

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



“PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA QUILCA-CHILIVITOR CON EL MÉTODO GAVRILOVIC-ZEMLIJC UTILIZANDO SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)”

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

MIJAEL YOSEFF QUISPE RAMOS

LIMA-PERÚ

2022

Document Information

Analyzed document	TSP_Quispe Mijael.pdf (D158008754)
Submitted	2/7/2023 4:28:00 AM
Submitted by	Miguel Angel Sanchez Delgado
Submitter email	msanchez@lamolina.edu.pe
Similarity	13%
Analysis address	msanchez.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	angelica anteproyt de octubre o.doc Document angelica anteproyt de octubre o.doc (D11884675)	 1
SA	ANTEPROYECTO Angelica Reyes T.doc Document ANTEPROYECTO Angelica Reyes T.doc (D11542117)	 1
SA	Morfología de una cuenca.pdf Document Morfología de una cuenca.pdf (D130486717)	 1
SA	TESIS HURTADO_JIMENEZ.pdf Document TESIS HURTADO_JIMENEZ.pdf (D112249954)	 1
SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / 2.Tesis Maestria-Jose Palomino Aguirre (1).pdf Document 2.Tesis Maestria-Jose Palomino Aguirre (1).pdf (D143262358) Submitted by: cramost@lamolina.edu.pe Receiver: cramost.unalm@analysis.arkund.com	 19
SA	TESIS_FASABI FERRER FREDDY_REV ANTIPLAGIO.docx Document TESIS_FASABI FERRER FREDDY_REV ANTIPLAGIO.docx (D127699664)	 5

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA "PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA QUILCA-CHILI- VITOR CON EL MÉTODO GAVRILOVIC-ZEMLIJC UTILIZANDO SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)" TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA MIJAEEL YOSEF QUISPE RAMOS LIMA-PERÚ 2022

DEDICATORIA Este trabajo está dedicado a mis padres Aquiles Quispe y Zosima Ramos, por sus esfuerzos y dedicación. A mis hermanos Ilich, Nataly, Nielsin, Antoni, Job por el apoyo incondicional y motivación continua para lograr mis metas propuestas

AGRADECIMIENTO Al Dr. Samuel Quisca y a la empresa SQA & Ingenieros, por la oportunidad de participar en el proyecto "Servicio de consultoría para la elaboración del estudio de Pre-Inversión para el control de Inundaciones en la cuenca del río Quilca – Vitor – Chili para la dirección de planificación y desarrollo de los recursos hídricos de la Autoridad Nacional del Agua", donde se generó la información para el presente trabajo monográfico, asimismo a mis amigos Hans, Paul, Alfred, Cesar H., por su apoyo con conocimientos a la elaboración de esta monografía.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

“PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA QUILCA-CHILIVITOR CON EL MÉTODO GAVRILOVIC-ZEMLIJC UTILIZANDO SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado por:

BACH. MIJAEL YOSEFF QUISPE RAMOS

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Dr. EUSEBIO MERCEDES INGOL BLANCO
Presidente

Mg. Sc. MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ DELGADO
Asesor

Mg. Sc. GUILLERMO CLEMENTE AGUILAR GIRALDO
Miembro

Mg. Sc. LENA CRUZ VILLACORTA
Miembro

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres Aquiles Quispe y Zosima Ramos,
por sus esfuerzos y dedicación.

A mis hermanos Ilich, Nataly, Nielsin, Antoni, Job por el apoyo
incondicional y motivación continúa para lograr mis metas propuestas

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Samuel Quisca y a la empresa SQA & Ingenieros, por la oportunidad de participar en el proyecto “Servicio de consultoría para la elaboración del estudio de Pre-Inversión para el control de Inundaciones en la cuenca del río Quilca – Vitor – Chili para la dirección de planificación y desarrollo de los recursos hídricos de la Autoridad Nacional del Agua”, donde se generó la información para el presente trabajo monográfico, asimismo a mis amigos Hans, Paul, Alfred, Cesar H., por su apoyo con conocimientos a la elaboración de esta monografía.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. ANTECEDENTES.....	3
2.2. BASES TEÓRICAS	4
2.2.1. Definición de cuenca.....	4
2.2.2. Erosión	11
2.2.3. Procesos de erosión	12
2.2.4. Sedimentos	18
2.2.5. Sistema de información geográfica	21
2.3. METODO DE GAVRILOVIC – ZEMLIJC	21
2.4. PARAMETROS DEL METODO GRAVILOVIC-ZEMLIJC.....	22
2.4.1. Volumen promedio anual erosionado de sedimento $W(m^3/año)$	22
2.4.2. Coeficiente de temperatura (T).....	23
2.4.3. Precipitación (h)	23
2.4.4. Coeficiente de erosión (Z).....	24
2.4.5. Gradiente de la pendiente superficial I (%).....	26
2.4.6. Coeficiente de retención de sedimentos (R).....	26
III. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	27
3.1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	27
3.1.1. Ubicación del proyecto.....	27
3.1.2. Accesibilidad.....	28
3.1.3. Características biofísicas de la cuenca hidrográfica.....	28
3.1.4. Hidrografía	33
3.1.5. Fisiografía.....	35
3.1.6. Climatología	36
3.1.7. Clasificación Climática	41
3.2. APLICACIÓN DEL MÉTODO GAVRILOCIV PARA LA ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS	42

3.2.1. Delimitación de la cuenca hidrográfica.....	43
3.2.2. Coeficiente de Temperatura (T)	44
3.2.3. Precipitación (h)	47
3.2.4. Coeficiente de erosión (Z).....	48
IV. RESULTADOS.....	58
4.1. PRODUCCIÓN MEDIA ANUAL ESPECIFICA DE SEDIMENTOS	
W(m ³ /año)	58
4.2. COEFICIENTE DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS “R”	59
4.3. VOLUMEN DE SEDIMENTOS PRODUCIDO POR EROSIÓN Y	
TRANSPORTADO A LA SECCIÓN DE CIERRE DE LA CUENCA “G”	61
V. CONCLUSIONES.....	62
VI. RECOMENDACIONES.....	63
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
VIII. ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: División de una cuenca en base a su superficie.....	7
Tabla 2: Forma de la cuenca en función al factor de forma	8
Tabla 3: Índice de Gravelius para la evaluación de la forma.	9
Tabla 4: Respuesta del cauce a las alteraciones de la carga de sedimento y gasto líquido. Donde Q_w es el cambio en el gasto líquido y Q_s es el cambio en la descarga de sedimentos.....	20
Tabla 5: Los valores del parámetro X por categoría de Uso de la Tierra.....	24
Tabla 6: Los valores del parámetro Y por categoría de Suelo.....	25
Tabla 7: Los valores del parámetro φ por categoría de Cuenca.....	25
Tabla 8: Unidades hidrográficas.....	27
Tabla 9: Parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Quilca Vitor Chili.....	33
Tabla 10: Precipitación media pluvial (mm)	37
Tabla 11: Temperatura media (°C).....	38
Tabla 12: Humedad relativa (%)	39
Tabla 13: Evaporación (mm).....	40
Tabla 14: Viento (m/s).....	41
Tabla 15: Parámetros geomorfológicos.....	44
Tabla 16: Estaciones meteorológicas	45
Tabla 17: Metadato de la imagen satelital Land Sat.....	49
Tabla 18: Clasificación de los valores de NDVI	50
Tabla 19: Los valores del parámetro X por categoría de Uso de la Tierra.....	51
Tabla 20: Los valores del parámetro Y por categoría de Suelo.....	53
Tabla 21: Los valores del parámetro φ por categoría de Cuenca.....	54
Tabla 22: Parámetros geomorfológicos y coeficiente de retención de sedimentos.....	60
Tabla 23: Resumen de la producción de sedimentos.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cuenca Hidrográfica	5
Figura 2: División de una cuenca hidrográfica.....	6
Figura 3: Cuenca, subcuenca y microcuenca.....	7
Figura 4: Erosión de superficie como resultado del impacto de las gotas de lluvia y la turbulencia de los escurrimientos.....	13
Figura 5: Sistema típico de erosión y depósito de sedimentos en una cuenca	13
Figura 6: Inicio de erosión por gotas de lluvia	14
Figura 7: Esquema típico de los diferentes tipos de erosión hídrica	16
Figura 8: Sedimentación.....	19
Figura 9: Modelo espacial para calcular el volumen promedio anual de sedimentos	23
Figura 10: Mapa de ubicación de la cuenca Quilca-Vitor-Chili.....	28
Figura 11: Polígono de frecuencia.....	31
Figura 12: Curva hipsométrica.	32
Figura 13: Mapa Hidrográfico de la cuenca Quilca Vitor Chili	35
Figura 14: Mapa fisiográfico de la cuenca Quilca Vitor Chili	36
Figura 15: Precipitación media pluvial (mm).....	38
Figura 16: Temperatura media (°C).....	39
Figura 17: Humedad relativa (%)	40
Figura 18: Evaporación (mm).....	40
Figura 19: Velocidad del viento (m/s).....	41
Figura 20: Mapa de clasificación climática	42
Figura 21: Modelo digital de elevación (MDE)	43
Figura 22: Mapa de subcuencas.....	44
Figura 23: Mapa de estaciones meteorológicas	45
Figura 24: Mapa de Isotermas	46
Figura 25: Coeficiente de temperatura.	47
Figura 26: Precipitación media anual.	48
Figura 27: Índice de vegetación normalizada (NDVI)	50
Figura 28: Variación espacial del coeficiente de uso de suelo “X”	52
Figura 29: Mapa geológico de la cuenca Quilca Vitor Chili	53
Figura 30: Variación espacial del coeficiente del suelo a la erosión “Y”	54

Figura 31: Variación espacial del coeficiente que evalúa los procesos observados.....	55
Figura 32: Variación espacial de la pendiente superficial (%).....	56
Figura 33: Distribución espacial del coeficiente de erosión “Z”	57
Figura 34: Producción específica media anual de sedimentos W (m ³ /año)	58
Figura 35: Subcuencas aportantes	59
Figura 36: Coeficiente de retención de sedimentos.....	59

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: PRECIPITACION MEDIA MENSUAL.....	69
---	----

RESUMEN

La producción de sedimentos en cuencas está íntimamente ligada al proceso de erosión de esta, en efecto, ésta se incrementa con la deforestación, consecuentemente la concentración de sedimentos suspendidos también crece (Stott y Mount, 2004), los cuales se depositan en el fondo de los cauces, elevando su nivel, aumentando significativamente el riesgo de inundaciones (Kramer *et al.*, 1997). Si bien no todo el sedimento se asienta sobre los ríos, una buena parte de material es transportado aguas abajo hasta llegar al mar, donde el resto de las partículas se azolvan. Esto ocasiona que estructuras hidráulicas se llenen de sedimentos, disminuyendo su vida productiva (Manson, 2004). Para el adecuado manejo de una cuenca se requiere la estimación tanto del escurrimiento como de la producción de sedimentos. Lo que permite proponer medidas para incrementar la infiltración del agua al subsuelo, controlar el exceso de escurrimiento, manejar las corrientes y reducir la erosión, a través de protecciones del terreno (Raghuwanshi *et al.*, 2006). Para estimar la producción de sedimentos en cuencas existen diferentes métodos: los métodos con base en medición directa y los métodos con base en modelación matemática. Estos últimos a su vez se dividen en métodos: empíricos, estocásticos y de simulación de procesos físicos. Los métodos de simulación de procesos físicos pueden mejorar la precisión, pero debido a la gran cantidad de datos que se requieren, su uso se ha visto limitado (Simons y Sentürk, 1992).

En el presente trabajo monográfico plantea evaluar el volumen de sedimentos producto de la erosión hídrica a través de un modelo empírico denominado Método Potencial de Erosión de suelos (EPM), también conocido como Método Gavrilovic (Gavrilovic, Z.1972). El método considera 6 factores que dependen de la superficie geológica, propiedades del suelo (factor de erodabilidad), factores topográficos (pendiente media), factores climáticos como precipitación media anual, temperatura media anual, distribución y tipo de uso de suelos a los cuales se suma además un factor denominado grado de erosión. el volumen de sedimentos (G) en la cuenca Quilca, Chillí y Vitor ubicado en la región Arequipa, puede estimarse mediante técnicas de predicción, como la ecuación de Gavrilovic, que relaciona coeficientes de producción (W) y de retención (R) de sedimentos en una cuenca. El valor de producción de sedimentos obtenido fue de 1 675 439.11.65 (m³/km²/año). El valor promedio de R fue 0.078 indicando que del total de la producción de sedimentos en la cuenca el 7.8% pasa a transporte y el resto quedaría retenido dentro de la misma, en las distintas subcuencas.

Palabras clave: Sedimentos, predicción, producción, retención, variables, subcuencas.

ABSTRACT

The production of sediments in basins is closely linked to the process of erosion, in fact, this increases with deforestation, consequently the concentration of suspended sediments also increases (Stott and Mount, 2004), which are deposited at the bottom of the channels, raising their level, significantly increasing the risk of flooding (Kramer et al. , 1997). While not all of the sediment settles on rivers, much of the material is transported downstream to the sea, where the rest of the particles settle. This causes hydraulic structures to become filled with sediments, reducing their productive life (Manson, 2004). Appropriate basin management requires estimation of both runoff and sediment production. This makes it possible to propose measures to increase water infiltration into the subsoil, control excess runoff, manage currents and reduce erosion, through soil protection (Raghuwanshi et al. , 2006). There are different methods for estimating sediment production in basins: methods based on direct measurement and methods based on mathematical modelling. The latter in turn are divided into methods: empirical, stochastic and simulation of physical processes. Physical process simulation methods can improve accuracy, but due to the large amount of data required, their use has been limited (Simons and Sentürk, 1992).

In this monographic work he proposes to evaluate the volume of sediments produced by water erosion through an empirical model called Potential Soil Erosion Method (EPM), also known as the Gavrilovic Method (Gavrilovic, Z. 1972). The method considers 6 factors that depend on the geological surface, soil properties (erodability factor), topographic factors (average slope), climatic factors such as annual mean precipitation, annual mean temperature, distribution and type of land use, to which is added a factor called degree of erosion. the volume of sediments (G) in the Quilca, Chilli and Vitor basin located in the Arequipa region, can be estimated using prediction techniques, such as the Gavrilovic equation, which relates production (W) and retention coefficients (W). sediments in a basin. The sediment production value obtained was 1 675 439. 11. 65 (m³/km²/year). The mean value of R was 0. 078 indicating that of the total sediment production in the basin, 7. 8% goes to transport and the rest would be retained within the basin, in the different sub-basins.

Keywords: Sediments, prediction, production, retention, variables, sub-basins.

I. INTRODUCCIÓN

Recientemente para estimar la producción de sedimentos en cuencas ha recibido una gran atención en diversas partes del mundo. Esto se debe al acelerado proceso de sedimentación que varias estructuras hidráulicas han sufrido en los últimos años (Verstraeten y Poesen, 2000). Lo cual se asocia al cambio de uso del suelo y a los probables efectos del cambio climático sobre el régimen de lluvias. En virtud de lo anterior se desconoce cómo se verá afectado el régimen de escurrimientos y cómo este afectará el funcionamiento de la infraestructura existente.

Podemos decir que del siglo XVII el personaje más destacado en materia hidráulica fue Galileo (1564-1642) quién al analizar la problemática de las aguas dijo: “El secreto del movimiento de las estrellas se descubrirá, pero las leyes que gobiernan el flujo de una corriente tomará mucho más tiempo” (Levi, 1986). Un brillante discípulo de este fue Benedetto Castelli a quien entre otras cosas le debemos la Ecuación de Continuidad. A este le siguió Torricelli, Mariotte, Hooke, Parent, Descartes, Pascal, Newton y muchos otros. Destacando Newton como uno de los más grandes de todos los tiempos (1643-1727). En materia fluvial, Guglielmini sobresale con su obra “De la naturaleza de los ríos”, siendo la primera obra en su tipo (Levi, 1986). Se basó en observaciones de campo, dando un gran avance en materia de sedimentos, siendo uno de los pioneros en este campo.

Para el adecuado manejo de una cuenca se requiere la estimación tanto del escurrimiento como de la producción de sedimentos. Lo que permite proponer medidas para incrementar la infiltración del agua al subsuelo, controlar el exceso de escurrimiento, manejar las corrientes y reducir la erosión, a través de protecciones del terreno (Raghuwanshi *et al.*, 2006).

Así, por ejemplo, la construcción de presas y represas sin conocimiento del grado de erosión ni de sedimentación del suelo y sin haber intervenido en conservación y/o restauración del suelo se vuelve insostenible; tanto porque se acorta la vida útil del proyecto, haciéndolo inviable financieramente, como por la condición irreversible de este tipo de intervenciones. En el Perú existen al menos 128 presas, la mayoría presentan problemas de azolvamiento, las principales represas como Poechos tiene una pérdida del 43% de su capacidad de almacenamiento, Gallito Ciego tiene una pérdida del 65% y Tinajones una pérdida del 9%.

1.1. OBJETIVOS

El objetivo general del presente trabajo es desarrollar un modelo conceptual, distribuido en espacio y tiempo basado en el estado actual de la cuenca, con el fin de estimar la producción de sedimentos anual en la cuenca Quilca Chili Vitor.

Los objetivos específicos fueron:

- Analizar las relaciones entre las variables involucradas como: erosión, temperatura, precipitación.
- Determinar los parámetros geomorfológicos de la cuenca.
- Vincular la ecuación del método Gavrilovic a un Sistema de Información Geográfico.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

De la universidad de Liubiana, se hizo el artículo de “APPLICABILITY OF THE AVRILOVIĆ METHOD IN EROSIÓN CALCULATION USING SPATIAL DATA MANIPULATION TECHNIQUES”, donde el método de Gavrilović implica un modelo distribuido paramétrico y se utiliza para predecir las tasas anuales de erosión del suelo y la producción anual de sedimentos. Usa coeficientes empíricos (coeficiente de erosionabilidad, coeficiente de protección, erosión coeficiente) y una matriz de características físicas de las subunidades de cuenca. El área a evaluar su aplicabilidad analizamos procesos erosivos en dos vecinos cuencas de drenaje, la cuenca del río Dragonja en Eslovenia y el río Botonega cuenca en Croacia. Los resultados de este estudio muestran que las técnicas SIG pueden ser incorporado con éxito al método Gavrilović. La aplicación de esto método en dos cuencas submediterráneas similares mostró similitudes y diferencias en la determinación de los coeficientes clave entre los dos enfoques diferentes. La principal diferencia fue la estimación del coeficiente de desarrollo de la erosión desarrollo de la erosión K_o , donde se debe evaluar la gravedad de la erosión. Para la validación adicional del método, las mediciones en ambas cuencas ya han comenzado a controlar la producción real de sedimentos.

Según el artículo “ASSESSMENT OF SOIL EROSION AND SEDIMENT YIELD USING EROSION POTENTIAL METHOD: CASE STUDY - VRBAS RIVER BASIN (B&H)” de la universidad de Banja Luka. La erosión del suelo es una de las formas más importantes de degradación de la tierra en Bosnia y Herzegovina. La cartografía de la erosión del suelo en ByH, al igual que en la zona de estudio, se realizó hace 30 años (1979-1985). Las últimas décadas han estado marcadas por los cambios que han conservado las huellas visibles y han provocado numerosos cambios en la intensidad de los procesos de erosión. En este trabajo se realizó la cartografía del estado reciente de la intensidad de la erosión, y luego se hizo un análisis de los cambios en relación con el estado de hace 30 años. Se utilizó el método del potencial de erosión (EPM) para cartografiar la erosión del suelo y calcular la erosión anual

bruta y la producción de sedimentos. El mapa de la erosión de la cuenca del río Vrbas se realizó a escala 1:25.000. Este mapa de erosión cuenta con un total de 69 secciones topográficas y 4.524 polígonos de erosión (parcelas). Según el Mapa de Erosión de la cuenca del Vrbas, 5.666,88 km² de la zona de estudio están afectados por la erosión, mientras que 621,71 km² acumulan sedimentos. La erosión bruta anual en la cuenca del Vrbas es de 1.223.989,60 m³/año, mientras que la producción de sedimentos es de 366.088,10 m³/año. Estos resultados de la investigación son importantes porque se trata del primer mapa de erosión del suelo de la cuenca del Vrbas con la metodología EPM para toda la cuenca del río en el territorio de Bosnia y Herzegovina. Los resultados pueden aplicarse en el ámbito de la planificación espacial y urbana, la gestión del agua y del suelo a nivel local y regional.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Definición de cuenca

a. Cuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica es un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal. La cuenca hidrográfica es la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Los límites de la cuenca o ‘divisoria de aguas’ se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río” (Ramakrishna, 1997).

b. Cuenca hidrológica

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 (Villón, 2011).

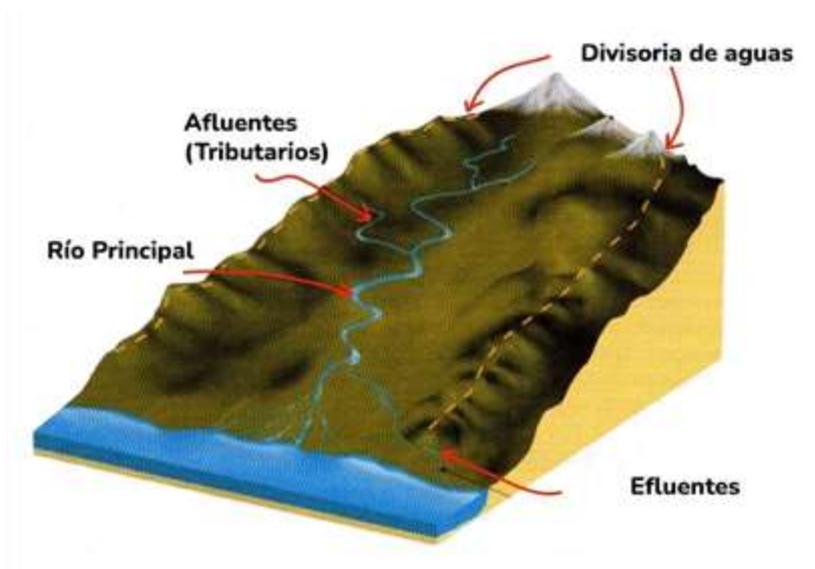


Figura 1: Cuenca Hidrográfica

FUENTE: Villón (2011).

c. Partes de una cuenca

Según Ordoñez (2011), una cuenca hidrográfica se divide en tres partes:

- **Cuenca alta:** Donde se ubica el origen del río principal en zonas laderas y montañosas, estas partes comprenden altitudes superiores a los 3,000 metros sobre el nivel del mar, llegando en algunos casos hasta los 6,500 msnm. La topografía de estas zonas son sumamente accidentada y escarpada; en consecuencia, su potencial erosivo es alta. También se les llama cabeceras de cuencas.
- **Cuenca media:** Corresponde a los valles interandinos de un río que, generalmente, realiza un zigzag, son las comprendidas entre los 800 y 3000 msnm. La función de estas partes de la cuenca está relacionada fundamentalmente con el escurrimiento del agua.
- **Cuenca baja:** Situado en las partes más bajas de la cuenca comprenden altitudes desde el nivel del mar hasta los 800 msnm. En esta zona los ríos pierden velocidad, fuerza y sedimentan todos los materiales recogidos formando llanuras aluviales o valles. En este ámbito están los amplios valles costeros.

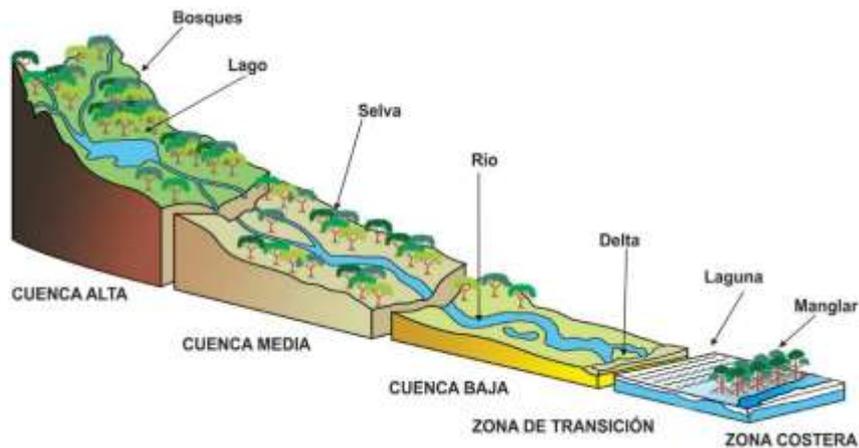


Figura 2: División de una cuenca hidrográfica

FUENTE: Ordoñez (2011).

d. División de una cuenca hidrográfica

Un tema de permanente discusión es lo referente a los conceptos de cuenca, subcuenca y microcuenca. El punto de partida para dicho análisis es el grado de ramificaciones de los cursos de agua que pueden existir; así por ejemplo se pueden considerar como microcuencas a los cursos de agua de primer, segundo y tercer orden; a subcuencas, los recursos de agua de cuarto y quinto orden y a cuencas los cursos de agua de sexto y más. El número de orden de un curso de agua o río se inicia a partir del cauce más pequeño y teniendo como punto de referencia los límites definidos por el “*Divortium Acuarum*”. Desde el punto de vista práctico en algunos casos el grado de ramificación de los cursos de agua puede ser rebasado por la magnitud del área de cada una de sus unidades, tal es el caso de la cuenca del río Amazonas en que las subcuencas que la forman (Marañón, Huallaga, etc.), son realmente unas “cuencas” cada una de ellas, pues la magnitud de su área es tan grande que resultaría muy dificultoso su análisis en base al grado de ramificaciones de sus cursos de agua. Es decir, las divisiones en cuencas o microcuencas deben hacerse con criterio técnico y práctico (Vásquez *et al.*, 2016).

Por ello, observando la Figura 3 se puede considerar como áreas de referencia para diferentes unidades hidrográficas a las siguientes:

Tabla 1: División de una cuenca en base a su superficie

Unidad Hidrográfica	Área (miles de has)
Cuenca	> 50
Subcuenca	5-50
Microcuenca	< 50

FUENTE: Vásquez *et al.* (2016)



Figura 3: Cuenca, subcuenca y microcuenca

FUENTE: Vásquez *et al.* (2016).

e. Características y/o parámetros físicos de una cuenca

- **Área de drenaje**

El área (A) es un parámetro geomorfológico muy importante y su importancia radica en las siguientes razones (Sánchez, 2015):

- Es un valor que se utilizará para muchos cálculos en varios modelos hidrológicos.
- Para una misma región hidrológica o regiones similares se puede decir que a mayor área mayor caudal medio.
- Bajo las mismas condiciones hidrológicas, cuencas con áreas mayores producen hidrógrafas con variaciones en el tiempo más suaves y llanas. Sin embargo, en cuencas grandes, se pueden dar hidrógrafas con picos cuando la precipitación fue intensa en las cercanías, aguas arriba, de la estación de aforo.

- El área de las cuencas se relaciona en forma inversa con la relación entre caudales extremos: mínimos/máximos.

- **Longitud**

La longitud, L, de la cuenca puede estar definida como la distancia horizontal del río principal entre un punto aguas abajo y otro punto aguas arriba (Hernani & Ramírez, 2012).

- **Perímetro**

El perímetro de la cuenca es un parámetro importante, pues en conjunto con el área, indica sobre la forma de la cuenca. La definición de perímetro está dada por el cálculo de la longitud de la línea de proyección en el plano horizontal (Jardi, 1985).

- **Ancho**

El ancho se define como la relación entre el área (A) y la longitud de la cuenca (L) y se designa como W. (Villon, 2002).

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

Donde:

A : Área de la cuenca (km²)

L : Longitud de la cuenca (km)

- **Parámetro de forma**

- **Factor de forma (F)**

Expresa la relación entre el ancho promedio de la cuenca (w) y la longitud (L).

Tabla 2: Forma de la cuenca en función al factor de forma

Factor de forma	Forma de la cuenca
F > 1	Redondeada
F < 1	Alargada

FUENTE: Villón (2002).

- **Coefficiente de compacidad (Kc)**

Designado por Kc e igualmente propuesto por Gravelius, compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio. Kc se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parteaguas que la encierra y el perímetro de la circunferencia (Monsalve, 2000).

$$Kc = \frac{0.28 * P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

Kc : Coeficiente de compacidad

A : Área de la cuenca (Km²)

P : Perímetro de la cuenca (km)

Este valor adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de 1 para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Los valores de Kc nunca serán inferiores a 1. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuerte volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuando más cercano sea a la unidad, lo cual quiere decir que entre más bajo sea Kc mayor será la concentración de agua. Existen tres categorías para la clasificación según el valor de este parámetro (Ver Tabla 3).

Tabla 3: Índice de Gravelius para la evaluación de la forma.

Clase	Rango	Descripción
Kc1	1 a 1.25	Forma casi redonda a oval - redonda
Kc2	1.25 a 1.5	Forma oval – redonda oval - alargada
Kc3	1.5 a 1.75	Forma oval – alargada a alargada

FUENTE: Ortiz (2004)

- **Parámetros relativos al relieve**

Son de vital importancia puesto que el relieve de una cuenca puede tener más influencia sobre la respuesta hidrológica que la forma misma de la cuenca.

- **Pendiente promedio de la cuenca**

La pendiente promedio de la cuenca aporta una importante información que es un índice de la velocidad media de la escorrentía y su poder de arrastre y de la erosión sobre la cuenca (Villón, 2014). Uno de los métodos rudimentarios más representativos para el cálculo es el muestreo aleatorio por medio de una cuadrícula; llevando las intersecciones de la cuadrícula sobre el plano topográfico y calculando la pendiente para todos los puntos arbitrariamente escogidos. Con todos estos valores se puede construir un histograma de pendientes que permite estimar el valor medio y la desviación estándar del muestreo de las pendientes. Las pendientes para los puntos dados por las intersecciones de la cuadrícula se calculan teniendo en cuenta la diferencia de las dos curvas de nivel entre las cuales el punto quedó ubicado y dividiéndola por la distancia horizontal menor entre las dos curvas de nivel, pasando por el punto ya determinado (Binjolkar & Keshari, 2012).

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{D * L_L}{A}$$

Donde:

L_L : Es la longitud total de todas las curvas de nivel que están dentro de la cuenca (Km).

A : Área de la cuenca (Km²).

D : Es la equidistancia entre curvas de nivel (km).

- **Altura y elevación promedio del relieve**

La elevación promedio en una cuenca tiene especial interés en zonas montañosas pues nos puede dar una idea de la climatología de la región, basándonos en un patrón general climático de la zona. La elevación promedio está referida al nivel del mar. Este valor puede ser encontrado usando la curva hipsométrica o el histograma de frecuencias altimétricas. La estimación por una media aritmética ponderada en el caso del histograma, o de la curva hipsométrica calculando el área bajo la curva y dividiéndola por el área total. La altura media, H, es la elevación promedio referida al nivel de la estación de aforo de la boca de la cuenca (Sunkar & Tonbul, 2011).

f. Parámetros de la red hídrica

Utilizados para estudiar el drenaje natural, permanente o temporal, por el cual fluye las aguas de la escorrentía (superficial, sub-superficial y subterráneos) de la cuenca. En el presente trabajo no se hará énfasis en los parámetros relativos a la red hidrográfica, ya que es la energía cinética de las gotas de lluvia, la contemplada en la ecuación universal y no la energía fluvial.

2.2.2. Erosión

La erosión del suelo es un proceso que siempre ha acompañado a la tierra. Es generado por el agua y el viento y potencializado por los procesos antrópicos. Podría afirmarse que es un proceso natural que por acción del hombre puede aumentar la tasa de generación de este.

