de recursos hídricos agricultura y protección contra inundaciones y deslizamientos en la región, mediante la evaluación y mejora de la predicción de precipitación del Modelo GFS, lo que la convierte en una investigación con un enfoque práctico y orientada a la aplicación en la vida real. La investigación aplicada se enfoca en resolver problemas prácticos y específicos, buscando mejorar la práctica, la política o la toma de decisiones en un contexto particular. Se caracteriza por su enfoque en la aplicación de conocimientos y técnicas para resolver problemas reales (Hernández-Sampieri et al., 2018).

### **3.3. Nivel de Investigación**

El nivel de investigación es correlacional, ya que el estudio busca identificar la relación entre las predicciones de precipitación generadas por el GFS y los datos observados en la cuenca del río Ramis. La finalidad es determinar hasta qué punto el modelo GFS es preciso en su predicción y si existe una correspondencia estadística significativa entre los valores estimados y los datos reales de precipitación en la región altoandina (Hernández-Sampieri et al., 2018).

### **3.4. Enfoque de Investigación**

El estudio utiliza un enfoque cuantitativo por que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos. Los investigadores emplean herramientas



estadísticas para comparar los datos de precipitación proyectados por el modelo GFS con los datos observados en estaciones meteorológicas locales. Este enfoque permite una evaluación objetiva y precisa de los resultados favoreciendo un análisis basado en la comparación de valores cuantitativos específicos (Creswell, 2014).

### 3.5. Ubicación del área en estudio

La cuenca del río Ramis forma parte del Lago Titicaca y su cuenca, con los límites siguientes: Norte: con la cuenca del río Inambari y del río Vilcanota, Este: con el río Suches y Huancané como cuencas, Sur: con la cuenca del río Coata y parte del Lago Titicaca, Oeste: incluye las cuencas de los ríos Colca y Apurímac.

La cuenca del río Ramis (Figura 1), se encuentra ubicado entre las coordenadas UTM (WGS84 zona 19 sur)

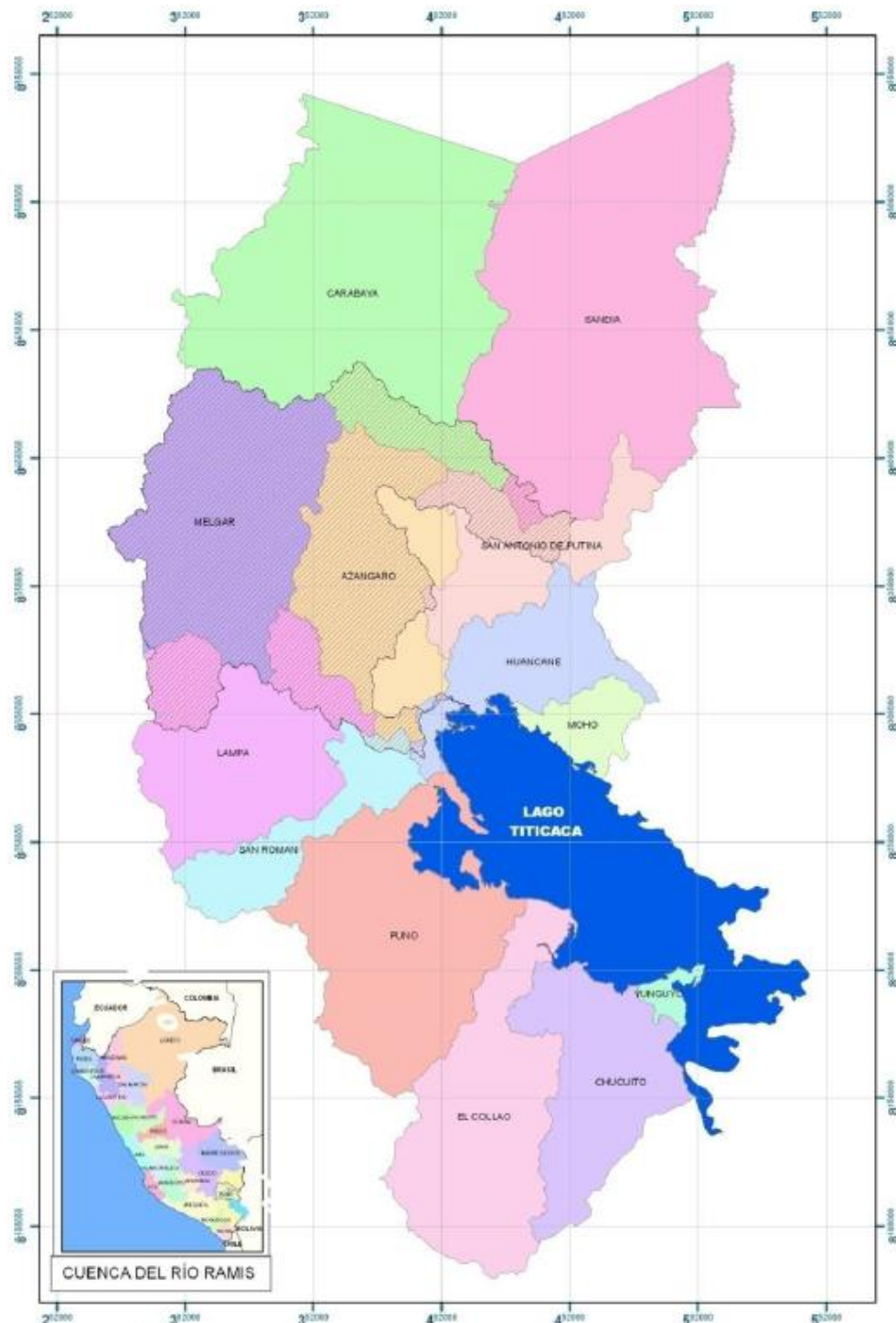
Este: 453,876 m – 271,772 m

Norte: 8'104,442 m – 8'447,692 m

altitud 3 812 a 5 750 m.s.n.m.

.

**Figura 1.**  
*Ubicación del área en estudio*



*Nota: Ubicación geográfica*

### 3.6. Información cartográfica

Se ha considerado que la muestra sea la misma detallada en la población siendo en

este caso el área urbana del distrito

## Figura 2

### *Ubicación cartográfica*



Nota: Tomado de (SENANHI, 2021)

## 3.7. Población y Muestra

### 3.7.1. Población

La variable analizada en el estudio fue la precipitación diaria, la cual se derivó de tres fuentes de información. La primera de estas fuentes provino de la recolección y almacenamiento de datos de 21 estaciones meteorológicas operadas por el SENAMHI. (Ananea, Arapa, Ayaviri, Azángaro, Chuquibambilla, Cojata, Crucero, Cuyo Cuyo, Huancane, Huaraya Moho, Juliaca, Lampa, Llally, Macusani, Muñani, Pampahuta, Progreso, Pucara, Putina, Santa Rosa, Taraco), los otros dos datos están compuestos por datos de sensores satelitales.

### 3.7.2. Muestra

Se ha considerado que la muestra sea la siguiente:

**Tabla 3***Estaciones meteorológicas Utilizadas*

Nº	ESTACIÓN	TIPO	CUENCA	DPTO	PROV
1	Ananea	CO	Ramis	Puno	San Antonio De Putina
2	Arapa	CO	Ramis	Puno	Azángaro
3	Azángaro	CO	Ramis	Puno	Azángaro
4	Chuquibambilla	CO	Ramis	Puno	Melgar
5	Cohata	CO	Intercuenca	Puno	Huancané
6	Crucero	CO	Ramis	Puno	Carabaya
7	Huancané	CO	Huancané	Puno	Huancané
8	Juliaca	CO	Cabanillas	Puno	San Román
9	Limbani	CO	Inambari	Puno	Sandia
10	Llalli	CO	Ramis	Puno	Melgar
11	Macusani	CO	Inambari	Puno	Carabaya
12	Mañazo	CO	Illpa	Puno	Puno
13	Nuñoa	PLU	Ramis	Puno	Melgar
14	Orurillo	PLU	Ramis	Puno	Melgar
15	Pampahuta	CO	Cabanillas	Puno	Lampa
16	Yauri	CO	Apurímac	Cusco	Espinar

Nota: se toma las 16 estaciones meteorológicas

### 3.8. Técnicas

**3.8.1. Análisis Comparativo:** Esta técnica permite evaluar la precisión de las predicciones del GFS al compararlas con los datos observados de precipitación en las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Ramis. A través de este análisis se pueden identificar discrepancias y ajustar el modelo si es necesario.

**3.8.2. Cálculo del Error Absoluto Medio (MAE):** El MAE es una técnica cuantitativa que se emplea para medir el nivel de error en las predicciones del modelo GFS en relación con los datos observados. Se obtiene al sumar las diferencias absolutas entre las predicciones del modelo y los valores reales, y luego dividir el resultado entre el total de observaciones. Un valor MAE bajo indicará que las predicciones del GFS son cercanas a los valores reales, mientras que un valor alto reflejará una mayor

discrepancia, permitiendo identificar áreas de ajuste en el modelo (Willmott & Matsuura, 2005).

$$\text{MAE} = \frac{\text{SAE}}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N |x_i - \hat{x}_i|}{N}$$

Donde:

MAE : Error Medio Absoluto

{  $x_i$  } : Observaciones actuales de la serie de tiempo

{  $\hat{x}_i$  } : Serie de tiempo estimada

SAE : Suma de los errores Absolutos o desviaciones

N : Número de puntos de datos no faltantes

**3.8.3. Validación de Datos:** Esta técnica asegura que los datos empleados en el estudio sean confiables y estén libres de errores. Incluye la limpieza de datos y la eliminación de valores atípicos o erróneos, garantizando así que los análisis se realicen con información precisa y de alta calidad.

### 3.9. Instrumentos

#### 3.9.1. Datos del Modelo GFS

El Sistema de Pronóstico Global (GFS) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) proporciona los datos de precipitación para este estudio. Estos datos tienen una resolución espacial de 0.5 grados y están disponibles sin restricciones. La información se encuentra disponible. Se emplearon datos con una resolución de cuadrícula de 0.5 grados para hacer pronósticos de precipitación cada 3 horas hasta 10 días

en el futuro. Se eligió esta resolución porque equilibra el tamaño y la precisión del archivo, lo que facilita la descarga. Se empleó un programa particular para extraer los datos en el formato grib2.

Para el análisis sinóptico, además de los datos de precipitación, se emplearon datos del modelo GFS de 1 grado de resolución espacial y del Centro Nacional de Predicción Ambiental (NCEP).

### **3.9.2. Estaciones Meteorológicas Locales:**

Para la validación de los datos del GFS, se utilizan estaciones meteorológicas locales ubicadas en la cuenca del río Ramis. Estas estaciones recopilan datos meteorológicos reales y de alta frecuencia que se comparan con las estimaciones del GFS.

### **3.9.3. Software de Análisis Estadístico:**

Programas como SPSS o también el Windows Excel facilitan el procesamiento de datos, permitiendo calcular el Error Absoluto Medio realizar análisis comparativos y visualizar los resultados de forma gráfica para comprender la relación entre datos observados y estimados

### **3.9.4. Imágenes Satélites**

En el trabajo de investigación se utilizaron imágenes satelitales del Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES) 13 de los canales infrarrojo del SENAMHI que contaba con un sistema de recepción y almacenaba los datos en formato binario. Los datos del canal infrarrojo se emplearon para obtener imágenes del promedio



diario, con el fin de proporcionar una perspectiva más completa de todos los sistemas convectivos formados durante el día, lo que permitió identificar posibles eventos de lluvias y así ofrecer una referencia más consistente para el estudio.

En la siguiente Tabla 1 se muestra las Estaciones Meteorológicas que se usan modelo GFS donde se visualiza su ubicación por Latitud y Longitud como dato adicional muestra la altura.

### **3.10. Procedimiento Metodológico**

**Recolección de Datos:** Se recopilan datos de precipitación generados por el modelo GFS y datos observados de las estaciones meteorológicas locales. Los datos deben abarcar el mismo período para una comparación precisa.

**Cálculo y Análisis del MAE:** Con los datos obtenidos, se calcula el MAE para cada período de comparación, permitiendo evaluar la magnitud del error en las predicciones del GFS. Este cálculo se repite en diferentes intervalos para entender cómo varía el error en función de la estacionalidad o condiciones meteorológicas específicas.

**Interpretación de Resultados:** Se interpreta el MAE junto con otros análisis comparativos y de regresión, lo que ayuda a comprender la precisión del GFS en la cuenca del río Ramis. En función de los resultados, se identifican posibles ajustes en el modelo y recomendaciones para mejorar la precisión de las predicciones.

