



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA PARA LA  
OPTIMIZACIÓN DE LA OPERACIÓN REGULADA DE  
ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA CENTRAL  
HIDROELÉCTRICA MALPASO UBICADO EN LA  
OROYA, REGIÓN DE JUNÍN**

**PRESENTADA POR  
PAMELA ROSMERY AGUILAR HUACHO  
AYLIN PAOLA MORÁN BRENIS**

**ASESOR  
GONZALO RAMCES FANO MIRANDA**

**TESIS  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL**

**LIMA – PERÚ  
2022**



**CC BY-NC-SA**

**Reconocimiento – No comercial – Compartir igual**

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**USMP**  
UNIVERSIDAD DE  
SAN MARTÍN DE PORRES

Facultad de  
Ingeniería y  
Arquitectura

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA PARA LA OPTIMIZACIÓN  
DE LA OPERACIÓN REGULADA DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA MALPASO UBICADO  
EN LA OROYA, REGIÓN DE JUNÍN**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL**

**PRESENTADA POR:**

**PAMELA ROSMERY, AGUILAR HUACHO**

**AYLIN PAOLA, MORÁN BRENIS**

**LIMA – PERÚ**

**2022**

A Dios, por permitirme lograr uno de mis más grandes anhelos; y a mi familia, por el amor incondicional y la confianza que depositan en mí. A Dios por darme salud y fuerzas para poder cumplir mis metas y objetivos de vida.

A Dios por darme salud y poder cumplir el inicio de las metas en mi vida; a mis amados padres Walter y Paola, a mis hermanos Nicolett y Gian Piero, por su Apoyo incondicional, creyendo en mí, y deseando mi superación personal y profesional; a mis abuelos José y Lazarina, por criarme con mucho amor.

Mi familia, son el motivo para seguir adelante en la vida.

Agradecemos a Dios por habernos guiado con fortaleza e inspiración en aquellos momentos cuando necesitábamos de él.

A nuestros profesores de la Universidad de San Martín de Porres, que supieron guiarnos y por habernos brindado sus conocimientos, enseñanzas y experiencias a lo largo de nuestra preparación de pregrado como alumnos, a nuestro asesor de tesis, el Dr. Gonzalo Fano Miranda y a los asesores del Taller de tesis, Ing. Mag. Juan Manuel Oblitas Santa María y al Ing. Mag. Ernesto Antonio Villar Gallardo por su tiempo, sugerencias y consejos. A todas las personas que estuvieron con nosotros en nuestra formación profesional motivándonos.

## RESUMEN

En la región Junín, son bien marcadas las temporadas de lluvias y temporadas de estiaje, presentando un déficit hídrico, esto debido al cambio climático y los pisos altitudinales. La presente investigación promueve la realización de un planeamiento para la óptima operación regulada de la central Hidroeléctrica Malpaso para la generación de energía eléctrica, basada en información de precipitaciones de las diferentes estaciones operadas por el SENAMHI y ANA desde 1965 – 2021.

Para ello en la presente investigación, propone realizar la planificación hidrológica para la optimización de la operación regulada de energía eléctrica de la central Hidroeléctrica Malpaso.

La metodología realizada es de tipo aplicada – experimental con un enfoque cuantitativo. La muestra la Central Hidroeléctrica Malpaso. Se realizó la modelación hidrológica con el sistema WEAP (Water Evaluation Analysis and Planification), donde se determinaron las precipitaciones y caudales promedios mensuales de la cuenca, 80 km aguas arriba de la Central Hidroeléctrica Malpaso, en el cual se procedió a realizar el cálculo del área, el perímetro, la forma y su coeficiente de compacidad de la cuenca Mantaro.

Los caudales resultados de la planificación hidrológica en la central hidroeléctrica Malpaso, fueron; caudal mayor promedio en el mes febrero con 84.05 m<sup>3</sup>/s y menor promedio en el mes julio con 15.47 m<sup>3</sup>/s.

Se concluyó que después de realizar las 30 simulaciones en el software Weap, donde fueron 13 con reglas de operación y 17 sin reglas de operación, se obtuvieron curvas con respecto a su generación eléctrica; observó que, las curvas utilizando reglas de operación son similares a la de demanda de energía, satisfaciendo así, la producción de energía eléctrica para satisfacer la demanda todos los meses del año, tanto en tiempos de lluvia como estiaje.

**Palabras claves:** Estiaje, Hidrológica, Geomorfológicos, Altitudinales, Cambio climático, Subcuenca, Cuenca, Caudales, Coeficiente de compacidad, Operación regulada, Hidroeléctrica Malpaso.

## ABSTRACT

In the Junín region, the rainy seasons and dry seasons are well marked, presenting a water deficit, due to climate change and altitude levels. The present investigation promotes the realization of a planning for the optimal regulated operation of the Malpaso Hydroelectric Power Plant for the generation of electrical energy, based on rainfall information from the different stations operated by SENAMHI and ANA from 1965 - 2021.

For this, in the present investigation, it is proposed to carry out the hydrological planning for the optimization of the regulated operation of electrical energy of the Malpaso Hydroelectric Power Plant.

The methodology used is of an applied-experimental type with a quantitative approach. The sample is the subdelimitation of the work area that is made up of the Malpaso Hydroelectric Power Plant. Hydrological modeling was carried out with the WEAP (Water Evaluation Analysis and Planning) system, where the average monthly rainfall and flows of the basin were determined, 80 km upstream of the Malpaso Hydroelectric Power Plant, in which the calculation of the area, perimeter, shape and compactness coefficient of the Mantaro basin.