La erosión se define como remoción del material superficial por acción del viento o del agua y, en sentido amplio, la erosión de los suelos consiste en compararlo con otros procesos de desgaste del paisaje, ya que la erosión del suelo deberá reconocerse como el problema dominante solamente cuando y donde sea el proceso más rápido. Otra perspectiva más estricta en segundo lugar, examina la erosión del suelo con sus controles climáticos y vegetales inmediatos y cuestiona el grado de eficiencia en que se entienden a este nivel los procesos que intervienen en el impacto de las gotas de lluvia, generación de flujo y resistencia a la sedimentación (Kirkby y Morgan, 1980).

La erosión es un fenómeno que comprende el desprendimiento y traslado o arrastre de las partículas del suelo por acción del agua, del viento, o de la actividad biológica. Puede ser natural (normal o geológica) cuando se produce por los cambios naturales en el ambiente y en largos períodos geológicos contribuyendo a la formación de los suelos y del relieve terrestre; o acelerada siendo uno de los problemas más serios que tiene que enfrentar cualquier acción encaminada a lograr el desarrollo agropecuario, ya que además de ser la causa de bajos rendimientos de los cultivos, acorta la vida útil de las obras de regulación por la cantidad de sedimentos que acarrea el agua que se almacena colmatando el lecho de los ríos y favoreciendo, en muchos casos las inundaciones, problemas de drenaje y salinización de las tierras (Vásquez, 2000).

2.2.3. Procesos de erosión

En este trabajo nos referiremos principalmente a la erosión debida al agua, describiremos la erosión hídrica y sus tipos. En hidrología, erosión se puede definir como: el desgaste de la superficie terrestre por agentes externos como el agua o el viento.

El proceso de erosión consiste en el desprendimiento y transporte de partículas de la superficie del suelo debido al agua (hídrica) y al viento (eólica), siendo el agua el principal agente de erosión. Al encontrarse las partículas sobre la superficie pueden ser desprendidas por las gotas de lluvia (Figura 4), por los escurrimientos y viento. Entonces, pueden ser transportados por el viento, agua o gravedad. Tanto para el desprendimiento como para transporte de partículas el proceso requiere energía. Esta llega a la superficie por el impulso que produce el momento (masa x velocidad), que ocasiona la caída de las gotas de lluvia, el escurrimiento o el viento. Además del desprendimiento se produce el transporte, en algunas ocasiones el suelo que fue arrastrado por la erosión llega a los ríos, en ellos la arena y el limo arrastrado pueden llegar a formar bancos de sedimentos (Brooks *et al.*, 1997; Rivera Trejo *et al.*, 2006).

La Figura 5 muestra un sistema típico de erosión en una cuenca. Esta se erosiona debido al agua y al viento, produciendo erosión superficial, cuyas partículas son arrastradas por el flujo superficial, el cual se concentra en canalillos o arroyuelos, transportando y erosionando nuevamente, hasta llegar a cauces estables donde la corriente seguirá degradando el cauce y transportando sedimentos. Durante todo el viaje, el depósito de partículas se lleva al cabo, primero trasladando las partículas, luego acumulándolas en los cambios de pendiente o donde la pendiente sea muy baja, como en valles y planicies, en el fondo de los cauces y formando barras en éstos. Si los cauces encuentran alguna obstrucción también será factible la acumulación de sedimentos.

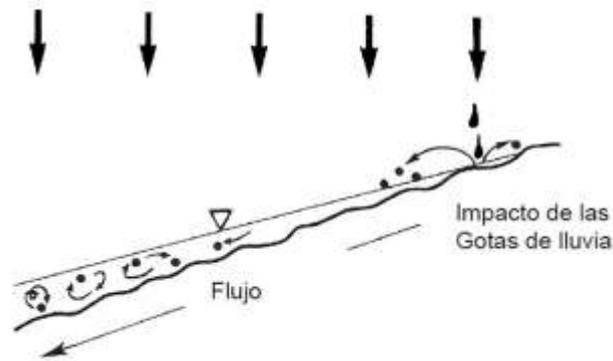


Figura 4: Erosión de superficie como resultado del impacto de las gotas de lluvia y la turbulencia de los escurrimientos

FUENTE: Brooks *et al.* (1997).

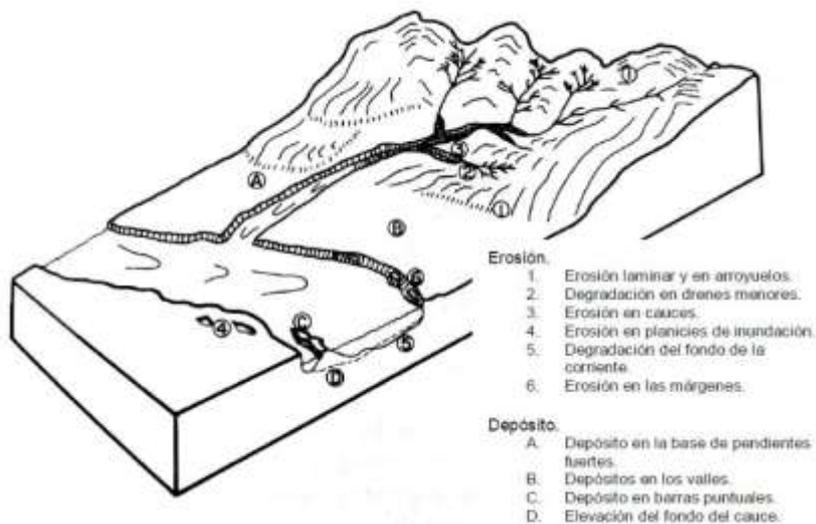


Figura 5: Sistema típico de erosión y depósito de sedimentos en una cuenca

FUENTE: Vanoni (1977).

2.2.3.1. Tipos de erosión hídrica

De acuerdo al agente que la causa se distinguen dos grandes procesos: erosión eólica, causada por el viento y la erosión hídrica, causada por la lluvia y la escorrentía superficial sobre la cuenca.

a. Erosión por salpicaduras:

Los estudios de Huang en 1982, en que se estima que la velocidad local de esos chorros alcanza el doble de la velocidad de caída de las gotas (entre 4 m/s y 9 m/s)

dependiendo de su tamaño. Estos chorros de alta velocidad imparten velocidad a algunas partículas de suelo lanzándolas por el aire, contenidas en pequeñas gotas que son formadas por el fraccionamiento de la gota de lluvia en contacto con el suelo. En suma, las gotas de lluvia tienen un efecto de consolidación y dispersión del suelo. (Morgan *et al.*, 1995).

b. Erosión por escorrentía superficial

El escurrimiento superficial se presenta siempre y cuando haya pendiente en el terreno y el suelo ya esté saturado.

Esencialmente, el escurrimiento se forma cuando la intensidad de la lluvia es mayor que la velocidad de infiltración. La corriente erosiona por medio de dos acciones: una disgregadora y otra transportadora. La primera se produce cuando las fuerzas tractivas del flujo superan a las fuerzas resistentes de las partículas del suelo. La segunda se lleva a cabo cuando se satura el suelo y el agua empieza a escurrir, trasladando los sólidos hacia aguas abajo. Estas partículas son muy finas y van a componer la carga de lavado de los cauces (Ramírez, 2009).

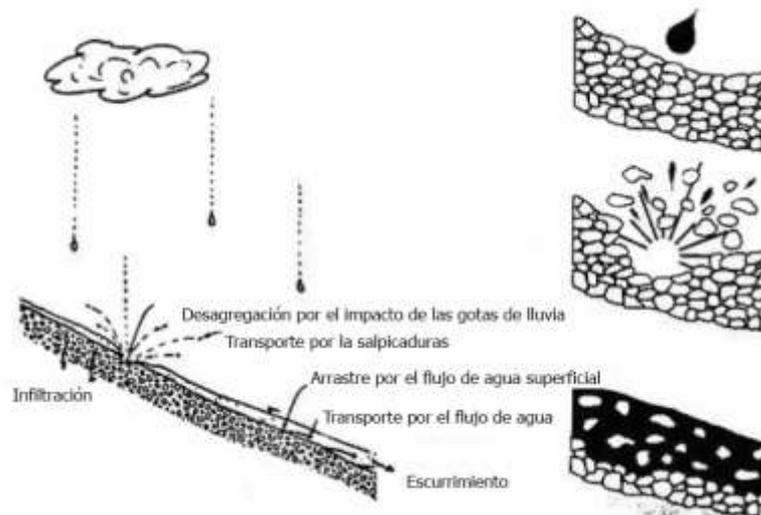


Figura 6: Inicio de erosión por gotas de lluvia

FUENTE: Rivera *et al.* 2006)

c. Erosión laminar

Esta consiste en una remoción de delgadas capas de suelo extendida más o menos uniformemente en toda la superficie (Vanoni, 1977). Producto del impacto de las gotas de lluvia y por el escurrimiento, mientras que al formarse el flujo, éste transporta el material erosionado. El escurrimiento circula lentamente sin cauce en régimen laminar, y no es permanente (López Cárdenas, 2003).

d. Erosión por surcos

Los surcos de erosión se forman por la concentración del flujo del agua en caminos preferenciales, arrastrando las partículas y dejando canales de poca profundidad generalmente paralelos. El agua de escorrentía fluye sobre la superficie de un talud y a su paso va levantando y arrastrando partículas de suelo, formando surcos. Los surcos forman una compleja microred de drenaje donde un surco al profundizarse va capturando a los vecinos, formando surcos de mayor tamaño, los cuales a su vez se profundizan o amplían formando cárcavas. La localización en cuanto a su profundidad y velocidad de avance del proceso es controlada por los fenómenos de tipo hidráulico y por la resistencia del material a la erosión. Los surcos de erosión pueden estabilizarse generalmente, con prácticas agrícolas.

e. Erosión por cárcavas y barrancos

Son cursos de agua, cauces o ríos con circulación permanente o intermitente. Los procesos de erosión se presentan sobre la superficie que define el propio cauce. Consisten en profundas incisiones en el terreno debido a una gran concentración de escurrimiento, las cuales no desaparecen con los métodos ordinarios de agricultura. Cuando el tirante del arroyuelo excede los 300 mm se le denomina cárcava (Haan *et al.*, 1982).

La erosión en barrancos es la mayor fuente de erosión geológica (Brooks *et al.*, 1997). Sin embargo, es la erosión laminar la que aporta la mayor cantidad de partículas a los cauces (López Cárdenas, 2003), por ende el total de sedimentos que fluye de cárcavas es menor que el producido laminarmente (Vanoni, 1977).

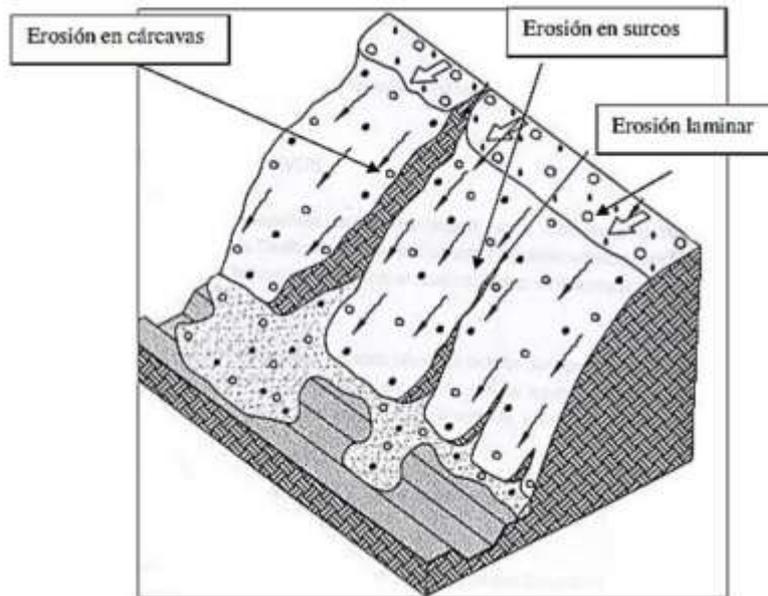


Figura 7: Esquema típico de los diferentes tipos de erosión hídrica

FUENTE: López (2002).

- **Erosión por movimiento de masa**

La erosión por movimientos de masa se lleva a cabo al saturarse el suelo, cuando este se encuentra en pendiente y carece de vegetación, ocasionando una falla por acción de la gravedad. Otra circunstancia que propicia este tipo de desplazamientos sucede cuando el agua alcanza un horizonte de suelo apoyado sobre una capa impermeable, lubricándolo y, si está en pendiente, puede crear una línea de desequilibrio en toda la zona del suelo situada por encima (López Cárdenas, 2003).

Los factores que intervienen en los movimientos de masa pueden ser pasivos o activos. Entre los factores pasivos se encuentran los litológicos, los estratigráficos, los estructurales, los topográficos, los climatológicos y los biológicos. Los factores activos consisten en la remoción de la base de apoyo por medios naturales o artificiales, y en la sobrecarga por saturación de agua o por cargas artificiales.

Los movimientos de masa se pueden clasificar en: lentos, rápidos y deslizamientos (López Cárdenas, 2003). A continuación se presenta una descripción detallada al respecto.

- **Movimientos Lentos**

- **Reptación.** Movimiento lento que se da en capas de suelo arcilloso de 50 cm de espesor. Se observa al comparar el suelo con puntos de referencias, como árboles o postes.
- **Solifluxión.** Movimiento de material saturado y no confinado en cauces definidos. Propio de climas subpolares, donde el suelo se ve afectado por el hielo y deshielo.

- **Movimientos Rápidos**

- **Corrientes de barro.** Movimientos en cauces definidos por detritos saturados de agua. Se presentan en regiones áridas con precipitaciones poco frecuentes de gran magnitud.
- **Corrientes terrosas.** Movimientos de material saturado de agua, no confinadas en un cauce. Se presentan en climas húmedos.
- **Derrumbamientos.** Son flujos laminares de detritos rocosos sobre laderas de fuerte pendiente y con formaciones angostas. Son similares a los aludes, pero con mayor contenido de agua.

- **Deslizamientos**

- **Desmoronamientos.** Deslizamiento intermitente de detritos rocosos generalmente con una rotación hacia atrás con respecto a la pendiente sobre la cual tiene lugar el movimiento.
- **Deslizamiento de detritos.** Deslizamiento o rodadura, con movimiento rápido, sin rotación hacia atrás y con baja cantidad de agua.
- **Caída de detritos.** Movimiento libre de detritos desde una cara vertical del terreno. Frecuente a lo largo de las márgenes de los ríos.

- **Deslizamientos de rocas.** Masas que se deslizan a lo largo de superficies de estratificación, diaclasas o a lo largo de fallas.
- **Alud de rocas.** Caída libre de bloques de roca en pendiente con inclinación importante. Son frecuentes durante periodos de congelación y derretimientos sucesivos.

2.2.4. Sedimentos

Los sedimentos juegan un papel importante en la vida útil de los embalses; éstos son conducidos por corrientes de agua y depositados en el fondo de los ríos, canales artificiales y los embalses, condicionando la duración del reservorio en función de la cantidad y el material. Los sedimentos se caracterizan porque parte de ellos quedan suspendidos en el cuerpo de agua que los contiene (a estos se les denomina carga en suspensión) y están compuestos por arcillas, limos y arenas; otros, son aquellas partículas que el agua soporta durante todo el movimiento, tales como los sedimentos que deslizan, arrastran y ruedan (se le denominan carga de fondo) y aquellos que por las irregularidades del fondo se mantienen en suspensión en un periodo corto se les denomina carga de saltación.

Los sedimentos del cauce o carga de cauce, es la sumatoria de la carga de fondo, carga de saltación y la carga en suspensión. La carga de lavado ésta dada por partículas de tamaño fino no muy significativas, depositadas en el fondo de los cauces. La carga total de sedimentos en un cuerpo de agua se da por la carga de cauce y la carga de lavado. Los depósitos tienen influencia en los cuerpos de agua; la consecuencia de los procesos de sedimentación aguas abajo es la reducción de la capacidad de transporte de ríos y el aumento del riesgo de inundaciones, obstruyen los canales de riego y disminuyen la vida útil de los embalses. Los sedimentos pueden ser contaminantes en la medida que sus niveles y composición favorezcan la eutroficación y al deterioro de la calidad del agua.

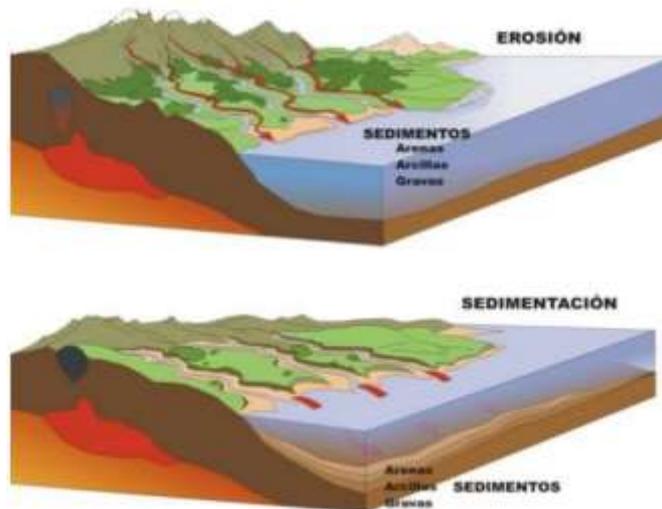


Figura 8: Sedimentación

FUENTE: Recursostic.educacion.es.

2.2.4.1. Producción de sedimentos

Los sedimentos son el producto de los distintos tipos de erosión. Del material desprendido sólo una pequeña parte atraviesa la cuenca y llega a la salida de ésta. El resto de los sedimentos son depositados en las colinas, planicies de inundación y las áreas entre riachuelos. Según Brooks *et al.* (1997), menos del 25% de los sedimentos generados son descargados al mar. Mientras que la producción de sedimentos consiste en el total de material que sale de la cuenca o sistema de drenaje, medido para un cierto periodo y un punto específico (Vanoni, 1977).

Por lo general, se estima con base en muestreos y se relaciona con el gasto del cauce o por medio de mediciones de los sedimentos descargados en los embalses. La erosión de una cuenca es directamente proporcional a la producción de sedimentos de la misma. Ésta última se ve afectada por la cubierta vegetal existente; por consiguiente, en las zonas áridas se tiene una producción mayor. En ese sentido, puede haber cuencas pequeñas con una producción de sedimentos más importante que cuencas más extensas. La carga de sedimentos de una corriente es definida como la tasa de transporte de masa a través de una determinada sección del cauce y se puede medir en peso por volumen (mg/l) o por concentración (ppm). Esta se comprende de partículas finas transportadas en suspensión. La parte de la carga suspendida se le denomina carga de lavado, está constituida principalmente por limos y arcillas. También existe la llamada carga de fondo, la cual está compuesta de arenas, gravas y rocas,

que al convertir el movimiento en la energía cinética de los remolinos y turbulencia de la corriente ocasiona que se arrastren las partículas hacia aguas abajo (Ramírez, 2009).

La cantidad de sedimentos en una corriente depende del suministro de material, de las características del cauce, del gasto y de las características físicas del sedimento. El suministro de material y el gasto son función de la climatología, la topografía, la geología, la cubierta vegetal y el uso del suelo de la cuenca. Las características del cauce dependen de la morfología, de la pendiente del cauce, de la rugosidad y del material de fondo. Por otro lado, las características físicas de las partículas son función del tipo de suelo, de la geología y del estado de intemperismo de la cuenca y el cauce (Ramírez, 2009).

Las alteraciones en el uso del suelo de una cuenca producen una variación en la producción de sedimentos, los cuales afectan la morfología de los cauces aguas abajo. Fenómeno que ha sido observado y del cual se puede predecir su comportamiento mediante suposiciones reflejadas en la Tabla 4 (Stott y Mount, 2004).

Tabla 4: Respuesta del cauce a las alteraciones de la carga de sedimento y gasto líquido. Donde Q_w es el cambio en el gasto líquido y Q_s es el cambio en la descarga de sedimentos

Cambio	Descripción
$Q_s + Q_w =$	Elevación del fondo: inestabilidad del cauce, ensanchamiento y poca profundidad.
$Q_s - Q_w =$	Incisión: inestabilidad del cauce, angostamiento del canal y crecimiento de la profundidad del cauce.
$Q_s + Q_w =$	Incisión: inestabilidad del cauce, ensanchamiento del cauce y crecimiento de la profundidad del cauce.
$Q_s - Q_w =$	Elevación del fondo: inestabilidad del cauce, angostamiento y poca profundidad.
$Q_s + Q_w =$	Elevación de fondo.
$Q_s + Q_w =$	Toda actividad morfológica se intensifica.
$Q_s - Q_w =$	Decremento de la actividad morfológica.
$Q_s - Q_w =$	Incisión: inestabilidad del cauce, crecimiento de la profundidad del cauce y el ancho cambia sin control.

FUENTE: Stott y Mount (2004)

De la Tabla 4 se deduce que cuando la concentración de sedimentos aumenta provoca elevación del fondo, inestabilidad del cauce, ensanchamiento y poca profundidad. Por el contrario, cuando la concentración de sedimentos baja ocasiona incisión del cauce,

inestabilidad del cauce, angostamiento y crecimiento de la profundidad.

2.2.5. Sistema de información geográfica

Sistema de información geográfica Fattorelli & Fernandez (2011) indicó, tempranamente, que el SIG es algo manual o computarizado basado en un conjunto de procedimientos usados para almacenar y manipular datos referenciales geográficamente. Meaden y Kapetsky (1992) se refirieron al SIG como un conjunto de hardware y software integrados que permiten introducir, almacenar, manipular y presentar datos geográficos para una enorme gama de aplicaciones. Por su parte Rojas (1999) define de manera más global las capacidades del SIG mencionando que su diseño pretende soportar la captura, procesamiento y recuperación de datos referenciados espacialmente. Los SIG deben ser capaces de expresar localización, condición, tendencia, distribución y modelización. Finalmente, Sosa-Pedroza & Martínez-Zúñiga (2009) expone una definición más actualizada e integral de los procesos que engloba el trabajo con SIG; así, los define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica con el fin de satisfacer múltiples propósitos.

2.3. METODO DE GAVRILOVIC – ZEMLIJC

En lo que se refiere a la fuente de sedimentos por erosión superficial, se analiza en primera etapa la metodología desarrollada por Gavrilovic (1988), con la cual se estima la descarga media anual de material erosionado, calculada como el producto de dos relaciones diferentes: el volumen promedio anual erosionado de sedimento y el coeficiente de retención de sedimentos. Esta metodología ha sido probada por el autor en cuencas balcánicas y recientemente aplicada en cuencas alpinas (Peviani *et al.*, 1994; Bemporat *et al.*, 1996). Este método empírico propuesta por Gavrilovic cuantifica el proceso erosivo en función de las características morfológicas, geolitológicas, vegetación y uso del suelo, distribución de precipitaciones y temperatura (forzantes del modelo). Se define de este modo la descarga media anual de material erosionado (G) como el producto de la producción de sedimentos (W) y el coeficiente de retención (R). De esta manera, puede presentarse la siguiente relación funcional para la estimación del volumen de sedimento producido a nivel de cuenca en un año:

$$G = W \cdot R$$

Donde:

- G : Descarga media anual de material erosionado (m³/año).
W : Volumen promedio anual erosionado de sedimento (m³/año).
R : Coeficiente de retención de sedimentos.

La ecuación ha sido ampliamente implementada en Balkans como en otras ciudades de Servia (Gavrilovic, 1988) Croasia (Petras *et al.*, 2005), Slovenia (Zemljic, 1971), Alemania (De Cesare *et al.*, 1998), Italia (Fanetti and Vezzoli, 2007; De Vente *et al.*, 2006), Argentina (Rafaelli *et al.*, 1998), Bélgica (De Vente and Poesen, 2005), Grecia (Emmanouloudis and Filippidis, 2002; Emmanouloudis *et al.*, 2003; Stefanidis *et al.*, 1998; Kalinderis *et al.*, 2009), proporcionando resultados confiables de la severidad de la erosión de suelos (perdida media anual de suelos/tasas de sedimentación) así como su uso para la implementación de regulación de torrentes y otras formas de control de la erosión de suelos (Efthimioun *et al.*, 2015).

Este modelo es ampliamente utilizado en regiones donde es escasa la disponibilidad de datos, pero su uso fácil y simplificado demanda una comprensión exigente en los cálculos. El modelo se ajusta para cuencas de montañas sin datos de aforos. Recientemente los Sistemas de Información Geográfica (SIG) están siendo usados para evaluar la erosión y la sedimentación a través de modelos empíricos (Mezosi and Mucsi, 1993; Hill, 1993; Solaimani, 1997; Clark, 1999; Mohammed *et al.*, 2001; Shrimali *et al.*, 2001; Bissonnais *et al.*, 2002; Yuliang and Yun, 2002; Martinez-Casasnovas, 2003; Zhou and Wu, 2008; Terranova *et al.*, 2009; Tomczyk, 2011; Navas *et al.*, 2012), donde cada parámetro de entrada es considerado en una capa diferente por lo que puede ser usada para cálculos en paquetes de SIG (Bozorgzadeh and Kamani, 2012).

2.4. PARAMETROS DEL METODO GRAVILOVIC-ZEMLIJC

2.4.1. Volumen promedio anual erosionado de sedimento W(m³/año)

La expresión para determinar el volumen promedio de sedimento erosionado está dada en la siguiente ecuación:

$$W = T \cdot h \cdot \pi \cdot Z^{2/3} \cdot F$$

Donde:

- T : Coeficiente de temperatura.
h : Representa la precipitación media anual (mm/año).
Z : Coeficiente de erosión.
F : Superficie de la cuenca (km²).

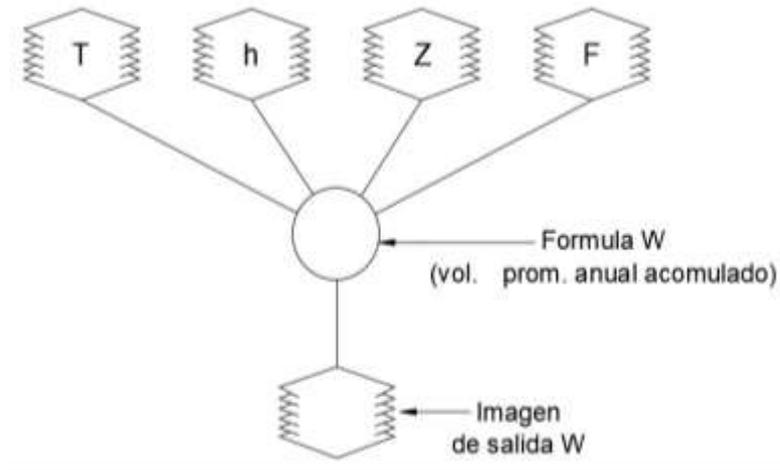


Figura 9: Modelo espacial para calcular el volumen promedio anual de sedimentos

2.4.2. Coeficiente de temperatura (T)

Para el cálculo de este coeficiente está en función de la temperatura media anual, se obtiene de:

$$T = \left[\left(\frac{t}{10} \right) + 0.1 \right]^{1/2}$$

Donde:

- t : temperatura media anual (°C).

2.4.3. Precipitación (h)

Los datos se obtuvieron de las estaciones meteorológicas más cercanas al área de estudio. El resultado de su procesamiento con ayuda de herramientas SIG, permitieron la creación de un mapa de isoyetas.

2.4.4. Coeficiente de erosión (Z)

Mientras que la ecuación correspondiente al coeficiente de erosión es:

$$Z = X \cdot Y \cdot (\varphi + I^2)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

- X : Coeficiente de uso del suelo.
Y : Coeficiente de resistencia del suelo a la erosión.
 φ : Coeficiente que evalúa los procesos erosivos observados.
I : Gradiente de la pendiente superficial (%).

El coeficiente de uso de la tierra (X) describe la capacidad del uso de la tierra para resistir la erosión a través de la vegetación o de la cobertura artificial. El coeficiente de resistencia del suelo (Y) representa la capacidad del suelo para representar la erosión proveniente de la precipitación y generalmente se calcula a través de experimentos de laboratorio o mediciones de campo. φ representa el grado en que procesos activos de erosión están presentes. Los valores de X, Y así como φ pueden apreciarse en las tablas 5, 6 y 7, respectivamente (Gavrilovic, 1988).

Tabla 5: Los valores del parámetro X por categoría de Uso de la Tierra

Categoría	Subcategoría	Valor de X
Las áreas sin cobertura vegetal	Tierras baldías que no se pueden arar (tierras malas/baldías)	1.00
	Campos arados arriba/abajo de la colina	0.90
Pastizales dañados y tierras cultivadas	Los huertos o viñedos sin vegetación baja	0.70
	Campo de contorno cultivado	0.63
	Arbustos forestales degradados sobre el suelo erosionado	0.60
	Pastos de montaña seca	0.60
Bosques y arbustos dañados, pastizales	Prados y cultivos perennes similares	0.40
Bosques de coníferas con poca arboleda, escasos arbustos, praderas de arbustos	Pastizales de pasto crecido y drenado	0.30
Bosques mixtos y malezas densas, bosques dispersos con arbustos bajo arboles más grandes (underwood)	Buen bosque en laderas empinadas	0.20
	Buen bosque en laderas suaves	0.05

FUENTE: Banco Interamericano de Desarrollo (2016)

Tabla 6: Los valores del parámetro Y por categoría de Suelo

Categoría	Subcategoría	Valor de Y
Sedimentos finos y suelos poco resistentes a la erosión	Arena y grava y suelo suelto	2.00
Sedimentos, morrenas, arcillas y otras rocas débiles	Loes, toba, suelos salinos, suelos de estepa y similares	1.60
Rocas blandas, estabilizada (pendiente de talud, esquistos, arcillas rígidas)	Meteorización de piedras calizas y margas	1.20
	Serpentina, piedra arenisca roja, depósitos de flysch	1.10
	Parapodzol, podzol, esquistos desintegrados, maschist, gneis, esquistos arcillosos, etc.	1.00
Rocas parcialmente resistentes a la erosión	Caliza compacta y schistose, suelos tierra-roja y fumose-silicatos	0.90
	Suelo forestal marrón y suelos de montaña	0.80
	Suelos smonitsa, valle húmedo (back bog)	0.60
Rocas duras resistentes a la erosión	Chernozem y depósitos aluviales de buena textura	0.50
	Rocas ígneas compactas desnudas	0.25

FUENTE: Banco Interamericano de Desarrollo (2016)

Tabla 7: Los valores del parámetro ϕ por categoría de Cuenca

Categoría	Subcategoría	Valor de ϕ
Cuenca completamente erosionada con barrancos y deslizamientos de tierra	La cuenca o zona completamente conectada por barrancos y procesos de erosión profundos	1.00
	Alrededor del 80% del área está bajo arroyuelos y barrancos	0.9
50 – 80% de las cuencas con erosión en arroyuelos y deslizamientos	Alrededor del 50% del área está bajo arroyuelos y barrancos	0.80
	Toda el área está conectada por la erosión de la superficie, detritus y escombros, algunos arroyuelos y barrancos (erosión profunda) y fuerte erosión kárstica	0.7
Erosión laminar, talud de escombros, pendiente con arroyuelos y barrancos, erosión kárstica	Toda el área está conectada por la erosión, pero sin efectos visibles profundos (arroyuelos, barrancos, desprendimientos de rocas, etc.).	0.60
	El 50% del área está conectada por la erosión de la superficie, mientras que el resto de la cuenca esta desconectada	0.50
Erosión laminar en un 20-50% de las cuencas	El 20% del área está conectada por la erosión de la superficie y el 80% esta desconectada	0.30
	La superficie de la tierra sin efecto visible de erosión, desprendimientos o deslizamientos menores de rocas en canales fluviales	0.20
Signos menores de erosión en las cuencas	La superficie de la tierra sin efecto visible de la erosión, la mayoría son campos de cultivo	0.15
	La superficie de la tierra sin efecto visible de erosión, principalmente plantas creciendo bajo arboles más grandes o cultivos perennes (prados, pastizales, etc.).	0.10

FUENTE: Banco Interamericano de Desarrollo (2016)

2.4.5. Gradiente de la pendiente superficial I (%)

Para obtener el gradiente de la pendiente superficial, valor de I, se obtuvo de Modelos Digitales de Elevación ALOS-PALSAR. A partir de este DEM se obtuvo el ráster con las pendientes expresadas en porcentajes.

