



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**DETERMINACIÓN DEL APORTE HIDROLÓGICO EN LA
CABECERA DE CUENCA DEL RÍO TAMBO EN EL LÍMITE
ENTRE PUNO Y MOQUEGUA**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. FREDY ARCAYA CALAMULLO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO – PERÚ

2019



DEDICATORIA

A Dios, que por sobre todas las cosas guía mi camino, y permanece junto a mí en todo momento de mi vida.

A mis amados padres Micaela Calamullo Cauna y Víctor Arcaya Choquecahua, por conducirme en el camino del bien e inculcarme buenos valores; quienes son parte fundamenta en mi formación como persona y profesional.

A mis estimados hermanos Javier, Virginia, Simón, Alejandro, Julio, Placido, Edith y su respectivas parejas, por apoyarme incondicionalmente en todo el trayecto de mi vida.

A mi novia Celia y sus padres, por su estima y confianza en mi persona en lograr mis objetivos.

A mis Docentes, por impartirme sus conocimientos, y a mis Compañeros más cercanos, por brindarme su amistad y haberme dejado compartir con ellos una etapa de vida; quienes fueron testigos de mi formación como profesional.

Arcaya Calamullo, Fredy



AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso, creador y dueño de todo, que me dio la vida y la capacidad para cumplir mis metas.

A mis apreciados padres Micaela y Víctor, por estar presente con su gran apoyo económica y anímicamente.

A mis hermanos y familia en general, que depositaron su confianza en mí para lograr mis metas.

Al Ing. Carlos Saúl Huayta Mendoza, por brindarme su apoyo y conocimientos sin condiciones durante todo el proceso de elaboración de esta tesis.

A los jurados y mi director de tesis, Dr. Oscar Mamani Luque, M. Sc. Ricardo Luis Bardales Vassi, M. Sc. Alcides Héctor Calderón Montalico y M. Sc. Audberto Millones Chafloque.

A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno y la Facultad de Ingeniería Agrícola, por confiar en mí y acogerme en sus aulas.

Arcaya Calamullo, Fredy



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 16

ABSTRACT..... 17

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO GENERAL 20

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 20

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CUENCA HIDROGRÁFICA 21

2.1.1. Geomorfología de la cuenca hidrográfica 30

2.1.1.1. Superficie de la cuenca 30

2.1.1.2. Red hidrográfica de la cuenca 30

2.2. ELEMENTOS METEOROLÓGICOS 32

2.2.1. Radiación solar 32

2.2.2. Temperatura..... 33

2.3. CICLO HIDROLÓGICO 33

2.3.1. Precipitación 36

2.3.1.1. Tipos de precipitación 37

2.3.2. Evapotranspiración 39



2.3.3. Almacenamiento.....	41
2.3.4. Escorrentía.....	41
2.3.5. Infiltración	42
2.3.6. Intercepción	43
2.3.7. Balance hídrico medio de una cuenca	43
2.4. DELIMITACIÓN DE CUENCA HIDROGRÁFICA CON SIG.....	43
2.4.1. Definición de SIG.....	43
2.4.2. Delimitación de cuencas y subcuencas	45
2.4.3. ArcGIS.....	48
2.4.4. HEC-GeoHMS	49
2.5. MODELOS HIDROLÓGICOS.....	50
2.5.1. Clasificación de modelos hidrológicos.....	52
2.6. MODELO HIDROLÓGICO GR2M	56
2.6.1. Función de Producción	57
2.6.2. Función de Transferencia	58
2.7. HIDROLOGÍA ESTADÍSTICA	59
2.7.1. Parámetros estadísticos.....	60
2.8. ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA Y METEOROLÓGICA	62
2.8.1. Medición de la precipitación	63
2.8.1.1. Precipitación media areal	64
2.8.2. Consistencia de la información hidrométrica y meteorológica, y la completación de datos faltantes	70
2.8.2.1. Producto grillado PISCO.....	70
2.8.2.2. Hydracces	76
2.8.2.3. Monthly Streamflow Simulation (HEC-4).....	79



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	88
3.2. MATERIALES	89
3.2.1. Información cartográfica	89
3.2.2. Información meteorológica	89
3.2.3. Información hidrométrica.....	90
3.2.4. Actas sobre la conformación del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Tambo	91
3.2.5. Equipos y softwares.....	91
3.3. METODOLOGÍA.....	92
3.3.1. Delimitación hidrográfica de la cuenca y cabecera de cuenca del río Tambo y su determinación de volumen de recurso hídrico	92
3.3.1.1. Delimitación de la cuenca hidrográfica.....	92
3.3.1.2. Identificación y delimitación de la cabecera de cuenca	97
3.3.1.3. Generación de caudales medios mensuales con el modelo hidrológico GR2M	99
3.3.2. Identificación de los conflictos sociales debido a la disponibilidad y aprovechamiento del recurso hídrico de la Cuenca Tambo	103
3.3.3. Definición y propuesta del rol que debe cumplir la región Puno en la conformación del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Tambo	104

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DE LA DELIMITACIÓN HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA Y CABECERA DE CUENCA DEL RÍO TAMBO Y SU DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DE RECURSO HÍDRICO.....	106
---	------------



4.2. DE LA IDENTIFICACIÓN DE LOS CONFLICTOS SOCIALES DEBIDO A LA DISPONIBILIDAD Y APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO TAMBO	109
4.3. DE LA DEFINICIÓN Y PROPUESTA DEL ROL DE LA REGIÓN PUNO EN LA CONFORMACIÓN DEL CONSEJO DE RECURSOS HÍDRICOS DE CUENCA INTERREGIONAL TAMBO	113
V. CONCLUSIONES.....	116
VI. RECOMENDACIONES	118
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119
ANEXOS.....	121
Anexo 01. Mapas temáticos elaborados en la tesis.....	121
Anexo 02. Volúmenes mensuales y anuales generados.....	131
Anexo 03. Precipitaciones medias areales	140
Anexo 04. Evapotranspiración media mensual para una año promedio.....	150
Anexo 05. Temperatura media areal	155
Anexo 06. Caudales observados.....	155
Anexo 07. Actas de conformación de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Tambo.....	157
Anexo 08. Datos adicionales.....	170

Área : Ingeniería y tecnología

Línea : Recursos hídricos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 25 de noviembre del 2019



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Lámina de agua acumulada en los tres tipos de almacén hídrico	41
Tabla 02. Parámetros de población y estadísticas de muestra	61
Tabla 03. Coordenadas de ubicación geográfica	88
Tabla 04. Ubicación política	88
Tabla 05. Ubicación política y geográfica de las estaciones	89
Tabla 06. Valores referenciales del criterio de Nash	103
Tabla 07. Área de la cuenca del Río Tambo y su cabecera de cuenca	108
Tabla 08. Territorios regionales en la cabecera de cuenca	108
Tabla 09. Volúmenes generados en la cuenca del Río Tambo, la cabecera de cuenca y el territorio puneño (<i>MMC</i>)	108
Tabla 10. Área de las subcuencas de las presas Paltiture y Yanapujio	110
Tabla 11. Territorios regionales en las subcuencas de las presas Paltiture y Yanapujio	110
Tabla 12. Volúmenes generados en las subcuencas de las presas Paltiture y Yanapujio (<i>MMC</i>)	111
Tabla 13. Volúmenes generados en los territorios regionales de Puno y Moquegua en las subcuencas de las presas Paltiture y Yanapujio (<i>MMC</i>)	111
Tabla 14. Áreas territoriales por regiones	113
Tabla 15. Volúmenes generados en las áreas regionales (<i>MMC</i>)	114
Tabla 16. Índice hidrológico entre la relación de caudal y su área regional (<i>MMC/Km²</i>)	114
Tabla 17. Volúmenes mensuales y anuales en la cuenca del Río Tambo (<i>MMC</i>)	131
Tabla 18. Volúmenes mensuales y anuales en la Cabecera de Cuenca (<i>MMC</i>)	132



Tabla 19. Volúmenes mensuales y anuales en la subcuenca de la Presa Paltiture (MMC)	133
Tabla 20. Volúmenes mensuales y anuales en la subcuenca de la Presa de Yanapujio (MMC)	134
Tabla 21. Volúmenes mensuales y anuales en el área aportante a las presas Paltiture y Yanapujio perteneciente a la región de Puno (MMC)	135
Tabla 22. Volúmenes mensuales y anuales en el área de la Región Puno Zona 1 (MMC)	136
Tabla 23. Volúmenes mensuales y anuales en el área de la Región Puno Zona 2 (MMC)	137
Tabla 24. Volúmenes mensuales y anuales en el área de la Región Arequipa (MMC)	138
Tabla 25. Volúmenes mensuales y anuales en el área de la Región Moquegua (MMC)	139
Tabla 26. Precipitación media areal en la cuenca del Río Tambo (mm)	140
Tabla 27. Precipitación media areal en la Cabecera de Cuenca (mm)	141
Tabla 28. Precipitación media areal en la subcuenca de la Presa Paltiture (mm)	142
Tabla 29. Precipitación media areal en la subcuenca de la Presa Yanapujio (mm)	143
Tabla 30. Precipitación media areal en el área aportante a las presas Paltiture y Yanapujio perteneciente a la Región de Puno (mm)	144
Tabla 31. Precipitación media areal en el área de la Región Puno Zona 1 (mm)	145
Tabla 32. Precipitación media areal en el área de la Región Puno Zona 2 (mm)	146
Tabla 33. Precipitación media areal en el área de la Región Arequipa (mm)	147
Tabla 34. Precipitación media areal en el área de la Región Moquegua (mm)	148
Tabla 35. ETP media mensual en la cuenca del Río Tambo (mm)	150



Tabla 36. ETP media mensual en la Cabecera de Cuenca (mm).....	150
Tabla 37. ETP media mensual areal en la subcuenca de la Presa Paltiture (mm)	151
Tabla 38. ETP media mensual en la subcuenca de la Presa Yanapujio (mm).....	151
Tabla 39. ETP media mensual en el área aportante a las presas Paltiture y Yanapujio perteneciente a la Región de Puno (mm)	152
Tabla 40. ETP media mensual en el área de la Región Puno Zona 1 (mm)	152
Tabla 41. ETP media mensual en el área de la Región Puno Zona 2 (mm)	153
Tabla 42. ETP media mensual en el área de la Región Arequipa (mm).....	153
Tabla 43. ETP media mensual en el área de la Región Moquegua (mm).....	154
Tabla 44. Temperatura media areal para un año promedio	155
Tabla 45. Caudales observados de la estación Puente Santa Posa (m³/s).....	155
Tabla 46. Parámetros de superficie y centroide	170
Tabla 47. Parámetros de la red hidrográfica	170



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Cuenca hidrográfica exorreica	22
Figura 02. Partes de la cuenca hidrográfica.....	25
Figura 03. Dirección real de la pendiente y dirección de flujo calculada con el modelo D8.....	46
Figura 04. Líneas paralelas de flujo como resultado de la aplicación del modelo D8 ..	47
Figura 05. Esquema de la arquitectura de ArcGIS	49
Figura 06. Clasificación de modelos hidrológicos de acuerdo con la forma, la aleatoriedad y la variabilidad espacial y temporal de los fenómenos hidrológicos.....	55
Figura 07. Estructura del modelo GR2M	57
Figura 08. Polígono de Thiessen	66
Figura 09. Isoyetas.....	68
Figura 10. Red de estaciones utilizadas a escala nacional para la elaboración de PISCOp con porcentajes de datos por estación considerando el período 1981-2016	71
Figura 11. A la izquierda climatología de precipitación (1998-2014) generado a partir de datos TRMM2A25 y a la derecha CHPclim nótese los excesivos valores en la costa sur del país	73
Figura 12. Coeficiente de Correlación (CC), BIAS en porcentaje y RMSE obtenido en la validación independiente. Puntos rosados son las estaciones utilizadas para generar PISCOp	76
Figura 13. Valores de celdas de un DEM	93
Figura 14. Determinación de matriz de celdas de dirección de flujo	95
Figura 15. Determinación de matriz de celdas de acumulación de flujo.....	96
Figura 16. Delimitación de la cuenca del Río Tambo y su cabecera de cuenca.....	107



Figura 17. Territorios de Puno y Moquegua en la cabecera de cuenca	107
Figura 18. Delimitación de la subcuenca de la presa Paltiture	109
Figura 19. Delimitación de la subcuenca de la presa Yanapujio	110
Figura 20. Delimitación de los territorios regionales	113



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ONER	: Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales
ETP	: Evapotranspiración Potencial
RSM	: Radiación Solar Equivalente
RMM	: Radiación Extraterrestre Equivalente
TMF	: Temperatura Media Mensual °F
SIG	: Sistema De Información Geográfica
PDI	: Procesamiento Digital de Imágenes
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global
SGBD	: Sistema de Gestión de Banco de Datos
D8	: Deterministic 8
ESRI	: Environmental Systems Research Institute
HEC	: Hydrologic Engineering Center
CEIWR	: Corps of Engineers Institute for Water Resources
GeoHMS	: Geospatial Hydrologic Modeling Extension
DEM	: Modelo Digital de Elevaciones
CEMAGREF	: Centro de Investigación Agrícola e Ingeniería Ambiental, Francia
P	: Precipitación
S	: Almacenamiento del Reservorio Suelo
R	: Almacenamiento del Reservorio de Agua Gravitacional
Q	: Caudal de Salida de la Cuenca
PISCO	: Peruvian Interpolated Data of the Senamhi`s Climatological and Hydrological Observations
PISCOpd	: Peruvian Interpolated Data of the Senamhi`s Climatological and Hydrological Observations, Precipitación Diaria



PISCOpm	: Peruvian Interpolated Data of the Senamhi`s Climatological and Hydrological Observations, Precipitación Mensual
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
CHIRPS	: Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations data
USGS	: U. S. Geological Survey
TRMM	: Tropical Rainfall Measuring Mission
NOAA	: National Oceanic and Atmospheric Administration
CCD	: Cold Cloud Duration Percent
KED	: Kriging con Deriva Externa
CC	: Coeficiente de Correlación
IRD	: Instituto Frances de Investigacion para el Desarrollo
HYBAM	: Hidrogeodinámica de la Cuenca Amazónica
P_{med}	: Precipitación Media Areal
PARSAL	: Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar
ALOS	: Advanced Land Observing Satellite
JAXA	: Japan Aerospace Exploration Agency
IGN	: Instituto Geográfico Militar
MINAM	: Ministerio del Ambiente
UTM	: Universal Transverse Mercator
WGS	: World Geodetic System
CCRHCIT	: Conformación del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Tambo
ANA	: Autoridad Nacional del Agua
MMC	: Millones de Metros Cúbicos
Q_T_A	: Caudal Total Anual



A/M : Año/Mes

UH : Unidad Hidrográfica

T_M_A : Temperatura Media Anual



RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo determinar el aporte hídrico del ámbito territorial de la región Puno en la cabecera de cuenca del Río Tambo, e identificar la problemática por el recurso hídrico entre las regiones de Puno, Moquegua y Arequipa. Los resultados para los objetivos específicos respectivamente son: mediante el uso del SIG y el modelo hidrológico GR2M se determinó el área de la cuenca y cabecera de cuenca respectivamente, 13026.99Km^2 (100%) y 6254.82Km^2 (48.01%), del cual 1615.74Km^2 (25.83% cabecera) corresponde a la región Puno, con 1059.28MMC (100%) anuales en la cabecera, de ello 391.98MMC (37% cabecera) anuales es del territorio Puneño; se concluye que la cabecera de cuenca y el volumen de recurso hídrico generado es de mucha importancia. En la identificación los conflictos sociales; de la misma forma, adicionando las actas de CCRHCIT y datos de los proyectos de represamiento, se tiene que la subcuenca de la Presa Paltiture tiene un área y volumen de 1127.23Km^2 (100%), 282.85MMC (100%), de ello 934.03Km^2 (82.86%) y 241.26MMC (85.30%) pertenece a Puno y la subcuenca de la presa Yanapujio tiene un área y volumen de 1260.44Km^2 (100%), 311.25MMC (100%), donde 934.03Km^2 (74.10%) y 241.26MMC (77.51%) corresponde a Puno; así identificamos que los conflictos sociales son a causa del agua que se pretende utilizar en riego en Arequipa, en su mayoría es de Puno. Para el rol en la CCRHCIT, se procedió similarmente a los anteriores con adicional del análisis de la Ley N° 29338; donde la región Puno tiene un índice hidrológico de $0.24\text{MMC}/\text{Km}^2$, Arequipa $0.01\text{MMC}/\text{Km}^2$ y Moquegua $0.09\text{MMC}/\text{Km}^2$; con ello se afirma que en el territorio de la región Puno se genera más volumen hídrico, y que se le debería tener mayor consideración en la conformación del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Tambo.

Palabras Clave: Cabecera, Consejo, Cuenca, Hidrología, Recurso.



ABSTRACT

The objective of this thesis is to determine the water contribution of the territorial area of the Puno region at the head of the Tambo River basin, and to identify the problem of water resources between the regions of Puno, Moquegua and Arequipa. The results for the specific objectives, respectively, are: using the GIS and the GR2M hydrological model, the area of the basin and basin head were determined, respectively, $13026.99Km^2$ (100%) and $6254.82Km^2$ (48.01%), of which $1615.74Km^2$ (25.83% header) corresponds to the Puno region, with $1059.28MMC$ (100%) per year in the header, of which $391.98MMC$ (37% header) per year is from the Puno territory; It is concluded that the headwaters of the basin and the volume of water resources generated are of great importance. In the identification of social conflicts; In the same way, adding the minutes of CCRHCIT and data of the damming projects, it is found that the sub-basin of the Paltiture Dam has an area and volume of $1127.23Km^2$ (100%), $282.85MMC$ (100%), of which $934.03Km^2$ (82.86%) and $241.26MMC$ (85.30%) belongs to Puno and the Yanapujio dam sub-basin has an area and volume of $1260.44Km^2$ (100%), $311.25MMC$ (100%), where $934.03Km^2$ (74.10%) and $241.26MMC$ (77.51%) correspond to Puno; Thus, we identify that social conflicts are due to the water that is intended to be used in irrigation in Arequipa, mostly from Puno. For the role in the CCRHCIT, we proceeded similarly to the previous ones with the additional analysis of Law No. 29338; where the Puno region has a hydrological index of $0.24MMC/Km^2$, Arequipa $0.01 MMC/Km^2$ and Moquegua $0.09 MMC/Km^2$; with this it is affirmed that in the territory of the Puno region more water volume is generated, and that greater consideration should be given to it in the formation of the Water Resources Council of the Tambo Interregional Basin.

Keywords: Header, Advice, Basin, Hydrology, Resource.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico es un elemento muy importante en la vida cotidiana del hombre, debido a eso es necesario hacer uso de su disponibilidad un adecuado, consiente y racional uso de ello. Así también se debe dar una mayor importancia y poder preservar en lo posible las cabeceras de cuenca, evitando cambios intencionados o exteriores causados por el hombre y/o cambios no naturales, ya que en ella es en donde se genera la gran parte de la precipitación y la escorrentía, por ende gracias a la cabecera de cuenca se genera mayor caudal que mantiene al río principal de la cuenca. Es necesario mencionar que en las conformaciones de los Consejos de Recursos Hídricos de Cuencas, se debe considerar con mayor importancia y participación, en este caso a la región con mayor aporte hídrico sobre su área territorial en toda la cuenca; para lo cual se realiza la presente tesis, con los procedimientos para obtener resultados eficientes, que nos permitan interpretar, analizar y diagnosticar todos los temas ya mencionados.

La herramienta SIG nos permite y facilita procesar datos, generar mapas, delimitar cuencas y mucho más; de áreas específicas de estudio a la necesidad del usuario, dentro de ello se encuentran plataformas de trabajo como el ArcGIS y el HEC-GeoHMS que normalmente trabajan complementados para un resultado final más eficiente. Mediante los procedimientos que se realicen con el SIG, y sus resultados, podemos apreciar y comprender más sencillamente, en nuestro caso de la cuenca hidrográfica, la cabecera de cuenca, su red hidrográfica, sus parámetros geomorfológicos y otros.

El tratamiento de información hidrométrica y meteorológica nos permite conocer la distribución de la precipitación en un área determinado, con datos homogéneos y



confiables; para luego emplearlos de manera segura y determinar sus parámetros estadísticos necesarios para nuestro fin; esto se obtiene a través de los procedimientos realizados en distintos softwares como el Hydraccess, HEC-4 y RStudio.

Los modelos agregados o agrupados, son los que se adaptan a cuencas con poca información sobre las propiedades del suelo y los procesos que intervienen en los flujos subterráneos y sub superficiales, teniendo en cuenta también la suposición de que la cuenca es homogénea.

Los modelos GR, desarrollados en Francia por la unidad de investigación del CEMAGREF d' Antony; son modelos de precipitación – escorrentía, utilizando únicamente la precipitación y temperatura como datos de ingreso, y con una variedad de versiones para diferentes necesidades según su evolución durante el tiempo, GR1A, GR2M, GR3J y GR4J. En este caso se optó por el GR2M para caudales mensuales, que nos propone generar caudales a partir de la precipitación y la evapotranspiración a través de dos funciones como son la de producción y transferencia.

La tesis termina con un resultado final de encontrar, determinar y/o conocer el aporte hídrico (la distribución de la precipitación, la escorrentía superficial y los caudales medios mensuales) de la región Puno dentro de la Cuenca del Río Tambo; en específico los que corresponden a la cabecera de cuenca, en la cual a Puno le pertenece un área muy significativa; posteriormente hacer un análisis y diagnóstico de ello, para poder concluir la participación que debería tener la región Puno en la conformación del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca, en base al porcentaje de aporte hídrico y/o índice hidrológico (caudal/área), y no al porcentaje de área que le pertenece a dicha región en toda la cuenca. Cabe mencionar también que de esta forma es posible administrar adecuadamente los recursos hídricos disponibles y tratar de atenuar los conflictos sociales



que se producen a causa de ella, y hacer un diagnóstico eficiente en cuanto a los proyectos que afectan a los recurso hídrico que se quieren realizar en el ámbito de la cuenca como por ejemplo las alternativas de construcción de las presas Paltiture y Yanapujio.

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar el aporte hídrico en la cabecera de cuenca del río Tambo, correspondiente al ámbito territorial de los límites Puno - Moquegua, e identificar su problemática.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la delimitación hidrográfica y el volumen del recurso hídrico en la cabecera de cuenca del río Tambo que corresponde a los territorios de Puno y Moquegua.
- Identificar los conflictos sociales debido a la disponibilidad del recurso hídrico correspondiente a la región de Puno, y el aprovechamiento que pretende la región Arequipa.
- Definir y proponer una alternativa de respuesta al rol que debe cumplir la región Puno en la conformación del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Tambo.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CUENCA HIDROGRÁFICA

(Vásquez 2016) Desde el punto de vista hidrológico, una cuenca hidrográfica es definida como el área geográfica natural o unidad de territorio delimitada por una divisoria topográfica (Divortium Aquarum), que capta las precipitaciones y drena el agua de escorrentía hacia un colector común, denominado río principal.

Otra definición sostiene que es todo un sistema complejo, abierto donde ocurre el ciclo hidrológico y cuyos elementos naturales, sociales, ambientales, económicos, políticos e institucionales son variables en el tiempo; y se encuentran en estrecha interrelación. Sin embargo, los efectos que resultan de las interacciones entre los diferentes componentes producen algo que es más que la suma de sus partes; tal como ocurre con el cuerpo humano que también es considerado como un sistema complejo. Por otro lado, una cuenca hidrográfica es un sistema abierto a flujos, influencias y líneas de acción que atraviesan sus fronteras; es decir que puede recibir y dar; pues una cuenca hidrográfica es solo una parte ínfima de la tierra. Además, se debe tener siempre presente que no existe ningún punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica.

(Breña 2006) La cuenca es aquella superficie en la cual el agua precipitada se transfiere a las partes topográficas bajas por medio del sistema de drenaje, concentrándose generalmente en un colector que descarga a otras cuencas aledañas, o finalmente al océano. La cuenca hidrológica, junto con los acuíferos, son las unidades fundamentales de la hidrología.

Desde el punto de vista de su salida existen dos tipos de cuencas: endorreicas (cerradas) y exorreicas (abiertas).

a) En el primer tipo, el punto de salida se ubica dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago.

b) En el segundo tipo, el punto de salida se localiza en los límites de la cuenca y a su vez la descarga se vierte en una corriente o en el mar, tal como se observa en la figura 01.

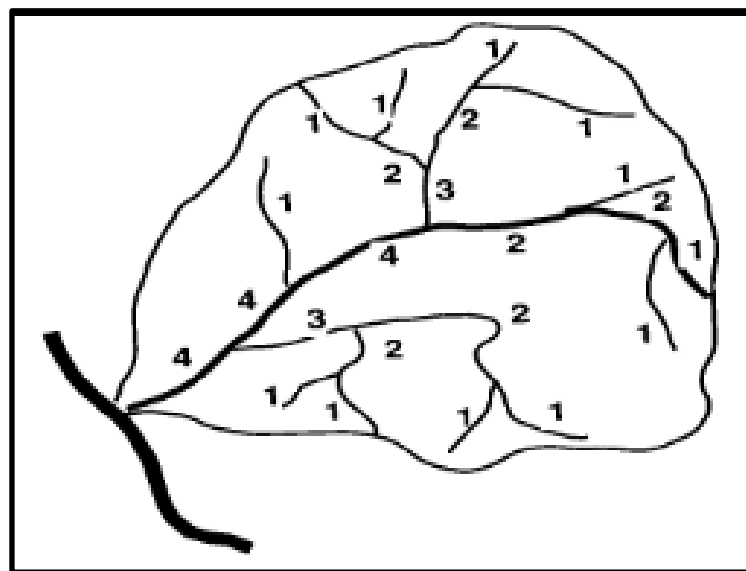


Figura 01. Cuenca hidrográfica exorreica

Fuente: Breña Puyol, A. F., & Jacobo Villa, M. A. (2006)
- Principios y Fundamentos de la Hidrología
Superficial

(Aparicio 1992) Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

La definición anterior se refiere a una cuenca superficial; asociada a cada una de estas existe también una cuenca subterránea; cuya forma en planta es semejante a la



superficial. De ahí la aclaración de que la definición es válida si la superficie fuera impermeable.

(Villón 2002) Define que la cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido.

La Delimitación de una cuenca, se hace sobre un plano o mapa a curvas de nivel siguiendo las líneas de divortium acuarium (parteaguas), la cual es una línea imaginaria, que divide a las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación, que en cada sistema de corriente, fluye hacia el punto de salida de la cuenca. El parteaguas está formado por los puntos de mayor nivel topográfico y cruza las corrientes en los puntos de salida, llamada estación de aforo.

(Gámez 2010) Es la zona del terreno en la que el agua, los sedimentos y los materiales disueltos drenan hacia un punto común de salida.

Desde el punto de vista de su salida, existen fundamentalmente dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas; en las primeras el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago. En las segundas, el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar.

Las cuencas hidrográficas se pueden subdividir en tres zonas de funcionamiento hídrico principales:

- **Zona de cabecera.**

En las cuencas hidrográficas, garantizan la captación inicial de las aguas y el suministro de las mismas a las zonas inferiores durante todo el año.



Los procesos en las partes altas de la cuenca invariablemente tienen repercusiones en la parte baja dado el flujo unidireccional del agua, y por lo tanto toda la cuenca se debe administrar como una sola unidad. En este contexto, los bosques en las cabeceras de las cuencas cubren una importante función reguladora ya que controlan la cantidad y temporalidad del flujo del agua, y protegen a los suelos de ser erosionados por el agua con la consecuente sedimentación y degradación de los ríos, y la pérdida de fertilidad en las laderas.

- **Zona de captación y transporte.**

Las vertientes son las áreas de captación y se constituyen como las zonas más estratégicas de la cuenca, dado que en ellas la susceptibilidad del fenómeno de la erosión es altamente significativo, y el mantenimiento de una cubierta vegetal protectora de calidad, es definitivamente indispensable para el equilibrio de los valles. Por lo que la prosperidad de la región hidrológica dependerá en principio de la adecuada planificación del uso de las vertientes.

El valle o cuenca baja, es la zona de menor altitud y donde generalmente se encuentran los cultivos agrícolas y los asentamientos humanos, aquí la conjunción de las corrientes tributarias han formado un río o arroyo de regular caudal y divaga en las planicies de leve pendiente. En esta zona es difícil diferenciar los límites de una cuenca y otra, porque los parteagua son difusos. Con fin hidrológico forestal, estas porciones de terreno carecen de interés, sin embargo su florecimiento y desarrollo depende de la calidad y cuantía de humedad que reciban de las zonas captantes de mayor altitud como se mencionó anteriormente.

Si el manejo de las tierras altas no es adecuado, en el valle habrá inundaciones en la estación de lluvias y el agua en altos volúmenes será incontrolable en su camino hacia

el mar o bien, azolvará rápidamente un embalse disminuyendo las posibilidades de las tierras dependientes aguas abajo, además del abatimiento de los mantos acuíferos subterráneos por la reducción de su recarga.

- **Zonas de emisión de los acuíferos.**

Las lagunas costeras regulan el funcionamiento de los ecosistemas marinos adyacentes. Los manglares están considerados entre los ecosistemas más productivos y la actividad socioeconómica asociada a los mismos abarca actividades forestales, pesqueras, turístico-recreativas y otras.



Figura 02. Partes de la cuenca hidrográfica

Fuente: Gámez Morales, W. R. (2010) - Texto Básico de Hidrología

(Meléndez 2019) Según Meléndez la cabecera de cuenca están relacionadas con el agua superficial y la altura sobre el nivel del mar, y sus geoformas comprenden laderas de montañas con diferentes declives, afloramientos rocosos, glaciares con diferentes espesores, circos glaciares, morrenas, mesetas, entre otros.

En relación con sus cauces se encuentra que los orígenes de esas corrientes están vinculados a recurrentes ecosistemas como, por ejemplo, las lagunas, pastos, matorrales,



bofedales, bosques, etc. Es decir, el relieve y agua son los dos principales elementos del ecosistema por su condición de soporte.

- **Métodos para identificar las cabeceras de cuencas.**

a) Método de clasificación de cuencas de drenaje:

En el campo de geomorfología cuantitativa aplicado a la hidrología aparece el método para clasificar cuencas de drenaje que es muy antigua, pero vigente porque continúa teniendo una aplicación práctica en la actualidad. Mateo Gutiérrez Elorza en su libro Geomorfología sintetiza de la siguiente manera la aparición del mencionado método: «El estudio de los procesos, tanto en campo como en laboratorio, requiere de técnicas estadísticas que permitan elaborar adecuadamente los datos obtenidos. De aquí surge la Geomorfología cuantitativa, que tuvo un pionero en el ingeniero hidrólogo Horton (1945) en su trabajo sobre la morfometría de las cuencas de drenaje, que tuvo sus seguidores en Strahler (1952, 1956a, 1964) y Schumm (1956a).

Conviene precisar que el referido método contiene dos aspectos o elementos interrelacionados primero el sistema de drenaje (red de drenaje) y segundo las cuencas de drenaje. El primero son líneas o segmentos de cauces (sin considerar el ancho del cauce) por donde circula el agua y el segundo el área que conforma una cuenca de drenaje. Toda cuenca de drenaje se descompone en dos vertientes (que son laderas inclinadas), por donde se produce la escorrentía.

El interés geomorfológico en este método ha sido su aplicación al estudio de vertientes o interfluvios, es decir, de los procesos de erosión que ocurren en las laderas como por ejemplo los deslizamientos y erosión hídrica. Para los fines geomorfológicos se suelen agregar aspectos morfométricos como la altura relativa de las geoformas,



convirtiéndose en un tercer elemento. Los declives o pendientes de las geoformas se pueden considerar como un cuarto aspecto vinculado con la escorrentía y la erosión.

El orden de cauces

El orden de cauces o mejor dicho el orden de los segmentos de cauces porque sólo se tiene en cuenta las corrientes como si fuesen líneas. El orden de cauces consiste en definir primero la red total de segmentos de cauces y segundo señalar en cada uno de ellos un valor numérico entero.

Es decir, en esta clasificación sólo se va considerar el primer elemento explicado anteriormente. La clasificación de orden de cauces fue diseñada de manera pionera por Horton, considerando dos etapas.

La primera parte se inicia señalando a todos los cauces que no tienen contribuyentes a los que les atribuye el valor de 1 (siendo el orden 1). La jerarquización continúa considerando que a partir del punto de confluencia de dos cauces de primer orden se origina a un cauce de orden 2. Prosigue el mismo criterio de coincidencia de confluencia de dos cauces de un mismo orden para determinar uno de orden superior. De esta manera la confluencia de dos cauces de orden 2 determinan uno de orden 3. Igualmente, la confluencia de dos cauces de tercer orden señala el inicio de un cauce de orden 4, así sucesivamente. En el caso que confluyan dos cauces de diferente orden, continúa el orden de mayor valor. El orden de mayor valor es el número de orden que le corresponde a la cuenca.

La segunda etapa la clasificación de orden de cauces de Horton determinaba que el cauce de mayor orden proseguía aguas arriba hasta llegar al cauce de primer orden. Esta segunda parte de su clasificación fue abandonada por Strahler. La primera parte de



la mencionada clasificación es la más usada universalmente y se suele llamar la clasificación de Horton – Strahler.

Cabe agregar, como resultado del mencionado modelo o clasificación de orden de cauces se establecen segmentos de cauces individuales, el de mayor orden será el valor de que le corresponde a la cuenca. El área total de la cuenca tendrá un solo orden que será el número valor y cada uno del resto de segmentos de cauces generará una subárea o subcuenca. Como resultado se obtendrán una cuenca que incluyen un determinado número de subcuencas. El método de orden es de tipo cualitativo, normalmente, un cauce con determinado orden tiene un caudal que se vincula con el mencionado nivel jerárquico.

Se advierte que para llevar a la práctica la mencionada metodología hay que definir primero la escala de trabajo y hacer un levantamiento de la red de drenaje teniendo como fuente las imágenes de satélite o fotografías aéreas, de lo contrario se pueden obtener errores. En ese sentido, lo recomendable para el caso de aplicarlo en el Perú se tendría que disponer de la red de drenaje para todo el Perú, de preferencia en formato shape file, a diversas escalas con el fin que todos los usuarios, sobre todo las instituciones, utilicen la misma información. Se recomienda contar la mencionada información geoespacial a escalas 1:100000, 1:50000 y 1:25000.

b) Método de las cuencas húmedas:

Criterios climáticos y altitudinales. El uso de la variable precipitación para determinar las «Cuenca secas» y las «Cuenca húmedas», es decir, la cantidad de agua que ingresa a la cuenca. Antecedentes del uso del mencionado criterio lo encontramos en los «Inventarios, evaluación y uso racional de los recursos naturales de la Costa», para diversas cuencas hidrográficas preparados por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONER) en la década de los años de 1970 en nuestro país. En estos



trabajos pioneros realizados en las cuencas hidrográficas de la vertiente del Pacífico del Perú, las «cuencas secas» o «cuencas húmedas» se delimitaban en base a las altitudes. Es decir, determinadas altitudes se correlacionaban con bajas o altas precipitaciones. Por ejemplo, la ONER, para las cuencas de los ríos Chilca, Mala y Asia, señalaba que la «cuenca seca» comprendía entre el nivel del mar y la cota de los 2,000 m.s.n.m. donde la precipitación es menor a 250 mm. Mientras que el resto comprendía la «cuenca húmeda» espacio entre los 2,000 m.s.n.m. y la divisoria cordillerana, indicando una precipitación anual entre 250 y 1,000 mm.

Se observa, que en nuestro país todavía se sigue considerando el referido criterio climático y altitudinal. En ese sentido, se ha encontrado que se utilizan algunas de las líneas de isoyetas para delimitar la denominada «cuenca húmeda». En este caso esa «cuenca húmeda» se suele considerar como cabecera de cuenca, con lo cual solo se estaría utilizando como único criterio la variable precipitación.

La desventaja de utilizar los referidos criterios sería en la dificultad de disponer suficientes estaciones climatológicas en las cabeceras de cuenca para preparar isoyetas con cierto grado de confiabilidad. Otra dificultad sería la proyección de esas isoyetas en el terreno porque las líneas altitudinales no siempre van a coincidir con los niveles de precipitación debido a que la atmosfera es muy compleja y dinámica.

Al igual que en el criterio anterior se tiene que advertir que si se decide utilizar el mencionado criterio climático y altitudinal para identificar cabeceras de cuenca, se tendría que hacer un levantamiento de isoyetas para todas las cuencas hidrográficas del país, recomendable en formato shape file. Un criterio adicional sería considerar las áreas de lagunas y glaciares delimitados por la isoyeta más cercana.



2.1.1. Geomorfología de la cuenca hidrográfica

2.1.1.1. Superficie de la cuenca

a) Área de la cuenca:

(Breña 2006) Es la proyección del parteaguas a un plano horizontal, caracterizándose así el tamaño de la cuenca. El valor del área se obtiene de los mapas topográficos a través del uso del planímetro o de otros métodos.

El área drenada de una cuenca hidrológica es el área en proyección horizontal encerrada por el parteaguas y se determina con el planímetro o bien con otro método que definen superficies de zonas irregulares.

b) Perímetro de la cuenca:

(Breña 2006) El perímetro es la longitud total del parteaguas y por lo regular se utiliza el curvímetro para medirlo.

(Villón 2002) Se refiere al borde de la forma de l cuenca proyectada en un plano horizontal, es de forma muy irregular.

2.1.1.2. Red hidrográfica de la cuenca

a) Densidad de drenaje:

(Breña 2006) Es la relación de la suma de las longitudes de las corrientes (L) entre el valor de área (A) de la cuenca y se calcula con la expresión:

$$D_d = \frac{L}{A}$$

Donde:

D_d = Es la densidad de drenaje, en (1/km)



L = Es la suma de las longitudes de las corrientes, en (km)

A = Es el área de la cuenca, en (km^2)

(Villón 2002) Se expresa como la longitud de las corrientes, por unidad de área.

$$D_d = \frac{L}{A}$$

Donde:

D_d = Densidad de drenaje

L = Longitud total de las corrientes perennes o intermitentes en (km)

A = Área total de la cuenca, en (km^2)

La densidad de drenaje, es un parámetro que indica la posible naturaleza de los suelos, que se encuentra en la cuenca. También da una idea sobre el grado de cobertura que existe en la cuenca. Valores altos, representan zonas con poca cobertura vegetal, suelos fácilmente erosionables o impermeables. Por el contrario, valores bajos, indica suelos duros, poco erosionables o muy permeables y coberturas vegetales densas.

b) Pendiente del cauce principal:

(Villón 2002) El conocimiento del cauce principal de una cuenca, es un parámetro importante, en el estudio del comportamiento del recurso hídrico, como por ejemplo, para la determinación de las características óptimas de su aprovechamiento hidroeléctrico, o en la solución de problemas de inundaciones.

En general, la pendiente de un tramo de un cauce de un río, se puede considerar como el cociente, que resulta de dividir, el desnivel de los extremos del tramo, entre la longitud horizontal de dicho tramo.



Existen varios métodos para obtener la pendiente de un cauce, entre los que se pueden mencionar:

- Pendiente uniforme.
- Compensación de áreas.
- Ecuación de Taylor y Schwarz.

2.2. ELEMENTOS METEOROLÓGICOS

(Breña 2006) Para caracterizar a la atmósfera, sobre todo en la parte cercana a la superficie del terreno, se utilizan elementos tales como la temperatura del aire, el contenido de humedad, el viento, la presión, la precipitación, la nubosidad, la insolación, la radiación y la evaporación, por mencionar sólo algunos de los más utilizados por ingenieros y científicos. Los elementos atmosféricos pueden ser analizados en su variación diaria, que es la materia sobre la cual versa la meteorología, o como valores representativos de una región particular asociados a periodos de tiempo que abarquen de 20 años o más, que es la materia de la cual se encarga la climatología.

2.2.1. Radiación solar

(Chereque 1989) La radiación solar es la fuente de energía del ciclo hidrológico. No corresponde hacer aquí un estudio detallado de este factor hidrológico, pero tampoco se puede soslayar su enorme importancia. La radiación solar debe ser considerado como el factor más importante del ciclo hidrológico. Produce variaciones de calor que se traducen en una mayor o menor evaporación.

La tendencia actual en Hidrología es que la radiación solar vaya sustituyendo a la temperatura como parámetro en el cálculo de la evaporación y de la transpiración.



2.2.2. Temperatura

(Breña 2006) Como se sabe, la temperatura es una medida del movimiento de traslación medio de las moléculas de un sistema, que en nuestro caso se trata del aire. Para evitar perturbaciones por la incidencia directa de los rayos solares sobre los termómetros, se colocan dentro de un abrigo meteorológico, que permite el paso del aire a través de unas rendijas que forman parte de las paredes. Los valores máximos suelen ocurrir después del mediodía y los mínimos en la madrugada.

La temperatura del aire en México (Tamayo, 1999), y las unidades orogénicas y geomórficas del país tienen una influencia directa sobre la distribución de los elementos meteorológicos.

(Chereque 1989) La temperatura es un factor importante del ciclo hidrológico pues interviene en todas sus etapas. Desde el punto de vista práctico, la temperatura interviene como parámetro en las fórmulas para calcular la evaporación y en las fórmulas para calcular las necesidades de agua de riego de las plantas. Como prácticamente en todas partes hay registros de temperatura, su empleo está plenamente justificado.

2.3. CICLO HIDROLÓGICO

(Vásquez 2016) El ciclo hidrológico es la sucesión de cambios que sufre el agua en la hidrosfera, y que obedece a leyes físicas. El ciclo hidrológico no tiene principio ni fin, es un proceso continuo y es el aspecto más importante de la hidrología.

El ciclo hidrológico es conocido también como el ciclo del agua y es el proceso que describe los sucesivos y diferentes cambios de estado del agua: líquido a vapor, de vapor a líquido, de movimiento y el cambio de estados del agua (líquido, vapor o sólido) en la tierra, ya sea del líquido a sólido, de sólido (hielo) a líquido o de hielo a vapor



(sublimación). El ciclo del agua en nuestro planeta viene ocurriendo por millones de años y las diferentes formas de vida dependen de él.

El ciclo del agua se inicia en cualquier lugar sobre la tierra donde exista una fuente de agua; con fines explicativos podemos asumir que se inicia con la evaporación en los mares, lagos, ríos, superficies húmedas, etc.; debido al calentamiento de las aguas o al accionar del viento; siendo la fuente principal de energía para dicho calentamiento el Sol.

El vapor de agua se dirige hacia las partes superiores de la atmósfera, causadas por las corrientes ascendentes de aire. En las capas superiores de la atmósfera y debido a la menor temperatura en dichas zonas, el vapor de agua se condensa y forma las nubes; las cuales son desplazadas hacia otros lugares debido a la acción del viento, ocasionando que las partículas de agua existentes en las nubes colisionen, aumenten de tamaño y peso para que finalmente caigan en forma de precipitación, la cual puede ser en forma de lluvia (líquida) o en forma sólida (nieves o granizos). Cuando estas nieves caen en zonas de nevadas o glaciares se acumulan en dichas áreas y sólo por acción del sol o del calentamiento global se derriten y las aguas fluyen hacia las partes bajas en forma de escorrentía superficial o subterránea. Cuando las nieves o granizos caen en otras áreas como por ejemplo campos de cultivo o pastizales generan cuantiosos daños económicos y con efectos sociales.

La precipitación cae en los mares, en la superficie terrestre o en los glaciares o nevados; la parte que cae en la superficie terrestre una alta proporción fluye como escorrentía superficial formando los ríos y que en la mayoría de casos terminan en el mar. En el agua de escorrentía superficial va ocurriendo simultáneamente fenómenos de evaporación y transpiración, infiltración en el suelo, almacenamiento en reservorios, lagos, lagunas, aprovechamiento de agua para los usos del hombre y el resto fluye al mar.



El agua que es aprovechada por el hombre, también sufre procesos de evaporación, transpiración, etc. y así sucesivamente se va repitiendo el ciclo. Es de resaltar que la cantidad total de agua en el planeta.

El ciclo hidrológico está compuesto por diferentes variables, las cuales se relacionan entre sí por medio de los procesos hidrológicos. En general, se entiende por proceso a una serie de acciones que producen un cambio o desarrollo en un sistema y para el caso particular de la Hidrología, los procesos están asociados con aquellos fenómenos que intervienen tanto en el movimiento del agua como en los cambios que sufre ésta en sus características físicas, químicas y biológicas al desplazarse por diversos medios.

El ciclo hidrológico se puede representar como un sistema, es decir, como una estructura o volumen en el espacio, delimitada por una frontera, cuyos componentes internos interactúan entre sí o con otros sistemas adyacentes (Chow et al, 1988). Los componentes del sistema serán las variables hidrológicas y los procesos que las relacionan entre sí; los sistemas adyacentes serán aquellos que tienen como límites comunes las capas altas de la atmósfera y los sistemas geológicos profundos.

Al considerar una escala a nivel planeta, el ciclo hidrológico se denomina global. Este sistema global se puede subdividir en tres: en un subsistema atmosférico, en un subsistema de agua superficial y en un subsistema de agua subterránea.

En cada subsistema se presentará una capacidad de retención de volúmenes de agua, en cualquiera de sus fases, durante un determinado intervalo de tiempo. La capacidad de retención en un medio también recibe el nombre de almacenamiento y el intervalo de tiempo que permanece un volumen recibe el nombre de tiempo de residencia.



2.3.1. Precipitación

(Vásquez 2016) Se produce cuando las gotas minúsculas de agua que forman las nubes se enfrían y se produce la condensación, generándose la unión de las minúsculas gotas de agua para formar gotas de mayor tamaño y de mayor peso y que finalmente debido a ello terminan precipitándose a la superficie terrestre. Los componentes de la precipitación son lluvia, granizo, nieve, neblina (niebla), rocío y granizo con agua. Estas formas de precipitación son las principales fuentes de agua en el mundo.