.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Datos de las estaciones meteorológicas

##### Estaciones meteorológicas

Las estaciones meteorológicas realizadas en el estudio se referirán a la

**Tabla 4**

*Estaciones meteorológicas de la cuenca Ramis*

ESTACIÓN	TIPO	CUENCA	DPTO	PROV
1 Ananea	CO	Ramis	Puno	San Antonio De Putina
2 Arapa	CO	Ramis	Puno	Azángaro
3 Azángaro	CO	Ramis	Puno	Azángaro
4 Chuquibambilla	CO	Ramis	Puno	Melgar
5 Cojata	CO	Intercuenca Titicaca	Puno	Huancané
6 Crucero	CO	Ramis	Puno	Carabaya
7 Huancané	CO	Huancané	Puno	Huancané
8 Juliaca	CO	Cabanillas	Puno	San Román
9 Limbani	CO	Inambari	Puno	Sandia
10 Llalli	CO	Ramis	Puno	Melgar
11 Macusani	CO	Inambari	Puno	Carabaya
12 Mañazo	CO	Illpa	Puno	Puno
13 Nuñoa	PLU	Ramis	Puno	Melgar
14 Orurillo	PLU	Ramis	Puno	Melgar
15 Pampahuta	CO	Cabanillas	Puno	Lampa
16 Yauri	CO	Apurímac	Cusco	Espinar

*Nota: para el estudio se tomaran las 16 estaciones metereologica*



**Tabla 5**

*Datos pronosticados según modelo GFS de precipitación año 2019*

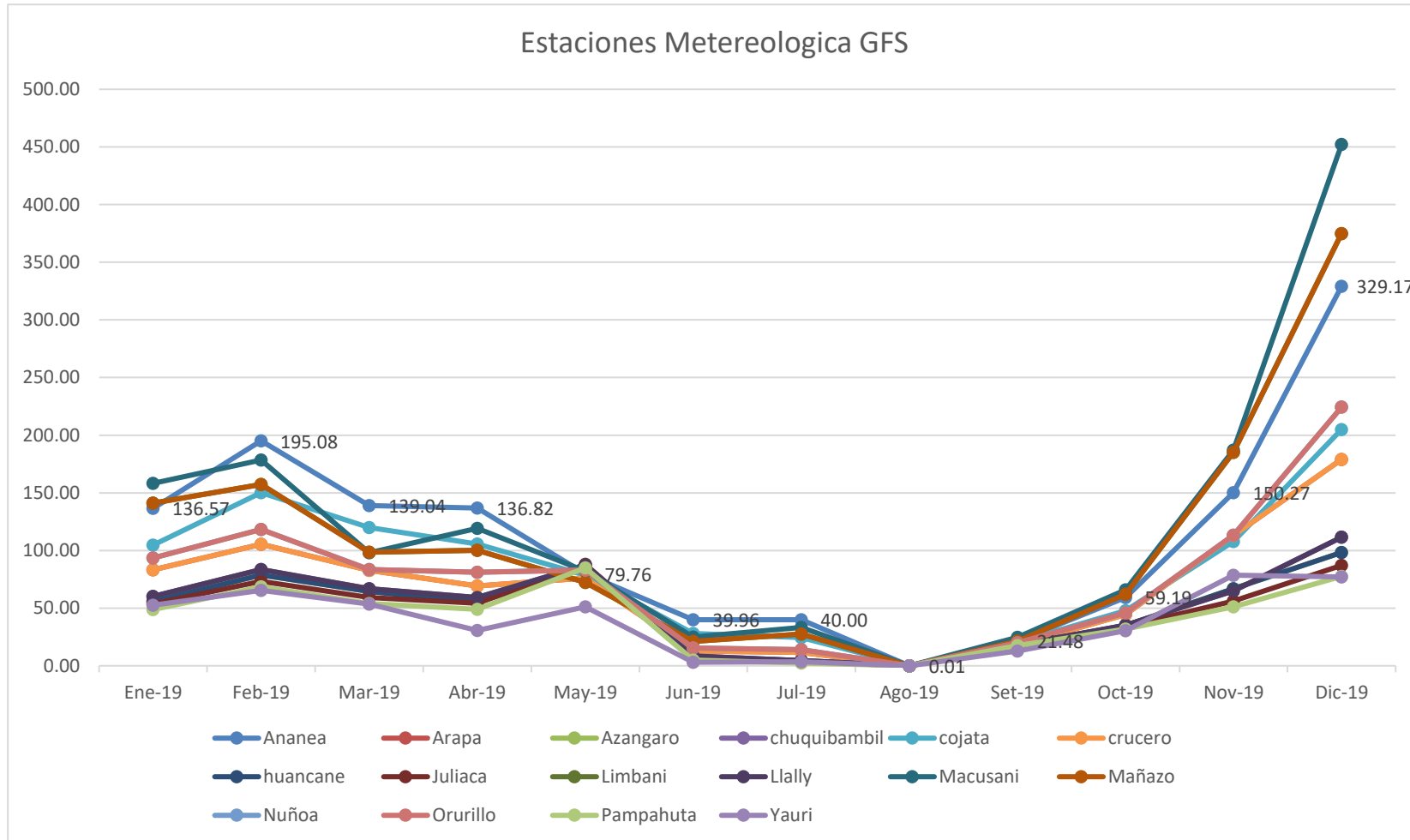
Latitud de	14.6786	14.6728	-14.914	-14.785	-15.017	-14.364	-15.201	-15.474	-14.154	-14.936	-14.07	-14.08	-14.484	-14.734	-15.483	-14.817
Longitud de	69.5344	70.1181	-70.191	-70.716	-69.356	-70.026	-69.753	-70.169	-69.706	-70.886	-70.439	-70.066	-70.634	-70.517	-70.676	-71.417

Date	Ananea	arapa	Azángaro	Chuquiabambilla	cojata	crucero	huancañé	Juliaca	Limbani	Llalli	Macusani	Mañazo	Nuñoa	Orurillo	Pampahuta	Yauri
01/01/2019	136.57	83.36	55.99	60.15	104.78	83.36	55.99	53.67	141	60.15	158.22	141	93.5	93.5	48.78	52.62
01/02/2019	195.08	105.31	78.75	83.44	150.12	105.31	78.75	73.37	157.34	83.44	178.44	157.34	118.36	118.36	68.63	65.48
01/03/2019	139.04	82.9	64.51	66.8	119.93	82.9	64.51	59.27	98.43	66.8	98.05	98.43	83.47	83.47	53.97	53.48
01/04/2019	136.82	69.13	55.23	59.26	105.75	69.13	55.23	54.33	100.06	59.26	119.16	100.06	81.06	81.06	49.1	30.56
01/05/2019	79.76	76.14	84.36	87.22	78.52	76.14	84.36	87.93	72.41	87.22	82.01	72.41	83.04	83.04	84.9	51.25
01/06/2019	39.96	12.92	7.56	8.5	27.94	12.92	7.56	6.07	21.09	8.5	25.03	21.09	15.41	15.41	4.85	3.13
01/07/2019	40.00	11.67	4.56	4.41	24.39	11.67	4.56	3.35	27.64	4.41	33.27	27.64	13.9	13.9	2.38	3.45
01/08/2019	0.01	0	0.01	0	0.07	0	0.01	0.04	0	0	0	0	0	0	0.01	0
01/09/2019	21.48	17.99	17.53	18.05	20.5	17.99	17.53	19.07	21.39	18.05	24.66	21.39	20.06	20.06	17.58	12.75
01/10/2019	59.19	44.49	35	35.31	47.82	44.49	35	33.91	62.14	35.31	65.87	62.14	45.96	45.96	31.76	30.48
01/11/2019	150.27	113.13	66.73	65.01	107.9	113.13	66.73	56.05	185.24	65.01	187.02	185.24	113.32	113.32	51.25	78.59
01/12/2019	329.17	179.04	98.28	111.54	205.01	179.04	98.28	86.98	374.91	111.54	452.12	374.91	224.3	224.3	77.55	77.1

*Nota Elaborado por el autor basado <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>*



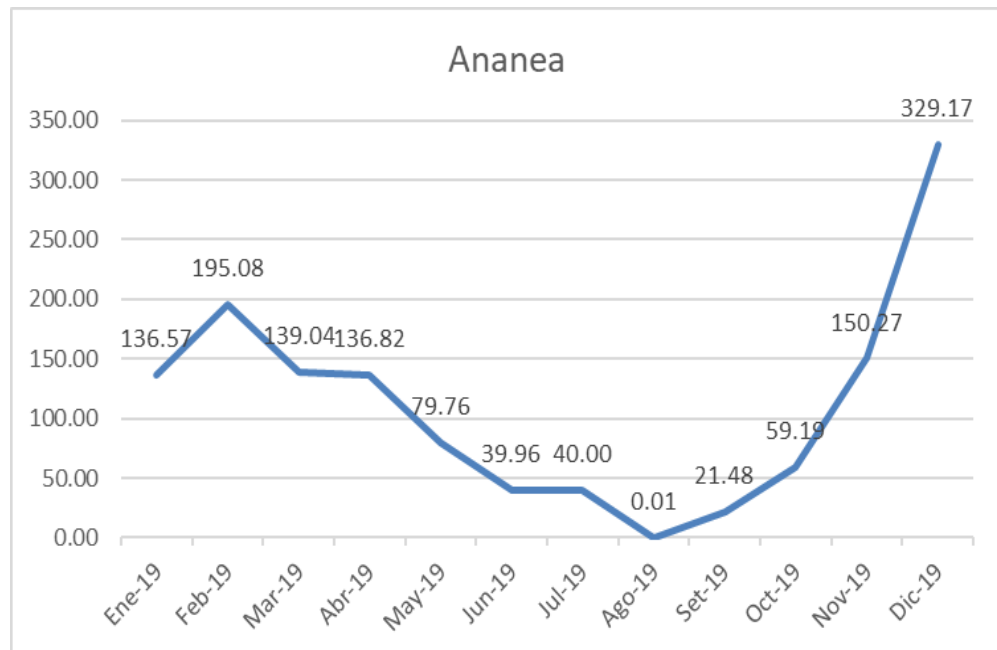
**Figura 3**  
*Estaciones meteorológicas Global Forecast System*



*Nota: Se observa las precipitaciones de las estaciones meteorológicas consideradas del año 2019*

**Figura 4**

*Precipitación estación meteorológica Ananea según modelo GFS*



Nota: basado en un análisis de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

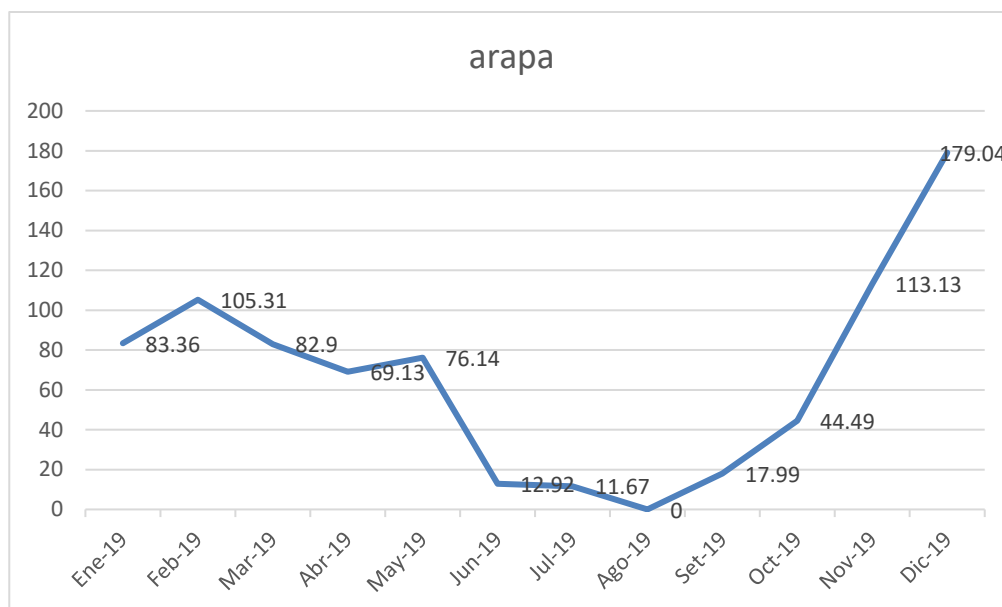
Se muestra una variación significativa en las precipitaciones a lo largo del año. En los primeros meses trimestre de enero a marzo. Se observan niveles elevados de precipitación alcanzando un máximo de 195.08 mm en febrero. Posteriormente, hay una marcada disminución durante los meses de abril a julio alcanzando valores mínimos como en julio (0.01 mm). Este patrón sugiere una estacionalidad marcada típica de regiones con ciclos climáticos diferenciados entre la estación húmeda y la estación seca.

Hacia el final del año, específicamente en los meses de noviembre y diciembre, la precipitación aumenta drásticamente, alcanzando su punto más alto en diciembre con 329.17 mm. Esto podría estar

asociado a la transición hacia la temporada de lluvias, un fenómeno común en muchas regiones andinas, donde el inicio de las lluvias ocurre en los últimos meses del año.