2.4.6. Coeficiente de retención de sedimentos (R)

La ecuación del coeficiente de retención del sedimento de acuerdo a Zemlijc (1971) se determina como:

$$R = \frac{[O * D]^{1/2} * (L + L_i)}{(L + 10) * F}$$

Donde:

- O : Perímetro de la cuenca (km).
- D : Diferencia de elevación entre la elevación media y mínima (km)
- L_i : Longitud total de afluentes laterales (km).
- L : Longitud del cauce principal, talweg (km).
- F : Superficie de la cuenca (km²)

En una segunda etapa se desarrolló la evaluación estadística de los datos recopilados, mediante la herramienta Microsoft Excel, Python, QGIS y Google Earth, tanto para el cálculo de la producción de sedimentos mediante Gavrilovic- Zemlijc.

III. METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

3.1.1. Ubicación del proyecto

La cuenca Quilca - Vitor - Chili está ubicada en la vertiente occidental de la Cordillera de Los Andes, y consecuentemente pertenece a la vertiente del Océano Pacífico. Abarca prácticamente la totalidad de la provincia de Arequipa, al suroeste del territorio peruano, entre la latitud Sur $15^{\circ}37'50''$ y $16^{\circ}47'10''$ y longitud Oeste $70^{\circ}49'15''$ y $72^{\circ}26'35''$, con altitudes que varían desde los 0 m hasta los 6310 msnm (Nevado Ampato). Tiene una extensión total de 13 456.98 km². La cuenca Quilca – Vitor - Chili está configurada en 11 Unidades Hidrográficas de nivel 4, cinco de las cuales son tributarias y cinco que conforman el cauce principal. El ámbito territorial está conformado por las Unidades hidrográficas señaladas en la Tabla 8.

Tabla 8: Unidades hidrográficas

Unidades Hidrográficas	Superficie total (km ²)	Superficie %
Alto Quilca-Vitor- Chili	963.43	7.2
Bajo Quilca-Vitor-Chili	329.14	2.9
Blanco	1153.64	8.6
Medio-Alto Quilca-Vitor-Chili	936.97	7.0
Medio-Bajo Quilca-Vitor-Chili	2912.14	21.4
Medio Quilca-Vitor-Chili	2335.76	17.4
Salinas	656.28	4.9
Siguas	1854.61	13.8
Sumbay	744.23	5.5
Yura	1541.25	11.5
Cuenca total	13456.98	100

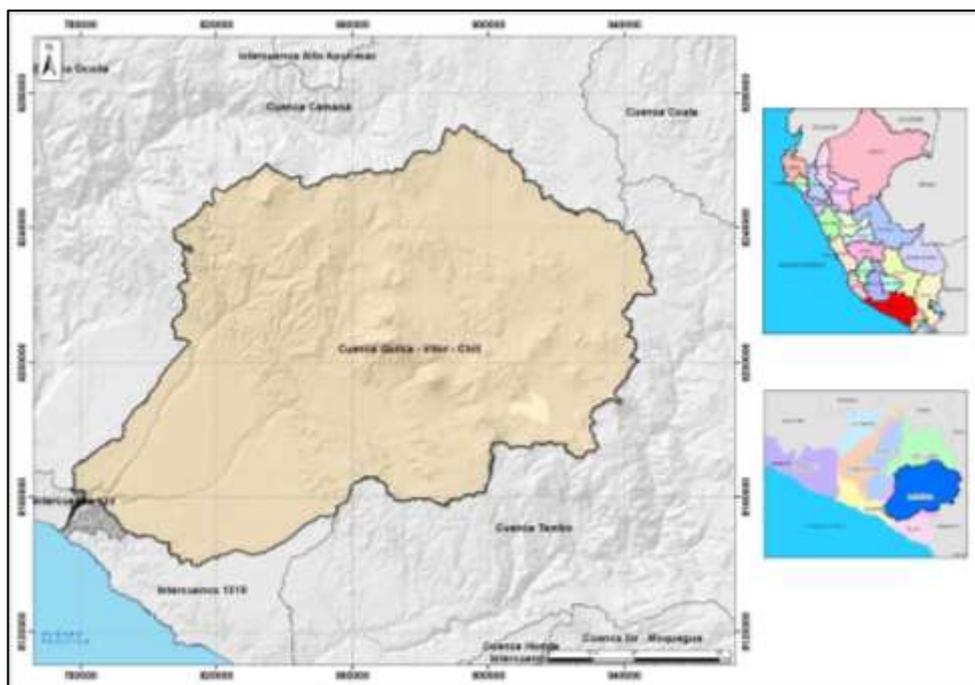


Figura 10: Mapa de ubicación de la cuenca Quilca-Vitor-Chili

3.1.2. Accesibilidad

La cuenca es accesible desde la ciudad de Lima a través de la carretera Panamericana Sur con un recorrido de 1120 km (14 horas en promedio) hasta la ciudad de Arequipa. Por vía aérea se dispone de vuelos comerciales diarios, cuyo tiempo de vuelo es de una hora y 15 minutos aproximadamente (del aeropuerto internacional Jorge Chávez al aeropuerto Rodríguez Ballón).

3.1.3. Características biofísicas de la cuenca hidrográfica

3.1.3.1. Aspectos hidro-geomorfológicos

Las características físicas de una cuenca desempeñan un papel esencial en el estudio y comportamiento de parte de los componentes del ciclo hidrológico, tales como la evaporación, infiltración, flujo superficial, entre otros. Las principales características físicas que se consideran en investigaciones hidrológicas son las concernientes a la cuenca, a la red de drenaje y al cauce o río principal.

A continuación, se presentan los principales parámetros que determinan la geomorfología de las unidades hidrográficas en estudio.

a. **Parámetro de forma**

La forma de la cuenca interviene de manera importante en las características del hidrograma de descarga de un río, particularmente en los eventos de avenidas máximas. En general, cuencas de igual área, pero de diferente forma generan hidrogramas diferentes.

Para determinar la forma de una cuenca se utilizan los coeficientes que a continuación se describen:

- **Área de la cuenca:** Se refiere al área proyectada sobre un plano horizontal, medida dentro de los límites de la cuenca siguiendo la línea de *divortium aquarium*. Desde el punto de vista hidrológico es más importante esta proyección horizontal que la superficie real de la cuenca. Las gotas de lluvia caen verticalmente y no ortogonales a la ladera, igualmente el crecimiento de los árboles es vertical, etc.
- **Perímetro de la cuenca:** Es el contorno que delimita el área de la cuenca, igual a la longitud de la línea de *divortium aquarium*.
- **Longitud del cauce principal (Lc):** El desarrollo longitudinal del colector principal es una magnitud característica útil y de efecto importante en la respuesta hidrológica de la cuenca, ya que en un río corto los efectos de la precipitación se reflejan más rápidamente que en un río largo. La longitud del cauce principal es la distancia medida a lo largo del curso fluvial de mayor orden, desde las nacientes hasta el final de este.
- **Coefficiente de compacidad o índice de Gravelius:** Definido por Gravelius como la relación entre el perímetro de la cuenca y la circunferencia del círculo que tenga la misma superficie de la cuenca.

La peligrosidad de una cuenca aumenta si el coeficiente K se acerca a la unidad,

o a una forma redonda ya que indica que las distancias relativas de los puntos de la divisoria en relación a uno central no tienen diferencias mayores y es menor el tiempo de concentración y la posibilidad de que las ondas decrecidas sean continuas es mayor. Este coeficiente es igual a uno cuando la cuenca es perfectamente circular. Este coeficiente puede alcanzar el valor de tres en el caso de cuencas muy alargadas. En general K_c es mayor a 1.

$$K_c = \frac{0.28 * P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

- K_c : Coeficiente de compacidad
 A : Área de la cuenca (Km^2)
 P : Perímetro de la cuenca (km)

- **Factor forma:** Este factor, como los otros que se utilizan en este trabajo, es un referente para establecer la dinámica esperada de la escorrentía superficial en una cuenca, teniendo en cuenta que aquellas cuencas con formas alargadas tienden a presentar un flujo de agua más veloz, a comparación de las cuencas redondeadas, logrando una evacuación de la cuenca más rápida, mayor desarrollo de energía cinética en el arrastre de sedimentos hacia el nivel de base, principalmente.

Una cuenca tiende a ser alargada si el factor de forma tiende a cero, mientras que su forma es redonda, en la medida que el factor de forma tiende a uno. Este coeficiente definido por Horton afecta los hidrogramas de escorrentía y las tasas de flujo máximo. El factor de forma está definido por la siguiente expresión:

$$f_f = \frac{A}{L_c^2}$$

Donde:

- f_f : Factor de forma
 A : Área de la cuenca (Km^2)
 L_c : Longitud del cauce principal (km)

- **Pendiente media de la cuenca:** La pendiente promedio de la cuenca aporta una importante información que es un índice de la velocidad media de la escorrentía y su poder de arrastre y de la erosión sobre la cuenca (M. Villón, 2014).

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{D * L_L}{A}$$

Donde:

L_L : Es la longitud total de todas las curvas de nivel que están dentro de la cuenca (Km).

A : Área de la cuenca (Km²).

D : Es la equidistancia entre curvas de nivel (km).

- **Altura y elevación media:** La elevación promedio está referida al nivel del mar. Este valor puede ser encontrado usando la curva hipsométrica o el histograma de frecuencias altimétricas.
- **Polígono de frecuencia:** En la Figura 11 se presenta el polígono de frecuencia en la indicada cuenca colectora, que representa a una cuenca con gran potencial erosivo.

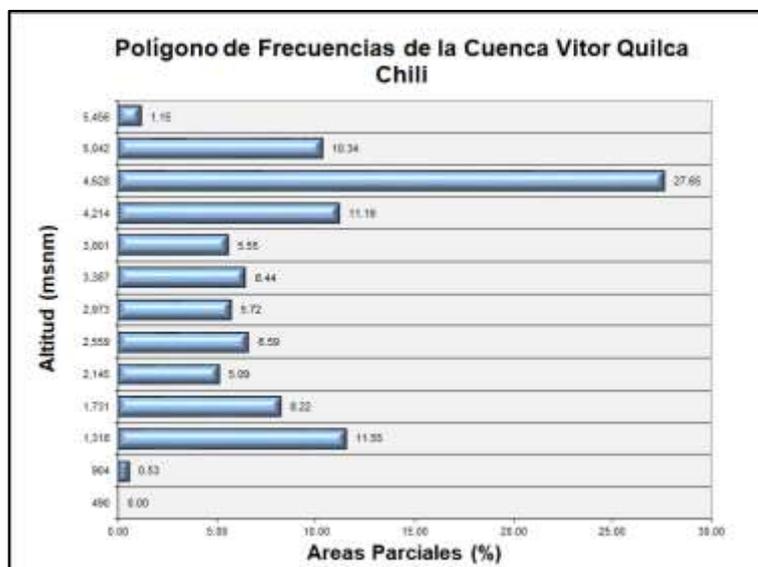


Figura 11: Polígono de frecuencia

- **Curva hipsométrica:** En la Figura 12 se presenta la curva hipsométrica de la cuenca.

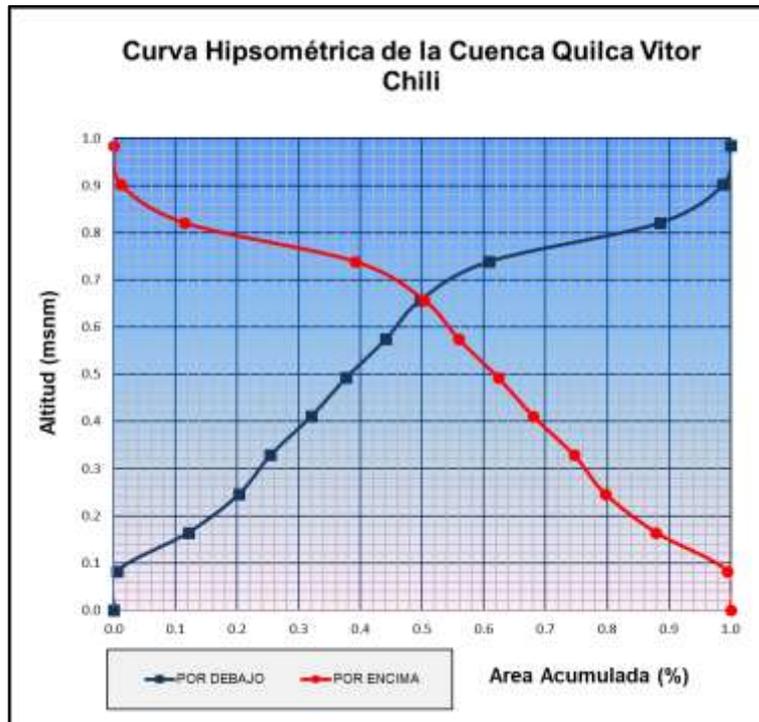


Figura 12: Curva hipsométrica

- **El río:** El río Chili nace de la confluencia de los ríos Sumbay y Blanco. El río Sumbay surge detrás de la cordillera occidental, de las aguas provenientes de un manto acuífero situado en la formación Capillune, de unos 200 metros de profundidad entre la cordillera occidental y oriental.

El río Chili aguas abajo se une con el río Yura formando el río Vitor, el cual discurre hasta su confluencia con el río Sigwas para formar el río Quilca, que finalmente desemboca en el mar. El río Tingo Grande y la Quebrada Añashuayco son otros de los afluentes al río Chili, ubicados en la margen derecha e izquierda respectivamente, antes de la unión con el río Yura.

El río Chili pasa por el centro de la ciudad de Arequipa, es su principal afluente y su importancia es vital para los pobladores de esta ciudad, dado que de este sale el agua potable que se consume, abasteciendo también a otros sectores como

agricultura, energía (hidroeléctricas), minería, la energía eléctrica que utilizan los hogares, instituciones y empresas dependen del río Chili.

Hasta el siete de febrero del 2020, el caudal del río Chili llegó a los 190.8 m³/s, cuando lo regular es de 23.15 m³/s, promedio durante el año. El 13 de febrero del 2020 una crecida del río Chili llegó a metros del tablero del Puente Bolognesi.

El río Chili confluye con el río Yura para generar el cauce del río Vitor. En su recorrido, aguas abajo, reciben un aporte importante por la margen derecha, río Siguas y la quebrada Carachosa para formar el tramo del río Quilca hasta la desembocadura en el mar.

Tabla 9: Parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Quilca Vitor Chili

Características	Geométricas	Área de la cuenca	13 427.45 km ²
		Área de la cuenca de recepción	7 498.3 km ²
		Área de la cuenca húmeda	2 504.9 km ²
		Perímetro (P)	666.1 km
		Longitud (L)	321.62 km
		Ancho (W)	42.07 km
	Físicas	Índice de Gravelius (Kc)	1.6
		Factor de forma (Kf)	0.13
	Sistema de drenaje	Orden de las corrientes de agua	6
		Longitud total de tributarios (Lt)	6 163.33
		Densidad de drenaje (Dd)	0.458 km/km ²
		Longitud media de la escorrentía superficial (L)	1.24
		Sinuosidad del cauce principal (S)	16.85%
	Relieve	Pendiente de la cuenca (Sc)	16.85 %
		Elevación media de la cuenca	3 331.13 m.s.n.m
Coefficiente de masividad (Cm)		0.25 m/km ²	
Pendiente de la corriente de máximo recorrido		1.47%	
Rectángulo equivalente		284.35/44.29	

FUENTE: *Hidrogeología de la cuenca del río Quilca Vitor Chili*, de INGEMENT, 2022.

3.1.4. Hidrografía

La hidrografía es una ciencia que describe y estudia bajo un enfoque geográfico, a los ríos, entre otras corrientes de agua. Entre las características hidrográficas más importantes están: el caudal, la cuenca y la vertiente hidrográfica.

La Cuenca Quilca Vitor Chili desde sus nacientes en territorio de los distritos de San Juan de Tarucani y San Antonio de Chuca, toma el nombre de río Sumbay hasta la confluencia con el río Blanco, con una longitud de 133.7 km; de la confluencia con el río Blanco hasta la confluencia con el río Yura en Palca, toma el nombre de río Chili con una longitud de 88.20 Km; desde la confluencia con el Yura hasta la confluencia con el río Sigwas toma el nombre de río Vitor con una longitud de 80.70 km, de esta última confluencia hasta el mar se denomina río Quilca con una longitud de 23.50 km.

La Unidad Hidrográfica Sigwas, se forma al confluir los ríos Lluta y Lihualla. Tiene como fuentes de alimentación los deshielos de los Nevados Ampato y Sabancaya y parte del Hualca Hualca y Ananto, y las precipitaciones pluviales de las partes altas de la cuenca. Hasta su confluencia con el río Vitor, tiene una cuenca de 1 762,34 km²; su cuenca húmeda, hasta la cota 3 000 msnm, es de 765 km². Entre los 3 000 y 3 700 msnm se presenta agricultura tradicional en los sectores de Querque, Lluta, Taya y Huanca. El cauce de los ríos Lluta y Sigwas, son actualmente utilizados por el Proyecto Majes para conducir las aguas que son trasvasadas del río Colca al río Sigwas, y que, en su tramo final, son entregadas por el Túnel Terminal a la Quebrada Huasamayo. Estas aguas son captadas en la bocatoma de Pitay y conducidas a la Pampa de Majes. A esta altura, y por debajo de la cota 1 800 msnm, se presenta agricultura tradicional de valle en Santa Isabel y San Juan de Sigwas; a la cota 1 300 msnm está la irrigación Santa Rita de Sigwas, que recibe una dotación de agua del Proyecto Majes.

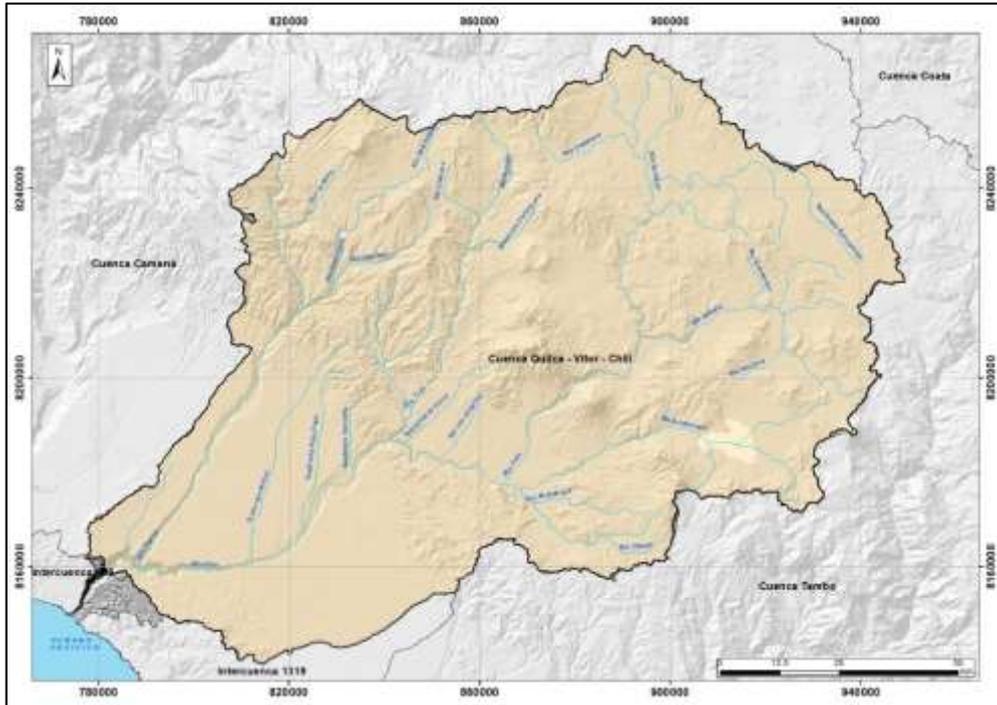


Figura 13: Mapa Hidrográfico de la cuenca Quilca Vitor Chili

3.1.5. Fisiografía

La Región Arequipa, fisiográficamente, constituye su primera porción geográfica, una Gran Planicie, que ha sido originada y sometida a una serie de eventos geológicos, observándose cercanos al mar, depósitos de origen marino con superficies antiguas y recientes cercanos al litoral, en sus porciones más antiguas que por levantamientos tectónicos presenta su configuración actual, principalmente ubicado en el sector sur de las pampas de Acarí, Majes, Siguan y La Joya, ambientes que han sido sometidos también a una intercalación de etapas de actividad volcánica, los que en una etapa posterior han sido cubiertas por un material conglomerado aluvional, depositados como bancos estratificados gruesos del Pleistoceno, ligeramente consolidado, formado por elementos de composición y tamaño variados, el cual yace en discordancia sobre rocas de la Formación Moquegua, en el que se han sucedido eventos del Cuaternario reciente, representados por aluviones extensos con material clástico que disminuyen de tamaño conforme se alejan del flanco andino. Asimismo, se encuentran cubiertos por material eólico constituidos por mantos de arena eólica o en otros casos por campos de dunas o dunas aisladas depositadas en áreas planas a ligeramente onduladas, que en algunos casos cubren al material volcánico (cenizas volcánicas) (Marquina, 2014).

Asimismo, en la base andina inicio de la planicie, se encuentra cubierto por material

volcánico proveniente de las partes altas, que abarca geomorfológicamente un ambiente colinoso, con un relieve irregular con diferentes grados de disección (con pendientes desde 15 a más de 75%). La planicie en general muestra localmente un relieve suave (con pendientes a partir de los 2 a 15%), conformados por superficies planas a ligeramente onduladas de litología diversa.

La descripción de las geformas de la Región Arequipa se desarrolla a partir de los tres grandes paisajes definidos (Marquina, 2014):

- Gran Paisaje de Planicies
- Gran Paisaje Colinoso
- Gran Paisaje Montañoso

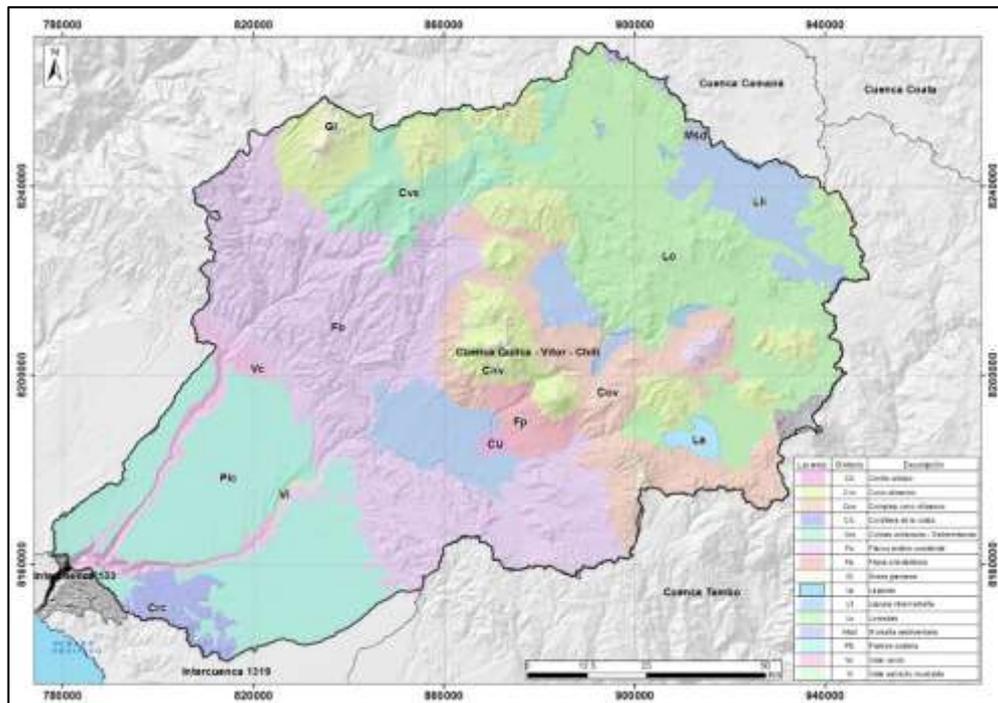


Figura 14: Mapa fisiográfico de la cuenca Quilca Vitor Chili

3.1.6. Climatología

3.1.6.1. Precipitación

En el ámbito del área de estudio se ha trabajado con precipitación total diaria de 14 estaciones, de ello se observa que históricamente la media de precipitación total anual ha

variado desde 3.7 mm en la estación La Joya, hasta 593.4 mm en la estación Sibayo. En la Tabla 10 se presentan los promedios de la precipitación total mensual registrada en cada una de las estaciones del ámbito del área de estudio.

Por otro lado, teniendo en consideración solamente las estaciones de La Joya y Pampa de Majes, las cuales son las más próximas al área de estudio, se observa que son las más bajas con una precipitación promedio total anual de 3.7 mm/año y 10.9 mm/año respectivamente. En cuanto al comportamiento mensual, se observa que las mayores precipitaciones ocurren durante el período de enero a marzo, durante dicho período ocurre alrededor del 90% del total anual. De los registros de la red meteorológica del proyecto se tienen los siguientes datos de precipitación media pluvial (Ver Tabla 10 y Figura 15).

Tabla 10: Precipitación media pluvial (mm)

Estación	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chiguata	1965-2014	54.2	65.0	44.3	2.7	0.5	0.6	0.5	1.8	1.0	0.3	1.1	8.7
Chivay	1964-2014	103.0	101.5	82.5	23.4	4.0	2.6	2.2	4.6	8.7	12.5	17.3	52.1
El Frayle	1963-2020	74.8	77.9	58.0	16.2	2.0	3.3	2.1	2.5	4.0	5.5	13.8	33.2
Huambo	1963-2020	71.1	79.6	61.8	14.2	1.6	1.7	1.1	2.7	3.4	5.1	5.5	26.8
Ichuña	1965-2020	139.3	122.3	86.4	31.9	4.9	2.7	2.6	5.3	9.7	18.7	32.8	83.8
Imata	1962-2015	133.4	122.7	101.4	32.2	5.4	2.1	2.7	4.6	9.2	15.3	27.5	72.2
La Joya	1965-2020	1.8	0.9	0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3
La Pampilla	1961-2020	25.7	35.5	15.3	1.1	0.3	0.2	0.2	0.7	0.4	0.3	0.9	3.8
Las Salinas	1963-2014	84.7	81.0	68.9	20.5	2.4	3.0	1.7	3.6	4.1	7.7	15.0	41.7
Madrigal	1963-2020	100.9	105.9	87.6	22.1	2.6	4.6	7.9	8.2	9.9	10.9	15.0	44.2
Pampa de Majes	1949-2020	1.8	2.7	1.3	0.4	2.9	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.8
Pillones	1963-2014	101.8	96.8	83.0	20.4	4.6	3.4	3.9	3.3	6.3	10.5	21.8	52.4
Sibayo	1946-2014	147.1	136.1	109.1	33.1	6.9	3.6	3.1	7.3	12.2	20.3	30.0	84.6
Ubinas	1964-2020	91.1	86.2	60.4	15.1	2.4	2.1	2.1	3.4	4.0	5.2	8.7	34.9

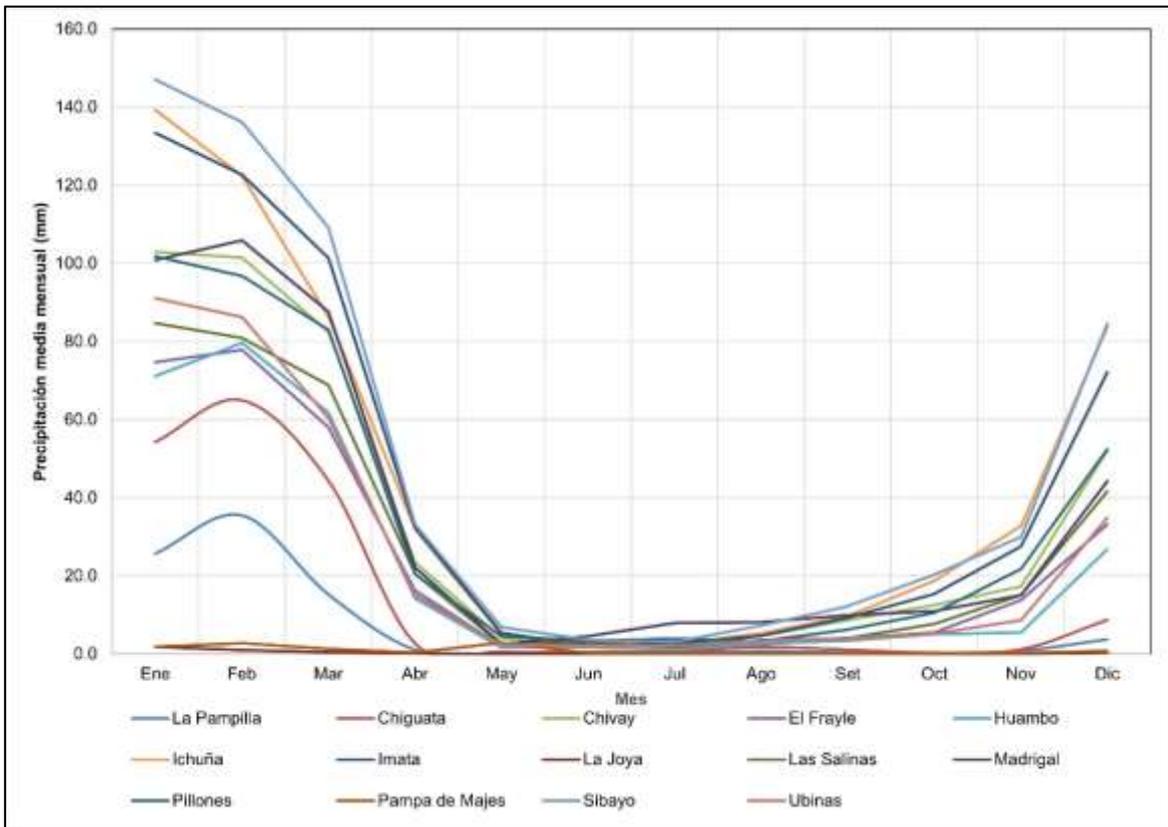


Figura 15: Precipitación media pluvial (mm)

3.1.6.2. Temperatura

De los registros de la red meteorológica del proyecto se tienen los siguientes datos de temperatura media (Ver Tabla 11 y Figura 16):

Tabla 11: Temperatura media (°C)

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chivay	10.77	10.90	10.53	10.17	8.87	7.80	7.83	9.03	10.30	11.47	12.10	11.67
Imata	5.00	5.00	4.90	4.30	2.20	0.47	0.07	1.30	2.70	4.30	5.10	5.40
El Frayle	6.00	6.20	6.30	5.90	3.60	1.90	1.30	1.80	3.60	4.40	4.90	6.10
Las Salinas	6.47	6.33	6.33	6.10	4.60	3.70	3.20	3.60	4.50	5.27	6.13	6.47
Chiguata	13.00	12.63	12.80	12.93	12.67	11.87	12.03	12.77	13.40	13.80	13.80	13.60
La Pampilla	16.37	16.47	16.50	16.33	15.63	14.60	14.06	15.47	16.27	17.33	17.33	16.93