The flows resulting from the hydrological planning in the Malpaso hydroelectric plant were; highest average flow in February with 84.05 m<sup>3</sup>/s and lowest average in July with 15.47 m<sup>3</sup>/s.

It was concluded that after performing the 30 simulations in the Weap software, where there were 13 with operating rules and 17 without operating rules, curves were obtained regarding their electricity generation; observed that, the curves using operating rules are similar to the energy demand curve, thus satisfying the production of electrical energy to satisfy the demand every month of the year, both in rainy and dry season.

**Keywords:** Low water, Hydrological, Geomorphological, Altitudinal, Climate change, Sub-basin, Basin, Flows, Compactness coefficient, Regulated operation, Malpaso Hydroelectric.

NOMBRE DEL TRABAJO

Planificación hidrológica para la optimización de la operación regulada de energía eléctrica de la c

AUTOR

Pamela Rosmery Aguilar Huacho Aylin Paola Morán Brenis

RECuento DE PALABRAS

63137 Words

RECuento DE CARACTERES

333563 Characters

RECuento DE PÁGINAS

435 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

18.7MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 9, 2022 9:08 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 9, 2022 9:38 AM GMT-5

● 17% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado



Biblioteca FIA

Eduardo Meza Valencia  
Bibliotecólogo

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, en la electrificación en el Perú, existe una brecha en los niveles de cobertura y una reducida calidad del servicio eléctrico, siendo este un servicio básico que mejora la calidad de vida de la población más aislada. Se requiere de un plan para tener una óptima generación de energía y así no se afecte en ningún mes del año.

Si bien es cierto, ahora se están implementando paneles solares y otras tecnologías, las centrales hidroeléctricas son fundamentales para la generación desde hace muchos años, esta transforma la energía hidráulica de un curso de agua, en electricidad renovable.

Los objetivos de esta investigación fueron los siguientes:

Realizar un modelo de elevación digital para la obtención de parámetros geomorfológicos de la cuenca, tales como, el área de la cuenca, perímetro, ancho, número total de cauces, longitud del río principal, coeficiente de compacidad, factor forma, densidad de drenaje, entre otros.

Realizar un análisis estadístico de las precipitaciones para la obtención de las precipitaciones totales mensuales de cada subcuenca, recolectando los datos de las 13 estaciones de la página web de la Autoridad Nacional de Agua.

Desarrollar el modelo hidrológico WEAP para la determinación de los caudales promedios, obteniendo los datos de las precipitaciones, vientos, humedad, temperatura y áreas de cada subcuenca.

Realizar un modelo de gestión WEAP para la determinación de la operación regulada de la central hidroeléctrica de Malpaso, analizando y realizando las curvas de duración mensual en Malpaso y Upamayo como también las capacidades máximas de salida en la zona de las represas Upamayo y Malpaso.

Para el desarrollo de esta investigación se inicia utilizando el ráster de la zona en donde se encuentra la cuenca, esta fue descargada de la página del Ministerio del Ambiente, con ella se empezó el modelo de elevación digital, para después obtener los parámetros geomorfológicos de la cuenca, luego se utilizaron datos de precipitaciones de cada estación, que nos proporciona la Autoridad Nacional del Agua, para después realizar el análisis estadísticos de las precipitaciones totales mensuales y consistentes de cada una de las 31 Subcuencas generadas de Mantaro, por consiguiente se desarrolló el modelo hidrológico WEAP para la determinación de los caudales promedios mensuales en cada Subcuenca, para después con todo esto, realizar la gestión WEAP donde se obtienen curvas de duración y de capacidad.

Esta investigación es importante debido a que promueve el modelamiento y planificación operativa para los próximos proyectos hídricos, mediante caudales promedios mensuales basados en información de precipitaciones totales mensuales de las diferentes estaciones operadas por el servicio nacional de meteorología e hidrología (SENAMHI) dentro de la cuenca del Mantaro, en el departamento de Junín con el fin de optimizar la operación regulada de energía eléctrica en la Central Hidroeléctrica Malpaso, para satisfacer principalmente las demandas de las más de 170,000 hogares de la población de Yauli, produciendo mayor energía en las centrales hidroeléctricas. Por ello, esta investigación servirá como material de apoyo para los alumnos de pregrado en temas de planificación hídrica.

La presente investigación está estructurada por 6 capítulos de la siguiente manera:

En el capítulo I, se detalla la situación problemática, formulación del problema general y problemas específicos, los objetivos, la justificación, el impacto potencial, la viabilidad, así como también las limitaciones de la investigación.

En el capítulo II, se encuentran los antecedentes nacionales e internacionales, las bases teóricas, definiciones de términos básicos, la hipótesis general y específicas de la investigación.

En el capítulo III, se desarrolla el diseño metodológico, la población y muestra, la definición de variables independientes y dependientes, la operacionalización de las variables, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, así como también para su procesamiento.

En el capítulo IV, se presenta la información de la zona de estudio y el desarrollo de la investigación mediante el modelo matemático WEAP, la delimitación con ArcGIS y la topografía con Google.

En el capítulo V, se muestran los resultados de la planificación hidrológica para la optimización de la operación regulada de energía eléctrica en la Central Hidroeléctrica Malpaso.

En el capítulo VI, se muestra la discusión de los resultados mediante la contrastación de las hipótesis.