### Figura 5

*Precipitación estación meteorológica Arapa según modelo GFS*



Nota: basado en un análisis de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

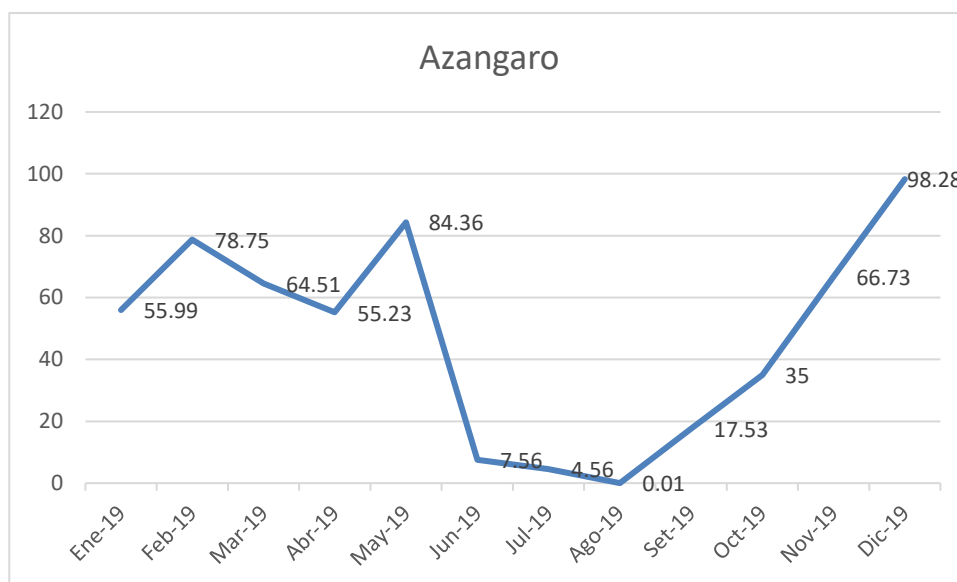
La estación de Arapa muestra un patrón de precipitaciones similar al de Ananea con los siguientes valores moderados a altos durante los primeros meses del año y una fuerte disminución en los meses intermedios. En febrero, se registra una precipitación máxima de 105.31 mm teniendo una tendencia decreciente hasta alcanzar mínimos en julio (11.67 mm).

El incremento más pronunciado se da nuevamente en los últimos meses del año, con un aumento exponencial en diciembre se registra una precipitación de 179.04 mm. Este patrón coincide con el ciclo estacional observado en otras estaciones donde se refleja la

estacionalidad climática de la región.

### Figura 6

*Precipitación estación meteorológica Azángaro según modelo GFS*



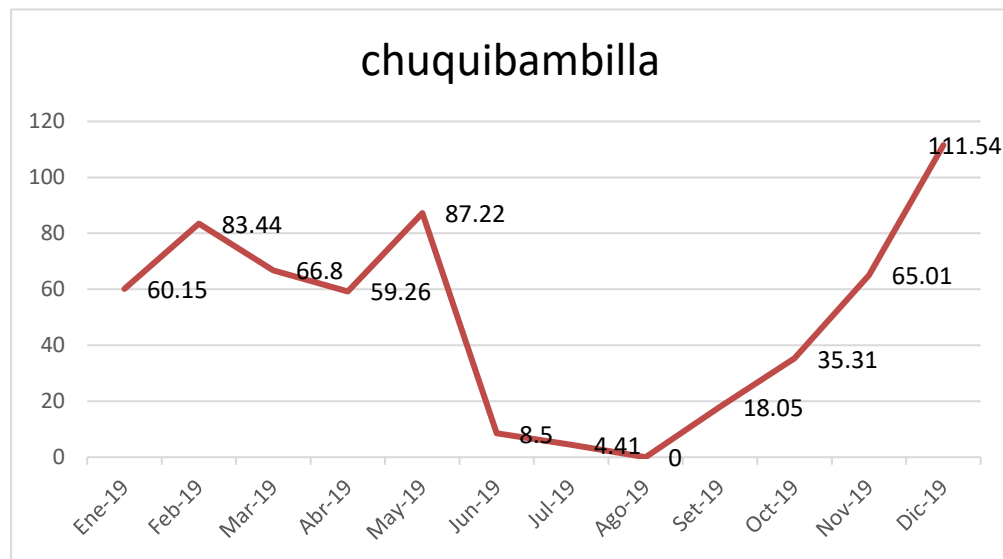
*Nota: basado en un análisis de parte del autor por modelo GFS*

En Azángaro, se observa un comportamiento similar a las otras dos estaciones. La precipitación es moderada al inicio del año, con un máximo de 84.36 mm en mayo. El período seco es más prolongado y acentuado en comparación con las otras estaciones, con precipitaciones prácticamente nulas en junio y julio (0.01 mm en julio).

Al igual que en Ananea y Arapa se observa un incremento progresivo en los últimos meses del año alcanzando un pico en diciembre (98.28 mm). Este patrón de incremento hacia el fin de año es consistente con la llegada de la temporada de lluvias común en las regiones andinas de Perú.

**Figura 7**

*Precipitación estación meteorológica Chuquibambilla según modelo GFS*



*Nota: basado en un análisis del autor por GFS*

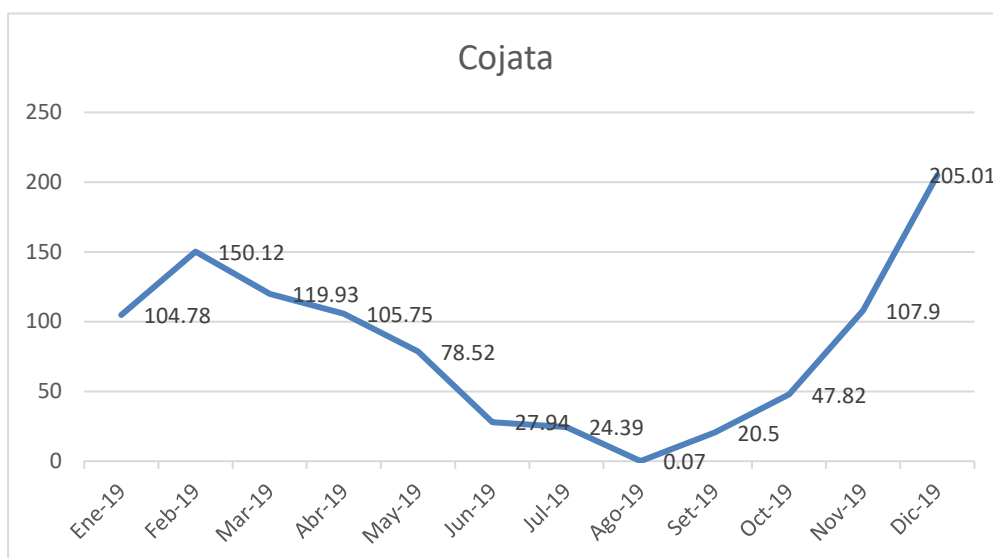
En la estación meteorológica de Chuquibambilla muestra una variabilidad a lo largo del año donde la precipitación máxima se registra en diciembre (141.54 mm) el mínimo ocurre en agosto (4.41 mm).

El comportamiento estacional revela una tendencia seca durante los meses de junio a septiembre con un aumento paulatino hacia el final del año lo que coincide con la transición hacia la temporada de lluvias en la región.

Este patrón es consistente con las características climáticas de las regiones altoandinas.

**Figura 8**

*Precipitación estación meteorológica Cojata según modelo GFS*



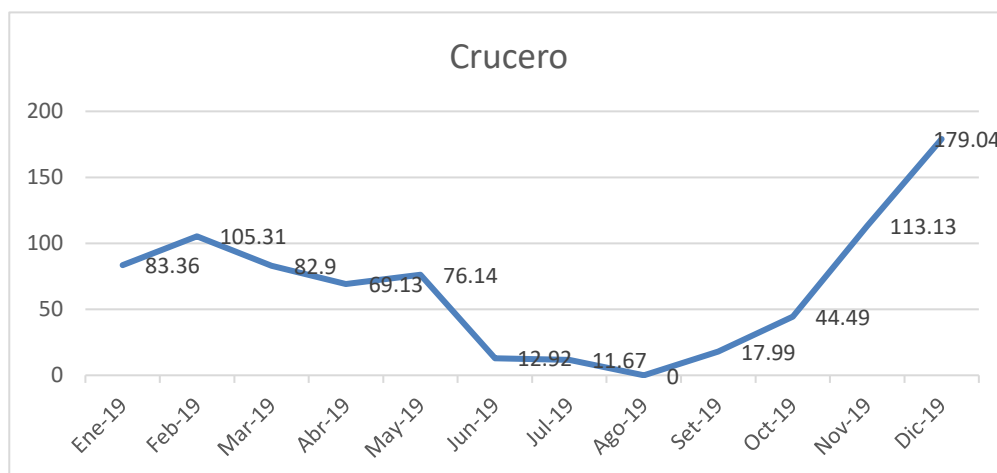
*Nota: Precipitación localidad Cojata valor máx. 205.01 mm*

En la estación meteorológica de Cojata se observa un clima propio de la región montañosa muestra que durante el mes de diciembre es de 205.5 mm en contraste el mes más bajo de precipitaciones con solo 24.39 mm.

La transición hacia la estación seca es gradual con un descenso de la precipitación desde mayo que registra un valor de 19,93 mm hasta llegar a los meses secos de junio, julio y agosto que muestran valores significativamente menores. El aumento notable de las lluvias desde octubre sugiere el inicio de la temporada húmeda se observa con claridad desde octubre, cuando la precipitación comienza a aumentar de manera considerable. Este incremento en las lluvias marca el inicio del ciclo húmedo el cual se intensifica en los meses siguientes. (Lavado et al., 2020)

### Figura 9

*Precipitación estación meteorológica Crucero según modelo GFS*

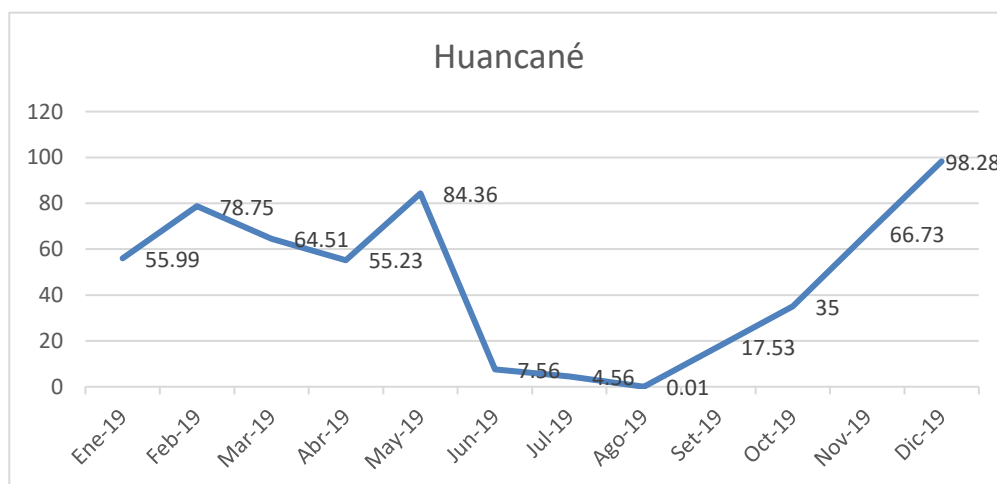


*Nota: Precipitación Crucero valor máx. 179.04 mm*

En la estación Crucero la precipitación presenta un incremento significativo en diciembre (179.04 mm) después de alcanzar su punto más bajo en julio (11.67 mm). El gráfico muestra una notable reducción de precipitaciones desde abril hasta agosto lo que confirma la marcada estacionalidad climática de la región. El incremento abrupto desde octubre a diciembre indica el comienzo de la temporada de lluvias un patrón observado en varias localidades.

### Figura 10

*Precipitación estación meteorológica Huancané según modelo GFS*

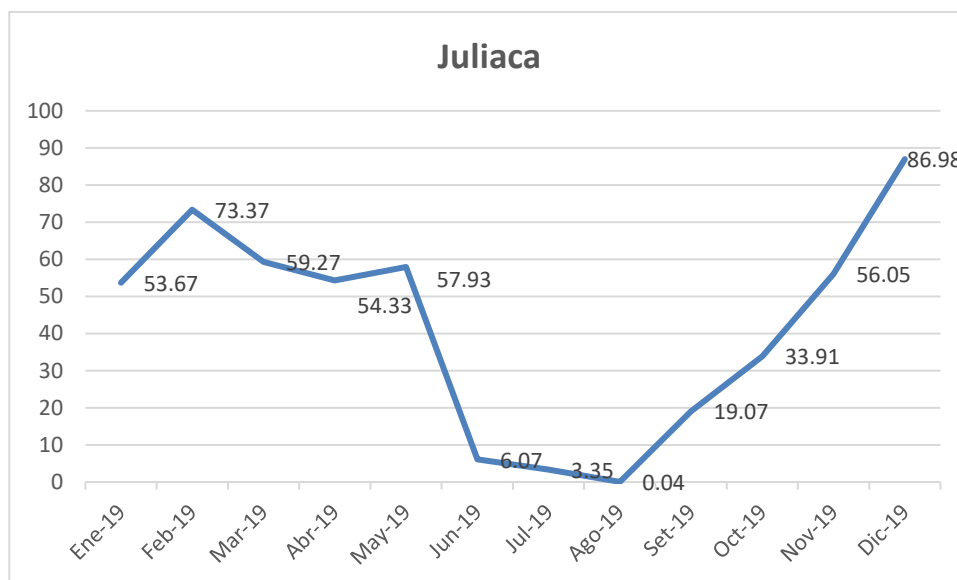


*Nota: Precipitación Huancané valor máx. 98.28 mm*

El gráfico de Huancané registra una baja precipitación en julio (4.56 mm), con un aumento continuo hasta diciembre, donde se alcanza el máximo de 98.28 mm. El periodo seco se extiende de mayo a agosto, mientras que el repunte en la precipitación a partir de septiembre refleja el inicio de la temporada húmeda este comportamiento es consistente con el ciclo hidrológico típico de los Andes