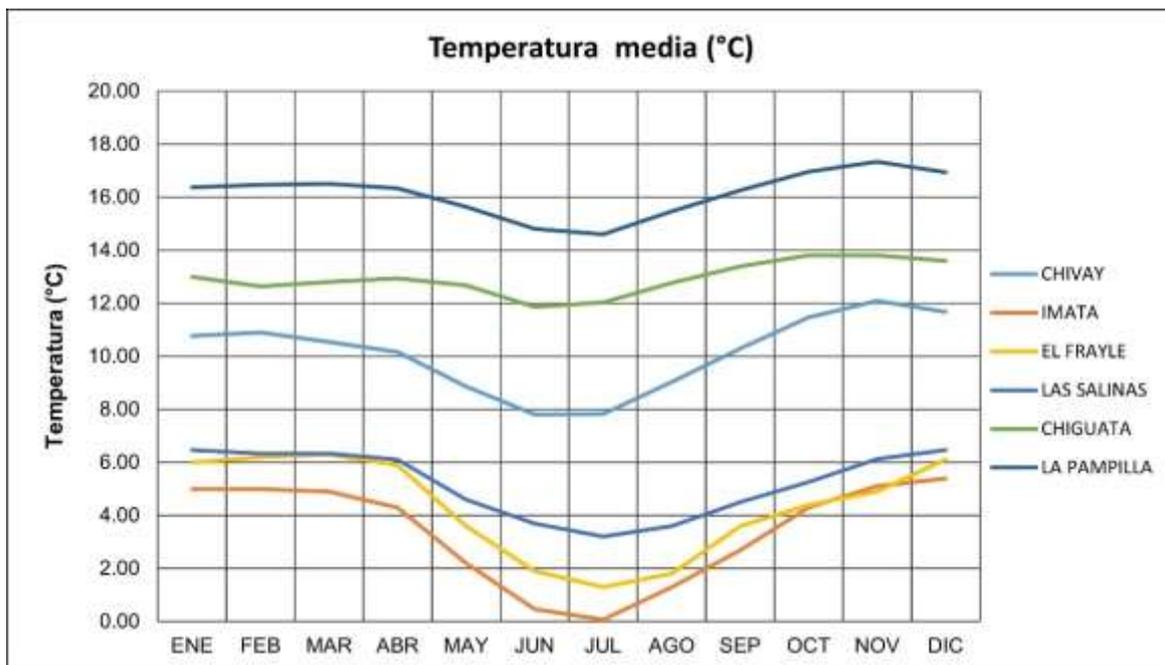


Figura 16: Temperatura media (°C)

3.1.6.3. Humedad relativa

De los registros de la red meteorológica se tienen los siguientes datos de humedad relativa (Ver Tabla 12 y Figura 17):

Tabla 12: Humedad relativa (%)

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chivay	68.3	67.3	67.7	64.3	58.3	58.0	58.0	56.0	55.3	52.3	54.0	59.0
Imata	76.0	77.7	76.7	70.3	66.7	66.0	64.7	64.0	64.0	62.3	65.7	69.0
Pampa de Majes	67.3	75.7	70.6	66.3	54.4	43.7	38.6	33.5	39.9	39.7	45.0	53.7
Las Salinas	70.7	72.0	71.0	61.7	53.0	56.0	57.3	56.0	59.7	58.0	60.0	65.7
Chiguata	71.7	77.7	74.3	65.3	57.3	54.0	54.7	54.3	56.3	56.7	57.7	61.3
La Pampilla	62.3	66.0	63.0	54.3	40.7	32.7	34.0	34.0	38.7	40.7	46.0	54.3

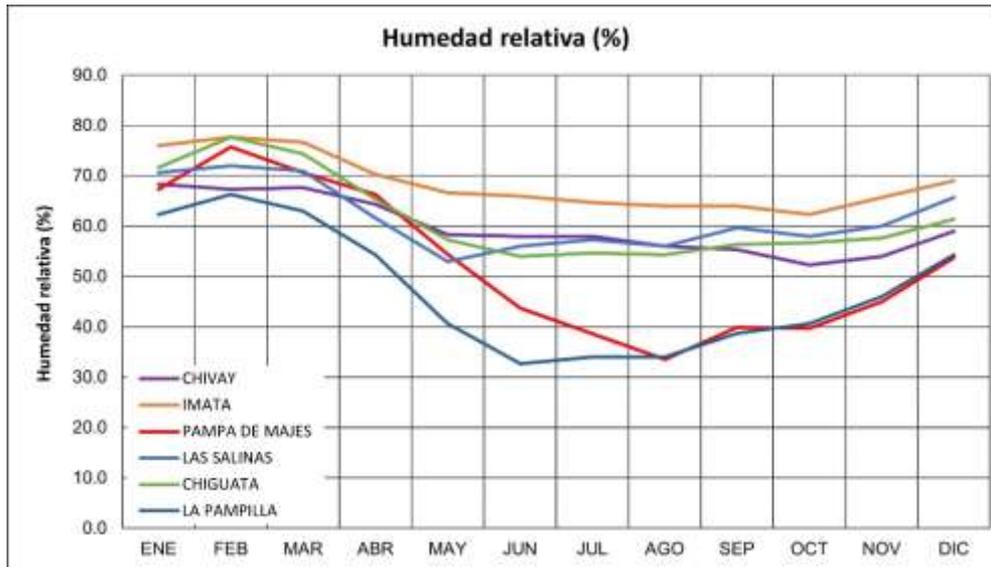


Figura 17: Humedad relativa (%)

3.1.6.4. Evaporación

De los registros de la red meteorológica se tienen los siguientes datos de evaporación (Ver Tabla 13 y Figura 18).

Tabla 13: Evaporación (mm)

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Imata	102.6	92.10	103.6	109.3	119.6	97.1	115.2	121.8	122.2	144.1	141.5	129.3
El Frayle	152.0	120.3	123.1	132.6	137.0	118.5	127.0	150.6	164.3	191.6	179.3	173.2
La Pampilla	137.0	99.0	112.0	141.0	178.0	174.0	198.0	199.0	212.0	202.0	197.0	168.0

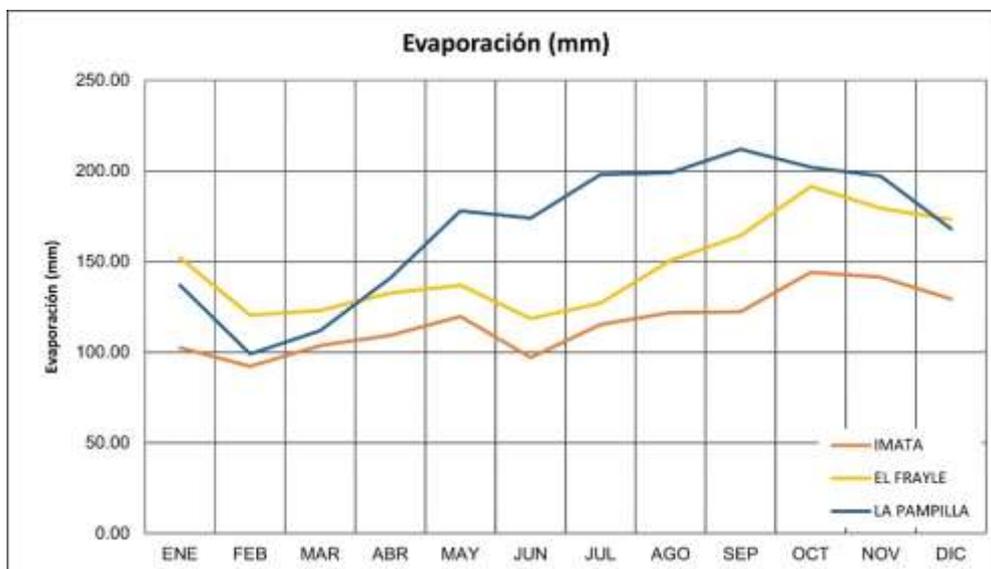


Figura 18: Evaporación (mm)

3.1.6.5. Vientos

De los registros de la red meteorológica se tienen los siguientes datos de velocidad de viento (Ver Tabla 14 y Figura 19).

Tabla 14: Viento (m/s)

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chivay	1.73	1.50	1.60	1.60	1.67	1.90	1.90	1.97	2.17	2.23	2.30	1.97
Imata	3.47	3.43	3.37	3.27	3.70	3.73	3.93	3.90	4.03	3.70	3.73	3.63
Pampa de Majes	2.20	1.80	1.70	1.70	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.20	2.10	2.00
Las Salinas	3.37	3.20	3.40	3.90	3.90	3.90	4.00	3.87	4.13	4.20	4.10	3.80
Chiguata	1.70	1.63	1.73	2.53	4.60	4.60	4.90	4.33	3.00	2.03	1.97	1.87
La Pampilla	4.50	4.20	4.07	3.77	3.87	3.87	3.77	4.23	4.27	4.50	4.60	4.53

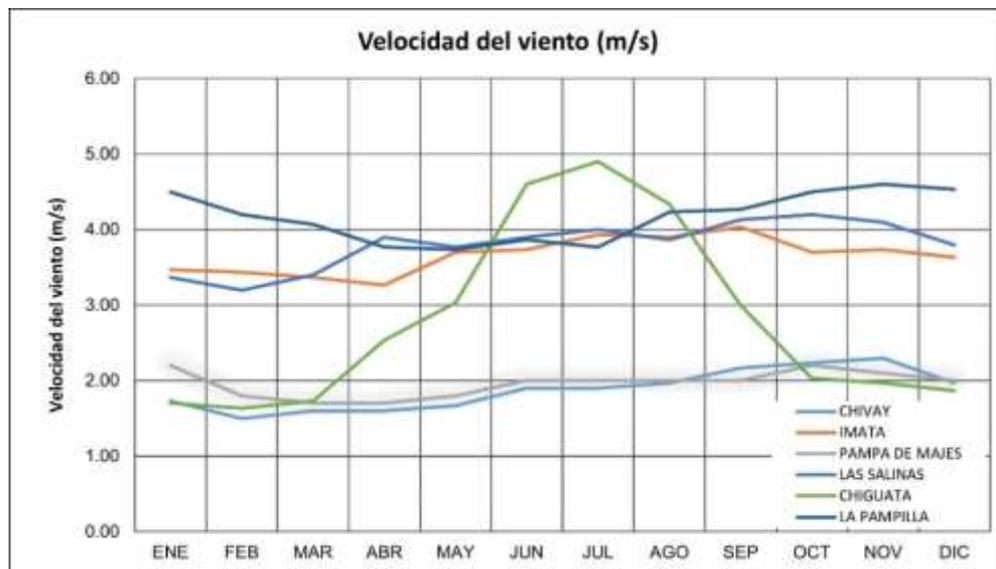


Figura 19: Velocidad del viento (m/s)

3.1.7. Clasificación Climática

En la Figura 20, se muestra un mapa de clasificación climática para la cuenca del río Quilca-Vitor-Chili. Gran parte del área de cuenca (aproximadamente) un 40% se ubica en la zona árido y desierta; seguido de un área de semiseco/bosque con invierno seco/semifrígido

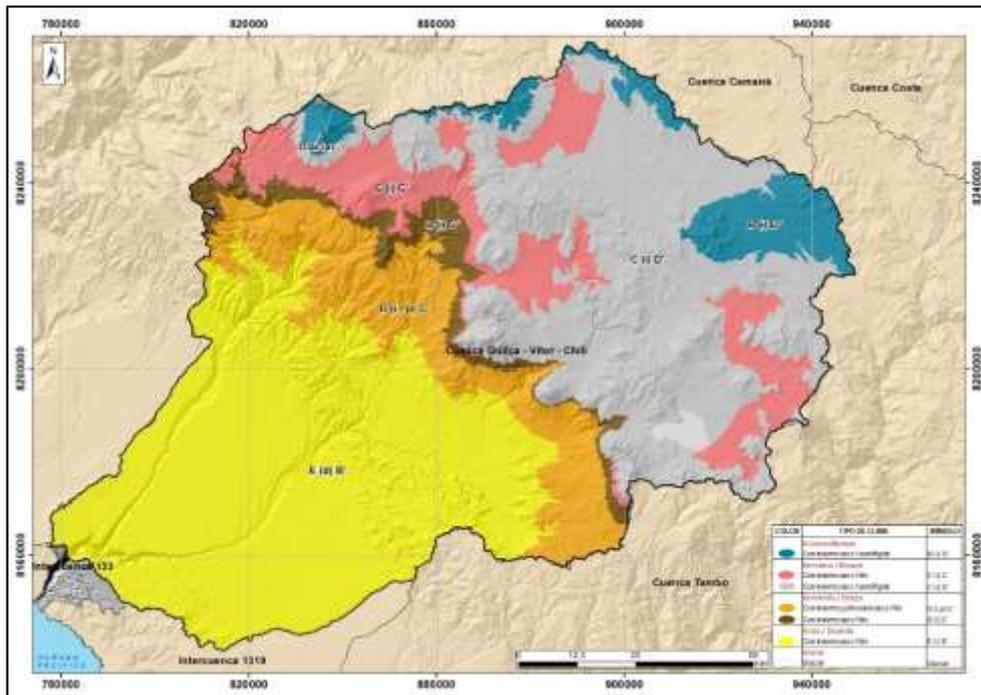


Figura 20: Mapa de clasificación climática

3.2. APLICACIÓN DEL MÉTODO GAVRILOCIV PARA LA ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS

Se planteó evaluar el volumen de sedimentos producto de la erosión hídrica a través de un modelo empírico denominado Método Potencial de Erosión de suelos (EPM), también conocido como Método Gavrilovic (Gavrilovic, Z.1972). El método considera 6 factores que dependen de la superficie geológica, propiedades del suelo (factor de erodabilidad), factores topográficos (pendiente media), factores climáticos como precipitación media anual, temperatura media anual, distribución y tipo de uso de suelos a los cuales se suma además un factor denominado grado de erosión. el volumen de sedimentos (G), que relaciona coeficientes de producción (W) y de retención (R) de sedimentos en una cuenca.

Se desarrollo esta operación dando resultado a imágenes ráster de cada una de las variables que intervienen en el cálculo, utilizando un GIS que trabaja con formato raster como herramienta de cálculo y procesamiento.

Los parámetros de evaluación se obtuvieron con ayuda del Sistema de Información Geográfica entro otros programas como: Excel, Google Earth, Global Mapper, Arcmap, etc.

3.2.1. Delimitación de la cuenca hidrográfica

Como paso preliminar se realizó la delimitación hidrográfica de la cuenca colectora Quilca Vitor Chili, para este caso se ha obtenido un Modelo Digital de Elevación (MDE) del satélite ALOS-PALSAR que tiene una resolución de píxel de 12.5x12.5 metros (Ver Figura 21).

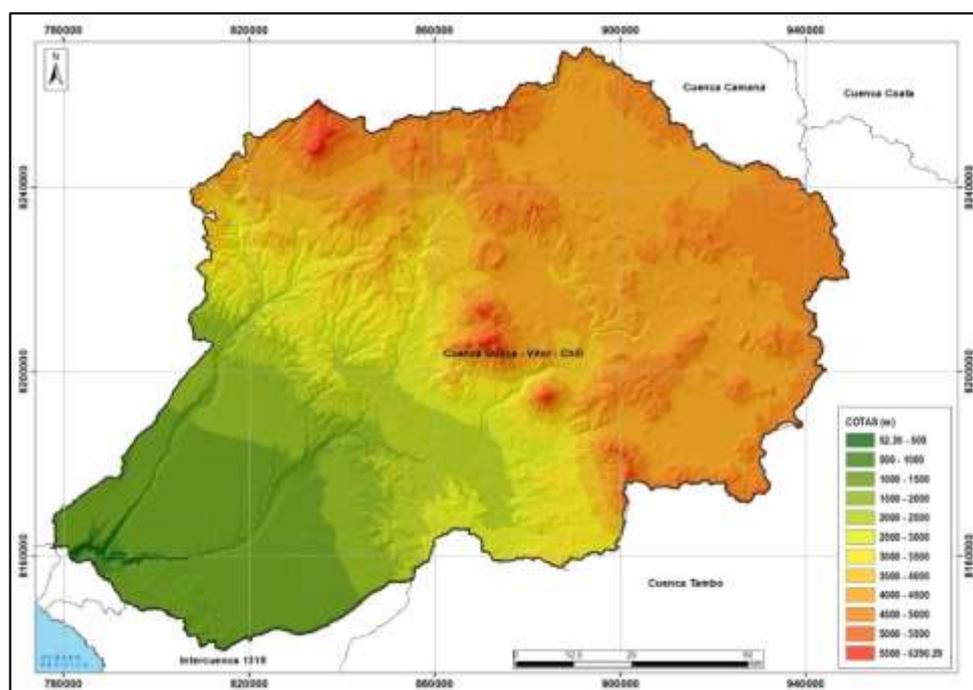


Figura 21: Modelo digital de elevación (MDE)

A partir del modelo de elevación digital se realizó la división de la cuenca en 10 subcuencas de aporte. En la Figura 22 se presentan la ubicación y delimitación de dichas subcuencas y en la Tabla 15 se muestran los parámetros geomorfológicos de estas.

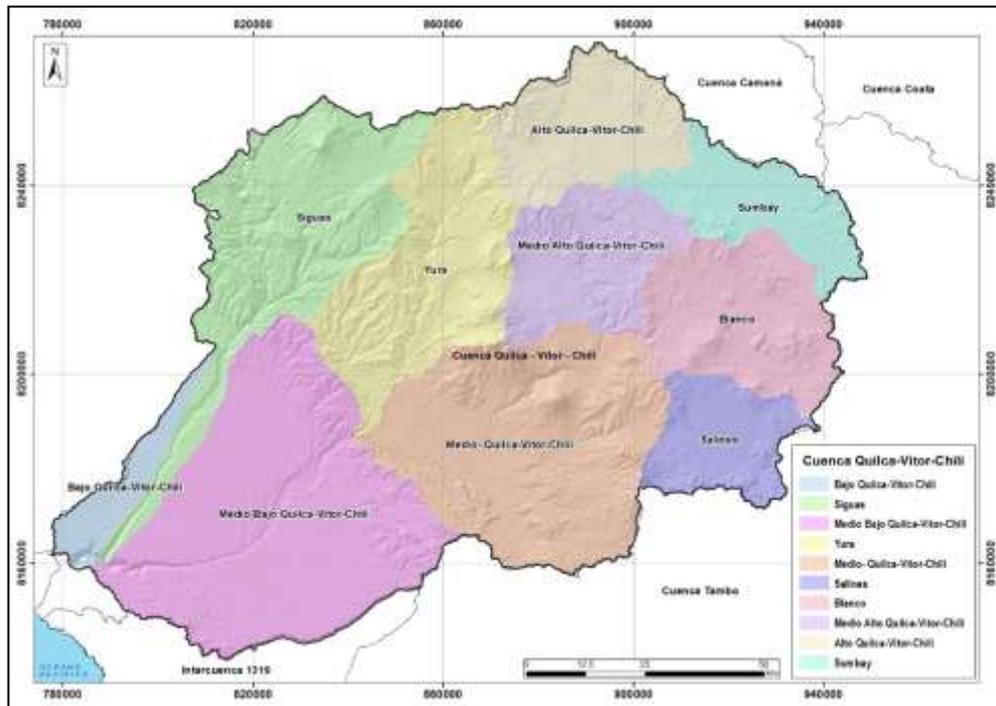


Figura 22: Mapa de subcuencas

Tabla 15: Parámetros geomorfológicos

Subcuenca	Área (Km ²)	Perímetro (Km)	Cauce Principal (Km)	Tributarios (Km)	Altitud media (msnm)	Altitud Máxima (msnm)	Altitud mínima (msnm)	Pendiente de la cuenca (m/m)
Bajo Quilca Vitor Chili	382.22	194.52	66.72	76.52	1260	1813	59	0.10
Sigwas	1857.6	442.87	149.34	719.85	3504	4809	146	0.27
Medio Bajo Quilca Vitor Chili	2882.5	382.21	105.61	1687.61	1508	2867	137	0.125
Yura	1541.2	300.23	95.16	561.25	3694	4691	1452	0.22
Medio Quilca Vitor Chili	2335.7	307.26	103.68	1182.72	3269	4342	1454	0.22
Salinas	656.28	183.63	40.16	100.1	45.13	47.35	43.36	0.13
Blanco	1153.6	254.44	81.58	330	4422	4564	3743	0.15
Medio Alto Quilca Vitor Chili	936.9	206.17	66.48	246.25	4307	4453	3743	0.15
Alto Quilca Vitor Chili	963.4	210.94	43.02	424.71	4501	4761	4274	0.11
Sumbay	744.23	269.14	86.28	277.51	4574	4686	4258	0.08

3.2.2. Coeficiente de Temperatura (T)

Para obtener esta variable se utilizó información de temperaturas medias anuales de 13 estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio (ver Tabla 16 y Figura 23), se presenta la ubicación de dichas estaciones en el Datum WGS84.

Tabla 16: Estaciones meteorológicas

Estaciones Meteorológicas	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM (WGS84)		Altitud	Temperatura media
	Latitud	Longitud	Este	Norte		
Pampa Blanca	17°4'17"	71°43'28"	211672	8111620	108	20.05
La Joya	16°35'32"	71°55'8"	189601	8164320	1292	17.24
La Pampilla	16°24'50"	71°32'04"	229536	8186660	2326	15..71
Chiguata	16°24'23"	71°24'23"	244643	8186660	2902	12.35
Las Salinas	16°19'14"	71°09'208	270510	8195270	4349	4.16
El Frayle	16°09'17"	71°11'21"	267141	8213770	4131	5.82
Pillones	15°58'43"	71°12'48"	262759	8235100	4360	2.07
Imata	15°50'34"	71°05'26"	277646	8249430	4475	3.26
Chivay	15°38'30"	71°36'06"	221409	8270840	3644	10.66
Sibayo	15°29'7"	71°27'10"	237880	8287370	3810	6.98
Ubinas	16°22'56"	70°51'23"	302847	8188370	3370	11.48
Pampa de Majes	16°19'39"	72°12'38"	163673	8191840	1434	17.89
Aplao	16°4'22"	72°29'32"	128183	8221260	618	20.04

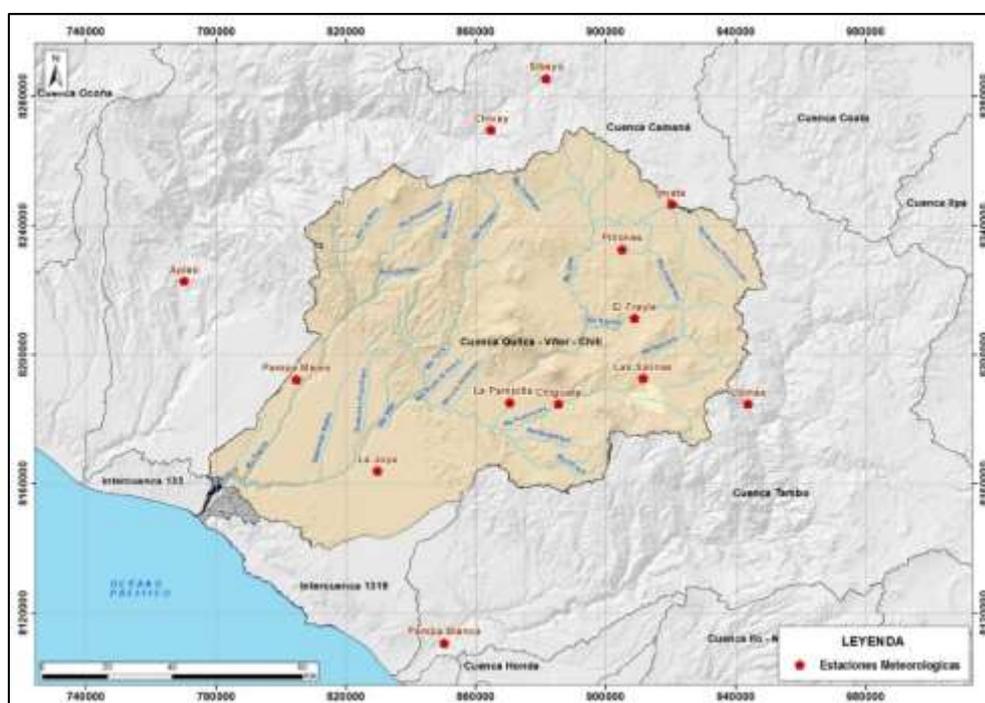


Figura 23: Mapa de estaciones meteorológicas

La modelación espacial de la temperatura media anual a partir de datos puntuales de las estaciones ya mencionadas, se realizó con el método de interpolación de la media ponderada por el inverso de la distancia (IDW).

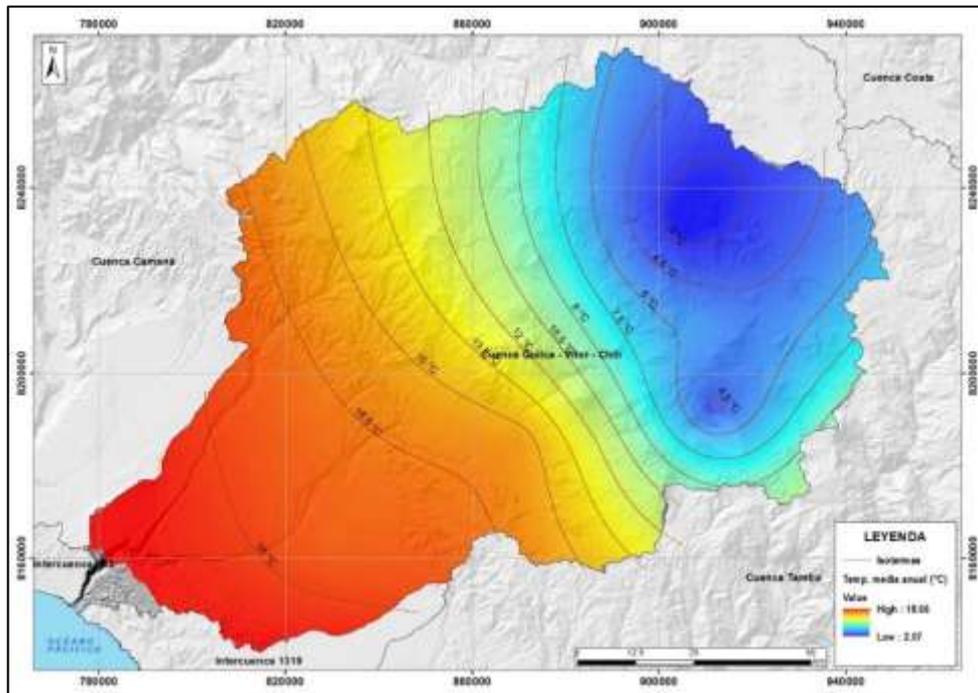


Figura 24: Mapa de Isotermas

En la Figura 24, se presenta la distribución espacial de la temperatura media anual, donde se observa que los valores varían desde 2.07 a 18.66 °C, registrando temperaturas altas cercanas al mar y temperaturas bajas en la parte alta de la cuenca.

Finalmente, con la información especializada de la temperatura y la siguiente ecuación se obtuvo la distribución espacial del coeficiente de temperatura.

$$T = \left[\left(\frac{t}{10} \right) + 0.1 \right]^{1/2}$$

Donde:

t : temperatura media anual (°C).

Como resultado tenemos el siguiente ráster.

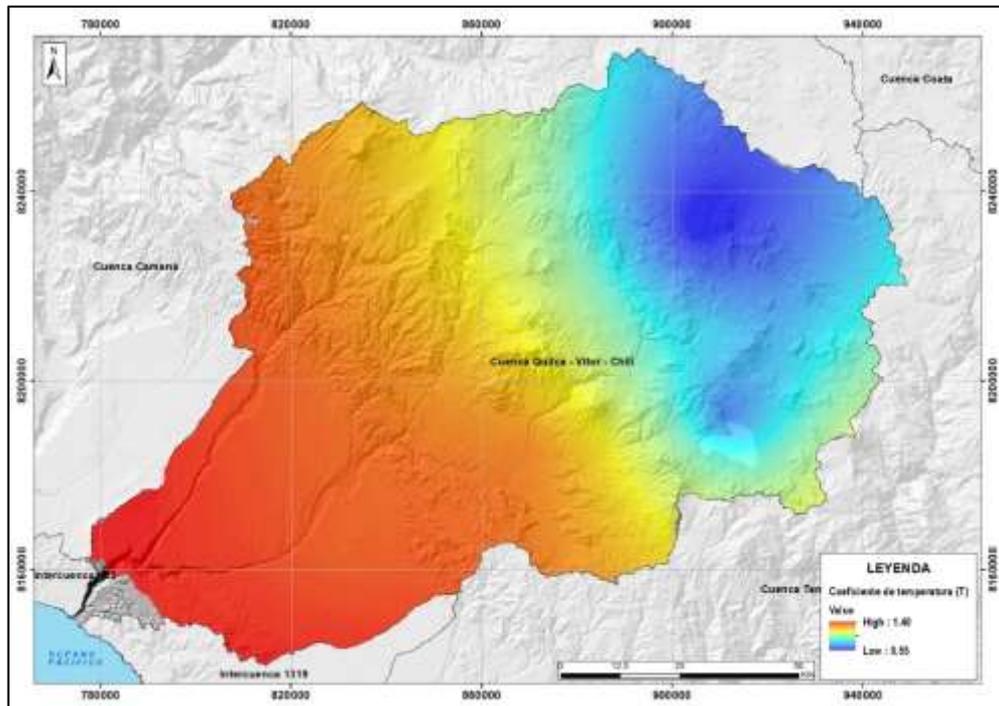


Figura 25: Coeficiente de temperatura

En la Figura 25, se presenta la distribución espacial del coeficiente de temperatura, donde se observa que los valores varían desde 0.55 a 1.40, registrándose los valores altos en la parte baja y los menores se registran en la zona alta de la cuenca.

3.2.3. Precipitación (h)

De la misma manera que se obtuvo los valores del coeficiente de temperatura, se realizar los mismos pasos para obtener la distribución espacial de la precipitación media anual.