Finalmente se presentarán las conclusiones, recomendaciones, las que servirán de ejemplo y apoyo para posteriores trabajos de investigación profesionales, concluyendo con la fuente de información y anexos

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>vi</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>viii</b>
<b>INDICE GENERAL</b>	<b>xi</b>
<b>INDICE DE GRÁFICOS</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
1.1.Descripción de la situación problemática	1
1.2.Argumentación del problema	3
1.3.Formulación del problema	5
1.3.1.Problema General	
1.3.2.Problemas Específicos	
1.4.Objetivos de la investigación	6
1.4.1.Objetivo General	
1.4.2.Objetivos Específicos	
1.5.Justificación de la investigación	7
1.5.1.Importancia de la investigación	
1.6.Impacto potencial	8
1.6.1.Impacto practico	
1.6.2.Impacto teórico	
1.7.Viabilidad	
1.7.1.Viabilidad Social	
1.7.2.Viabilidad Económica	
1.7.3.Viabilidad Técnica	
1.8. Limitaciones	9
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	
2.1.Antecedentes de la investigación	10
2.1.1.Antecedentes Internacionales	
2.1.2.Antecedentes Nacionales	13

2.2.Bases Teóricas	16
2.2.1.Vertientes y disponibilidad de agua	
2.2.2.Cuencas Hidrográficas	17
2.2.3.Parámetros Geomorfológicos de una cuenca	19
2.2.4.Análisis de Saltos	27
2.2.5.Análisis de Tendencias	28
2.2.6.Modelo Hidrológico	31.
2.2.7.Clasificación de los Modelos Hidrológicos	32
2.2.8.Análisis de cuencas hidrográficas mediante ArcGIS	35
2.2.9.Método de Polígono Thiessen	37
2.2.10.Problemática del agua en el Perú	38
2.2.11.Gestión integrada del agua	
2.2.12.Centrales Hidroeléctricas	44
2.2.13.Planificación hidroeléctrica en un clima variado	47
2.2.14.Metodología WEAP	49
2.3.Definición de términos básicos	56
2.4.Hipótesis	59
2.4.1.Hipótesis Generales	
2.4.2.Hipótesis Específicas	
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</b>	
3.1.Diseño Metodológico	60
3.1.1.Enfoque de la Investigación	
3.1.2.Tipo de Investigación	
3.3.2.Nivel de Investigación	
3.2.Población y Muestra	61
3.2.1.Población	
3.2.2.Muestra	
3.3.Definición de variables	62
3.3.1.Definición conceptual	63
3.3.2.Definición operacional	
3.4.Operacionalización de variables	
3.5.Técnicas e instrumentos de recolección de datos	64
3.5.1.Instrumentos de recolección de datos	

3.5.2.Tecnicas de recolección de datos	65
3.6.Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos	
3.6.1.Instrumentos de procesamiento de datos	
3.6.2.Tecnicas de procesamiento de datos	
<b>CAPÍTULO IV: DESARROLLO</b>	
4.1.Generalidades	67
4.1.1.Ubicación Geográfica	
4.1.2.Ubicación Política	
4.1.3.Ubicación	
4.2.Esquema de procesos del software WEAP	68
4.3.Modelo de Elevación Digital	
4.4.Análisis estadístico de las precipitaciones	83
4.5.Modelo hidrológico WEAP	93
4.6.Modelo de gestión WEAP	105
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS</b>	
5.1.Planificación Hidrológica de la Central Hidroeléctrica	236
5.1.1.Parámetros Geomorfológicos	
5.1.2.Precipitaciones totales mensuales	249
5.1.3.Caudales promedios	250
5.1.4.Operación regulada de la central hidroeléctrica	251
<b>CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	
6.1.Contrastación de la hipótesis	256
6.1.1.Contrastación de hipótesis general	
6.1.2.Contrastación de hipótesis específicas	
6.2.Contrastación de antecedentes	259
6.2.1.Contrastación de antecedente nacional	
6.2.2.Contrastación de antecedente internacional	
<b>CONCLUSIONES</b>	261
<b>RECOMENDACIONES</b>	262
<b>ANEXOS</b>	263
<b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b>	403

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>TABLAS</b>	<b>Página</b>
Tabla 1: Clasificación del tamaño de las cuencas	20
Tabla 2: Clasificación del índice de compacidad de Gravelius	23
Tabla 3: Rangos aproximados del factor forma	24
Tabla 4: Rangos aproximados de la densidad de drenaje	25
Tabla 5: Relación de las sedes SEI	51
Tabla 6: Datos requeridos para la modelación	53
Tabla 7: Operacionalización de variables	64
Tabla 8: Coordenadas UTM de las 13 Estaciones	84
Tabla 9: Grupo de estaciones por piso altitudinal	85
Tabla 10: Precipitaciones promedios Anuales - Atocsaico	87
Tabla 11: Pruebas T y F	88
Tabla 12: Pesos de cada Sub-Estación	89
Tabla 13: Precipitaciones transpuestas	90
Tabla 14: Datos totales de las subcuencas	91
Tabla 15: Precipitaciones totales mensuales de cada subcuenca	92
Tabla 16: Caudales mensuales anuales 1965 – 2021	104
Tabla 17: Volumen – Elevación Upamayo	105
Tabla 18: Volumen – Elevación Malpaso	106
Tabla 19: Caudales de los Reservorios	120
Tabla 20: Capacidad de la Represa de Upamayo	121
Tabla 21: Capacidad de la Represa de Malpaso	122
Tabla 22: Caudal diferencial de Malpaso y Upamayo	123
Tabla 23: Volúmenes de Upamayo	124
Tabla 24: Volúmenes de Malpaso	127
Tabla 25: Diferencial de Volúmenes de las represas	130
Tabla 26: Operación del reservorio Upamayo	133
Tabla 27 : Generación Hidroeléctrica al 100%	134
Tabla 28: Curva de duración al 100%	135
Tabla 29: Caudal de entrada y salida al 100%	136
Tabla 30: Operación del reservorio Upamayo al 95%	138
Tabla 31: Generación Hidroeléctrica al 95%	139
Tabla 32: Curva de duración al 95%	140
Tabla 33: Caudal de entrada y salida al 95%	141