(Mejía 2006) La precipitación está constituida por toda el agua, que de una u otra forma, es depositada en la superficie terrestre, por la condensación del vapor de agua contenido en el aire atmosférico. La precipitación puede ser en **forma líquida** (lluvia, rocío), o en **forma sólida** (nieve, granizo). La forma más común, y la que mayor interés tiene en la ingeniería, es la lluvia que viene a ser la causa de los más importantes fenómenos hidrológicos y su cuantificación correcta es uno de los desafíos que el hidrólogo o el ingeniero enfrentan.

La precipitación es una variable hidrológica que manifiesta más claramente su carácter aleatorio, variando drásticamente en el tiempo (**variación temporal**) y en el espacio (**variación espacial**). Es común que, en un determinado periodo de tiempo, mientras que en una zona ocurre una lluvia, en otra zona próxima no hay precipitación ninguna. Justamente ésta característica típica de la precipitación es la que introduce ciertas dificultades en su evaluación correcta. La unidad de medición es el **milímetro de lluvia**, definido como la cantidad de precipitación correspondiente a un volumen de 1 litro por metro cuadrado de superficie, conocido como la lámina de agua o altura de lluvia depositada sobre esa superficie.



Desde el punto de vista de ingeniería, son necesarios tres parámetros para definir completamente una precipitación: su duración, su intensidad y su frecuencia. **La duración, D** , de una precipitación es el tiempo transcurrido entre el inicio y fin de la lluvia, expresada en horas o minutos. **La intensidad, I** , está dada por la cantidad total de lluvia o lámina de agua, dividida por la duración. Conceptualmente, la intensidad, se define como la cantidad de lluvia por unidad de tiempo y puede variar de un instante para otro dentro de una misma lluvia, la intensidad se mide en mm/h o mm/min .

Tratándose de un fenómeno aleatorio, la probabilidad de ocurrencia de una lluvia con una intensidad dada define su **frecuencia, F** . Se llama periodo de recurrencia o de retorno (T) el periodo, en años, en que, en media, una determinada lluvia es igualada o superada.

2.3.1.1. Tipos de precipitación

(Mejía 2006) Según la causa de la elevación del aire húmedo para iniciar el proceso de condensación, tres son los tipos de precipitaciones que pueden ocurrir, cada una con características propias.

a) Precipitaciones Convectivas:

Cuando la atmósfera está calma, el aire vecina al suelo es calentado por la radiación solar reflejada y emitida por la superficie terrestre. Ese aire, menos denso que el aire circundante, se eleva en forma de células de convección, enfriándose adiabáticamente hasta alcanzar el nivel de condensación, generando nubes del tipo cúmulos-nimbus que originan lluvias muy intensas, de duración cortas y abarcando áreas reducidas. Son precipitaciones características de las zonas ecuatoriales donde, por debilidad de los vientos el movimiento del aire es esencialmente vertical. En las zonas



templadas, ocurren durante los periodos cálidos, en forma de tormentas de verano, localizadas y violentas.

b) Precipitaciones Orográficas:

Cuando los vientos cargados de humedad, soplando normalmente del océano hacia el continente, encuentran una barrera montañosa, las masas de aire húmedo se elevan para transponer el obstáculo, resultando en un enfriamiento que puede alimentar la formación de nubes y desencadenar precipitaciones. En el caso del Perú, están localizadas en la vertiente oriental de la cordillera de los andes, dando lugar a áreas secas o semiáridas en la vertiente occidental, debido a que la humedad, proveniente de la amazonia, fue descargada antes de atravesar la cordillera.

c) Precipitaciones Frontales o Ciclónicas:

El aire en contacto con la superficie terrestre, estando en reposo, adopta las características térmicas y de humedad de la superficie, constituyendo masas de aire, que pueden ser frías o calientes, secos o húmedos (normalmente una masa fría es seca y una masa caliente es húmeda). Debida a diferencias de presión y a otras causas relacionadas con la circulación global atmosférica, esas masas de aire pueden comenzar a desplazarse, recorriendo grandes distancias. En su recorrido (del polo hacia el ecuador, por ejemplo) encuentran otras masas que pueden tener características diferentes, que entran en choque, creándose una superficie de contacto que puede ser imaginada como un plano inclinado que parte del suelo y se eleva en la atmósfera. Es una frente meteorológica (movimiento ciclónico), como el representado en los mapas sinópticos de previsión del tiempo. En ese encuentro, las masas calientes y húmedas (más ligeras) son proyectadas para encima, enfriándose y produciendo precipitaciones del tipo frontal, generalmente importantes y prolongadas.



Naturalmente, con frecuencia una lluvia real puede tener una o varias de las causas mencionadas, y una perturbación ciclónica puede ser el origen de una precipitación orográfica y acentuar las lluvias de tipo convectiva.

2.3.2. Evapotranspiración

(Vásquez 2016) Es el proceso mediante el cual el agua pasa del estado líquido al estado de vapor, ya sea por la evaporación misma, la transpiración que se presenta en plantas, la sudoración en animales y la sublimación, que ocurre de las superficies de nevados y glaciares. Los seres vivos de nuestro planeta contribuyen con el 10% del agua que retorna a la atmósfera. La evaporación ocurre sobre la tierra y el mar.

(Breña 2006) La evapotranspiración es un proceso combinado que depende de la influencia de las condiciones atmosféricas sobre el sistema agua-suelo-planta. Uno de los métodos más sencillos para estimar la evapotranspiración, entre muchos existentes, es el de Thornthwaite, el cual requiere, básicamente, de información climatológica y geográfica (Remenieras, 1974).

Según el autor, el valor de la evapotranspiración potencial es función de las variables siguientes:

a) La temperatura media mensual t , en °C, por medio de índices térmicos mensuales i calculados por:

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.5}$$

b) La latitud, en la cual va implícito el valor de insolación.

(Mejía 2006) Es la pérdida de agua resultante de la evaporación del suelo y la transpiración de las plantas.



a) Evapotranspiración potencial:

Es la pérdida de agua por evapotranspiración en un terreno extenso con vegetación verde, baja, en pleno desarrollo, cubriendo totalmente el suelo, de altura uniforme y sin sufrir deficiencia de humedad, (humedad del suelo cercana a la capacidad del campo).

b) Evapotranspiración real o actual:

Conocida también como **uso consuntivo**, es la pérdida de agua por evaporación y transpiración, en las condiciones atmosféricas y de humedad del suelo, actuales reinantes.

Fórmula de Hargreaves:

El cálculo de la Evapotranspiración Potencial mediante las fórmulas de G. H. Hargreaves, se hacen en base a la radiación solar equivalente y en base a la temperatura:

$$ETP = 0.0075 \times RSM \times TMF$$

$$RSM = 0.075 \times RMM \times S^{0.5}$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial en (mm/mes)

RSM = Radiación solar equivalente en (mm/mes)

RMM = Radiación extraterrestre equivalente en (mm/mes): $RMM = R_a \times DM$

R_a = Radiación extraterrestre equivalente en (mm/día). Se obtiene de acuerdo a la latitud del lugar (Manual 24 FAO)

DM = Número de días del mes

S = Porcentaje de horas del sol: $S = \frac{n}{N} \times 100$

n = Horas de sol promedio del lugar

N = Horas de sol posible según la latitud (Manual 24 FAO)

TMF = Temperatura media mensual en °F

2.3.3. Almacenamiento

(Plan Meriss 1980) Entre los almacenes naturales que producen el efecto de la retención de la cuenca, se puede distinguir tres tipos con mayor importancia:

- Acuíferos.
- Lagunas y pantanos.
- Nevados.

Tabla 01. Lámina de agua acumulada en los tres tipos de almacén hídrico

TIPO	LÁMINA ACUMULADA <i>mm/año</i>		
	Pendiente de la cuenca		
Napa Freática	2%	8%	15%
	300	250	200
Lagunas y pantanos	500		
Nevados	500		

Fuente: Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana MERISS II.

2.3.4. Escorrentía

(Vásquez 2016) Es el flujo de agua sobre la superficie terrestre debido a la pendiente del terreno. Durante el desplazamiento del agua superficial se va produciendo infiltración en el suelo, evaporación y al mismo tiempo erosión de los suelos: erosión hídrica. Ocurre escurrimiento superficial cuando la cantidad de precipitación es mayor que la infiltración.



(Breña 2006) El flujo en cauces naturales y en canales generalmente se estudia haciendo uso de las ecuaciones de conservación y de la ecuación de Manning, la cual tiene la forma siguiente:

$$v = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

v = Es la velocidad media a través de la sección del cauce o canal

n = Es la constante de Manning

R_h = Es el radio hidráulico

S = Es la pendiente

2.3.5. Infiltración

(Vásquez 2016) Es el proceso mediante el cual el agua al entrar en contacto con el suelo, penetra al interior del perfil del suelo (se infiltra) a través de los poros; a medida que va humedeciéndose el suelo por efecto de la gravedad y a diferencias de potenciales que puedan existir entre las diferentes capas del suelo sigue avanzando el agua hacia capas más profundas; llegando en muchos casos a ser almacenada en los acuíferos o reservorios subterráneos. En el proceso de infiltración del agua en el suelo juega un rol importante el nivel de permeabilidad o porosidad de las diferentes capas del suelo, del grado de pendiente de la superficie del terreno y de la cobertura vegetal.

El agua que se infiltra en el suelo puede regresar a la atmósfera como agua subterránea y que al ser explotada por el hombre vuelve a la superficie y es usada en las diversas actividades y otra cantidad de agua aflora (sale) hacia la superficie, bajo la forma de puquios, manantiales u ojos de agua.



2.3.6. Intercepción

(Vásquez 2016) Es el proceso donde la precipitación es captada por la vegetación: hojas, tallos y ramas, etc. Luego una parte de ésta cae al suelo y la otra parte es evaporada a la atmósfera.

2.3.7. Balance hídrico medio de una cuenca

(Gámez 2010) El balance hidrológico es la evaluación cuantitativa de la economía hídrica en un lugar y tiempo determinado. Permite establecer cuantitativamente los recursos de agua existentes y, por tanto, planificar su utilización tanto para la agricultura como para otros diversos usos que el hombre hace de ella.

En forma resumida y general, el balance hidrológico puede expresarse de la siguiente manera:

$$\text{Variación en el almacenamiento} - \text{Agua que entra en un sistema} = \text{Agua que sale del sistema}$$

(Villón 2002) El balance hídrico mensual de un proyecto, resulta de gran interés práctico como por ejemplo para elaborar el calendario agrícola, previsión de pequeños embalses, etc. Su cálculo se puede realizar a partir de los valores de la evapotranspiración corregida, haciendo intervenir además la precipitación media mensual.

2.4. DELIMITACIÓN DE CUENCA HIDROGRÁFICA CON SIG

2.4.1. Definición de SIG

(Olaya 2014) SIG es un elemento que permite analizar, presentar e interpretar hechos relativos a la superficie terrestre. Es un conjunto de software y hardware diseñado específicamente para la adquisición, mantenimiento y uso de datos cartográficos.



Es un sistema de información diseñado para trabajar con datos referenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas. En otras palabras, es tanto un sistema de base de datos con capacidades específicas para datos georreferenciados, como un conjunto de operaciones para trabajar con esos datos.

Un SIG es un sistema que integra tecnología informática, personas e información geográfica, y cuya principal función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados.

(Vieira 2002) El SIG, definido por Burrough (1986), es un “poderoso conjunto de herramientas para coleccionar, almacenar, recuperar, transformar y exhibir datos espaciales referenciados al mundo real”. En realidad, existen diversas definiciones de SIG, sin embargo Silva (1998) las sintetizó en la definición de los requisitos necesarios de un sistema para que sea considerado un SIG: “el SIG necesita usar el medio digital, por tanto el uso intensivo de informática es imprescindible; debe existir una base de datos integrada, estos datos necesitan estar geo-referenciados y con control de errores; el SIG debe contener funciones de análisis de estos datos, variando de álgebra cumulativa. (ej: operaciones de tipo suma, substracción, multiplicación y división) hasta álgebra no cumulativa (operaciones lógicas)”.

Los sistemas que componen el SIG pueden dividirse en:

- Sistemas de entrada de datos: sistema de procesamiento digital de imágenes (PDI), digitalización de mapas, sistema de posicionamiento global (GPS), datos tabulares (planillas electrónicas) y datos estadísticos.
- Sistemas de almacenamiento de datos: banco de datos espaciales (mapas digitales) y banco de datos de atributos (alfanuméricos).



- Sistemas de análisis de datos: sistema de análisis geográfica (operaciones algebraicas), sistema de análisis estadístico y sistema de gestión de banco de datos (SGBD).
- Sistema de salida de datos: sistema de exhibición cartográfica (salida de mapas para el monitor, la impresora, el “ploter” y archivos digitales).

2.4.2. Delimitación de cuencas y subcuencas

(Olaya 2014) Menciona que el modelo más sencillo de asignación de direcciones de flujo es el denominado Deterministic 8 (D8). Esta formulación es la implementada en la gran mayoría de SIG con capacidades de análisis hidrológico, debido principalmente a su sencillez operativa y facilidad de comprensión.

El proceso de cálculo de la dirección de flujo es sencillo, y requiere únicamente el cálculo de una pendiente media entre la celda central y las 8 circundantes, la cual se evalúa mediante la expresión:

$$\gamma = \frac{z_5 - z_i}{l}; \quad z = 1, \dots, 9; \quad i \neq 5$$

Donde:

l = Representa la distancia entre los centros de las celdas entre las que se calcula la pendiente

No se emplea aquí directamente la variable Δs de tamaño de celda, ya que la distancia a aplicar no es igual en las celdas situadas en la vertical o en la horizontal de la celda central ($l = \Delta s$), que en las celdas situadas en diagonal a la misma ($l = \sqrt{2}\Delta s$). La dirección de flujo viene definida por la celda que marca la mayor de las pendientes.

La principal ventaja del método, su simplicidad, es también su principal defecto. La discretización de las direcciones en múltiplos de 45° hace que flujos que presenten rutas ciertamente distintas (con diferencias en orientación tan importantes como esos mismos 45°) puedan quedar englobados dentro de una misma dirección, ya que la dirección real resulta truncada para encajar dentro de uno de los intervalos.

La aparición de segmentos rectilíneos paralelos en zonas llanas (Figura 04) o la acumulación de errores en pendientes monótonas (Figura 03), son, entre otras, algunas de las consecuencias indeseadas de lo anterior.

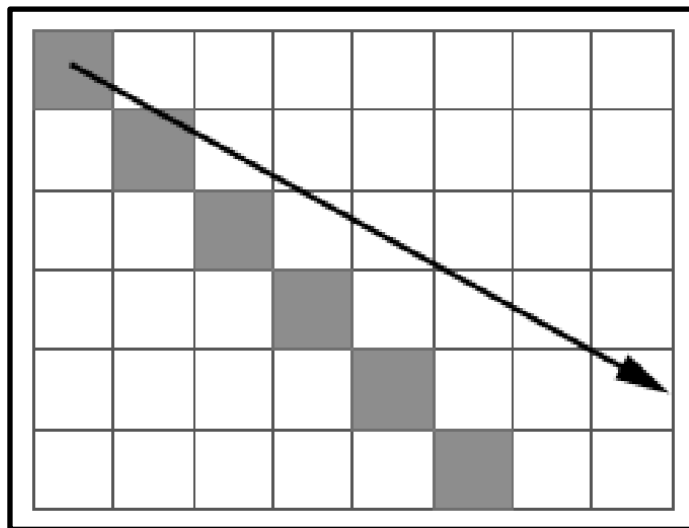


Figura 03. Dirección real de la pendiente y dirección de flujo calculada con el modelo D8

Fuente: Olaya Ferrero, V. (2014) - Sistema de Información Geográfica

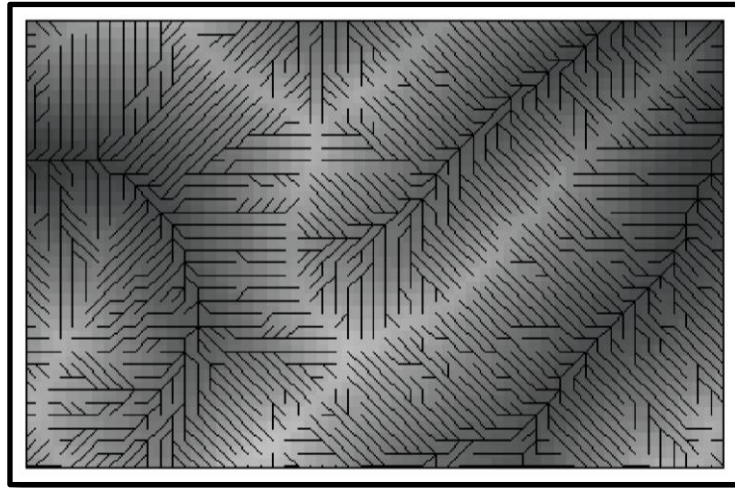


Figura 04. Líneas paralelas de flujo como resultado de la aplicación del modelo D8

Fuente: Olaya Ferrero, V. (2014) - Sistema de Información Geográfica

Nos indica también que con el conocimiento de las direcciones de flujo y las conexiones entre celdas, el procedimiento para delinear una cuenca vertiente no difiere mucho del cálculo del área acumulada para una celda. Al igual que sucedía en la extracción de cauces, lo general es aplicar el método D8, ya que da lugar a cuencas bien definidas, que pueden representarse mediante capas ráster con dos únicos valores, uno para las celdas que pertenecen a la cuenca vertiente y otro para las que no.

Por medio de un análisis similar al anterior podemos no solo calcular la cuenca a un punto dado, sino subdividir esta en subunidades hidrológicas menores. El conjunto de estas subunidades conforma una teselación del espacio ocupado por la cuenca en subcuencas independientes.

Existen dos formas principales de subdividir una cuenca, requiriéndose información adicional además de la localización de la celda de salida:

- Mediante celdas de salida adicionales correspondientes a cada subcuenca
- Mediante un umbral de tamaño máximo de las subcuencas.



Para el primer caso, se calculan las cuencas vertientes a todas las celdas de salida especificadas, considerándose siempre que la cuenca asociada a las celdas situadas aguas abajo engloba a la de aquellas situadas aguas arriba de ella, y descontando la superficie de intersección. Los puntos de salida generalmente se establecen sobre las celdas que representan confluencias de cauces donde el orden jerárquico de la red de drenaje varía. Este es un ejemplo directo de aplicación de la red de drenaje que extrajimos en el punto anterior.

Si asignamos órdenes jerárquicos de Shreve, tendremos una subcuenca para cada subtramo, ya que estos órdenes varían en cada confluencia. Si, por el contrario, empleamos ordenes de Strahler, solo serán consideradas como celdas de salida aquella confluencia en las que se unan cauces de igual orden.

2.4.3. ArcGIS

(Puerta 2011) Es una arquitectura integrada de los productos SIG de la casa ESRI que incluye ArcReader, ArcView, ArcEditor y ArcInfo. Estos cuatro productos comparten una misma interface, por lo tanto tienen el mismo aspecto y trabajan de la misma manera. La diferencia está en la funcionalidad de cada uno de estos productos, que va desde la más básica ArcReader hasta la de altas prestaciones de ArcInfo (ORDUÑA, 2007).

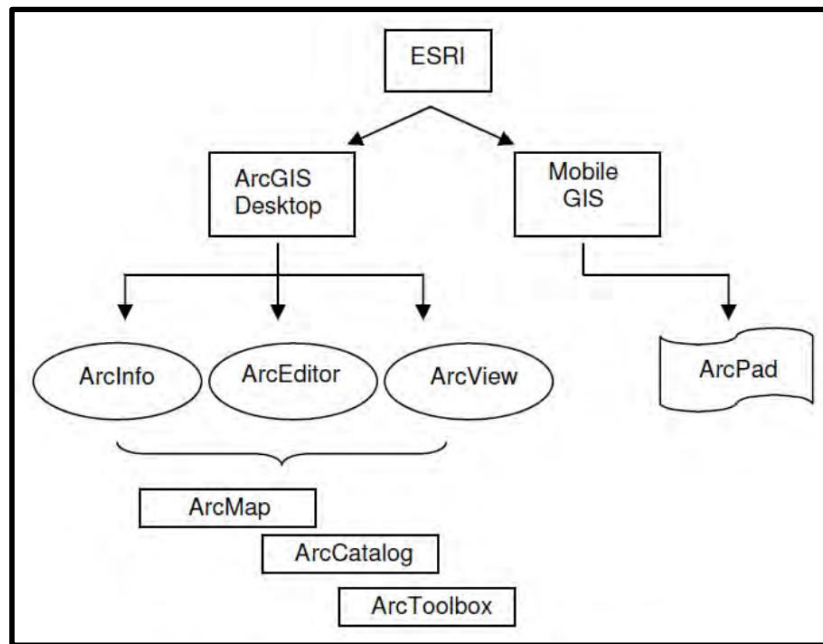


Figura 05. Esquema de la arquitectura de ArcGIS

Fuente: Puerta Tuesta, R., Rengifo Trigozo, J., & Bravo Morales, N. (2011) - ArcGIS Básico 10

Es un sistema de información geográfica, el cual posee una interface gráfica de usuario, de manejo sencillo con el ratón, posibilita cargar con facilidad datos espaciales y tabulares para ser mostrados en forma de mapas, tablas y gráficos, también provee las herramientas necesarias para consultar y analizar los datos y presentar los resultados como mapas con calidad de presentación. Algunos ejemplos de lo que se puede obtener es cartografía temática, creación y edición de datos, análisis espacial, geocodificación de direcciones, etc. ArcGIS se compone de tres aplicaciones que están incluidas en ArcInfo, ArcEditor y ArcView, las cuales son ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox (ORDUÑA, 2007).

2.4.4. HEC-GeoHMS

(Nania 2007) HEC-GeoHMS es una extensión para ArcView 3.x que ha sido desarrollada como un grupo de herramientas hidrológicas geoespaciales para ingenieros e hidrólogos con una limitada experiencia en sistemas de información geográfica (SIG).



El programa permite visualizar información espacial, documentar características de la cuenca, realizar análisis espaciales, delinear cuencas y ríos, construir las entradas para modelos hidrológicos y ayudar en la preparación de informes. Trabajando con HEC-GeoHMS a través de sus interfaces, menús, herramientas, en un entorno con ventanas, el usuario puede crear rápidamente entradas hidrológicas que pueden usarse directamente con HEC-HMS.

HEC-GeoHMS se usa para procesar los datos de la cuenca después de haber realizado una preparación y compilación inicial de los datos del terreno. La preparación de los datos del SIG puede ser realizado con cualquier software estándar de SIG (ArcView, ArcGIS, etc). HEC-GeoHMS no es una herramienta para preparación datos SIG. Ejemplos de datos necesarios para trabajar con HEC-GeoHMS incluye un modelo digital de elevaciones (DEM), la localización digital de los cauces y de las estaciones de aforo. Cuando la preparación de los datos está lista, HEC-GeoHMS procesa al terreno y la información espacial para generar una serie de entradas hidrológicas, que le darán al usuario un modelo inicial para HEC-HMS. El usuario puede estimar los parámetros hidrológicos a partir de las características de la cuenca y los cauces, precipitación media y datos de caudales. Además, el usuario de HEC-HMS tendrá plena libertad para modificar los elementos hidrológicos y su conectividad para presentar más fielmente las condiciones reales.

2.5. MODELOS HIDROLÓGICOS

(Chow 1994) El objetivo del análisis del sistema hidrológico es estudiar la operación del sistema y predecir su salida. Un modelo de sistema hidrológico es una aproximación al sistema real; sus entradas y salidas son variables hidrológicas mensurables y su estructura es un conjunto de ecuaciones que conectan las entradas y las salidas. Central a la estructura del modelo está el concepto de *transformación del sistema*.



Las entradas y las salidas pueden expresarse como funciones del tiempo, $I(t)$ y $Q(t)$ respectivamente, en donde t pertenece al rango de tiempo T en consideración. El sistema realiza una transformación de la entrada en la salida representada por:

$$Q(t) = \Omega I(t)$$

La cual se conoce como *ecuación de transformación* del sistema. El símbolo Ω es una *función de transferencia* entre la entrada y la salida. Si esta relación puede representarse mediante una ecuación algebraica, entonces Ω es un operador algebraico. Por ejemplo si:

$$Q(t) = CI(t)$$

Donde C es una constante, entonces la función de transferencia es el operador:

$$\Omega = \frac{Q(t)}{I(t)} = C$$

Si la transformación es descrita por una ecuación diferencial, entonces la función de transferencia sirve como un *operador diferencial*. Por ejemplo, un *embalse lineal* tiene su almacenamiento S relacionado con su caudal de salida Q a través de:

$$S = kQ$$

Donde k es una constante que tiene dimensiones de tiempo. Por consiguiente, la tasa de cambio del almacenamiento con respecto al tiempo dS/dt es igual a la diferencia entre la entrada y la salida:

$$\frac{dS}{dt} = I(t) - Q(t)$$

Eliminando S en las dos ecuaciones y reordenando:



$$k \frac{dQ}{dt} + Q(t) = I(t)$$

Luego:

$$\Omega = \frac{Q(t)}{I(t)} = \frac{1}{1 + kD}$$

Donde D es el operador diferencial d/dt . Si la ecuación de transformación ha sido determinada y puede ser resuelta, se encuentra la salida como función de la entrada. La ecuación anterior describe un sistema lineal si k es una constante. Si k es una función de la entrada I o de la salida Q , entonces la ecuación describe un sistema no lineal que es más difícil de solucionar.

2.5.1. Clasificación de modelos hidrológicos

(Chow 1994) Los modelos hidrológicos pueden dividirse en dos categorías: modelos *físicos* y modelos *abstractos*. Los primeros incluyen modelos a *escala* que representan el sistema en una escala reducida, tal como un modelo hidráulico del vertedero de una presa; y modelos *análogos*, que usan otro sistema físico con propiedades similares a las del prototipo. Por ejemplo el Hele-Shaw es un modelo análogo que usa el movimiento de un fluido viscoso entre dos placas paralelas muy cercanas para modelar el flujo a través de un acuífero o terraplén.

Los modelos abstractos representan el sistema en forma matemática. La operación del sistema se describe por medio de un conjunto de ecuaciones que relacionan las variables de entrada y de salida. Estas variables pueden ser funciones del espacio y del tiempo, y también pueden ser variables *probabilísticas* o *aleatorias* que no tienen un valor fijo en un punto particular del espacio y del tiempo, pero que están descritas a través de distribuciones de probabilidad. Por ejemplo, la lluvia que caerá mañana en un lugar particular no puede pronosticarse con tales variables es el *campo aleatorio*, una región



del espacio y del tiempo dentro de la cual el valor de la variable en cada punto está definido por una distribución de probabilidad (Vanmarcke, 1983). Por ejemplo, la intensidad de precipitación en una tormenta varía rápidamente en el tiempo y de un lugar a otro, por lo cual no puede “pronosticarse” en forma exacta, por tanto es razonable representarla a través de un campo aleatorio.

Tratar de desarrollar un modelo con variables aleatorias que depende de las tres dimensiones espaciales y del tiempo es una tarea ardua, por consiguiente, para la mayor parte de los propósitos prácticos es necesario simplificar el modelo, despreciando algunas de las fuentes de variación. Los modelos hidrológicos pueden clasificarse teniendo en cuenta las formas en que se lleva a cabo esta simplificación. Existen tres decisiones que deben tomarse en un modelo: ¿serán o no aleatorias las variables del modelo?, ¿variarán en el espacio o serán uniformes?, ¿variarán en el tiempo o serán constantes?. El modelo puede localizarse en un “árbol” de acuerdo con estas alternativas.

Un modelo *determinístico* no considera aleatoriedad; una entrada dada produce siempre una misma salida. Un modelo *estocástico* tiene salidas que son por lo menos parcialmente aleatorias. Podría decirse que los modelos determinísticos hacen *pronósticos*, mientras que los modelos estocásticos hacen *predicciones*. A pesar de que todos los fenómenos hidrológicos implican algún grado de aleatoriedad, la variabilidad resultante en la salida puede ser pequeña cuando se le compara con la variabilidad resultante de otros factores conocidos. En tales casos un modelo determinístico es apropiado. Si la variación aleatoria es grande, un modelo estocástico es el más adecuado, porque la salida real podría ser bastante diferente del valor único producido por un modelo determinístico. Por ejemplo, pueden desarrollarse modelos determinísticos razonablemente buenos para la evaporación diaria en un lugar dado, usando información sobre energía disponible y transporte de vapor, pero tal información no puede usarse para



desarrollar modelos confiables de precipitación diaria en un lugar, debido a que la precipitación es aleatoria en su mayor parte. Por consiguiente, la mayoría de los modelos de precipitación diaria son estocásticos.

En el nivel medio del árbol de la siguiente figura se decide el tratamiento de la variación espacial. Los fenómenos hidrológicos cambian en las tres dimensiones espaciales, pero el tener en cuenta explícitamente toda esta variación, puede hacer que el modelo sea muy complicado para aplicaciones prácticas. En un modelo determinístico *agregado*, el sistema es promediado en el espacio o considerado como un punto único sin dimensiones en el espacio. Por ejemplo, muchos modelos del proceso de lluvia-escorrentía, en la cual se trata la entrada de precipitación como uniforme en toda la cuenca e ignoran la variación espacial interna del flujo en una cuenca. En contraste, un modelo determinístico *distribuido* considera que los procesos hidrológicos ocurren en varios puntos del espacio y define las variables del modelo como funciones de las dimensiones espaciales. Los modelos estocásticos se clasifican en independientes en el espacio y correlacionados en él, de acuerdo con la influencia que las variables aleatorias tengan entre ellas en diferentes puntos del espacio.

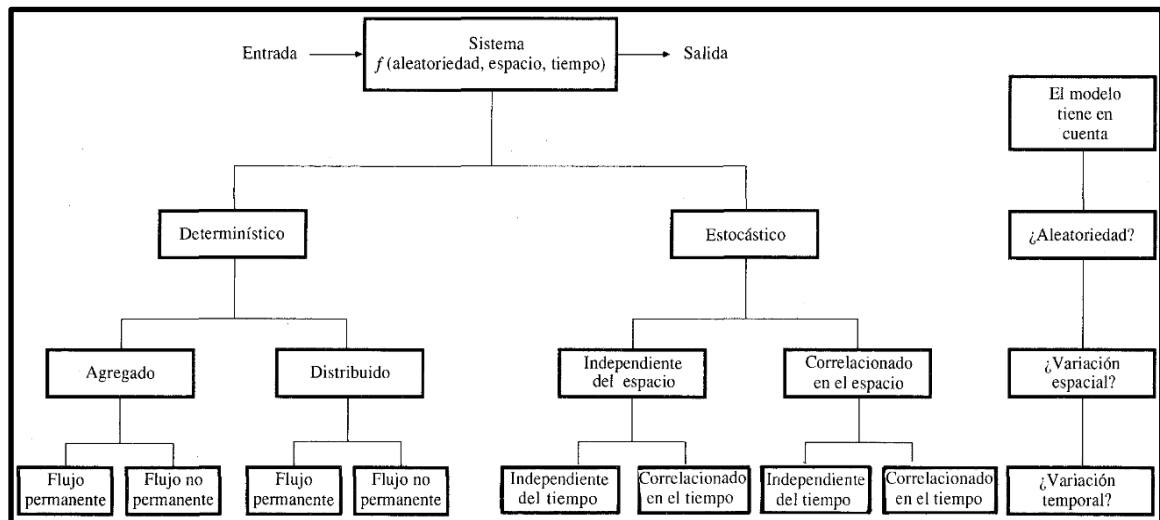


Figura 06. Clasificación de modelos hidrológicos de acuerdo con la forma, la aleatoriedad y la variabilidad espacial y temporal de los fenómenos hidrológicos

Fuente: Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays L. W. (1994). Hidrología Aplicada

En el tercer nivel del árbol se considera la variabilidad temporal. Los modelos determinísticos se clasifican en modelos de *flujo permanente* (la tasa de flujo no cambia con el tiempo) y modelos de *flujo no permanente*. Los modelos estocásticos siempre tienen salidas que son variables en el tiempo. Éstos se clasifican como *independientes del tiempo* y *correlacionados en él*; un modelo independiente del tiempo representa una secuencia de eventos hidrológicos que no influyen entre sí, mientras que un modelo correlacionado en el tiempo representa una secuencia en la cual el evento siguiente está parcialmente influido por el evento anterior y posiblemente por otros.

Todos los modelos hidrológicos son aproximaciones de la realidad, luego la salida de un sistema real nunca puede pronosticarse con certeza; así mismo, los fenómenos hidrológicos varían con las tres dimensiones del espacio y con el tiempo, pero la consideración simultánea de las cinco fuentes de variación (aleatoriedad, tres dimensiones espaciales, tiempo) se ha llevado a cabo sólo para algunos pocos casos idealizados. Un modelo práctico usualmente considera una o dos fuentes de variación.

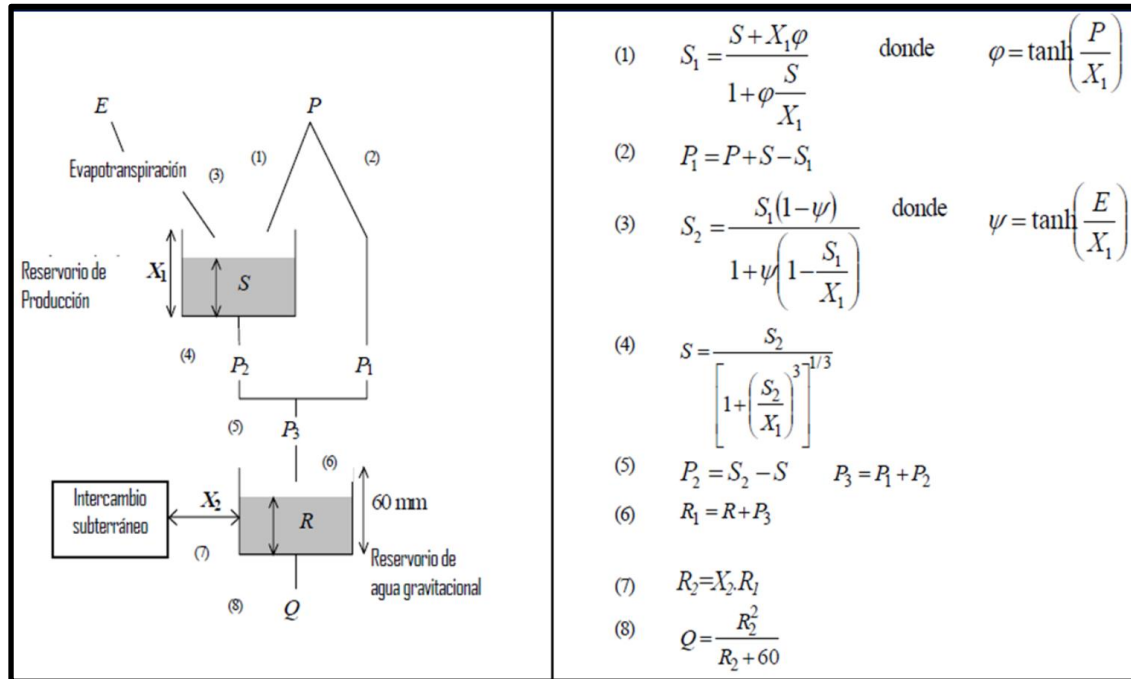
2.6. MODELO HIDROLÓGICO GR2M

(Cabrera 2006) Los modelos GR son un grupo de modelos precipitación-escorrentía desarrollados en Francia por la unidad de investigación en hidrología del Cemagref d'Antony. Estos modelos se caracterizan por utilizar como datos de ingreso la precipitación y la temperatura.

Desde 1983, año en que se propuso este modelo de forma global para reconstruir los caudales diarios, el modelo GR ha evolucionado presentando diferentes versiones como el GR1A, para caudales anuales; GR2M, para caudales mensuales; GR3J y GR4J, para caudales diarios.

GR2M es un modelo agregado que simula caudales en intervalos mensuales. El modelo transforma la precipitación en escorrentía mediante la aplicación de dos funciones: una función de producción y una función de transferencia.

Su estructura consta de dos reservorios: el reservorio suelo y el reservorio de agua gravitacional. La Figura 07 a continuación muestra la arquitectura del modelo GR2M con los principales procesos hidrológicos que producen escorrentía y que son tomados en cuenta por el modelo. De acuerdo a este esquema, P es la precipitación media de la cuenca, P_1 es la escorrentía superficial, E es la evapotranspiración actual, P_2 la percolación profunda, S el almacenamiento del reservorio suelo al inicio del periodo de análisis, R el almacenamiento del reservorio de agua gravitacional al inicio del periodo de análisis y Q el caudal a la salida de la cuenca. La capacidad máxima de almacenamiento del reservorio suelo es X_1 y la del reservorio gravitacional es asumida como 60mm.



$$(1) \quad S_1 = \frac{S + X_1 \varphi}{1 + \varphi \frac{S}{X_1}} \quad \text{donde} \quad \varphi = \tanh\left(\frac{P}{X_1}\right)$$

$$(2) \quad P_1 = P + S - S_1$$

$$(3) \quad S_2 = \frac{S_1(1 - \psi)}{1 + \psi \left(1 - \frac{S_1}{X_1}\right)} \quad \text{donde} \quad \psi = \tanh\left(\frac{E}{X_1}\right)$$

$$(4) \quad S = \frac{S_2}{\left[1 + \left(\frac{S_2}{X_1}\right)^3\right]^{1/3}}$$

$$(5) \quad P_2 = S_2 - S \quad P_3 = P_1 + P_2$$

$$(6) \quad R_1 = R + P_3$$

$$(7) \quad R_2 = X_2 R_1$$

$$(8) \quad Q = \frac{R_2^2}{R_2 + 60}$$

Figura 07. Estructura del modelo GR2M

Fuente: CEMAGREF (www.cemagref.fr)

2.6.1. Función de Producción

De acuerdo a la Figura 1, parte de la precipitación es absorbida por el reservorio suelo y otra (P_1) se dirige al reservorio de agua gravitacional. El nuevo volumen de agua en el reservorio suelo (S_1) se calcula de la siguiente manera:

$$S_1 = \frac{S_0 + X_1 \varphi}{1 + \varphi \frac{S_0}{X_1}}$$

Donde: X_1 es la capacidad del reservorio suelo; y φ se define como: $\varphi = \tanh\left(\frac{P}{X_1}\right)$

Asumiendo que no hay pérdidas, el volumen de agua antes de la infiltración debe ser el mismo después de ésta; entonces:

$$P_1 = P + S - S_1$$

En una segunda instancia, el reservorio suelo será afectado por la evapotranspiración, reduciendo su volumen a S_2 . El nuevo volumen se calcula de la siguiente manera:

$$S_2 = \frac{S_1(1 - \Psi)}{1 + \Psi \left(1 - \frac{S_1}{X_1}\right)}$$

Donde: Ψ es igual a: $\Psi = \text{Tanh}\left(\frac{E}{X_1}\right)$

Parte de este nuevo volumen S_2 será transferido al reservorio de agua gravitacional y el remanente se convertirá en el volumen inicial S para el siguiente período de análisis.

El nuevo valor de S será:

$$S = \frac{S_2}{\left[1 + \left(\frac{S_2}{X_1}\right)^3\right]^{\frac{1}{3}}}$$

Luego, el volumen de agua que percola P_2 se estimará como la diferencia entre S_2 y S :

$$P_2 = S_2 - S$$

2.6.2. Función de Transferencia

Conocido el volumen de agua que percola, la precipitación efectiva que ingresa al reservorio de agua gravitacional (P_3), será:

$$P_3 = P_1 + P_2$$

Debido a que el reservorio de agua gravitacional contaba con un volumen inicial R , su nuevo volumen será:

$$R_1 = R_0 + P_3$$



Sin embargo, debido a que existe un intercambio de volúmenes a nivel subsuperficial, el volumen del reservorio se corrige por el factor X_2 :

$$R_2 = X_2 R_1$$

Finalmente el reservorio de agua gravitacional se vacía siguiendo una función cuadrática, dándonos como resultado el caudal de salida:

$$Q = \frac{R_2^2}{R_2 + 60}$$

Como puede observarse, todos los volúmenes estimados dependen de dos variables a optimizar:

- X_1 : capacidad del reservorio suelo en milímetros
- X_2 : coeficiente de intercambios subterráneos (adimensional)

2.7. HIDROLOGÍA ESTADÍSTICA

(Chow 1994) Los procesos hidrológicos evolucionan en el espacio y en el tiempo en una forma que es parcialmente predecible, o determinística, y parcialmente aleatoria. Un proceso de este tipo se conoce con el nombre de *proceso estocástico*. En algunos casos, la variabilidad aleatoria del proceso es tan grande comparada con su variabilidad determinística, que se justifica que el hidrólogo trate el proceso como puramente aleatorios. De esta manera, el valor de una observación del proceso no está *correlacionada* con los valores de observaciones adyacentes, y las propiedades estadísticas de todas las observaciones son iguales.

Cuando no existe correlación entre observaciones adyacentes, la salida de un sistema hidrológico es tratada como estocástica, independiente del espacio e independiente del tiempo. Este tipo de tratamiento es apropiado para observaciones de

eventos hidrológicos extremos, como crecientes o sequías, y para información hidrológica promediada a lo largo de intervalo de tiempo grandes, como la precipitación anual. Este capítulo describe información hidrológica de procesos enteramente aleatorios utilizando parámetros y funciones estadísticas. Los métodos estadísticos están basados en principios matemáticos que describen la variación aleatoria de un conjunto de observaciones de un proceso, y estos centran su atención en las observaciones mismas en lugar de los procesos físicos que las producen. La estadística es una ciencia de descripción, no de casualidad.

2.7.1. Parámetros estadísticos

(Chow 1994) El objetivo de la estadística es extraer la información esencial de un conjunto de datos, reduciendo un conjunto grande de números a un conjunto pequeño de números. Las *estadísticas* son números calculados de una muestra los cuales resumen sus características más importantes. Los *parámetros* estadísticos son características de una población, tales como μ y σ en la siguiente ecuación.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp \left[-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2} \right]$$

Un parámetro estadístico es el *valor esperado* E de alguna función de una variable aleatoria. Un parámetro simple es la *media* μ , el valor esperado de la variable aleatoria. Para una variable aleatoria X , la media es $E(X)$, y se calcula como el producto de x y la correspondiente densidad de probabilidad $f(x)$, integrando sobre el rango factible de la variable aleatoria:

$$E(X) = \mu = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$$

$E(X)$ es el primer momento alrededor del origen de la variable aleatoria, una medida del punto medio o “tendencia central” de la distribución.

La estimación por la muestra de la media es el promedio \bar{x} de la información de la muestra:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Tabla 02. Parámetros de población y estadísticas de muestra

PARÁMETRO DE LA POBLACIÓN	ESTADÍSTICA DE LA MUESTRA
1. Punto medio	
<ul style="list-style-type: none"> Media aritmética $\mu = E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$	<ul style="list-style-type: none"> $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
<ul style="list-style-type: none"> Mediana <p>x tal que $F(x) = 0.5$</p>	<ul style="list-style-type: none"> Valor de la información en el 50o. Percentil
<ul style="list-style-type: none"> Media geométrica $\text{antilog}[E(\log x)]$	<ul style="list-style-type: none"> $(\prod_{i=1}^n x_i)^{1/n}$
2. Variabilidad	
<ul style="list-style-type: none"> Varianza $\sigma^2 = E[(x - \mu)^2]$	<ul style="list-style-type: none"> $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$
<ul style="list-style-type: none"> Desviación estándar $\sigma = \{E[(x - \mu)^2]\}^{1/2}$	<ul style="list-style-type: none"> $s = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2}$
<ul style="list-style-type: none"> Coefficiente de variación $CV = \frac{\sigma}{\mu}$	<ul style="list-style-type: none"> $CV = \frac{s}{\bar{x}}$
3. Simetría	
<ul style="list-style-type: none"> Coefficiente de asimetría (oblicuidad) $\gamma = \frac{E[(x - \mu)^3]}{\sigma^3}$	<ul style="list-style-type: none"> $C_S = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$

Fuente: Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays “Hidrología aplicada”



2.8. ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA Y METEOROLÓGICA

(Huamán 2016) La hidrología toma en cuenta todos los parámetros que influyen en el ciclo hidrológico. Generalmente, se estudia este ciclo en un volumen de control denominado sistema hidrológico, el cual de manera simplificada se denomina cuenca hidrográfica.

El balance hídrico de dicho sistema se puede resumir, para un intervalo de tiempo dado, siguiendo el principio de conservación de la masa como:

$$\text{Entradas} + \text{Almacenamiento inicial} = \text{Salidas} + \text{Almacenamiento final}$$

O también:

$$I - O = \frac{dS}{dt}$$

(Precipitación + Importaciones de agua + Escorrentía superficial desde otras cuencas + Aguas subterráneas desde otras cuencas) - (Evaporación + Transpiración + Escorrentía superficial hacia otras cuencas + Exportación de agua + Aguas subterráneas hacia otras cuencas + Infiltración) = (Almacenamiento de aguas subterráneas + Almacenamiento por cambio de humedad del suelo + Almacenamiento superficial en embalses, en canales y en la propia escorrentía superficial).

Los parámetros de la hidrología pueden ser divididos en tres categorías:

a) Parámetros climáticos:

Precipitación, evapotranspiración y parámetros secundarios ligados a los primeros, como radiación solar, temperatura, humedad del aire, viento, insolación, etc.



b) Parámetros de escurrimiento:

Descargas líquida y sólida y parámetros secundarios ligados a los primeros, como niveles de agua, características de la red de drenaje, área de la cuenca, velocidad de flujo, calidad del agua y de los sedimentos transportados, reservorios naturales y artificiales, etc.

c) Parámetros característicos de la cuenca:

Geología, topografía, suelos, vegetación, urbanización, etc.