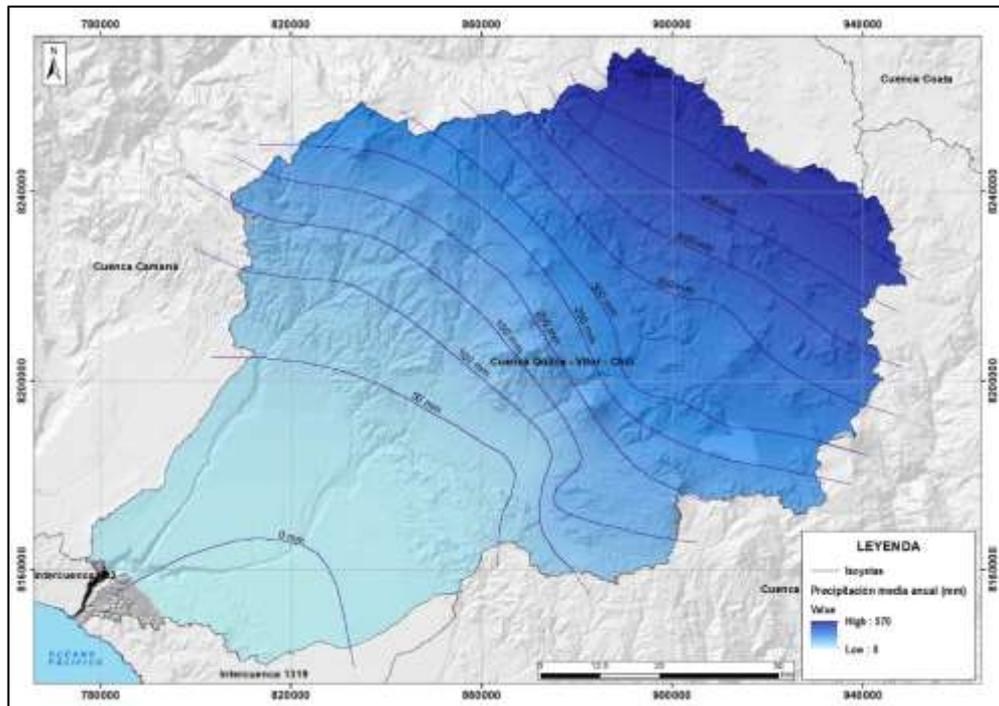


Figura 26: Precipitación media anual

En la Figura 26, se presenta la distribución espacial de la precipitación media anual, donde se observa que la precipitación en la cuenca varía de 0.0 a 570.00 mm/año.

Es importante mencionar que existe una relación directa entre la precipitación y la altitud, a mayor altitud mayor precipitación.

3.2.4. Coeficiente de erosión (Z)

Para obtener el modelo espacio del coeficiente de erosión “Z”, se debe calcular cada variable que se encuentra dentro en la siguiente ecuación:

$$Z = X \cdot Y \cdot (\varphi + I^2)$$

Donde:

- X : Coeficiente de uso del suelo.
- Y : Coeficiente de resistencia del suelo a la erosión.
- φ : Coeficiente que evalúa los procesos erosivos observados.
- I : Gradiente de la pendiente superficial (%).

a. Coeficiente de uso de suelo “X”

Para obtener el modelo espacial “X” se necesita clasificar imágenes satelitales y hacer una comparación con la tabla que recomienda el autor de este método.

b. Evaluación de la Cobertura Vegetal

La evaluación de la variación de la cobertura vegetal se realizó a través de la comparación del Índice Normalizado diferencial de la de Vegetación – NDVI de imágenes satelitales Land Sat 8 del año 2020/08/10 con código LC80030712020223LGN00, esta imagen satelital en formato ráster geoméricamente orto rectificado se obtuvieron del internet, de la página oficial de Land Sat 8 (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), para su descarga se consideró la misma temporalidad y la distorsión atmosférica menor del 10% de nubosidad; en la Figura 10 se muestra el proceso de descarga y el metadato de las imágenes en la Tabla 17.

Tabla 17: Metadato de la imagen satelital Land Sat

Año	Código	Descripción
		L = Land Sat
		C = Combinado sendos TIRS y OLI
		8 = Numero de misión Landsat
		03 = Path
2020	LC80030712020223LGN00	71 = Row
		11 = Numero de bandas
		2020 = Año de adquisición de la imagen
		223 = Día de la toma de Imagen
		LGN00 = ID de la estación terrena
		.tar = Extensión del archivo

Para la obtención del NDVI se aplicó la corrección atmosférica para eliminar las interferencias debido a las condiciones atmosféricas y nubosidad. Los valores de NDVI se obtuvieron utilizando la siguiente ecuación (Hayes,1985).

$$NDVI = \frac{IRC - R}{IRC + R}$$

Donde:

NDVI : Índice de vegetación de diferencia normalizada

IRC : Infrarrojo cercano (Banda 5)

NDVI : Rojo visible (Banda 4)

Los valores de NDVI para el área de estudio se agruparon utilizando como valores de referencia los propuestos por Merg *et al.* (2011).

Tabla 18: Clasificación de los valores de NDVI

Clasificación	Valor
Nubes y agua (NA)	<0.01
Suelo sin vegetación (SV)	0.01-0.1
Vegetación ligera (VL)	0.1-0.2
Vegetación mediana (VM)	0.2-0.4
Vegetación alta (VA)	> 0.4

FUENTE: Merg *et al.* (2011)

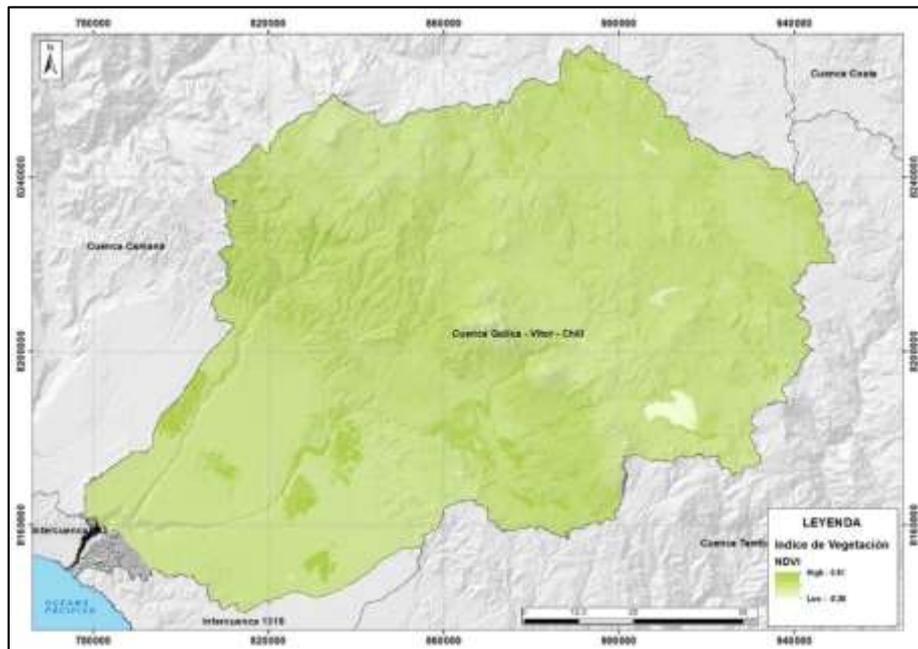


Figura 27: Índice de vegetación normalizada (NDVI)

El NDVI (Índice de Vegetación) de la cuenca varía de -0.36 a 0.61, lo que indica la poca vegetación en la parte alta y suelo desnudo.

Los valores cercanos a 1 se encuentran en las partes altas de la cuenca y los valores menores a están ubicados en las partes bajas de la cuenca.

A los mapas de NDVI analizados se realizó una reclasificación (Reclass) para identificar los diferentes tipos de cobertura presentes en la cuenca colectora, obteniéndose así la distribución espacial con diferentes clases de porcentaje de cobertura, se asignaron valores de entre 0.05 y 1.0 (Ver Tabla 19).

Tabla 19: Los valores del parámetro X por categoría de Uso de la Tierra

Categoría	Subcategoría	Valor de X
Las áreas sin cobertura vegetal	Tierras baldías que no se pueden arar (tierras malas/baldías)	1.00
	Campos arados arriba/debajo de la colina	0.90
Pastizales dañados y tierras cultivadas	Los huertos o viñedos sin vegetación baja	0.70
	Campo de contorno cultivado	0.63
	Arbustos forestales degradados sobre el suelo erosionado	0.60
	Pastos de montaña seca	0.60
Bosques y arbustos dañados, pastizales	Prados y cultivos perennes similares	0.40
Bosques de coníferas con poca arboleda, escasos arbustos, praderas de arbustos	Pastizales de pasto crecido y drenado	0.30
Bosques mixtos y malezas densas, bosques dispersos con arbustos bajo arboles más grandes (underwood)	Buen bosque en laderas empinadas	0.20
	Buen bosque en laderas suaves	0.05

FUENTE: Banco Interamericano de Desarrollo (2016)

Obtenido los ráster con diferentes clases de porcentaje de cobertura, se asignaron los valores de “X” de acuerdo al tipo y porcentaje de cobertura, los mismos que varían de 0.05 a 1.0, con excepción de los cuerpos de agua que se consideró 0, los valores cercanos a 0.05 corresponden a zonas que presentan una densa cobertura o zonas que no sufren ningún proceso de erosión y las áreas que presentaron índices bajos de protección se le asigno valores de X cercanos a 1.0, que se encuentran en las partes bajas de la cuenca, esto se debe a la escasa vegetación y a que presentan mayores porcentajes de suelo desnudo. Los valores asignados fueron los siguientes; suelo desnudo 1.0, suelo casi nulo 0.55, suelo dispersa entre 2 a 10% de cobertura 0.35, suelo abierta entre 10 a 40% de cobertura 0.15, suelo denso entre 40 y 80% de cobertura 0.10 y suelos cerrada con más del 80 % de cobertura 0.05.

Obtenido los ráster con diferentes clases de porcentaje de cobertura, se asignaron los valores de “X” de acuerdo al tipo y porcentaje de cobertura, los mismos que varían de -1.0 a 1.0, con excepción de los cuerpos de agua que se consideró 0, los valores

cercanos a 1.0 corresponden a zonas que presentan una densa cobertura o zonas que no sufren ningún proceso de erosión y las áreas que presentaron índices bajos de protección se le asigno valores de X cercanos a -1.0, que se encuentran en las partes bajas de la cuenca, esto se debe a la escasa vegetación y a que presentan mayores porcentajes de suelo desnudo. Los valores asignados fueron los siguientes; suelo desnudo -1 – 0.5, suelo casi nulo 0.05-0.07, suelo dispersa entre 2 a 10% de cobertura 0.07-0.15, suelo abierta entre 10 a 40% de cobertura 0.15-0.25, suelo denso entre 40 y 80% de cobertura 0.25-0.5 y suelos cerrada con más del 80 % de cobertura 0.5-1.0:

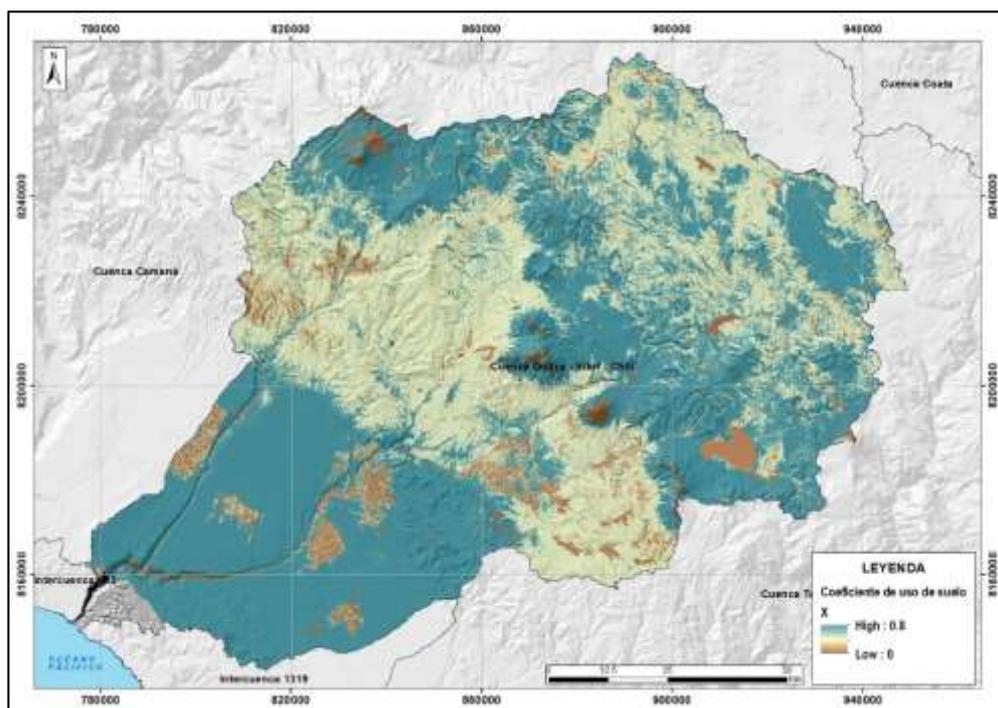


Figura 28: Variación espacial del coeficiente de uso de suelo “X”

En la Figura 28, se muestra la distribución espacial de los valores de X para los diferentes usos de suelo presentes en el área de estudio. El rango de valores de X oscila entre 0.0 y 0.8.

c. Coeficiente de resistencia del suelo a la erosión “Y”

Para la obtención del coeficiente “Y” se debe clasificar según el tipo de geología que presenta la cuenca y ponderarlo (Ver Tabla 20).

Tabla 20: Los valores del parámetro Y por categoría de Suelo

Categoría	Subcategoría	Valor de Y
Sedimentos finos y suelos poco resistentes a la erosión	Arena y grava y suelo suelto	2.00
Sedimentos, morrenas, arcillas y otras rocas débiles	Loes, toba, suelos salinos, suelos de estepa y similares	1.60
Rocas blandas, estabilizada (pendiente de talud, esquistos, arcillas rígidas)	Meteorización de piedras calizas y margas	1.20
	Serpentina, piedra arenisca roja, depósitos de flysch	1.10
	Parapodzol, podzol, esquivo desintegrado, maschist, gneis, esquivo arcilloso, etc.	1.00
Rocas parcialmente resistentes a la erosión	Caliza compacta y schistose, suelos tierra-roja y fumose-silicatos	0.90
	Suelo forestal marrón y suelos de montaña	0.80
	Suelos smonitsa, valle húmedo (back bog)	0.60
Rocas duras resistentes a la erosión	Chernozem y depósitos aluviales de buena textura	0.50
	Rocas ígneas compactas desnudas	0.25

FUENTE: Banco Interamericano de Desarrollo (2016)

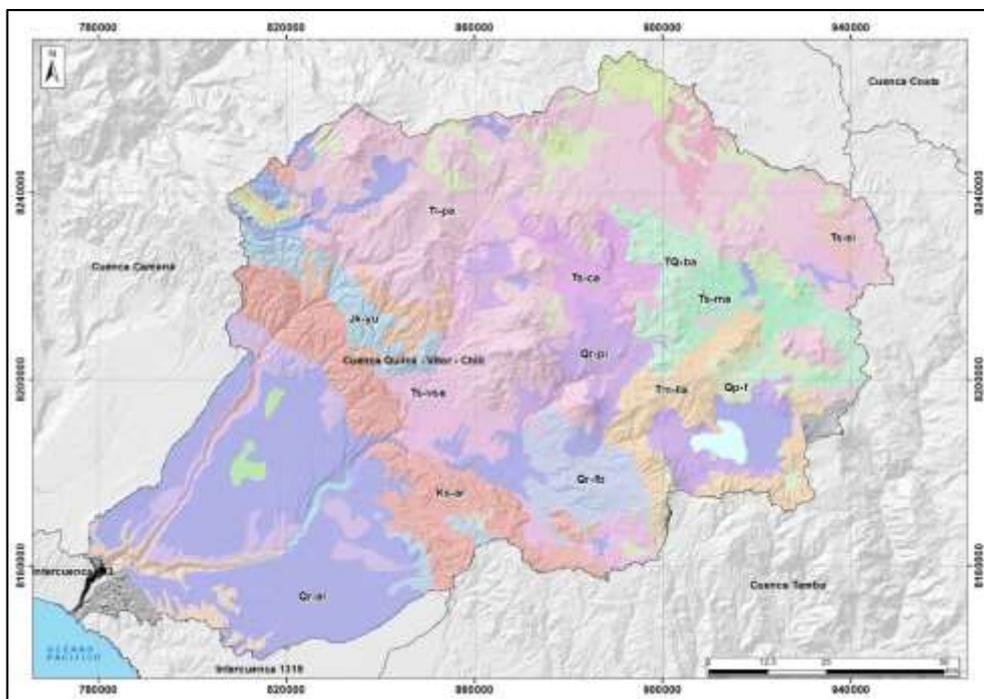


Figura 29: Mapa geológico de la cuenca Quilca Vitor Chili

En la Figura 29, se muestra la distribución espacial de los valores de Y para las diferentes unidades geológicas presentes en el área de estudio. El rango de valores de Y oscila entre 0.22 a valores máximos cercanos a 1.95.

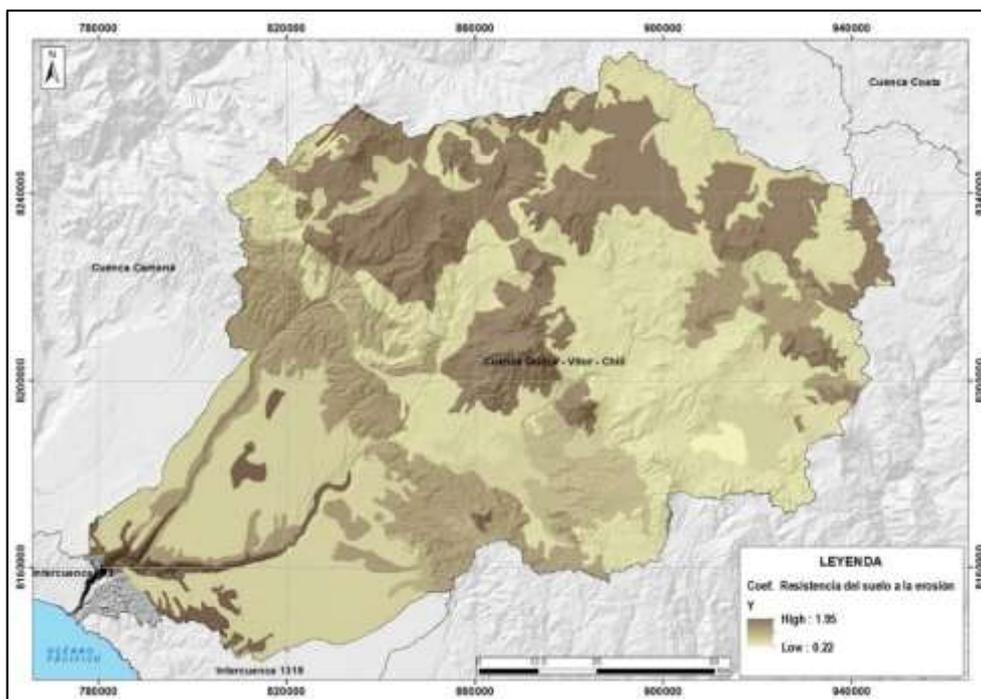


Figura 30: Variación espacial del coeficiente del suelo a la erosión “Y”

d. Coeficiente que evalúa los procesos erosivos observados φ

Para la obtención del coeficiente “Y” se debe clasificar según el tipo de geología que presenta las subcuencas y ponderarlo (Ver Tabla 21).

Tabla 21: Los valores del parámetro φ por categoría de Cuenca

Categoría	Subcategoría	Valor de φ
Cuenca completamente erosionada con barrancos y deslizamientos de tierra	La cuenca o zona completamente conectada por barrancos y procesos de erosión profundos	1.00
	Alrededor del 80% del área está bajo arroyuelos y barrancos	0.9
50 – 80% de las cuencas con erosión en arroyuelos y deslizamientos	Alrededor del 50% del área está bajo arroyuelos y barrancos	0.80
	Toda el área está conectada por la erosión de la superficie, detritus y escombros, algunos arroyuelos y barrancos (erosión profunda) y fuerte erosión kárstica	0.7
Erosión laminar, talud de escombros, pendiente con arroyuelos y barrancos, erosión kárstica	Toda el área está conectada por la erosión, pero sin efectos visibles profundos (arroyuelos, barrancos, desprendimientos de rocas, etc.).	0.60
	El 50% del área está conectada por la erosión de la superficie, mientras que el resto de la cuenca esta desconectada	0.50
	El 20% del área está conectada por la erosión de la superficie y el 80% esta desconectada	0.30
Erosión laminar en un 20-50% de las cuencas	La superficie de la tierra sin efecto visible de erosión, desprendimientos o deslizamientos menores de rocas en canales fluviales	0.20
	La superficie de la tierra sin efecto visible de la erosión, la mayoría son campos de cultivo	0.15
Signos menores de erosión en las cuencas	La superficie de la tierra sin efecto visible de erosión, principalmente plantas creciendo bajo arboles más grandes o cultivos perennes (prados, pastizales, etc.).	0.10

FUENTE: Banco Interamericano de Desarrollo (2016)

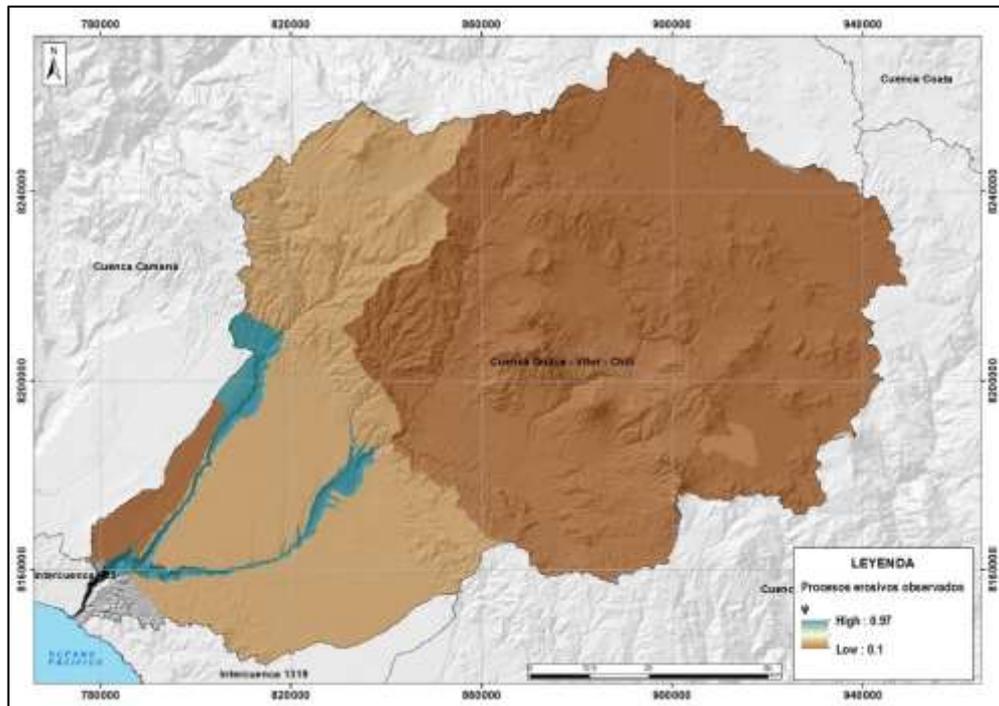


Figura 31: Variación espacial del coeficiente que evalúa los procesos observados

En la Figura 31, se presenta la distribución espacial del coeficiente que evalúa los procesos erosivos observados que tienen valores desde 0.1 hasta 0.97.

e. Gradiente de la pendiente superficial I (%)

Para la obtención de la gradiente de la pendiente “I” se debe utilizar el MED descargado y con la ayuda de la herramienta GIS se logró obtener el modelo espacial de pendientes.

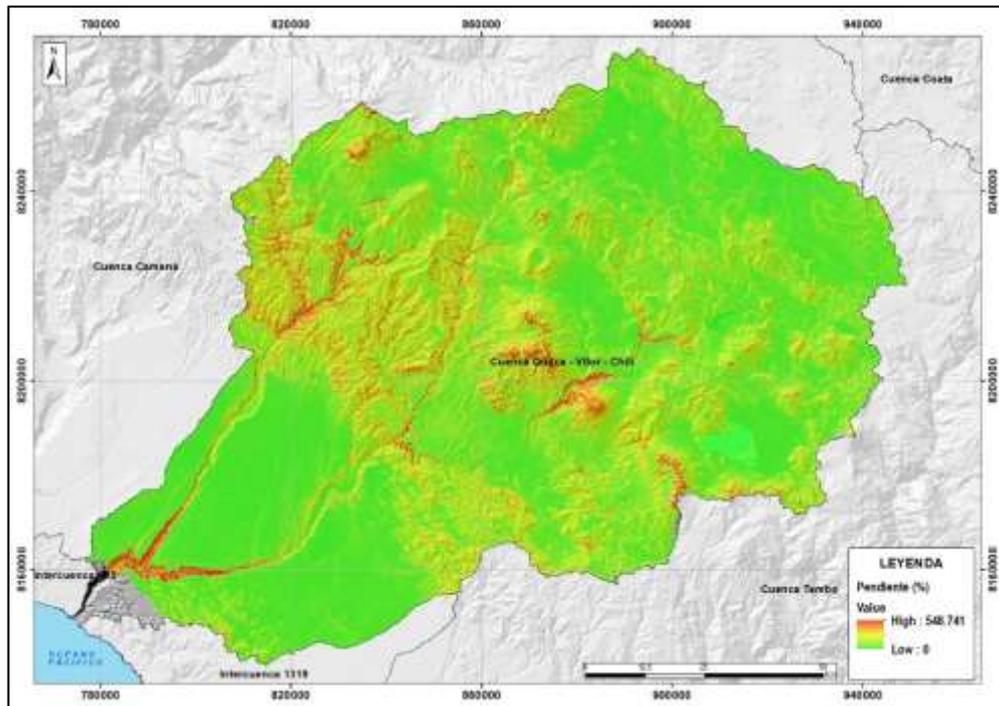


Figura 32: Variación espacial de la pendiente superficial (%)

La pendiente es una de las variables que influye en la mayor o menor producción de sedimentos, en la Figura 32, se muestra la distribución de pendientes en la cuenca, que van desde zonas casi planas hasta zonas inclinadas a muy inclinadas.

Finalmente ya obtenido las variables para determinar el coeficiente de erosión “Z”, se debe emplear la siguiente ecuación que con ayuda de la herramienta GIS (Map Algebra) se determinara el modelo espacial correspondiente.

$$Z = X.Y. (\varphi + I^{\frac{1}{2}})$$

Donde:

- X : Coeficiente de uso del suelo.
- Y : Coeficiente de resistencia del suelo a la erosión.
- φ : Coeficiente que evalúa los procesos erosivos observados.
- I : Gradiente de la pendiente superficial (%).

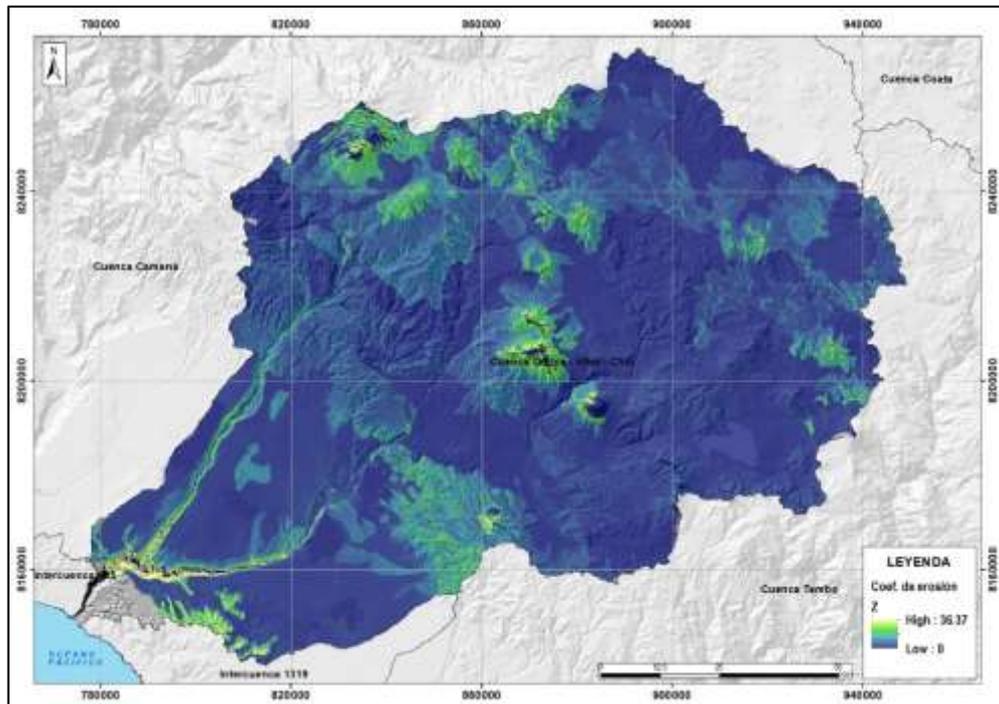


Figura 33: Distribución espacial del coeficiente de erosión “Z”

En la Figura 33, se muestra la distribución espacial del coeficiente de erosión “Z” media anual que varía de 0.00 a 36.37, registrándose los valores más bajos en zonas planas con buena cobertura vegetal y los valores más altos se registran en zonas con pendientes inclinadas a muy inclinadas con escasa presencia de cobertura vegetal.

IV. RESULTADOS

4.1. PRODUCCIÓN MEDIA ANUAL ESPECIFICA DE SEDIMENTOS $W(m^3/año)$

Teniendo todos los valores del coeficiente de erosión, temperatura, precipitación media anual y el área de la cuenca se procedió a calcular el volumen promedio anual erosionado de sedimento de la cuenca Quilca Vitor Chili.

Alcanzando valores promedio de $1336.91 m^3/año$ en la parte alta de la cuenca y los valles estrechos. Se observa también la mayor pérdida en las áreas con bajo grado de cobertura vegetal y fuertes lluvias. A diferencia de la parte baja que tiene cierta cobertura lo que evita la erosión en los suelos (Ver Figura 34).



Figura 34: Producción específica media anual de sedimentos $W (m^3/año)$

4.2. COEFICIENTE DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS “R”

En la Figura 35, se ve la discretización de las 10 subcuencas colectoras, asimismo en la Figura 36, se presentan los resultados de los coeficientes de retención de sedimentos calculado en las subcuencas colectoras, por las dimensiones de estas se considera un coeficiente de retención por cuenca de aporte, las características geomorfológicas se presentan en la Tabla 22.