	<b>Página</b>
Tabla 34: Operación del reservorio Upamayo al 90%	142
Tabla 35: Generación Hidroeléctrica al 90%	143
Tabla 36: Curva de duración al 90%	145
Tabla 37: Caudal de entrada y salida al 90%	146
Tabla 38: Operación del reservorio Upamayo al 85%	147
Tabla 39: Generación Hidroeléctrica al 85%	148
Tabla 40: Curva de duración al 85%	149
Tabla 41: Caudal de entrada y salida al 85%	150
Tabla 42: Operación del reservorio Upamayo al 80%	152
Tabla 43: Generación Hidroeléctrica al 80%	153
Tabla 44: Curva de duración al 80%	154
Tabla 45: Caudal de entrada y salida al 80%	155
Tabla 46: Operación del reservorio Upamayo al 75%	156
Tabla 47: Generación Hidroeléctrica al 75%	157
Tabla 48: Curva de duración al 75%	158
Tabla 49: Caudal de entrada y salida al 75%	159
Tabla 50: Operación del reservorio al 70%	161
Tabla 51: Generación Hidroeléctrica al 70%	162
Tabla 52: Curva de duracion al 70%	163
Tabla 53: Caudal de entrada y salida al 70%	164
Tabla 54: Operación del reservorio Upamayo al 65%	165
Tabla 55: Generación Hidroeléctrica al 65%	166
Tabla 56: Curva de duración al 65%	167
Tabla 57: Caudal de entrada y salida al 65%	168
Tabla 58: Operación del reservorio Upamayo al 60%	170
Tabla 59: Generación Hidroeléctrica al 60%	171
Tabla 60: Curva de duracion al 60%	172
Tabla 61: Caudal de entrada y salida al 60%	173
Tabla 62: Operación del reservorio Upamayo al 55%	174
Tabla 63: Generación Hidroeléctrica al 55%	175
Tabla 64: Curva de duración al 55%	176
Tabla 65: Caudal de entrada y salida al 55%	177
Tabla 66: Operación del reservorio Upamayo al 50%	179
Tabla 67: Generación Hidroeléctrica al 50%	180

	<b>Página</b>
Tabla 68: Curva de duración al 50%	181
Tabla 69: Caudal de entrada y salida al 50%	182
Tabla 70: Operación del reservorio Upamayo al 45%	183
Tabla 71: Generación Hidroeléctrica al 45%	184
Tabla 72: Curva de duración al 45%	185
Tabla 73: Caudal de entrada y salida al 45%	186
Tabla 74: Operación del reservorio Upamayo al 40%	188
Tabla 75: Generación Hidroeléctrica al 40%	189
Tabla 76: Curva de duración al 40%	190
Tabla 77: Caudal de entrada y salida al 40%	191
Tabla 78: Operación del reservorio Upamayo al 35%	192
Tabla 79: Generación Hidroeléctrica al 35%	193
Tabla 80: Curva de duración al 35%	194
Tabla 81: Caudal de entrada y salida al 35%	195
Tabla 82: Operación del reservorio Upamayo al 30%	197
Tabla 83: Generación Hidroeléctrica al 30%	198
Tabla 84: Curva de duración al 30%	199
Tabla 85: Caudal de entrada y salida al 30%	200
Tabla 86: Operación del reservorio Upamayo al 25%	201
Tabla 87: Generación Hidroeléctrica al 25%	202
Tabla 88: Curva de duración al 25%	203
Tabla 89: Caudal de entrada y salida al 25%	204
Tabla 90: Operación del reservorio Upamayo al 20%	206
Tabla 91: Generación Hidroeléctrica al 20%	207
Tabla 92: Curva de duración al 20%	208
Tabla 93: Caudal de entrada y salida al 20%	209
Tabla 94: Energía eléctrica - Regla de operación 0	210
Tabla 95: Curva de duración Regla de operación 0	211
Tabla 96: Energía eléctrica - Regla de operación 5	212
Tabla 97: Curva de duración Regla de operación 5	213
Tabla 98: Energía eléctrica - Regla de operación 10	214
Tabla 99: Curva de duración Regla de operación 10	215
Tabla 100: Energía eléctrica - Regla de operación 15	216
Tabla 101: Curva de duración Regla de operación 15	217
Tabla 102: Energía eléctrica - Regla de operación 20	218