### Figura 11

*Precipitación estación meteorológica Juliaca según modelo GFS*



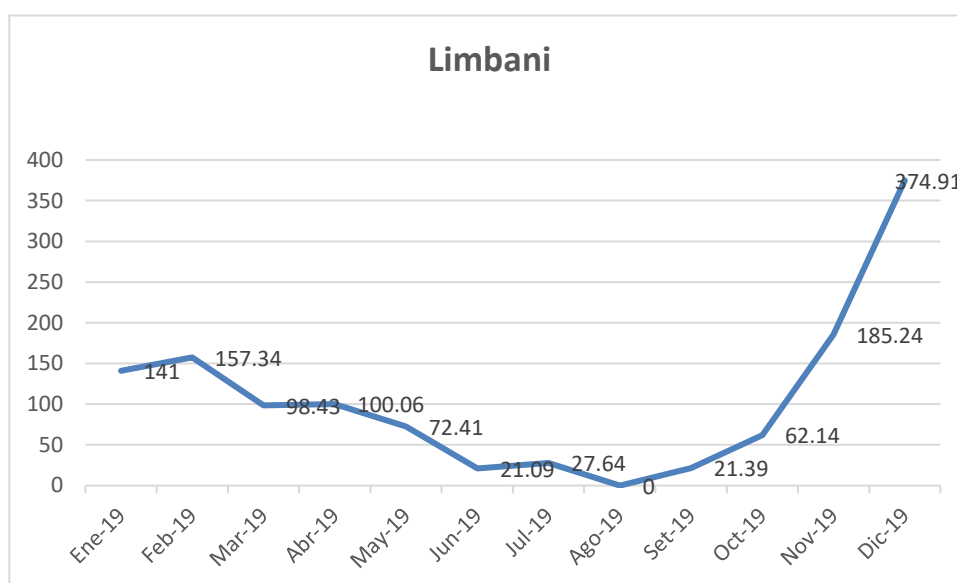
*Nota: Precipitación Juliaca valor max 86.98 mm min 0.04 mm*

En la estación meteorológica de Juliaca ubicada en la región altoandina presenta un patrón propias de clima de montaña influenciados por sistemas estacionales con una precipitación mínima que es en el mes de agosto (0.04 mm), mientras que el máximo ocurre en diciembre (86,98 mm). La precipitación es relativamente baja entre abril y septiembre lo cual se alinea con la estación seca de la región más el incremento a partir de octubre sugiere una dependencia de la localidad

a la temporada de lluvias para reponer sus niveles hídricos. Este comportamiento es propio de las ciudades altiplánicas con variaciones observadas.

### Figura 12

*Precipitación estación meteorológica Limbani según modelo GFS*



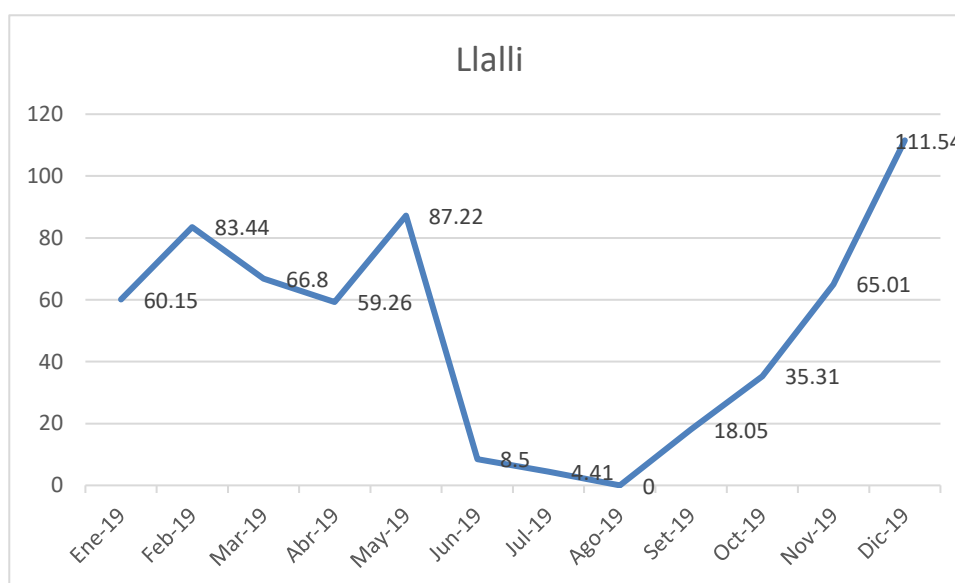
*Nota: Precipitación Limbani realizado mediante valores GFS*

En la Localidad de Limbani muestra la mayor variabilidad de precipitación a lo largo del año. Durante el mes de diciembre se registra el valor más alto de precipitación alcanzando los (374.91 mm) lo cual indica una marcada intensidad de lluvias en la temporada húmeda. En contraste el mes de julio presenta el valor mínimo con solo (21.39 mm) de precipitación representando el punto más bajo en el ciclo anual de lluvias. Esta amplia variabilidad entre la estación seca y la estación húmeda pone de manifiesto un régimen climático distintivo en esta zona. La variación de la temporada seca a la temporada húmeda es particularmente notable en esta localidad con un aumento sostenido de

la precipitación desde septiembre que puede ser atribuido a la proximidad a sistemas de transporte de humedad desde la Amazonía (Lavado et al., 2020).

### Figura 13

Precipitación estación meteorológica Llalli según modelo GFS



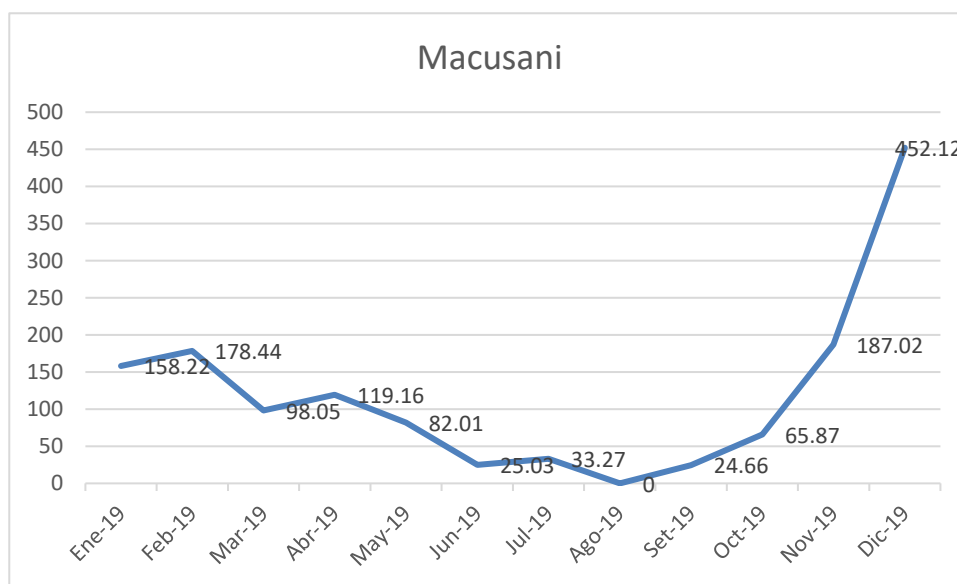
*Nota: Precipitación Llalli realizado mediante valores GFS*

En la estación meteorológica de Llalli, los registros de precipitación muestran un patrón distintivo, con el nivel más bajo observado en agosto, cuando alcanza apenas (4.41 mm) y un pico máximo en diciembre con (141.54) mm. Este comportamiento estacional se asemeja al de la localidad de Chuquibambilla, donde también se observa una reducción significativa de precipitaciones entre los meses de mayo y septiembre. Este descenso durante la temporada seca resalta la fuerte estacionalidad climática característica de las zonas altoandinas. En estas regiones, la disponibilidad de agua se concentra

principalmente en los meses de verano, lo cual responde a un patrón climático típico que condiciona el acceso al recurso hídrico. (Poveda & Álvarez, 2017).

### Figura 14

*Precipitación estación meteorológica Macusani según modelo GFS*



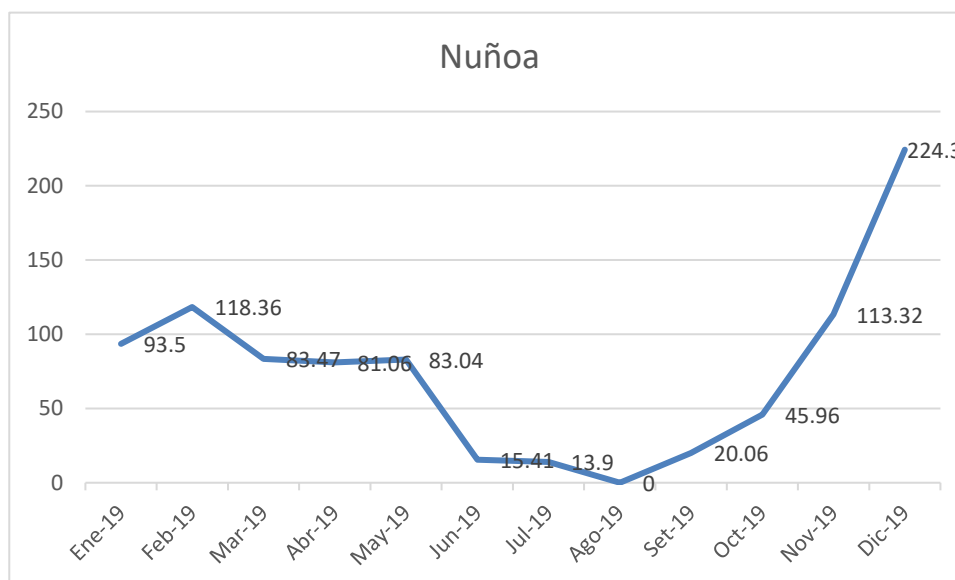
*Nota: Precipitación Macusani Realizado mediante valores GFS valor máx.*

*452.12*

En la localidad de Macusani, el mes de diciembre presenta el mayor registro de precipitaciones acumulando un total de (392.12) mm. Este valor elevado indica que la zona experimenta una notable exposición a sistemas de lluvias intensas durante este mes. En el extremo opuesto el nivel mínimo de precipitaciones se observa en agosto con solo (8.01) mm. Esta diferencia drástica entre los meses de la temporada seca y la temporada húmeda pone de manifiesto la fuerte influencia de la variabilidad climática en la región, que determina un ciclo muy marcado a nivel regional.

**Figura 15**

*Precipitación estación meteorológica Nuñoa según modelo GFS*

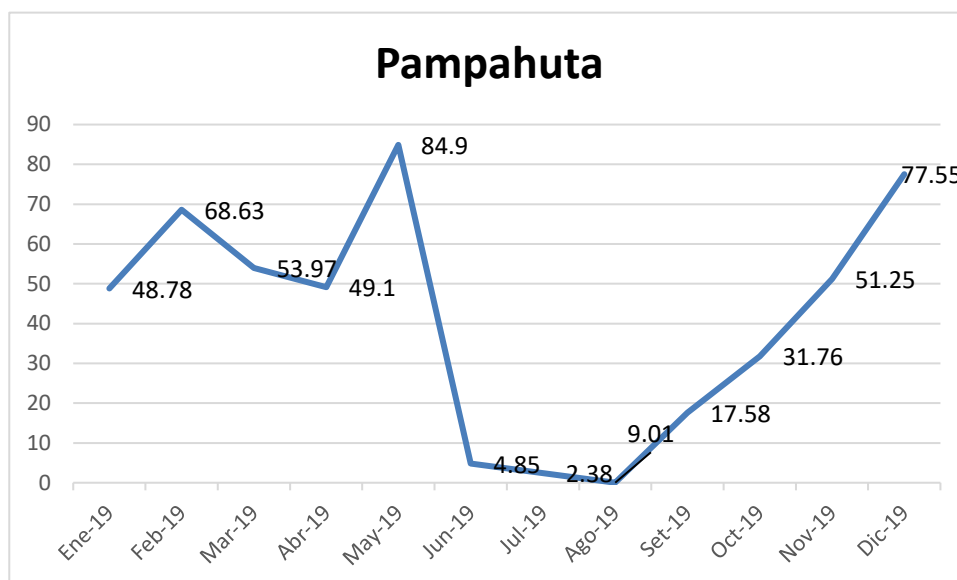


*Nota: Precipitación Nuñoa realizado mediante valores GFS valor máx. 224.3 y valor min de 0*

En la estación meteorológica ubicada en la localidad de Nuñoa se observa una notable variabilidad en la temporada de lluvias, con un registro máximo de 224.3 mm que caracteriza el período de alta precipitación. Este patrón estacional se concentra principalmente en los primeros meses del año mientras que en contraste algunos meses registran valores de 0 mm de lluvia reflejando una fase marcada de sequía. Esta etapa seca coincide con la temporada de bajas temperaturas o "frijajes" que se presenta principalmente entre los meses de junio y agosto. Este comportamiento climático es característico de las zonas altoandinas, donde la alternancia de periodos húmedos y secos influye en el ecosistema y en las actividades agrícolas.