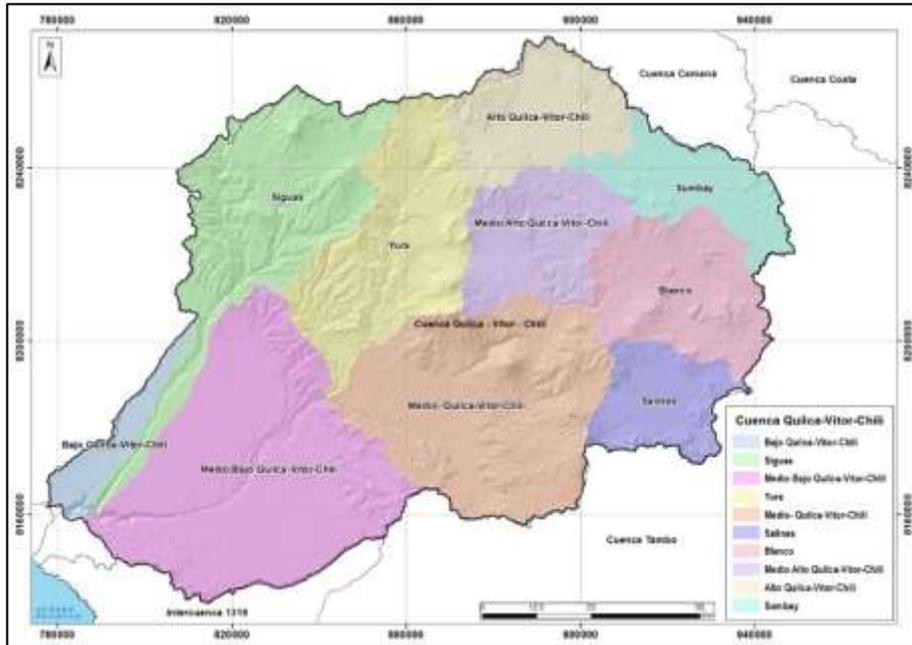


Figura 35: Subcuencas aportantes

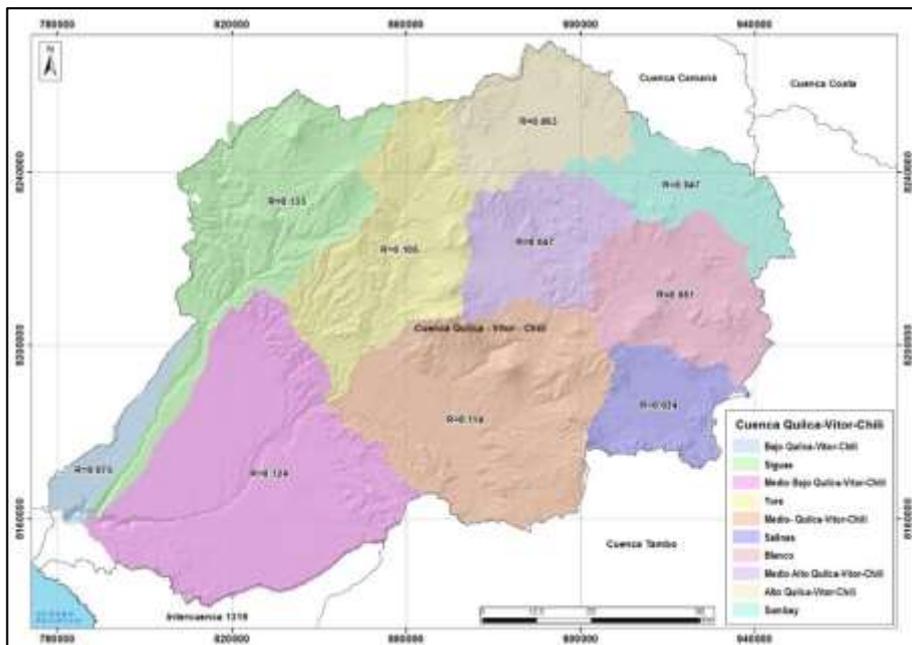


Figura 36: Coeficiente de retención de sedimentos

Tabla 22: Parámetros geomorfológicos y coeficiente de retención de sedimentos

Subcuenca	Área (Km ²)	Perímetro (Km)	Cauce Principal (Km)	Tributarios (Km)	Altitud media (msnm)	Altitud Máxima (msnm)	Altitud mínima (msnm)	Pendiente de la cuenca (m/m)	R
Bajo Quilca Vitor Chili	329.14	194.52	66.72	76.52	1260	1813	59	0.10	0.075
Siguas	1854.61	442.87	149.34	719.85	3504	4809	146	0.27	0.024
Medio Bajo Quilca Vitor Chili	2912.14	382.21	105.61	1687.61	1508	2867	137	0.125	0.124
Yura	1541.25	300.23	95.16	561.25	3694	4691	1452	0.22	0.105
Medio Quilca Vitor Chili	2335.76	307.26	103.68	1182.72	3269	4342	1454	0.22	0.114
Salinas	656.28	183.63	40.16	100.1	45.13	47.35	43.36	0.13	0.024
Blanco	1153.64	254.44	81.58	330	4422	4564	3743	0.15	0.051
Medio Alto Quilca Vitor Chili	936.97	206.17	66.48	246.25	4307	4453	3743	0.15	0.047
Alto Quilca Vitor Chili	963.43	210.94	43.02	424.71	4501	4761	4274	0.11	0.063
Sumbay	744.23	269.14	86.28	277.51	4574	4686	4258	0.08	0.047

4.3. VOLUMEN DE SEDIMENTOS PRODUCIDO POR EROSIÓN Y TRANSPORTADO A LA SECCIÓN DE CIERRE DE LA CUENCA “G”

Para determinar el volumen producido por la cuenca colectora se multiplican los valores de la producción bruta específica de sedimentos (W) por el coeficiente de retención (R) por subcuencas de aporte. (Ver Tabla 23).

Tabla 23: Resumen de la producción de sedimentos

Subcuenca	Área (Km ²)	R	W	G
Bajo Quilca Vitor Chili	329.14	0.075	213.87	5279.49
Siguas	1854.61	0.133	2477.31	611061.04
Medio Bajo Quilca Vitor Chili	2912.14	0.124	203.35	73430.77
Yura	1541.25	0.105	2382.48	385559.72
Medio Quilca Vitor Chili	2335.76	0.114	877.26	233593.85
Salinas	656.28	0.024	439.85	6927.95
Blanco	1153.64	0.051	1669.6	98231.98
Medio Alto Quilca Vitor Chili	936.97	0.047	1669.6	73525.16
Alto Quilca Vitor Chili	963.43	0.063	2006.16	121766.07
Sumbay	744.23	0.047	1888.66	66063.08
			Total	1675439.11

- Los resultados alcanzados permiten obtener una visión general de manera cuantitativa, de la variación espacial de la producción de sedimentos por erosión superficial en la cuenca de la cuenca colectora Quilca Vitor Chili, Con un área aportante de 13 427.45 km² se estimó la tasa anual de producción de sedimentos con un total de 1 675 439.11 (m³/año) y la estimación de sedimentos por km² sería de 124.77 (m³/año/km²) o 224.58 (tn/año/ km²), este valor se considera como la producción natural de la cuenca.

V. CONCLUSIONES

- Con respecto a la producción de sedimentos sobre la base de la metodología propuesta por Gavrilovic y Zemljic, se estimó un volumen de 224.58 (tn/año/km²), teniendo como valor promedio de R igual a 0.078 indicando que del total de la producción de sedimentos un 7.8 % llega ser retenido en planicies de inundaciones, cauces, reservorios, etc., y el resto sería transportado hasta la desembocadura del río.
- Los aspectos litológico-geomorfológicos tienen una marcada influencia en la producción de sedimentos en la cuenca, especialmente sobre el parámetro W. El parámetro R, dependiente de la morfometría, mostró menor variabilidad. Además, se observó que la distribución areal de las precipitaciones y temperaturas tienen menor incidencia para explicar variaciones de dicha producción.
- El cálculo de los parámetros geomorfológicos de la cuenca de estudio nos permitió determinar ciertas características tales como: su área de 13 546.98 km². Su altitud media de 3 331.13 m.s.n.m y su pendiente de 24.95 % y una longitud de 321.618 km de cauce principal, siendo estos los más resaltantes ya que la pendiente alta indica que existe fenómenos de erosión en cárcavas, derrumbes.
- Para el cálculo de la producción de sedimentos se aplicó con un Sistema de Información Geográfica que permitió la obtención de los mapas ráster y estos a su vez ser tratados con un Map Algebra, esta herramienta es importante en la toma de decisiones y cuantificación de las zonas de mayor producción de sedimentos.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar el método Zemljic Gavrilovic en cuencas cuyos mecanismos de erosión predominantes son la erosión laminar.
- Se debe realizar campañas de aforo y muestras de sedimentos principalmente en épocas de avenida en las principales quebradas aportantes para conocer el régimen de transporte de sedimentos y así tener una mejor validación de la metodología por Zemljic Gavrilovic..

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, V. & Terneus, E. (2012). *Análisis del marco legal e institucional para caudales ecológicos en el Ecuador*. Documento Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental, 75.
- Binjolkar, P. & Keshari, A.K. (2012). Estimating geomorphological parameters using GIS for tilaiya reservoir catchment. *Journal of the Institution of Engineers (India): Civil Engineering Division*, 88(AUG.), 21–26. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-41849125643&partnerID=tZOtx3y1>
- Brooks, N.; Ffolliott, F.; Gregersen, M.; DeBano, F. (1997). *Hydrology and the Management of Watersheds*. pp. 151-163, Iowa State Press.
- COBINABE. (2010). *Comisión Binacional para el desarrollo de la Alta Cuenca del Río Bermejo y el Río Grande de Tarija. Generación y Transporte de Sedimentos en la Cuenca Binacional del Río Bermejo*. Caracterización y análisis de los procesos intervinientes. 230 p.
- Gavrilovic, Z. (1988). *The use of an empirical method (erosion potential method) for calculating sediment production and transportation in unstudied or torrential streams*. In: *International conference of river regime*, 18–20 May. John Wiley and Sons, Wallingford, Chichester, pp. 411–422.
- Gavrilovic, S. (1972). *Inzenjering o bujicnim tokovima i eroziji*. Izgradnja, specijalno izdanje, 261-264. Beograd, Serbia and Montenegro.

- Haan, C.T.; Johnson, H.P.; Brakensiek, D.L. (1982) *Hydrologic Modeling of Small Watersheds*. ASAE, pp. 297-370.
- Hayes, L. (1985). The Current Use of TIROS-N Series for Meteorological Satellites for Land-Cover Studies. *International Journal of Remote Sensing*, 6(1), 35-45.
- Hernani, Al. & Ramírez, J.J. (2012). *Aspectos Morfométricos y Teóricos de un Embalse Tropical de Alta Montaña Represa La Fe, El Retiro, Colombia*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales. Retrieved from http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_26/101/511-518.pdf
- Jardi, M. (1985). *Análisis de las variables morfométricas que nos la definen*, XIX, 41–68
- Kirkby, M.J. (1994). *Erosión de Suelos* (3^{ra} ed.). México D.F.: Ed. Limusa. Grupo Noriega Editores. pp. 41-52,141-148
- Levi, E. (1986). *El agua según la ciencia, evolución de la hidráulica*. Volumen II. Series del Instituto de Ingeniería, D-24, UNAM. pp. 933-937.
- López, C. (2002). *Manual de Estabilización y Revegetación de Taludes*. Entorno Gráfico.
- López, F. (2003). *La ingeniería en los procesos de desertificación*. Grupo TRAGSA, Ediciones Mundi- Prensa.
- Martínez, E. (2005). *Hidrología práctica: Infiltración y retención del terreno*. España: Editorial Colección Escuelas. 317 p.
- Merg, C.; Petri, D.; Bodoira, F.; Nini, M.; Fernández, M.; Schmidt, F.; Montalva, R.; Guzmán, L.; Rodríguez, K.; Blanco, F. & Selzer, F. (2011). Mapas digitales regionales de lluvias, índice estandarizado de precipitación e índice verde. *Revista Pilquen, Sección Agronomía*, 13(11), 1-11.

- Monsalve, G. (2000). *Hidrología en la Ingeniería*. Escuela Colombiana de Ingeniería. Santafé de Bogotá – Colombia. 382 p.
- Morgan, R.P.C.; Rickson, J. (1995). *Slope stabilization and erosion control*. A bioengineering approach. Publicado por E & F N Spon, United Kingdom, Capítulo 5, 133 – 190.
- Ordóñez, J. (2011). *¿Qué es Cuenca Hidrológica?*. Sociedad Geológica de Lima, 1, 1– 44.
- Ramírez, JM. (2009). *Producción de sedimentos en cuencas: revisión de criterios y aplicabilidad a la cuenca del río Apulco* (Tesis Maestría, UNAM). México. 205 p.
- Rivera, F., Gutiérrez, A., Val, R., Mejía, Z., Ermeño, R., Sánchez, A., Aparicio, J., & Díaz, L. (2006). *La medición de sedimentos en México*. IMTA, UJAT y UNESCO.
- Sanchez, J. (2015). *Medir áreas y longitudes*. Departamento de Geología, 1–4. Retrieved from http://hidrologia.usal.es/Complementos/Medir_Areas.pdf
- Sunkar, M. & Tonbul, S. (2011). *Hydrographic analysis of Iluh River (Batman) in relation to flood and torrent events*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 19, 537–546. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.05.167>
- UNESCO. (2010). *Procesos de erosión - sedimentación en cauces y cuencas*. Volumen 1. Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Documento Técnico N° 22. Brea, J.D. & F. Balocchi (Eds.), 138 p.
- Vanoni, A. (1977). *Sedimentation Engineering. Manuals and reports on engineering practice*, No. 54. ASCE. pp.1-15.

Vásquez, A.; Mejía, A.; Faustino, J.; Terán, R.; Vásquez, I.; Días, J.; Vásquez, C.; Castro, A.; Tapia, M.; & Alcántara J. (2016). *Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas*. Lima, Perú. Fondo Editorial-UNALM. 646 p.

Verstraeten, G. & Poesen, J. (2000). *Estimating trap efficiency of small reservoirs and ponds: methods and implications for the assessment of sediment yield*. *Progress in Physical Geography* 24,2. pp.219-251.

Vezzoli, G.; Ghielmi, G.; Mondaca, G.; Resentini, A.; Villarroel, E.K.; Padoan, M. & Gentile, P. (2013). Quantifying modern erosion rates and river-sediment contamination in the Bolivian Andes. *Journal of South American Earth Sciences* 45: 42-55.

Villón, M. (2011). *Hidrología* (3^{ra} ed.). Lima, Perú: Ediciones Villón. 437 p.

Villón, M. (2014). *Hidrología* (2^{da} ed.). Lima, Perú: Ediciones Villón.

Villón, M. (2002). *Hidrología*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Facultad de Ingeniería Agrícola (2^{da} ed.). Lima, Perú: Ediciones Villon. pp. 15 - 64.

Zemljic M. (1971). *Calcul du debit solide. Evaluation de la vegetation comme un des facteurs antierosif*. International Symposium Interpreevent, Villach, Austria.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: PRECIPITACION MEDIA MENSUAL

Precipitación total mensual (mm) - Estación Chiguata (Período 1965-2014)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Precipitación total anual (mm)
1965	S/D	20.6	6.4	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0	39.3
1966	0.0	26.1	14.3	0.0	17.8	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	0.3	0.2	S/D
1967	42.3	115.5	87.3	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	252.6
1968	83.5	55.2	52.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	196.6
1969	10.3	16.5	19.9	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	10.6	62.5
1970	17.4	29.1	27.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	1.6	76.1
1971	21.6	20.4	24.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	53.3	121.6
1972	123.7	147.9	197.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	469.3
1973	62.5	66.8	73.8	2.0	0.0	0.0	0.0	1.9	4.4	0.0	0.0	0.0	211.4
1974	130.6	73.5	23.3	5.3	0.0	0.0	0.0	44.2	0.0	0.0	0.0	10.1	287.0
1975	52.6	134.3	74.6	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.6	283.5
1976	206.8	62.7	72.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.0	0.0	0.0	0.0	358.8
1977	24.4	132.7	82.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	6.0	255.2
1978	35.1	3.2	1.4	0.5	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	7.4	0.0	49.0
1979	3.5	8.1	57.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	15.9	89.4
1980	2.5	33.4	26.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	73.0
1981	34.4	65.9	42.9	29.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	175.5
1982	18.6	15.6	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	2.7	7.8	0.0	59.4
1983	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	5.7	12.0
1984	69.5	99.2	31.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0	206.7
1985	11.4	36.6	37.6	2.9	0.0	S/D	0.0	S/D	0.0	0.0	3.6	42.9	S/D
1986	63.4	73.4	30.0	0.0	1.5	0.0	0.5	10.3	0.0	0.0	4.4	48.4	231.9
1987	71.4	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	82.1
1988	55.8	7.7	40.3	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	114.5
1989	20.2	188.7	57.2	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	267.9
1990	11.1	4.3	31.5	0.3	0.0	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	49.3	111.1
1991	18.0	9.5	39.7	3.7	0.0	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	82.1
1992	0.0	0.6	1.8	0.0	0.1	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	14.8
1993	121.5	22.8	14.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	4.3	0.0	7.4	177.4
1994	142.0	114.8	24.9	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	291.0
1995	38.8	0.0	156.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	195.5
1996	56.6	61.4	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	122.8
1997	109.1	83.4	82.9	0.0	0.0	0.0	0.0	19.8	10.5	0.0	0.0	17.0	322.7
1998	64.5	31.7	4.7	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.0	133.3
1999	34.4	149.3	139.7	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	328.2

«Continuación»

2000	119.2	99.5	88.4	1.4	0.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	314.5
2001	39.1	187.6	122.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	354.7
2002	22.8	89.5	77.6	7.8	0.0	0.0	15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	218.9
2003	17.7	6.2	24.9	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	49.6
2004	75.1	57.9	2.5	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	145.5
2005	29.5	25.7	28.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	89.4
2006	26.9	80.2	72.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.8	181.6
2007	46.7	73.6	10.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	133.3
2008	139.2	77.1	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	240.1
2009	9.9	108.1	19.5	8.8	0.0	0.0	0.4	0.0	0.2	0.0	0.8	0.0	147.7
2010	10.5	32.4	8.6	3.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	59.8
2011	73.1	160.4	5.9	7.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.9	271.6
2012	162.1	230.7	78.0	28.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	506.2
2013	61.5	100.5	63.5	0.0	5.4	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	241.2
2014	67.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	68.2
Promedio	54.2	65.0	44.3	2.7	0.5	0.6	0.5	1.8	1.0	0.3	1.1	8.7	182.8
Máximo	206.8	230.7	197.7	29.2	17.8	12.3	15.5	44.2	17.0	4.3	9.7	53.3	506.2
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología (SENAMHI).

S/D: SIN DATO.

Parámetro estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Precipitación total anual (mm)
Promedio	54.2	65.0	44.3	2.7	0.5	0.6	0.5	1.8	1.0	0.3	1.1	8.7	182.8
Máximo	206.8	230.7	197.7	29.2	17.8	12.3	15.5	44.2	17.0	4.3	9.7	53.3	506.2
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0

Precipitación total mensual (mm) - Estación Chivay (Período 1964-2014)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Precipitación total anual (mm)
1964	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	14.0	49.9	75.5	S/D
1965	34.8	107.4	31.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	10.6	1.7	1.6	40.6	230.3
1966	14.1	73.7	60.5	0.7	33.1	0.0	0.0	0.0	0.7	39.6	26.3	22.5	271.2
1967	116.0	148.1	82.1	20.0	8.2	0.0	2.9	1.3	19.6	20.3	12.5	36.4	467.4
1968	132.7	53.0	125.8	1.0	14.9	2.6	3.2	0.1	5.6	23.2	18.3	42.4	422.8
1969	46.7	110.9	102.0	23.9	0.0	0.4	0.0	0.5	5.1	0.4	43.0	73.3	406.2
1970	119.8	81.9	109.0	8.1	14.8	0.0	0.0	0.0	11.8	19.7	3.4	51.3	419.8
1971	104.6	77.0	45.8	20.1	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	4.5	4.5	60.4	318.6
1972	145.0	121.8	166.4	21.3	0.0	0.0	1.0	0.0	29.2	37.5	1.7	57.4	581.3
1973	156.4	103.0	120.4	67.8	0.8	0.0	3.2	12.2	31.1	0.0	10.7	16.7	522.3
1974	180.0	117.3	21.9	44.0	0.0	10.0	0.0	56.4	6.2	0.0	0.0	38.3	474.1
1975	89.9	135.8	110.8	24.8	14.7	1.6	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0	132.4	516.4
1976	195.5	S/D	103.2	13.3	4.3	0.0	10.3	11.1	43.9	0.0	0.0	38.2	419.8
1977	33.6	165.6	67.7	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	23.1	48.5	39.8	384.9
1978	94.8	12.0	34.3	42.4	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	17.6	9.0	14.9	229.1
1979	45.9	18.4	92.2	3.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	17.6	38.8	43.9	261.3
1980	27.1	55.5	67.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.0	65.7	2.4	34.0	278.6
1981	109.4	118.4	17.6	41.6	0.0	0.0	0.0	33.7	0.0	0.0	28.2	42.4	391.3
1982	91.6	52.7	79.7	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	39.1	38.1	61.3	26.4	398.4
1983	13.4	14.6	13.8	11.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	62.8
1984	S/D	167.2	180.8	6.7	0.0	14.8	0.0	0.0	0.0	69.7	79.4	65.6	584.2
1985	29.0	158.6	99.4	40.1	8.7	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	26.4	96.5	463.7
1986	97.0	178.1	135.9	53.6	0.0	0.0	0.0	10.5	3.6	1.5	10.4	105.5	596.1
1987	71.9	28.6	38.3	5.0	0.0	0.0	9.7	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	161.0
1988	190.9	18.8	33.0	12.2	18.1	0.0	0.0	0.0	S/D	0.0	0.0	22.8	295.8
1989	71.0	56.4	25.6	15.4	0.0	S/D	S/D	0.0	0.0	0.0	13.0	0.0	S/D
1990	59.0	26.2	60.7	S/D	4.4	52.4	0.0	8.9	0.0	12.1	63.0	93.7	380.4
1991	122.1	55.8	127.4	22.3	0.0	18.6	0.0	S/D	0.0	3.4	51.4	34.8	435.8
1992	22.5	26.5	3.2	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	24.4	8.6	S/D	S/D
1993	104.5	30.8	90.5	12.6	1.0	0.0	0.0	16.2	0.0	21.5	3.5	53.8	334.4
1994	158.6	132.7	50.3	25.6	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	15.0	36.5	420.3
1995	101.5	25.1	136.4	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.6	49.4	356.6
1996	66.9	168.4	54.1	34.7	0.5	0.0	0.0	7.3	0.0	1.2	29.7	51.5	414.3
1997	119.0	163.2	104.8	10.0	0.0	0.0	0.0	27.1	64.4	0.0	11.5	76.0	576.0
1998	137.5	66.2	69.3	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.6	70.6	387.5
1999	98.8	169.8	176.5	39.3	0.0	0.0	0.0	0.0	19.6	37.5	3.1	51.9	596.5
2000	180.7	121.0	103.8	45.8	10.5	0.0	0.0	1.9	0.0	40.2	0.0	56.7	560.6
2001	121.2	198.9	98.4	54.9	1.6	1.3	0.0	4.9	8.0	22.6	1.2	12.8	525.8

«Continuación»

2002	72.2	149.9	133.3	36.3	12.2	0.0	35.8	0.3	0.8	2.0	33.0	103.5	579.3
2003	40.3	91.0	66.0	19.7	6.5	0.0	0.0	4.5	1.0	0.0	0.4	46.6	276.0
2004	144.8	90.1	121.9	40.2	0.0	0.0	7.6	3.1	24.3	0.0	0.0	37.1	469.1
2005	68.7	106.9	67.0	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	19.9	0.2	0.3	68.2	339.1
2006	116.8	114.8	165.0	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	14.3	26.1	42.3	33.9	520.4
2007	138.8	120.8	102.9	35.1	1.6	0.9	0.0	0.0	0.8	0.7	18.1	53.3	473.0
2008	262.3	111.9	32.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	4.0	1.7	61.0	474.9
2009	81.5	156.8	83.5	60.7	0.0	0.0	11.6	0.0	1.3	0.0	20.1	14.4	429.9
2010	63.9	88.9	44.0	15.1	11.8	0.0	0.0	0.0	2.5	10.9	2.9	128.2	368.2
2011	116.7	176.0	62.6	67.6	9.3	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	10.1	122.4	567.5
2012	165.7	236.6	110.0	88.1	0.0	0.0	1.3	0.0	18.3	22.0	0.4	113.7	756.1
2013	148.1	158.7	94.0	0.0	13.4	24.1	7.5	17.3	0.0	0.0	0.6	52.2	515.9
2014	123.3	12.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	136.0
Promedio	103.0	101.5	82.5	23.4	4.0	2.6	2.2	4.6	8.7	12.5	17.3	52.1	417.7
Máximo	262.3	236.6	180.8	88.1	33.1	52.4	35.8	56.4	64.4	69.7	79.4	132.4	756.1
Mínimo	13.4	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.8

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología (SENAMHI).

S/D: SIN DATO.

Precipitación total mensual (mm) - Estación El Frayle (Período 1963-2020)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Precipitación total anual (mm)
1963	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	10.2	0.0	0.0	15.6	S/D
1964	37.4	21.2	16.6	25.6	4.5	0.0	0.0	0.9	0.0	8.7	35.4	75.1	225.4
1965	20.4	50.0	30.9	11.8	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	0.8	1.0	32.1	150.9
1966	4.6	81.0	34.0	0.0	26.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1	14.0	23.0	189.2
1967	38.1	106.8	87.8	29.3	2.3	0.0	2.8	0.0	18.3	0.0	2.0	35.8	323.2
1968	116.3	78.0	87.7	5.9	1.7	3.8	0.3	0.0	2.3	14.0	43.4	12.7	366.2
1969	59.0	112.3	62.9	10.2	0.0	0.0	0.0	0.2	1.3	1.2	22.4	52.2	321.8
1970	106.9	S/D	S/D	S/D	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	S/D	27.3	S/D
1971	79.1	64.4	49.9	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	55.1	269.5
1972	119.2	117.1	117.3	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	12.1	0.0	60.5	441.1
1973	145.7	77.4	67.1	20.8	0.0	0.0	0.5	4.0	24.0	1.2	13.3	1.4	355.4
1974	156.2	70.6	20.1	20.6	0.0	2.7	0.0	51.4	0.6	0.0	0.9	23.9	347.0
1975	88.1	125.6	97.5	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	0.0	8.3	0.0	106.9	S/D
1976	117.1	89.2	59.3	6.1	2.8	0.4	3.6	2.9	30.4	0.0	0.0	23.7	335.5
1977	66.7	94.3	105.9	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	14.3	51.0	48.4	388.5
1978	135.6	11.5	37.8	29.8	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	4.7	71.8	19.5	313.2
1979	20.2	17.6	90.1	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	0.0	4.2	34.3	31.0	197.4
1980	14.4	25.3	50.0	3.0	1.1	0.0	1.0	0.0	3.4	51.7	0.0	18.9	168.8
1981	90.4	147.3	26.6	55.2	0.0	0.0	0.0	17.1	0.2	0.0	4.4	55.9	397.1
1982	35.1	49.1	50.2	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	15.6	29.9	19.9	228.8
1983	S/D	8.8	71.1	7.4	0.3	0.0	0.0	0.8	4.9	0.0	0.0	28.6	121.9
1984	79.0	113.0	79.7	0.0	0.0	11.2	0.0	5.8	0.0	21.5	62.8	34.4	407.4
1985	22.1	118.5	56.8	17.9	3.0	2.9	0.0	0.0	7.5	0.0	24.3	51.5	304.5
1986	113.5	114.8	81.4	12.4	0.6	0.0	2.7	9.7	0.0	0.0	7.7	95.4	438.2
1987	82.8	13.3	5.7	0.1	0.0	2.6	10.9	S/D	0.6	7.5	3.2	0.2	126.9
1988	126.1	30.8	26.3	52.8	10.1	0.0	0.0	0.0	0.5	5.5	0.0	14.5	266.6
1989	37.7	119.3	72.5	32.8	0.0	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	10.2	0.3	275.6
1990	63.4	11.4	43.2	9.6	6.5	93.0	0.0	1.0	0.0	27.1	57.0	45.6	357.8
1991	73.2	65.3	81.8	6.9	0.0	20.1	0.0	0.0	0.0	3.0	9.9	29.8	290.0
1992	49.6	9.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	11.9	36.7	111.2
1993	116.6	41.2	54.6	11.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.4	8.7	5.5	52.1	292.7
1994	173.8	115.4	38.1	29.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.9	37.0	414.7
1995	45.9	16.5	124.1	5.7	5.5	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	12.7	26.6	240.0
1996	37.4	90.5	57.4	23.6	11.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	9.3	29.5	259.8
1997	69.0	160.0	51.1	5.1	0.4	0.0	0.0	16.1	30.7	5.2	9.8	0.0	347.4
1998	116.8	67.8	19.6	1.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	23.9	30.5	261.1
1999	28.3	210.2	128.3	25.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	12.6	0.0	27.7	439.0
2000	128.6	93.1	77.5	5.2	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	0.2	47.7	360.0

«Continuación»

2001	81.5	68.1	80.9	43.7	0.0	0.5	0.0	2.5	1.0	10.8	0.0	2.1	291.1
2002	56.3	116.5	90.9	64.3	3.2	2.6	30.1	0.0	0.0	2.9	21.3	31.1	419.2
2003	24.0	65.5	51.3	16.3	7.0	0.0	0.9	2.5	0.2	0.0	4.1	19.1	190.9
2004	75.7	76.2	67.1	30.9	0.0	0.0	11.9	2.2	0.2	0.0	0.0	6.5	270.7
2005	65.9	76.0	26.1	41.7	0.0	0.0	0.0	0.0	15.9	0.0	2.7	54.0	282.3
2006	128.2	81.9	100.6	3.7	0.4	0.0	0.0	0.0	1.2	12.7	15.8	15.1	359.6
2007	102.4	61.8	71.8	3.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	17.6	37.5	296.4
2008	135.1	80.6	69.7	0.0	0.0	0.8	0.0	0.8	0.0	0.4	0.0	47.6	335.0
2009	87.3	107.1	47.0	50.1	1.4	0.0	19.1	0.0	0.3	0.0	14.8	8.7	335.8
2010	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2011	5.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4
2012	0.4	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	95.1	98.0
2013	0.3	100.4	0.0	0.0	6.6	20.7	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2014	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2015	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2016	24.0	137.9	18.0	54.8	S/D	S/D	5.8	S/D	S/D	S/D	0.0	S/D	S/D
2017	S/D	S/D	S/D	S/D	5.0	0.0	0.0	0.0	5.1	S/D	31.0	64.5	S/D
2018	78.0	44.8	77.7	16.6	0.0	6.0	17.4	0.0	0.0	2.5	0.0	10.1	253.1
2019	110.4	140.7	46.1	15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	5.0	11.6	9.5	339.1
2020	98.3	152.4	107.2	5.9	S/D	S/D							
Promedio	74.8	77.9	58.0	16.2	2.0	3.3	2.1	2.5	4.0	5.5	13.8	33.2	287.7
Máximo	173.8	210.2	128.3	64.3	26.4	93.0	30.1	51.4	30.7	51.7	71.8	106.9	441.1
Mínimo	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología (SENAMHI).

S/D: SIN DATO.