	<b>Página</b>
Tabla 103: Curva de duración Regla de operación 20	219
Tabla 104: Energía eléctrica - Regla de operación 25	220
Tabla 105: Curva de duración Regla de operación 25	221
Tabla 106: Energía eléctrica - Regla de operación 30	222
Tabla 107: Curva de duración Regla de operación 30	223
Tabla 108: Energía eléctrica - Regla de operación 35	224
Tabla 109: Curva de duración Regla de operación 35	225
Tabla 110: Energía eléctrica - Regla de operación 40	226
Tabla 111: Curva de duración Regla de operación 40	227
Tabla 112: Energía eléctrica - Regla de operación 45	228
Tabla 113: Curva de duración Regla de operación 45	229
Tabla 114: Energía eléctrica - Regla de operación 50	230
Tabla 115: Curva de duración Regla de operación 50	231
Tabla 116: Energía eléctrica - Regla de operación 55	232
Tabla 117: Curva de duración Regla de operación 55	233
Tabla 118: Energía eléctrica - Regla de operación 60	234
Tabla 119: Curva de duración Regla de operación 60	235
Tabla 120: Área de cada Subcuenca	236
Tabla 121: Perímetro de cada Subcuenca	237
Tabla 122: Longitud del Cauce Principal	238
Tabla 123: Longitud de cada río	239
Tabla 124: Coeficiente de Compacidad	241
Tabla 125: Longitud del lado mayor de cada Subcuenca	244
Tabla 126: Longitud del lado menor de cada Subcuenca	245
Tabla 127: Parámetros Geomorfológicos	248
Tabla 128: Caudales anuales mensuales	250
Tabla 129: Caudales promedios anual mensual	251
Tabla 130: Energía Eléctrica Dif. Cons. Upamayo	252
Tabla 131: Caudal promedio mensual	253
Tabla 132: Generación de Energía Eléctrica sin/con regla de operación	254
Tabla 133: Curva de Duración sin/con regla de operación	255
Tabla 134: Contrastación de hipótesis general	256
Tabla 135: Contrastación de hipótesis específica	258
Tabla 136: Contrastación de antecedente internacional	259
Tabla 137: Contrastación de antecedente nacional	260

<b>FIGURAS</b>	<b>Página</b>
Figura. 1: Disponibilidad de Agua- Población	2
Figura. 2: Histograma de propuestas frente a un mal gestionamiento	4
Figura. 3: Diagrama de Ishikawa	5
Figura. 4: Formas del consumo del agua	17
Figura. 5: Cuenca Hidrográfica	18
Figura. 6: Área de una cuenca	20
Figura. 7: Longitud y perímetro de una cuenca	21
Figura. 8: La cuenca como un sistema hidrológico	31
Figura. 9: Clasificación de los modelos hidrológicos	32
Figura. 10: Estructuración espacial de modelos de escorrentía	34
Figura. 11: Flujo de direcciones de los ríos	36
Figura. 12: Método del Polígono de Thiessen	38
Figura. 13: Central Hidroeléctrica (31-05-2022)	45
Figura. 14: Sistema de la Central Hidroeléctrica Malpaso	46
Figura. 15: Represa Malpaso (31-05-22)	46
Figura. 16: Represa de Upamayo (31-05-22)	47
Figura. 17: Sedes del SEI	50
Figura. 18: Elementos del modelo WEAP	52
Figura. 19: Modelación del embalse WEAP	55
Figura. 20: Centrales Hidroeléctricas en la Cuenca del Mantaro	61
Figura. 21: Central hidroeléctrica Malpaso	62
Figura. 22: Herramientas de procesamientos de datos	66
Figura. 23: Fuentes de recopilación de datos	66
Figura. 24: Ubicación de la cuenca Mantaro	67
Figura. 25: Esquema de procesos del Software WEAP	68
Figura. 26: Mapa de cobertura de imagen Aster (DEM)	69
Figura. 27: Proceso de la delimitación de la cuenca Mantaro (DEM)	70
Figura. 28: Relleno de imperfecciones	71
Figura. 29: Subestaciones activadas en la cuenca	71
Figura. 30: Creación de los contornos en la cuenca	72
Figura. 31: Se añade los contornos	72
Figura. 32: Ingreso de la distancia de cada contorno	73
Figura. 33: Curvas de nivel	73
Figura. 34: Direcciones de flujo de agua	74

	<b>Página</b>
Figura. 35: Delimitación de nuestra cuenca de estudio	74
Figura. 36: Conversión del Ráster a un formato vector	75
Figura. 37: Procesamiento de las líneas de drenaje	75
Figura. 38: Designación de nuestro punto de aforo	76
Figura. 39: Cortes entre capas para obtener las subcuencas	76
Figura. 40: Ríos afluentes de cada Subcuenca	77
Figura. 41: Creación del Polígono de Thiessen	77
Figura. 42: Renombrar a cada subcuenca según su estación	78
Figura. 43: Intercepto para la generación de subcuencas	78
Figura. 44: Thiessen para las subcuencas con el intercepto	79
Figura. 45: Verificación de las áreas de las 31 subcuencas generadas	79
Figura. 46: Intercepto entre las subcuencas y el Thiessen	80
Figura. 47: Tabla datos de cada subcuenca	81
Figura. 48: Datos de Kc, R.Equivalente	81
Figura. 49: Modelo de Elevación Digital	82
Figura. 50: Recolección de datos de las estaciones de la cuenca	83
Figura. 51: Ubicación de las estaciones en la cuenca de estudio	83
Figura. 52: Curva Doble Masa- Grupo 1	85
Figura. 53: Curva Doble Masa- Grupo 2	86
Figura. 54: Curva Doble Masa- Grupo 3	86
Figura. 55: Adición de la capa vector de los ríos afluentes	93
Figura. 56: Ríos afluentes	93
Figura. 57: Unidades hidrológicas de los ríos afluentes	94
Figura. 58: Escorrentía en cuencas hidrográficas	95
Figura. 59: Ubicación Represas de Upamayo y Malpaso	96
Figura. 60: Ubicación de la C.H. Malpaso	96
Figura. 61: Configuración de años y tiempo	97
Figura. 62: Área- Subcuenca 0	98
Figura. 63: Precipitaciones mensuales- Subcuenca 0	99
Figura. 64: Temperaturas mensuales- Subcuenca 0	100
Figura. 65: Humedades mensuales- Subcuenca 0	101
Figura. 66: Vientos mensuales- Subcuenca 0	102
Figura. 67: Adición latitud de cada subcuenca	103
Figura. 68: Caudales anuales	103
Figura. 69: Elevación – Volumen Upamayo	105