2.8.1. Medición de la precipitación

(Villón 2002) La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua (hp), y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó. Los aparatos de medición, se basan en la exposición a la intemperie de un recipiente cilíndrico abierto en su parte superior, en el cual se recoge el agua producto de la lluvia u otro tipo de precipitación, registrando su altura. Los aparatos de medición, se clasifican de acuerdo con el registro de las precipitaciones, en pluviómetros y pluviógrafos.

(Huamán 2016) La precipitación es probablemente el parámetro de mayor influencia en los estudios hidrológicos, en relación a su distribución espacial; de ahí la importancia de tener redes de densidad adecuada para su correcta estimación.

Resulta fundamental examinar con detalle el tipo de lluvias dominantes que se deseen evaluar. Si se trata de lluvias frontales extendidas y con poca variación espacial, resulta adecuada una red espaciada. Por el contrario, lluvias intensas de varias concentraciones, asociada con celdas convectivas necesitan mucho mayor número de estaciones en la red. En el caso de tener ambos tipos de lluvia, resulta conveniente una



combinación de pluviógrafos de base densificados con pluviómetros para disminuir costos.

Los errores que se pueden atribuir a diferentes causas, en este tipo de redes, son:

- Instrumental de 1% a 5%.
- Exposición incorrecta del pluviógrafo 5% a 15% en mediciones de plazos largos y hasta el 75% en mediciones de tormentas individuales. Los protectores de viento (Wind shields) pueden reducir un 20% los errores de medición de tormentas.
- Densidad de estaciones en áreas planas de 1 cada 650Km^2 dan errores de hasta 60% para valores diarios, bajando al 15% para mensuales y de 5% o menos para promedios anuales.
- Promedio areal de valores diarios tiene errores del 60% para 1 estación cada 700Km^2 , 10% con 1 estación cada 20Km^2 y 4% o menos para densidades mayores.
- En la estación de promedios sobre áreas, usando los mismos valores puntuales, dan diferencias de hasta 18% para diferentes métodos.

2.8.1.1. Precipitación media areal

(Villón 2002) En general, la altura de precipitación que cae en un sitio dado, difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercanos.

Los pluviómetros registran la lluvia puntual, es decir, la que se produce en el punto en la que está instalada el aparato. Para muchos problemas hidrológicos, se requiere conocer la altura de precipitación media de una zona, la cual puede estar referida a la altura de precipitación diaria, mensual, anual, media mensual, media anual.



Altura de precipitación diaria, es la suma de las lecturas observadas en un día.

Altura de precipitación media diaria, es el promedio aritmético de las lecturas observadas en un día.

Altura de precipitación mensual, es la suma de las alturas diarias, ocurridas en un mes.

Altura de precipitación media mensual, es el promedio aritmético de las alturas de precipitación mensual, correspondiente a un cierto número de meses.

Altura de precipitación anual, es la suma de las alturas de precipitación mensual, ocurridas en un año.

Altura de precipitación media anual, es el promedio aritmético de las alturas de precipitación anual, correspondiente a un cierto número de años.

Para calcular la precipitación media de una tormenta o la precipitación media anual, existen tres métodos de uso generalizado:

a) Promedio aritmético:

Consiste en obtener el promedio aritmético, de las alturas de precipitaciones registradas, de las estaciones localizadas dentro de la zona:

$$P_{med} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

Donde:

P_{med} = Precipitación media de la zona o cuenca

P_i = Precipitación de la estación i

n = Número de estaciones dentro de la cuenca

La precisión de este criterio, depende de la cantidad de estaciones disponibles, de la forma como están localizadas, y de la distribución de la lluvia estudiada. Es el método más sencillo, pero solo da buenos resultados cuando el número de pluviómetros es grande.

b) Polígono de Thiessen:

Para este método, es necesario conocer la localización de las estaciones en la zona bajo estudio, ya que para su aplicación, se requiere delimitar la zona de influencia de cada estación, dentro del conjunto de estaciones.

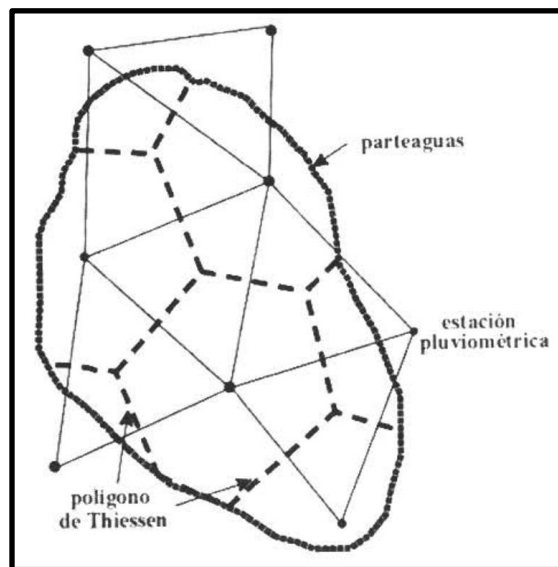


Figura 08. Polígono de Thiessen

Fuente: Villón Béjar, M. (2002) -
Hidrología

El método consiste en:

- Ubicar las estaciones, dentro y fuera de la cuenca.
- Unir las estaciones formando triángulos, procurando en lo posible que estos sean acutángulos (ángulos menores de 90°).
- Trazar las mediatrices de los lados de los triángulos formando polígonos. (Por geometría elemental, las mediatrices correspondientes a cada triángulo,



convergen en un solo punto. En un triángulo acutángulo, el centro de mediatrices, está ubicada dentro del triángulo, mientras que en un obtusángulo, está ubicada fuera del triángulo).

- Definir el área de influencia de cada estación, cada estación quedará rodeada por las líneas del polígono (en algunos casos, en parte por el parteaguas de la cuenca). El área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente.
- Calcular el área de cada estación.
- Calcular la precipitación media, como el promedio pesado de las precipitaciones de cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente, es decir:

$$P_{med} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i P_i$$

Donde:

P_{med} = Precipitación media

A_T = Área total de la cuenca

A_i = Área de influencia parcial del polígono de Thiessen correspondiente a la estación i

P_i = Precipitación de la estación i

n = Número de estaciones tomadas en cuenta

c) Isoyetas:

Para este método, se necesita un plano de isoyetas de la precipitación registrada, en las diversas estaciones de la zona en estudio. Las isoyetas son curvas que unen puntos de igual precipitación. Este método es el más exacto, pero requiere de un cierto criterio para trazar el plano de isoyetas. Se puede decir que si la precipitación es de tipo orográfico, las isoyetas tenderán a seguir una configuración parecida a las curvas de nivel. Por supuesto, entre mayor sea el número de estaciones dentro de la zona de estudio, mayor será la aproximación con lo cual se trace el plano de isoyetas.

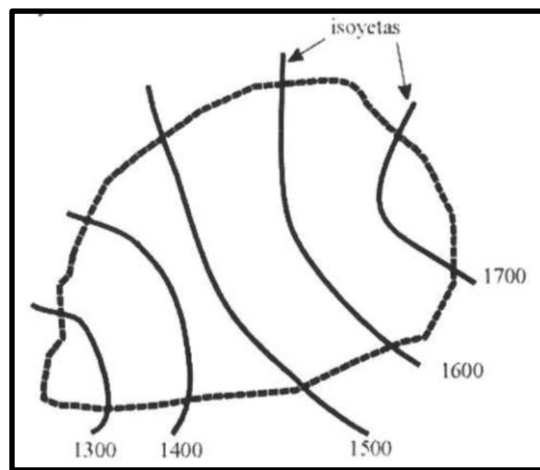


Figura 09. Isoyetas

Fuente: Villón Béjar, M. (2002) -
Hidrología

El método consiste en:

- Ubicar las estaciones dentro y fuera de la cuenca.
- Trazar las isoyetas, interpolando las alturas de precipitación entre las diversas estaciones, de modo similar a cómo de trazan las curvas de nivel.
- Hallar las áreas A_1, A_2, \dots, A_n entre cada 2 isoyetas seguidas.

- Si P_0, P_1, \dots, P_n son las precipitaciones representadas por las isoyetas respectivas, calcular la precipitación media utilizando:

$$P_{med} = \frac{\frac{P_0 + P_1}{2} A_1 + \dots + \frac{P_{n-1} + P_n}{2} A_n}{A_1 + \dots + A_n}$$

$$P_{med} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n \frac{P_{i-1} + P_i}{2} A_i$$

Donde:

P_{med} = Precipitación media

A_T = Área total de la cuenca

P_i = Altura de precipitación de las isoyetas i

A_i = Área parcial comprendida entre las isoyetas P_{i-1} y P_i

n = Número de áreas parciales

(Huamán 2016) Para evaluar la cantidad promedio de lluvia sobre un área determinada es necesario basarse en los valores puntuales registrados en cada medidor que conforma la red meteorológica. Pero como la contribución de cada instrumento al total de la tormenta es desconocida, han surgido métodos que intentan darnos una aproximación de la distribución de la precipitación dentro del área en consideración, entre estos métodos tenemos: método de la media aritmética, método de Thiessen y método de las isoyetas.

El método de la media aritmética consiste en hallar la media aritmética de las cantidades de lluvia conocidas para todas las estaciones dentro del área. Este método



proporciona buenos resultados, si la distribución de tales puntos sobre el área es uniforme y la variación en las cantidades individuales de los medidores no es muy grande.

El método de Thiessen se emplea cuando la distribución de los pluviómetros no es uniforme dentro del área de estudio. Este método asigna un área de influencia a cada una de las estaciones disponibles en la cuenca y cercana a ellas.

Las isoyetas son curvas de igual altura de precipitación que se calculan a partir de la interpolación entre pluviómetros adyacentes. Se miden las áreas entre isoyetas sucesivas y se les asigna la precipitación promedio entre dichas isoyetas. La lluvia promedio para toda el área es entonces el promedio ponderado.

2.8.2. Consistencia de la información hidrométrica y meteorológica, y la completación de datos faltantes

2.8.2.1. Producto grillado PISCO

(Aybar 2017) Se ha realizado a 681 estaciones meteorológicas gestionadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). El proceso de control de calidad se dividió en dos partes: automático y visual.

El control automático, consistió en la evaluación general de los datos de precipitación para cada estación (fechas duplicadas, comas decimales, valores -999 y/o -888), rangos fijos, coherencia temporal y espacial. Los valores que superaron los límites establecidos fueron eliminados. Debido a que un solo proceso de control de calidad no es apto para series climáticas (Hunsiker et al., 2017), fue necesario realizar a través de la visualización de datos una inspección de rupturas y/o quiebres evidentes en las series de tiempo y eliminación de segmentos que no eran homogéneos. Además, la completación de datos de las series mensuales y diarias fue llevado a cabo basado en una modificación del algoritmo CUTOFF (Feng et al., 2014) y mapeos de cuantiles ("quantile mapping")

respectivamente. Finalizando el control de calidad de datos, solo 443 de las 681 estaciones pluviométricas fueron seleccionadas para la generación de datos PISCOp. La cantidad de años de información en % considerando el período 1981-2016 por cada estación pluviométrica antes de la completación de datos puede apreciarse en la Figura 10.

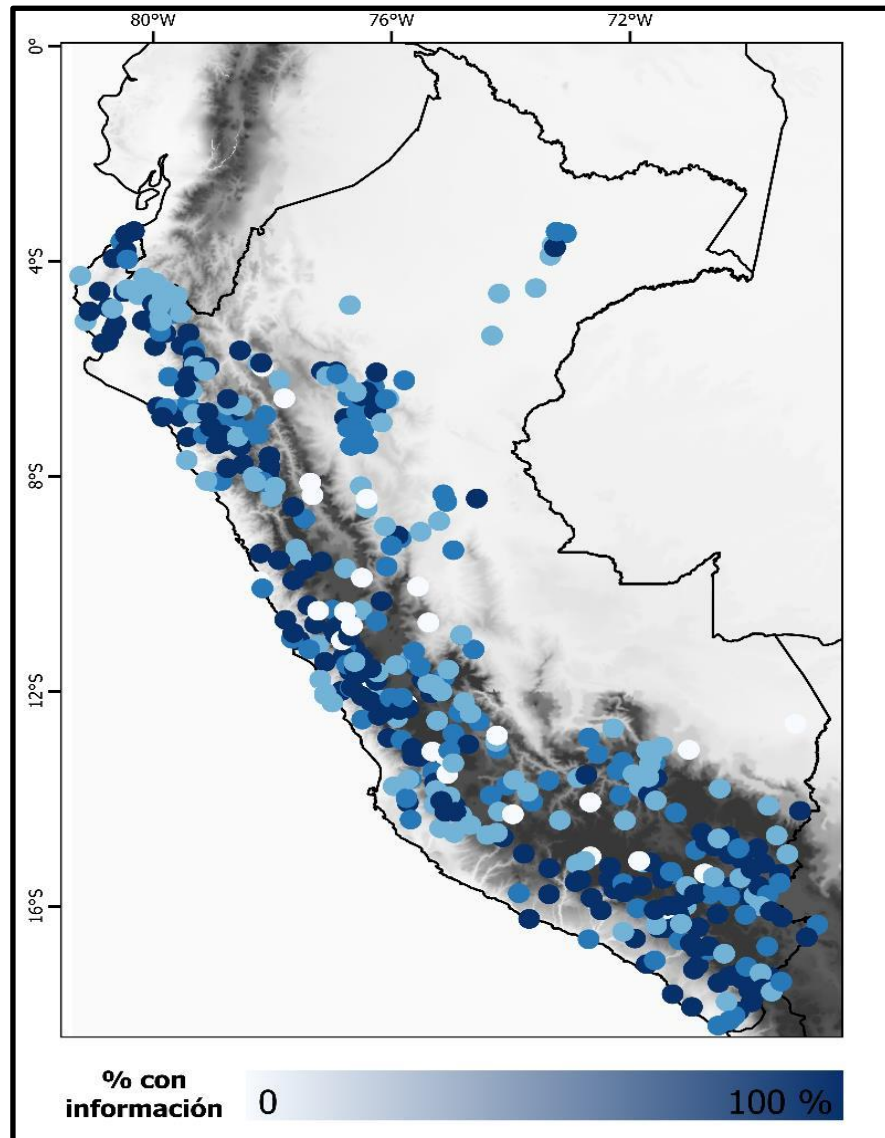


Figura 10. Red de estaciones utilizadas a escala nacional para la elaboración de PISCOp con porcentajes de datos por estación considerando el período 1981-2016

Fuente: Aybar (2017) - Uso de Producto Grillado PISCO de Precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico



AE del producto CHIRPS mensual y diario

Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) es una base de datos de precipitación disponible al público desde 2014 creada y administrada por el U.S. Geological Survey (USGS) y la Universidad de California, Santa Bárbara (UCSB). Contiene información desde 1981 hasta el presente y una extensión espacial, con datos únicamente en las zonas terrestres, comprendida entre las latitudes 50° S y 50° N y en longitudes 0° a 360°; teniendo una resolución espacial de 0.05°. Las resoluciones temporales son diarias, pentadiarias, decadiarias, mensuales y anuales. Las fuentes de datos utilizadas en la creación de CHIRPS fueron: (1) CHPclim (Climate Hazards Precipitation Climatology); (2) Infrarrojo (IR) térmico geostacionario; (3) TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission); (4) Modelo atmosférico de campos de precipitación del sistema de predicción climático de la NOAA (CFSv2); y (5) Observaciones in situ de precipitación obtenidas de varias fuentes incluidos servicios meteorológicos estadounidenses y nacionales.

Debido a que la utilización de los datos observados en CHIRPS no presenta un control de calidad riguroso y este control solo se extiende hasta el 2010, PISCOp es generado a partir de una modificación de CHIRP (no confundir con CHIRPS, CHIRP no utiliza para su generación los datos de pluviómetros).

Así, CHIRP es definida como:

$$CHIRP = (b_0 + b_1 * (CCD)) * CHPclim$$

Donde b_0 y b_1 son los parámetros de la regresión lineal, CCD es “Cold Cloud Duration Percent” y CHPclim es la climatología utilizada por CHIRP (Funk et al. 2016).

En la Figura 2 se comparan las climatologías de TRMM2A25 y CHPclim, observándose excesivos valores en la costa sur del país y la mala representación de

"hotspot" de lluvias por parte del CHPclim. En este contexto, al no representar CHPclim correctamente las climatologías de precipitación en Perú, se optó por utilizar una climatología basada en TRMM2A25, obteniéndose de este modo una modificación del CHIRP (CHIRPM) que fue llevada a cabo a paso diario (CHIRPMd) y mensual (CHIRPMm).

La ecuación de CHIRPM está dada por la siguiente ecuación:

$$CHIRPM = (b_0 + b_1 * (CCD)) * CHPclim * \frac{(TRMM2A25 + E)}{(CHPclim + E)}$$

Donde CHIRPM es el CHIRP modificado utilizando las climatologías del TRMM2A25, y E es un artificio matemático para evitar grandes desviaciones.

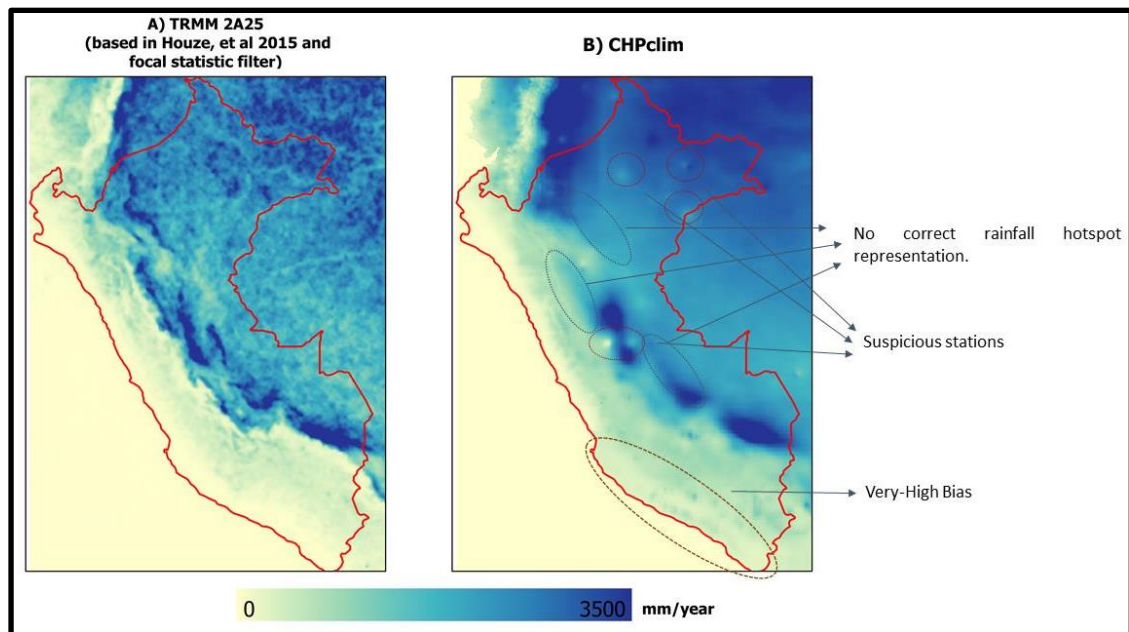


Figura 11. A la izquierda climatología de precipitación (1998-2014) generado a partir de datos TRMM2A25 y a la derecha CHPclim nótese los excesivos valores en la costa sur del país

Fuente: Aybar (2017) - Uso de Producto Grillado PISCO de Precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico



Mezcla de la información pluviométrica y CHIRPM

Para la mezcla a paso mensual de la precipitación se ha utilizado la técnica geoestadística Kriging con Deriva Externa (KED) por ser una técnica robusta. En esta metodología, la variable a regionalizar es la precipitación observada y la covariable es la precipitación estimada por el producto CHIRPM. A paso diario se utiliza una modificación de la técnica de interpolación “inverso de la distancia ponderada” junto a una corrección de sesgo basado en valores mensuales, además a partir de la optimización de parámetros de interpolación se plantea la caracterización de la estructura espacial. El proceso de mezcla se realizó de manera independiente para cada mes y día de las series históricas (Desde Enero de 1981 hasta Diciembre del 2016).

Validación del producto PISCOp

El método de mezcla de datos utilizados en PISCOp parten de la hipótesis de que la variabilidad espacial de la precipitación es bien capturada por el producto CHIRPM, por lo que se espera que los residuales presente autocorrelación espacial significativa (por lo menos a paso de tiempo mensuales). En la Figura 3 se muestra los resultados de la validación independiente realizada, es decir la comparación entre el producto CHIRP, PISCOp y pluviómetros a una distancia mayor a 10 km que no fueron utilizados en el proceso de interpolación debido a su corto periodo con información (menor a 10 años), desde una perspectiva global los resultados a paso diario presentan un menor performance que los mensuales para la región costa, sierra y selva tanto para CHIRP como para PISCOp, esto es debido al hecho de que a paso mensual el comportamiento sistémico de las precipitaciones se antepone al aleatorio.

PISCOpm y PISCOpd evidencia una mejora significativa del coeficiente de correlación (CC) frente a CHIRPd y CHIRPm sobretodo en la costa y sierra, esto está



relacionado a la distancia entre las estaciones utilizadas en la validación y las estaciones utilizadas en PISCOp, el bajo desempeño de PISCOp en la selva es debido a la baja densidad de estaciones que imposibilita la caracterización de la estructura espacial (mediante el variograma) de forma adecuada. A diferencia del CC que nos permite definir la variabilidad de las precipitaciones, tanto el BIAS % como el RMSE nos permite obtener información sobre las intensidades. Considerando ello, dichos estadísticos presentan un mejor rendimiento principalmente en la sierra y selva, presentando fuertes sobreestimaciones en toda la costa, sin embargo, esta región está caracterizada por presentar precipitaciones por debajo de 100 mm anuales (Manz et. al, 2016) por lo que el bajo rendimiento puede ser despreciado.

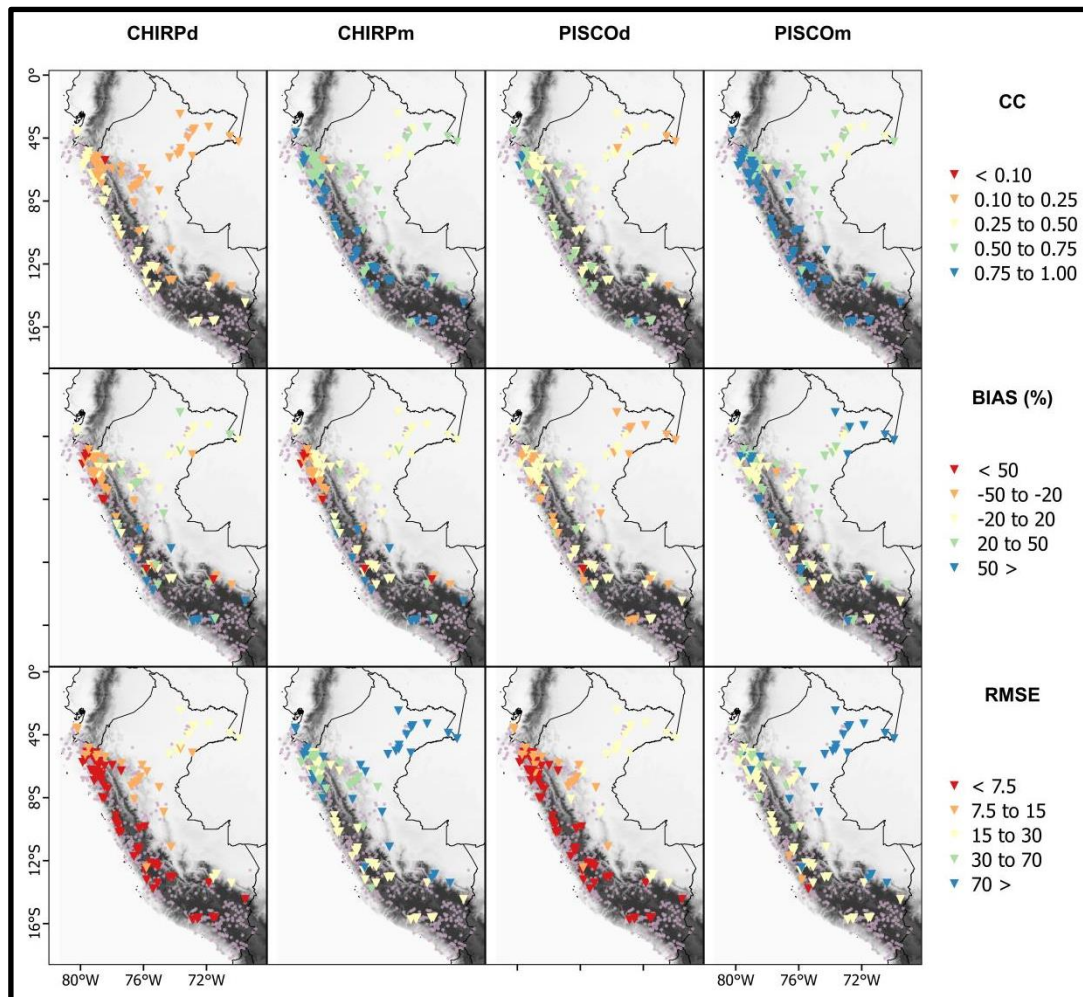


Figura 12. Coeficiente de Correlación (CC), BIAS en porcentaje y RMSE obtenido en la validación independiente. Puntos rosados son las estaciones utilizadas para generar PISCOp

Fuente: Aybar (2017) - Uso de Producto Grillado PISCO de Precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico

2.8.2.2. Hydracces

(Vergara 2015) Hydracces es un software del IRD (Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo), desarrollado por Philippe VAUCHEL, Ingeniero Hidrólogo del IRD, en el marco de las Unidades de Investigación DIVAH (2000 - 2001) e HYBAM (2001 hasta la actualidad).



Hydraccess es un software gratuito, y existe en francés, español e inglés, pero su uso es sometido a la aceptación de los términos de la licencia de utilizador gratuito, desligando el autor del software y el IRD de toda responsabilidad en caso de mal funcionamiento.

Hydraccess es un software completo, homogéneo y amigable al usuario, que permite importar y guardar varios tipos de datos hidrológicos en una base de datos en formato Microsoft Access, y realizar los procesamientos básicos que un hidrólogo pueda necesitar.

Hydraccess se destina a los estudiantes, ingenieros o investigadores que deseen administrar, procesar y visualizar datos hidrológicos en gráficos simples o comparativos, que es posible desfilarse libremente bajo Microsoft Excel gracias a una pequeña macro incluida con el software. Hydraccess hace uso de la base de datos Access de la hoja de cálculo Excel.

Como resultado de la mayoría de sus procesamientos, crea archivos Excel (y a veces Word para las tablas de anuario). Así permite al usuario obtener tablas de datos y gráficos elaborados que se pueden personalizar e incluir directamente en informes.

Hydraccess conviene al procesamiento de datos desde las microcuencas hasta grandes ríos. Para las pequeñas cuencas, contiene funciones que permiten un análisis de los eventos Lluvia - Caudal, así como el estudio de las intensidades de las tormentas.

Hydraccess puede manejar los siguientes datos:

- **Series cronológicas:** cotas, caudales, datos de calidad de aguas, lluvias, datos meteorológicos.



- **Aforos:** caudal en función de las cotas, y MES (materia en suspensión) de una sección en función de la MES superficial.
- **Calibraciones:** caudales en función de las cotas, MES de una sección en función de la MES superficial, Caudales sólidos y MES en función de los caudales líquidos.
- Información de **historial** de las estaciones.

Hydraccess puede importar datos contenidos en archivos de tipo **Texto o Excel**, si son presentados en un formato adecuado. En el caso de datos contenidos en un archivo de tipo Diagrama (que provienen de un limnógrafo, pluviógrafo u otro), Hydraccess posee un módulo que permite visualizar este diagrama, realizar correcciones eventuales de nivel o de fecha, e importarlo a la base de datos.

Los datos cronológicos tales como cotas, caudales, calidad de aguas, lluvias o datos meteorológicos son organizados por tablas. Son vinculados a una **estación** (un sitio de medición) y a un **captor** (el nombre de una serie de mediciones). El captor posee propiedades que definen su descripción, su unidad, su número de dígitos significativos y de decimales. Existen tres tipos de captores:

- Captores **instantáneos:** los datos se entran con fecha y hora libres, sin imponer un intervalo de tiempo fijo. Los incrementos de lluvia pueden entrarse al segundo, y los otros tipos de datos al minuto.
- Captores **diarios:** se puede entrar un solo valor por día.
- Captores **mensuales:** se puede entrar un solo valor por mes.

2.8.2.3. Monthly Streamflow Simulation (HEC-4)

(CEIWR-HEC 1971) Este programa analizará flujos de flujo mensuales en varias estaciones interrelacionadas para determinar sus características estadísticas y generará una secuencia de flujos de corriente hipotéticos de cualquier longitud deseada teniendo esas características. Reconstituirá flujos de flujo faltantes sobre la base de flujos concurrentes observados en otras ubicaciones y obtendrá cantidades máximas y mínimas para cada mes y para duraciones especificadas en los flujos registrados, reconstituidos y generados. También utilizará el modelo de simulación generalizada para generar flujos de flujo mensuales en ubicaciones no localizadas basadas en estudios regionales. Existen muchas opciones para usar el programa para varios propósitos relacionados, y se puede usar para otras variables como la lluvia, la evaporación y los requisitos de agua, solos o en combinación.

Así también se tiene la metodología que usa el programa para diferentes etapas o procesos, de la siguiente manera:

a) En la parte del análisis estadístico de este programa, los flujos para cada mes calendario en cada estación se incrementan primero en un 1% de su promedio de mes calendario para evitar logaritmos infinitos negativos. Este incremento se resta posteriormente. Luego se calculan la media, la desviación estándar y los coeficientes de sesgo para cada estación y mes calendario. Esto implica las siguientes ecuaciones:

$$X_{i,m} = \log(Q_{i,m} + q_i)$$

$$\bar{X}_i = \sum_{m=1}^N \frac{X_{i,m}}{N}$$



$$S_i = \sqrt{\sum_{m=1}^N \frac{(X_{i,m} - \bar{X}_i)^2}{(N-1)}}$$

$$g_i = N \sum_{m=1}^N \frac{(X_{i,m} - \bar{X}_i)^3}{((N-1)(N-2)S_i^3)}$$

En el cual:

X = Logaritmo de flujo mensual incrementado

Q = Flujo de flujo mensual registrado

q = Pequeño incremento de flujo usado para prevenir logaritmos infinitos

\bar{X} = Logaritmo medio de flujos mensuales incrementados

N = Total de años de registro

S = Estimación imparcial de la desviación estándar de la población

g = Estimación no sesgada del coeficiente de sesgo de la población

i = Número de mes

m = Número del año

b) Para cada estación y mes con registro incompleto, se realiza una búsqueda de registros más largos entre la estación utilizada, para encontrar aquello que contribuya más a aumentar la confiabilidad de las estadísticas calculadas a partir del registro incompleto. La media y la desviación estándar son para obtener una estación igualmente confiable para estas estadísticas ajustadas y es la base para seleccionar el mejor registro que se utilizará en el ajuste. Las siguientes ecuaciones son para el ajuste.



$$N'_1 = \frac{N_1}{1 - \frac{N'_2 - N_1}{N'_2} R^2}$$

$$\bar{X}'_1 - \bar{X}_1 = (\bar{X}'_2 - \bar{X}_2) \frac{RS_1}{S_2}$$

$$S'_1 - S_1 = (S'_2 - S_2) \frac{R^2 S_1}{S_2}$$

Los números primos indican los valores de período largo y aquellos sin números primos se basan en el mismo período corto para las 2 primeras estaciones de la sección a), y:

N = Longitud del registro

R = Coeficiente de correlación lineal

c) Cada flujo individual se convierte a una variable estándar normalizada, utilizando la siguiente aproximación de la distribución de Pearson Tipo III:

$$t_{i,m} = \frac{X_{i,m} - \bar{X}_i}{S_i}$$

$$K_{i,m} = \frac{6}{g_i} \left[\left(\left(\frac{g_i t_{i,m}}{2} \right) + 1 \right)^{1/3} - 1 \right] + \frac{g_i}{6}$$

t = Desviación estándar de Pearson Tipo III

K = Desviación estándar normal

d) Después de transformar los flujos para todos los meses y estaciones a normal, los coeficientes de correlación brutos (simples) R entre todos los pares de estaciones para cada mes calendario actual y anterior se calculan mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$R_{i,i-1} = \left\{ 1 - \left[1 - \frac{(\sum_{m=1}^N x_{i,m} x_{i-1,m})^2}{\sum_{m=1}^N x_{i,m}^2 \sum_{m=1}^N x_{i-1,m}^2} \right] \frac{N-1}{N-2} \right\}^{1/2}$$

En la cual:

$$x = X - \bar{X}$$

e) Si no hay suficientes observaciones simultáneas de cualquier par de variables para calcular un coeficiente de correlación requerido, ese valor debe ser estimado. Cada valor faltante se estima al examinar su relación con pares de valores relacionados en el mes actual y el anterior mediante el uso de la siguiente fórmula que utiliza los subíndices i , j y k para indicar las variables utilizadas en la correlación bruta.

$$R_{ij} = R_{ki} R_{kj} \pm \sqrt{(1 - R_{ki}^2)(1 - R_{kj}^2)}$$

Dado que, para ser coherentes con los dos coeficientes de correlación relacionados, el coeficiente de correlación debe estar entre los límites dados por la ecuación anterior, el límite superior más bajo y el límite inferior más alto se establecen para todos los pares relacionados, y el promedio de estos dos límites es tomado como el coeficiente de correlación estimado.

f) Los flujos de flujo mensuales que faltan en los registros de las distintas estaciones se estiman para todas las estaciones por cada mes por turno. En consecuencia, siempre que se reconstituya un flujo faltante, siempre existe un valor válido para todas las estaciones que ya se examinaron ese mes y para todas las estaciones restantes en el mes actual o en el anterior. Para estas estaciones restantes, el valor actual se selecciona donde esté disponible; De lo contrario, se utiliza el valor anterior. Para reconstituir el valor faltante, se calcula una ecuación de regresión en términos de variables estándar normales seleccionando los coeficientes requeridos de la matriz de correlación completa

para ese mes y resolviéndolos mediante el método Crout. El valor faltante se calcula a partir de esta ecuación de regresión, introduciendo un componente aleatorio igual a la no determinación de la ecuación, como se discutió en el procedimiento de generación de flujo.

g) Se ha encontrado que el uso válido de la técnica de regresión requiere que todos los coeficientes de correlación concuerden con los datos que se sustituirán en las ecuaciones y que los coeficientes de correlación sean mutuamente consistentes. La inconsistencia en los coeficientes de correlación hace que la variable dependiente esté sobre definida y se evidencia por un coeficiente de determinación mayor que 1.0. Si esto ocurre (debido a datos incompletos), la variable independiente que contribuye menos a la correlación se elimina y se calcula una nueva ecuación de regresión. Este proceso se repite según sea necesario hasta que se alcance la consistencia (que debe ocurrir antes de que solo quede una variable independiente). Para hacer que la matriz de correlación sea consistente con la matriz de datos, todos los coeficientes de correlación afectados se calculan después de cada estimación de los datos faltantes.

h) Las desviaciones estándar normales se convierten en flujos mediante el uso de las siguientes ecuaciones:

$$t_{i,m} = \left\{ \left[\frac{g_1}{6} \left(K'_{i,m} - \frac{g_1}{6} \right) + 1 \right]^3 - 1 \right\} \frac{2}{g_1}$$

$$X_{i,m} = \bar{X} + t_{i,m} S_i$$

$$Q_{i,m} = \text{Antilog} X_{i,m} - q_i$$

Imponiendo la restricción:

$$Q_{i,m} \geq 0$$



i) Cuando se completa el conjunto de flujos, todas las matrices de correlación deben ser consistentes, excepto los errores de truncamiento en la computadora, ya que las matrices de datos están completas. Cualquier consistencia de las matrices obtenidas de esta manera o de las matrices leídas en la computadora resultará en coeficientes de determinación superiores a 1.0. Si esto ocurre, la consistencia de cada matriz de correlación se asegura probando primero todas las combinaciones de tríadas de coeficientes de correlación en el mes actual y el mes anterior para todos los meses calendario usando la ecuación de la sección e) y elevando el más bajo de los tres coeficientes para obtener una tríada consistente. La prueba de consistencia de cada matriz completa se realiza recalculando el coeficiente de correlación múltiple. Si este valor es mayor que 1.0, se requiere un ajuste adicional. Dicho ajuste adicional se obtiene introduciendo un coeficiente, sucesivamente menor en 0.2, en el radical en la ecuación de la sección e) y repitiendo todas las pruebas de consistencia de la tríada hasta que todas las matrices sean consistentes. Si no se alcanza la consistencia, los coeficientes en cada matriz inconsistente se mueven hacia el valor promedio de todos los coeficientes en esa matriz hasta que se alcanza la consistencia.

j) La generación de flujos de flujos hipotéticos se realiza mediante el cálculo de una ecuación de regresión, mediante el método Crout para cada estación y mes, y luego el cálculo de los flujos de flujo para cada estación por un mes a la vez utilizando la siguiente ecuación. Este proceso se inicia con valores promedio de desviación cero para todas las estaciones en el primer mes y descartando los primeros 2 años de flujos generados.

$$K'_{i,j} = \beta_1 K'_{i,1} + \beta_2 K'_{i,2} + \dots + \beta_{j-1} K'_{i,j-1} + \beta_j K'_{i-1,j} + \beta_{j+1} K'_{i-1,j+1} + \dots + \beta_n K'_{i-1,n} \\ + \sqrt{1 - R_{i,j}^2} Z_{i,j}$$



En el cual:

K' = Logaritmo de flujo mensual, expresado como una desviación estándar normal

β = Coeficiente beta calculado a partir de la matriz de correlación

i = Número de mes

j = Número de estación

n = Número de estaciones interrelacionadas

R = Coeficiente de correlación múltiple

Z = Número aleatorio de la población estándar normal

k) Los flujos máximos, mínimos y promedio se obtienen para todo el período de flujos como se registró y para períodos específicos de flujos reconstituidos y generados por la técnica de búsqueda de rutina.

l) La provisión también se incluye en este programa para el uso del modelo generalizado que requiere solo 4 coeficientes generalizados para cada estación (en lugar de 48) y un coeficiente de correlación generalizado (en lugar de 12) para cada par de estaciones, además de Identificación de estaciones húmedas y secas para cada estación. Estos se definen como sigue:

- El valor promedio de los logaritmos medios de flujos para la estación húmeda (3 meses). Este valor más 0.2 se aplica al mes medio y el promedio menos 0.1 se aplica a los otros 2 meses.



- El valor promedio de los logaritmos medios de los flujos para la estación seca (3 meses). Esto se aplica a los 3 meses secos. Los logaritmos medios de los meses entre las estaciones seca y húmeda se interpolan linealmente.
- La desviación estándar promedio para todos los 12 meses. Esto se aplica a cada uno de los 12 meses.
- El coeficiente de correlación serial promedio para los 12 meses. Este valor menos 0.15 (pero no menos de cero) se aplica a cada mes de la estación húmeda, y el valor más 0.15 (pero no más de 0.98) se aplica a cada mes de la estación seca. El valor medio se aplica a todos los meses intermedios.
- El coeficiente de correlación de intersticiación promedio para los 12 meses se aplica a cada mes para ese par de estaciones.

m) Debido a las limitaciones en el tamaño de la memoria de la computadora y al aumento en el cambio de la inestabilidad computacional con matrices más grandes, el número de estaciones que se pueden usar simultáneamente en este programa se ha limitado a 10. Sin embargo, el programa puede reconstituirse y generar flujos de flujo para cualquier número de estaciones en grupos de 10 o menos. Normalmente será conveniente incluir una o más estaciones de grupos anteriores en cada grupo sucesivo para preservar correlaciones importantes. Además de proporcionar datos de flujo para todas las estaciones, es necesario designar NPASS y seguir cada grupo de datos de flujo con una tarjeta de formato estándar con NSTX (número de estaciones en la siguiente pasada que también se usaron en los pases anteriores) e identificación de la estación números para esas estaciones. Estos números deben enumerarse en la misma secuencia en que sus datos se organizaron en pases anteriores. Luego se deben leer los datos de las nuevas estaciones para el nuevo pase. Ninguno de estos flujos puede ocurrir en un año



posterior al año más reciente para el cual los datos de flujo ocurrieron en la primera pasada.

n) Tan pronto como se reconstituyan los flujos para cualquier pasada, se leen en la cinta de flujo. Después de que las estadísticas se calculan a partir de flujos reconstituidos transformados, se leen en la cinta de estadísticas (después de la identificación de las estaciones en el pase para futuras referencias). Los datos de la ecuación de regresión final para cada pasada se leen en la misma cinta al mismo tiempo (para su uso en la generación posterior). Para cada nuevo pase, las cintas de flujo y estadísticas se buscan por separado para los datos de las estaciones que ya se utilizan y que también se producen en el nuevo pase. Para poder leer y escribir de forma intermitente y alternativamente en las mismas cintas, es necesario realizar un seguimiento de las grabaciones de las cintas para garantizar que cualquier instrucción de lectura no se lea más allá de la marca de grabación y que se produzcan nuevas instrucciones de escritura al final de todas las declaraciones de escritura anteriores que se van a guardar.

o) Una vez que las estadísticas se ponen en cinta, se conservan durante los procesos de reconstitución y generación. Sin embargo, los flujos se guardan solo para el conjunto de datos en el que se reconstituyeron o generaron, hasta que la última pasada para ese conjunto se completa para cada estación en un conjunto para su uso como el flujo de antecedente en la generación de inicio en el siguiente conjunto. Estos se guardan en la matriz QSTAP con el subíndice ISTAP.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La cuenca del río Tambo, está ubicada entre los territorios de las regiones de Puno, Arequipa y Moquegua, del cual se profundizó más las zonas que se encuentran en cabecera de cuenca y la región de Puno; específicamente la cuenca se encuentra en la parte suroeste del departamento de Puno, con sus coordenadas de la cuenca, subcuencas y subcuencas de las presas en proyecto, estos resultados se encuentran en las siguientes tablas 03, 04 y el Anexo 1 (Mapa 01).

Tabla 03. Coordenadas de ubicación geográfica

CUENCA Y SUBCUENCAS	GEOREFERENCIACIÓN		
	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
Cuenca Tambo	16° 30' 36.37" S	82° 51' 23.19" W	3373.30
Presa Paltiture	15° 55' 19.11" S	82° 40' 21.45" W	4580.51
Presa Yanapujio	16° 19' 56.46" S	82° 25' 26.50" W	4531.25
Territorio de Puno en las subcuencas de las Presas	15° 54' 12.06" S	82° 40' 52.61" W	2741.75
Cabecera de Cuenca	15° 54' 33.83" S	82° 37' 33.40" W	2600.62

Fuente: Elaboración propia

Tabla 04. Ubicación política

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
Puno	El Collao	Santa Rosa
	Puno	San Antonio, Tiquillaca y Mañazo
	San Román	Cabanillas
	Lampa	Santa Lucía
Moquegua	General Sánchez Cerro	Ichuña, Ubinas, Yunga, Lloque, Chojata, Matalaque, Coalaque, Omate, Quinistaquillas, Puquina y La Capilla
	Mariscal Nieto	Carumas, San Cristóbal, Cuchumbaya, Torata y Moquegua

Arequipa	Arequipa	Polobaya, Yarabamba y La Joya
	Islay	Cocachacra, Mollendo, Dean Valdivia y Punta de Bombón

Fuente: Elaboración propia

3.2. MATERIALES

3.2.1. Información cartográfica

Para este estudio se utilizó diez cuadrantes de archivos DEM (Modelos Digitales de Elevación) con un margen de error de solo 12.5m y su factor de escala de 0.99960000 (1/100000), los cuales son mapas y/o datos digitales, elaborados por ALOS PALSAR de los tres instrumentos de Satélite Avanzado para la Observación de la Tierra y de la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA). También se usaron shapefiles de ríos, unidades hidrográficas, límites distritales, provinciales, regionales y cartas nacionales elaborados por el IGN (Instituto Geográfico Militar) y el MINAM (Ministerio del Ambiente) con un factor de escala de 0.99960000 (1/100000). Todos los mencionados anteriormente, tienen como formato base inicial el sistema de coordenadas UTM WGS84 proyectados para la zona 19, con referencia de la ubicación de la zona de estudio.

3.2.2. Información meteorológica

Se utilizó información meteorológica de 17 estaciones mostradas en la tabla 05; con un registro de precipitación total, mensual, anual y temperatura media mensual de 35 años, entre 1981 a 2016, descargados de la página oficial de Servicio Nacional de Meteorología (SENAMHI).