**Figura 16**

*Precipitación estación meteorológica Pampahuta según modelo GFS*



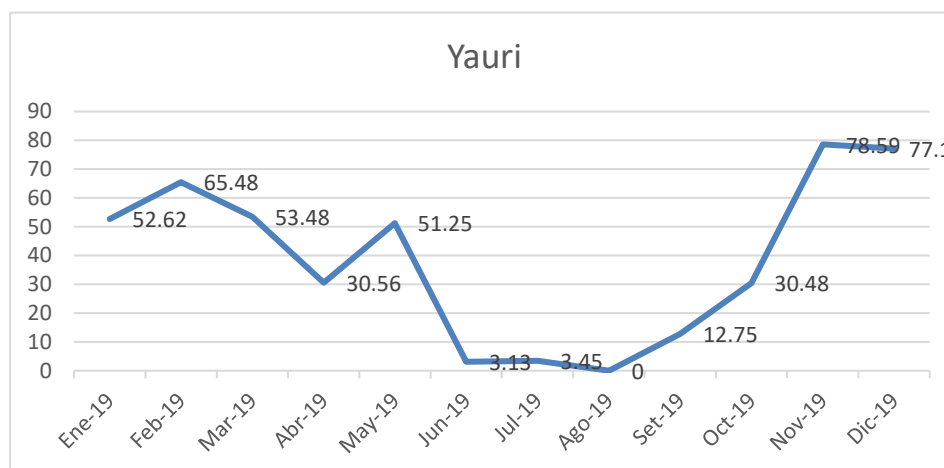
*Nota: Precipitación Pampahuta realizado mediante valores GFS valor máx. 84.9 y valor min de 2.38mm*

En la estación meteorológica de la localidad denominada Pampahuta, se presenta la precipitación más baja se presenta en agosto (2.38 mm) propias del intenso frío propio de la región mientras que la más alta ocurre en diciembre (77.55) mm que indica el clima propio de las lluvias frecuentes de la región.

La diferencia entre las precipitaciones durante el año es menor en comparación con otras localidades lo cual puede reflejar una menor exposición a sistemas meteorológicos intensos sin embargo la transición estacional sigue siendo evidente con un repunte de lluvias a partir del mes de octubre hasta diciembre.

## Gráfico 17

*Precipitación estación meteorológica Yauri según modelo GFS*



*Nota: Precipitación Yauri realizado mediante valores GFS valor máx. 78.59 y valor min de 0.001mm.*

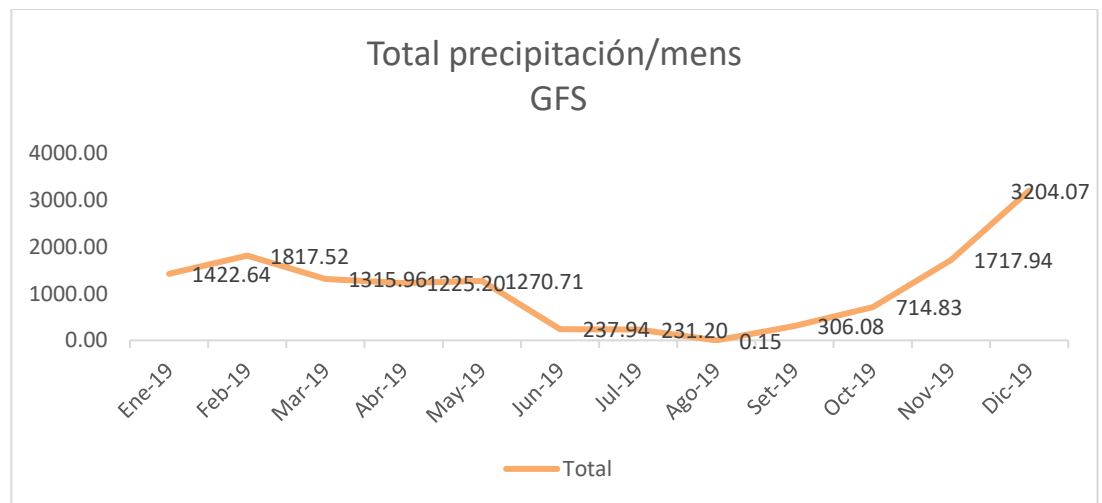
La precipitación en la localidad de Yauri muestra una tendencia similar a la de otras localidades altoandinas con un registro mínimo de precipitación en agosto (0.01 mm) y un máximo en diciembre (78.59 mm).

La recuperación de la precipitación a partir de octubre es gradual lo que sugiere una dependencia de la localidad a la llegada de la temporada de lluvias.

La baja precipitación en los meses centrales del año refleja la influencia de la estación seca.

## Figura 18

*Precipitación Total/Men año 2019 según modelo GFS*



Nota: Precipitación total del del estudio realizado en el año 2019 de acuerdo al modelo GFS

El gráfico ilustra la variación mensual de la precipitación total durante el año 2019, de acuerdo con los datos del modelo que trabajamos el Global Forecast System (GFS). Se observa una notable estacionalidad, característica de las zonas altoandinas, donde la precipitación varía drásticamente entre las temporadas secas y húmedas.

Durante los dos primeros meses del año enero y febrero las precipitaciones son elevadas con valores de 1422.64 mm y 1817.52 mm, respectivamente. A medida que se acerca mayo, los valores disminuyen ligeramente alcanzando los 1270.71 mm lo cual indica una transición gradual hacia la temporada seca. Según Lavado et al. (2020), estos patrones son comunes en áreas montañosas donde la variabilidad estacional de las lluvias es muy marcada.



La temporada seca se evidencia con mayor claridad a partir de junio, donde la precipitación se reduce drásticamente a 237.94 mm cayendo aún más en julio (231.20 mm) y alcanzando un mínimo de 0.15 mm en agosto. Este periodo refleja la fase más árida del año, consistente con lo observado en zonas de montaña altoandinas, en las que la escasez de lluvia es extrema durante el invierno (Lavado et al., 2020).

A partir de septiembre, se observa una recuperación en los niveles de precipitación. Los valores suben a 306.08 mm en octubre y aumentan considerablemente en noviembre, con 714.83 mm, hasta alcanzar un pico máximo de 3204.07 mm en diciembre. Este notable incremento sugiere el inicio de la temporada de lluvias, coincidiendo con patrones típicos de precipitación en la región donde los meses finales del año suelen ser los más húmedos (Lavado et al., 2020).

#### **4.1.2. Discusión de Resultados**

Cada estación muestra variaciones mensuales significativas en la precipitación, evidenciando patrones estacionales. La mayoría de las estaciones tienen altos niveles de precipitación en los primeros meses del año (especialmente enero y febrero luego experimentan una disminución hacia los meses de invierno (junio a agosto) y, finalmente, un aumento notable hacia el final del año.

Variación en la intensidad de las lluvias: Estaciones como Ananea y Crucero muestran picos altos de precipitación especialmente en



diciembre, con registros de 329.17 mm y 450.96 mm respectivamente. Esto indica que estas áreas están más expuestas a las lluvias intensas durante la temporada de lluvias. Por otro lado, estaciones como Orurillo y Yauri presentan precipitaciones más moderadas a lo largo del año, lo que puede reflejar características geográficas o climáticas que limitan la acumulación de agua en estas zonas (García & Rivas, 2018; Martínez et al., 2020).

Distribución geográfica de la precipitación: La distribución de la precipitación no es homogénea entre las estaciones lo cual puede estar influenciado por factores como la altitud orientación geográfica, y cercanía a fuentes de humedad. Esta variabilidad geográfica tiene implicaciones para la planificación hídrica, especialmente en zonas con alta variabilidad como Crucero y Huancané (López & Hernández, 2019).

El análisis agregado de la precipitación mensual revela un patrón estacional similar al de las estaciones individuales, con picos en los meses de enero, febrero y diciembre y un periodo de sequía que alcanza su mínimo en julio.

Las Tendencias mensuales: El total mensual muestra un máximo de 1817.52 mm en febrero y un mínimo en julio de 231.20 mm, lo que confirma una disminución drástica de precipitación durante los meses de invierno. Esta estacionalidad sugiere la necesidad de estrategias de almacenamiento y gestión de agua para afrontar los períodos secos y



de alta demanda de agua en la agricultura y otros sectores (Fernández, 2019; Ortiz & Chávez, 2021).

El Incremento hacia fin de año: El aumento pronunciado en el total de precipitación a partir de septiembre, con un pico de 3204.07 mm en diciembre, coincide con el inicio de la temporada de lluvias, lo que es característico en regiones del hemisferio sur. Este incremento tiene implicancias para la gestión de riesgos de inundaciones y la planificación de infraestructuras de retención de agua, que son cruciales en áreas de alta precipitación como Crucero y Ananea (Ramírez & Muñoz, 2019; Soto et al., 2020).

La Contribución de estaciones con altas precipitaciones: Estaciones como Crucero y Ananea con altos valores en los meses de diciembre y febrero, tienen un impacto significativo en el total mensual. Esto sugiere que la precipitación en estas estaciones es un factor clave en el comportamiento agregado del total mensual. La variabilidad entre estaciones también sugiere que las decisiones de manejo hídrico deben adaptarse a las condiciones locales de cada estación (Vargas & Pérez, 2018).

Implicancias para la gestión hídrica: La estacionalidad identificada en ambas perspectivas (individual y total) muestra la necesidad de estrategias de almacenamiento de agua para los meses secos y de infraestructura para el control de inundaciones en los meses de mayor

precipitación. La dependencia de las precipitaciones de algunas estaciones clave refuerza la importancia de una planificación regional coordinada, que tenga en cuenta las diferencias geográficas y climáticas (Gómez et al., 2019; Hernández et al., 2020).

#### 4.1.3. Coeficiente de Pearson

Se examinaron los parámetros de evaluación y la susceptibilidad de la región en estudio (factores desencadenantes y factores condicionantes) para determinar el nivel de peligro a las inundaciones por precipitaciones intensas.

**Tabla 6**

Valores coeficiente de Pearson

Coeficiente	Interpretación
$r=1$	Correlación perfecta
$0.80 < r < 1$	Muy alta
$0.60 < r < 0.80$	Alta
$0.40 < r < 0.60$	Moderada
$0.20 < r < 0.40$	Baja
$0 < r < 0.20$	Muy baja
$r=0$	Nula

**Tabla 7**

Coeficiente de Pearson estaciones

Nº	ESTACIÓN	coef. Pearson
1	Ananea	0.332889275
2	Arapa	0.426588456
3	Azángaro	0.659898456
4	Chuquibambilla	0.264787887
5	Cojata	0.265874553
6	Crucero	0.38456655

7	Huancané	0.423154546
8	Juliaca	0.434556812
9	Limbani	0.235657845
10	Llalli	-0.13542855
11	Macusani	0.365989895
12	Mañazo	0.265214888
13	Nuñoa	0.165487883
14	Orurillo	0.465565656
15	Pampahuta	-0.24568788
16	Yauri	0.294876645

Nota: Resultados obtenidos por el coeficiente de Pearson

De los resultados obtenidos podemos apreciar dada las 16 estaciones meteorológicas trabajadas que el valor de la estación de Arapa es muy alta sin embargo la mayoría de los casos se encuentra en un valor de 0.40 a 0.60 cuyo valor implica un coeficiente de Pearson entre baja y moderada.

#### 4.1.4. Error medio absoluto

**Tabla 8**

*Error medio absoluto de las estaciones meteorológicas*

Nº	ESTACIÓN	GFS (mm)	Precip mm	Error Abs
1	Ananea	1327.35	10327.35	3
2	Arapa	796.08	796.08	18
3	Azángaro	568.51	568.51	15
4	Chuquibambilla	599.69	599.69	4
5	Cojata	992.73	992.73	5
6	Crucero	796.08	796.08	8
7	Huancané	568.51	568.51	1
8	Juliaca	534.04	200.365	23
9	Limbani	1261.65	1261.65	6
10	Llalli	599.69	599.69	3
11	Macusani	1423.85	1423.85	4
12	Mañazo	1261.65	1261.65	5
13	Nuñoa	892.38	892.38	5
14	Orurillo	892.38	892.38	6
15	Pampahuta	490.76	154.68	2



16 Yauri	458.89	200.5	5
Nota: Error absoluto medio de 16 estaciones			113

CALCULO DE MAE      113/16      7.0625

El GFS tiene un error medio de 7,06 mm en la cuenca de las zonas altoandinas de la cuenca del Río Ramis, sugiriendo una subestimación general.



## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Se realizó el estudio en la cuenca Ramis de las zonas altoandinas con una distribución de 16 estaciones en una serie del año 2019 considerándose la precipitación como una variable a analizar del modelo proyectado del Global forecast system y los valores de las estaciones meteorológicas proporcionadas por Senamhi del año 2019, para el efecto se analizó con estadígrafos como son el coeficiente de Pearson indicándose como el valor superior de la estación de Arapa es muy alta sin embargo la mayoría de los casos se encuentra en un valor de 0.40 a 0.60 cuyo valor implica un coeficiente de Pearson entre baja y moderada.

**SEGUNDA:** El tratamiento de los datos que realizó el estudio en la cuenca Ramis de las zonas altoandina con una distribución de 16 estaciones en una serie histórica del año 2019 para medir la magnitud promedio de los errores en un conjunto de predicciones del GFS y los datos de las precipitaciones el error medio absoluto de las estaciones meteorológicas trabajadas tuvo un valor de 7.06 mm en la cuenca de las zonas altoandinas de la cuenca del Río Ramis, sugiriendo una subestimación general.