	<b>Página</b>
Figura. 70: Elevación – Volumen Malpaso	106
Figura. 71: Capacidad de Almacenamiento- Upamayo	107
Figura. 72: Almacenamiento Inicial - Upamayo	108
Figura. 73: Máximo Efluente Hidráulico – Upamayo	109
Figura. 74: Parte superior de conservación – Upamayo	110
Figura. 75: Parte superior de amortiguamiento – Upamayo	111
Figura. 76: Parte superior del volumen inactivo– Upamayo	112
Figura. 77: Capacidad de almacenamiento – Malpaso	113
Figura. 78: Almacenamiento Inicial - Malpaso	114
Figura. 79: Parte superior de conservación – Malpaso	115
Figura. 80: Parte superior de amortiguamiento – Malpaso	116
Figura. 81: Parte superior del volumen inactivo– Malpaso	117
Figura. 82: Caudal Turbinable – Malpaso	118
Figura. 83: Curva de duración Enero	119
Figura. 84: Volumen de Rebose de Upamayo	125
Figura. 85: Volumen final de Upamayo	125
Figura. 86: Volumen Evaporación de Upamayo	126
Figura. 87: Volumen de Rebose de Malpaso	128
Figura. 88: Volumen final de Malpaso	128
Figura. 89: Volumen Evaporación de Malpaso	129
Figura. 90: Volumen diferencial de rebose	131
Figura. 91: Volumen final diferencial	131
Figura. 92: Volumen diferencial de evaporación	132
Figura. 93: Simulación parte superior de conservación al 100%	133
Figura. 94: Volumen de almacenamiento reservorio al 100%	134
Figura. 95: Generación Hidroeléctrica al 100%	135
Figura. 96: Curva de duración al 100%	136
Figura. 97: Caudal de entrada y salida al 100%	137
Figura. 98: Simulación parte superior de conservación al 95%	137
Figura. 99: Volumen de almacenamiento reservorio al 95%	138
Figura. 100: Generación Hidroeléctrica al 95%	139
Figura. 101 :Curva de duración al 95%	140
Figura. 102: Caudal de entrada y salida al 95%	141
Figura. 103: Simulación parte superior de conservación al 90%	142
Figura. 104: Volumen de almacenamiento reservorio al 90%	143

	<b>Página</b>
Figura. 105: Generación Hidroeléctrica al 90%	144
Figura. 106: Curva de duración al 90%	145
Figura. 107: Caudal de entrada y salida al 90%	146
Figura. 108: Simulación parte superior de conservación al 85%	147
Figura. 109: Volumen de almacenamiento reservorio al 85%	148
Figura. 110: Generación Hidroeléctrica al 85%	149
Figura. 111: Curva de duración al 85%	150
Figura. 112: Caudal de entrada y salida al 85%	151
Figura. 113: Simulación parte superior de conservación al 80%	151
Figura. 114: Volumen de almacenamiento reservorio al 80%	152
Figura. 115: Generación Hidroeléctrica al 80%	153
Figura. 116: Curva de duración al 80%	154
Figura. 117: Caudal de entrada y salida al 80%	155
Figura. 118: Simulación parte superior de conservación al 75%	156
Figura. 119: Volumen de almacenamiento reservorio al 75%	157
Figura. 120: Generación Hidroeléctrica al 75%	158
Figura. 121: Curva de duración al 75%	159
Figura. 122: Caudal de entrada y salida al 75%	160
Figura. 123: Simulación parte superior de conservación al 70%	160
Figura. 124: Volumen de almacenamiento reservorio al 70%	161
Figura. 125: Generación Hidroeléctrica al 70%	162
Figura. 126: Curva de duración al 70%	163
Figura. 127: Caudal de entrada y salida al 70%	164
Figura. 128: Simulación parte superior de conservación al 65%	165
Figura. 129: Volumen de almacenamiento reservorio al 65%	166
Figura. 130: Generación Hidroeléctrica al 65%	167
Figura. 131: Curva de duración al 65%	168
Figura. 132: Caudal de entrada y salida al 65%	169
Figura. 133: Simulación parte superior de conservación al 60%	169
Figura. 134: Volumen de almacenamiento reservorio al 60%	170
Figura. 135: Generación Hidroeléctrica al 60%	171
Figura. 136: Curva de duración al 60%	172
Figura. 137: Caudal de entrada y salida al 60%	173
Figura. 138: Simulación parte superior de conservación al 55%	174
Figura. 139: Volumen de almacenamiento reservorio al 55%	175