Tabla 05. Ubicación política y geográfica de las estaciones

N°	CÓDIGO	NOMBRE	UBICACIÓN POLÍTICA			UBICACIÓN GEOGRÁFICA		
			Departamento	Provincia	Distrito	Latitud	Longitud	Altitud
1	117002	Moquegua	Moquegua	Mariscal Nieto	Moquegua	17°10'9"	70°55'54"	1450
2	115044	Crucero Alto	Puno	Lampa	Santa Lucia	15°45'26.7"	70°56'22.7"	4470



Pampa								
3	116052	Umalzo (Titijones)	Tacna	Candarave	Candarave	16°52'30"	70°25'25"	4609
4	158305	Pachas	Moquegua	General Sánchez Cerro	Chojata	16°28'1"	70°44'1"	3857
5	117024	Otora	Moquegua	Mariscal nieto	Torata	17°0'0"	70°50'60"	2580
6	100142	Ubinas	Moquegua	General Sánchez Cerro	Ubinas	16°22'19.4"	70°51'14.2"	3491
7	116049	Quinistaquillas	Moquegua	Mariscal Nieto	Carumas	16°46'46"	70°53'52"	1590
8	117005	Pampa Blanca	Arequipa	Islay	Cocachacra	17°4'17.29"	71°43'28.34"	100
9	116046	Las Salinas	Arequipa	Arequipa	Chiguata	16°19'4"	71°8'53"	4322
10	116017	La Pampilla	Arequipa	Arequipa	Arequipa	16°24'49.66"	71°32'4.31"	2400
11	116005	La Joya	Arequipa	Arequipa	Vitor	16°35'0.91"	71°55'28.69"	1292
12	116020	Chiguata	Arequipa	Arequipa	Chiguata	16° 24' 23.21"	71° 24' 33.8"	2943
13	116051	Calacoa	Moquegua	Mariscal Nieto	San Cristóbal	16°44'6"	70°40'58.08"	3260
14	116026	Mazo Cruz	Puno	El Collao	Santa Rosa	16°44'20.4"	69°42'55.7"	3970
15	116033	Laraqueri	Puno	Puno	Pichacani	16°9'16.9"	70°3'59.7"	3970
16	115140	Santa Lucia	Puno	Lampa	Santa Lucia	15°42'0"	70°35'60"	4074
17	100059	Ichuña	Moquegua	General Sánchez Cerro	Ichuña	16°7'57.4"	70°33'7.5"	3792

Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Información hidrométrica

Se empleó información hidrométrica de caudales medios mensuales aforados en la estación hidrométrica Puente Santa Rosa, con un registro histórico de 35 años entre 1981 y 2016, ubicado geográficamente con sus coordenadas 17° 1' 45.426" latitud sur y 71° 41' 29.184" longitud oeste, a una altitud de 160 *msnm*; esta información se obtuvo de la página oficial de Autoridad Nacional del Agua (ANA); dicha información se tuvo



que completar algunos datos faltantes, así también consistenciarlo para su empleo adecuado, así que se sometió a varios procesos de completación y homogenización de datos; para mayor detalle ver Anexo 6 (Tabla 45).

3.2.4. Actas sobre la conformación del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Tambo

En esta tesis se empleó algunas de las actas suscritas en las reuniones de los encargados de impulsar dicho proyecto en la cual participaron el gobierno regional de Puno, la UNA Puno, la municipalidad de Puno y otras entidades más; esto para poder contrastar la relación y veracidad de lo planteado en la tesis, a cerca de los conflictos sociales que se generan en las zonas afectadas a causa de la delimitación territorial y la disponibilidad del recurso hídrico; ver Anexo 7 (Actas de CCRHCIT).

3.2.5. Equipos y softwares

- Laptop HP Core i3 2G, i7 4G
- Calculadora HP 50g
- Calculadora CASIO 900f
- Disco Duro Externo TOSHIBA 1Tb
- USB HP 4Gb
- Software ArcGIS 10.3
- Software HEC GeoHMS 10.3
- Software HEC-4
- Software Hydraccess 4.6
- Software R Studio
- Microsoft Office 2010

3.3. METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló bajo el Enfoque Mixto (Cuantitativo y Cualitativo) debido a que se recolectarán datos numéricos cuantificables para posteriormente analizarlos y diagnosticarlos, se utilizarán también actas redactadas sobre la conformación del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Tambo y puntos de vista en cuanto a los conflictos sociales. Los datos y temas a tratar son:

- Áreas de las unidades hidrográficas (cuenca, subcuencas y cabecera de cuenca).
- Caudales generadas en las unidades hidrográficas.
- Análisis de los conflictos sociales que se generan en cuanto a la disponibilidad de los recursos hídricos y la construcción de las presas en la zona de estudio.
- Análisis de la conformación del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca del Tambo.

Según el diseño de la investigación y de acuerdo a los objetivos se clasifica en una Investigación Descriptiva - Comparativa, debido a que se darán a conocer características, elementos y particularidades de fenómenos que se dan dentro del entorno, para luego analizarlos, así también porque se compararán los diferentes resultados obtenidos.

3.3.1. Delimitación hidrográfica de la cuenca y cabecera de cuenca del río Tambo y su determinación de volumen de recurso hídrico

3.3.1.1. Delimitación de la cuenca hidrográfica

Para determinar la delimitación de la cuenca del Río Tambo, su cabecera de cuenca y las subcuencas de las presas proyectadas de las alternativas Paltiture y Yanapujio, se empleó todo lo concerniente al SIG (Sistema de Información Geográfica),

así también se empleó los recursos como son la información cartográfica en todas sus presentaciones; y algunos software libres como el ArcGIS y el HEC – GeoHMS.

Dirección de Flujo (Flow Direction)

La dirección del flujo está determinada por la dirección más empinada de descendencia de cada celda o pixel. Esta se calcula como:

$$\text{Cambio de valor de } z / \text{distancia} * 100$$

La distancia se calcula entre los centros de las celdas. Por lo tanto, si el tamaño de la celda es de 1, la distancia ortogonal entre dos celdas es 1, y la distancia diagonal es 1,414.

El valor de salida de la dirección del flujo es un número o entero (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128). Los valores para cada dirección del centro son los siguientes:

32	64	128
16		1
8	4	2

Figura 13. Valores de celdas de un DEM

Fuente: Olaya Ferrero, V. (2014) - Sistema de Información Geográfica

Por ejemplo, si la dirección de descenso más empinada está a la izquierda de la celda en proceso, su dirección del flujo sería codificada como 16.



Si la dirección de descenso a todas las celdas adyacentes tiene el mismo valor, la vecindad de ésta es ampliada hasta encontrar una empinada descendente mayor.

Si todas las celdas adyacentes son más altas que la celda en proceso, se considerará como ruido, y ésta será llenada con el valor más bajo de sus vecinos, y tendrá una dirección de flujo hacia esta celda. Sin embargo, si es una celda hundida cerca al borde físico de la matriz o que tenga al menos una celda adyacente sin datos (NODATA), entonces ésta no será llenada debido a la insuficiente información de la celda vecina. Para ser considerado como un verdadero sumidero de celdas, todas las celdas adyacentes deberán poseer información. Cabe mencionar también como un punto importante que los parámetros que en realidad se emplearán en el presente estudio serán los de Superficie, en específico el Área de cada unidad hidrográfica, posterior a la determinación de parámetros de superficie (área); así también se determinaron los límites territoriales y sus respectivas áreas de influencia dentro de la cuenca hidrográfica de las regiones de Puno, Arequipa y Moquegua con el fin de emplear los datos en el modelamiento hidrológico por regiones otros procedimientos para cumplir el objetivo de la tesis.

Este método, para la determinación de la dirección del flujo, se deriva de un modelo de elevación digital (DEM) que fue presentado por *Jenson y Domingue (1988)*.

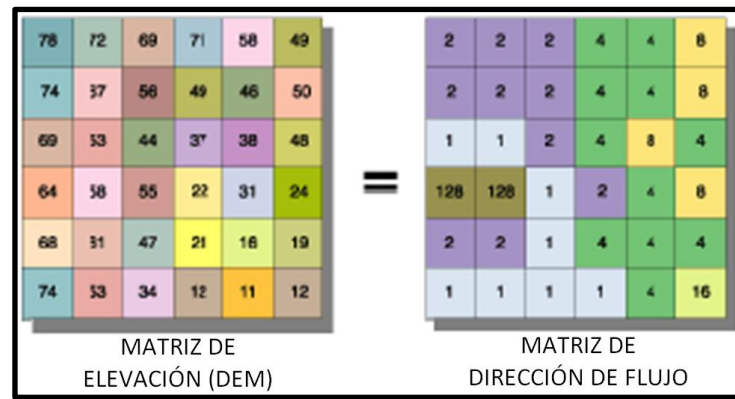


Figura 14. Determinación de matriz de celdas de dirección de flujo

Fuente: Olaya Ferrero, V. (2014) - Sistema de Información Geográfica

Acumulación de Flujo (Flow Accumulation)

El resultado de la acumulación de flujo es una matriz que lo representa, matriz en la cual se calcula para cada celda un valor de acumulación de peso proveniente de todas las celdas que fluyen hacia ella.

El flujo acumulado está en función del número de celdas que fluyen hacia cada una de las celdas de la matriz de salida. La celda que está siendo procesada no se considera en tal acumulación.

Las celdas de salida con una alta acumulación de flujo identifican o representan la red de drenaje.

Las celdas de salida con una acumulación de flujo cero son puntos topográficos altos que permiten identificar las cordilleras.

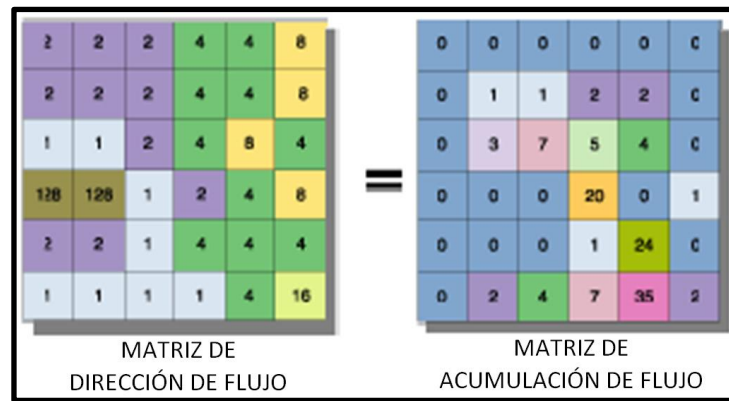


Figura 15. Determinación de matriz de celdas de acumulación de flujo

Fuente: Olaya Ferrero, V. (2014) - Sistema de Información Geográfica

Cuenca (Watershed/ Catchment Grid Delineation/ Catchment Polygon Processing)

Determina el área de contribución por encima de un conjunto de celdas en una matriz. Un watershed es el área en el cual el agua que drena dentro de ella, se concentra en un colector común o principal. Otros términos utilizados para watershed son cuenca de captación o zona de contribución. Esta zona se define normalmente como la superficie total que fluye a una determinada salida o “pour point”. El límite entre dos cuencas se conoce como frontera de drenaje o línea divisoria.

Parámetros de superficie

Luego de la delimitación de la cuenca hidrográfica, los parámetros de superficie fueron determinados también mediante el empleo de los softwares ya mencionados anteriormente, específicamente para este proceso se ingresa a la tabla de atributos de la cuenca en formato Shapefile, previamente interpolada con los archivos que contienen información de alturas (DEM), en cuya tabla se agregan campos con el nombre de área, centroide X, Y y Z, etc, de acuerdo a la necesidad; luego dentro de cada campo se escoge



el parámetro a calcular, en este caso el área y el centroide en sus respectivas unidades (Km^2 y m); cuyos resultados se muestra en el Anexo 8 (Tabla 46).

Determinación de límites territoriales y sus áreas regionales

Para determinar los límites territoriales se empleó archivos Shapefile de límites regionales, provinciales y distritales descargados de la página oficial del Instituto Geográfico Nacional (IGN) del Ministerio del Ambiente (MINAM). Para empezar se procedió a sobreponer los shapefiles de límites territoriales con los shapefiles de las unidades hidrográficas delimitadas, luego se hace uso de la herramienta Clip para extraer con los territorios y/o áreas de las unidades hidrográficas que le corresponden a cada región; estos resultados se pueden apreciar en la tabla 14 y el Anexo 1 (Mapa 06).

3.3.1.2. Identificación y delimitación de la cabecera de cuenca

En la identificación de la cabecera de cuenca se consideró dos criterios o métodos para poder ratificar el resultado de los procedimientos en esta etapa, el principal método que se empleó para la identificación y delimitación de la cabecera de cuenca fue el de Cuencas de Drenaje, y para ratificar o consolidar la eficiencia de los resultados obtenidos se empleó el método de Cuencas Húmedas, los cuales se pueden observar en el Anexo 1 (Mapa 02).

También es muy importante contar como recurso el orden de red hidrográfica, el cual nos permitirá determinar e identificar la cabecera de cuenca con el método de cuencas de drenaje.

Parámetros de la red hidrográfica

En esta sección se trata todo lo concerniente a la red hidrográfica de la cuenca; pero para este caso en específico se determinará solo el orden de red hídrica según la metodología planteada por Strahler (1952, 1956a, 1964), para lo cual se utiliza el Ráster



Calculator, dándole logaritmo al ráster del Flujo Acumulado y una condicional al archivo ráster generado con Logaritmo, luego se utiliza la herramienta Stream Link al ráster generado con la condicional, finalizando con las dos últimas herramientas de Stream Order del ráster generado en el paso anterior, y Stream to Feature para su mejor visualización; todos estos resultados se pueden observar en el Anexo 8 (Tabla 47).

Método de clasificación de cuencas de drenaje

Según las definiciones en la parte literaria, para iniciar se procede a preparar los datos necesarios para la cuenca general, en este caso la cuenca del Río Tambo. Una vez disponible el recurso para este método (Orden de cauces), se procede a identificar la cabecera de cuenca ubicando los ríos de menor orden (1) hacia el de mayor orden (10), y luego delimitamos la subcuenca (cabecera de cuenca) en la unión de los ríos secundarios de orden (9) que vendría a ser el nacimiento del río de orden superior (10) o también denominado inicio del cauce principal, las tablas 07, 08 y el Anexos 1 (Mapas 02 y 03) nos muestra el área de la cabecera de cuenca y las áreas respectivas que pertenecen a las regiones de Puno y Moquegua.

Como aporte personal para complementar en este método, también se puede considerar la frecuencia de altitudes de la cuenca para tener un mejor entendimiento y criterio en cuanto a la delimitación de la cabecera de cuenca, para ello se elaboró un mapa de frecuencia de altitudes reclasificada en 12 intervalos iguales. Ver el Anexo 1 (Mapa 09)

Método de cuencas húmedas

Disponiendo de los recursos necesarios para este método (mapa de Isoyetas con sus respectivas Isolíneas), en donde se selecciona la isoyeta o isoyetas de mayor valor (mayor precipitación), que tendrían que restringirse en ser mayores a los 250mm de



precipitación para identificarla como cabecera de cuenca, en nuestro caso coincide con las definiciones de ambos métodos, las isoyetas que definen nuestra cabecera de cuenca están en el rango de 250mm a 650mm .

En este método, de igual forma que en la anterior; como aporte personal, expreso a que se le puede complementar con un mapa de frecuencia de altitudes para contrastar con las isoyetas. Los resultados de este procedimiento de puede ver en el Anexo 1 (Mapas 07 y 09).

3.3.1.3. Generación de caudales medios mensuales con el modelo hidrológico GR2M

Para llegar a esta etapa del estudio se requiere además los resultados de los anteriores procedimientos; ciertos insumos necesarios para proceder al modelamiento hidrológico y generar los caudales para las unidades hidrográficas y territorios regionales, necesarias para llegar a las conclusiones de la tesis; estos insumos necesarios son: datos para un periodo de 1981 – 2016 de caudales mensuales observados completados y consistenciados (determinados mediante el software HEC-4 e Hydraccess), precipitación, temperatura mínima y temperatura máxima completados, consistenciados y homogenizados (obtenidos de los Productos Grillados PISCO con el software R Studio), precipitación y temperatura media areal para las distintas unidades hidrográficas y territorios regionales (determinados mediante el método de Polígonos de Thiessen), y la evapotranspiración potencial media para un año promedio (determinado mediante el método de Hargreaves en base a la radiación). Algunos de estos resultados más importantes se pueden apreciar en los Anexos 1, 3, 4, 5 y 6 (Mapas 07, 08 y las Tablas 26 – 43 Y 45).

Función de producción

De acuerdo a las fórmulas y la estructura del modelo, una cantidad de la precipitación es absorbido por el reservorio denominado Suelo y la otra parte es transferida al reservorio de agua Gravitacional (P_1) y el nuevo caudal y/o volumen es el agua en el reservorio Suelo (S_1); tomando como ejemplo al mes de enero de 1981 de la cuenca del Río Tambo, aplicando las siguientes fórmulas:

$$S_1 = \frac{S_0 + X_1\varphi}{1 + \varphi \frac{S_0}{X_1}} \Rightarrow S_1 = \frac{\frac{101.53}{2} + 101.53 \operatorname{Tanh}\left(\frac{68.9}{101.53}\right)}{1 + \operatorname{Tanh}\left(\frac{68.9}{101.53}\right) \left(\frac{101.53}{101.53}\right)} \Rightarrow S_1$$
$$= \frac{50.76 + 101.53(0.59)}{1 + 0.59(0.50)} \Rightarrow S_1 = \mathbf{85.48}$$

El volumen de agua debería ser la misma, después de suponer que no hay pérdidas por infiltración (P_1); así también por otro lado se considera la incidencia de la evapotranspiración en el reservorio Suelo (S_2):

$$P_1 = P + S - S_1 \Rightarrow P_1 = 68.9 + \frac{101.53}{2} - 85.48 \Rightarrow P_1 = \mathbf{34.17}$$
$$S_2 = \frac{S_1(1 - \psi)}{1 + \psi \left(1 - \frac{S_1}{X_1}\right)} \Rightarrow S_2 = \frac{85.48 \left[1 - \operatorname{Tanh}\left(\frac{119.6}{101.53}\right)\right]}{1 + \operatorname{Tanh}\left(\frac{119.6}{101.53}\right) \left(1 - \frac{85.48}{101.53}\right)} \Rightarrow S_2$$
$$= \frac{85.48(1 - 0.83)}{1 + 0.83(0.16)} \Rightarrow S_2 = \mathbf{13.08}$$

Posteriormente después de calcular S_2 , una parte de ella se transfiere al reservorio de agua Gravitacional, y se considera valor inicial de S al resto de la transferencia realizada, esto para su posterior análisis, entonces tendremos un nuevo S que será:



$$S = \frac{S_2}{\left[1 + \left(\frac{S_2}{X_1}\right)^3\right]^{\frac{1}{3}}} \Rightarrow S = \frac{13.08}{\left[1 + \left(\frac{13.08}{101.53}\right)^3\right]^{\frac{1}{3}}} \Rightarrow S = 13.07$$

Luego P_2 se determina mediante la diferencia entre S_2 y S .

$$P_2 = S_2 - S \Rightarrow P_2 = 12.82 - 12.81 \Rightarrow P_2 = 0.01$$

Función de transferencia

Después de los anteriores procedimientos, teniendo determinado el agua que resta de los procesos anteriores, el nuevo valor de P_3 (precipitación efectiva al reservorio Gravitacional) será:

$$P_3 = P_1 + P_2 \Rightarrow P_3 = 34.17 + 0.01 \Rightarrow P_3 = 34.18$$

R_0 contaba con un valor inicial, entonces a consecuencia de ello y los nuevos valores de los procesos anteriores tendrá un nuevo valor que vendría a ser R_1 ; luego se observa también el intercambio de volumen de agua en la parte subsuperficial, el valor ya calculado R_1 se ajusta por el factor de X_2 :

$$R_1 = R_0 + P_3 \Rightarrow R_1 = 30 + 34.18 \Rightarrow R_1 = 64.18$$

$$R_2 = X_2 R_1 \Rightarrow R_2 = 1.12(64.18) \Rightarrow R_2 = 71.67$$

Con todos estos cálculos realizados y mediante una función cuadrática se llega a un resultado final que vendría a ser el caudal final o de salida mediante, después de que el reservorio Gravitacional (R_2) se vacía completamente. Todos estos procedimientos realizados dependen de los factores de ajustes X_1 y X_2 optimizador por el Excel (SOLVER).



$$Q = \frac{R_2^2}{R_2 + 60} \Rightarrow Q = \frac{71.67^2}{71.67 + 60} \Rightarrow Q = 39.01mm \approx 189.96m^3/s$$
$$\approx 508.75MMC$$

Todos los demás resultados para cada mes, año y unidad hidrográfica se muestran en el anexo 1 (Tablas 17 – 25).

También es necesario mencionar ciertos detalles en cuanto a la calibración y validación del modelo hidrológico GR2M para poder definir la eficiencia, ajuste, adaptabilidad y adecuamiento del modelo hidrológico con respecto a la cuenca hidrográfica.

Calibración del modelo

La calibración del modelo GR2M se realizó con los datos de caudales de la estación hidrométrica Puente Santa Rosa; donde se consideró dos terceras partes (1981 – 2004) de los años totales (35 años). Teniendo en cuenta el criterio (2/3 de los datos) y el requisito principal para la calibración (Caudales observados), se procedió a ingresar los datos necesarios para este procedimiento, los cuales son: la precipitación (datos mensuales areales de 24 años) , caudales observados (datos mensuales de 24 años), evapotranspiración potencial (datos mensuales para un año promedio), así también el área de la unidad hidrográfica delimitada para la estación hidrométrica; y finalmente ajustamos los demás parámetros adicionales del modelo como la duración del periodo de adecuamiento (un año, número en meses “12”), longitud del periodo de prueba (los 23 años restantes, número en meses) y aplicar solver para que se genere los parámetros del modelo X_1 y X_2 , posteriormente se obtiene el dato final que vendría a ser el criterio de eficiencia; el coeficiente de Nash de 77.72%, el cual indica un ajuste que se encuentra en el rango de **Muy Buena** según la siguiente tabla.

Tabla 06. Valores referenciales
del criterio de Nash

VALORES	AJUSTE
< 0.2	Insuficiente
0.2 – 0.4	Satisfactorio
0.4 – 0.6	Bueno
0.6 – 0.8	Muy bueno
> 0.8	Excelente

Fuente: Molnar, 2011

Validación del modelo

Para la validación se utilizó los mismos parámetros de la calibración, con las únicas diferencias que se detallarán a continuación: en la parte de los datos de precipitación y caudales, se tomó un tercio de los años que quedaban, que en este caso serían 11 años (2005 – 2016); en la parte de duración del periodo de adecuamiento también se considera 12 meses, y la longitud de periodo de prueba los 10 años restantes en meses.

3.3.2. Identificación de los conflictos sociales debido a la disponibilidad y aprovechamiento del recurso hídrico de la Cuenca Tambo

Para esta etapa de la investigación se realizó y analizó los resultados de los procedimientos detallados en el ítem 3.3.1.; de los cuales se puede puntualizar y/o especificar lo siguiente:

- Delimitación de las subcuencas de las presas Paltiture y Yanapujio.
- Determinación del área de las subcuencas de las presas Paltiture y Yanapujio.
- Determinación del área de territorios regionales de Puno y Moquegua en las subcuencas de las presas Paltiture y Yanapujio.
- Generación de volúmenes y caudales en las subcuencas de las presas Paltiture y Yanapujio.



- Generación de volúmenes y caudales en los territorios regionales de Puno y Moquegua en las subcuencas de las presas Paltiture y Yanapujio.

Adicionalmente se analizó el contenido en algunas de las actas sobre la conformación del “Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Tambo” que se obtuvieron de la gerencia de Recursos Naturales del Gobierno Regional de Puno. Así también se tomó en consideración algunas noticias y publicaciones en internet, específicamente sobre la elaboración de Perfiles de proyecto y Expedientes Técnicos para la construcción de las presas mencionadas; ver también el Anexo 7 (Actas de CCRHCIT).

3.3.3. Definición y propuesta del rol que debe cumplir la región Puno en la conformación del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Tambo

De la misma manera que en el ítem anterior, se realizó y analizó los resultados de los procedimientos detallados en el ítem 3.3.1.; de los cuales se puede puntualizar y/o especificar lo siguiente:

- Delimitación de los territorios regionales de Puno, Moquegua y Arequipa dentro de la cuenca Tambo.
- Determinación de áreas territoriales regionales dentro de la cuenca Tambo.
- Generación de volúmenes y caudales en las áreas territoriales regionales dentro de la cuenca Tambo.
- Comparación y/o relación de Volumen y Área por regiones (Índice hidrológico).

Así mismo recalcando lo realizado anteriormente, se analizó el contenido en algunas de las actas sobre la conformación del “Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Tambo” que se solicitó a la gerencia de Recursos Naturales del Gobierno



Regional – Puno; como también se tomó en referencia de algunas noticias y publicaciones en internet, sobre dicho proyecto que engloba a las regiones de Puno, Moquegua y Arequipa.

Finalmente en ambos casos (este y el anterior ítem 3.3.2.) se compara y relaciona todos los datos obtenidos, tanto de las actas, noticias, publicaciones, tablas y mapas obtenidos en la parte ingenieril; para que de esa forma la tesis sea de alguna manera más rigurosa y sustentable; para mejor entendimiento ver Anexo 7 (Actas de CCRHCIT).



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección de la investigación se muestran los resultados de forma concreta, sintetizando los procedimientos que se describen en la parte de la metodología, y en congruencia con los objetivos planteados.

4.1. DE LA DELIMITACIÓN HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA Y CABECERA DE CUENCA DEL RÍO TAMBO Y SU DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DE RECURSO HÍDRICO

En las figuras 16, 17 y las tablas 07 y 08, se aprecia que la Cabecera de Cuenca se encuentra en los territorios de Puno y Moquegua con un área de $6254.82Km^2$ que corresponde al 48.01% de toda la cuenca ($13026.99Km^2$). También se tiene que $1615.74Km^2$ (25.83%) de la Cabecera de Cuenca le corresponde a la región Puno, cuya área es muy significativa ya que se ubica prácticamente en la parte superior de la divisoria de aguas, la denominada franja cordillerana, y es una zona de mucha importancia en el desarrollo del ciclo hidrológico dentro de la cuenca debido a que es en donde se retiene las nubes para luego depositarse en el suelo mediante la precipitación; para mayor detalle ver el Anexo 1 (Mapas 02 y 03).

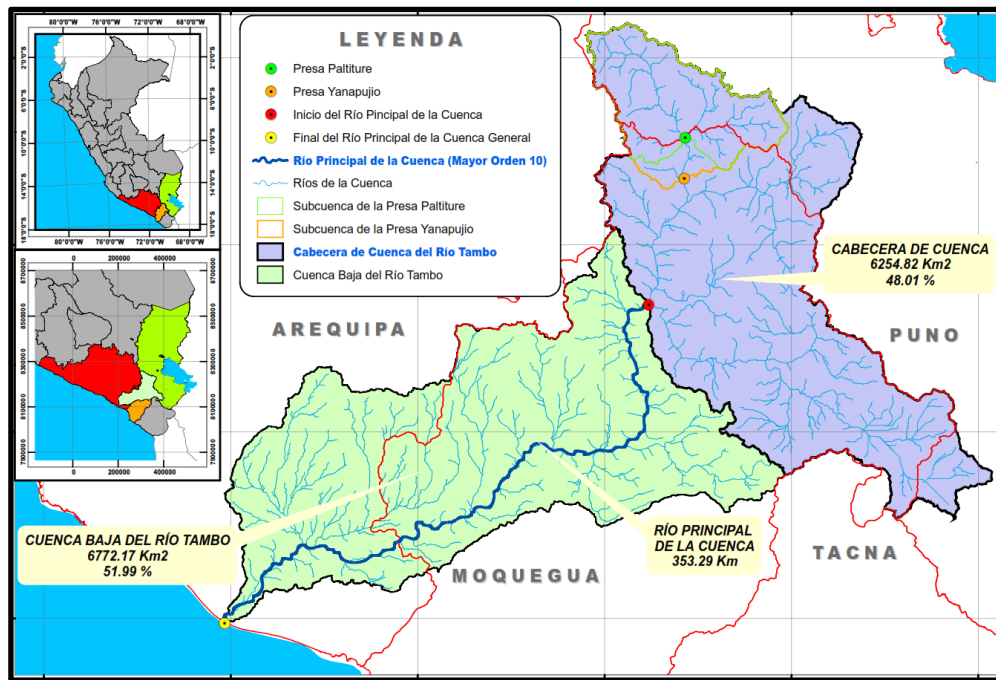


Figura 16. Delimitación de la cuenca del Río Tambo y su cabecera de cuenca
Fuente: Elaboración propia

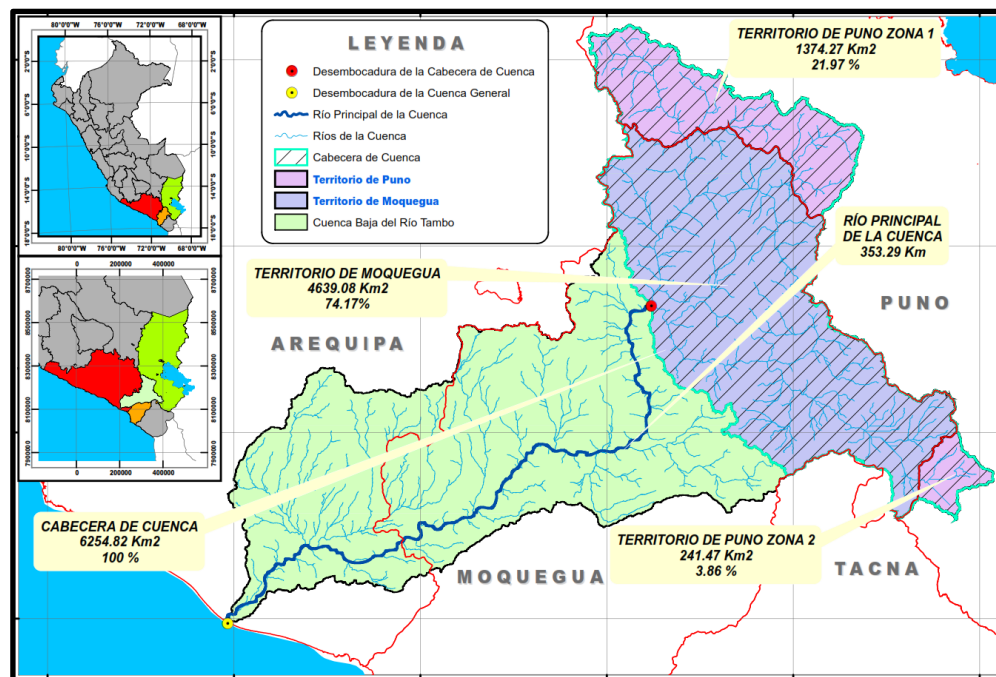


Figura 17. Territorios de Puno y Moquegua en la cabecera de cuenca
Fuente: Elaboración propia

Tabla 07. Área de la cuenca del Río Tambo y su cabecera de cuenca

UNIDAD HIDROGRÁFICA	ÁREA (Km ²)
Cuenca Tambo	13026.99
Cabecera de cuenca	6254.82

Fuente: Elaboración propia

Tabla 08. Territorios regionales en la cabecera de cuenca

REGIÓN	ÁREA (Km ²)
Puno Zona 1	1374.27
Puno Zona 2	241.47
Moquegua	4639.08

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 09 se puede definir claramente que la Cabecera de Cuenca es muy importante porque es en donde realmente se genera el recurso hídrico neto con un volumen de 1059.28MMC anuales, en cambio a comparación con la cuenca en general, tiende a disminuir el volumen a un 994.64MMC anuales, a causa de la escasa precipitación y la elevada temperatura en la parte de la cuenca baja del Río Tambo, el cual provoca una alta evapotranspiración, por encima de lo que precipita en la zona; para más detalle ver el Anexo 2 (Tablas 17 y 18).

Tabla 09. Volúmenes generados en la cuenca del Río Tambo, la cabecera de cuenca y el territorio puneño (MMC)

UH/Territorio de Puno	MESES												Q_T_A
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Cuenca del Río Tambo	142.71	280.70	203.75	99.89	62.56	45.16	35.36	29.17	25.03	22.08	20.76	27.45	994.64
Cabecera de Cuenca	219.53	327.09	230.26	88.84	46.12	30.05	22.03	17.35	14.47	12.69	14.70	36.14	1059.28
Territorio de Puno	96.13	115.18	77.75	31.53	14.48	8.95	6.34	4.90	4.04	4.00	6.94	21.73	391.98

Fuente: Elaboración propia

4.2. DE LA IDENTIFICACIÓN DE LOS CONFLICTOS SOCIALES DEBIDO A LA DISPONIBILIDAD Y APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO TAMBO

De acuerdo a lo mostrado en la figura 18 y las tablas 10 y 11, se aprecia que la subcuenca de la presa Paltiture tiene un área total de 1127.23Km^2 , del cual 934.03Km^2 (82.86%) le pertenece al territorio Puneño, y 193.20Km^2 (17.14%) a la región Moquegua; para más detalle ver el Anexo 1 (Mapa 04).

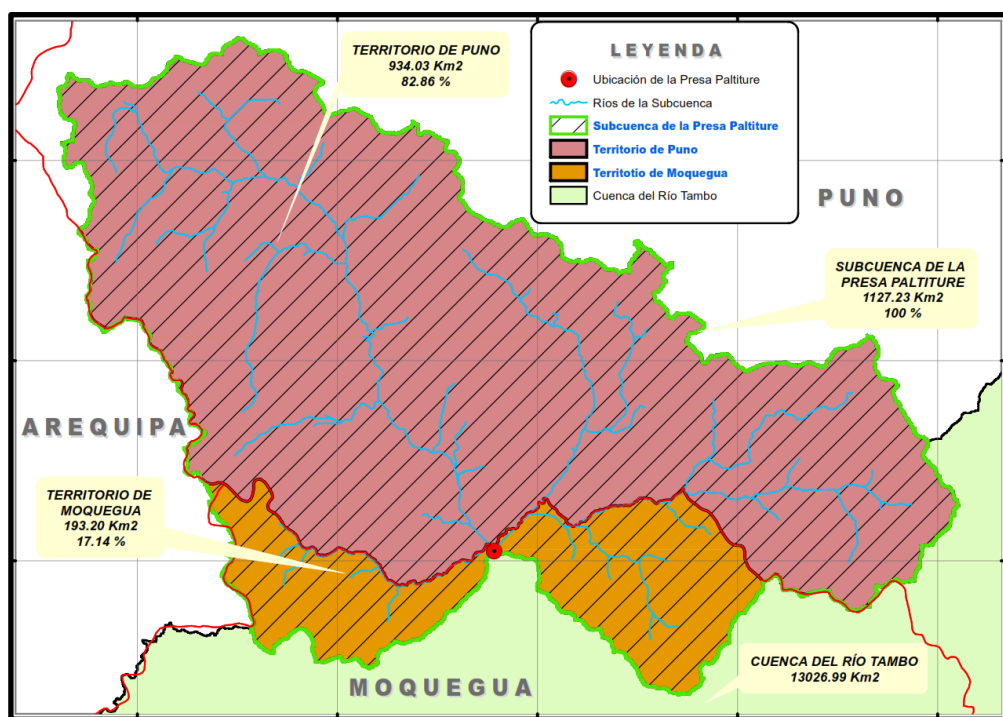


Figura 18. Delimitación de la subcuenca de la presa Paltiture

Fuente: Elaboración propia

De la misma forma en la figura 19 y las tablas 10 y 11, de los 1260.44Km^2 del área de la subcuenca de la presa Yanapujio, 934.03Km^2 (74.10%) le pertenece a la región Puno, y 326.41Km^2 (25.90%) a la región Moquegua; para más detalle ver el Anexo 1 (Mapa 05).

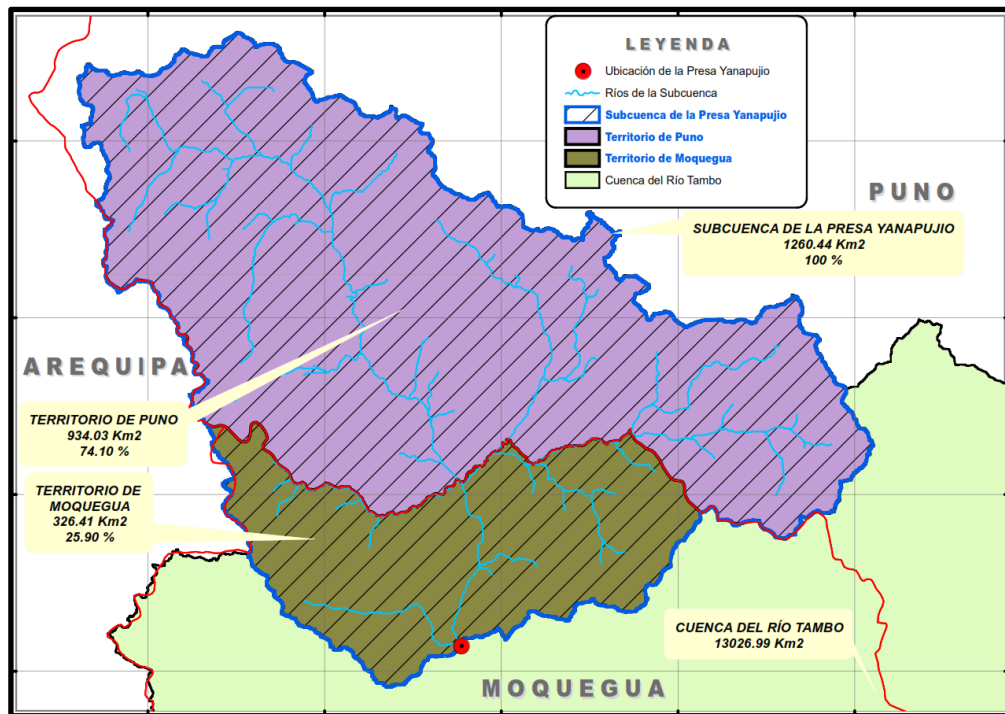


Figura 19. Delimitación de la subcuenca de la presa Yanapujio

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Área de las subcuencas de las presas Paltiture y Yanapujio

UNIDAD HIDROGRÁFICA	ÁREA (Km ²)
Subcuenca de la presa Paltiture	1127.23
Subcuenca de la presa Yanapujio	1260.44

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Territorios regionales en las subcuencas de las presas Paltiture y Yanapujio

REGIÓN	ÁREA (Km ²)
Puno en Paltiture y Yanapujio	934.03
Moquegua en Paltiture	193.20
Moquegua en Yanapujio	326.41

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 12 y 13 se determinan los volúmenes del recurso hídrico en las subcuencas de las presas Paltiture y Yanapujio de 282.85MMC anuales y 311.25MMC anuales respectivamente, así también el volumen que se genera en el territorio Puneño es

de 241.26MMC; cuyos volúmenes generados en las subcuencas de las presas se proponen almacenarlo y derivarlo a la región de Arequipa, valle del Tambo (Islay y Cocachacra) con fines de ser utilizado para riego.

Según estos resultados se aprecia didáctica y estadísticamente de acuerdo a los Mapas de las Subcuencas de las Presas y los Territorios Regionales con sus respectivos Volúmenes de Recurso Hídrico generados en ellos, que se inicia o genera los conflictos sociales por la ubicación territorial de los proyectos de represamiento y la zona en la que se genera mayor volumen de recurso hídrico, del cual se pretende aprovechar para riego en la región Arequipa (Valle del Tambo).

Tabla 12. Volúmenes generados en las subcuencas de las presas Paltiture y Yanapujio (MMC)

UNIDAD HIDROGRÁFICA	MESES												Q_T_A
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Subcuenca de la Presa Paltiture	68.28	83.21	58.19	23.16	10.47	6.41	4.52	3.47	2.85	2.84	4.97	14.50	282.85
Subcuenca de la Presa Yanapujio	75.56	92.29	63.06	25.27	11.53	7.09	5.01	3.86	3.17	3.13	5.43	15.87	311.25

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Volúmenes generados en los territorios regionales de Puno y Moquegua en las subcuencas de las presas Paltiture y Yanapujio (MMC)

UNIDAD HIDROGRÁFICA	MESES												Q_T_A
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Puno en Paltiture y Yanapujio	57.62	69.99	50.96	20.03	8.91	5.41	3.80	2.91	2.38	2.41	4.31	12.53	241.26
Moquegua en Paltiture	10.66	13.22	7.23	3.12	1.56	1.00	0.72	0.56	0.47	0.42	0.66	1.96	41.59
Moquegua en Yanapujio	17.94	22.29	12.10	5.23	2.62	1.68	1.21	0.95	0.79	0.71	1.12	3.34	69.99

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las actas, noticias que se analizaron sobre la elaboración de los proyectos birregionales (perfiles y expedientes técnicos) de las presas Paltiture y



Yanapujio y sus posibles construcciones, en donde se refiere a que Paltiture almacenaría 60MMC y se emplearán aproximadamente 376 hectáreas para su embalse, y Yanapujio 40MMC y se emplearán aproximadamente 260 hectáreas; los volúmenes de agua mencionados son los que se pretenden aprovechar para riego de forma continua en el caso de la futura construcción y funcionamiento de estas presas, beneficiando a las regiones de Arequipa (Valle del Tambo “Islay y Cocachacra”) y Moquegua (distritos de Omate y Quinistaquillas). A partir de ello inicia los conflictos sociales de las tres regiones, de la posible construcción de las presas Paltiture y Yanapujio que afectaría al territorio puneño, y su disponibilidad hídrica con fines de riego que en su mayoría de todo el recurso hídrico que se genera en la zona le corresponde a la región Puno. Cabe mencionar también que el Valle de Tambo requiere un volumen aproximado de 250MMC al año para emplearlos en riego en un área aproximada de 12000 hectáreas.

Según los resultados presentados de las áreas, ubicaciones de las presas, los caudales y/o volúmenes generados y las consideraciones de los titulares investigados en cuanto a los conflictos sociales por el Agua; se analiza y se resuelve que dichos conflictos realmente necesitan ser tratados por las autoridades regionales y llegar a un buen acuerdo del uso adecuado, racional y consiente del recurso hídrico, así mismo se agrega a que se puede proponer que para solucionar los conflictos por las áreas afectadas y la disponibilidad del recurso hídrico aportado en su mayoría por el territorio puneño, en caso de la construcción de alguna de las presas; promover proyectos productivos y de concientización para preservar el ambiente natural del lugar, ya que la ubicación de las presas se encuentra en una zona delicada que sería la Cabecera de Cuenca; esto por partes de las regiones de Arequipa y Moquegua a favor de los pobladores altiplánicos (Región Puno); para mayor detalle ver también Anexo 1 (Mapas 04 y 05), Anexo 2 (Tablas 17-25) y Anexo 7 (Actas de CRHCIT).

4.3. DE LA DEFINICIÓN Y PROPUESTA DEL ROL DE LA REGIÓN PUNO EN LA CONFORMACIÓN DEL CONSEJO DE RECURSOS HÍDRICOS DE CUENCA INTERREGIONAL TAMBO

La figura 20 y la tabla 14, nos permite apreciar el área territorial que le pertenece a las tres regiones dentro de la cuenca del Río Tambo, en donde se ve claramente que la región de Puno, sumando sus dos zonas delimitadas tiene 1615.74Km^2 , que vendría a ser el 12.36% de toda la cuenca, y las regiones de Arequipa y Moquegua poseen 2280.76Km^2 (17.51%) y 9130.49Km^2 (70.12%) respectivamente; para mayor detalle ver el Anexo 1 (Mapa 06).

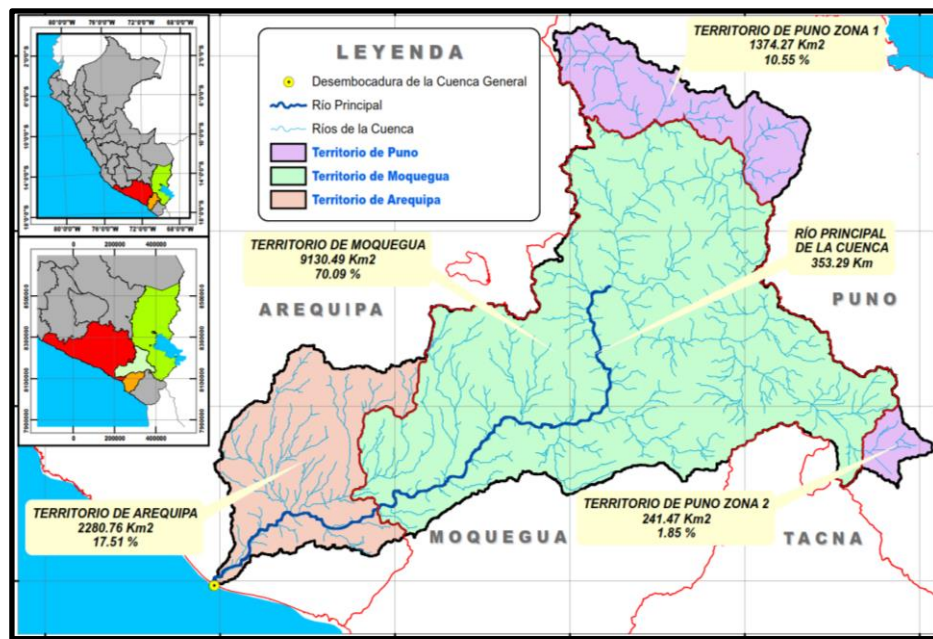


Figura 20. Delimitación de los territorios regionales

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Áreas territoriales por regiones

REGIÓN	Área (Km^2)
Puno Zona 1	1374.27
Puno Zona 2	241.47
Arequipa	2280.76
Moquegua	9130.49

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se aprecia que en el territorio de la región Puno se genera un volumen muy significativo de 391.98MMC anuales, en un menor área que en las demás regiones, cuyo volumen será aportada a la cuenca del Río Tambo.

Tabla 15. Volúmenes generados en las áreas regionales (MMC)

REGIÓN	MESES												Q_T_A
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Puno	96.13	115.18	77.75	31.53	14.48	8.95	6.34	4.9	4.04	4	6.94	21.73	391.98
Arequipa	2.52	2.25	2.11	2.01	1.94	1.89	1.86	1.83	1.81	1.79	1.77	1.76	23.54
Moquegua	120.93	250.54	175.21	77.53	46.91	33.25	25.75	21.08	18.01	15.78	14.65	19.86	819.5

Fuente: Elaboración propia

Relacionando las tablas 14 y 15 de áreas y caudales generados, se puede apreciar que en el territorio de la región Puno (1612.57Km²) se genera un volumen de 391.98MMC anuales, dicho volumen es muy considerable en relación con su área en comparación con las otras regiones que poseen mayor área de la cuenca en relación al volumen de recurso hídrico que se genera dentro de ellas, para mayor entendimiento también se considera la distribución de la precipitación y la temperatura (para la ETP) en la cuenca; ver el Anexo 1 (Mapas 07 y 08).

De la relación que se establece entre las tablas 14 y 15, se genera el índice hidrológico del volumen que se genera por un área determinada mostrada en la tabla 16.