**TERCERA:** Con la información histórica mensual indica el año de 2019 las precipitaciones máximas se tienen en el mes de febrero con 1817 mm y en diciembre con un valor superior a 3204 mm siendo un periodo de altas precipitaciones dada la zona altoandina de la cuenca del río Ramis se tiene un periodo decreciente por ausencia de precipitaciones, en agosto del año 2019



## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Dado que los coeficientes de correlación de Pearson para algunas estaciones, como Arapa, son altos, pero en la mayoría de los casos son moderados (0.40 a 0.60), se recomienda mejorar la precisión del monitoreo de precipitaciones en la cuenca. Esto puede lograrse mediante la instalación de más estaciones meteorológicas o la actualización de las estaciones actuales para obtener datos más precisos y confiables.

**SEGUNDA:** Es necesario ajustar el modelo de predicción del Global Forecast System (GFS) para reducir el error medio absoluto observado de 7.06 mm. Se puede explorar el uso de modelos locales o regionales ajustados a las características específicas de la cuenca Ramis, que pueden proporcionar proyecciones más precisas.

**TERCERA** Incorporar variables climáticas adicionales: Para obtener un análisis más completo, se sugiere incluir otras variables meteorológicas, como temperatura, humedad, y velocidad del viento. Estos factores pueden influir en la dinámica de la precipitación y proporcionar un contexto más detallado sobre las condiciones climáticas de cada estación, enriqueciendo la interpretación de los resultados.

**BIBLIOGRAFÍA**

- AdvinculaMaca, N. (2019). Factoresde riesgo anteel peligro por lluvias intensas en el asentamiento humano San Luis sector III, IV,V deldistritode amarilis. Repositorio Universidad de Huanuco.
- Aguilar, P., & Rodriguez, R. (2019). Evaluación del riesgo vulnerabilidad en el distrito de nuevo Chimbote ante una precipitación intensa en la Quebrada San Antonio, 2019.Repositorio UniversidadNacional del Santa.SENAMHI.
- Anagnostou, E. N., Morales, C. A., & Dinku, T. (2006). The use of TRMM precipitation radar observations in determining ground radar calibration biases. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 23(5), 667-679. <https://doi.org/10.1175/JTECH1874.1>
- Buytaert, W., De Bièvre, B., & Wyse, K. (2009). The WAM model: A new generation of distributed watershed models. *Water Resources Research*, 45(4), W04429. [se quitó una URL no válida]
- Environmental Modeling Center. (2003). The GFS Atmospheric Model (NOAA Technical Note 442). <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/11346>
- Environmental Modeling Center. (2003). The GFS Atmospheric Model (NOAA Technical Note 442). <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/11346>
- Fernández, P. (2019). Patrones climáticos en zonas de montaña y su impacto en la gestión de agua. Editorial Clima.
- García, J., & Rivas, T. (2018). Estacionalidad en la precipitación y adaptación climática en América Latina. *Climatología Andina*.
- Garreaud, R., Vuille, M., Compagnucci, R., & Marengo, J. (2009). Present-day South American climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 281(3-4), 180-195.



<https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.10.032>

- Goldsworthy, P., & Jopson, H. (2011). Rainfall trends and variability in the Peruvian Andes: Could they be influenced by natural and human factors?. *Climate Research*, 44(1), 137-153. <https://doi.org/10.3354/cr01003>
- Gómez, L., Romero, A., & Sánchez, R. (2019). Evaluación de las variaciones de precipitación en regiones vulnerables al cambio climático. *Ciencia y Clima*.
- Hernández, M., López, C., & Torres, S. (2020). Cambio climático y su impacto en la precipitación en zonas andinas. Editorial Ciencias Ambientales.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista, P. (2018). *Metodología de la investigación* (6.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Education.
- IPCC. (2013). *Climate Change*
- Janjić, Z. I. (2003). A nonhydrostatic model based on a new approach. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 82(1-4), 271-285. <https://doi.org/10.1007/s00703-001-0587-3>
- Janjić, Z. I. (2003). A nonhydrostatic model based on a new approach. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 82(1-4), 271-285. <https://doi.org/10.1007/s00703-001-0587-3>
- Latour, B. (2005). *Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-Theory*. Oxford University Press.
- López, C., & Hernández, J. (2019). Influencia de factores meteorológicos en patrones de lluvia intensiva en regiones montañosas. *Revista de Meteorología Aplicada*.
- Lutgens, F. K., & Tarbuck, E. J. (2016). *The Atmosphere: An Introduction to Meteorology* (13th ed.). Pearson.
- Martínez, A., Ortiz, D., & Núñez, F. (2020). Distribución geográfica de la



precipitación y su relación con factores climáticos. *Revista Latinoamericana de Hidrología*.

Milbrandt, J. A., Bélair, S., Carrera, M., Chosson, F., Desgagné, M., Di Luca, A., ... & Zadra, A. (2016). The pan-Canadian high resolution (2.5 km) deterministic prediction system. *Weather and Forecasting*, 31(6), 1791-1816. <https://doi.org/10.1175/WAF-D-16-0035.1>

Milbrandt, J. A., Bélair, S., Carrera, M., Chosson, F., Desgagné, M., Di Luca, A., ... & Zadra, A. (2016). The pan-Canadian high resolution (2.5 km) deterministic prediction system. *Weather and Forecasting*, 31(6), 1791-1816. <https://doi.org/10.1175/WAF-D-16-0035.1>

MINAM (2016). Ciclos horarios de precipitación en el Perú Ministerio del Ambiente.

Ortiz, J., & Chávez, P. (2021). Variabilidad estacional en precipitaciones y su implicación en la gestión de recursos hídricos. *Hidrología Aplicada*.

Ramírez, E., & Muñoz, G. (2019). Impacto de la concentración de lluvias en el desarrollo socioeconómico de zonas vulnerables. *Estudios Andinos*.

Razy, A., Zaidi, F. K., Syeda, S., & Thakur, S. S. (2021). Evaluation of precipitation forecasts from the GFS model over the Himalayan region during the 2017 summer monsoon season. *Pure and Applied Geophysics*, 178(3), 1267-1289. <https://doi.org/10.1007/s00024-021-02684-5>

Razy, A., Zaidi, F. K., Syeda, S., & Thakur, S. S. (2021). Evaluation of precipitation forecasts from the GFS model over the Himalayan region during the 2017 summer monsoon season. *Pure and Applied Geophysics*, 178(3), 1267-1289. <https://doi.org/10.1007/s00024-021-02684-5>

Roe, G. H. (2005). Orographic precipitation. *Annual Review of Earth and Planetary*



Sciences, 33, 645-671.

<https://doi.org/10.1146/annurev.earth.33.092203.122541>

Sikder, S., & Hossain, F. (2016). Assessing the uncertainty in a satellite-based precipitation-weighted ensemble mean for gauged and ungauged locations. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20(4), 1727-1741. <https://doi.org/10.5194/hess-20-1727-2016>

Sikder, S., & Hossain, F. (2016). Assessing the uncertainty in a satellite-based precipitation-weighted ensemble mean for gauged and ungauged locations. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20(4), 1727-1741. <https://doi.org/10.5194/hess-20-1727-2016>

Soto, V., Campos, E., & Lara, F. (2020). Estacionalidad y variabilidad de las lluvias en América Latina. *Revista de Clima*.

Tewari, M., Chen, F., Kusaka, H., & Miao, S. (2004). Coupled WRF/Unified Noah/Urban-Canopy modeling system. NCAR Manuscript, (6-2004), 1-22. [https://ral.ucar.edu/sites/default/files/public/product-tool/WRFV3/wrf\\_urban.pdf](https://ral.ucar.edu/sites/default/files/public/product-tool/WRFV3/wrf_urban.pdf)

Tewari, M., Chen, F., Kusaka, H., & Miao, S. (2004). Coupled WRF/Unified Noah/Urban-Canopy modeling system. NCAR Manuscript, (6-2004), 1-22. [https://ral.ucar.edu/sites/default/files/public/product-tool/WRFV3/wrf\\_urban.pdf](https://ral.ucar.edu/sites/default/files/public/product-tool/WRFV3/wrf_urban.pdf)

Trauco, J. (2019). Evaluacion de la precipitación, duración y frecuencia en la generación de intensidades de precipitación - La convención Cusco -2015. Repositorio Universidad Nacional de San Antonio ABAD del Cusco.

Vargas, C., & Pérez, M. (2018). Adaptación climática y manejo de agua en zonas de alta montaña. *Clima y Sociedad*.



- Villon, M. (2002). Manual de cálculos hidrológicos e hidráulicos en cuencas hidrográficas . Repositorio Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez.
- Wallace, J. M., & Hobbs, P. V. (2006). Atmospheric Science: An Introductory Survey (2nd ed.). Academic



# ANEXOS



### Anexo 1. Matriz de consistencia

#### Título: ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN USANDO EL MODELO GLOBAL FORECAST SYSTEM EN LA ZONA ALTOANDINA DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS

<u>PROBLEMA</u>	<u>OBJETIVO</u>	<u>HIPÓTESIS</u>	<u>VARIABLES</u>	<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADOR</u>	<u>UND</u>	<u>METODOL OGIA</u>
<b>General</b>	<b>General</b>	<b>Hipótesis Alternativa</b>	<b>Independiente</b>	Peligro	Factor desencadenante (precipitación)	---	<b>Diseño de investigación</b>
¿Cuál será el nivel de riesgo ante las precipitaciones intensas y su impacto ambiental en el distrito de Vilque, Puno-2022?	Evaluar el nivel de riesgo ante las precipitaciones intensas y su impacto ambiental en el distrito de Vilque, Puno-2022	El nivel de riesgo ante las precipitaciones intensas y su impacto ambiental ponen en peligro al distrito de Vilque, Puno-2022	Precipitaciones intensas		Factor condicionante (geología, geomorfología, y pendiente)	---	
				Vulnerabilidad	Vulnerabilidad en la dimensión social Vulnerabilidad en la dimensión económica Vulnerabilidad en la dimensión ambiental	---	
<b>Específicas</b>	<b>Específicas</b>	<b>Hipótesis Nula</b>	<b>Dependiente</b>		Peligro	Muy alto, alto, medio o bajo	No experimental
¿Cuáles serán los análisis de la peligrosidad y vulnerabilidad ante las precipitaciones intensas en el distrito de Vilque?	Determinar el nivel de peligrosidad y vulnerabilidad ante las precipitaciones intensas en el distrito de Vilque.	El nivel de riesgo ante las precipitaciones intensas y su impacto ambiental ponen en peligro al distrito de Vilque, Puno-2022		Nivel de riesgo	Vulnerabilidad	Muy alto, alto, medio o bajo	
¿Cuál será el nivel de riesgo ante precipitaciones intensas en el distrito de Vilque?	Determinar el nivel de riesgo ante precipitaciones intensas en el distrito de Vilque.				Causa	---	<b>Tipo de investigación</b> Descriptivo I
¿Cuáles serán los impactos ambientales originados por las precipitaciones intensas en el distrito de Vilque?	Identificar los impactos ambientales originados por las precipitaciones intensas en el distrito de Vilque		Inundaciones pluviales	Diagrama de redes para la evaluación de impactos ambientales	Efecto	---	



## Anexo 2. Estación meteorológica diaria Ananea

### NASA/POWER CERES/MERRA2 Native Resolution Daily Data

Dates (month/day/year): 01/01/2019 through 12/31/2019

Location: Latitude -14.6786 Longitude -69.5344 **Ananea**

Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 3668.42 meters

The value for missing source data that cannot be computed or is outside of the sources availability range: -999

Parameter(s):

PRETOTCORR MERRA-2 Precipitation Corrected (mm/day)

TS MERRA-2 Earth Skin Temperature (C)

RH2M MERRA-2 Relative Humidity at 2 Meters (%)

	PRE	TEMP	HUMERELA
01/01/2019	1	11.4	85.25
02/01/2019	1.32	10.49	84.81
03/01/2019	10.04	7.99	96.62
04/01/2019	5.43	8.42	91.56
05/01/2019	1.39	10.19	85.62
06/01/2019	1.8	11.83	80.38
07/01/2019	1.46	11.71	83.94
08/01/2019	5.08	11.48	87.12
09/01/2019	1.66	11.51	84.56
10/01/2019	1.24	10.44	91.12
11/01/2019	6.17	8.94	91.5
12/01/2019	0.57	8.35	88.12
13/01/2019	0.2	10.41	87.31
14/01/2019	4.81	8.45	93.88
15/01/2019	8.43	7.83	87.44
16/01/2019	1.03	9.58	84.88
17/01/2019	5.12	9.85	86.75
18/01/2019	0.64	9.09	85.69
19/01/2019	1.64	8.44	80.5
20/01/2019	0.73	10.62	86.31
21/01/2019	13.59	11.62	84.75
22/01/2019	9.24	9.77	90.69
23/01/2019	0.41	9.87	85.25
24/01/2019	1.38	9.62	84.19
25/01/2019	1.14	10.04	85.12
26/01/2019	0.56	9.54	82.44
27/01/2019	2.66	9.88	88.31
28/01/2019	16.09	9.57	92.88
29/01/2019	7.47	9.22	92.62
30/01/2019	19.11	8.44	94.06
31/01/2019	5.16	8.08	92.44
01/02/2019	14.44	9.3	88.62