	<b>Página</b>
Figura. 140: Generación Hidroeléctrica al 55%	176
Figura. 141: Curva de duración al 55%	177
Figura. 142: Caudal de entrada y salida al 55%	178
Figura. 143: Simulación parte superior de conservación al 50%	178
Figura. 144: Volumen de almacenamiento reservorio al 50%	179
Figura. 145: Generación Hidroeléctrica al 50%	180
Figura. 146: Curva de duración al 50%	181
Figura. 147: Caudal de entrada y salida al 50%	182
Figura. 148: Simulación parte superior de conservación al 45%	183
Figura. 149: Volumen de almacenamiento reservorio al 45%	184
Figura. 150: Generación Hidroeléctrica al 45%	185
Figura. 151: Curva de duración al 45%	186
Figura. 152: Caudal de entrada y salida al 45%	187
Figura. 153: Simulación parte superior de conservación al 40%	187
Figura. 154: Volumen de almacenamiento reservorio al 40%	188
Figura. 155: Generación Hidroeléctrica al 40%	189
Figura. 156: Curva de duración al 40%	190
Figura. 157: Caudal de entrada y salida al 40%	191
Figura. 158: Simulación parte superior de conservación al 35%	192
Figura. 159: Volumen de almacenamiento reservorio al 35%	193
Figura. 160: Generación Hidroeléctrica al 35%	194
Figura. 161: Curva de duración al 35%	195
Figura. 162: Caudal de entrada y salida al 35%	196
Figura. 163: Simulación parte superior de conservación al 30%	196
Figura. 164: Volumen de almacenamiento reservorio al 30%	197
Figura. 165: Generación Hidroeléctrica al 30%	198
Figura. 166: Curva de duración al 30%	199
Figura. 167: Caudal de entrada y salida al 30%	200
Figura. 168: Simulación parte superior de conservación al 25%	201
Figura. 169: Volumen de almacenamiento reservorio al 25%	202
Figura. 170: Generación Hidroeléctrica al 25%	203
Figura. 171: Curva de duración al 25%	204
Figura. 172: Caudal de entrada y salida al 25%.	205
Figura. 173: Simulación parte superior de conservación al 20%	205
Figura. 174: Volumen de almacenamiento reservorio al 20%	206

	<b>Página</b>
Figura. 175: Generación Hidroeléctrica al 20%	207
Figura. 176: Curva de duración al 20%	208
Figura. 177: Caudal de entrada y salida al 20%.	209
Figura. 178: Energía eléctrica - Regla de operación 0	210
Figura. 179: Curva de duración Regla de operación 0	211
Figura. 180: Energía eléctrica - Regla de operación 5	212
Figura. 181: Curva de duración Regla de operación 5	213
Figura. 182: Energía eléctrica - Regla de operación 10	214
Figura. 183: Curva de duración Regla de operación 10	215
Figura. 184: Energía eléctrica - Regla de operación 15	216
Figura. 185: Curva de duración Regla de operación 15	217
Figura. 186: Energía eléctrica - Regla de operación 20	218
Figura. 187: Curva de duración Regla de operación 20	219
Figura. 188: Energía eléctrica - Regla de operación 25	220
Figura. 189: Curva de duración Regla de operación 25	221
Figura. 190: Energía eléctrica - Regla de operación 30	222
Figura. 191: Curva de duración Regla de operación 30	223
Figura. 192: Energía eléctrica - Regla de operación 35	224
Figura. 193: Curva de duración Regla de operación 35	225
Figura. 194: Energía eléctrica - Regla de operación 40	226
Figura. 195: Curva de duración Regla de operación 40	227
Figura. 196: Energía eléctrica - Regla de operación 45	228
Figura. 197: Curva de duración Regla de operación 45	229
Figura. 198: Energía eléctrica - Regla de operación 50	230
Figura. 199: Curva de duración Regla de operación 50	231
Figura. 200: Energía eléctrica - Regla de operación 55	232
Figura. 201: Curva de duración Regla de operación 55	233
Figura. 202: Energía eléctrica - Regla de operación 60	234
Figura. 203: Curva de duración Regla de operación 60	235
Figura. 204: Cauce Principal	238
Figura. 205: Ubicación de las Subcuencas	240
Figura. 206: Número de cauces	246
Figura. 207: Curva Hipsométrica	247
Figura. 208: Precipitaciones totales mensuales	249
Figura. 209: Caudales promedios anuales mensuales	251

	<b>Página</b>
Figura. 210: Energía Eléctrica Dif. Cons. Upamayo	252
Figura. 211: Caudal promedio mensual	253
Figura. 212: Energía sin Reglas Op. Vs con Regla Op.	254
Figura. 213: Curva de duración sin Reglas Op. Vs con Regla Op.	255