Tabla 16. Índice hidrológico entre la relación de caudal y su área regional (MMC/Km²)

REGIÓN	MESES												Q_T_A
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Puno	0.06	0.07	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.24
Arequipa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Moquegua	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09

Fuente: Elaboración propia

Con estos resultados nos referimos específicamente a definir o proponer el rol que debería cumplir la región Puno en la conformación del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca, el cual está establecido según la Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos y sus



reglamentos Artículo 26, que su conformación de representantes en este caso interregional serían:

- Un representante de la Autoridad Nacional del Agua.
- Un representante de cada Gobierno Regional.
- Un representante de los Gobiernos Locales por cada ámbito de gobierno regional.
- Un representante de las organizaciones de usuarios de agua con fines agrarios por cada ámbito de gobierno regional.
- Un representante de las organizaciones de usuarios de agua con fines no agrarios por cada ámbito de gobierno regional.
- Un representante de los colegios profesionales por cada ámbito de gobierno regional.
- Un representante de las universidades por cada ámbito de gobierno regional.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente tesis y lo establecido mediante la Ley de RECURSOS HÍDRICOS, se pretende discrepar y dar una nueva alternativa del cómo se debería establecer la participación, en este caso de la región Puno en la conformación del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Tambo; el cual debería ser como dice el nombre de la Ley misma, por la importancia que tiene la zona (cabecera de cuenca) o por la principal función que cumple la zona dentro de la cuenca hidrográfica, y también en la generación y posesión del volumen de RECURSO HÍDRICO (Índice hidrológico). En esta sección también es necesario tomar en consideración los datos obtenidos en las actas de CRHCIT, para ello ver el Anexo 7 (Actas de CRHCIT).



V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio se puede analizar y evaluar las hipótesis planteadas en un inicio de la investigación para llegar a concluir lo siguiente:

- La delimitación hidrográfica y el volumen de recurso hídrico generado en la cabecera de cuenca del río Tambo, realmente es muy importante y significativa para poder visualizar y conocer la función que cumple en el Ciclo Hidrológico de la cuenca y el aporte hídrico que genera dentro de la cuenca en general, de acuerdo a los resultados en donde toda la cabecera de cuenca tiene un área de $6254.82Km^2$ (100%) y con un volumen de recurso hídrico de $1059.28MMC$ (100%), de los cuales $1615.74Km^2$ (25.83%) y $391.98MMC$ (37%) anuales le corresponde a la región Puno y que la mayor parte de dicha área se encuentra en la Franja Cordillerana, de la misma forma $4639.08Km^2$ (74.17%) y $667.30MMC$ (63%) anuales le corresponde a la región Moquegua.
- Los conflictos sociales se generan a causa de la disponibilidad hídrica de las presas proyectadas Paltiture y Yanapujio con $282.85MMC$ (100%) y $311.25MMC$ (100%) anuales respectivamente, en donde del recurso hídrico total para ambos proyectos, a Puno le pertenece $235.86MMC$ (83.39% de Paltiture y 75.78% de Yanapujio), y el resto a Moquegua; dicho volumen generado en el territorio Puneño sería aportada al almacenamiento de las presas y posteriormente derivadas para uso en riego en el Valle del Tambo de la región Arequipa.
- El rol que debe tener la región Puno en la conformación del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Tambo, debe ser de mayor peso, de



acuerdo al recurso hídrico que se genera y posee en su territorio, con un índice de la relación caudal – área, Puno $391.98MMC$ en $1652.74Km^2$ ($0.24MMC/Km^2$), Arequipa $23.54MMC$ en $2280.76Km^2$ ($0.01MMC/Km^2$) y Moquegua $819.50MMC$ en $9130.49Km^2$ ($0.09MMC/Km^2$).



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones sobre criterios o métodos de la delimitación de una cabecera de cuenca, así también investigaciones sobre proyectos que afectan a las cabeceras de cuencas y referentes a su conservación de las mismas.
- Investigar más profundamente sobre la verdadera orientación y forma y/o criterio de conformación de los Consejos de Recursos Hídricos de Cuencas, lo cual podrá ser de aporte para las tomas de decisiones en torno al tema.
- Realizar estudios de mayor envergadura para la utilización y calibración correspondiente del modelo hidrológico GR2M para distintos lugares del Perú.
- Utilizar los datos y el modelo calibrado de la presente tesis específicamente para la cuenca Tambo y sus subcuencas dentro de ella, considerando también el periodo de evaluación entre los años 1981 al 2016.
- A la Facultad de Ingeniería Agrícola promover estudios de investigación referentes a la problemática latente a la región, con el fin de contribuir de alguna forma al desarrollo de proyectos que beneficien al bienestar de la población por parte de las autoridades correspondientes.
- El presente estudio también puede ser tomado en cuenta para la toma de decisiones en temas de conflictos sociales similares al tratado.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. México: Edt. Limusa S. A.
- Aybar C., C., Lavado C., W., Huerta J., A., Fernández P., C., Vega J., F., Sabino R., E., & Felipe O., O. G. (2017). *Uso de Producto Grillado PISCO de Precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico*. Lima, Perú: Nota Técnica 001 SENAMHI - DHI - 2017.
- Breña Puyol, A. F., & Jacobo Villa, M. A. (2006). *Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial*. México.
- Cabrera Cabrera, J. W. (2006). Modelos Agregados: GR2M. *SSPP 1, 1*.
- CEIWR-HEC. (1971). *HEC-4 (Monthly Streamflow Simulation)*. United States: US Army Corps of Engineers (Institute for Water Resources).
- Chereque Moran, W. (1989). *Hidrología para Estudiantes de Ingeniería Civil*. Lima - Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays L. W. (1994). *Hidrología Aplicada*. Colombia.
- Gámez Morales, W. R. (2010). *Texto Básico de Hidrología*. Managua - Nicaragua: Universidad Nacional Agraria - DIEP.
- Huamán Vidaurre, J. F. (2016). *Hidrología (Temas de asignatura)*. Cajamarca, Perú.
- Mejía Marcacuzco, J. A. (2006). *Hidrología Aplicada*. Lima - Perú: UNALM.
- Meléndez de la Cruz, J. F. (2019). La Identificación de las Cabeceras de Cuencas Hidrográficas: Métodos y Aplicaciones. *Investigaciones Sociales*, 22(40), 111-120 <http://dx.doi.org/10.15381/is.v22i40.15890>.

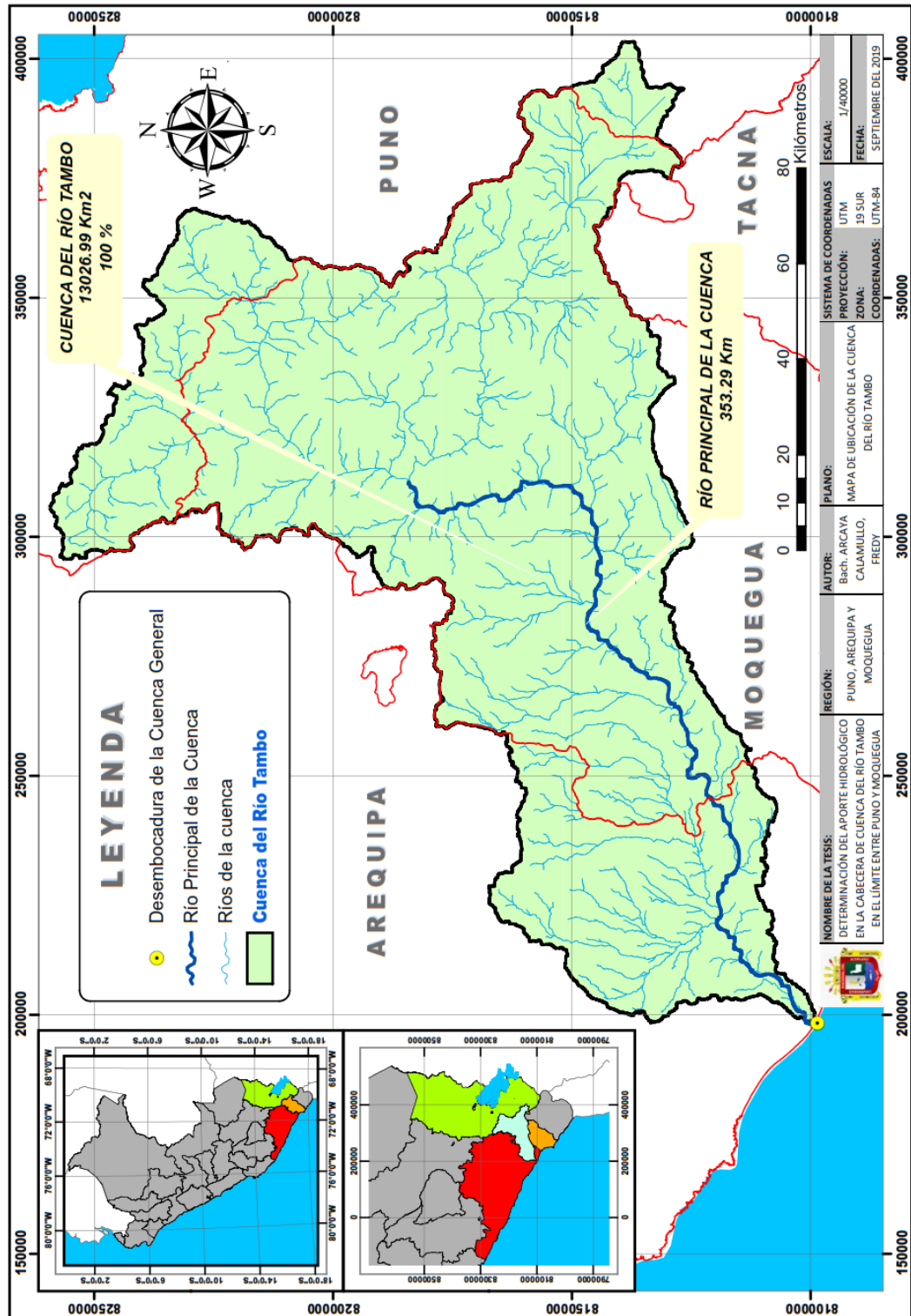


- Nania Escobar, L. S. (2007). *Manual Básico de HEC-HMS 3.0.0 y HEC-GeoHMS 1.1*. Granada, España: Universidad de Granada.
- Olaya Ferrero, V. (2014). *Sistema de Información Geográfica*. España.
- Plan Meriss (1980). *Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana (Meriss II)*. Cusco.
- Puerta Tuesta, R., Rengifo Trigozo, J., & Bravo Morales, N. (2011). *ArcGIS Básico 10*. Tingo María, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Vásquez V., A., Mejía M., A., Faustino M., J., Terán A., R., Vásquez R., I., Díaz r., J., . . . Alcántara R., J. (2016). *Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas*. Lima: Editorial UNALM.
- Vergara Saturno, L. E. (2015). *Manual de Uso del Hydraccess (Cálculo de Precipitación Media sobre una Cuenca)*. Lima, Perú: MINAGRI - ANA.
- Vieira Rocha, J. (2002). El Sistema de Informaciones Geográficas (SIG) en los Contextos de Planificación del Medio Físico y de las Cuencas Hidrográficas. *II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental*.
- Villón Béjar, M. (2002). *Hidrología*. Cartago - Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

ANEXOS

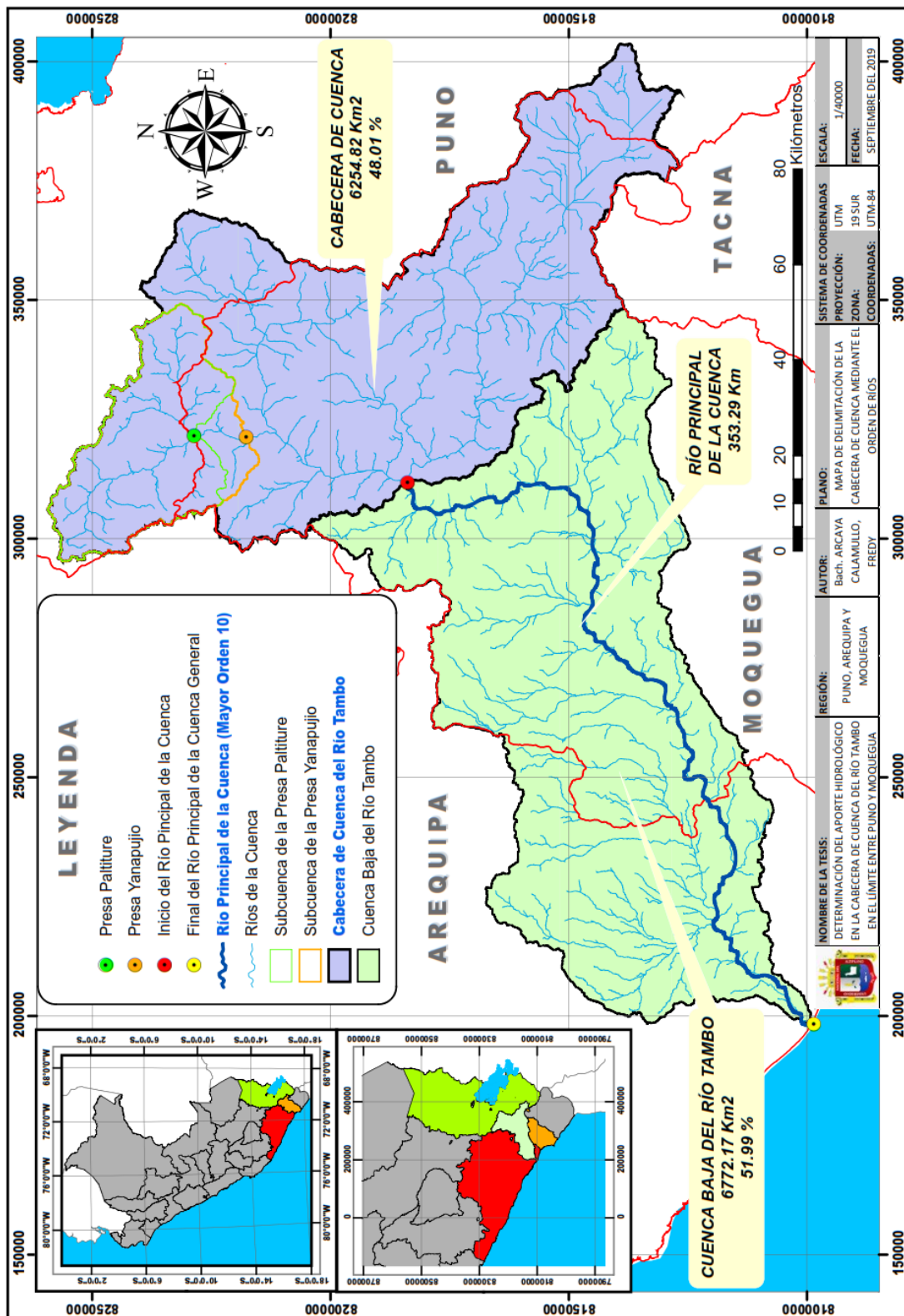
Anexo 01. Mapas temáticos elaborados en la tesis

Mapa 01. Ubicación de la cuenca del Río Tambo



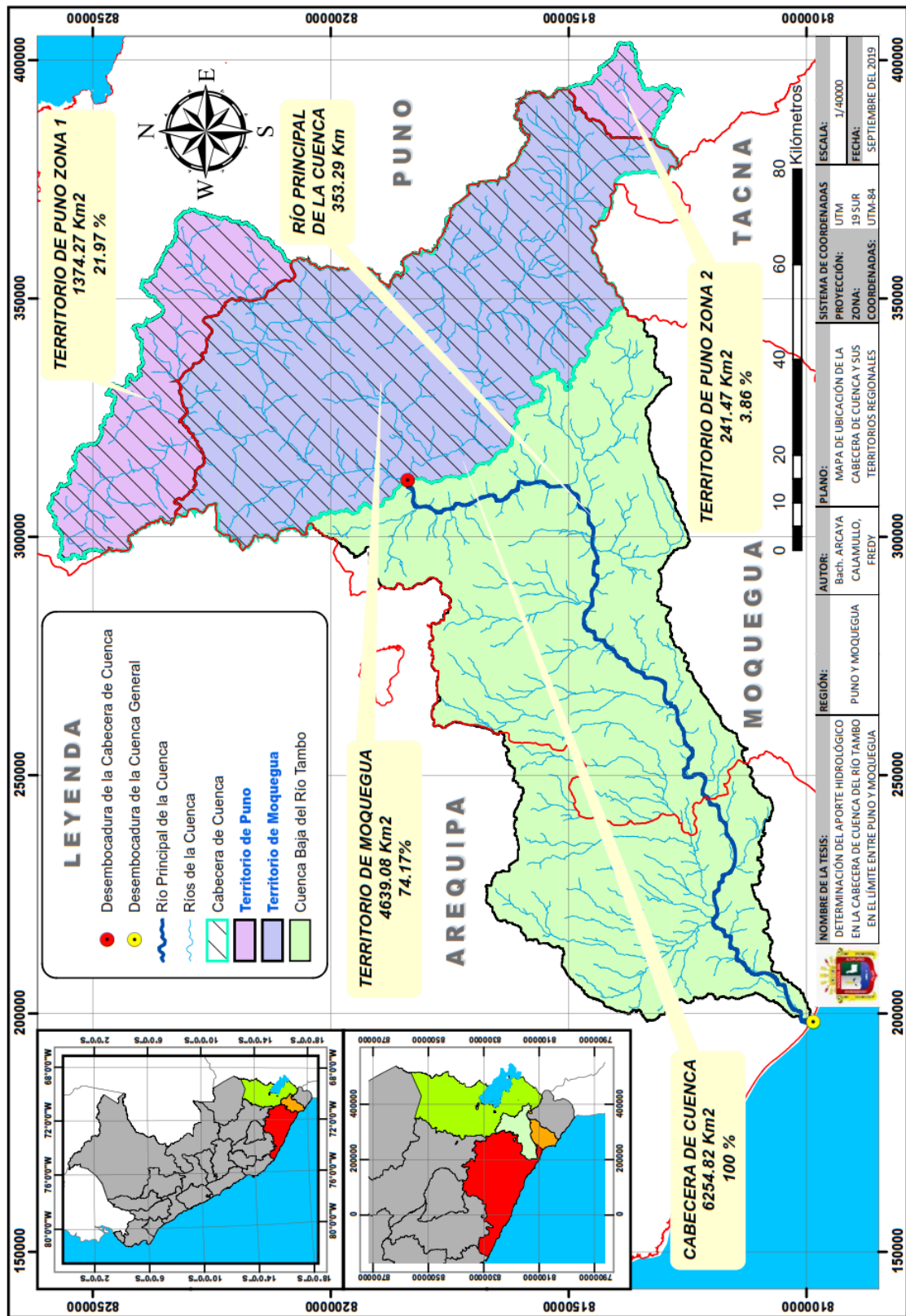
Fuente: Elaboración propia

Mapa 02. Delimitación de la Cabecera de Cuenca



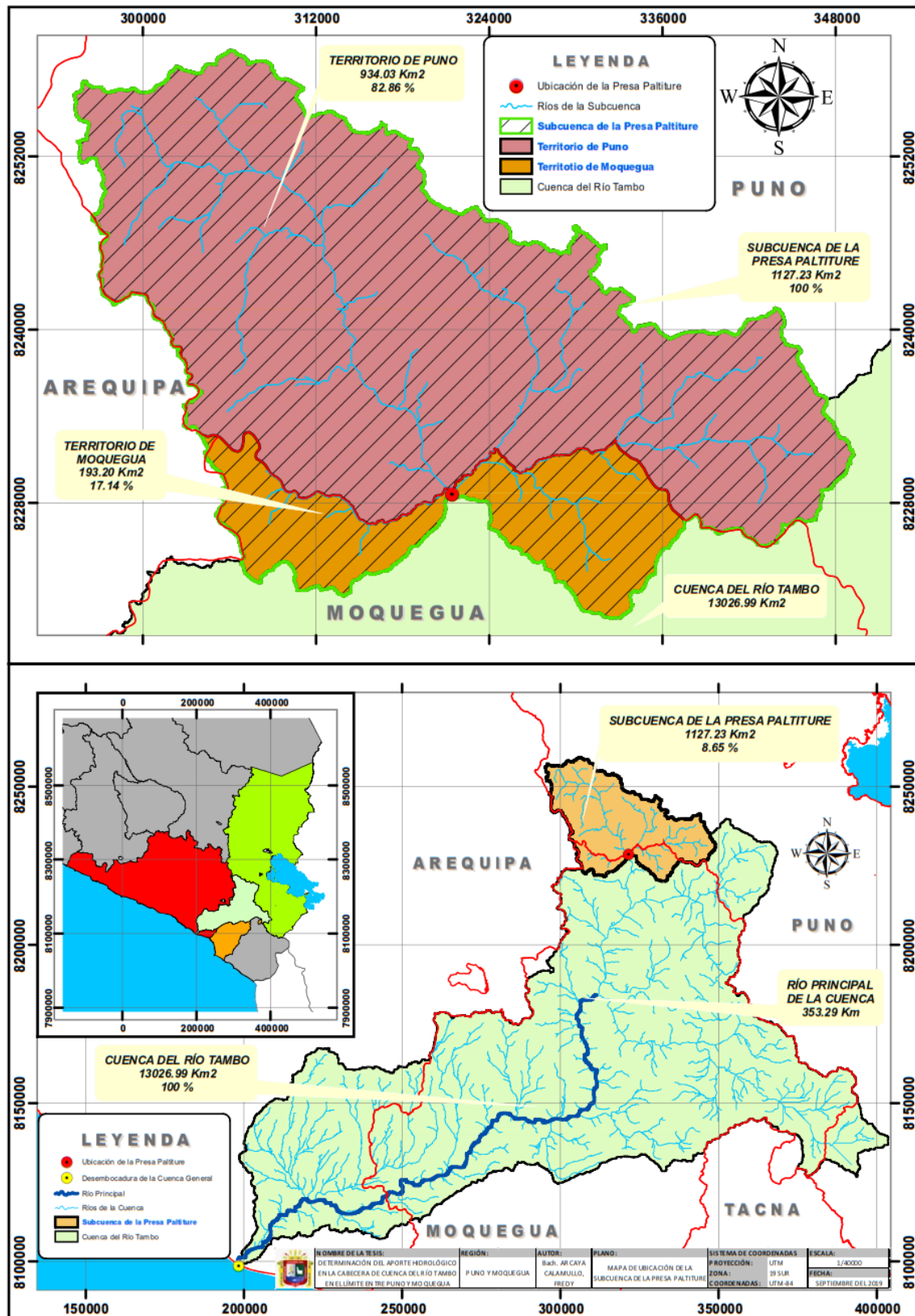
Fuente: Elaboración propia

Mapa 03. Ubicación de la Cabecera de Cuenca y sus territorios regionales



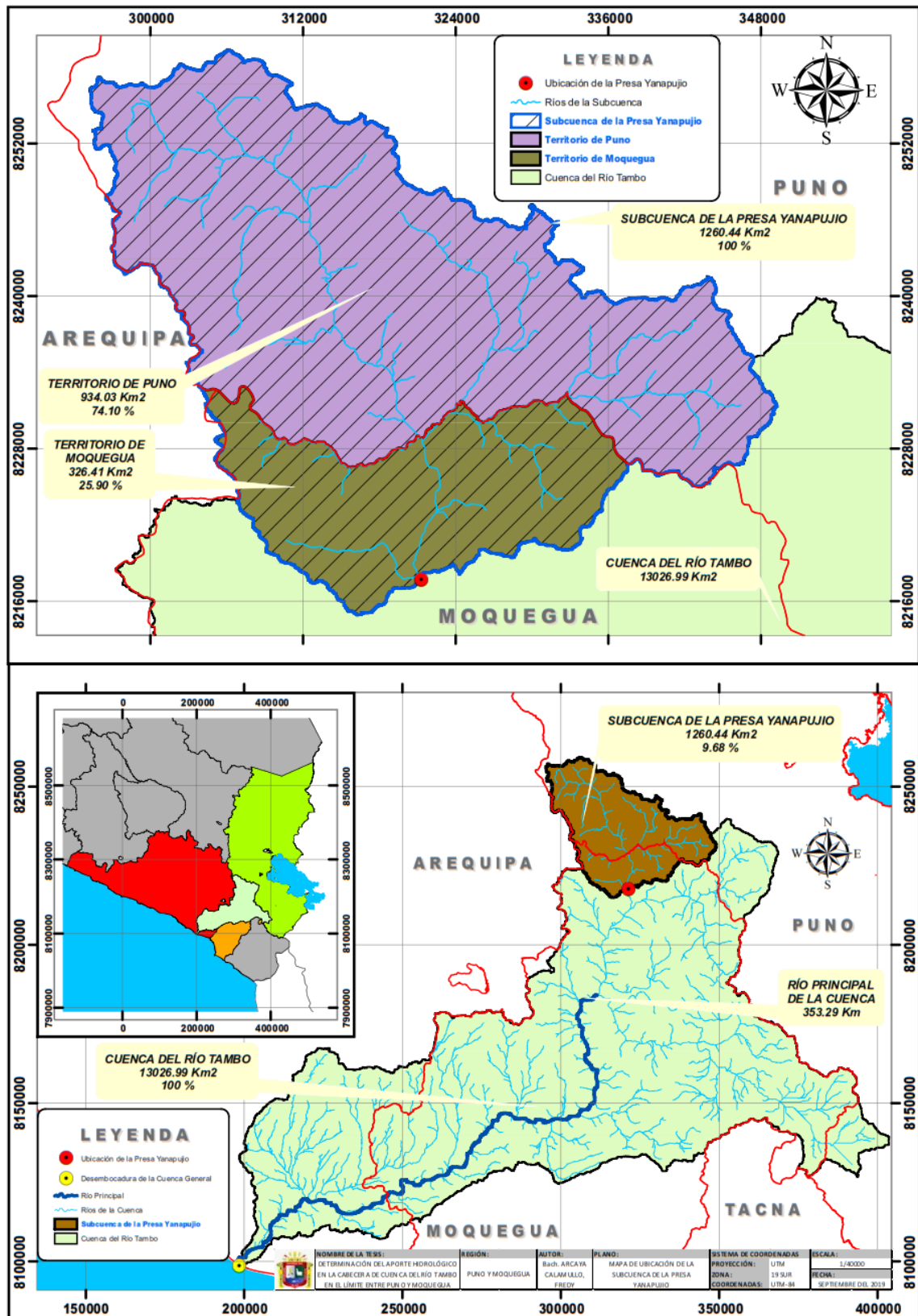
Fuente: Elaboración propia

Mapa 04. Ubicación de la subcuenca de la Presa Paltiture y sus territorios regionales



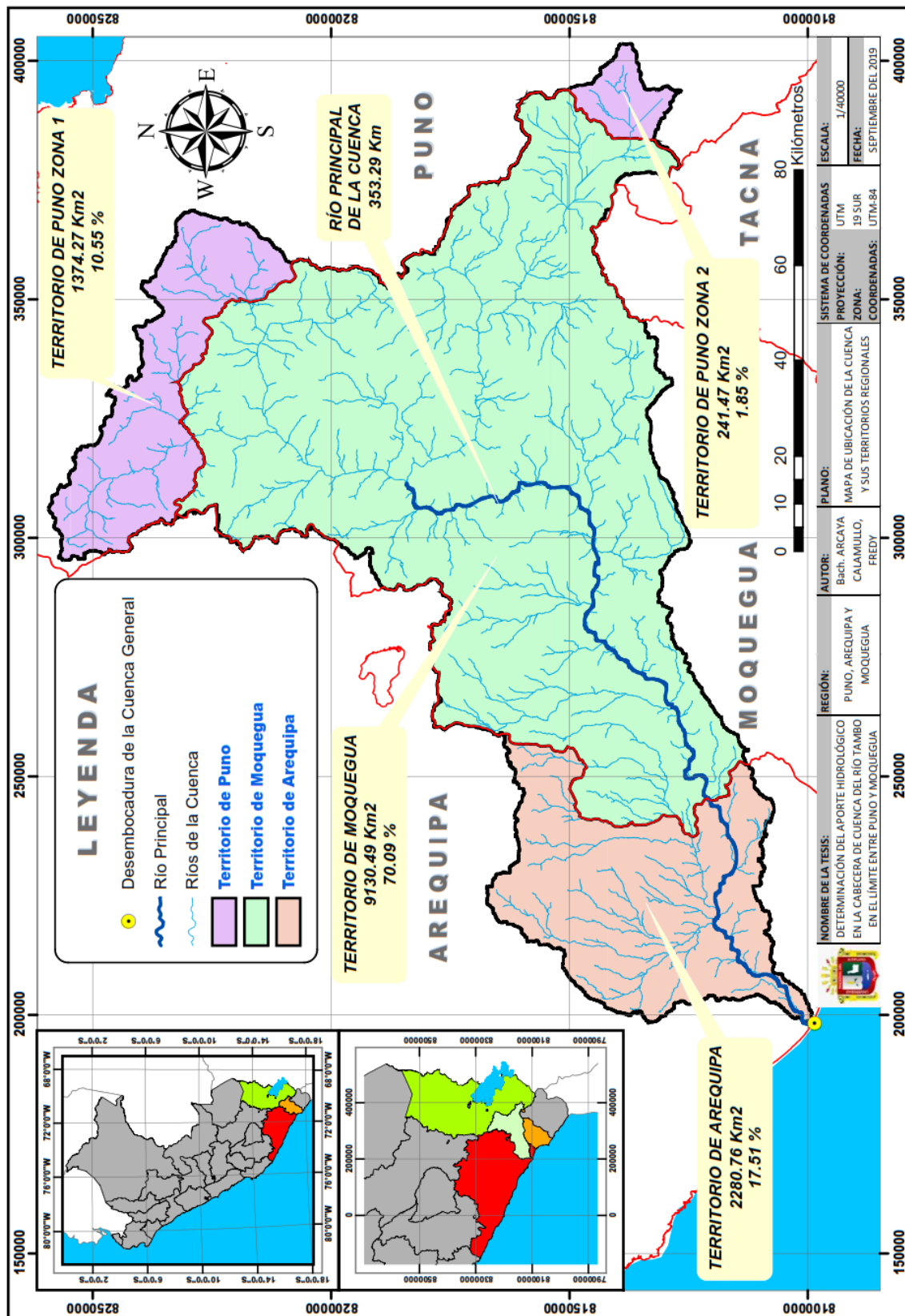
Fuente: Elaboración propia

Mapa 05. Ubicación de la subcuenca de la Presa Yanapujio y sus territorios regionales



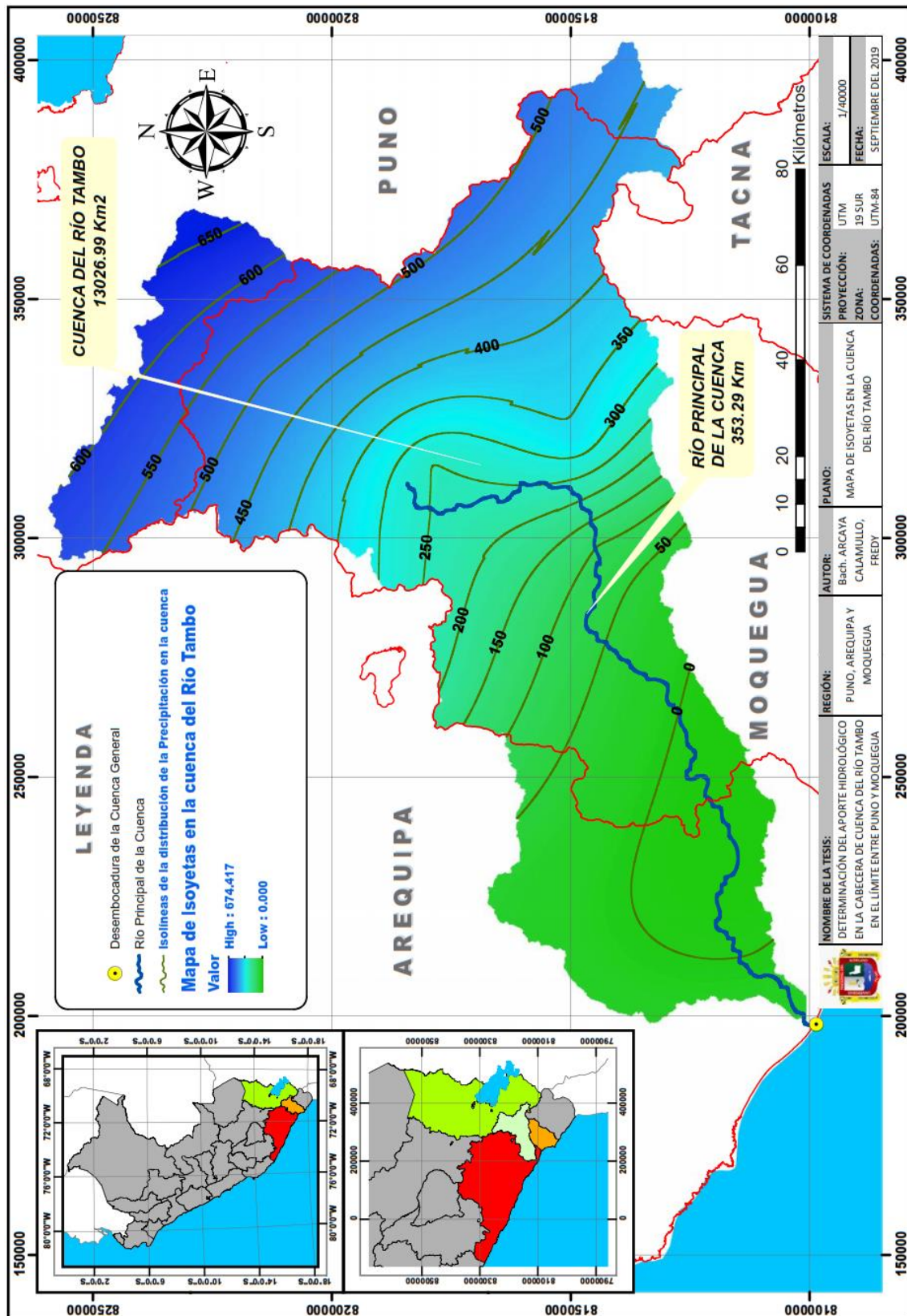
Fuente: Elaboración propia

Mapa 06. Áreas regionales en la cuenca del Río Tambo



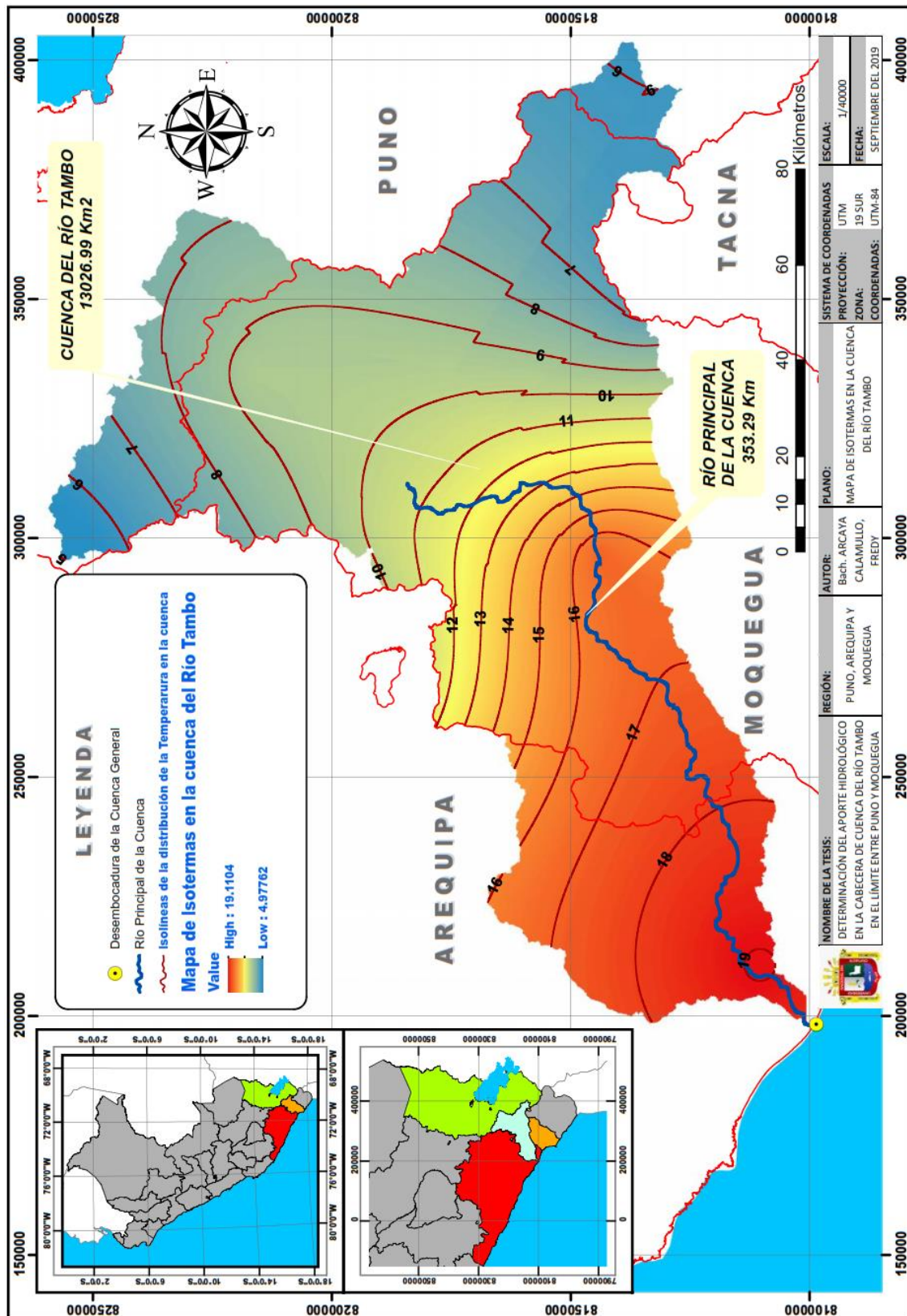
Fuente: Elaboración propia

Mapa 07. Isoyetas e Isolíneas de la distribución de la precipitación en la cuenca del Río Tambo



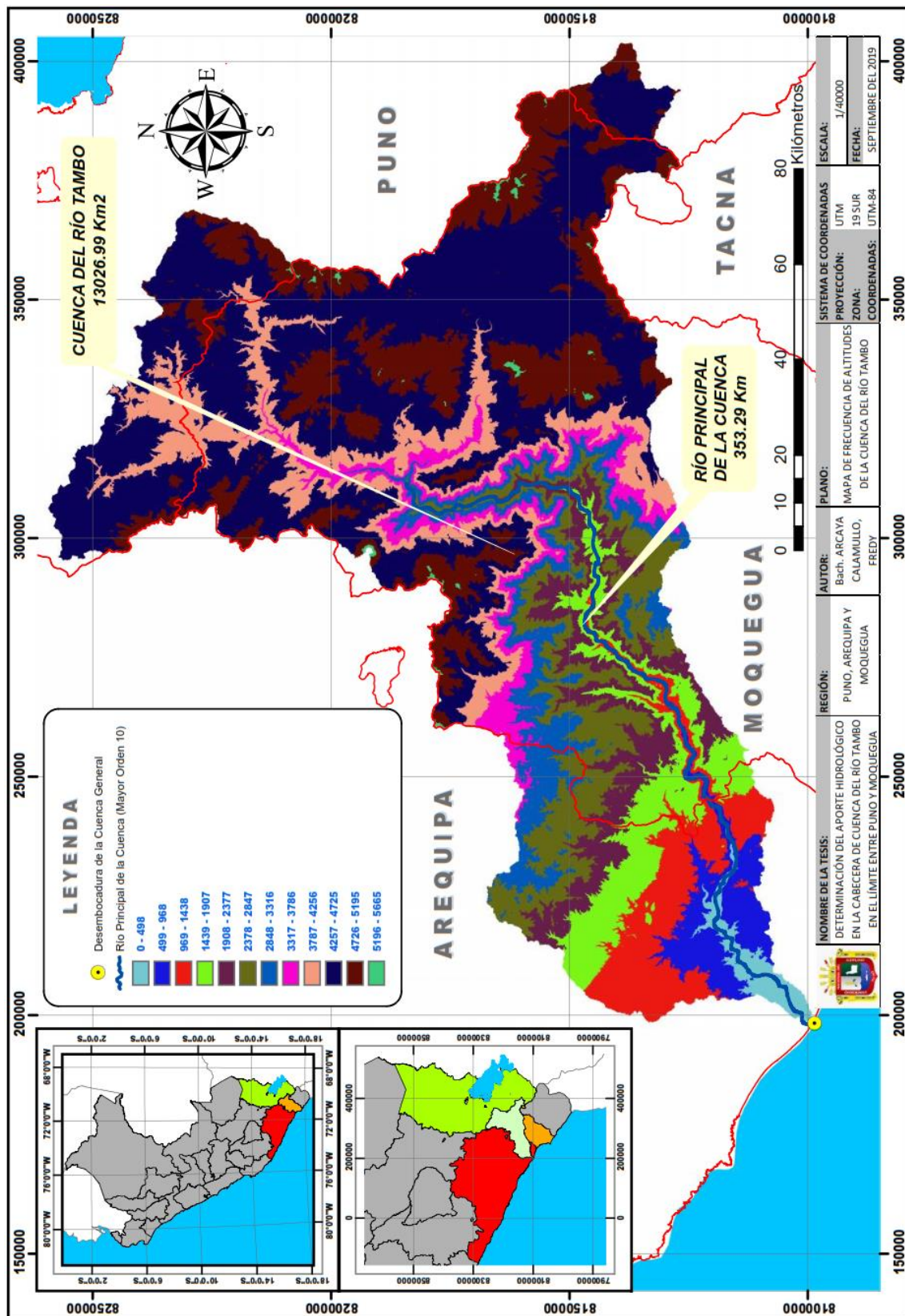
Fuente: Elaboración propia

Mapa 08. Isotermas e Isolíneas de la distribución de la temperatura en la cuenca del Río Tambo



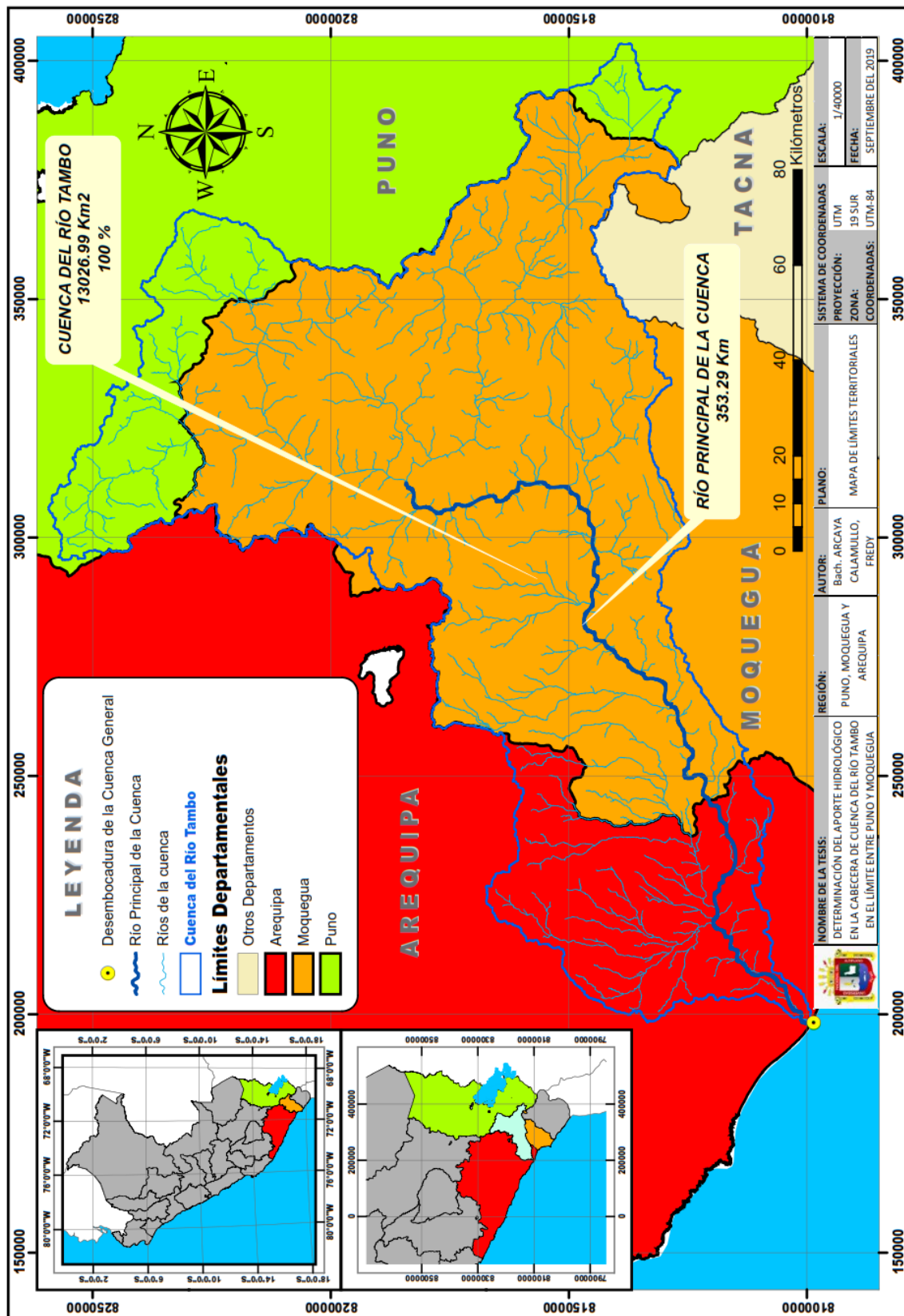
Fuente: Elaboración propia

Mapa 09. Frecuencia de altitudes en la cuenca del Río Tambo



Fuente: Elaboración propia

Mapa 10. Límites territoriales



Fuente: Elaboración propia

Anexo 02. Volúmenes mensuales y anuales generados

Tabla 17. Volúmenes mensuales y anuales en la cuenca del Río Tambo (*MMC*)