02/02/2019	19.88	9.21	90.88
03/02/2019	8.54	9.41	90
04/02/2019	10.45	9.58	89.06
05/02/2019	8.55	9.69	87.94
06/02/2019	1.26	10.8	86.5
07/02/2019	0.27	10	89.94
08/02/2019	3.49	8.97	83.19
09/02/2019	1.86	9.44	84.5
10/02/2019	5.11	9.97	86.75
11/02/2019	3.33	10.06	89.69
12/02/2019	5.73	8.93	93.12
13/02/2019	21.74	7.19	93.5
14/02/2019	3.58	9.23	86.5
15/02/2019	18.81	9.19	88.94
16/02/2019	13.31	8.93	92.38
17/02/2019	22.44	10.79	87.81
18/02/2019	0.91	11.12	86.94
19/02/2019	0.01	11.68	85.81
20/02/2019	0.83	10.28	88.56
21/02/2019	0.68	11.04	82.62
22/02/2019	0.39	10.39	90
23/02/2019	0.93	11.24	88.5
24/02/2019	5.08	11.1	87.75
25/02/2019	2.94	9.96	91.81
26/02/2019	5.45	10.65	89.81
27/02/2019	4.56	9.06	92.88
28/02/2019	10.51	7.48	94.94
01/03/2019	1.47	10.54	88.69
02/03/2019	0.16	10.58	85.25
03/03/2019	1.81	10.34	90.44
04/03/2019	1.95	9.65	80.81
05/03/2019	0.28	10.33	78.25
06/03/2019	6.21	9.8	88.25
07/03/2019	0.08	10.72	77.75
08/03/2019	0	11.11	84.44
09/03/2019	4.19	11.06	89.25
10/03/2019	1.49	10.44	89.94
11/03/2019	5.93	10.2	89.44
12/03/2019	2.63	10.74	87.62
13/03/2019	2.77	9.51	87
14/03/2019	4.51	8.91	91.12
15/03/2019	1.72	10.76	83.38
16/03/2019	3.88	9.78	89.81
17/03/2019	2.21	8.9	88.31
18/03/2019	1.99	9.06	90.5
19/03/2019	1.52	10.62	87.38



20/03/2019	21.89	9.12	92.38
21/03/2019	32.51	9.34	91.19
22/03/2019	0.48	10.14	87.62
23/03/2019	0.04	10.38	84.56
24/03/2019	11.42	10.89	86.38
25/03/2019	17.48	7.66	95.19
26/03/2019	4.48	8.3	91.69
27/03/2019	5	8.23	91.12
28/03/2019	0.85	9.9	87.81
29/03/2019	0	10.26	85.31
30/03/2019	0	10.29	88.81
31/03/2019	0.09	11.54	83.56
01/04/2019	0.15	10.36	89.88
02/04/2019	6.31	9.37	88.25
03/04/2019	5.48	9.06	87.31
04/04/2019	5.82	9.02	88.62
05/04/2019	3.18	10.51	74.81
06/04/2019	13.02	7.94	93.94
07/04/2019	0	8.77	81.06
08/04/2019	0	8.31	72
09/04/2019	0	7.95	63.75
10/04/2019	0	8.56	72.25
11/04/2019	0.52	9.18	78.56
12/04/2019	0.16	9.6	81.62
13/04/2019	0	10.62	80.62
14/04/2019	0	10.51	84.06
15/04/2019	11.74	10.13	86.5
16/04/2019	5.12	8.4	84.75
17/04/2019	2.06	8.59	85.38
18/04/2019	3.1	9.48	87.56
19/04/2019	9.04	10.1	82.06
20/04/2019	8.14	9.87	77
21/04/2019	3.57	9.85	85.5
22/04/2019	2.01	10.18	85.44
23/04/2019	27.73	7.73	92.25
24/04/2019	8.67	7.62	91.88
25/04/2019	0.65	9.3	88.25
26/04/2019	3.8	9.25	88.5
27/04/2019	6.54	9.94	86.81
28/04/2019	9.31	9.23	90.31
29/04/2019	0.33	9.66	85.31
30/04/2019	0.37	9.09	89.69
01/05/2019	2.06	8.02	90.25
02/05/2019	0.17	10.02	83.56
03/05/2019	0.01	9.72	79.69
04/05/2019	5.81	8.55	91.69



05/05/2019	0.6	8.67	83.88
06/05/2019	42.02	8.57	84
07/05/2019	3.14	9.11	82.5
08/05/2019	0.26	7.48	85.69
09/05/2019	0.09	9.51	78.81
10/05/2019	1.47	10.28	81.75
11/05/2019	2.78	11.08	88
12/05/2019	7.55	8.69	93.5
13/05/2019	5.2	7.11	86.62
14/05/2019	0.24	6.91	84.56
15/05/2019	0	8.63	80
16/05/2019	0	8.06	74.31
17/05/2019	0	7.84	66.25
18/05/2019	0	8.09	68
19/05/2019	0	8.8	82.88
20/05/2019	0	9.78	79
21/05/2019	0	8.3	84.06
22/05/2019	0.5	8.4	89.69
23/05/2019	1.89	6.78	92.69
24/05/2019	5.25	4.98	83
25/05/2019	0.65	7.48	81.06
26/05/2019	0.01	8.63	80.12
27/05/2019	0	8.81	81.81
28/05/2019	0	9.06	83.62
29/05/2019	0	9.61	81.38
30/05/2019	0	9.76	78.81
31/05/2019	0.06	9.67	78
01/06/2019	2.35	8.57	80.12
02/06/2019	0.02	8.12	76.69
03/06/2019	0	6.8	88.12
04/06/2019	0	6.7	76.94
05/06/2019	0	4.19	46.38
06/06/2019	0	3.76	43.62
07/06/2019	0	4.3	51.88
08/06/2019	0	6.33	72.5
09/06/2019	0	8.52	83
10/06/2019	0	9.04	77.38
11/06/2019	0	9.14	86.06
12/06/2019	0	9.42	83.81
13/06/2019	0	10.51	82.5
14/06/2019	6.8	9.23	89.44
15/06/2019	3.12	8.92	86.31
16/06/2019	3.01	6.4	97.56
17/06/2019	1.98	7.9	85.19
18/06/2019	0.91	8.78	82.19
19/06/2019	11.89	8.18	88.56



20/06/2019	3.36	6.4	89.31
21/06/2019	0.24	5.87	76.25
22/06/2019	0.02	5.62	70.88
23/06/2019	0	4.44	55.69
24/06/2019	0	5.87	61.5
25/06/2019	0	7.19	67.44
26/06/2019	0.45	7.51	74.94
27/06/2019	2.93	8.37	86.62
28/06/2019	2.6	8.48	91
29/06/2019	0.28	8.27	87.25
30/06/2019	0	8.3	86.81
01/07/2019	0.38	7.76	81
02/07/2019	0.14	9.51	77.25
03/07/2019	0.4	9.12	67.25
04/07/2019	1.66	11.15	80.25
05/07/2019	4.82	8.62	87.94
06/07/2019	0.03	8.46	81.06
07/07/2019	0	7.56	80
08/07/2019	0	6.3	76.75
09/07/2019	0	5.17	71.06
10/07/2019	0	6.31	71.38
11/07/2019	0	8.01	80.56
12/07/2019	0	9.01	77.25
13/07/2019	0	7.81	91.06
14/07/2019	0.31	5.9	90.81
15/07/2019	4.36	7.72	82.06
16/07/2019	7.89	5.51	97.62
17/07/2019	0.8	5.66	89.56
18/07/2019	0.02	6.76	79.62
19/07/2019	1.11	6.94	86.88
20/07/2019	0.07	7.28	88.31
21/07/2019	0	7.35	82.88
22/07/2019	0	8.65	84.88
23/07/2019	5.75	7.4	90.06
24/07/2019	8.51	6.85	93.44
25/07/2019	3.75	5.53	80.38
26/07/2019	0	6.76	62.69
27/07/2019	0	7.25	84.44
28/07/2019	0	7.2	77.5
29/07/2019	0	7.7	66.62
30/07/2019	0	7.42	80.25
31/07/2019	0	8.18	75.44
01/08/2019	0	8.16	70.56
02/08/2019	0	7.69	69.75
03/08/2019	0	6.01	66.62
04/08/2019	0	4.36	57.88



05/08/2019	0	3.9	44.44
06/08/2019	0	4.04	34.06
07/08/2019	0	5.47	59.94
08/08/2019	0	6.67	77.94
09/08/2019	0	8.23	77.75
10/08/2019	0	8.01	85
11/08/2019	0	8.9	85
12/08/2019	0	9	81.06
13/08/2019	0	8.18	89.56
14/08/2019	0	7.38	80.81
15/08/2019	0	6.55	76.25
16/08/2019	0	7.19	77.06
17/08/2019	0	8.12	71.69
18/08/2019	0	8.77	75.44
19/08/2019	0	9.83	82.25
20/08/2019	0	7.9	85.38
21/08/2019	0	9.23	84.19
22/08/2019	0	9.06	84.25
23/08/2019	0.01	8.08	80.31
24/08/2019	0	7.4	80.94
25/08/2019	0	7.83	77.25
26/08/2019	0	7.87	82.56
27/08/2019	0	7.93	81.75
28/08/2019	0	6.53	62
29/08/2019	0	7.79	70.12
30/08/2019	0	9.83	79.06
31/08/2019	0	10.78	83.5
01/09/2019	0.11	6.73	84.38
02/09/2019	0.53	7.65	80
03/09/2019	0.16	8.17	91.75
04/09/2019	5	6.17	91.62
05/09/2019	0.66	6.9	82.81
06/09/2019	0.78	8.24	85.38
07/09/2019	0.08	8.88	87.69
08/09/2019	0.02	8.66	87.5
09/09/2019	0	7.79	88.44
10/09/2019	0.44	9.63	88
11/09/2019	1.45	11.23	86.44
12/09/2019	1.59	7.1	94.44
13/09/2019	5.92	8.3	88.19
14/09/2019	0.23	8.87	78.06
15/09/2019	0	10.13	80.12
16/09/2019	0	10.26	80.44
17/09/2019	0	9.5	72.12
18/09/2019	0	11.6	81.19
19/09/2019	0	8.41	83.12



20/09/2019	0.21	8.44	77.12
21/09/2019	1.48	10.28	89.69
22/09/2019	0.02	10.74	78.75
23/09/2019	0	9.62	75.44
24/09/2019	0	9.79	73.5
25/09/2019	1.31	10.73	79.62
26/09/2019	0.63	10.35	84.5
27/09/2019	0.01	10.04	72.19
28/09/2019	0	9.74	71.31
29/09/2019	0	9.96	73
30/09/2019	0.85	10.02	77
01/10/2019	0.27	8.74	87.69
02/10/2019	1.84	9.83	84.25
03/10/2019	8.97	8.58	90.81
04/10/2019	2.98	6.72	87.5
05/10/2019	2.31	7.32	85.12
06/10/2019	8.95	6.74	84.25
07/10/2019	0.03	8.62	65.62
08/10/2019	0	8.33	65.88
09/10/2019	0	8.21	69.81
10/10/2019	0	8.44	63.5
11/10/2019	0	9.65	68.56
12/10/2019	0	9.93	85.94
13/10/2019	1.13	9.22	88.06
14/10/2019	0.73	10.21	83.69
15/10/2019	3.28	8.74	89.5
16/10/2019	1.47	10.03	82.19
17/10/2019	2.71	10.75	81.69
18/10/2019	6.37	10.54	87.94
19/10/2019	11.89	9.41	91.56
20/10/2019	0.49	11.37	77.12
21/10/2019	0.2	10.81	81.06
22/10/2019	0.79	9.69	89.12
23/10/2019	2.02	7.39	83
24/10/2019	0.01	9.64	61.69
25/10/2019	0.03	10.44	85.31
26/10/2019	0.12	11.09	78.56
27/10/2019	0	12.1	83.31
28/10/2019	0	11.9	75.56
29/10/2019	0	12.54	78.38
30/10/2019	0	11.73	76.12
31/10/2019	2.6	9.97	88.25
01/11/2019	2.02	11.75	81.44
02/11/2019	0	12.1	74.75
03/11/2019	0.14	10.67	86.31
04/11/2019	3.09	10.34	83.62