Precipitación total mensual (mm) - Estación Huambo (Período 1963-2020)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Precipitación total anual (mm)
1963	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	7.6	12.9	S/D
1964	39.9	28.9	112.3	27.6	S/D	0.0	0.0	9.1	0.0	3.4	43.1	113.0	377.3
1965	23.1	80.2	37.7	17.2	0.0	0.0	0.0	0.0	24.7	0.0	0.0	4.0	186.9
1966	7.0	67.3	42.0	0.0	19.8	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	6.0	0.0	147.5
1967	108.8	173.4	167.6	39.4	1.3	0.0	1.2	0.0	6.2	2.9	2.6	17.7	521.0
1968	101.1	88.6	170.9	1.1	6.3	0.1	0.1	0.1	0.1	8.3	30.4	18.6	425.6
1969	30.8	46.3	52.1	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	23.6	66.5	236.2
1970	50.1	96.5	69.3	26.1	4.9	0.0	0.0	0.0	0.3	6.6	0.0	16.6	270.4
1971	63.4	62.8	62.4	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	43.8	246.8
1972	186.9	165.1	162.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	7.7	35.7	0.0	52.7	611.2
1973	58.3	110.6	137.3	7.4	0.0	0.0	0.1	16.4	21.1	0.0	0.1	4.4	355.5
1974	172.7	122.2	44.1	14.4	0.4	7.5	0.0	46.4	1.6	0.1	0.0	17.7	427.2
1975	78.1	131.8	81.7	7.3	11.5	0.8	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	29.9	341.2
1976	138.3	97.3	71.0	11.6	0.0	0.0	2.9	0.0	33.9	0.0	0.0	29.5	384.5
1977	27.6	90.7	44.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	12.5	9.3	189.9
1978	86.7	6.2	14.7	1.3	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	20.3	2.7	134.2
1979	23.4	26.8	85.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	0.0	18.6	175.8
1980	26.8	23.6	39.4	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.6	16.8	4.3	7.9	121.0
1981	48.7	109.4	23.6	19.5	0.0	0.0	0.0	15.6	0.0	0.0	2.6	34.7	254.1
1982	24.8	39.4	25.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	10.8	19.7	21.6	145.6
1983	3.1	16.5	33.8	31.4	0.0	0.0	0.0	0.3	6.7	0.0	0.0	31.1	122.9
1984	59.9	124.3	106.9	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	11.2	35.4	18.6	359.1
1985	0.0	87.5	37.4	5.8	0.0	10.9	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	60.1	205.2
1986	132.2	39.7	23.6	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	92.0	298.5
1987	84.1	20.7	20.6	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	42.8	0.0	0.0	170.7
1988	171.3	49.7	42.3	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.2	324.5
1989	55.6	131.7	43.3	36.6	0.0	6.6	0.4	0.0	0.0	0.0	8.9	0.0	283.1
1990	11.6	6.4	37.5	50.4	S/D	34.1	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1991	46.4	15.4	63.2	11.3	0.0	13.4	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	1.5	159.4
1992	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	4.0	0.0	0.9	0.0	17.2	36.2
1993	81.6	27.2	73.4	2.2	0.0	0.0	0.0	9.9	0.4	10.2	3.8	1.5	210.2
1994	92.5	57.0	37.7	21.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.5	224.3
1995	63.9	3.0	105.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.7	192.2
1996	26.4	103.1	44.9	11.7	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	10.2	13.6	210.4
1997	64.0	72.1	82.6	0.0	0.0	0.0	0.0	29.5	21.4	0.0	0.4	64.3	334.3
1998	84.7	56.4	28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.6	67.2	255.9
1999	55.8	167.2	105.3	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	11.3	22.0	0.0	23.9	411.3
2000	142.0	68.4	60.4	35.0	2.3	0.2	0.0	0.1	0.0	13.3	0.0	13.5	335.3

«Continuación»

2001	72.1	152.7	70.2	18.0	1.2	0.0	0.0	0.3	0.9	0.4	0.0	6.1	322.1
2002	37.7	124.8	83.2	30.1	0.1	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	13.5	28.8	344.0
2003	42.5	72.9	42.5	0.0	11.8	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	7.0	178.9
2004	82.5	101.3	S/D	0.0	0.0	0.0	8.3	0.1	0.9	0.0	0.0	24.2	217.4
2005	47.9	71.0	32.6	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	0.0	0.0	50.1	226.5
2006	93.0	115.9	93.6	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.9	0.6	4.5	325.6
2007	50.6	112.2	76.8	15.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	9.5	264.6
2008	186.5	31.5	21.6	0.0	0.0	0.8	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	7.6	249.5
2009	68.6	104.4	68.5	39.6	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	1.0	9.7	299.4
2010	69.4	81.7	51.0	21.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	23.5	251.9
2011	92.8	169.7	6.9	52.3	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	42.6	372.4
2012	106.6	176.5	82.0	60.4	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	11.9	0.0	76.3	522.0
2013	70.1	96.7	71.1	0.0	12.1	7.5	2.4	1.8	0.0	1.2	0.0	27.1	290.0
2014	101.5	12.5	33.4	S/D	S/D								
2015	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2016	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2017	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2018	74.8	47.9	60.7	22.8	0.4	5.2	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	15.1	233.5
2019	86.3	88.0	36.3	8.0	0.0	0.6	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2020	S/D	125.6	53.9	25.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	7.9	3.8	44.9	262.5
Promedio	71.1	79.6	61.8	14.2	1.6	1.7	1.1	2.7	3.4	5.1	5.5	26.8	275.4
Máximo	186.9	176.5	170.9	60.4	19.8	34.1	25.8	46.4	33.9	42.8	43.1	113.0	611.2
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.2

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología (SENAMHI).

S/D: SIN DATO.

Precipitación total mensual (mm) - Estación Ichuña (Período 1965-2020)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Precipitación total anual (mm)
1965	70.7	197.1	229.7	11.5	1.2	0.0	0.5	0.0	8.1	8.3	36.7	122.2	686.0
1966	65.0	108.9	63.4	0.2	41.0	0.0	0.0	0.0	4.9	64.5	118.1	83.1	549.2
1967	46.9	96.3	82.1	20.4	6.3	0.0	2.9	2.4	46.5	43.1	17.0	72.4	436.3
1968	124.6	74.3	115.4	8.9	12.1	4.1	1.8	0.0	14.9	49.1	86.4	19.8	511.5
1969	183.8	111.1	49.3	S/D	S/D	2.1	1.5	0.0	2.4	17.7	57.1	275.1	S/D
1970	218.3	115.4	161.2	15.1	24.7	0.0	0.0	0.0	4.8	8.5	1.3	146.4	695.8
1971	123.7	235.3	83.8	26.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	24.3	85.0	582.6
1972	142.5	100.0	124.6	6.6	1.2	0.0	0.0	0.0	47.3	11.6	20.9	214.4	669.2
1973	207.0	120.3	89.7	53.5	2.0	0.0	0.0	6.2	31.2	0.0	2.2	33.2	545.4
1974	231.1	131.8	49.1	44.4	1.0	10.2	0.0	84.0	5.2	3.3	4.0	79.4	643.6
1975	160.0	145.4	84.7	5.6	7.9	2.2	0.0	0.0	3.6	10.6	9.7	173.3	603.1
1976	140.9	132.3	69.2	31.5	6.2	0.0	6.6	12.5	33.9	0.0	0.0	69.8	503.0
1977	97.9	198.7	101.7	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	42.4	110.1	66.5	631.2
1978	155.3	12.5	40.2	65.9	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	55.9	115.8	446.8
1979	148.9	47.5	85.8	23.4	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0	20.2	54.7	95.2	482.4
1980	39.8	40.7	104.5	10.0	0.1	0.0	0.0	0.0	15.3	74.7	13.5	23.4	322.0
1981	120.3	288.7	42.8	52.9	0.0	0.0	0.0	12.3	22.8	13.8	16.7	109.3	679.6
1982	189.7	33.2	S/D	36.1	0.0	0.0	0.0	3.4	21.7	54.6	64.9	14.7	418.3
1983	29.7	33.2	42.0	20.6	3.5	0.0	0.0	0.5	5.7	9.1	0.0	101.7	246.1
1984	217.2	168.6	47.9	13.2	0.0	7.1	0.0	6.0	0.0	70.2	141.3	82.3	753.8
1985	69.7	198.4	74.8	56.8	17.4	7.6	2.2	2.1	19.4	4.3	67.8	62.8	583.3
1986	181.2	155.8	155.4	69.7	5.2	0.0	24.1	3.4	3.1	0.0	10.9	104.7	713.5
1987	260.3	65.9	29.6	0.0	0.0	2.5	25.3	0.0	0.0	4.4	28.5	8.3	424.8
1988	131.2	23.9	81.4	36.9	12.4	0.0	0.0	0.0	3.6	14.2	0.0	72.1	375.7
1989	124.8	60.2	65.1	24.9	6.7	8.4	4.6	0.0	6.7	3.5	11.5	18.4	334.8
1990	111.4	32.6	48.3	20.1	10.8	42.9	0.0	8.9	0.0	22.0	73.2	46.1	416.3
1991	72.5	74.7	116.4	16.1	1.3	23.6	0.0	0.0	3.3	10.5	10.2	29.1	357.7
1992	84.5	29.0	2.5	8.2	0.0	4.0	0.0	20.3	0.0	16.7	11.8	59.9	237.0
1993	215.8	37.0	137.0	28.6	0.0	7.1	0.0	15.4	2.1	32.0	77.7	74.3	627.0
1994	165.3	234.8	92.3	106.4	4.8	0.0	0.0	0.0	2.1	0.3	41.8	103.8	751.6
1995	85.2	67.5	111.2	16.6	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	1.9	25.7	81.6	390.2
1996	245.7	139.9	54.4	31.9	8.9	0.0	0.0	22.9	2.1	7.5	37.0	67.6	618.0
1997	145.9	200.7	27.8	33.7	8.5	S/D	0.0	S/D	41.9	14.1	47.3	54.9	S/D
1998	192.3	94.0	50.5	8.6	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	2.6	55.6	27.5	432.7
1999	62.0	214.3	183.1	54.4	1.3	0.0	0.0	4.7	0.5	45.0	1.0	68.0	634.4
2000	198.4	142.7	54.4	21.1	3.1	0.0	0.0	4.7	0.0	30.0	5.1	118.4	578.0
2001	233.6	195.3	116.0	38.9	4.1	0.0	0.5	6.7	2.6	23.4	29.3	83.1	733.6
2002	73.6	176.6	180.8	44.0	7.0	0.5	18.3	0.6	7.1	45.2	44.6	80.6	679.0

«Continuación»

2003	76.2	120.7	110.2	27.1	3.2	0.0	0.0	4.1	0.0	14.6	1.7	62.3	420.2
2004	139.1	123.7	79.5	51.5	0.0	0.0	14.9	9.5	18.0	0.0	14.0	48.1	498.4
2005	114.1	168.7	58.7	27.1	0.0	0.0	0.0	0.0	17.7	4.7	27.4	77.0	495.5
2006	185.5	83.8	110.0	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	11.0	63.7	91.9	575.0
2007	144.3	57.4	146.4	28.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	9.9	29.6	95.0	512.4
2008	174.2	91.6	67.8	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	5.7	0.0	136.5	478.9
2009	73.2	161.6	48.6	36.9	1.2	0.0	13.6	0.0	26.5	7.6	60.9	86.4	516.5
2010	129.8	191.0	30.5	38.7	10.5	0.0	1.7	0.0	0.0	8.6	5.2	168.6	584.7
2011	155.8	205.7	77.4	62.3	1.2	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	33.2	112.8	686.5
2012	220.2	219.9	151.5	77.2	15.1	0.0	0.0	0.0	4.0	9.7	26.9	149.7	874.3
2013	139.5	115.1	80.6	2.4	17.0	10.1	9.4	15.3	0.0	51.4	26.8	116.3	583.9
2014	156.1	0.0	70.1	38.9	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	266.7
2015	142.3	99.9	121.6	88.7	0.0	0.0	5.7	15.9	10.0	13.7	44.3	20.0	562.1
2016	42.7	187.6	36.3	61.5	0.0	5.0	4.0	1.2	6.8	7.2	9.0	54.2	415.5
2017	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2018	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2019	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	15.2	80.1	S/D
2020	122.9	S/D	53.2	S/D	S/D	S/D	0.0	0.0	11.3	67.0	0.5	S/D	S/D
Promedio	139.3	122.3	86.4	31.9	4.9	2.7	2.6	5.3	9.7	18.7	32.8	83.8	535.3
Máximo	260.3	288.7	229.7	106.4	41.0	42.9	25.3	84.0	47.3	74.7	141.3	275.1	874.3
Mínimo	29.7	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	237.0

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología (SENAMHI).

S/D: SIN DATO.

Precipitación total mensual (mm) - Estación Imata (Período 1962-2015)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Precipitación total anual (mm)
1962	78.0	128.9	74.4	70.8	6.7	0.0	0.0	0.0	23.0	4.7	8.9	62.0	457.3
1963	149.7	142.5	105.4	41.1	0.0	0.0	0.5	0.7	11.1	10.6	17.4	159.2	638.2
1964	88.1	144.0	113.4	29.2	40.0	0.0	0.0	6.8	0.2	4.8	15.5	50.6	492.6
1965	26.9	99.7	89.4	13.1	0.6	0.0	4.1	0.0	0.0	8.2	0.1	80.9	322.8
1966	59.4	112.4	101.1	9.3	42.1	0.0	0.0	1.5	1.5	54.1	46.7	68.2	496.3
1967	93.2	128.2	121.4	76.2	5.5	1.2	8.5	0.2	39.9	21.1	11.9	74.7	582.0
1968	176.7	88.4	142.2	9.6	6.6	2.1	3.9	0.0	2.5	46.2	107.6	57.8	643.6
1969	108.9	89.3	70.0	17.4	0.2	2.3	2.4	1.7	9.6	5.4	50.9	88.5	446.6
1970	141.6	87.3	130.1	9.6	22.6	0.0	0.3	0.0	4.7	6.1	0.9	53.4	456.6
1971	135.0	154.1	100.6	15.6	1.0	1.2	0.0	1.2	0.0	4.1	11.5	91.9	516.2
1972	188.3	186.3	156.8	17.9	1.1	1.2	0.6	0.0	41.5	30.5	8.3	81.0	713.5
1973	245.1	190.6	144.8	31.4	11.1	0.0	4.3	7.8	41.1	9.1	27.5	24.5	737.3
1974	342.8	203.7	68.5	52.2	0.0	24.8	0.8	56.6	1.4	0.0	5.1	60.0	815.9
1975	161.8	180.6	92.5	21.8	11.7	1.1	0.0	0.0	1.0	18.3	7.6	157.3	653.7
1976	137.8	76.9	111.5	20.4	9.9	0.9	9.5	18.7	73.7	0.1	0.0	77.1	536.5
1977	54.1	173.7	132.7	0.8	1.3	0.0	1.9	0.0	5.2	8.9	93.9	70.2	542.7
1978	244.9	36.8	85.1	50.5	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	16.7	77.8	76.6	589.1
1979	85.2	44.3	101.0	5.3	0.0	0.0	0.5	1.6	0.0	21.9	59.6	115.0	434.4
1980	49.1	62.7	118.1	7.6	0.3	0.0	6.5	3.9	11.1	93.5	6.8	26.7	386.3
1981	196.0	260.9	75.3	50.3	0.0	0.0	0.0	28.1	2.6	1.5	12.2	88.8	715.7
1982	115.0	45.6	114.1	28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.3	35.7	80.8	9.5	448.0
1983	28.5	36.4	33.7	30.5	8.8	2.0	0.0	1.5	8.0	0.6	0.0	33.4	183.3
1984	183.8	185.5	135.5	12.2	1.2	3.9	0.0	0.4	0.4	59.9	71.3	70.0	724.0
1985	38.2	210.8	165.0	97.4	14.5	9.0	0.0	0.5	3.4	0.0	80.4	91.7	710.9
1986	119.6	167.3	145.8	46.6	0.9	0.0	1.7	9.8	2.1	3.0	6.6	135.7	639.1
1987	153.4	54.7	18.1	9.5	2.0	2.0	17.6	0.4	3.0	15.1	24.8	13.2	313.8
1988	200.7	35.0	102.6	65.3	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	8.0	0.0	38.1	457.0
1989	126.0	75.6	109.2	52.7	8.0	1.7	1.2	0.3	0.0	1.0	15.8	3.8	395.3
1990	113.0	21.2	56.6	23.6	12.2	29.7	0.0	7.5	0.0	16.7	109.3	96.6	486.4
1991	114.2	74.9	133.9	8.5	0.0	16.0	0.0	0.0	0.0	12.1	31.4	49.6	440.6
1992	44.0	42.9	8.3	5.0	0.0	2.5	0.3	4.5	0.0	7.3	22.1	105.0	241.9
1993	182.3	36.6	136.4	22.1	0.0	1.8	0.0	15.0	0.8	35.0	42.1	88.0	560.1
1994	210.4	182.4	86.5	66.6	3.2	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	28.1	79.2	657.4
1995	60.9	62.7	102.1	14.9	0.0	0.0	0.0	0.3	8.8	1.1	41.3	49.7	341.7
1996	141.4	168.4	66.3	47.9	6.4	0.0	0.0	8.4	0.0	0.7	19.3	87.1	545.8
1997	117.1	182.6	52.7	14.4	10.5	0.0	0.0	27.4	44.0	0.2	3.8	44.0	496.6
1998	124.1	90.0	60.5	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.4	3.6	35.4	74.9	388.8
1999	76.6	218.5	255.8	66.2	1.7	0.1	0.0	1.8	15.7	49.3	1.7	74.6	761.8

«Continuación»

2000	165.1	116.4	74.3	12.9	8.0	0.9	0.4	1.0	0.0	35.1	5.7	74.6	494.2
2001	210.3	177.3	93.1	54.9	2.0	0.5	0.2	3.8	5.5	9.4	5.2	17.3	579.3
2002	54.2	178.1	159.5	68.1	6.0	0.2	21.6	2.5	0.4	20.8	53.1	90.3	654.5
2003	91.5	87.9	101.8	19.6	14.1	0.9	0.2	14.3	1.0	6.2	11.6	54.3	403.2
2004	141.3	120.8	77.8	27.7	0.0	0.0	22.4	5.4	7.5	0.2	0.0	63.7	466.6
2005	89.0	152.3	77.9	33.4	0.0	0.0	0.0	0.0	17.6	3.3	19.2	92.3	484.9
2006	216.1	139.1	153.8	28.6	0.2	0.0	0.0	0.4	3.6	9.1	44.9	52.9	648.6
2007	133.9	96.1	156.1	35.5	7.7	0.0	0.1	0.0	1.0	4.3	36.0	39.8	510.3
2008	150.6	85.8	46.9	1.3	0.0	0.1	0.0	0.4	0.0	6.0	6.3	78.6	376.0
2009	109.0	188.0	71.7	71.8	0.3	0.0	10.8	0.0	15.2	6.3	55.2	33.2	561.3
2010	162.7	189.8	85.1	26.5	7.2	0.4	0.4	0.0	3.3	10.2	14.4	113.1	612.9
2011	119.7	180.8	119.3	43.2	3.1	0.0	3.6	0.0	13.0	1.8	28.0	155.6	668.1
2012	182.3	174.7	101.1	93.4	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	47.6	7.9	165.1	779.8
2013	187.4	118.1	67.0	0.0	11.2	8.9	14.9	10.5	0.0	0.0	7.4	129.5	554.9
2014	125.8	24.5	50.8	0.0	0.6	0.0	0.0	1.1	21.1	16.2	8.2	30.1	278.4
2015	155.0	114.2	121.7	62.7	0.0	0.0	7.4	2.6	18.6	36.2	0.0	0.0	518.4
Promedio	133.4	122.7	101.4	32.2	5.4	2.1	2.7	4.6	9.2	15.3	27.5	72.2	528.9
Máximo	342.8	260.9	255.8	97.4	42.1	29.7	22.4	56.6	73.7	93.5	109.3	165.1	815.9
Mínimo	26.9	21.2	8.3	0.0	0.0	183.3							

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología (SENAMHI).

S/D: SIN DATO.

Precipitación total mensual (mm) - Estación La Joya (Período 1964-2020)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Precipitación total anual (mm)
1965	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1966	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1967	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.5
1968	3.5	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6
1969	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1970	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	5.1
1971	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	1.2
1972	0.0	1.2	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	3.4
1973	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.8
1974	6.0	0.2	0.0	0.0	0.0	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2
1975	3.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6
1976	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2
1977	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1978	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1979	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1980	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
1981	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1982	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1983	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1984	0.9	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9
1985	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	2.3
1986	0.8	21.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	22.8
1987	0.0	0.0	0.0	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1988	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	0.0	0.0	0.0	0.1
1989	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
1990	0.5	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4
1991	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1992	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
1993	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
1994	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1995	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1996	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1997	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
1998	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1999	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2000	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
2001	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
2002	0.0	2.5	0.9	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4

«Continuación»

2003	0.0	0.0	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2004	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9
2005	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2006	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2007	6.7	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2
2008	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1
2009	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2010	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
2011	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
2012	0.0	1.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	6.7
2013	0.0	0.6	1.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3
2014	0.0	0.0	S/D										
2015	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2016	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2017	22.1	1.8	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	28.1
2018	1.4	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
2019	1.7	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7
2020	27.8	2.8	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	S/D
Promedio	1.8	0.9	0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	3.1
Máximo	27.8	21.4	4.9	4.0	2.2	0.0	2.3	1.9	0.6	0.0	0.3	5.1	28.1
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología (SENAMHI).

S/D: SIN DATO.

Precipitación total mensual (mm) - Estación La Pampilla (Período 1931-2014)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Precipitación total anual (mm)
1931	S/D	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	S/D	S/D
1932	51.6	85.3	27.8	1.3	0.0	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.2	S/D
1933	2.3	50.5	15.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	7.9	S/D
1934	31.0	23.0	23.8	S/D	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	S/D
1935	28.9	54.7	54.5	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	12.6	154.7
1936	25.3	3.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.8	0.0	31.5
1937	38.5	16.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.3	70.2
1938	12.7	4.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D
1939	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1940	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1941	38.8	4.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.1	62.9
1942	107.5	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	115.7
1943	S/D	107.5	74.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	182.9
1944	23.9	106.4	11.4	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1945	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	2.5	3.8	0.0	S/D	S/D
1946	11.0	79.5	33.0	3.5	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	0.0	2.8	0.5	S/D
1947	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	10.4
1948	14.7	67.8	5.1	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	3.1	S/D
1961	103.6	67.3	24.9	0.2	5.2	S/D	0.0	0.0	S/D	0.0	3.2	14.0	S/D
1962	17.0	23.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	43.1
1963	42.4	47.6	12.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9	0.2	0.2	0.8	113.9
1964	11.5	2.0	7.7	2.3	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	8.7	11.4	44.2
1965	10.9	6.5	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	26.4
1966	0.0	1.0	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	S/D	S/D	3.2	0.2	0.0	S/D
1967	39.7	64.1	S/D	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	104.1
1968	38.5	24.1	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	63.7
1969	5.4	2.8	6.3	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	26.6
1970	7.6	15.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	2.8	30.7
1971	7.8	7.7	0.5	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	18.6	34.8
1972	55.7	87.0	35.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	180.0
1973	24.8	65.7	19.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	1.1	0.0	0.0	0.0	111.9
1974	67.4	25.0	15.3	S/D	0.0	0.1	0.0	21.9	0.0	0.0	0.0	3.1	132.9
1975	7.3	83.4	76.1	1.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	171.4
1976	47.9	36.9	11.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	99.3
1977	10.3	21.6	3.0	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.0
1978	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	12.2
1979	0.3	1.0	17.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	23.9
1980	0.8	10.9	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	6.8	30.4

«Continuación»

1981	3.8	8.2	11.5	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D
1982	S/D	S/D	3.9	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	5.0	0.0	S/D
1983	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.9
1984	12.2	59.4	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	5.4	0.0	87.5
1985	3.6	33.1	10.3	4.1	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.8	74.8
1986	18.3	67.2	5.7	0.0	1.5	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	5.8	16.6	120.2
1987	34.8	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	40.3
1988	17.8	0.0	15.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	37.9
1989	2.4	110.5	27.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	140.5
1990	0.0	0.0	15.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	7.2	24.4
1991	7.5	0.2	13.2	0.0	0.0	5.2	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1992	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	5.0
1993	44.3	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	1.8	0.0	0.0	51.3
1994	39.3	33.7	11.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	84.7
1995	33.4	0.0	62.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	96.5
1996	23.1	20.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.7
1997	31.9	57.5	46.3	0.0	0.0	0.0	0.0	12.4	4.5	0.0	0.0	6.6	159.3
1998	35.4	1.9	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	3.4	41.8
1999	4.5	68.1	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	3.1	76.1
2000	84.7	19.6	48.9	0.3	0.9	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	156.0
2001	12.4	95.5	71.6	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	181.9
2002	8.8	49.5	29.7	0.8	0.0	0.6	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	98.5
2003	10.8	1.9	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.5
2004	23.6	22.2	0.5	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	54.4
2005	6.6	9.2	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	9.6	33.3
2006	17.0	34.6	33.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	85.8
2007	10.7	27.9	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	41.5
2008	106.4	23.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.3	133.5
2009	4.9	35.6	13.4	1.4	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.8
2010	1.9	12.1	1.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	16.5
2011	39.7	74.4	1.0	5.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.1	137.7
2012	98.2	153.8	31.3	19.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	2.1	305.0
2013	32.8	190.2	26.7	0.0	2.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	256.4
2014	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	0.0	0.0	33.3
Promedio	25.7	35.5	15.3	1.1	0.3	0.2	0.2	0.7	0.4	0.3	0.9	3.8	82.2
Máximo	107.5	190.2	76.1	19.3	6.8	5.2	6.0	21.9	9.9	3.8	8.7	22.8	305.0
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología (SENAMHI).

S/D: SIN DATO.

Parámetro estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Precipitación total anual (mm)
Promedio	25.7	35.5	15.3	1.1	0.3	0.2	0.2	0.7	0.4	0.3	0.9	3.8	82.2
Máximo	107.5	190.2	76.1	19.3	6.8	5.2	6.0	21.9	9.9	3.8	8.7	22.8	305.0
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9

Precipitación total mensual (mm) - Estación Las Salinas (Período 1963-2014)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Precipitación total anual (mm)
1963	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.0	56.6	S/D
1964	71.1	30.4	97.7	26.3	9.5	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	15.4	81.3	340.8
1965	12.3	8.8	6.5	5.0	0.5	0.0	0.0	0.0	28.2	24.0	0.0	25.0	110.3
1966	4.8	77.4	19.2	0.5	31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.5	14.4	17.1	188.9
1967	71.8	106.4	134.4	21.4	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	0.0	7.8	18.0	369.5
1968	108.5	37.3	58.4	0.0	0.0	3.6	1.1	0.0	0.0	9.9	45.0	11.5	275.3
1969	55.9	101.1	68.3	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	13.0	S/D	251.3
1970	79.7	43.7	57.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	42.8	235.9
1971	107.4	84.8	69.7	35.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	11.4	63.0	376.5
1972	181.9	123.4	162.9	42.7	0.0	0.0	0.0	0.0	16.3	53.9	15.3	43.9	640.3
1973	115.8	56.5	69.8	26.2	2.3	0.0	0.0	3.9	9.5	0.0	13.5	10.7	308.2
1974	57.6	72.8	34.2	23.5	5.4	12.3	0.0	55.7	2.8	0.0	0.0	23.3	287.6
1975	65.0	57.3	73.3	9.9	0.0	16.9	0.0	0.0	0.0	2.3	6.2	17.6	248.5
1976	101.1	58.0	61.3	5.0	0.0	0.0	5.5	19.0	29.8	0.0	0.0	5.4	285.1
1977	6.6	76.5	2.1	0.0	0.0	0.0	3.2	3.2	7.2	5.6	46.0	100.9	251.3
1978	86.4	14.5	46.6	50.1	0.0	0.0	4.2	1.5	0.0	4.2	46.7	13.7	267.9
1979	31.4	17.9	78.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	40.4	62.0	237.1
1980	12.8	26.5	81.4	2.0	1.5	0.0	0.0	0.0	9.5	64.8	0.0	3.8	202.3
1981	89.2	127.0	25.8	66.5	0.0	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0	67.9	48.4	430.9
1982	63.4	19.6	51.7	20.1	0.0	0.0	0.0	0.0	10.6	54.6	40.2	12.3	272.5
1983	6.4	22.0	11.9	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	26.0	79.7
1984	163.9	125.7	179.0	0.0	0.0	7.9	0.0	0.0	3.7	13.3	89.4	102.7	685.6
1985	15.4	119.9	106.3	120.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	20.7	66.8	449.6
1986	71.4	62.1	94.8	32.3	6.8	0.0	2.6	5.9	0.0	0.0	0.0	66.4	342.3
1987	153.4	21.5	4.7	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.2	220.8
1988	150.8	0.0	21.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.3	220.7
1989	177.1	191.5	145.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	514.4
1990	103.0	25.5	40.4	0.0	16.3	36.7	0.0	5.8	0.0	0.0	82.9	110.3	420.9
1991	64.2	85.8	117.3	22.6	S/D	12.6	0.0	0.0	0.0	5.3	9.4	24.7	341.9
1992	13.9	17.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.2	9.2	17.0	23.4	52.2	147.0
1993	87.9	71.2	58.8	11.6	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	3.7	0.0	50.1	291.1
1994	108.5	144.1	41.1	25.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	74.3	396.0
1995	120.4	13.8	123.5	21.3	10.1	0.0	0.0	0.0	6.1	0.0	7.4	25.6	328.2
1996	70.7	129.1	34.7	24.5	2.2	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	11.9	24.5	300.7
1997	83.7	181.7	97.2	19.6	1.8	0.0	0.0	15.7	33.6	0.5	19.9	50.3	504.0
1998	177.1	69.8	28.7	11.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.3	48.4	365.1
1999	53.8	187.3	140.6	38.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1	10.6	7.6	24.2	468.2
2000	86.8	91.2	84.5	19.4	0.0	0.0	0.0	0.5	0.9	5.8	0.0	56.6	345.8

«Continuación»

2001	62.2	202.4	91.8	45.1	0.0	1.3	0.0	2.2	0.0	15.6	3.8	20.3	444.8
2002	90.1	122.3	117.2	67.1	2.7	7.3	28.4	0.0	0.0	4.5	12.2	37.2	489.2
2003	56.0	101.0	61.0	21.9	5.8	0.0	0.6	5.2	0.3	0.0	0.5	42.3	294.7
2004	109.8	92.4	38.6	29.1	0.0	0.0	22.2	2.2	1.9	0.0	0.0	14.3	310.6
2005	61.4	126.7	42.2	18.8	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8	0.0	7.4	51.4	320.7
2006	97.5	66.0	164.9	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6	14.0	26.4	384.4
2007	103.2	61.4	113.8	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.1	6.3	30.7	330.0
2008	132.1	72.0	84.4	0.0	0.0	0.4	0.0	5.4	0.0	12.2	0.0	35.6	342.1
2009	75.3	118.6	52.8	4.4	0.0	0.0	9.4	0.0	2.8	1.0	41.7	11.5	317.5
2010	35.4	86.9	33.2	10.1	3.2	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	83.0	253.0
2011	S/D	124.9	39.8	44.7	14.9	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	8.8	94.5	328.6
2012	129.2	147.0	74.1	52.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.7	0.0	85.3	508.6
2013	123.3	96.3	67.7	0.0	8.2	52.4	9.6	15.1	0.0	15.8	0.0	42.4	430.8
2014	130.0	11.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	141.4
Promedio	84.7	81.0	68.9	20.5	2.4	3.0	1.7	3.6	4.1	7.7	15.0	41.7	331.3
Máximo	181.9	202.4	179.0	120.0	31.0	52.4	28.4	55.7	33.6	64.8	89.4	110.3	685.6
Mínimo	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	79.7

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología (SENAMHI).

S/D: SIN DATO.