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Q_T_A
1981	508.8	786.4	267.3	131.5	79.5	55.3	42.0	33.8	28.4	24.5	21.8	26.5	2005.71
1982	67.7	61.4	58.1	45.1	35.8	29.7	25.4	22.4	20.2	18.9	19.1	17.7	421.28
1983	16.6	16.0	15.6	14.8	14.1	13.5	13.0	12.5	12.2	11.8	11.6	12.3	163.92
1984	300.4	657.8	369.3	152.3	87.8	59.6	44.5	35.4	29.4	26.4	40.9	39.1	1843.05
1985	34.8	231.7	187.0	105.6	68.2	49.4	38.4	31.4	26.7	23.3	24.7	39.5	860.71
1986	306.0	275.7	201.0	111.2	70.7	50.7	39.2	32.0	27.1	23.6	21.0	53.4	1211.43
1987	293.4	146.6	86.5	58.9	44.1	35.1	29.4	25.2	22.2	20.0	18.3	16.9	796.73
1988	42.8	36.4	54.1	44.4	35.4	29.4	25.3	22.2	20.0	18.2	16.9	18.9	363.92
1989	53.3	188.7	195.6	106.2	68.4	49.5	38.5	31.5	26.7	23.3	20.8	18.9	821.32
1990	33.6	29.5	30.9	26.5	23.2	21.1	19.1	17.5	16.3	15.4	17.4	41.4	291.83
1991	56.3	60.1	122.9	76.8	53.9	41.4	33.4	28.0	24.3	21.5	19.5	18.2	556.18
1992	19.3	18.2	16.8	15.7	14.8	14.1	13.5	13.0	12.6	12.2	11.9	14.5	176.62
1993	241.3	125.7	111.2	71.4	51.1	39.5	32.1	27.4	23.8	21.4	19.8	26.4	791.31
1994	198.8	659.8	238.0	129.7	78.8	55.0	41.8	33.7	28.2	24.4	21.9	27.3	1537.41
1995	47.2	42.0	108.0	69.8	50.2	38.9	31.8	26.9	23.5	20.9	19.2	20.5	498.85
1996	129.6	194.3	113.2	72.5	51.7	39.8	32.4	27.4	23.8	21.1	19.5	20.7	745.97
1997	158.6	523.1	234.5	117.4	73.4	52.2	40.1	33.1	30.5	26.0	23.6	25.7	1338.06
1998	245.1	172.8	106.5	68.7	49.6	38.6	31.5	26.8	23.3	20.8	19.6	19.8	823.07
1999	30.4	524.1	794.6	235.2	116.4	73.0	51.9	40.0	32.5	28.1	24.3	23.9	1974.29
2000	280.8	387.8	252.8	122.5	75.7	53.4	40.8	33.0	27.8	24.3	21.5	31.0	1351.42
2001	288.2	987.2	587.7	202.0	105.8	68.2	49.3	38.4	31.4	26.8	23.4	22.2	2430.52
2002	36.3	255.3	512.8	201.9	105.8	68.2	50.3	39.0	31.8	27.1	25.3	28.7	1382.63
2003	38.5	58.7	90.7	61.8	45.8	36.2	30.0	25.7	22.5	20.2	18.4	20.9	469.31
2004	119.3	196.3	143.0	86.2	58.8	44.0	35.2	29.4	25.2	22.2	20.0	19.0	798.70
2005	55.1	186.1	133.9	81.4	56.4	42.6	34.2	28.6	24.9	22.0	19.8	29.2	714.09
2006	254.0	232.4	268.4	127.4	77.7	54.4	41.5	33.4	28.1	24.3	22.5	23.0	1187.20
2007	77.6	90.7	208.2	110.7	70.4	50.6	39.1	31.9	27.0	23.5	21.1	20.8	771.65
2008	279.9	197.0	125.3	76.9	54.0	41.2	33.3	28.0	24.2	21.5	19.4	30.2	930.76
2009	32.4	112.2	98.7	66.5	48.4	37.8	31.1	26.4	23.1	20.7	20.5	20.1	537.96
2010	33.4	89.4	65.9	48.9	38.2	31.3	26.6	23.2	20.7	18.8	17.3	34.3	448.00
2011	139.9	646.1	229.7	122.2	75.6	53.3	40.8	33.0	27.8	24.1	21.7	66.9	1481.03
2012	325.6	1006.2	403.2	186.5	100.5	65.7	48.0	37.6	30.9	26.3	23.1	75.9	2329.50
2013	167.0	278.8	186.2	100.3	65.9	48.1	37.7	31.0	26.4	23.2	20.8	27.9	1013.35
2014	141.4	87.0	63.1	47.3	37.1	30.6	26.1	22.9	20.5	18.7	17.3	16.1	527.86
2015	64.7	241.3	514.0	209.6	108.2	69.3	50.0	38.8	31.7	26.9	23.6	21.1	1399.23
2016	19.8	302.8	140.3	90.4	60.9	45.2	35.8	29.7	25.5	22.4	20.1	19.1	811.98
MEDIA	142.71	280.70	203.75	99.89	62.56	45.16	35.36	29.17	25.03	22.08	20.76	27.45	994.64
D. STN	122.47	269.05	173.25	55.09	25.47	14.62	9.50	6.62	4.91	3.79	4.56	13.76	703.10
MAX	508.75	1006.17	794.63	235.22	116.36	72.97	51.92	39.97	32.47	28.06	40.90	75.91	3003.33



MIN	16.64	15.98	15.59	14.82	14.09	13.48	12.96	12.52	12.16	11.84	11.56	12.28	163.92
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Volúmenes mensuales y anuales en la Cabecera de Cuenca (*MMC*)

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Q_T_A
1981	430.6	908.2	220.5	97.8	51.0	32.8	23.7	18.5	15.2	12.9	11.5	34.5	1857.33
1982	177.5	100.8	101.9	59.6	36.7	25.8	19.7	15.9	13.7	13.8	18.8	15.9	599.99
1983	14.0	13.5	13.5	12.2	10.7	9.6	8.8	8.1	7.6	7.2	6.8	9.6	121.60
1984	427.1	705.8	381.4	108.8	54.6	34.5	24.6	19.0	15.5	17.3	82.8	75.5	1946.84
1985	55.8	451.7	256.2	107.9	55.0	34.7	24.8	19.1	15.7	13.2	25.7	71.8	1131.60
1986	424.4	362.0	304.4	122.8	58.9	36.3	25.7	19.7	15.9	13.4	11.7	88.5	1483.66
1987	478.0	149.7	69.7	40.8	27.9	21.0	17.1	14.2	12.2	10.7	10.0	9.2	860.47
1988	91.7	57.2	106.5	67.1	40.2	27.6	20.8	16.6	13.9	12.0	10.6	19.2	483.25
1989	124.2	161.8	201.0	85.9	46.9	30.9	22.7	17.8	14.7	12.5	11.0	10.0	739.46
1990	56.7	40.9	42.5	29.5	22.0	18.5	15.1	12.9	11.2	10.3	20.3	63.8	343.73
1991	98.1	104.0	233.1	88.0	47.7	31.7	23.1	18.1	14.9	12.7	11.2	11.2	693.80
1992	19.2	18.5	15.3	13.0	11.3	10.1	9.1	8.5	7.9	7.4	7.2	14.6	141.92
1993	379.5	122.8	138.9	66.8	39.7	27.3	20.6	17.0	14.1	13.0	13.2	38.9	891.73
1994	265.1	660.4	206.3	123.8	59.6	36.6	25.8	19.7	15.9	13.4	12.6	38.4	1477.54
1995	82.7	70.7	175.1	74.5	42.7	28.9	21.5	17.1	14.2	12.2	11.4	21.6	572.33
1996	323.4	331.5	134.6	66.4	39.6	27.3	20.6	16.6	13.8	11.9	11.8	21.5	1019.03
1997	235.8	619.6	193.3	80.6	45.1	30.0	22.2	18.2	19.4	15.8	16.3	24.1	1320.40
1998	350.0	198.2	112.1	56.4	35.2	25.0	19.3	15.6	13.2	11.5	12.6	14.1	863.15
1999	40.1	566.5	841.9	176.0	72.6	42.0	28.5	21.3	16.9	16.3	13.6	18.3	1854.00
2000	357.9	452.8	238.7	88.2	47.8	31.3	22.9	17.9	14.8	13.2	11.5	49.0	1345.92
2001	562.1	773.9	503.9	140.5	63.8	38.4	26.7	20.3	16.3	13.8	12.3	15.8	2187.94
2002	53.7	424.4	668.7	186.2	75.4	43.1	30.4	22.4	17.6	15.3	18.1	35.9	1591.16
2003	71.8	132.5	211.0	84.3	46.5	30.7	22.6	17.7	14.6	12.5	11.0	21.4	676.60
2004	211.4	296.1	193.0	85.5	46.8	30.8	22.9	18.2	15.0	12.7	11.1	12.4	955.95
2005	75.1	336.1	175.8	76.6	43.5	29.3	21.7	17.2	14.8	12.6	11.3	42.1	856.13
2006	449.4	275.8	327.6	104.0	53.0	33.8	24.2	18.8	15.3	13.1	15.2	25.6	1355.69
2007	156.9	145.1	384.0	117.6	57.3	35.7	25.3	19.4	15.7	13.3	12.0	17.1	999.33
2008	304.3	189.5	127.6	60.2	36.9	25.9	19.8	16.0	13.4	11.6	10.3	52.9	868.43
2009	57.1	217.3	145.3	72.0	41.7	28.4	21.3	16.9	14.2	12.2	17.0	21.3	664.65
2010	78.6	227.4	104.5	57.8	36.1	25.5	19.5	15.8	13.3	11.6	10.3	73.4	673.68
2011	257.7	710.3	204.2	99.9	51.9	33.3	24.0	18.6	15.3	12.9	12.2	119.7	1560.04
2012	470.1	848.9	376.1	157.2	68.4	40.3	27.7	20.8	16.6	14.0	12.2	138.8	2191.04
2013	320.5	344.2	194.5	76.6	44.1	29.7	22.1	17.5	14.5	12.9	11.6	42.1	1130.36
2014	268.2	103.9	67.3	43.5	29.3	21.7	17.2	14.3	12.3	11.0	10.1	9.3	608.16
2015	121.3	282.5	500.8	192.0	76.1	43.3	29.2	21.7	17.2	14.4	13.1	11.9	1323.46
2016	13.1	370.9	118.3	78.7	44.3	29.7	22.0	17.4	14.4	12.4	10.9	11.9	743.78
MEDIA	219.53	327.09	230.26	88.84	46.12	30.05	22.03	17.35	14.47	12.69	14.70	36.14	1059.28
D. STN	162.72	250.57	177.34	43.13	15.32	7.68	4.63	3.04	2.29	1.98	12.21	31.55	712.46



MAX	562.13	908.15	841.89	191.95	76.06	43.29	30.36	22.39	19.36	17.32	82.78	138.79	2934.48
MIN	13.07	13.45	13.52	12.18	10.73	9.63	8.78	8.12	7.59	7.16	6.80	9.15	120.18

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Volúmenes mensuales y anuales en la subcuenca de la Presa Paltiture (*MMC*)

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Q_T_A
1981	121.4	201.2	53.9	24.5	11.2	6.8	4.8	3.7	3.0	2.5	2.4	16.6	451.89
1982	80.1	30.0	62.1	23.0	10.8	6.6	4.7	3.6	3.0	4.6	12.0	7.5	248.06
1983	6.1	5.5	6.0	5.2	3.9	3.1	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	2.9	42.72
1984	101.6	173.0	88.0	22.2	10.6	6.6	4.6	3.5	2.9	7.5	48.0	41.5	509.95
1985	23.8	132.1	72.6	33.9	14.2	8.1	5.4	4.0	3.2	2.6	11.2	28.3	339.36
1986	91.4	121.2	118.3	40.1	14.9	8.2	5.5	4.1	3.2	2.6	2.3	24.5	436.23
1987	118.3	34.3	16.0	8.7	5.7	4.1	3.3	2.7	2.3	2.0	2.3	2.1	201.91
1988	61.4	24.0	50.5	27.4	12.3	7.3	5.0	3.7	3.0	2.6	2.2	7.0	206.35
1989	53.5	35.9	42.9	18.3	9.4	6.0	4.3	3.4	2.7	2.3	2.1	2.0	182.90
1990	36.9	17.8	15.1	9.2	6.0	5.0	3.8	3.0	2.5	2.6	13.0	15.5	130.46
1991	32.1	31.8	63.2	19.9	9.9	6.5	4.6	3.5	2.8	2.4	2.2	3.7	182.75
1992	9.7	12.4	7.5	5.1	3.8	3.1	2.5	2.2	2.0	1.8	1.8	4.9	56.80
1993	103.4	28.8	40.6	18.1	9.3	6.0	4.3	3.4	2.8	3.7	5.3	25.9	251.63
1994	111.6	170.5	68.9	52.1	17.3	9.1	5.9	4.2	3.3	2.7	3.6	19.4	468.57
1995	28.3	35.9	78.6	21.7	10.5	6.5	4.6	3.5	2.8	2.4	2.7	10.5	207.88
1996	124.2	104.8	39.8	18.2	9.5	6.0	4.3	3.4	2.8	2.4	2.6	14.6	332.49
1997	61.5	138.5	39.4	17.1	9.1	5.9	4.2	3.4	3.5	2.9	4.3	6.5	296.23
1998	86.4	50.8	37.0	14.7	8.2	5.4	4.0	3.2	2.6	2.2	4.0	4.5	223.12
1999	13.8	118.5	157.3	40.4	15.0	8.3	5.5	4.0	3.2	5.2	3.9	7.2	382.29
2000	86.4	104.8	41.4	15.7	8.6	5.6	4.1	3.2	2.7	3.3	2.7	21.9	300.51
2001	182.0	152.3	80.9	28.3	12.3	7.3	5.0	3.8	3.0	2.7	2.5	5.1	485.03
2002	13.6	104.0	137.0	45.5	16.1	8.7	5.8	4.2	3.3	4.0	5.4	21.0	368.55
2003	36.1	56.9	72.8	22.1	10.6	6.6	4.6	3.5	2.9	2.4	2.1	6.4	226.88
2004	57.4	68.2	44.6	21.7	10.5	6.5	4.6	3.6	2.9	2.4	2.1	3.3	227.73
2005	19.0	92.4	38.3	16.3	8.8	5.7	4.2	3.3	2.7	2.3	2.3	12.6	207.95
2006	113.2	62.8	84.9	23.7	11.0	6.7	4.7	3.6	2.9	2.5	5.0	11.7	332.76
2007	43.8	35.3	108.9	28.0	12.2	7.2	5.0	3.7	3.0	2.5	2.8	8.0	260.40
2008	102.3	45.5	25.8	11.6	7.0	4.8	3.7	2.9	2.5	2.1	1.9	27.6	237.81
2009	30.1	93.1	36.7	16.7	8.9	5.8	4.2	3.3	2.8	2.3	6.4	11.3	221.60
2010	60.7	115.8	34.0	16.6	9.0	5.8	4.2	3.3	2.7	2.3	2.0	33.5	290.02
2011	68.2	150.2	62.9	24.5	11.3	6.8	4.8	3.6	2.9	2.5	2.7	38.1	378.44
2012	128.2	190.1	106.4	47.3	16.4	8.8	5.7	4.2	3.3	2.9	2.6	44.5	560.14
2013	114.5	83.6	44.1	15.6	8.6	5.7	4.2	3.3	2.7	2.9	2.8	22.5	310.40
2014	87.7	28.3	23.0	13.8	7.8	5.3	3.9	3.1	2.6	2.6	2.5	2.3	182.86
2015	44.4	51.8	67.7	45.1	15.8	8.6	5.6	4.1	3.3	2.9	3.4	3.7	256.41
2016	5.0	93.8	27.6	21.5	10.4	6.5	4.6	3.5	2.8	2.5	2.2	3.2	183.53
MEDIA	68.28	83.21	58.19	23.16	10.47	6.41	4.52	3.47	2.85	2.84	4.97	14.50	282.85



D. STN	43.40	54.87	35.37	11.81	3.30	1.43	0.78	0.48	0.34	1.06	7.89	12.01	172.76
MAX	182.04	201.19	157.33	52.08	17.28	9.08	5.86	4.25	3.51	7.52	48.01	44.46	732.60
MIN	4.98	5.54	5.95	5.13	3.83	3.05	2.54	2.20	1.94	1.75	1.59	1.99	40.49

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Volúmenes mensuales y anuales en la subcuenca de la Presa de Yanapujio
(MMC)

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Q_T_A
1981	131.8	230.3	57.5	26.6	12.4	7.5	5.3	4.1	3.3	2.8	2.6	18.8	502.86
1982	88.0	32.5	64.8	24.7	11.8	7.3	5.2	3.9	3.4	5.0	12.7	8.0	267.40
1983	6.6	6.0	6.5	5.6	4.2	3.4	2.8	2.4	2.1	1.9	1.8	3.2	46.49
1984	114.5	188.8	91.0	24.0	11.6	7.2	5.1	3.9	3.2	8.1	53.2	45.1	555.76
1985	25.9	146.1	77.2	36.2	15.4	8.8	5.9	4.4	3.6	2.9	11.8	29.2	367.44
1986	103.0	132.5	128.8	43.9	16.5	9.2	6.1	4.5	3.6	2.9	2.5	26.9	480.37
1987	131.3	38.3	17.7	9.6	6.3	4.6	3.7	3.0	2.6	2.3	2.5	2.3	224.23
1988	64.5	25.5	51.8	28.5	13.2	7.9	5.4	4.1	3.3	2.8	2.4	7.7	217.26
1989	58.5	38.7	44.7	19.5	10.2	6.6	4.8	3.7	3.0	2.6	2.3	2.2	196.90
1990	39.5	19.2	16.2	9.9	6.5	5.5	4.1	3.3	2.8	2.9	13.8	16.4	140.19
1991	33.6	34.2	69.2	22.0	11.0	7.2	5.1	3.9	3.2	2.7	2.5	3.9	198.44
1992	10.3	12.5	7.8	5.4	4.1	3.3	2.8	2.5	2.2	2.0	2.0	5.2	59.98
1993	115.6	31.9	43.9	19.6	10.2	6.6	4.8	3.8	3.1	4.0	5.6	26.4	275.35
1994	120.5	191.9	74.2	57.3	19.1	10.1	6.5	4.7	3.7	3.0	3.9	21.5	516.56
1995	31.4	38.0	82.7	23.5	11.5	7.2	5.1	3.9	3.2	2.7	2.9	11.7	223.74
1996	140.7	115.9	43.3	19.8	10.4	6.7	4.8	3.8	3.1	2.6	2.9	15.3	369.33
1997	67.6	155.3	42.5	18.7	10.0	6.5	4.7	3.8	3.9	3.2	4.7	7.2	328.10
1998	98.6	57.0	39.3	15.9	9.0	6.0	4.4	3.5	2.9	2.5	4.4	4.9	248.45
1999	14.5	132.4	174.0	44.4	16.6	9.2	6.1	4.5	3.5	5.6	4.2	7.8	422.93
2000	98.4	116.2	45.0	17.3	9.5	6.2	4.6	3.6	3.0	3.6	3.0	24.9	335.18
2001	201.4	170.3	89.9	31.0	13.6	8.1	5.5	4.2	3.3	3.0	2.8	5.9	538.98
2002	15.2	115.3	153.3	48.8	17.6	9.6	6.4	4.7	3.7	4.3	5.9	22.1	406.87
2003	38.2	61.8	78.9	24.2	11.8	7.3	5.1	3.9	3.2	2.7	2.3	7.0	246.46
2004	62.8	75.3	48.6	23.8	11.6	7.2	5.1	4.0	3.2	2.7	2.4	3.7	250.46
2005	22.1	103.3	42.3	18.0	9.7	6.4	4.6	3.6	3.0	2.6	2.6	13.6	231.79
2006	125.1	68.2	90.9	25.8	12.1	7.4	5.2	4.0	3.2	2.8	5.4	13.2	363.26
2007	50.3	38.6	117.5	30.6	13.5	8.0	5.5	4.2	3.3	2.8	3.1	9.1	286.42
2008	113.7	51.3	29.1	13.1	7.8	5.4	4.1	3.3	2.8	2.4	2.1	30.9	265.92
2009	33.0	103.4	40.1	18.4	9.8	6.4	4.7	3.7	3.1	2.6	6.9	12.5	244.72
2010	65.2	127.2	36.8	18.2	9.9	6.4	4.7	3.7	3.0	2.6	2.3	38.3	318.12
2011	77.7	169.1	68.4	27.5	12.6	7.7	5.3	4.1	3.3	2.8	3.0	41.1	422.49
2012	142.7	211.8	118.4	52.2	18.2	9.8	6.4	4.6	3.6	3.2	2.9	50.4	624.16
2013	126.8	91.9	48.1	17.2	9.5	6.3	4.6	3.6	3.0	3.3	3.1	24.7	342.23
2014	97.1	31.2	25.0	15.0	8.6	5.8	4.3	3.5	2.9	2.8	2.7	2.5	201.59
2015	48.6	56.5	74.4	49.8	17.5	9.5	6.3	4.6	3.6	3.2	3.8	4.1	281.99

2016	5.4	103.7	30.6	23.5	11.5	7.2	5.1	3.9	3.2	2.8	2.4	3.5	202.61
MEDIA	75.56	92.29	63.06	25.27	11.53	7.09	5.01	3.86	3.17	3.13	5.43	15.87	311.25
D. STN	48.39	61.75	38.93	12.93	3.66	1.60	0.88	0.54	0.38	1.12	8.70	13.22	192.10
MAX	201.44	230.32	174.00	57.29	19.13	10.09	6.53	4.73	3.94	8.07	53.24	50.44	819.21
MIN	5.38	5.99	6.45	5.43	4.11	3.30	2.76	2.42	2.14	1.93	1.76	2.20	43.87

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Volúmenes mensuales y anuales en el área aportante a las presas Paltiture y Yanapujio perteneciente a la región de Puno (*MMC*)

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Q_T_A
1981	105.5	159.9	48.6	21.3	9.6	5.8	4.0	3.1	2.5	2.1	2.0	13.5	377.99
1982	68.4	26.3	57.7	20.3	9.3	5.7	3.9	3.0	2.5	4.0	11.0	6.6	218.83
1983	5.4	4.9	5.2	4.7	3.4	2.7	2.2	1.9	1.7	1.5	1.3	2.4	37.16
1984	83.0	149.5	83.0	19.4	9.1	5.6	3.9	3.0	2.4	6.7	40.4	36.2	442.22
1985	20.8	111.6	65.5	30.3	12.3	6.9	4.6	3.4	2.7	2.2	10.4	26.9	297.61
1986	74.7	104.5	102.6	34.4	12.6	6.9	4.6	3.4	2.7	2.2	1.9	21.1	371.56
1987	99.3	28.6	13.6	7.3	4.7	3.5	2.8	2.3	1.9	1.7	2.0	1.8	169.47
1988	56.2	21.7	48.3	25.7	11.0	6.3	4.3	3.2	2.5	2.2	1.9	6.0	189.22
1989	46.1	31.5	40.1	16.4	8.2	5.2	3.7	2.8	2.3	2.0	1.8	1.7	161.77
1990	32.9	15.6	13.4	8.1	5.2	4.3	3.2	2.6	2.1	2.3	11.9	14.3	115.72
1991	29.8	28.0	54.3	16.9	8.4	5.4	3.8	2.9	2.4	2.0	1.9	3.5	159.35
1992	8.8	12.2	7.1	4.7	3.4	2.7	2.2	1.9	1.7	1.6	1.6	4.4	52.11
1993	85.6	24.3	35.8	15.9	8.0	5.1	3.6	2.9	2.3	3.4	4.9	25.0	216.88
1994	97.7	139.6	60.9	44.4	14.6	7.6	4.9	3.5	2.8	2.3	3.2	16.3	397.67
1995	23.7	32.7	71.9	18.8	8.9	5.5	3.9	2.9	2.4	2.0	2.3	8.8	183.80
1996	100.6	88.3	34.4	15.7	8.1	5.1	3.7	2.9	2.3	2.0	2.1	13.6	278.73
1997	52.5	114.2	35.1	14.9	7.7	5.0	3.6	2.9	2.9	2.4	3.6	5.5	250.13
1998	69.0	42.0	33.6	12.9	7.0	4.6	3.4	2.7	2.2	1.9	3.4	4.0	186.71
1999	12.8	98.3	132.9	34.5	12.6	6.9	4.6	3.4	2.6	4.6	3.4	6.3	322.98
2000	69.3	88.2	36.3	13.4	7.2	4.7	3.4	2.7	2.2	2.9	2.4	17.7	250.57
2001	153.6	126.1	67.9	24.3	10.4	6.1	4.2	3.1	2.5	2.2	2.0	4.0	406.47
2002	11.4	87.4	113.3	40.5	13.9	7.4	4.9	3.5	2.8	3.4	4.8	19.3	312.51
2003	32.8	49.4	63.9	18.8	9.0	5.5	3.9	3.0	2.4	2.0	1.7	5.6	197.97
2004	49.4	57.9	38.6	18.5	8.8	5.4	3.9	3.0	2.4	2.0	1.8	2.8	194.47
2005	14.7	76.9	32.6	13.9	7.4	4.8	3.5	2.7	2.3	1.9	2.0	11.2	173.81
2006	95.9	54.8	75.8	20.6	9.4	5.7	4.0	3.0	2.4	2.1	4.3	9.7	287.57
2007	34.8	30.4	96.0	24.1	10.3	6.1	4.2	3.1	2.5	2.1	2.4	6.5	222.53
2008	85.8	37.3	21.1	9.6	5.7	4.0	3.0	2.4	2.0	1.8	1.6	23.0	197.32
2009	25.8	78.1	31.8	14.2	7.5	4.8	3.5	2.7	2.3	2.0	5.6	9.6	188.03
2010	53.9	98.9	29.8	14.3	7.6	4.9	3.5	2.8	2.3	1.9	1.7	26.9	248.57
2011	54.6	122.9	54.7	20.2	9.3	5.7	3.9	3.0	2.4	2.0	2.2	33.7	314.84
2012	106.9	158.6	89.2	40.1	13.7	7.3	4.8	3.5	2.7	2.4	2.2	36.0	467.49
2013	96.4	71.3	38.2	13.2	7.2	4.8	3.5	2.7	2.2	2.4	2.3	19.3	263.74



2014	73.7	24.0	20.1	11.9	6.7	4.5	3.3	2.6	2.2	2.2	2.1	2.0	155.42
2015	38.1	44.6	57.8	38.3	13.2	7.1	4.7	3.4	2.7	2.4	2.9	3.2	218.68
2016	4.4	79.2	23.4	18.6	8.9	5.5	3.8	2.9	2.4	2.1	1.8	2.7	155.64
MEDIA	57.62	69.99	50.96	20.03	8.91	5.41	3.80	2.91	2.38	2.41	4.31	12.53	241.26
D. STN	36.19	45.02	30.25	10.19	2.79	1.20	0.65	0.39	0.28	0.98	6.72	10.35	145.01
MAX	153.57	159.94	132.92	44.37	14.56	7.60	4.90	3.54	2.90	6.69	40.45	36.25	607.69
MIN	4.38	4.87	5.22	4.65	3.42	2.68	2.20	1.88	1.65	1.48	1.34	1.69	35.46

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Volúmenes mensuales y anuales en el área de la Región Puno Zona 1 (*MMC*)

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Q_T_A
1981	144.8	249.1	65.5	29.9	13.7	8.3	5.8	4.5	3.6	3.1	2.9	22.3	553.66
1982	97.6	36.9	70.1	27.2	13.0	8.0	5.6	4.3	3.7	6.0	15.7	9.6	297.76
1983	7.8	7.0	7.3	6.3	4.7	3.8	3.1	2.7	2.4	2.1	1.9	3.9	53.06
1984	133.0	215.9	103.7	26.8	12.9	8.0	5.6	4.3	3.5	9.0	58.2	52.6	633.45
1985	30.4	166.7	85.7	40.7	17.2	9.8	6.6	4.9	4.0	3.3	14.8	38.5	422.52
1986	116.7	152.4	142.9	49.9	18.4	10.1	6.7	5.0	3.9	3.2	2.8	32.3	544.31
1987	148.8	42.6	19.8	10.6	7.0	5.1	4.1	3.3	2.8	2.5	3.0	2.7	252.33
1988	71.1	28.9	62.2	33.3	15.0	8.8	6.1	4.6	3.7	3.2	2.7	9.5	249.09
1989	68.4	46.1	52.9	22.8	11.7	7.4	5.3	4.1	3.4	2.9	2.6	2.5	230.17
1990	43.9	21.2	18.3	11.0	7.2	6.1	4.6	3.7	3.1	3.5	17.8	21.7	162.22
1991	40.3	41.4	79.6	24.7	12.3	8.0	5.6	4.3	3.5	3.0	2.7	4.5	229.91
1992	12.9	15.7	9.4	6.4	4.8	3.8	3.1	2.8	2.4	2.3	2.3	6.4	72.30
1993	127.3	35.2	49.4	22.0	11.4	7.3	5.3	4.2	3.4	4.8	7.3	34.4	312.00
1994	131.6	206.3	83.3	63.4	21.1	11.1	7.1	5.2	4.0	3.3	4.6	26.5	567.55
1995	38.6	48.9	95.0	26.1	12.7	7.9	5.6	4.3	3.5	2.9	3.3	16.6	265.38
1996	164.3	125.6	48.7	22.3	11.6	7.4	5.3	4.2	3.4	2.9	3.5	18.1	417.30
1997	79.5	177.1	49.5	21.1	11.1	7.2	5.2	4.2	4.7	3.8	6.4	9.0	378.68
1998	99.3	61.2	43.1	17.5	9.8	6.6	4.8	3.8	3.2	2.7	4.9	5.3	262.23
1999	17.7	143.9	194.5	49.7	18.3	10.1	6.7	4.9	3.9	6.7	4.9	9.1	470.42
2000	116.6	136.9	53.8	19.8	10.7	7.0	5.1	4.0	3.3	4.1	3.4	28.8	393.27
2001	222.7	190.7	101.4	35.2	15.2	8.9	6.1	4.6	3.7	3.3	3.1	6.8	601.65
2002	16.7	130.7	165.9	53.3	19.3	10.5	7.0	5.1	4.0	4.8	6.8	23.6	447.68
2003	46.4	70.1	86.9	26.6	12.9	8.0	5.6	4.3	3.5	2.9	2.6	9.1	278.81
2004	77.3	86.9	53.1	25.3	12.4	7.8	5.5	4.3	3.5	3.0	2.6	4.2	286.02
2005	25.3	117.5	47.4	20.1	10.8	7.0	5.1	4.0	3.3	2.8	2.9	16.8	263.01
2006	145.7	74.9	94.2	27.6	13.1	8.1	5.7	4.3	3.5	3.0	6.0	14.6	400.68
2007	53.7	42.5	128.0	33.7	14.8	8.7	6.0	4.5	3.6	3.1	3.6	11.1	313.46
2008	127.0	57.9	32.9	14.5	8.7	6.0	4.5	3.6	3.0	2.6	2.3	35.5	298.62
2009	36.6	114.5	46.6	21.4	11.2	7.2	5.2	4.1	3.4	2.9	8.1	15.3	276.47
2010	73.8	141.2	40.2	19.9	10.8	7.0	5.1	4.0	3.3	2.8	2.5	42.8	353.45
2011	86.5	192.0	77.6	30.6	13.9	8.4	5.9	4.4	3.6	3.0	3.3	51.0	480.29
2012	156.5	240.3	131.6	58.1	20.0	10.7	7.0	5.1	4.0	3.5	3.3	61.3	701.35



2013	142.2	104.7	54.1	19.1	10.5	6.9	5.1	4.0	3.3	3.5	3.5	32.5	389.36
2014	111.0	36.3	27.7	16.4	9.4	6.3	4.7	3.8	3.2	3.2	3.1	2.9	228.01
2015	54.2	61.5	83.1	58.0	19.7	10.6	6.9	5.1	4.0	3.5	4.3	4.7	315.70
2016	6.7	115.5	33.2	26.4	12.8	7.9	5.6	4.3	3.5	3.0	2.7	4.0	225.60
MEDIA	85.36	103.79	70.52	28.27	12.77	7.83	5.52	4.24	3.49	3.51	6.29	19.18	350.77
D. STN	53.81	68.58	42.75	14.51	4.04	1.75	0.95	0.58	0.44	1.33	9.67	15.96	214.36
MAX	222.71	249.11	194.48	63.43	21.05	11.06	7.15	5.18	4.71	9.04	58.22	61.29	907.44
MIN	6.70	7.03	7.34	6.32	4.72	3.75	3.11	2.67	2.36	2.13	1.94	2.52	50.59

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Volúmenes mensuales y anuales en el área de la Región Puno Zona 2 (*MMC*)

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Q_T_A
1981	18.3	24.0	8.2	3.9	2.0	1.3	0.9	0.7	0.6	0.5	0.5	1.6	62.40
1982	12.7	5.2	2.8	2.0	1.3	0.9	0.7	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	28.48
1983	0.5	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.1	5.35
1984	27.3	35.7	20.3	4.8	2.3	1.4	1.0	0.8	0.6	0.8	2.5	2.3	99.84
1985	3.1	25.3	9.3	4.9	2.3	1.4	1.0	0.8	0.6	0.5	3.7	11.4	64.41
1986	13.9	20.0	16.0	5.8	2.5	1.5	1.0	0.8	0.6	0.5	0.5	8.3	71.49
1987	27.1	6.7	3.0	1.7	1.1	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	43.51
1988	12.0	4.5	4.8	3.3	1.8	1.2	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	1.2	31.69
1989	7.0	7.6	8.3	3.8	2.0	1.3	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	33.49
1990	1.4	1.3	1.2	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	4.6	12.76
1991	6.4	4.2	4.2	2.2	1.4	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	22.55
1992	2.1	2.3	1.5	1.0	0.8	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	1.2	11.72
1993	15.0	4.6	4.5	2.3	1.4	1.0	0.8	0.6	0.5	0.5	0.5	1.9	33.63
1994	5.4	10.6	5.7	2.8	1.6	1.1	0.8	0.6	0.5	0.5	0.4	1.6	31.71
1995	2.8	2.6	4.1	2.1	1.3	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.7	17.18
1996	11.4	7.8	3.4	1.9	1.2	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	1.6	30.77
1997	16.0	21.3	7.4	3.0	1.7	1.1	0.8	0.7	0.7	0.6	0.9	2.1	56.31
1998	7.4	3.9	3.6	1.9	1.3	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	22.13
1999	5.6	16.8	26.8	7.6	3.0	1.7	1.1	0.8	0.7	0.6	0.5	0.7	65.96
2000	11.3	13.3	6.8	2.9	1.7	1.1	0.8	0.7	0.5	0.5	0.4	1.6	41.64
2001	33.2	25.2	13.8	4.7	2.3	1.4	1.0	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	84.27
2002	1.1	14.9	14.2	7.4	3.0	1.7	1.2	0.9	0.7	0.7	0.7	1.9	48.25
2003	5.4	6.2	6.6	2.8	1.6	1.1	0.8	0.6	0.5	0.5	0.4	1.1	27.60
2004	10.0	10.9	6.7	2.9	1.6	1.1	0.8	1.0	0.8	0.6	0.5	0.6	37.49
2005	3.6	16.4	5.7	2.8	1.6	1.1	0.8	0.7	0.5	0.5	0.4	6.2	40.44
2006	34.5	14.3	12.1	4.1	2.1	1.3	0.9	0.7	0.6	0.6	0.9	2.9	74.96
2007	4.7	7.3	10.2	3.8	2.0	1.3	0.9	0.7	0.6	0.5	0.5	1.5	33.95
2008	16.5	6.3	4.1	2.1	1.3	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	3.9	37.61
2009	3.5	9.1	5.3	2.8	1.6	1.1	0.8	0.6	0.5	0.5	1.3	1.5	28.68
2010	5.6	4.7	2.8	2.0	1.3	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	1.7	21.79
2011	7.6	16.7	5.8	3.1	1.7	1.2	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	10.6	49.72



2012	20.4	22.7	9.3	5.5	2.5	1.5	1.0	0.8	0.6	0.5	0.5	9.6	74.79
2013	16.7	11.4	5.2	2.4	1.5	1.0	0.8	0.6	0.5	0.5	0.4	3.9	44.95
2014	13.1	4.9	2.7	1.7	1.1	0.8	0.7	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	27.13
2015	4.7	9.1	9.6	6.8	2.8	1.6	1.1	0.8	0.6	0.5	0.5	0.4	38.69
2016	0.5	11.6	4.2	3.3	1.8	1.2	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.7	26.21
MEDIA	10.77	11.39	7.24	3.25	1.71	1.12	0.83	0.66	0.55	0.49	0.65	2.54	41.21
D. STN	8.98	8.25	5.51	1.73	0.61	0.30	0.17	0.13	0.09	0.09	0.65	2.98	29.49
MAX	34.55	35.71	26.82	7.61	3.02	1.70	1.15	0.98	0.77	0.77	3.68	11.44	128.21
MIN	0.51	0.57	0.50	0.44	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28	0.27	0.25	0.38	4.58

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Volúmenes mensuales y anuales en el área de la Región Arequipa (*MMC*)

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Q_T_A
1981	28.4	16.1	10.8	8.0	6.3	5.2	4.5	3.9	3.5	3.2	3.0	2.8	95.72
1982	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	25.93
1983	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	21.42
1984	1.7	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.70
1985	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.30
1986	1.7	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	21.45
1987	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.57
1988	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.21
1989	1.7	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	23.90
1990	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	21.12
1991	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.34
1992	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.12
1993	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.27
1994	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	21.06
1995	1.7	1.7	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	21.37
1996	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.57
1997	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.87
1998	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.59
1999	1.7	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	21.70
2000	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	22.53
2001	1.8	2.4	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	1.9	25.79
2002	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	22.17
2003	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.61
2004	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.31
2005	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.12
2006	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.35
2007	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.22
2008	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	22.88
2009	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.94
2010	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.30



2011	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.87
2012	1.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	26.49
2013	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	22.11
2014	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.64
2015	1.7	1.8	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	21.99
2016	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	20.89
MEDIA	2.52	2.25	2.11	2.01	1.94	1.89	1.86	1.83	1.81	1.79	1.77	1.76	23.54
D. STN	4.44	2.38	1.50	1.04	0.77	0.59	0.47	0.38	0.31	0.26	0.22	0.19	12.56
MAX	28.43	16.07	10.78	7.99	6.32	5.23	4.48	3.94	3.53	3.22	2.97	2.77	95.72
MIN	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.67	1.67	1.67	1.67	20.11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Volúmenes mensuales y anuales en el área de la Región Moquegua (*MMC*)

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Q_T_A
1981	371.9	663.3	206.4	97.8	58.0	40.0	30.1	24.1	20.2	17.4	15.4	18.1	1562.68
1982	45.4	44.8	39.7	30.9	24.6	20.5	17.6	15.5	14.0	13.0	12.7	11.9	290.75
1983	11.2	10.7	10.5	10.0	9.5	9.2	8.8	8.6	8.3	8.1	8.0	8.4	111.38
1984	279.2	578.0	308.9	117.5	65.6	43.8	32.3	25.5	21.1	18.5	27.3	25.3	1543.03
1985	22.6	180.5	148.5	79.1	50.1	35.8	27.7	22.5	19.1	16.6	16.8	27.2	646.51
1986	308.3	208.8	137.8	75.8	48.6	35.0	27.2	22.2	18.8	16.4	14.6	41.9	955.62
1987	257.0	118.0	66.4	44.1	32.5	25.6	21.3	18.2	15.9	14.3	13.0	12.0	638.43
1988	25.5	22.4	35.6	29.4	23.7	19.8	17.2	15.2	13.7	12.5	11.6	12.9	239.45
1989	38.9	192.1	188.3	90.7	55.1	38.5	29.3	23.6	19.8	17.1	15.1	13.7	722.02
1990	23.2	20.5	22.5	19.1	16.6	15.1	13.6	12.5	11.6	10.9	11.8	39.5	216.99
1991	50.7	52.5	114.5	65.4	43.6	32.4	25.6	21.1	18.1	15.9	14.2	13.1	466.94
1992	13.4	12.4	11.5	10.8	10.2	9.7	9.3	9.0	8.7	8.5	8.3	10.2	122.07
1993	219.2	103.6	91.0	55.6	38.7	29.4	23.7	20.1	17.3	15.4	14.0	17.8	645.94
1994	171.3	615.8	184.7	94.7	56.8	39.4	29.8	23.9	20.0	17.3	15.4	18.5	1287.52
1995	37.6	31.0	81.1	51.4	36.5	28.1	22.8	19.2	16.7	14.9	13.5	13.9	366.78
1996	88.6	149.7	84.2	52.9	37.3	28.6	23.1	19.5	16.9	15.0	13.8	13.9	543.30
1997	150.0	487.2	197.4	91.9	55.6	38.7	29.4	24.2	22.9	19.3	17.1	19.3	1152.88
1998	240.9	156.0	86.9	53.6	37.7	28.8	23.3	19.5	16.9	15.0	13.9	14.6	707.07
1999	23.5	521.4	722.8	182.7	86.8	53.4	37.6	28.7	23.2	19.8	17.1	16.7	1733.84
2000	252.6	346.7	226.9	99.6	58.7	40.3	30.4	24.3	20.2	17.5	15.4	21.9	1154.53
2001	215.8	912.7	533.1	159.9	80.0	50.4	36.0	27.8	22.6	19.1	16.7	15.6	2089.71
2002	30.6	227.6	473.7	161.8	80.6	50.7	37.4	28.6	23.1	19.5	18.2	20.0	1171.89
2003	26.4	42.3	69.4	46.2	33.7	26.4	21.7	18.5	16.1	14.4	13.1	14.9	342.99
2004	106.2	181.9	125.8	70.2	46.0	33.6	26.4	21.7	18.5	16.2	14.5	13.6	674.42
2005	52.3	169.7	118.4	66.7	44.3	32.6	25.7	21.2	18.4	16.1	14.4	21.3	600.99
2006	219.5	204.7	239.4	102.6	59.9	41.0	30.7	24.5	20.4	17.6	16.0	15.9	992.16
2007	69.9	81.7	188.1	90.6	55.1	38.5	29.2	23.6	19.8	17.1	15.2	14.5	643.10
2008	240.1	169.7	105.4	61.0	41.5	31.0	24.7	20.5	17.6	15.5	14.0	20.2	761.27
2009	21.7	82.8	78.3	51.0	36.3	28.0	22.7	19.2	16.7	14.8	14.3	13.7	399.55



2010	20.2	58.2	44.1	33.0	26.0	21.4	18.3	16.0	14.3	13.0	12.0	23.7	300.20
2011	127.1	613.6	180.2	93.0	56.1	39.0	29.6	23.8	19.9	17.2	15.4	52.3	1267.14
2012	282.8	892.0	313.3	138.9	73.2	47.4	34.3	26.8	21.9	18.6	16.3	60.2	1925.68
2013	125.4	249.6	161.4	80.5	50.9	36.3	28.0	22.8	19.2	16.8	14.9	18.4	824.38
2014	117.3	67.9	47.4	34.9	27.1	22.1	18.8	16.4	14.6	13.3	12.2	11.4	403.21
2015	53.2	255.2	546.0	176.5	85.0	52.7	37.2	28.5	23.1	19.4	16.9	15.0	1308.71
2016	14.0	294.3	117.9	71.4	46.5	33.9	26.5	21.7	18.5	16.2	14.4	13.6	688.89
MEDIA	120.93	250.54	175.21	77.53	46.91	33.25	25.75	21.08	18.01	15.78	14.65	19.86	819.50
D. STN	105.99	247.34	163.27	44.47	19.71	11.10	7.16	4.96	3.69	2.81	3.08	11.42	625.01
MAX	371.93	912.69	722.80	182.65	86.81	53.42	37.60	28.73	23.22	19.80	27.26	60.22	2527.13
MIN	11.17	10.75	10.49	9.99	9.54	9.17	8.85	8.58	8.35	8.15	7.97	8.38	111.38

Fuente: Elaboración propia

Anexo 03. Precipitaciones medias areales

Tabla 26. Precipitación media areal en la cuenca del Río Tambo (mm)