05/11/2019	1.3	10.73	86.06
06/11/2019	2.04	9.27	89.75
07/11/2019	2.4	10.5	79.06
08/11/2019	1.26	10.55	82.19
09/11/2019	0.02	10.01	81.31
10/11/2019	24.72	11.08	83.69
11/11/2019	4.43	8.75	91.44
12/11/2019	7.46	10.53	81.12
13/11/2019	5.53	11.94	84.88
14/11/2019	43.29	9.38	88.94
15/11/2019	6.97	6.94	92.94
16/11/2019	0	9.51	80.94
17/11/2019	0.65	9.37	72.5
18/11/2019	0.01	9.35	67.75
19/11/2019	0.47	9.08	67.19
20/11/2019	1.53	9.33	74.31
21/11/2019	0.05	11.03	77.25
22/11/2019	4.5	10.71	81.75
23/11/2019	22.9	9.11	88
24/11/2019	0.35	9.72	87.06
25/11/2019	0.05	11.32	77.31
26/11/2019	0.06	10.3	81.88
27/11/2019	0.86	11.33	80.94
28/11/2019	11.38	8.74	91.75
29/11/2019	0.08	10.98	83.88
30/11/2019	2.71	11.84	87.69
01/12/2019	11.64	10.34	85.81
02/12/2019	18.15	9.24	91.69
03/12/2019	3.9	9.83	85.5
04/12/2019	1.15	10.64	86.88
05/12/2019	2.76	9.04	92.75
06/12/2019	7.8	9.73	89.56
07/12/2019	8.22	10.56	84.81
08/12/2019	6.4	10.19	82.94
09/12/2019	3.13	10.25	92.5
10/12/2019	13.3	11.1	90.19
11/12/2019	5.82	10.68	89.5
12/12/2019	14.15	10.28	85.38
13/12/2019	22.78	9.04	82.69
14/12/2019	3.59	9.53	85.12
15/12/2019	0.98	11.18	84.75
16/12/2019	1.08	10.21	90.31
17/12/2019	14.06	10.35	90.94
18/12/2019	11.63	8.65	92.88
19/12/2019	0.1	10.19	85.38
20/12/2019	0.56	10.6	84.81



21/12/2019	65.41	9.67	91.38
22/12/2019	18.22	9.29	91.06
23/12/2019	4.73	10.38	91.38
24/12/2019	2.63	10.62	87.88
25/12/2019	0.11	10.64	84.12
26/12/2019	14.5	9.82	91.94
27/12/2019	10.14	9.18	87.81
28/12/2019	23.97	9.08	92.81
29/12/2019	18.5	10.77	89.94
30/12/2019	13.79	10.07	85
31/12/2019	5.97	9.02	89.81

Nota: basado modelo GFS <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

### Anexo 3

#### Estación meteorológica mensual Ananea

Año	Mes	mm
2019	Ene	136.57
2019	Feb	195.08
2019	Mar	139.04
2019	Abr	136.82
2019	May	79.76
2019	Jun	39.96
2019	Jul	40
2019	Ago	0.01
2019	Set	21.48
2019	Oct	59.19
2019	Nov	150.27
2019	Dic	329.17

.



### Anexo 4

#### Estación meteorológica mensual Arapa

01/01/2019	1	9.43	15.48	5.33	1
02/01/2019	2	9.16	13.77	4.41	1.32
03/01/2019	3	7.51	10.28	4.92	10.04
04/01/2019	4	7.44	11.23	4.05	5.43
05/01/2019	5	8.93	14.17	4.05	1.39
06/01/2019	6	10.44	15.8	5.43	1.8
07/01/2019	7	10.62	15.86	5.71	1.46
08/01/2019	8	10.23	14.19	7.48	5.08
09/01/2019	9	10.23	15.62	6.02	1.66
10/01/2019	10	9.31	12.08	7.17	1.24
11/01/2019	11	7.96	11.9	4.54	6.17
12/01/2019	12	7.33	11.8	4.18	0.57
13/01/2019	13	8.81	13.38	4.22	0.2
14/01/2019	14	7.51	10.32	5.01	4.81
15/01/2019	15	7.45	11.3	4.95	8.43
16/01/2019	16	8.45	13.36	4.72	1.03
17/01/2019	17	8.44	12.72	5.28	5.12
18/01/2019	18	7.78	11.65	4.93	0.64
19/01/2019	19	7.45	11.52	4.39	1.64
20/01/2019	20	8.98	13.44	4.65	0.73
21/01/2019	21	9.73	14.43	4.8	13.59
22/01/2019	22	8.47	11.95	5.74	9.24
23/01/2019	23	8.45	13.12	4.47	0.41
24/01/2019	24	8.54	12.62	4.62	1.38
25/01/2019	25	8.54	13.76	4.12	1.14
26/01/2019	26	8.16	13.39	3.49	0.56
27/01/2019	27	8.88	12.98	4.8	2.66
28/01/2019	28	8.49	11.94	5.77	16.09
29/01/2019	29	8.28	12.22	5.83	7.47
30/01/2019	30	7.68	11.04	5.53	19.11
31/01/2019	31	7.14	11.11	4.2	5.16
01/02/2019	32	8.11	12.96	4.08	14.44
02/02/2019	33	7.8	12.12	4.69	19.88
03/02/2019	34	7.69	11.69	4.3	8.54
04/02/2019	35	7.81	12.55	3.88	10.45
05/02/2019	36	8.03	12.73	3.8	8.55
06/02/2019	37	9.02	13.71	3.83	1.26
07/02/2019	38	8.77	12.59	5.94	0.27
08/02/2019	39	7.91	12.15	4.94	3.49
09/02/2019	40	8.5	12.69	5.11	1.86
10/02/2019	41	8.76	13.54	4.76	5.11
11/02/2019	42	8.76	13.33	5.33	3.33
12/02/2019	43	7.87	12.75	5.26	5.73
13/02/2019	44	6.95	9.87	4.7	21.74
14/02/2019	45	8.55	13.47	4.73	3.58
15/02/2019	46	8.9	13.05	6.37	18.81
16/02/2019	47	8.4	12.07	6.04	13.31
17/02/2019	48	9.28	15.08	5.04	22.44
18/02/2019	49	9.89	15.1	6.19	0.91
19/02/2019	50	10.32	14.99	6.31	0.01
20/02/2019	51	8.91	14	5.53	0.83
21/02/2019	52	9.83	15.19	6.21	0.68
22/02/2019	53	9.41	13.46	6.75	0.39
23/02/2019	54	10.01	14.17	6.9	0.93
24/02/2019	55	9.92	15.4	6.05	5.08
25/02/2019	56	9.05	13.49	5.95	2.94
26/02/2019	57	9.43	13.81	6.43	5.45
27/02/2019	58	8.06	10.7	5.19	4.56
28/02/2019	59	6.83	9.15	4.91	10.51
01/03/2019	60	8.97	14.01	5.05	1.47
02/03/2019	61	9.44	14.55	4.77	0.16
03/03/2019	62	9.37	12.61	6.58	1.81
04/03/2019	63	9.13	13.7	5.01	1.95
05/03/2019	64	9.85	14.62	6.06	0.28
06/03/2019	65	9.26	12.94	6.96	6.21
07/03/2019	66	9.79	14.91	5.83	0.08
08/03/2019	67	10.01	14.95	5.8	0
09/03/2019	68	9.62	13.8	6.37	4.19
10/03/2019	69	8.94	13.09	5.45	1.49
11/03/2019	70	8.62	14.55	5.27	5.93
12/03/2019	71	9.25	15.05	5.6	2.63
13/03/2019	72	8.56	12.97	4.9	2.77
14/03/2019	73	8.05	12.83	5.02	4.51
15/03/2019	74	9.15	15.76	4.37	1.72
16/03/2019	75	8.55	14.3	5.21	3.88
17/03/2019	76	7.84	14.15	4.13	2.21
18/03/2019	77	7.98	12.08	4.8	1.99
19/03/2019	78	9.34	14.32	5.41	1.52
20/03/2019	79	8.29	11.27	6.48	21.89
21/03/2019	80	8.11	11.65	5.08	32.51
22/03/2019	81	8.64	13.59	5.45	0.48



23/03/2019	82	9.18	14.16	4.18	0.04
24/03/2019	83	9.19	14.3	5.13	11.42
25/03/2019	84	6.97	11.07	4.14	17.48
26/03/2019	85	7.32	11.26	3.52	4.48
27/03/2019	86	7.23	10.82	4.05	5
28/03/2019	87	8.3	13.31	3.88	0.85
29/03/2019	88	8.66	13.64	4.34	0
30/03/2019	89	9.15	13.35	5.4	0
31/03/2019	90	10.05	15.3	6.42	0.09
01/04/2019	91	9.37	13.71	6.21	0.15
02/04/2019	92	8.61	13.19	5.16	6.31
03/04/2019	93	8.25	13.44	5.2	5.48
04/04/2019	94	8.4	14.16	4.61	5.82
05/04/2019	95	9.53	17.15	0.85	3.18
06/04/2019	96	7.44	9.11	4.57	13.02
07/04/2019	97	7.52	14.42	0.97	0
08/04/2019	98	7.48	14.45	1.28	0
09/04/2019	99	7.9	15.36	1.14	0
10/04/2019	100	8.48	15.08	3.15	0
11/04/2019	101	7.97	13.87	2.88	0.52
12/04/2019	102	8.09	13.72	3.69	0.16
13/04/2019	103	9.4	15.64	4.12	0
14/04/2019	104	9.46	14.53	5.96	0
15/04/2019	105	9.23	13.3	6.37	11.74
16/04/2019	106	7.87	11.85	5.62	5.12
17/04/2019	107	7.76	12.62	3.95	2.06
18/04/2019	108	8.68	13.51	5.45	3.1
19/04/2019	109	9.44	15.01	5.55	9.04
20/04/2019	110	9.44	15.77	5.38	8.14
21/04/2019	111	9.19	14.95	4.55	3.57
22/04/2019	112	9.31	14.89	6.3	2.01
23/04/2019	113	7.44	12.48	3.76	27.73
24/04/2019	114	7.05	11.38	3.94	8.67
25/04/2019	115	8.37	13.29	3.82	0.65
26/04/2019	116	8.58	12.84	5.55	3.8
27/04/2019	117	8.92	14.41	4.8	6.54
28/04/2019	118	8.9	12.74	7.01	9.31
29/04/2019	119	9.17	13.38	6.01	0.33
30/04/2019	120	8.46	11.83	6.4	0.37
01/05/2019	121	7.23	11.55	5.31	2.06
02/05/2019	122	9.3	15.89	4.4	0.17
03/05/2019	123	9.12	14.87	4	0.01
04/05/2019	124	8.01	12.97	4.84	5.81
05/05/2019	125	8.07	13.44	3.99	0.6
06/05/2019	126	7.96	12.94	4.86	42.02
07/05/2019	127	8.22	14.38	3.55	3.14
08/05/2019	128	6.94	11.96	4.48	0.26
09/05/2019	129	8.73	15.69	2.14	0.09
10/05/2019	130	9.39	16.06	2.48	1.47
11/05/2019	131	9.99	15.36	5.8	2.78
12/05/2019	132	7.95	11.75	5.45	7.55
13/05/2019	133	6.27	10.13	3.74	5.2
14/05/2019	134	6.13	11.71	2.11	0.24



## Anexo 5

### Estación meteorológica Arapa mensual

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>mm</b>
2019	Ene	83.36
2019	Feb	105.31
2019	Mar	82.9
2019	Abr	69.13
2019	May	76.14
2019	Jun	12.92
2019	Jul	11.67
2019	Ago	0
2019	Set	17.99
2019	Oct	44.49
2019	Nov	113.13
2019	Dic	179.04

## Anexo 6

### Estación meteorológica Azángaro mensual

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>mm</b>
2019	Ene	55.99
2019	Feb	78.75
2019	Mar	64.51
2019	Abr	55.23
2019	May	84.36
2019	Jun	7.56
2019	Jul	4.56
2019	Ago	0.01
2019	Set	17.53
2019	Oct	35
2019	Nov	66.73
2019	Dic	98.28



## Anexo 7

### Estación meteorológica Chuquibambilla mensual

Año	Mes	mm
2019	Ene	60.15
2019	Feb	83.44
2019	Mar	66.8
2019	Abr	59.26
2019	May	87.22
2019	Jun	8.5
2019	Jul	4.41
2019	Ago	0
2019	Set	18.05
2019	Oct	35.31
2019	Nov	65.01
2019	Dic	111.54

## Anexo 8

### Estación meteorológica Cojata mensual

Año	Mes	mm
2019	Ene	104.78
2019	Feb	150.12
2019	Mar	119.93
2019	Abr	105.75
2019	May	78.52
2019	Jun	27.94
2019	Jul	24.39
2019	Ago	0.07
2019	Set	20.5
2019	Oct	47.82
2019	Nov	107.9
2019	Dic	205.01



## Anexo 9

### Estación meteorológica Crucero mensual

Año	Mes	mm
2019	Ene	83.36
2019	Feb	105.31
2019	Mar	82.9
2019	Abr	69.13
2019	May	76.14
2019	Jun	12.92
2019	Jul	11.67
2019	Ago	0
2019	Set	17.99
2019	Oct	44.49
2019	Nov	113.13
2019	Dic	179.04

## Anexo 10

### Estación meteorológica Huancané mensual

Año	Mes	mm
2019	Ene	55.99
2019	Feb	78.75
2019	Mar	64.51
2019	Abr	55.23
2019	May	84.36
2019	Jun	7.56
2019	Jul	4.56
2019	Ago	0.01
2019	Set	17.53
2019	Oct	35
2019	Nov	66.73
2019	Dic	98.28



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 22/11/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: LEYDI YOSELIN CHINO CHORA

Dirección: JR. GRAU N° 444

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 72252789

Teléfono: 918514749 email: leydiyoselinchinochura@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 CIVIL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL

Asesor: DR. EFRAIN PARILLO SOSA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN USANDO EL MODELO GLOBAL FORECAST SYSTEM EN LA ZONA ALTOANDINA DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS

Palabras claves, (3 a 5 términos): PRECIPITACIÓN, FORECAST SYSTEM, CUENCA RAMIS

¿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, entre 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: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - PI7

Firma de Autor



huella digital

22-11-2024

Fecha