Precipitación total mensual (mm) - Estación Madrigal (Período 1963-2020)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Precipitación total anual (mm)
1963	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	14.7	22.6	S/D
1964	35.1	53.8	60.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	22.6	58.3	237.7
1965	28.2	68.1	S/D	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0	S/D	S/D	S/D
1966	46.0	93.7	40.8	9.3	25.2	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	23.6	14.5	263.4
1967	88.4	181.3	185.3	21.4	17.4	0.0	7.2	0.0	18.5	7.2	10.6	14.6	551.9
1968	143.3	104.6	329.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.3	S/D	S/D	S/D
1969	78.8	61.3	57.8	8.3	0.0	0.0	0.0	0.2	1.3	0.0	33.6	S/D	241.4
1970	S/D	95.9	105.6	4.2	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	13.1	5.1	34.0	264.6
1971	104.1	106.4	32.4	28.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	60.2	337.2
1972	184.0	138.3	160.5	24.5	0.0	5.0	0.0	0.0	5.5	16.0	4.4	37.4	575.6
1973	87.8	67.0	77.4	51.1	2.1	0.0	0.0	7.0	22.8	0.0	6.9	12.8	335.0
1974	159.7	87.6	20.7	24.7	0.0	12.1	0.0	55.8	0.0	0.0	0.0	33.3	394.0
1975	88.4	154.2	106.5	5.2	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	80.4	442.3
1976	155.5	58.0	73.5	3.4	2.0	0.0	2.9	2.5	39.6	0.0	0.0	34.2	371.7
1977	46.1	151.1	113.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.6	47.6	28.6	399.6
1978	115.7	4.0	26.9	30.5	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.9	2.1	9.0	189.8
1979	21.5	16.3	104.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.7	6.7	35.5	207.8
1980	33.4	28.3	95.8	2.3	1.1	0.0	0.0	0.0	21.1	50.8	4.5	27.7	265.1
1981	111.2	139.6	16.7	41.5	0.0	0.0	0.0	29.2	0.0	0.0	14.6	82.7	435.5
1982	18.3	33.2	52.2	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.9	25.2	42.1	28.5	249.5
1983	0.4	13.9	7.6	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.6	0.0	0.0	7.9	68.4
1984	78.4	129.0	113.5	12.3	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0	53.7	75.8	42.7	516.9
1985	9.8	144.6	20.8	25.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.4	104.7	357.5
1986	107.0	112.6	70.2	34.3	3.7	0.0	0.0	7.2	0.0	0.0	0.4	63.3	398.8
1987	102.4	38.4	0.0	S/D	S/D	0.0	9.4	0.0	0.0	10.9	0.3	2.4	S/D
1988	211.1	48.4	55.7	23.4	22.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	48.8	412.9
1989	96.0	S/D	135.1	78.9	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0	0.0	13.0	0.0	329.4
1990	58.7	11.6	40.3	6.8	S/D	24.3	0.0	S/D	0.0	1.4	49.3	69.1	S/D
1991	86.9	33.9	S/D	2.1	0.0	9.1	0.0	0.0	0.0	4.4	12.1	3.6	152.1
1992	11.6	1.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	3.4	0.0	5.0	2.3	73.3	97.5
1993	98.7	19.6	54.2	13.4	0.2	0.0	0.0	10.7	4.6	8.3	10.3	32.8	253.0
1994	149.6	193.3	58.0	22.8	3.3	S/D	0.0	0.5	1.0	0.0	8.6	56.4	493.5
1995	102.3	34.2	140.6	3.1	1.4	0.0	0.0	0.0	13.2	0.0	20.6	39.8	355.3
1996	128.9	234.2	96.5	59.6	3.6	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0	25.9	51.8	603.6
1997	127.7	215.7	53.3	8.6	0.1	0.0	0.0	27.0	90.8	0.0	4.0	127.9	655.1
1998	196.7	85.0	119.6	22.6	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	54.1	83.3	561.7
1999	93.7	255.6	271.1	68.6	0.1	0.0	0.0	0.0	22.2	49.1	5.6	110.1	876.2
2000	352.1	186.4	140.8	0.4	2.3	0.0	0.0	1.2	0.6	27.5	1.2	57.4	769.9

«Continuación»

2001	141.2	240.3	198.4	101.7	0.4	0.0	0.0	0.8	7.6	0.7	2.5	7.1	700.7
2002	41.4	242.5	115.7	17.5	0.8	0.6	34.6	0.0	0.0	0.6	8.8	0.0	462.7
2003	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	45.7	146.7	107.9	89.9	18.8	0.0	0.0	414.6
2004	8.5	1.3	5.1	0.0	0.0	19.1	54.6	132.8	58.4	1.8	0.0	0.0	281.7
2005	0.0	0.0	8.4	0.0	7.9	70.0	138.4	49.9	46.2	71.1	114.5	66.9	573.3
2006	16.5	108.1	157.0	13.4	0.0	0.0	0.0	0.0	14.5	18.8	22.3	36.1	386.7
2007	119.3	139.1	128.9	23.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.2	37.5	465.2
2008	200.0	103.2	73.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	3.1	0.0	64.6	445.7
2009	78.3	182.0	78.5	34.4	1.6	0.0	7.6	0.0	0.0	0.0	10.2	4.6	397.2
2010	80.7	110.7	85.8	20.7	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	1.5	53.3	364.0
2011	112.3	187.9	40.8	72.6	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.1	118.4	560.8
2012	173.3	252.6	115.1	102.9	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	30.3	0.0	133.5	830.7
2013	100.2	160.3	85.7	0.0	10.2	22.4	3.0	2.6	0.0	4.2	0.0	62.9	451.5
2014	132.1	14.7	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2015	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	1.4	0.0	17.1	7.7	8.2	S/D
2016	14.2	193.1	33.7	53.7	0.0	9.3	2.0	0.0	2.5	0.0	0.0	49.0	357.5
2017	240.1	93.7	136.8	21.0	5.0	0.0	0.0	0.0	7.8	15.1	22.6	82.9	625.0
2018	179.0	63.3	116.5	24.1	0.0	12.5	18.8	0.0	0.0	3.0	2.8	12.1	432.1
2019	138.6	145.9	100.6	9.0	0.0	0.0	2.3	0.0	4.2	33.9	8.0	16.0	458.5
2020	216.1	176.9	126.3	S/D	S/D	S/D	S/D	0.0	1.2	30.8	10.8	S/D	S/D
Promedio	100.9	105.9	87.6	22.1	2.6	4.6	7.9	8.2	9.9	10.9	15.0	44.2	417.4
Máximo	352.1	255.6	329.4	102.9	25.2	70.0	146.7	132.8	90.8	71.1	114.5	133.5	876.2
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	68.4

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología (SENAMHI).

S/D: SIN DATO.

Precipitación total mensual (mm) - Estación Pampa de Majes (Período 1949-2020)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Precipitación total anual (mm)
1949	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.0	0.0	0.0	S/D
1950	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
1951	6.2	0.0	0.2	0.0	0.8	0.0	0.0	2.3	0.4	0.0	5.9	0.0	15.7
1952	3.7	0.3	0.0	0.0	0.0	1.2	0.3	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	5.9
1953	1.9	4.2	0.3	0.1	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8
1954	1.8	4.6	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.1	8.9
1955	6.9	9.0	2.5	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.7
1956	0.5	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
1957	0.2	2.7	0.8	0.4	0.9	0.1	S/D	0.0	0.0	0.4	0.0	1.5	7.0
1958	3.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5
1959	0.0	5.1	20.1	2.0	0.6	0.0	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.9
1960	3.1	0.0	0.4	0.0	0.0	S/D	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	S/D
1961	1.8	2.3	0.1	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	10.2
1962	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
1963	2.3	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	0.3	0.0	0.0	0.0	3.4
1964	0.2	0.0	4.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	5.3
1965	0.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	2.3	0.0	0.0	0.2	3.6
1966	0.0	0.3	1.0	0.2	0.5	0.7	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	3.1
1967	1.8	0.6	0.0	0.0	0.0	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	4.6
1968	3.1	0.7	1.0	0.9	0.0	0.1	0.0	0.0	S/D	0.1	0.0	0.1	5.9
1969	0.9	0.7	0.3	0.1	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	7.9
1970	0.0	1.9	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.7
1971	1.2	0.0	0.0	2.7	3.8	0.9	0.0	0.6	S/D	0.0	0.5	7.9	17.6
1972	0.7	1.8	0.8	1.6	0.0	S/D	0.0	2.0	1.7	0.7	0.0	1.5	11.0
1973	9.2	45.1	2.3	0.0	0.2	0.1	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	S/D	59.9
1974	4.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3
1975	0.7	0.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
1976	2.2	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7
1977	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
1978	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1979	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1980	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1981	0.3	0.0	S/D	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	0.0	0.0	0.0	S/D
1982	0.0	0.0	S/D	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D
1983	0.1	S/D	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D
1984	0.0	0.0	0.9	S/D	S/D	S/D	S/D	0.0	S/D	0.0	0.0	0.0	S/D
1985	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	S/D	S/D	0.8	S/D
1986	0.9	23.0	S/D	S/D	S/D	0.0	0.0	S/D	0.0	0.0	0.5	3.5	S/D

«Continuación»

1987	0.6	S/D	0.2	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.0	0.1	0.0	0.0	S/D
1988	1.0	0.0	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	0.0	S/D	0.0	0.0	0.0	S/D
1989	0.0	3.1	0.0	S/D	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	0.0	0.0	S/D	S/D
1990	0.0	S/D	0.8	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	0.0	6.1	1.0	S/D
1991	0.0	0.0	11.6	S/D	0.0	0.0	S/D	0.0	S/D	0.0	1.5	0.0	S/D
1992	0.0	0.0	S/D	0.0	11.1	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	S/D	S/D
1993	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1994	0.0	2.2	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
1995	0.5	0.0	19.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.1
1996	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1997	0.7	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.6	7.1
1998	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	5.0
1999	0.0	3.4	2.7	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	6.5
2000	7.5	0.3	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6
2001	0.0	1.4	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
2002	4.0	12.3	1.3	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.1
2003	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
2004	2.6	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1
2005	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
2006	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
2007	11.7	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.4
2008	30.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.3
2009	0.4	1.7	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6
2010	0.0	1.5	0.2	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	0.0	2.5
2011	0.6	4.2	0.1	5.0	S/D	0.0	0.0	0.0	S/D	0.0	0.0	0.1	S/D
2012	0.9	8.2	0.0	7.2	0.0	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	12.5	29.6
2013	3.3	4.6	2.8	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.7
2014	2.5	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2015	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.3	S/D
2016	0.4	1.5	0.1	0.4	162.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	164.5
2017	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.2	6.3
2018	0.1	0.4	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.5
2019	1.6	8.7	0.1	0.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1
2020	0.0	12.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.4	7.1	21.7
Promedio	1.8	2.7	1.3	0.4	2.9	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.8	11.4
Máximo	30.3	45.1	20.1	7.2	162.1	4.2	3.5	3.0	2.3	6.0	6.1	12.5	164.5
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología (SENAMHI).

S/D: SIN DATO.

Precipitación total mensual (mm) - Estación Pillones (Período 1963-2014)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Precipitación total anual (mm)
1963	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.0	0.0	75.5	S/D
1964	39.7	85.8	94.4	36.2	3.2	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	38.1	57.5	357.4
1965	131.9	81.9	39.9	8.9	S/D	0.0	0.0	0.0	13.0	1.3	5.3	45.6	327.9
1966	88.4	71.2	18.1	2.1	58.6	0.0	0.0	0.0	0.5	37.1	28.0	39.0	343.1
1967	85.5	150.9	104.0	48.6	14.7	0.0	86.8	0.0	61.7	13.8	1.5	5.5	573.2
1968	113.9	71.8	156.8	3.2	3.1	7.5	3.3	1.2	0.0	41.2	157.1	22.3	581.4
1969	314.3	202.7	58.1	18.1	0.0	0.9	0.0	0.0	14.8	4.8	35.4	36.1	685.3
1970	136.8	107.2	160.9	13.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	0.0	27.1	456.7
1971	115.1	144.2	236.3	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.6	44.0	566.2
1972	83.1	31.2	105.4	11.8	0.0	1.5	0.0	0.0	21.1	13.1	0.0	56.2	323.4
1973	105.7	107.7	91.9	39.1	0.0	0.0	3.6	0.0	13.8	0.0	3.3	8.5	373.7
1974	35.2	60.8	8.5	1.3	0.0	0.0	0.0	40.0	0.0	0.0	0.0	12.1	158.0
1975	66.4	134.0	61.5	16.4	11.9	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	120.8	414.8
1976	110.8	49.8	64.6	13.1	10.4	0.0	5.7	5.9	36.5	0.0	0.0	36.7	333.5
1977	49.0	130.5	81.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	17.5	59.7	59.9	399.9
1978	118.8	5.0	43.7	52.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	63.2	27.0	318.8
1979	35.2	14.4	84.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	36.8	54.7	230.4
1980	43.3	34.8	69.2	0.0	0.7	0.0	2.4	0.0	14.2	80.5	0.5	37.2	282.8
1981	124.6	184.7	57.7	51.6	0.5	0.0	0.0	22.8	1.0	0.0	12.4	103.4	558.7
1982	65.3	55.7	63.9	11.6	0.0	0.0	0.0	0.0	15.9	35.8	63.5	20.1	331.8
1983	2.0	20.5	53.8	22.3	3.6	4.4	0.0	0.0	9.9	4.1	0.0	38.8	159.4
1984	136.6	138.8	173.7	11.7	0.0	34.0	0.0	0.0	0.0	44.2	77.7	45.8	662.5
1985	24.5	156.6	83.6	60.7	3.5	9.7	0.0	0.0	4.2	0.0	62.9	79.4	485.1
1986	111.6	116.3	72.2	26.6	6.0	0.0	1.7	5.3	S/D	0.0	16.1	129.3	485.1
1987	107.7	24.9	12.6	0.0	0.0	6.1	9.5	0.0	4.0	16.6	11.0	0.7	193.1
1988	210.2	40.4	85.0	64.6	28.3	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	22.8	456.5
1989	84.4	90.8	79.0	31.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.0	5.8	311.3
1990	91.2	18.6	74.3	6.7	7.5	29.0	0.0	4.1	0.0	11.2	72.6	81.7	396.9
1991	S/D	52.3	178.4	8.9	0.0	43.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.8	335.1
1992	20.8	23.3	1.5	4.7	0.0	0.0	2.0	9.6	0.0	9.0	13.8	91.3	176.0
1993	243.5	38.2	126.6	23.6	3.9	2.1	1.8	29.1	0.0	16.7	44.6	163.9	694.0
1994	178.1	226.6	52.9	49.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	43.4	560.9
1995	69.3	43.2	125.2	9.1	15.6	0.0	0.0	0.0	3.0	2.3	23.8	42.4	333.9
1996	57.6	107.4	60.0	28.4	10.7	0.0	0.0	4.4	0.0	0.6	9.2	65.3	343.6
1997	85.5	157.1	75.9	3.0	5.7	0.0	0.2	11.6	35.1	14.9	26.2	39.2	454.4
1998	122.7	55.7	18.7	4.9	0.0	1.9	0.0	0.0	1.2	0.0	38.9	50.2	294.2
1999	39.8	184.0	176.4	75.4	0.0	0.1	0.0	0.0	14.7	47.4	1.1	38.4	577.5
2000	166.8	125.8	109.6	1.6	1.3	0.7	0.0	0.1	0.5	13.6	2.4	51.3	473.9

«Continuación»

2001	115.1	98.5	86.0	34.2	0.0	1.5	0.0	7.0	3.2	13.8	2.7	5.8	367.8
2002	75.0	128.8	138.2	33.8	4.7	3.6	33.0	0.5	3.8	6.1	64.2	65.4	557.2
2003	43.7	57.1	68.9	10.7	11.9	0.0	0.2	4.5	0.8	0.0	0.1	52.0	250.0
2004	107.7	80.5	75.5	6.7	0.0	0.0	20.0	7.4	2.8	0.0	0.0	21.1	321.8
2005	35.1	137.0	58.2	15.7	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4	0.0	4.2	64.1	328.8
2006	144.0	114.3	107.3	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	6.3	16.6	18.5	413.8
2007	95.7	90.1	101.2	21.7	1.8	0.3	0.0	0.0	1.2	2.1	26.2	33.1	373.5
2008	136.9	90.2	49.3	0.2	0.0	2.2	0.0	1.5	0.0	0.1	0.0	54.0	334.5
2009	60.6	209.1	66.6	35.9	0.4	0.0	19.4	0.0	8.7	1.9	43.3	7.7	453.8
2010	105.0	144.4	64.0	8.1	5.5	0.0	0.0	0.0	2.7	4.4	0.4	103.0	437.6
2011	128.3	156.1	74.0	46.6	2.8	0.0	1.4	0.0	0.0	0.9	16.5	149.9	576.7
2012	123.9	132.5	107.3	51.9	3.2	0.0	0.0	0.0	7.1	31.1	1.4	150.0	608.6
2013	140.9	130.9	76.6	0.0	7.3	25.5	7.8	10.6	0.0	21.5	6.0	71.0	498.2
2014	162.4	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	183.3
Promedio	101.8	96.8	83.0	20.4	4.6	3.4	3.9	3.3	6.3	10.5	21.8	52.4	406.2
Máximo	314.3	226.6	236.3	75.4	58.6	43.7	86.8	40.0	61.7	80.5	157.1	163.9	694.0
Mínimo	2.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	158.0

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología (SENAMHI).

S/D: SIN DATO.

Precipitación total mensual (mm) - Estación Sibayo (Período 1946-2014)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Precipitación total anual (mm)
1946	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	61.0	58.6	248.9	S/D
1947	184.6	51.5	12.5	79.7	14.7	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0	0.0	71.5	423.5
1948	102.9	117.9	148.4	64.8	29.0	30.0	0.0	0.0	S/D	57.7	0.0	42.6	593.3
1949	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1950	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1951	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	143.5	S/D
1952	156.3	133.8	55.2	6.4	0.0	2.1	3.4	3.1	32.6	1.4	6.8	56.5	457.6
1953	126.3	163.9	152.2	15.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	76.4	76.4	619.4
1954	100.3	255.9	86.0	31.9	11.4	0.0	0.0	0.0	0.5	S/D	29.9	27.1	543.0
1955	123.6	165.4	221.6	17.8	18.0	6.0	3.0	0.0	5.0	21.3	22.8	160.9	765.4
1956	114.1	87.1	22.6	1.2	1.7	0.0	0.0	0.4	2.1	0.0	11.2	14.0	254.4
1957	132.4	165.2	150.0	3.5	0.0	27.1	0.0	0.0	8.7	5.8	1.6	97.0	591.3
1958	82.3	145.5	123.2	5.3	6.3	0.0	2.5	2.7	13.8	24.2	31.2	24.9	461.9
1959	64.0	131.9	102.6	23.1	7.9	1.0	0.0	0.0	5.0	5.9	9.7	213.5	564.6
1960	193.4	74.1	25.6	10.8	0.0	0.6	0.0	6.1	24.1	29.9	68.0	52.9	485.5
1961	152.4	152.3	93.1	55.1	28.0	0.8	0.0	24.8	17.7	6.3	104.1	163.7	798.3
1962	184.2	153.9	110.8	47.4	0.5	0.0	0.0	1.5	18.9	18.7	0.0	46.2	582.1
1963	224.4	195.4	110.8	76.1	9.5	0.0	0.0	0.0	10.6	8.6	32.9	114.4	782.7
1964	60.7	91.8	103.3	27.1	30.8	0.0	0.0	3.8	0.7	5.8	38.3	95.4	457.7
1965	50.7	154.5	81.4	14.3	0.3	0.0	1.8	0.0	31.3	14.8	9.6	104.2	462.9
1966	59.3	150.3	52.2	3.5	44.6	0.0	0.0	0.0	0.0	32.3	64.3	88.6	495.1
1967	108.5	131.6	177.8	48.5	6.3	0.0	15.3	3.7	21.9	14.2	20.2	69.4	617.4
1968	211.0	72.0	177.1	6.7	13.2	5.6	4.5	1.3	6.0	50.7	51.0	52.8	651.9
1969	89.4	134.5	94.7	27.7	0.0	0.0	1.6	5.5	16.7	21.3	42.2	82.6	516.2
1970	144.5	131.9	138.6	11.2	25.2	0.0	0.0	0.0	24.6	28.3	3.1	84.4	591.8
1971	143.9	110.5	88.7	30.1	0.9	0.0	0.0	1.5	0.0	17.0	14.7	101.2	508.6
1972	239.2	107.5	220.5	36.6	0.8	0.7	0.0	0.0	41.4	30.7	16.3	57.4	751.2
1973	190.3	134.5	149.5	68.0	1.4	0.6	4.7	8.0	37.5	5.7	30.0	69.5	699.8
1974	223.4	132.0	38.2	56.6	0.0	16.0	0.0	70.9	0.7	0.0	9.8	49.2	596.8
1975	132.7	182.1	118.9	25.6	18.6	1.7	0.0	0.0	0.0	26.0	2.2	152.6	660.4
1976	170.4	102.2	92.2	23.9	8.7	0.0	4.6	10.3	68.6	0.0	0.0	59.4	540.4
1977	55.9	179.9	129.9	0.5	0.0	0.0	2.3	0.0	12.4	39.5	78.7	53.8	552.9
1978	142.6	15.7	54.1	63.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.9	66.5	50.9	408.2
1979	103.2	35.9	126.8	4.6	0.0	0.0	0.8	0.4	0.0	38.8	60.2	78.2	448.9
1980	50.3	49.9	130.4	8.5	0.0	0.0	10.7	8.0	30.5	69.5	2.3	40.3	400.5
1981	177.8	175.8	59.9	51.8	3.3	0.0	0.0	31.0	0.0	2.9	12.6	87.4	602.5
1982	118.5	52.7	114.9	31.1	0.8	0.0	0.0	87.9	56.1	78.5	104.4	16.2	661.1
1983	15.2	37.3	38.9	31.5	12.1	2.4	0.0	1.0	34.9	19.5	0.0	38.7	231.6

«Continuación»

1984	181.4	192.2	205.9	15.5	2.2	5.9	0.8	8.8	0.0	101.8	145.8	135.4	995.7
1985	25.5	203.2	109.0	47.0	9.9	17.9	0.0	1.9	9.3	0.9	50.3	125.4	600.3
1986	144.5	175.1	189.0	72.3	4.5	0.0	0.0	19.4	12.1	3.4	14.9	129.2	764.4
1987	177.7	32.3	27.8	11.5	0.6	1.6	26.4	11.3	2.3	32.8	7.7	5.4	337.4
1988	270.6	85.9	140.1	75.3	21.2	0.0	1.8	0.0	2.0	6.7	0.5	78.6	682.7
1989	166.3	152.1	130.5	67.1	12.8	13.2	9.0	4.7	1.4	0.0	19.5	2.2	578.8
1990	143.7	32.3	50.4	12.0	13.0	33.9	0.0	6.7	2.0	19.6	105.8	123.1	542.5
1991	162.1	88.4	128.4	19.4	2.8	26.6	0.0	0.0	6.6	16.5	54.2	39.9	545.0
1992	32.2	47.8	14.1	0.0	0.0	5.3	0.5	22.1	0.0	25.0	18.9	90.4	256.3
1993	167.9	78.7	90.7	29.3	2.7	0.0	0.0	16.7	2.8	28.0	17.5	92.1	526.4
1994	237.9	233.4	89.2	35.5	7.1	0.0	S/D	0.0	0.0	6.2	0.0	60.5	669.8
1995	96.0	59.7	220.1	16.0	0.8	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0	31.4	97.7	528.5
1996	150.7	149.3	46.8	62.9	2.7	0.0	0.0	9.6	4.3	5.9	46.4	90.5	569.1
1997	165.9	193.3	55.8	14.0	9.6	0.0	0.0	21.9	45.3	6.8	18.8	98.6	630.0
1998	257.7	65.2	77.5	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	52.5	102.2	569.5
1999	144.7	281.8	217.2	47.0	1.2	0.0	0.5	0.0	27.1	51.9	13.0	71.0	855.4
2000	230.1	154.4	131.2	12.5	16.4	3.9	0.0	8.4	0.0	66.5	11.9	89.5	724.8
2001	231.1	239.9	124.7	78.8	5.2	3.9	4.9	23.0	0.0	16.3	6.7	32.3	766.9
2002	125.5	233.5	128.1	65.0	2.1	3.8	28.6	0.2	11.8	15.2	60.5	123.2	797.6
2003	83.9	144.0	118.3	24.3	4.7	0.0	1.8	8.9	1.7	8.2	3.0	82.4	481.3
2004	181.1	150.9	176.6	12.1	0.0	0.0	19.9	11.1	27.3	3.5	0.0	52.1	634.6
2005	96.6	172.5	67.8	22.9	0.0	0.0	0.0	0.0	20.5	2.7	9.5	93.2	485.7
2006	232.6	164.9	228.7	29.8	1.0	5.8	0.0	1.9	10.5	35.0	41.9	16.2	768.3
2007	147.0	144.0	95.1	25.6	9.8	0.0	2.1	0.0	3.3	8.1	23.2	56.3	514.5
2008	229.7	128.4	49.0	3.5	0.9	0.5	0.0	0.0	0.3	4.1	4.4	80.9	501.7
2009	56.6	245.0	89.0	66.6	0.0	0.0	7.8	2.5	12.5	3.0	45.0	39.2	567.3
2010	194.6	136.3	75.5	37.0	5.7	0.0	1.3	0.0	6.5	9.3	13.7	108.6	588.6
2011	197.6	209.5	83.5	98.8	1.1	0.2	10.4	0.0	0.3	5.2	23.6	190.1	820.4
2012	245.0	313.7	138.8	93.5	4.2	0.0	S/D	0.0	22.0	34.3	13.1	205.7	1,070.4
2013	188.0	144.8	83.7	0.0	6.0	15.1	20.5	15.6	0.0	18.3	16.3	84.4	592.7
2014	166.0	19.6	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Promedio	147.1	136.1	109.1	33.1	6.9	3.6	3.1	7.3	12.2	20.3	30.0	84.6	589.8
Máximo	270.6	313.7	228.7	98.8	44.6	33.9	28.6	87.9	68.6	101.8	145.8	248.9	1,070.4
Mínimo	15.2	15.7	12.5	0.0	0.0	2.2	231.6						

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología (SENAMHI).

S/D: SIN DATO.

Precipitación total mensual (mm) - Estación Ubinas (Período 1964-2020)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Precipitación total anual (mm)
1964	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	2.0	10.5	60.0	S/D
1965	41.6	85.6	8.1	6.8	0.0	0.0	0.0	0.3	16.8	0.0	0.0	26.8	186.2
1966	1.1	55.1	36.5	0.0	26.5	0.0	0.0	0.0	0.0	26.9	17.1	12.0	175.3
1967	45.4	110.9	106.3	10.1	0.1	0.0	0.5	0.1	14.2	1.1	0.7	47.2	336.6
1968	138.6	37.9	130.3	4.2	5.8	8.6	0.0	0.0	1.7	14.8	41.1	2.1	385.2
1969	64.2	63.8	44.0	2.7	0.0	0.1	0.0	0.0	1.7	0.1	7.0	50.4	234.0
1970	94.9	40.2	52.5	2.5	3.1	0.0	0.3	0.0	0.0	10.4	0.0	25.4	229.4
1971	78.1	107.4	25.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	79.1	297.3
1972	152.8	105.4	138.9	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	19.6	1.0	61.6	492.2
1973	177.5	133.9	104.2	40.9	0.0	0.0	0.0	6.8	18.2	1.9	3.0	2.8	489.2
1974	145.6	79.9	24.4	26.6	0.0	1.2	0.0	41.7	1.0	0.0	1.7	31.9	354.0
1975	99.6	119.2	97.9	22.4	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	88.3	429.0
1976	123.5	70.0	44.8	16.3	0.0	0.0	1.3	5.0	44.2	0.0	0.0	43.0	348.1
1977	49.6	147.6	104.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	19.2	28.0	349.6
1978	112.4	5.4	15.7	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	47.7	7.4	194.7
1979	65.3	8.3	84.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	5.6	39.3	214.7
1980	17.2	21.6	76.7	3.1	1.3	0.0	1.1	1.0	2.4	25.7	2.6	9.2	161.9
1981	85.9	134.8	26.1	34.7	0.0	0.0	0.0	15.7	0.5	0.0	8.5	34.4	340.6
1982	73.0	36.0	43.1	34.3	0.5	0.0	0.0	0.0	7.6	13.5	9.5	3.9	221.4
1983	1.9	13.1	10.6	5.9	1.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	21.7	64.2
1984	120.6	165.2	105.6	4.7	0.0	14.7	0.0	18.8	0.0	13.4	60.9	8.1	512.0
1985	13.4	169.3	56.3	14.3	2.8	4.9	0.0	0.0	3.4	0.0	18.6	66.5	349.5
1986	150.5	85.6	76.2	20.0	0.0	0.0	2.2	9.6	0.0	0.0	1.7	58.7	404.5
1987	173.1	32.4	3.8	0.0	0.0	0.3	13.3	0.0	0.5	12.7	0.0	0.0	236.1
1988	108.4	35.7	58.8	26.6	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.9	261.8
1989	44.9	104.8	49.8	45.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	249.2
1990	51.8	18.8	42.1	1.5	2.2	33.4	0.0	0.0	0.0	1.2	47.1	105.1	303.2
1991	61.2	54.9	114.3	12.6	0.0	18.2	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	13.5	284.7
1992	4.7	1.5	0.0	0.2	0.0	7.0	0.0	2.1	0.0	10.3	12.5	53.8	92.1
1993	134.2	15.8	53.0	7.1	0.0	0.0	0.0	21.1	0.0	14.0	1.5	29.1	275.8
1994	84.5	130.0	8.4	32.2	10.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	26.8	295.4
1995	43.3	11.9	114.9	3.1	3.4	0.0	0.0	0.0	4.5	0.3	9.3	31.1	221.8
1996	63.4	97.9	17.2	13.9	1.7	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	12.3	44.1	252.3
1997	110.0	151.3	44.4	3.5	0.0	0.0	0.5	32.0	42.5	0.0	11.7	51.7	447.6
1998	153.7	23.9	27.4	18.4	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4	36.3	273.5
1999	32.4	164.9	157.1	29.6	0.0	0.0	0.0	0.0	11.9	16.8	0.0	24.3	437.0
2000	137.5	117.7	56.2	10.6	3.8	0.3	0.0	0.0	0.0	14.7	0.0	40.3	381.1
2001	119.5	206.7	99.8	18.3	0.1	0.5	0.0	0.6	0.0	6.9	0.0	7.4	459.8

«Continuación»

2002	72.0	131.5	98.2	24.0	1.0	0.3	29.9	0.0	0.0	0.0	22.9	27.6	407.4
2003	39.9	62.7	45.9	6.5	13.9	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	37.6	216.5
2004	78.8	90.0	31.2	20.0	0.0	0.0	14.1	4.0	0.0	0.0	0.0	23.2	261.3
2005	67.5	101.4	32.7	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0	0.0	22.6	243.8
2006	149.5	53.5	89.4	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	8.5	12.8	324.3
2007	111.5	71.6	110.3	16.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	20.7	337.0
2008	161.1	65.2	41.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	41.0	309.2
2009	33.5	99.8	49.0	14.0	0.0	0.0	6.0	0.0	6.9	0.0	7.3	5.1	221.6
2010	37.0	51.3	23.9	8.2	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0	22.4	153.6
2011	126.2	196.4	11.5	76.8	14.4	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	19.6	80.6	527.3
2012	70.6	194.5	56.7	58.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	3.5	0.0	129.8	514.9
2013	146.7	93.0	59.6	0.0	19.7	9.1	7.6	9.2	0.0	4.5	0.0	24.7	374.1
2014	97.9	10.5	21.3	30.2	0.0	0.0	0.0	2.3	1.3	4.0	3.0	1.7	172.2
2015	84.3	147.3	113.3	37.8	0.0	0.0	6.8	0.9	6.3	0.0	S/D	S/D	S/D
2016	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2017	191.8	85.9	89.1	1.5	2.4	S/D	0.0	0.0	3.0	0.0	13.2	39.2	426.1
2018	105.4	58.0	63.5	12.0	0.0	7.6	29.6	0.0	0.0	9.0	0.0	5.2	290.3
2019	121.2	180.0	S/D	5.5	0.6	0.0	0.0	S/D	S/D	S/D	16.1	1.0	S/D
2020	140.3	S/D	64.2	S/D	S/D	S/D	S/D	0.0	0.4	33.5	0.2	121.0	S/D
Promedio	91.1	86.2	60.4	15.1	2.4	2.1	2.1	3.4	4.0	5.2	8.7	34.9	308.1
Máximo	191.8	206.7	157.1	76.8	26.5	33.4	29.9	41.7	44.2	33.5	60.9	129.8	527.3
Mínimo	1.1	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.2

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología (SENAMHI).

S/D: SIN DATO.