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P_T
1981	68.9	132.0	37.4	21.9	0.1	0.1	0.1	5.0	4.7	3.5	7.3	37.1	318.11
1982	63.1	33.4	35.8	15.8	0.3	0.1	0.2	0.7	9.0	14.8	22.8	8.3	204.26
1983	11.8	13.9	15.0	7.7	1.4	0.4	0.4	0.6	3.6	1.8	1.0	21.1	78.69
1984	121.2	125.4	69.6	4.9	1.1	3.8	0.3	4.9	0.2	20.0	48.5	29.1	428.86
1985	23.2	103.2	53.3	19.8	5.0	3.1	0.5	0.8	6.0	1.5	30.8	47.5	294.81
1986	111.6	71.8	55.6	21.2	1.5	0.1	4.6	3.4	1.7	0.5	5.1	62.3	339.34
1987	105.8	26.1	10.7	0.9	0.3	0.8	9.0	0.2	0.5	4.6	8.8	3.7	171.35
1988	58.8	17.1	50.5	20.2	4.3	0.2	0.1	0.0	1.4	4.0	0.4	29.9	186.99
1989	61.2	86.6	62.2	14.0	1.0	1.2	1.1	0.4	1.6	1.3	4.2	6.4	241.21
1990	49.5	15.5	31.3	6.2	3.4	13.7	0.1	2.4	0.4	8.2	28.7	55.3	214.73
1991	46.4	40.8	69.1	8.3	0.7	9.7	0.2	0.1	1.3	3.3	6.8	13.6	200.34
1992	26.0	13.1	3.1	3.4	0.5	1.2	0.7	5.6	0.1	4.9	7.6	29.7	95.97
1993	110.6	19.6	50.3	9.2	0.6	1.1	0.1	12.2	1.3	11.8	14.3	39.0	270.20
1994	98.4	132.3	32.4	31.3	3.2	0.2	0.1	0.1	0.8	0.5	12.5	37.8	349.54
1995	50.7	25.1	71.8	6.2	1.2	0.1	0.2	0.1	1.4	1.0	11.5	27.7	197.19
1996	87.0	72.4	23.8	12.4	3.0	0.1	0.1	5.5	0.7	1.4	14.3	27.3	247.81
1997	93.5	120.4	41.6	10.6	1.8	0.1	0.2	14.8	24.2	3.1	17.1	31.4	358.81
1998	107.4	49.1	27.9	5.2	0.1	1.8	0.1	0.1	0.2	2.2	17.5	23.2	234.62
1999	43.4	140.3	127.6	21.3	1.1	0.1	0.1	1.2	2.3	16.2	0.5	26.0	380.26
2000	114.1	93.2	58.9	7.5	1.9	0.6	0.2	1.2	0.4	10.7	2.2	44.3	335.37
2001	111.5	158.4	94.1	19.3	1.5	0.4	0.3	2.2	0.9	7.9	8.4	20.7	425.49
2002	47.6	104.1	109.1	29.5	3.0	2.0	16.6	1.4	1.3	10.2	22.2	34.2	381.17
2003	42.3	50.6	56.2	8.9	3.9	0.2	0.2	3.1	1.0	1.9	1.9	31.6	201.71
2004	83.9	74.6	43.8	14.7	0.3	0.1	9.1	5.8	3.6	0.3	3.0	18.1	257.35
2005	63.3	85.5	40.1	10.4	0.1	0.1	0.1	0.0	11.2	1.9	7.6	43.6	263.99
2006	106.7	66.3	77.1	7.9	0.4	0.6	0.1	0.4	3.2	5.3	19.1	26.3	313.26



2007	70.1	49.6	83.0	13.0	1.8	0.2	0.2	0.3	2.0	3.1	9.7	22.9	255.86
2008	115.1	53.2	35.9	0.5	0.1	0.1	0.1	2.0	0.3	2.4	1.0	45.9	256.53
2009	31.3	76.7	40.0	14.4	0.5	0.1	4.6	0.0	5.3	2.6	23.7	20.6	219.81
2010	46.6	67.3	20.4	13.5	4.2	0.1	0.3	0.1	0.5	3.4	1.9	52.2	210.54
2011	82.2	136.1	29.0	26.0	3.0	0.2	1.0	0.1	4.7	0.9	12.9	67.9	363.92
2012	107.8	158.8	65.2	37.3	2.0	0.1	0.1	0.3	2.2	5.6	6.7	71.5	457.46
2013	77.0	86.4	48.7	0.4	9.6	5.7	3.7	4.8	0.0	10.2	7.3	40.6	294.44
2014	85.8	15.6	23.6	13.5	0.5	0.2	0.2	3.1	3.6	7.3	7.6	5.7	166.69
2015	70.8	93.6	110.8	34.0	0.3	0.2	2.8	3.0	3.1	5.4	10.8	8.1	343.06
2016	16.9	119.1	12.3	29.0	0.4	2.3	2.1	0.3	0.3	4.2	2.8	17.8	207.62
MEDIA	72.55	75.75	50.47	14.46	1.78	1.42	1.66	2.39	2.92	5.22	11.35	31.34	271.32
D. STN	31.71	44.43	29.20	9.67	1.94	2.86	3.43	3.34	4.42	4.80	10.27	17.15	163.22
MAX	121.15	158.82	127.61	37.25	9.63	13.70	16.62	14.85	24.16	19.99	48.48	71.49	663.74
MIN	11.81	13.13	3.11	0.44	0.05	0.07	0.06	0.02	0.03	0.33	0.40	3.68	33.16

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Precipitación media areal en la Cabecera de Cuenca (*mm*)

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P_T
1981	109.2	211.3	56.0	37.0	0.2	0.1	0.2	8.9	8.8	7.1	13.9	68.3	521.15
1982	110.7	44.7	65.9	28.0	0.4	0.2	0.4	1.5	16.2	28.4	42.8	13.8	352.99
1983	19.0	24.3	25.6	14.9	2.3	0.2	0.4	0.8	6.0	3.6	1.9	38.3	137.35
1984	177.6	177.7	106.2	9.2	2.0	5.2	0.5	7.3	0.3	38.9	89.8	53.5	668.18
1985	40.5	168.2	82.0	37.3	9.7	5.6	0.9	1.6	11.7	2.9	58.2	77.3	496.03
1986	156.7	113.9	101.1	41.3	2.6	0.1	8.8	5.1	3.2	0.9	9.6	99.2	542.56
1987	162.9	41.9	19.5	1.8	0.6	1.3	16.2	0.3	0.8	8.1	17.8	7.3	278.49
1988	102.1	27.4	82.2	35.2	7.7	0.2	0.2	0.0	2.6	8.0	0.8	52.8	319.33
1989	102.1	83.1	89.6	24.1	1.6	1.9	2.2	0.8	2.9	2.5	8.4	12.5	331.77
1990	85.0	25.5	47.0	11.9	6.4	22.4	0.1	4.8	0.7	16.4	53.4	76.3	349.96
1991	73.0	66.3	108.1	14.3	1.3	15.4	0.3	0.1	2.6	6.6	12.2	25.3	325.56
1992	48.4	26.3	6.0	6.5	0.1	1.7	1.3	11.1	0.1	9.0	14.1	49.3	174.07
1993	164.8	29.8	81.2	17.5	1.0	2.2	0.1	17.8	2.4	22.5	28.0	68.3	435.50
1994	131.3	177.6	57.5	58.8	5.4	0.2	0.2	0.2	1.5	0.9	24.8	69.1	527.65
1995	75.0	49.0	100.0	11.2	1.3	0.1	0.3	0.2	2.2	2.0	21.7	52.9	315.89
1996	150.7	111.2	43.1	22.8	5.5	0.1	0.2	10.4	1.3	2.9	26.8	51.4	426.45
1997	131.7	172.1	53.6	20.1	3.5	0.1	0.2	21.1	35.1	6.0	33.4	48.0	525.09
1998	155.8	72.7	49.2	9.2	0.1	2.8	0.1	0.2	0.3	4.4	33.4	31.8	359.86
1999	67.4	187.8	192.2	39.2	2.1	0.1	0.2	2.4	3.6	30.7	1.1	45.2	572.07
2000	160.0	135.1	77.9	13.7	3.4	0.7	0.3	2.4	0.7	20.9	4.4	80.0	499.40
2001	185.5	185.6	130.1	33.3	2.9	0.5	0.5	4.2	1.8	14.1	16.7	40.2	615.41
2002	74.6	158.7	167.9	51.7	5.8	2.1	22.4	2.6	2.6	21.0	39.4	59.6	608.54
2003	71.2	84.9	95.9	16.5	6.3	0.2	0.3	4.9	2.0	3.8	3.8	55.5	345.23
2004	125.6	110.6	72.8	27.5	0.4	0.2	14.0	11.1	7.2	0.6	6.2	33.4	409.72
2005	89.5	136.2	61.9	19.2	0.2	0.1	0.1	0.1	19.0	3.9	15.2	74.4	419.73



2006	167.3	91.6	112.8	15.0	0.7	0.8	0.1	0.6	6.1	10.0	37.3	51.2	493.49
2007	109.5	71.7	136.7	23.5	3.2	0.2	0.4	0.1	3.8	6.2	19.2	43.8	418.27
2008	149.6	72.7	59.5	1.0	0.1	0.1	0.1	2.9	0.3	5.0	2.0	83.9	377.17
2009	50.7	116.3	60.6	26.2	0.8	0.1	7.7	0.1	10.2	4.9	45.0	40.4	362.95
2010	84.2	111.1	35.0	25.4	7.7	0.1	0.6	0.2	0.9	6.4	3.9	94.3	369.66
2011	120.3	187.0	54.9	42.8	4.2	0.0	1.6	0.1	9.6	1.8	23.9	108.5	554.60
2012	157.1	200.6	102.1	55.4	4.0	0.1	0.1	0.5	4.3	10.2	13.7	115.7	663.79
2013	124.8	115.5	69.9	0.8	14.6	8.5	6.3	7.8	0.1	20.2	14.7	74.0	457.11
2014	130.7	28.8	41.5	24.9	1.0	0.1	0.3	6.0	7.1	14.0	14.6	11.1	280.29
2015	112.1	116.6	145.6	61.9	0.5	0.3	5.0	5.4	5.9	10.8	21.1	16.6	501.79
2016	31.9	165.6	23.0	49.6	0.6	3.6	3.6	0.6	0.5	8.7	5.7	31.9	325.25
MEDIA	111.35	108.31	78.17	25.81	3.06	2.16	2.67	4.00	5.12	10.13	21.64	54.30	426.73
D. STN	44.39	58.84	41.61	16.51	3.24	4.61	5.15	5.13	6.85	9.24	19.07	27.46	242.11
MAX	185.49	211.29	192.21	61.91	14.55	22.44	22.44	21.10	35.10	38.95	89.85	115.68	1011.00
MIN	19.01	24.33	5.99	0.85	0.07	0.05	0.10	0.03	0.05	0.65	0.80	7.28	59.20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Precipitación media areal en la subcuenca de la Presa Paltiture (*mm*)

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P_T
1981	152.2	236.7	77.9	51.9	0.1	0.1	0.0	14.4	8.0	12.9	23.4	97.7	675.32
1982	155.7	53.1	128.8	38.4	0.2	0.1	0.2	1.6	21.8	50.0	75.3	15.1	540.23
1983	35.6	36.0	41.8	31.1	2.8	0.4	0.2	0.4	8.4	5.5	2.3	50.0	214.34
1984	197.2	214.4	123.4	14.3	3.1	3.7	0.9	5.9	0.3	71.6	131.5	91.1	857.52
1985	58.9	204.3	109.3	66.4	15.9	9.1	1.0	2.1	16.1	5.0	85.2	95.9	669.14
1986	160.8	169.7	159.2	66.9	3.8	0.1	10.0	5.6	4.8	1.4	13.4	114.6	710.48
1987	187.5	53.9	33.0	2.8	0.3	1.5	18.2	0.6	0.6	13.3	33.1	15.4	360.19
1988	162.7	42.1	119.1	59.7	10.5	0.2	0.1	0.0	3.4	15.9	0.2	72.8	486.71
1989	137.7	76.3	97.1	33.2	2.4	2.7	2.3	1.4	3.0	4.4	18.2	20.0	398.68
1990	133.0	35.7	56.4	24.9	8.5	32.2	0.0	7.5	0.2	33.4	87.1	63.5	482.40
1991	99.0	81.2	125.5	20.1	1.9	20.5	0.1	0.0	3.2	14.0	19.3	50.1	434.99
1992	69.6	58.6	10.4	8.6	0.0	1.9	0.7	17.6	0.0	16.9	21.4	61.5	267.29
1993	193.7	41.2	102.5	34.5	0.7	2.7	0.1	15.1	3.1	46.5	48.8	104.3	593.20
1994	181.1	211.5	101.3	99.4	8.1	0.2	0.0	0.1	1.5	1.2	46.8	96.8	748.03
1995	85.3	92.0	140.0	18.2	0.3	0.1	0.1	0.3	4.5	5.6	35.8	79.1	461.23
1996	204.6	149.1	65.9	38.7	7.7	0.1	0.1	14.8	1.5	5.4	34.8	90.8	613.36
1997	137.2	191.4	58.5	33.7	4.9	0.1	0.1	18.3	34.4	9.3	50.1	52.9	590.89
1998	175.9	91.3	79.1	13.5	0.0	1.2	0.0	0.6	0.5	10.3	53.9	38.4	464.74
1999	81.1	195.1	194.8	61.3	3.4	0.1	0.1	3.9	3.4	57.0	2.2	64.4	666.67
2000	174.3	154.1	68.9	16.2	5.6	1.2	0.1	3.0	0.5	43.4	8.1	108.7	583.99
2001	245.7	189.4	117.5	48.7	4.9	0.6	0.5	6.1	2.5	22.4	22.6	58.1	718.92
2002	76.8	181.8	178.2	74.0	8.9	1.4	17.0	1.6	3.7	44.6	48.7	94.9	731.61
2003	98.0	117.2	124.7	26.3	6.1	0.8	0.1	4.0	2.4	6.2	5.7	70.1	461.70
2004	143.4	121.4	84.1	47.8	0.4	0.1	11.7	9.3	8.6	1.9	12.7	47.9	489.32



2005	96.0	165.0	65.0	29.0	0.1	0.1	0.0	0.0	13.9	4.5	29.6	87.3	490.70
2006	191.9	103.4	137.6	27.4	0.2	0.3	0.0	0.9	9.3	14.0	58.6	71.8	615.44
2007	119.5	80.2	172.0	36.1	2.6	0.1	0.9	0.0	4.4	12.5	36.1	69.3	533.81
2008	187.7	79.7	58.5	0.6	0.1	0.1	0.0	1.6	0.5	12.3	5.9	121.7	468.50
2009	81.0	161.5	61.8	34.5	0.8	0.1	8.1	0.1	16.3	7.7	67.9	65.3	505.15
2010	141.6	170.4	50.1	39.3	8.3	0.4	0.7	0.1	0.9	11.1	11.0	129.6	563.51
2011	131.8	201.0	95.3	45.6	1.8	0.1	3.3	0.5	13.4	5.7	34.4	131.2	663.90
2012	190.3	226.7	141.6	82.5	6.6	0.1	0.0	0.4	5.8	22.9	22.2	141.1	840.27
2013	175.2	128.4	79.1	2.1	12.7	10.2	7.0	7.9	0.1	37.0	25.1	107.5	592.29
2014	159.1	45.3	68.0	38.9	2.0	0.1	0.3	8.2	14.9	26.7	24.3	22.2	410.01
2015	141.5	104.7	121.1	88.1	0.7	0.3	5.4	8.2	10.2	22.0	40.2	35.3	577.64
2016	46.5	185.2	36.7	66.6	0.9	5.0	3.6	0.8	0.7	18.4	11.5	46.0	421.86
MEDIA	139.14	129.14	96.78	39.49	3.81	2.72	2.59	4.53	6.30	19.25	34.65	74.51	552.89
D. STN	50.53	63.43	43.84	24.60	4.06	6.42	4.76	5.52	7.42	17.57	28.40	33.75	290.32
MAX	245.72	236.72	194.77	99.43	15.89	32.19	18.20	18.35	34.40	71.63	131.54	141.11	1239.95
MIN	35.64	35.69	10.36	0.57	0.00	0.06	0.03	0.01	0.02	1.23	0.19	15.07	98.87

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Precipitación media areal en la subcuenca de la Presa Yanapujio (*mm*)

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P_T
1981	149.0	241.6	74.0	51.8	0.1	0.1	0.0	14.0	8.7	12.7	22.7	98.4	673.04
1982	154.3	51.4	124.8	37.9	0.2	0.1	0.2	1.7	21.8	49.3	73.8	15.0	530.58
1983	34.9	35.7	41.4	29.9	2.8	0.3	0.2	0.4	8.1	5.7	2.2	50.2	211.93
1984	198.1	211.1	116.9	14.2	2.9	3.8	0.8	5.9	0.3	70.4	131.8	89.8	846.16
1985	58.2	203.8	105.6	64.9	15.7	8.8	1.0	2.0	16.3	4.9	83.1	93.4	657.70
1986	163.1	167.4	157.1	66.4	3.8	0.1	10.7	5.4	4.7	1.3	13.2	114.0	707.10
1987	187.3	54.3	32.1	2.6	0.3	1.6	18.3	0.5	0.6	12.6	32.0	14.6	356.76
1988	159.0	40.2	114.9	57.4	10.6	0.1	0.1	0.0	3.4	15.5	0.2	72.4	473.89
1989	136.7	74.9	93.6	32.5	2.4	2.7	2.4	1.3	3.2	4.3	17.4	19.8	391.08
1990	131.0	35.1	55.4	24.0	8.5	32.1	0.0	7.4	0.2	32.1	85.8	62.1	473.82
1991	96.7	80.9	124.9	19.7	1.8	20.4	0.1	0.0	3.2	13.5	18.6	47.9	427.78
1992	69.3	55.3	9.5	8.5	0.0	1.9	0.6	17.5	0.0	16.5	20.5	60.8	260.50
1993	194.3	40.6	100.9	33.4	0.7	2.9	0.1	15.1	3.0	44.6	47.8	101.2	584.76
1994	179.1	213.3	98.5	99.5	7.8	0.2	0.0	0.1	1.6	1.2	45.8	97.1	744.02
1995	85.5	89.1	136.4	17.8	0.2	0.1	0.1	0.3	4.0	5.2	34.8	79.5	453.10
1996	206.3	148.3	64.6	38.0	7.7	0.0	0.1	14.9	1.5	5.4	34.9	88.6	610.40
1997	137.3	192.5	55.6	33.6	5.0	0.1	0.1	18.1	35.0	9.5	49.6	53.1	589.43
1998	178.0	91.5	76.0	13.1	0.0	1.3	0.0	0.6	0.4	9.5	53.7	37.4	461.40
1999	79.4	196.2	193.7	60.5	3.2	0.1	0.1	3.9	3.1	55.7	2.1	64.0	662.04
2000	176.3	153.5	67.2	16.5	5.3	1.1	0.1	3.0	0.4	41.8	7.8	109.7	582.92
2001	244.2	190.1	117.3	47.6	4.8	0.5	0.5	6.1	2.5	22.2	22.9	59.4	718.08
2002	76.2	181.4	178.9	71.1	8.7	1.3	17.1	1.5	3.8	43.5	48.2	93.1	724.94
2003	96.4	116.6	123.0	26.2	5.9	0.7	0.1	4.0	2.1	6.3	5.4	69.2	455.83



2004	142.6	121.1	83.0	47.7	0.4	0.1	11.9	9.3	9.0	1.7	12.6	47.9	487.34
2005	97.9	164.7	64.4	28.6	0.1	0.1	0.0	0.0	14.2	4.5	28.8	86.5	489.81
2006	191.4	101.6	134.7	26.3	0.2	0.3	0.0	0.8	9.4	13.7	58.0	72.6	609.09
2007	121.2	78.5	169.3	35.4	2.3	0.1	0.8	0.0	4.1	12.1	35.2	70.4	529.49
2008	187.1	80.8	59.2	0.5	0.1	0.0	0.0	1.7	0.5	11.6	5.4	121.8	468.61
2009	80.2	161.6	60.6	34.6	0.8	0.1	8.3	0.1	16.8	7.6	67.1	65.9	503.57
2010	139.1	169.6	48.2	39.2	8.4	0.3	0.7	0.1	0.8	10.9	10.3	130.8	558.43
2011	133.3	202.1	93.4	47.4	1.8	0.1	3.0	0.4	14.3	5.1	34.1	129.6	664.42
2012	190.7	226.7	141.6	82.0	6.9	0.1	0.0	0.3	5.6	21.5	22.1	142.2	839.83
2013	174.4	127.5	78.1	2.0	12.9	10.1	7.0	7.9	0.1	37.1	24.7	106.9	588.70
2014	159.0	44.8	66.9	38.6	1.9	0.1	0.3	8.4	14.7	26.1	24.1	21.2	405.93
2015	140.7	103.8	120.5	87.9	0.6	0.3	5.4	8.4	10.2	21.4	40.0	34.6	573.83
2016	46.1	184.8	36.4	65.8	0.8	4.9	3.6	0.8	0.7	17.9	11.2	45.6	418.62
MEDIA	138.73	128.68	94.97	38.98	3.76	2.69	2.61	4.50	6.35	18.75	34.11	74.06	548.19
D. STN	50.74	64.06	43.55	24.41	4.06	6.39	4.83	5.49	7.56	17.20	28.23	33.81	290.35
MAX	244.21	241.65	193.72	99.50	15.74	32.06	18.35	18.13	35.00	70.38	131.83	142.15	1242.73
MIN	34.90	35.14	9.55	0.54	0.00	0.05	0.02	0.01	0.03	1.17	0.19	14.60	96.20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Precipitación media areal en el área aportante a las presas Paltiture y Yanapujio perteneciente a la Región de Puno (*mm*)

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P_T
1981	157.7	228.3	84.9	52.0	0.1	0.1	0.0	15.1	6.9	13.2	24.7	96.5	679.52
1982	157.8	56.2	135.6	39.3	0.2	0.1	0.2	1.5	21.9	51.2	77.9	15.3	557.23
1983	36.9	36.4	42.4	33.0	2.8	0.5	0.2	0.3	8.8	5.3	2.4	49.6	218.66
1984	195.6	220.2	135.0	14.5	3.4	3.4	1.1	5.9	0.3	73.8	131.1	93.7	877.89
1985	60.4	205.2	115.8	69.2	16.1	9.5	0.9	2.1	15.7	5.2	89.0	100.5	689.48
1986	156.9	173.9	163.0	68.0	3.8	0.1	8.7	6.0	5.1	1.7	13.9	116.0	716.99
1987	187.7	53.3	34.5	3.3	0.4	1.5	17.9	0.7	0.7	14.7	35.1	16.7	366.38
1988	169.1	45.3	126.7	63.8	10.4	0.2	0.1	0.0	3.4	16.7	0.2	73.6	509.37
1989	139.4	78.7	103.1	34.4	2.6	2.8	2.2	1.6	2.6	4.6	19.5	20.6	412.08
1990	136.4	36.7	58.0	26.3	8.5	32.4	0.1	7.7	0.2	35.7	89.4	65.8	497.26
1991	103.0	81.8	126.6	20.8	2.0	20.7	0.2	0.0	3.3	14.9	20.6	53.8	447.76
1992	70.0	64.5	11.8	8.9	0.0	2.0	0.8	17.8	0.0	17.8	23.0	62.8	279.38
1993	192.4	42.1	105.4	36.5	0.8	2.3	0.1	15.1	3.3	49.8	50.7	109.8	608.14
1994	184.1	208.2	106.4	99.3	8.7	0.2	0.0	0.1	1.4	1.3	48.8	96.3	754.77
1995	85.1	97.1	146.1	18.9	0.3	0.1	0.1	0.4	5.2	6.2	37.4	78.5	475.34
1996	201.4	150.4	68.1	39.8	7.8	0.1	0.1	14.6	1.5	5.3	34.6	94.8	618.40
1997	137.0	189.7	63.6	33.9	4.8	0.1	0.1	18.7	33.4	9.0	51.1	52.7	594.14
1998	172.2	91.0	84.6	14.4	0.0	1.2	0.1	0.7	0.5	11.5	54.4	40.2	470.83
1999	84.0	193.1	196.6	62.7	3.7	0.1	0.1	3.9	3.9	59.3	2.5	65.1	675.09
2000	170.5	155.4	72.1	15.6	6.1	1.4	0.1	2.9	0.5	46.3	8.5	107.0	586.36
2001	248.3	188.3	117.8	50.5	5.2	0.7	0.5	6.3	2.5	22.7	22.0	55.9	720.73



2002	77.8	182.5	176.9	79.1	9.4	1.6	16.7	1.7	3.3	46.5	49.8	98.0	743.31
2003	101.0	118.4	128.0	26.5	6.6	0.9	0.1	4.0	2.7	6.2	6.3	71.7	472.50
2004	144.7	121.9	86.0	48.1	0.4	0.1	11.5	9.4	7.9	2.2	12.9	48.0	493.12
2005	93.0	165.8	66.2	29.5	0.1	0.1	0.0	0.1	13.3	4.6	31.3	88.8	492.82
2006	192.9	106.5	142.7	29.3	0.3	0.3	0.0	1.0	9.2	14.6	59.6	70.5	626.86
2007	116.6	83.1	177.1	37.4	3.1	0.2	1.0	0.0	5.0	13.2	37.8	67.5	541.98
2008	188.7	77.8	57.3	0.6	0.1	0.1	0.0	1.4	0.6	13.6	6.9	121.6	468.76
2009	82.4	161.4	64.2	34.3	0.7	0.1	7.8	0.1	15.3	8.0	69.6	64.6	508.40
2010	145.9	172.0	53.4	39.5	8.1	0.4	0.6	0.2	1.0	11.5	12.1	127.8	572.44
2011	129.0	199.1	98.8	42.5	1.8	0.1	3.9	0.5	11.9	6.7	34.9	134.3	663.43
2012	189.3	226.9	142.0	83.4	6.0	0.2	0.0	0.4	6.1	25.2	22.6	139.5	841.51
2013	176.5	130.1	81.1	2.3	12.3	10.4	6.9	7.9	0.1	36.9	25.8	108.5	598.83
2014	159.3	46.2	69.9	39.6	2.1	0.1	0.4	7.8	15.4	27.9	24.7	23.9	417.42
2015	142.7	106.1	122.0	88.5	0.8	0.4	5.4	7.8	10.3	23.1	40.6	36.8	584.41
2016	47.3	186.0	37.3	68.0	1.0	5.1	3.5	0.7	0.7	19.1	12.0	46.7	427.71
MEDIA	139.81	129.99	100.03	40.38	3.89	2.76	2.54	4.57	6.21	20.16	35.65	75.38	561.37
D. STN	50.21	62.42	44.48	24.99	4.07	6.48	4.63	5.56	7.20	18.25	28.75	33.77	290.83
MAX	248.30	228.32	196.65	99.27	16.12	32.38	17.89	18.71	33.37	73.81	131.13	139.47	1235.43
MIN	36.94	36.45	11.83	0.64	0.00	0.07	0.03	0.02	0.02	1.33	0.21	15.25	102.78

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Precipitación media areal en el área de la Región Puno Zona 1 (*mm*)

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P_T
1981	149.8	240.2	77.8	52.7	0.2	0.1	0.1	15.9	9.6	14.1	24.7	100.9	686.03
1982	154.6	54.3	123.2	39.0	0.4	0.2	0.2	2.0	24.4	52.0	76.8	16.4	543.56
1983	36.4	36.6	41.1	30.1	3.4	0.5	0.3	0.6	9.3	6.6	3.1	53.4	221.51
1984	203.3	217.5	120.4	15.2	3.5	4.5	1.1	7.6	0.4	71.1	131.6	94.4	870.67
1985	61.2	208.0	106.5	66.7	16.8	9.8	1.0	2.6	19.4	6.5	87.5	100.6	686.56
1986	163.8	173.2	158.2	69.2	3.7	0.1	10.4	6.1	6.5	2.2	15.3	117.7	726.52
1987	190.2	55.1	33.5	4.0	0.4	1.8	18.6	0.7	1.4	14.8	36.4	16.4	373.37
1988	158.8	43.3	120.2	59.5	11.2	0.2	0.1	0.0	4.5	18.0	1.6	75.9	493.36
1989	139.7	79.3	97.0	35.4	2.4	2.8	2.5	2.1	4.1	4.8	18.8	23.0	411.97
1990	131.2	35.3	57.1	23.0	9.0	33.4	0.0	8.3	1.0	37.5	89.9	68.1	493.94
1991	98.3	85.2	127.0	20.8	2.0	21.9	0.2	0.1	4.5	14.6	19.9	49.1	443.59
1992	73.2	58.4	12.3	10.9	0.0	2.0	1.7	19.0	0.1	17.9	22.8	63.3	281.75
1993	194.1	41.5	102.5	35.0	1.4	2.8	0.1	17.0	4.3	48.7	51.9	107.0	606.36
1994	176.8	211.3	101.2	99.9	8.3	0.3	0.1	0.1	1.9	1.9	48.4	101.0	751.15
1995	89.8	96.9	137.7	17.1	0.3	0.1	0.1	0.3	4.6	5.1	36.8	87.7	476.54
1996	211.1	146.8	67.1	39.2	8.1	0.1	0.1	17.2	2.2	5.5	40.2	89.7	627.31
1997	141.6	197.1	60.3	33.4	4.7	0.1	0.1	18.9	39.4	10.8	55.8	53.3	615.36
1998	170.0	91.9	76.6	14.6	0.0	1.9	0.0	0.5	0.4	11.0	53.5	36.5	457.04
1999	84.0	194.2	197.3	62.2	4.2	0.1	0.1	4.4	3.6	58.9	2.1	65.1	676.01
2000	183.2	160.5	72.7	16.4	5.3	1.1	0.1	3.7	1.0	43.7	7.8	111.9	607.48



2001	245.6	193.6	120.1	49.9	5.4	0.5	0.8	6.2	3.5	23.0	24.9	60.3	733.71
2002	75.7	185.3	177.4	71.3	9.9	1.7	17.9	2.7	4.5	44.0	50.1	91.2	731.71
2003	103.0	117.3	123.3	26.3	6.6	0.7	0.1	4.2	3.7	6.5	6.9	74.4	473.09
2004	148.7	123.8	81.9	45.6	0.5	0.2	12.1	12.5	9.0	1.6	12.9	49.3	498.11
2005	99.2	167.9	65.6	29.8	0.1	0.1	0.0	0.1	14.7	7.5	30.1	90.2	505.29
2006	196.9	101.2	130.3	27.0	0.6	0.5	0.0	1.5	11.1	14.4	58.3	72.9	614.81
2007	119.8	79.6	169.0	36.4	2.5	0.1	0.8	0.0	7.7	15.5	38.2	72.7	542.33
2008	188.2	83.1	60.5	0.6	0.1	0.1	0.0	1.9	0.6	13.6	6.1	124.0	478.81
2009	80.1	162.8	65.1	37.4	0.7	0.1	8.1	0.1	16.4	8.4	69.1	69.0	517.30
2010	140.2	171.0	47.9	39.4	9.5	0.3	0.6	0.4	1.0	12.9	9.8	132.0	564.98
2011	134.5	207.3	96.1	47.5	2.0	0.1	3.2	0.4	14.2	6.9	35.4	136.1	683.59
2012	189.5	233.2	143.2	83.3	6.3	0.1	0.1	1.1	11.2	20.9	25.4	147.8	862.16
2013	175.8	131.2	79.4	1.9	12.5	11.3	7.7	8.7	0.1	35.6	28.2	114.3	606.70
2014	160.4	49.3	65.5	38.0	1.8	0.1	0.5	9.8	14.1	29.2	24.5	20.7	413.95
2015	141.8	103.3	122.5	92.1	0.9	0.3	5.5	8.5	10.7	23.2	41.1	35.7	585.53
2016	50.0	185.1	35.1	68.1	0.8	4.8	4.0	1.2	0.8	19.6	12.5	46.9	429.02
MEDIA	140.57	131.16	96.46	39.97	4.04	2.91	2.74	5.18	7.38	20.24	36.08	76.92	563.64
D. STN	50.41	64.30	43.31	24.82	4.23	6.74	4.92	6.03	8.18	17.59	28.68	34.93	294.15
MAX	245.56	240.16	197.27	99.92	16.84	33.37	18.65	18.99	39.39	71.12	131.65	147.79	1260.70
MIN	36.44	35.32	12.33	0.55	0.01	0.05	0.03	0.03	0.05	1.62	1.64	16.36	104.45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Precipitación media areal en el área de la Región Puno Zona 2 (mm)

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P_T
1981	118.4	161.7	59.4	40.4	1.3	0.1	0.2	7.7	12.8	9.8	16.8	72.0	500.49
1982	143.7	44.4	32.0	35.4	1.0	0.6	0.4	1.9	16.8	31.2	32.4	29.0	368.72
1983	13.7	31.1	11.1	12.3	2.0	0.5	0.7	3.1	6.1	1.7	4.5	70.7	157.52
1984	214.7	206.3	130.4	10.2	5.7	4.1	0.3	2.3	0.4	45.6	77.6	45.0	742.59
1985	67.6	196.2	68.2	52.1	8.5	5.3	0.2	5.1	15.1	2.9	101.3	123.5	645.91
1986	119.9	148.3	116.6	45.3	2.9	0.2	1.6	7.1	3.8	4.1	22.1	135.0	606.99
1987	187.6	42.2	22.9	8.5	2.2	2.2	15.8	1.2	3.7	18.1	34.1	12.7	351.35
1988	157.0	31.8	74.8	45.5	4.2	0.1	0.7	0.2	4.1	6.8	4.0	68.1	397.13
1989	111.2	85.8	88.5	35.2	1.8	0.9	2.8	2.8	3.8	3.4	8.3	20.4	364.90
1990	70.1	31.7	32.0	15.5	8.8	15.4	0.2	6.6	2.3	15.6	36.3	105.1	339.82
1991	84.5	53.2	65.5	18.2	3.3	10.0	1.0	0.8	2.4	7.0	16.4	28.7	291.22
1992	79.6	50.6	11.1	12.3	0.4	1.1	1.5	11.3	0.8	8.3	27.5	65.3	269.80
1993	158.1	23.9	72.1	13.5	2.9	1.0	0.2	22.7	4.5	18.1	30.5	74.6	422.21
1994	92.4	112.7	54.3	25.3	2.6	0.4	0.4	1.2	2.8	2.5	20.5	73.1	388.37
1995	65.7	50.4	74.1	11.2	0.9	0.1	0.4	0.4	3.0	2.3	21.9	45.0	275.48
1996	146.9	76.0	25.2	17.5	8.3	0.1	0.3	9.6	0.6	1.4	29.7	70.4	386.01
1997	160.2	150.8	54.1	11.4	4.9	0.1	0.2	27.4	29.0	5.2	50.8	67.0	561.02
1998	108.0	40.7	60.4	10.7	0.3	12.7	0.1	0.6	0.8	9.1	33.2	21.3	297.96
1999	115.6	145.3	171.1	53.8	2.8	0.2	0.3	0.4	7.7	29.4	0.4	42.8	569.78



2000	147.3	114.2	60.8	17.0	5.2	1.2	0.3	1.7	1.0	22.9	4.9	74.6	451.06
2001	235.9	158.6	100.6	32.2	4.3	0.8	0.5	4.6	1.2	13.7	14.4	23.5	590.43
2002	59.5	159.1	110.6	67.8	11.9	4.9	11.8	2.3	1.7	33.0	35.3	68.5	566.32
2003	93.3	79.5	78.7	6.4	9.5	0.2	1.6	5.8	5.2	4.9	10.6	64.9	360.69
2004	131.8	102.3	65.4	13.1	1.5	0.8	19.6	40.5	7.8	0.5	0.7	39.6	423.40
2005	93.4	150.6	39.4	29.5	0.5	0.2	0.1	0.3	14.5	6.3	19.8	121.8	476.39
2006	223.3	103.0	102.0	21.2	5.8	0.6	0.2	0.7	4.1	26.4	48.8	79.3	615.15
2007	79.3	92.8	101.7	23.6	0.8	0.5	0.4	0.4	8.4	4.3	35.1	65.3	412.67
2008	163.9	51.4	52.4	1.7	0.4	0.3	0.2	4.6	0.2	6.0	3.5	105.5	390.25
2009	56.1	113.3	53.5	29.8	1.3	0.2	4.4	0.2	4.7	4.3	67.4	44.7	379.80
2010	101.1	62.5	35.0	34.9	15.8	0.2	0.1	0.3	1.0	7.9	5.8	78.9	343.52
2011	110.9	140.5	41.2	36.7	5.8	0.2	2.7	0.2	7.7	0.9	28.2	147.5	522.42
2012	153.5	154.4	71.0	60.9	0.7	0.2	0.5	2.6	1.4	7.8	16.5	143.5	613.04
2013	137.0	97.3	45.8	1.0	16.7	9.7	3.5	6.4	0.2	15.9	16.4	103.3	453.32
2014	132.2	38.0	31.2	21.3	2.0	0.2	0.5	9.0	2.7	15.6	13.0	21.2	286.98
2015	110.7	103.9	92.8	72.1	1.8	0.2	3.1	5.5	6.6	10.9	11.5	20.1	439.07
2016	33.6	151.1	22.0	56.6	0.5	5.1	3.9	0.3	1.3	7.5	5.7	49.5	337.08
MEDIA	118.83	98.77	64.66	27.78	4.15	2.25	2.24	5.49	5.29	11.43	25.16	67.26	433.30
D. STN	50.68	51.90	35.24	19.01	4.21	3.86	4.39	8.43	5.96	10.65	22.15	36.78	253.26
MAX	235.95	206.29	171.08	72.15	16.72	15.43	19.57	40.47	28.95	45.60	101.30	147.51	1101.02
MIN	13.74	23.91	11.07	0.98	0.32	0.14	0.14	0.17	0.24	0.47	0.37	12.70	64.26

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Precipitación media areal en el área de la Región Arequipa (*mm*)

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P_T
1981	2.7	5.2	4.6	1.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9	0.0	0.0	0.6	15.38
1982	1.9	3.4	1.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.4	1.4	0.6	10.15
1983	7.8	0.9	3.3	0.0	1.0	1.3	0.4	0.7	1.2	0.0	0.0	0.6	17.15
1984	8.4	12.0	5.9	0.0	0.0	0.5	0.0	0.6	0.1	0.0	0.8	0.6	28.88
1985	1.5	8.1	5.0	1.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	21.03
1986	7.8	22.2	2.7	0.0	0.3	0.0	0.0	0.6	0.2	0.0	0.8	5.3	39.93
1987	9.4	1.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	12.04
1988	6.2	0.5	3.9	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.5	0.0	0.0	1.0	12.30
1989	1.6	32.6	8.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.1	43.73
1990	1.0	0.6	5.5	0.1	0.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	3.6	11.78
1991	2.8	0.8	5.0	0.3	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	10.20
1992	0.2	0.3	0.2	0.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	1.9	5.85
1993	12.1	1.8	1.9	0.2	0.1	0.0	0.0	0.8	0.3	0.7	0.0	0.4	18.34
1994	17.5	13.6	2.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	34.22
1995	5.4	0.1	21.6	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.1	27.93
1996	5.7	8.5	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.1	15.46
1997	10.7	14.1	11.3	0.1	0.0	0.0	0.2	2.3	2.5	0.5	0.0	3.5	45.28
1998	13.5	3.1	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	2.2	19.70



1999	2.6	21.2	14.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	1.5	40.51
2000	23.4	10.5	14.4	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.6	49.40
2001	4.9	34.0	17.8	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	0.1	58.17
2002	3.6	15.6	10.6	0.5	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	32.86
2003	2.8	1.3	2.7	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	7.22
2004	8.0	7.9	0.6	0.0	0.1	0.0	0.9	0.0	0.1	0.0	0.0	0.8	18.35
2005	3.2	3.7	3.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	2.5	12.58
2006	4.9	10.2	10.5	0.1	0.0	0.4	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	26.72
2007	5.7	8.0	0.7	0.4	0.2	0.0	0.0	1.1	0.5	0.0	0.0	0.4	17.02
2008	28.9	8.6	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	0.0	0.0	0.8	40.34
2009	2.0	11.9	4.0	0.6	0.2	0.0	0.5	0.0	0.6	0.4	0.9	0.5	21.65
2010	1.4	5.4	1.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	9.17
2011	9.3	17.8	0.7	1.4	0.2	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.6	4.1	35.06
2012	15.9	36.5	10.9	5.9	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	0.4	0.0	1.6	71.72
2013	8.8	12.4	9.4	0.1	0.5	0.2	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	1.3	32.96
2014	8.3	0.2	1.2	0.2	0.1	0.5	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	0.1	11.18
2015	4.3	19.8	19.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.9	0.2	0.1	0.1	0.1	45.11
2016	0.2	13.2	0.7	0.9	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	15.46
MEDIA	7.07	10.21	5.75	0.46	0.18	0.15	0.14	0.26	0.29	0.12	0.15	1.19	25.97
D. STN	6.40	9.78	5.92	1.00	0.42	0.30	0.29	0.46	0.47	0.18	0.32	1.45	27.00
MAX	28.90	36.48	21.63	5.94	2.41	1.32	1.45	2.29	2.49	0.72	1.44	5.31	110.38
MIN	0.15	0.12	0.20	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.58

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Precipitación media areal en el área de la Región Moquegua (mm)

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P_T
1981	71.6	145.9	38.7	21.9	0.1	0.1	0.1	4.5	4.6	2.6	6.2	35.5	331.86
1982	62.1	37.3	31.1	15.5	0.3	0.2	0.3	0.7	8.5	12.3	19.6	8.4	196.32
1983	9.0	13.2	14.0	6.1	1.2	0.2	0.4	0.5	3.3	1.6	0.8	19.9	70.20
1984	133.9	137.2	75.7	4.3	0.9	4.6	0.2	5.6	0.2	16.5	46.9	25.8	451.88
1985	21.6	108.1	56.7	16.6	4.4	2.8	0.6	0.7	5.2	1.0	27.9	47.7	293.31
1986	128.9	66.6	51.5	18.6	1.4	0.1	5.0	3.6	1.3	0.2	4.2	65.8	347.14
1987	114.5	27.3	9.4	0.5	0.4	0.8	9.5	0.1	0.3	3.8	6.1	2.4	175.16
1988	54.1	16.9	50.7	18.5	4.3	0.3	0.2	0.0	1.2	2.7	0.2	29.1	178.06
1989	62.6	100.9	69.3	13.5	1.0	1.3	1.2	0.2	1.5	1.0	3.0	5.1	260.49
1990	48.6	15.7	33.6	4.9	3.3	13.9	0.1	2.0	0.4	5.6	26.3	64.6	219.04
1991	48.2	43.6	76.1	8.2	0.6	10.1	0.2	0.0	1.1	2.3	6.2	11.2	207.78
1992	23.9	8.5	2.2	2.7	0.2	1.3	0.7	4.8	0.1	4.0	6.6	30.4	85.42
1993	120.9	20.6	53.7	7.4	0.5	1.2	0.1	13.9	1.0	8.9	11.8	37.2	277.07
1994	106.6	150.0	28.8	28.8	3.2	0.2	0.2	0.1	0.8	0.3	9.9	36.5	365.34
1995	55.5	19.8	74.0	6.0	1.6	0.1	0.2	0.1	1.1	0.6	10.3	25.0	194.34
1996	86.6	76.7	22.9	11.3	2.8	0.1	0.1	4.8	0.6	1.2	13.5	23.5	243.90
1997	104.7	133.9	45.8	9.8	1.7	0.1	0.2	17.0	27.0	2.5	14.6	34.0	391.36



1998	120.9	54.1	26.4	4.8	0.1	1.9	0.1	0.1	0.1	1.2	15.9	26.4	252.02
1999	45.4	161.1	143.4	19.5	0.9	0.1	0.1	1.0	2.6	13.5	0.4	25.6	413.62
2000	125.0	102.7	67.5	7.8	1.8	0.6	0.2	1.1	0.4	8.1	1.9	44.1	361.09
2001	114.1	183.5	108.5	18.9	1.2	0.5	0.3	2.1	0.8	7.3	7.7	19.7	464.40
2002	53.6	111.9	122.6	29.2	2.5	2.5	20.3	1.5	1.1	7.0	23.0	32.8	407.98
2003	41.4	51.8	58.5	8.5	4.2	0.1	0.2	3.6	0.7	1.7	1.4	31.9	204.00
2004	91.3	82.6	47.9	13.7	0.3	0.1	10.4	5.3	3.6	0.2	2.4	17.0	274.85
2005	71.8	91.4	45.3	9.5	0.1	0.1	0.1	0.0	13.2	1.5	5.7	44.4	283.23
2006	114.9	73.7	84.6	6.6	0.3	0.6	0.1	0.3	2.7	4.7	17.1	24.2	329.84
2007	78.0	54.0	89.6	12.3	2.1	0.2	0.2	0.1	1.4	1.9	7.2	20.0	266.87
2008	124.1	59.7	40.1	0.6	0.1	0.1	0.1	2.3	0.1	1.3	0.4	43.6	272.59
2009	30.6	78.8	44.6	13.8	0.6	0.1	5.0	0.0	4.8	2.2	21.3	17.7	219.47
2010	42.2	67.0	20.6	12.3	4.1	0.1	0.3	0.1	0.5	2.6	1.1	52.0	203.01
2011	91.4	154.2	25.5	28.5	3.8	0.1	0.8	0.0	4.3	0.2	12.1	71.1	391.91
2012	116.6	177.7	66.6	37.5	1.9	0.1	0.1	0.2	1.3	4.5	5.3	75.3	487.01
2013	77.3	97.4	53.8	0.3	11.2	6.1	3.9	5.3	0.0	8.8	5.7	37.5	307.24
2014	92.3	13.7	22.6	12.8	0.4	0.1	0.2	2.6	3.0	5.5	6.8	4.4	164.43
2015	75.3	109.9	131.7	32.5	0.2	0.3	3.1	2.6	2.6	3.9	8.9	5.6	376.67
2016	15.6	134.2	11.5	29.3	0.4	2.4	2.3	0.3	0.2	2.9	2.0	16.9	217.87
MEDIA	77.09	82.82	54.04	13.69	1.78	1.49	1.86	2.41	2.82	4.06	10.01	30.89	282.97
D. STN	36.27	51.45	34.18	9.66	2.13	2.95	4.03	3.72	4.93	3.97	9.84	18.66	181.79
MAX	133.90	183.49	143.40	37.48	11.23	13.93	20.26	16.96	27.02	16.53	46.86	75.28	726.35
MIN	9.02	8.49	2.22	0.31	0.07	0.09	0.08	0.02	0.03	0.21	0.22	2.42	23.17

Fuente: Elaboración propia

Anexo 04. Evapotranspiración media mensual para una año promedio

Tabla 35. ETP media mensual en la cuenca del Río Tambo (mm)

N°	CONCEPTO	UND	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	T° media mensual (°C)	°C	14.21	14.13	13.98	13.07	11.42	10.44	10.18	11.02	12.16	13.08	13.66	14.15	151.50
2	T° media mensual (°F)	°F	57.58	57.43	57.17	55.53	52.56	50.79	50.33	51.83	53.88	55.55	56.59	57.47	656.71
4	Horas de sol diaria	n	6.42	6.6	7.35	8.78	9.16	9.38	9.33	9.75	9.12	9.21	8.24	7.14	100.48
5	Duración máx. diaria de insolación	N	12.99	12.66	12.23	11.77	11.34	11.11	11.21	11.57	12.00	12.53	12.89	13.09	145.39
6	Brillo solar (%)	S	49.42	52.13	60.10	74.60	80.78	84.43	83.23	84.27	76.00	73.50	63.92	54.54	836.93
7	Días del mes	D	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	365.00
8	Radiación extraterrestre mm/día	Ra	16.95	16.43	15.17	13.42	11.62	10.70	11.10	12.52	14.25	15.80	16.73	16.88	171.57
9	Radiación extraterrestre mm/mes	RMM	525.45	460.04	470.27	402.6	360.22	321	344.1	388.12	427.5	489.8	501.9	523.28	5214.28
10	Radiación solar equivalente mm/mes	RSM	277.04	249.12	273.42	260.79	242.81	221.22	235.45	267.22	279.51	314.94	300.96	289.85	3212.33
11	Evapotranspiración Potencial (ETP) mm/mes	ETP	119.64	107.3	117.23	108.62	95.72	84.26	88.88	103.87	112.95	131.21	127.74	124.94	1322.36
12	Evapotranspiración Potencial (ETP) mm/día	ETP	3.86	3.83	3.78	3.62	3.09	2.81	2.87	3.35	3.77	4.23	4.26	4.03	43.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. ETP media mensual en la Cabecera de Cuenca (mm)

N°	CONCEPTO	UND	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	T° media mensual (°C)	°C	9.93	9.83	9.69	8.85	7.03	5.98	5.84	6.89	8.24	9.36	9.86	10.16	101.65
2	T° media mensual (°F)	°F	49.87	49.69	49.45	47.93	44.65	42.76	42.51	44.40	46.82	48.85	49.75	50.28	566.98
4	Horas de sol diaria	n	6.42	6.6	7.35	8.78	9.16	9.38	9.33	9.75	9.12	9.21	8.24	7.14	100.48
5	Duración máx. diaria de insolación	N	12.98	12.65	12.23	11.77	11.35	11.12	11.22	11.57	12.00	12.53	12.88	13.08	145.38
6	Brillo solar (%)	S	49.46	52.16	60.12	74.57	80.73	84.35	83.15	84.24	76.00	73.52	63.98	54.59	836.88
7	Días del mes	D	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	365.00
8	Radiación extraterrestre mm/día	Ra	16.93	16.42	15.18	13.45	11.65	10.73	11.13	12.55	14.27	15.80	16.72	16.85	171.68
9	Radiación extraterrestre mm/mes	RMM	524.83	459.76	470.58	403.5	361.15	321.9	345.03	389.05	428.1	489.8	501.6	522.35	5217.65
10	Radiación solar equivalente mm/mes	RSM	276.83	249.04	273.64	261.34	243.36	221.73	235.97	267.82	279.91	314.99	300.91	289.45	3214.99

	ETP	103.55	92.82	101.48	93.95	81.49	71.11	75.24	89.19	98.3	115.41	112.29	109.16	1143.99
11	Evapotranspiración Potencial (ETP) mm/mes													
12	Evapotranspiración Potencial (ETP) mm/día	3.34	3.32	3.27	3.13	2.63	2.37	2.43	2.88	3.28	3.72	3.74	3.52	37.63

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. ETP media mensual areal en la subcuenca de la Presa Paliture (mm)

Nº	CONCEPTO	UND	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	T° media mensual (°C)	°C	9.42	9.45	9.28	8.32	6.31	4.94	4.61	5.71	7.19	8.63	9.21	9.70	92.77
2	T° media mensual (°F)	°F	48.96	49.01	48.71	46.98	43.35	40.90	40.30	42.28	44.94	47.53	48.57	49.46	550.99
4	Horas de sol diaria	N	6.42	6.6	7.35	8.78	9.16	9.38	9.33	9.75	9.12	9.21	8.24	7.14	100.48
5	Duración máx. diaria de insolación	N	12.96	12.64	12.22	11.78	11.36	11.14	11.24	11.58	12.00	12.52	12.86	13.06	145.36
6	Brillo solar (%)	S	49.56	52.23	60.16	74.52	80.61	84.16	82.97	84.19	76.00	73.57	64.10	54.69	836.76
7	Días del mes	D	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	365.00
8	Radiación extraterrestre mm/día	Ra	16.89	16.40	15.20	13.51	11.72	10.82	11.22	12.61	14.31	15.80	16.69	16.79	171.96
9	Radiación extraterrestre mm/mes	RMM	523.59	459.2	471.2	405.3	363.32	324.6	347.82	390.91	429.3	489.8	500.7	520.49	5226.23
10	Radiación solar equivalente mm/mes	RSM	276.44	248.9	274.1	262.41	244.65	223.34	237.62	269	280.69	315.09	300.65	288.69	3221.58
11	Evapotranspiración Potencial (ETP) mm/mes	ETP	101.51	91.49	100.14	92.46	79.54	68.5	71.83	85.3	94.6	112.31	109.53	107.09	1114.30
12	Evapotranspiración Potencial (ETP) mm/día	ETP	3.27	3.27	3.23	3.08	2.57	2.28	2.32	2.75	3.15	3.62	3.65	3.45	36.64

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. ETP media mensual en la subcuenca de la Presa Yanapujio (mm)

Nº	CONCEPTO	UND	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	T° media mensual (°C)	°C	9.75	9.78	9.62	8.66	6.64	5.30	4.99	6.07	7.54	8.98	9.56	10.03	96.91
2	T° media mensual (°F)	°F	49.54	49.60	49.31	47.58	43.95	41.54	40.98	42.93	45.57	48.17	49.21	50.06	558.44
4	Horas de sol diaria	n	6.42	6.6	7.35	8.78	9.16	9.38	9.33	9.75	9.12	9.21	8.24	7.14	100.48
5	Duración máx. diaria de insolación	N	12.96	12.64	12.22	11.78	11.36	11.14	11.24	11.58	12.00	12.52	12.86	13.06	145.36
6	Brillo solar (%)	S	49.55	52.23	60.15	74.53	80.62	84.17	82.98	84.19	76.00	73.57	64.09	54.69	836.76
7	Días del mes	D	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	365.00
8	Radiación extraterrestre mm/día	Ra	16.89	16.40	15.20	13.51	11.71	10.81	11.21	12.61	14.31	15.80	16.69	16.79	171.93

	RMM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
9 Radiación extraterrestre mm/mes	RMM	523.59	459.2	471.2	405.3	363.01	324.3	347.51	390.91	429.3	489.8	500.7	520.49	5225.31
10 Radiación solar equivalente mm/mes	RSM	276.43	248.89	274.09	262.42	244.45	223.15	237.42	269.01	280.69	315.09	300.64	288.68	3220.96
11 Evapotranspiración Potencial (ETP) mm/mes	ETP	102.71	92.58	101.36	93.65	80.58	69.53	72.96	86.61	95.94	113.84	110.95	108.39	1129.10
12 Evapotranspiración Potencial (ETP) mm/día	ETP	3.31	3.31	3.27	3.12	2.6	2.32	2.35	2.79	3.2	3.67	3.7	3.5	37.14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. ETP media mensual en el área aportante a las presas Paltiture y Yanapujio perteneciente a la Región de Puno (mm)

N°	CONCEPTO	UND	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	T° media mensual (°C)	°C	8.87	8.89	8.72	7.75	5.73	4.33	3.97	5.09	6.58	8.01	8.61	9.13	85.68
2	T° media mensual (°F)	°F	47.97	48.01	47.69	45.95	42.31	39.79	39.15	41.17	43.85	46.42	47.49	48.43	538.23
4	Horas de sol diaria	N	6.42	6.6	7.35	8.78	9.16	9.38	9.33	9.75	9.12	9.21	8.24	7.14	100.48
5	Duración máx. diaria de insolación	N	12.95	12.64	12.22	11.78	11.36	11.15	11.25	11.58	12.00	12.52	12.85	13.05	145.35
6	Brillo solar (%)	S	49.56	52.23	60.16	74.52	80.61	84.16	82.96	84.18	76.00	73.57	64.10	54.70	836.75
7	Días del mes	D	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	365.00
8	Radiación extraterrestre mm/día	Ra	16.89	16.40	15.20	13.51	11.72	10.82	11.22	12.61	14.31	15.80	16.69	16.79	171.96
9	Radiación extraterrestre mm/mes	RMM	523.59	459.2	471.2	405.3	363.32	324.6	347.82	390.91	429.3	489.8	500.7	520.49	5226.23
10	Radiación solar equivalente mm/mes	RSM	276.45	248.9	274.1	262.41	244.64	223.33	237.61	269	280.69	315.1	300.66	288.7	3221.59
11	Evapotranspiración Potencial (ETP) mm/mes	ETP	99.46	89.62	98.05	90.43	77.63	66.64	69.77	83.06	92.31	109.71	107.09	104.87	1088.64
12	Evapotranspiración Potencial (ETP) mm/día	ETP	3.21	3.2	3.16	3.01	2.5	2.22	2.25	2.68	3.08	3.54	3.57	3.38	35.80

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. ETP media mensual en el área de la Región Puno Zona 1 (mm)

N°	CONCEPTO	UND	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	T° media mensual (°C)	°C	9.75	9.77	9.58	8.59	6.53	5.17	4.86	5.98	7.48	8.96	9.57	10.03	96.28
2	T° media mensual (°F)	°F	49.55	49.59	49.25	47.47	43.76	41.30	40.76	42.76	45.46	48.13	49.23	50.06	557.31
4	Horas de sol diaria	n	6.42	6.6	7.35	8.78	9.16	9.38	9.33	9.75	9.12	9.21	8.24	7.14	100.48
5	Duración máx. diaria de insolación	N	12.96	12.64	12.22	11.78	11.36	11.14	11.24	11.58	12.00	12.52	12.86	13.06	145.36
6	Brillo solar (%)	S	49.55	52.22	60.15	74.53	80.62	84.18	82.98	84.19	76.00	73.57	64.09	54.69	836.76

		N	13.01	12.67	12.24	11.76	11.33	11.09	11.19	11.56	12.00	12.54	12.91	13.11	145.41
5	Duración máx. diaria de insolación														
6	Brillo solar (%)	S	49.34	52.07	60.06	74.64	80.88	84.59	83.39	84.32	76.00	73.46	63.82	54.46	837.04
7	Días del mes	D	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	365.00
8	Radiación extraterrestre mm/día	Ra	16.99	16.44	15.16	13.37	11.57	10.63	11.03	12.47	14.21	15.80	16.74	16.93	171.34
9	Radiación extraterrestre mm/mes	RMM	526.69	460.32	469.96	401.1	358.67	318.9	341.93	386.57	426.3	489.8	502.2	524.83	5207.27
10	Radiación solar equivalente mm/mes	RSM	277.47	249.13	273.17	259.9	241.92	219.98	234.18	266.23	278.73	314.86	300.9	290.47	3206.94
11	Evapotranspiración Potencial (ETP) mm/mes	ETP	146.3	132.24	142.8	130.86	116.26	101.99	106.67	122.11	130.02	151.77	149.56	149.21	1579.79
12	Evapotranspiración Potencial (ETP) mm/día	ETP	4.72	4.72	4.61	4.36	3.75	3.4	3.44	3.94	4.33	4.9	4.99	4.81	51.97

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43. ETP media mensual en el área de la Región Moquegua (mm)

Nº	CONCEPTO	UND	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	T° media mensual (°C)	°C	13.28	13.10	13.08	12.32	10.78	9.93	9.78	10.71	11.91	12.69	13.12	13.41	144.10
2	T° media mensual (°F)	°F	55.90	55.57	55.54	54.18	51.40	49.88	49.60	51.27	53.45	54.84	55.62	56.14	643.38
4	Horas de sol diaria	h	6.42	6.6	7.35	8.78	9.16	9.38	9.33	9.75	9.12	9.21	8.24	7.14	100.48
5	Duración máx. diaria de insolación	N	12.99	12.66	12.23	11.77	11.34	11.11	11.21	11.57	12.00	12.53	12.89	13.09	145.39
6	Brillo solar (%)	S	49.41	52.12	60.09	74.60	80.79	84.45	83.25	84.28	76.00	73.50	63.91	54.53	836.94
7	Días del mes	D	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	365.00
8	Radiación extraterrestre mm/día	Ra	16.96	16.43	15.17	13.42	11.62	10.69	11.09	12.52	14.24	15.80	16.73	16.88	171.55
9	Radiación extraterrestre mm/mes	RMM	525.76	460.04	470.27	402.6	360.22	320.7	343.79	388.12	427.2	489.8	501.9	523.28	5213.68
10	Radiación solar equivalente mm/mes	RSM	277.18	249.1	273.41	260.8	242.83	221.04	235.26	267.23	279.32	314.93	300.93	289.82	3211.85
11	Evapotranspiración Potencial (ETP) mm/mes	ETP	116.2	103.82	113.88	105.98	93.61	82.69	87.52	102.76	111.96	129.53	125.53	122.03	1295.51
12	Evapotranspiración Potencial (ETP) mm/día	ETP	3.75	3.71	3.67	3.53	3.02	2.76	2.82	3.31	3.73	4.18	4.18	3.94	42.60

Fuente: Elaboración propia

Anexo 05. Temperatura media areal

Tabla 44. Temperatura media areal para un año promedio

UH/TERRITORIO	MESES												T_M_A
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Cuenca del Río Tambo	14.21	14.13	13.98	13.07	11.42	10.44	10.18	11.02	12.16	13.08	13.66	14.15	12.63
Subcuenca de la Presa Paltiture	9.42	9.45	9.28	8.32	6.31	4.94	4.61	5.71	7.19	8.63	9.21	9.70	7.73
Subcuenca de la Presa Yanapujio	9.75	9.78	9.62	8.66	6.64	5.30	4.99	6.07	7.54	8.98	9.56	10.03	8.08
Cabecera de cuenca	9.93	9.83	9.69	8.85	7.03	5.98	5.84	6.89	8.24	9.36	9.86	10.16	8.47
Territorio de Puno en las subcuencas de las presas	8.87	8.89	8.72	7.75	5.73	4.33	3.97	5.09	6.58	8.01	8.61	9.13	7.14
Territorio de Puno Z1	9.75	9.77	9.58	8.59	6.53	5.17	4.86	5.98	7.48	8.96	9.57	10.03	8.02
Territorio de Puno Z2	8.34	8.01	7.74	6.32	3.48	1.74	1.39	2.62	4.39	5.89	6.70	7.94	5.38
Territorio de Arequipa	3.85	5.24	2.71	1.18	0.56	0.37	0.26	0.20	0.17	0.16	0.26	0.76	1.31
Territorio de Moquegua	81.96	133.91	85.97	34.28	17.22	11.59	8.22	6.48	5.58	4.74	5.67	13.49	34.09

Fuente: Elaboración propia

Anexo 06. Caudales observados

Tabla 45. Caudales observados de la estación Puente Santa Posa (m^3/s)

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Q_T_A
1981	42.6	214.6	56.3	125.6	10.4	9.4	10.4	10.1	9.3	5.5	6.3	10.5	511.00
1982	97.0	31.7	39.8	30.2	14.2	10.0	0.0	10.3	15.4	18.7	13.8	5.3	286.40
1983	9.1	11.3	14.5	12.0	8.7	8.1	3.8	0.0	5.9	4.1	3.7	5.9	87.10
1984	123.4	276.3	113.8	0.0	17.6	34.1	7.1	16.0	0.0	11.8	33.4	18.6	652.10
1985	32.0	169.5	143.5	64.3	27.8	17.4	0.0	4.9	10.9	4.1	21.6	14.4	510.40
1986	121.7	144.7	102.3	40.0	25.0	10.9	16.8	17.4	1.1	2.1	0.6	23.9	506.50
1987	124.6	81.2	22.9	17.0	14.1	9.8	19.8	6.3	3.3	7.4	4.7	2.3	313.40
1988	106.3	64.5	43.0	116.3	43.6	3.7	7.1	0.0	0.0	4.7	5.8	7.9	402.90
1989	32.9	118.0	104.8	94.2	26.9	18.1	1.5	0.5	8.2	4.5	4.6	3.7	417.90
1990	16.6	11.0	17.4	9.9	16.2	89.8	1.1	7.7	7.0	5.8	17.8	36.5	236.80
1991	47.6	47.2	94.7	23.9	19.7	68.3	0.0	7.1	3.1	0.0	4.5	5.2	321.30



1992	14.3	8.0	6.7	4.5	4.7	18.4	5.6	6.0	0.0	8.1	3.6	9.5	89.40
1993	57.7	38.1	49.0	16.5	8.8	8.4	5.7	66.7	0.0	14.6	6.1	7.0	278.60
1994	107.4	156.0	29.2	75.3	37.2	9.8	2.4	0.0	0.0	1.3	5.2	7.3	431.10
1995	18.1	15.8	90.8	17.2	41.7	9.1	4.7	11.5	6.3	3.5	8.1	4.6	231.40
1996	54.8	139.6	29.7	23.8	15.5	8.6	0.0	6.9	4.7	3.7	14.4	9.9	311.60
1997	92.5	224.1	52.3	14.1	9.8	8.8	1.4	81.2	94.8	0.0	7.3	17.3	603.60
1998	74.5	30.4	19.4	17.9	12.6	11.2	0.0	9.0	0.0	1.0	6.8	7.5	190.30
1999	8.2	227.1	268.0	17.4	10.5	5.1	10.6	0.0	7.8	25.2	3.1	5.7	588.70
2000	94.0	170.5	95.6	31.4	16.0	14.1	0.0	0.3	0.0	7.0	0.0	8.1	437.00
2001	69.8	362.2	272.0	56.1	0.0	3.6	8.8	2.7	9.7	15.5	2.0	9.1	811.50
2002	10.3	152.2	203.9	75.5	1.6	68.2	115.3	4.0	3.4	2.9	21.6	15.1	674.00
2003	22.3	33.3	45.6	41.4	48.6	3.4	3.0	9.5	5.8	5.1	1.4	7.8	227.20
2004	55.1	125.8	26.5	32.9	0.8	9.8	41.7	12.1	9.1	2.7	3.0	7.1	326.60
2005	90.4	70.1	107.6	18.0	13.7	10.8	4.4	5.2	28.6	3.1	4.3	10.3	366.50
2006	94.1	93.7	99.7	13.0	15.5	12.6	1.9	2.8	6.5	6.5	8.6	6.1	361.00
2007	33.7	25.2	129.1	28.9	19.8	2.9	5.6	0.0	4.8	0.0	3.1	11.1	264.20
2008	141.8	33.5	27.4	17.6	11.8	2.7	0.0	7.5	1.2	3.3	0.0	11.2	258.00
2009	18.6	38.7	72.3	75.4	10.6	8.2	22.4	3.8	7.8	3.1	7.5	8.1	276.50
2010	46.4	80.9	48.6	16.4	39.1	9.7	8.9	0.0	0.7	4.6	4.1	11.7	271.10
2011	37.6	190.9	80.6	111.4	70.5	17.2	1.1	2.3	6.6	0.0	6.3	32.2	556.70
2012	75.5	230.1	80.7	326.1	28.8	5.8	1.1	0.0	6.4	7.7	1.5	36.3	800.00
2013	66.8	81.8	76.4	23.8	158.5	48.9	12.9	17.2	0.0	8.8	3.9	12.1	511.10
2014	53.5	15.1	14.6	13.1	10.8	9.4	0.0	7.8	7.2	6.6	7.1	5.6	150.80
2015	75.8	168.3	300.3	137.9	16.5	0.0	12.1	6.7	2.0	2.6	8.2	6.1	736.50
2016	6.6	255.5	14.5	141.5	11.3	9.1	7.9	2.9	0.0	4.2	1.4	6.3	461.20
MEDIA	60.38	114.91	83.15	52.24	23.30	16.54	9.59	9.62	7.71	5.83	7.09	11.31	401.68
D. STN	38.73	90.54	74.35	61.90	27.52	20.26	19.95	16.67	15.94	5.44	7.01	8.49	386.80
MAX	141.80	362.20	300.30	326.10	158.50	89.80	115.30	81.20	94.80	25.20	33.40	36.50	1765.10
MIN	6.60	8.00	6.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30	23.60

Fuente: Elaboración propia

Anexo 07. Actas de conformación de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional

Tambo

Acta 01. 27 de Febrero del 2017, reunión en la Agencia Municipal de Pasto Grande

50

Acta de Reunión del I taller Participativo de Información sobre la Conformación del Grupo Impulsor y Caracterización General de la Cuenca e Identificación de Actores para la C y C del CRHCI Tambo - Mapagua. Se da las 11:15 en el Salón de la Agencia Municipal de Pasto Grande el 27 de Febrero del 2017 con la siguiente Agenda.

- Informe del G.I
- Informe de los Proyectos que se vienen realizando
- I Taller Participativo de Información sobre la conformación del G.I y Caracterización General de la Cuenca e Identificación de Actores para la CC del CRHCI Tambo - Mapagua

- Se inicia con la presentación de los proyectos e instituciones que nos acompañan como la DRA, GIRH, Proyecto Conservación

- El Director de la DRA inicia, expresando su voluntad de Apoyar a la comunidad en el tema de Colindancias, además informe la implementación del proyecto de vicuñas,

- El Ing. Henning, también reitera su voluntad de Apoyar con el Apoyo técnico para sus colindancias; Realizo también una Breve Reseña Histórica desde su inicio como Grupo Campesino hasta su reconocimiento como Comunidad Campesina,

- La Blg. Stefani del proyecto de Mejoramiento del Servicio de Conservación de la Biodiversidad Biológica informa de la ejecución del proyecto tomando como objetivo elaborar a la Comunidad de Campesina de Pasto Grande a un tipo de Área de Conservación

- Ing. Lemelin del Proyecto PECSA

- El Representante de la Municipalidad Provincial de El Collao exhorta a que la Municipalidad Provincial, Distrital y el Gobierno Regional Trabajen en equipo para trabajar y Defender el Territorio,

- El Ingeniero Clemente Informa de la Importancia de la Identificación de Actores en la Comunidad Campesina de Pasto Grande, ya que con esto se puede tener mayores beneficios ya que el agua



- no tiene precio, Además de Restar la importancia de firmas con Acta de Acuerdo con la Municipalidad de Cantahuasi, Potos Grande y la Municipalidad de Puno para poder hacer respetar las Colindancias del territorio de Puno.
- El Sr Honorato Menciona que tienen la Intencion de Regularizar y Mejorar sus Licencias de Agua, Menciona tambien que la Municipalidad de el Collao no ha dado una respuesta a la solicitud de Mejoramiento de la posta, además que pide que la Autoridad Regional no se olvide del Compromiso que se tiene con la zona fronteriza de Potos Grande.
 - El Sr Carmelo Menciona que cuando fueron a Puno ayuda le respondieron que no eran de Puno y que por eso no les podian ayudar, dice que hasta el momento se sienten como "Hijos huérfanos" ya que no reciben Apoyo del Gobierno Regional, Menciona que la Comunidad Nunca a firmado ninguna Acta ni Acuerdo para pertenecer a Moquegua, habla tambien de su lucha constante con southr, Solicitan el Apoyo con el riego tecnificado, el funcionamiento de la posta, la Mejora en la producción de Alpacas, habla de su preocupación para que de una vez se de la delimitación.
 - El Sr Antonio, Alcalde del Centro Poblado de Santa Rosa, Comenta que son muchos Años los que se sienten olvidados, comenta la necesidad de que exista un puesto de Comunicación, la necesidad de contar con medios de Comunicación ya que no tienen como comunicarse
 - Sr. Ismael, Presidente del Consejo de tenientes, propone que en la Rectificación de esas Colindancias, ellos cuentan con los documentos que acrediten los colindantes, Propone tambien que se haga llegar una invitación a los demas a las instituciones y proyectos del Gobierno Regional para que puedan Intervenir en esta zona fronteriza
 - Sr Mateo, Aquita Coaquira, habla que siente que los funcionarios del Gobierno Regional solo vienen a comprometerse pero que luego se olvidan

Acuerdos:

- Se acordó que la Dirección Regional de Agricultura a través de la Oficina de Comunidades Campesinas realizara una visita el día 17 de Abril al 19 de Abril del 2017, las Coordinaciones se realizaron con el Agente Municipal y la tenentina y el Presidente

52

- El Proyecto de Mejoramiento del Servicio de Conservación de la Biodiversidad Biológica realizará una visita el día 17 al 19 de Abril del 2017
- Realizan un segundo Taller para la devolución de Resultados de la información recabada por parte del G.I. el día 30 de Abril

CARMEN TORRES L
DNI 81990203

Municipalidad Provincial Puno
DNI 00419968
ALCALDE

LUCIANO AYALA VICENTE
GRUPO A. - GRP.

Comité de Seguimiento
del Consejo Provincial
de Fomento y Promoción

Paula Pozante
01811267

PAOLA SALES 41071002
Prof. Comunicacion

Stefanie Alariza
Calleja 41590031

01876899

ING. HERINGENIS MAMANI BRUNO
DRA - DIFESA - PUNO

ING. WILLIAM MORALE S C
Director DRA-PUNO.

42629524
HPCI -

OFICINA GENERAL
COORDINADORA
NACIONAL DEL SISTEMA
NACIONAL DE INFORMACION
UNIVERSITARIA

01777897

LUCAS POZANTO GONZALEZ
DNI 81 001 1003
TENDENCIA ORGANIZACION



Acta 02. 12 de Marzo del 2017, reunión en la Municipalidad Distrital de San Antonio de Esquilachi

60

Acta de Reunión del "I taller participativo de Información sobre la Conformación del G.I y Caracterización General de la Cuenca e Identificación de Actores para la C y C del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Tambo

Siendo las 11:00 en la municipalidad distrital de San Antonio, localidad de Juncal, el 12 de marzo del 2017, con la siguiente Agenda.

- Informe del G.I
- Caracterización
- Presentación de Actores
- Acuerdos

Se dio inicio al taller, con las palabras de bienvenida por parte del Sr. Alcalde de San Antonio, quien a su vez realizó un pequeño informe de las actividades que se está realizando, prosiguiendo con el taller el Sr. Alcalde cede la palabra al Ing. Clemente quien realizó un informe del G.I, iniciando con la presentación de los Actores Endógenos. Director, conformado por la DRA, GRRN y GMA, CIP, PRORRIDRE, PECSA, GIRH. como intervención de un poblador manifiesta la problemática que existe por la contaminación del Rio Juncal por parte de los relaves mineros, además menciona que el distrito de San Antonio necesita un mayor apoyo en cuanto a la represas para que se puedan proveer de agua para riego. y consumo ya que en época de sequía se observa que no hay agua.

El representante del CIP se compromete en coordinar con la Facultad de Ingeniería Agrícola y la municipalidad de San Antonio para coordinar y poder trabajar en equipo para realizar distintas actividades continuando con el taller un poblador llama a que todos los acuerdos no queden solo en palabras si no que también se hagan, se ejecuten.

El representante de la DRA realizó un pequeño Resumen sobre la ley de Recursos hídricos y la ley de Comunidades Campesinas y su reglamento, informa también que por parte de la DRA existen tres proyectos que se ejecutaron en San Antonio como: Gramos Andinos, Víctimas además realizan las actividades de



donación de pacas y medicamentos para los jueces que se puedan permitir.
El MHP informa de las actividades que se están realizando a la fecha.
mencionando que existe un proyecto para poder trabajar en las lagunas de
Cuzani y Manguesi
El PRORRIDAE informa que se han buscado en tres microcuencas para la ejecución
de 4 empresas Chusichaca, Uchuni, Putuno, Sachaca
El proyecto GIRA, Injeneria de las lagunas, Microreservorios y la instalación de una
estación meteorológica

Acuerdo

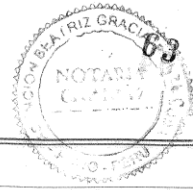
- Devolución de refamación para el 16 de Abril en San Antonio localidad de Juncal
 - Reunión intermunicipal el 3 de Abril a las 8:00 pm en la oficina de cabecera
 - Socialización de información por Tenientes Gobernadores en sus ambitos
- Los representantes de las instituciones publicas y privadas presentes manifiestan su
predispocion para apoyar el proceso CREACION DEL CONSEJO DE RECURSOS HIDRICOS
DE LA CUENCA INTERREGIONAL TAMBO.

Siendo las 13:00 horas del 12 de Marzo 2017. Firman los presentes en señal de conformidad.

 Profr. Silviano Zapana DNI: 81297739 ALCALDE	 Subcomite Promotor Empresas agr y Desarrollo Rural Municipal and Prov. Peru.
 CIP CD PUNO	 SJA-TARMA
 PRORRIDAE	 Jefe de Oficina Ejecutiva Local de Desarrollo Urbano DNI: 01280287
 Jefe de Oficina Ejecutiva Local de Desarrollo Urbano DNI: 81297739	 Jefe de Oficina Ejecutiva Local de Desarrollo Urbano DNI: 81280224 JUEZ DE PAZ



Acta 03. 15 de Marzo del 2017, reunión en la laguna de Jucumarini, distrito de Pichani



Acta de Reunión de Coordinación para desarrollar el "I taller participativo de Información sobre la Conformación del G.I., Consideración General de la Cuenca e Identificación de Actores para la CyC del CRHC I Tambo.

Siendo las 12:30 del medio día en la laguna de Jucumarini, Distrito de Pichani, el 15 de Marzo del 2017 con la siguiente Agenda.

- Presentación del Grupo Impulsor
- Caracterización
- Presentación de Actores
- Acuerdos

Se dio Inicio al I taller de acercamiento con pobladores de la laguna de Jucumarini, empezando con la presentación del Grupo Impulsor, El Ing Clemente realizo una introducción de las Actividades a realizarse como la presentación del Ing Homogenes quien vino en representación de la DRA como Secretario del Grupo impulsor, tocando temas sobre la ley de Comunidades Campesinas y su reglamento, Presigiendo el Anti Onorio realizo su presentación como miembro del Grupo Impulsor re presentando a la SJA.

El Sr. Mario Fuentes tomo la palabra como poblador de la laguna Jucumarini quien menciona la problematica que tienen con la delimitación territorial entre Puno y Moquegua, ya que por ello no saben a donde ir y poder pedir Algun Apoyo. por lo que pide que este problema sea solucionado y dejen de sentirse olvidados.

Acuerdos

- El Lunes 20 de Marzo, los pobladores de la laguna de Jucumarini se comprometen a participar de la reunión de Comunidades Campesinas

GRACIA
61148078

61275050

411741788

46956751

61148078

01275578



Acta 04. 20 de Marzo del 2017, reunión en la Dirección Regional de Agricultura (DRA)

Acta de Reunión Ordinaria
Con Comunidades Campesinas

Se inició a las 10:00 am del 20 de marzo del 2017 en la Dirección Regional de Agricultura con la siguiente agenda:

- * Informes
- * Presenta cuón de documentos de Comunidades Campesinas y Grupos Campesinos
- * Compromisos y Acuerdos.

Contando con la participación de distintos representantes de Comunidades Campesinas de la zona de conflicto, quienes manifiestan su preocupación, por la perdida de documentos

El Director de la DRA indica del Compromiso que tiene la institución que representa para poder agilizar la titulación de las tierras.

El Representante de Pasto grande llama a que los Archivos que se menciona se han perdido se deben de recuperar a la brevedad posible

El Representante de Kacachara menciona su preocupación ya que en todo este tiempo han sentido que el gobierno Regional los ha olvidado y llama a que esto se pueda corregir para que estos territorios en conflicto no se pierdan

El Representante de Satucachi, menciona que han denunciado a la mina Mariela y otros por lo que solicita que se le pueda apoyar con el proceso. por otro lado menciona que.

La Dra Majalca, menciona que cuando soliciten información, deben de mencionar la modalidad con las que fueron adjudicaron, y si tienen alguna referencia ya puedan adjuntar.

El Ant. Onorio propone que se pueda hacer un convenio entre las Municipalidades y la DRA para que se les pueda exonerar del pago del TUPA, ya que esta información es básica para la defensa de nuestro territorio. propone poder realizar una reunión con distintas Autoridades del Gobierno Regional, y que el Dr. Juan Luque pueda asistir a la Reunión

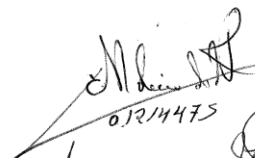

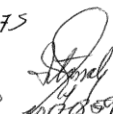

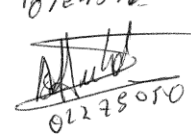

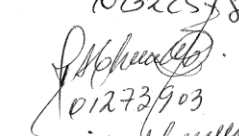
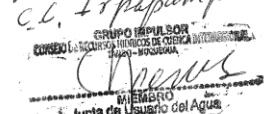

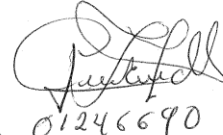
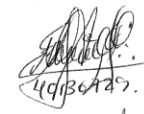
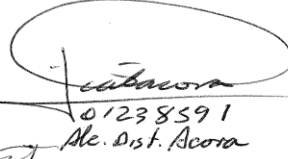


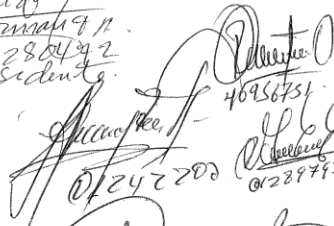
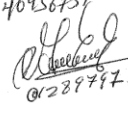
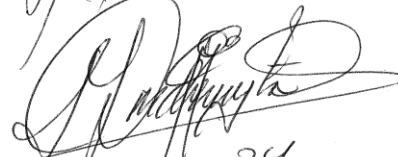

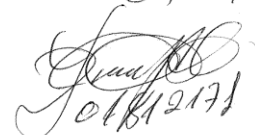
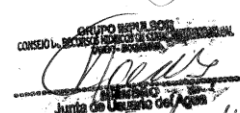

El Representante de Socumarini expresa su preocupación con el tema de la delimitación ya que no son reconocidos ni por el gobierno Regional de Moquegua ni por el Gobierno Regional de Puno, a pesar de que ellos se sienten identificados como Punoños.

El Representante de Kacachara llama la reflexión para que los propietarios también se deben de preocupar por sus territorios, y que la función del los Gobiernos deben de apoyar el proceso de defensa.



Acuerdos.

- El director de la DRA, menciona que previa coordinación se puede exonerar del pago del TUPA
- Se Acuerda realizar una reunión para el miércoles 29 de Marzo a las 9:00 am en la Sala de Reuniones de la DRA.
- El Ing. Vasilio se compromete a apoyar con la georeferenciación de manera gratuita como apoyo por parte de la DRA.
- Oficiar la presencia de los su prefectos, de los Alcaldes municipales distritales de Santa Rosa y San Antonio


 01214475

 01291280

 01777497

 0124546

 02275050

 Enrique D. Murillo Carrasco
 Sub Gerente de Promoción Empresarial
 y Desarrollo Económico Rural
 01322578

 Fermín Chealla
 C.L. Ispapampa

 MIEMBRO
 Junta de Usuario del Agua

 PRESIDENTE
 Javier Ramos Mendoza
 DNI. 04742823
 PRESIDENTE

 01246690

 4036475

 01238591
 Me. Dist. Acora

 PRESIDENTE
 Alfonso Manzano Ponce
 DNI. 41602443
 PRESIDENTE

 RINOS PUNO
 ALCALDE

 40958751
 01242200

 01227777

 DNI. 013136024
 M. Candemayta T.

 01299402

 01812171

 Junta de Usuario del Agua
 Heron Chealla Quina

 PICHACANI - PUNO
 PRESIDENTE
 Tomas J. Medina Mananchura
 DNI. 01213694
 PRESIDENTE

Acta 05. 29 de Marzo del 2017, reunión en la Dirección Regional de Agricultura (DRA)

66

Acta de Reunión del Grupo Impulsor con Comunidades Campesinas

Siendo las 10:15 en la sala de Capacitaciones de la Dirección Regional de Agricultura Puno, el 29 de Marzo del 2017 con la siguiente Agenda

- Informe de las Actividades Realizadas por el Grupo Impulsor
- Informe
- Acuerdos

Se dio inicio con las palabras de presentación del Ing Sergio Limachi, dando la bienvenida a los representantes de Comunidades Campesinas. Seguidamente el Ing Clemente Ayala, realizó un resumen sobre las Actividades que está realizando el Grupo Impulsor como la realización de los talleres sobre la Caracterización e identificación de Actores.

El señor representante del Fundo Titre realiza una reseña histórica sobre la adjudicación del Fundo Titre, quien manifiesta que se le a proporcionado los documentos de Adjudicación a la oficina de demarcación territorial de la Región de Puno, indica también del proceso judicial de las familias Flores - Ramos, donde indica que el tribunal Constitucional indica que el predio Pasto Grande pertenece a Puno, hecho ocurrido en el año de 1978. El representante manifiesta que esta con toda la voluntad de apoyar en el proceso de delimitación, manifiesta también querer participar de los reuniones que se están acabo con el ALA

El Ing Sergio, señala que hay serias incongruencias en cuanto las versiones que da el Sr. Gerardo Chura, en cuanto al territorio Punoño, mencionando que el Gobierno Regional tiene toda la voluntad, de mejorar el trabajo, en cuanto a la delimitación territorial. Informa que las Autoridades del Gobierno Regional tiene la predisposición de Apoyar en el reconocimiento del territorio.

El Representante del Fundo Titre menciona que la DIRFO y ex COFOPRI no quieren realizar la titulación de las mismas.



El Representante de la JOA Menciona que para la conformación del Consejo de Cuenca es necesario la claridad de la delimitación territorial por lo que exhorta a la participación de las Autoridades del Gobierno Regional a la participación de las reuniones que se llevan acabo, mencionando de existe un acuerdo Regional con la participación de tres consejeros Regionales por lo que sea factible invitales a una reunión para que puedan informar de los avances que se tiene a la Fecha,

El Ing. Sergio Limachi, Menciona la Importancia que tiene la Administración de Cuenca, además la importancia de Reunirnos con el Gobernador Regional, los 3 Consejeros que son partícipes del Acuerdo Regional N° 348-2016, Gerente de Presupuesto y Otros

El Representante de la HPP, indica que pueden contactar con los Alcaldes Distritales de Santa Rosa,

El Presidente de Jatucachi, menciona de su preocupación por los 10.000 ha afectadas por la delimitación, indica que la Región de Moquegua se acerca a las autoridades para la construcción de centros de salud y su apoyo a la educación, a su vez invoca a la unidad para la defensa de nuestro territorio


Ing. Representante de la DRA, recomienda la importancia de Realizar un convenio con la DRA, para que de este modo los expedientes se puedan brindar de manera gratuita.

El Ing. Clemente menciona la importancia de aprobar el presupuesto del plan de trabajo a la brevedad posible, para poder seguir realizando las actividades que se vienen desarrollando a la fecha.

Acuerdos:

* La HPP se compromete en coordinar la asistencia de las autoridades de los distritos y Comunidades Campesinas de la zona Alta.

* El Representante de Pasto Grande Sull reprograma la visita del 17 - 19 del Abril del 2017

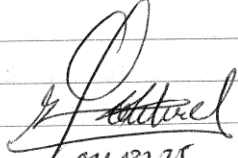
* El Representante de ~~Santa Rosa~~  acuerda la visita de la DRA para el 24 y 25 de Abril del 2017

- Se queda fecha de visita para aruntaya el 26 de Abril del 2017.
- Se acuerda que se brindara apoyo a la comunidad de Avacochillo para poder realizar la titulación de tierras.
- Representante de Acara se compromete con brindar información (Documentación) a través del Sr. Jaime
- El 12 de Abril del 2017 se realizara una reunion en la DRA 9:00 am.
- Otros.

El Alcalde encargado de la Municipalidad distrital de Acara, quien sede la palabra a un integrante de su ET quien llama a que se pueda realizar y tomar en cuenta el punto 6 del fondo litre para poder tener en claro la delimitación del tramo III visitan tambien la C.C de Punta Perdida y visitan Tacachana.

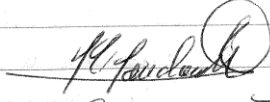
El Representante de Punta Perdida, menciona su preocupación por la delimitación de dicha parcialidad ya que no tiene un plano, se menciona tambien que se tiene que poner énfasis en esta Parcialidad.

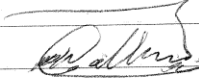
El Ing. Clemente, Informa que el Gobierno Regional de Puno tiene el compromiso de apoyar a las organizaciones

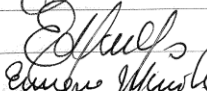

013 031 25
Alcalde - Acara

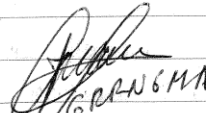


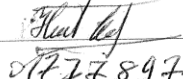
COMUNIDAD CAMPESINA DE JATUCANI
PICHACANI - PUNO
PRESIDENTE
Medina
Alina Mamanchura
DNI 01213496

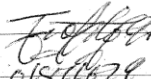

Presidente
7.01


01229229


Enrique Muro
MPP.

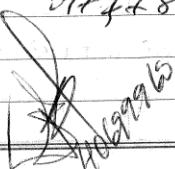

PRESIDENTE


01777897


01511621



Alfonso Manzano Ponce
DNI 41602443
PRESIDENTE


01699965



Acta 06. 20 de Junio del 2017, reunión en el salón comunal del centro poblado de Tincopalca

78

Acta de Reunión del "I Taller Participativo de información sobre la Conformación del G.I. y Caracterización de la Cuenca e identificación de Actores para la GC del CRHCI Tambo - Moquegua"

Siendo 10:40 am en el salón comunal del Centro Poblado de Tincopalca, el 20 de Junio del 2017, con la siguiente Agenda:

- * Informe del G.I
- * Mapeo, Caracterización e identificación de Actores
- * Presentación de instituciones involucradas
- * Otros
- * Acuerdos

Se da inicio con las palabras de bienvenida por parte del Presidente de la Comunidad, seguidamente le sede la palabra al secretario de la Comunidad quien llama a que los comuneros puedan realizar todas las preguntas que tengan.

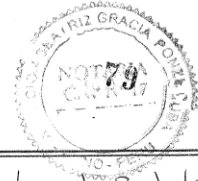
seguido a eso se dio la palabra al Ing. Clemente quien informa sobre la crisis del agua que esta ocurriendo en la actualidad, informa tambien sobre el proceso de conformación del Grupo Impulsor, para la conformación y Creación del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Tambo

seguido el Ing Roland Valencia explica sobre las instituciones que participan en la conformación de los consejos de Cuenca y sobre las funciones de la misma.

Se conto con la participación de un comunero, quien felicita la llegada y la realización del taller y llamó a que este tipo de actividades se realice con mayor frecuencia

Se siguió con la participación del Ing Germán Q. del PRORRIDRE quien informó sobre el avanze del Perfil de Proyecto que beneficiara a la Comunidad de Tincopalca

Una Señora Comunera invita a que el Sr. Gobernador Juan Luque visite la Comunidad de Tincopalca, se menciona que hace falta mas proyectos para las familias Alpaquevas, solicitan que interonga



el proyecto PECSA, para que se puedan mantener los bofedales, la mejora Genetica-
se menciona tambien la problematica sobre la represa de paltiture, proponiendo que exista el canon hidrico para la comunidad.

Auerdos:

* Realizacion del Proximo tallere el día Jueves 20 de Julio a las 10:00 am. en el local comunal

los representantes y población en general se encuentra predispuestos para apoyar con el proceso de la Conformación y Creación del Consejo de Recursos Hidricos de Cuenca Interregional Tambo-Moquegua.

Siendo las 12:30 pm del 20 de Junio se concluye con la reunion, en señal de conformidad firman los presentes.



DIRECTIVA COMUNAL

Celestino Mendoza Chura
DNI. 02404379
PRESIDENTE



CENTRO POBLADO TINCOPALCA

Meliton Tumi Guillen
DNI. 02397827
TENIENTE GOBERNADOR



Herculiano Sullea Bellido
DNI. 02164233
PRESIDENTE



MUNICIPALIDAD C.P. TINCOPALCA

CABANILLAS - SAN ROMAN - TUCUMÁN
Candelaria Mamant Guillen
DNI. 02432845
TENIENTE ALCALDESA

Ing. Clemente Y. Ayala Vicente
COORDINADOR TÉCNICO DEL G.A.
TAMBO - MOQUEGUA

ROSAÑO VALENES
A.N.A.

02165077

02164237

02164028

02173718

03164912

02165329

40594538

021100760

40985479

Anexo 08. Datos adicionales**Tabla 46.** Parámetros de superficie y centroide

UH/TERRITORIOS	PARÁMETROS			
	Área (Km ²)	Centroide (m)		
		X	Y	Z
Cuenca Tambo	13026.99	301858.83	8173726.23	3373.30
Presa Paltiture	1127.23	320952.20	8238978.09	4580.51
Presa Yanapujio	1260.44	320954.12	8236794.98	4531.25
Cabecera de cuenca	6254.82	347882.25	8193769.71	2600.62
Territorio de Puno en las subcuencas de las presas	934.03	320008.80	8241031.56	2741.75
Territorio de Puno Z1	1374.27	326612.73	8235923.59	2778.63
Territorio de Puno Z2	241.47	392620.96	8138850.03	2860.42
Territorio de Arequipa	2280.76	227317.19	8134195.07	1656.42
Territorio de Moquegua	9130.49	317784.20	8168853.90	2630.55

Fuente: Elaboración propia**Tabla 47.** Parámetros de la red hidrográfica

UNIDADES HIDROGRÁFICAS	PARÁMETROS			
	Longitud del cauce principal (Km)	Orden de red hídrica (Und)	Densidad de drenaje	Pendiente del cauce principal (m/m)
Cuenca Tambo	353.29	10.00	6.16	0.02
Subcuenca de la presa Paltiture	56.81	9.00	5.55	0.02
Subcuenca de la presa Yanapujio	70.16	9.00	5.38	0.02
Cabecera de cuenca	184.13	10.00	5.41	0.02

Fuente: Elaboración propia