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

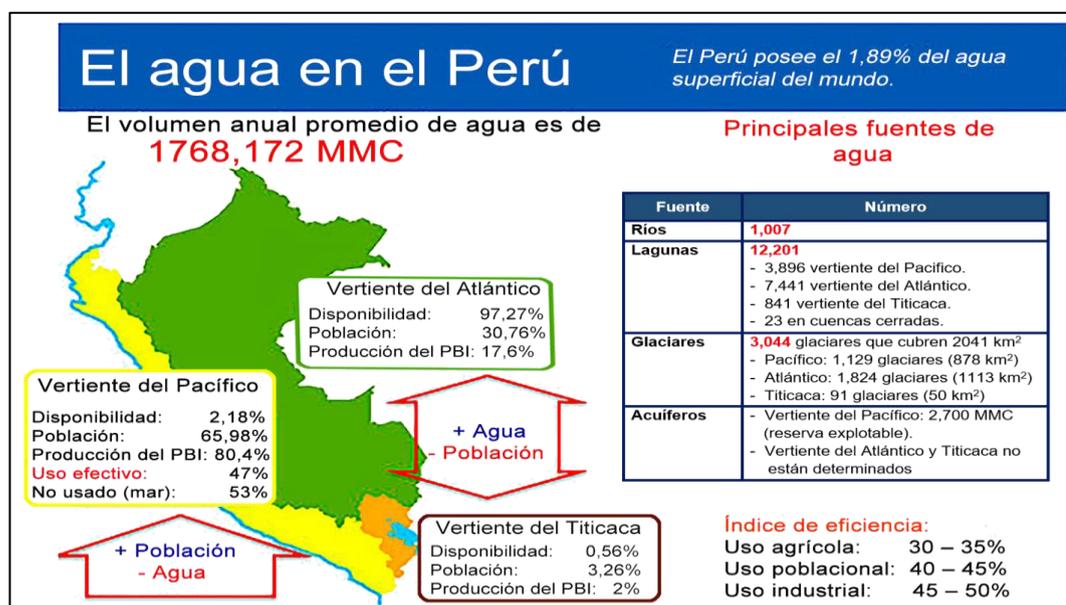
#### 1.1. Descripción de la situación problemática

En la actualidad, se ha notado que hay un deficiente abastecimiento de recurso hídrico para distintas actividades primordiales debido al excesivo incremento de la población, y es una de las mayores preocupación para la sociedad, debido a que se hace vulnerable a su escasez por el aumento de su demanda, así como al evidente cambio climático por el que estamos atravesando actualmente, haciendo de suma importancia la realización de estudios y análisis, tanto para la calidad como la cantidad de las fuentes hídricas que abastecen a las diferentes zonas, así como su planificación, estas vayan tomando cada vez más vigor.

El Perú cuenta con tres vertientes: Atlántico, Titicaca y el Pacífico que consta de una disponibilidad 2 billones de metros cúbicos de agua cada año, sin embargo, por cuestiones de la geografía en la vertiente del Pacífico la cual reside el 65.99 % de la población sólo cuenta con una disponibilidad de 2,18 % de acceso al agua, como se puede apreciar en la figura 1. (Autoridad Nacional del Agua, 2015).

La vertiente del pacífico cuenta con 2.18 % de disponibilidad de agua, con una población de 65.99%, notándose que tiene una población que supera su disponibilidad de agua. Cosa que pasa de manera inversa con la vertiente del Atlántico que cuenta con una disponibilidad de agua de 97.27% y tiene una población de 30.76% pudiéndose ver que esta vertiente podrá abastecerse sin ningún problema. Y por otro lado la vertiente del Titicaca siendo la más pequeña con una disponibilidad de agua de 0.56% y contando con una población de 3.26%, notándose que la disponibilidad de agua es menor a la población por ende siendo un problema, ya que, al ser un recurso escaso por el aumento de su demanda, también este recurso es una fuente de generación de energía eléctrica para las hidroeléctricas.

**Figura. 1**  
Disponibilidad de Agua- Población



Nota. La figura muestra cifras de la disponibilidad del agua en el Perú en el año 2015. Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2015).

La energía hidroeléctrica presenta numerosas ventajas sobre la mayoría de otras fuentes de energía eléctrica, incluyendo un alto nivel de fiabilidad, tecnología probada y de alta eficiencia, los costes más bajos de operación y mantenimiento, y una gran flexibilidad y capacidad de almacenamiento.

Las centrales hidroeléctricas funcionan en base a la disponibilidad de caudales y carga, ya que la potencia  $P = Q \times H / \text{eficiencia}$ , las cuencas producen los caudales gracias a las precipitaciones que se presentan dentro de ese ámbito, estas precipitaciones en la cuenca del Mantaro tienen un periodo en la que se producen entre Noviembre y Marzo produciendo caudales altos entre 100m<sup>3</sup>/s a 200m<sup>3</sup>/s que superan a las demandas ( $Q$  turbinable de 71m<sup>3</sup>/s), la diferencia de este caudal ( $Q$ ) es almacenada en los represamientos; así mismo de Abril a Octubre los caudales que fluyen en la cuenca dependen de los almacenamientos naturales como el subterráneo y glaciares llegando a 40m<sup>3</sup>/s y así mismo de almacenamientos artificiales generados por el hombre como son los represamientos, caudal adicional de 40m<sup>3</sup>/s más en el caso de esta investigación estos represamientos son los

de Upamayo y Malpaso, la primera sirve para asegurar el caudal y la segunda , para asegurar la carga.

Según (Electroperú, 2014) La Cuenca Hidrográfica del Mantaro está ubicada en la región central del país y abarca los departamentos de Pasco, Junín, Huancavelica y Ayacucho. El río Mantaro se origina en el Lago Junín, el cual está regulado por la presa de Upamayo, el reservorio de regulación estacional más importante del país. Ubicado a 4080 msnm, el Lago Junín tiene una capacidad total de 556 MMC y un volumen útil máximo regulable de 441 MMC. Debido a la variación del caudal del río Mantaro entre las épocas de estiaje y de lluvias, se hace necesaria la construcción de obras de regulación con el objeto de minimizar el riesgo de escasez de agua y al mismo tiempo optimizar el uso de la capacidad instalada del complejo.

## **1.2. Argumentación del problema**

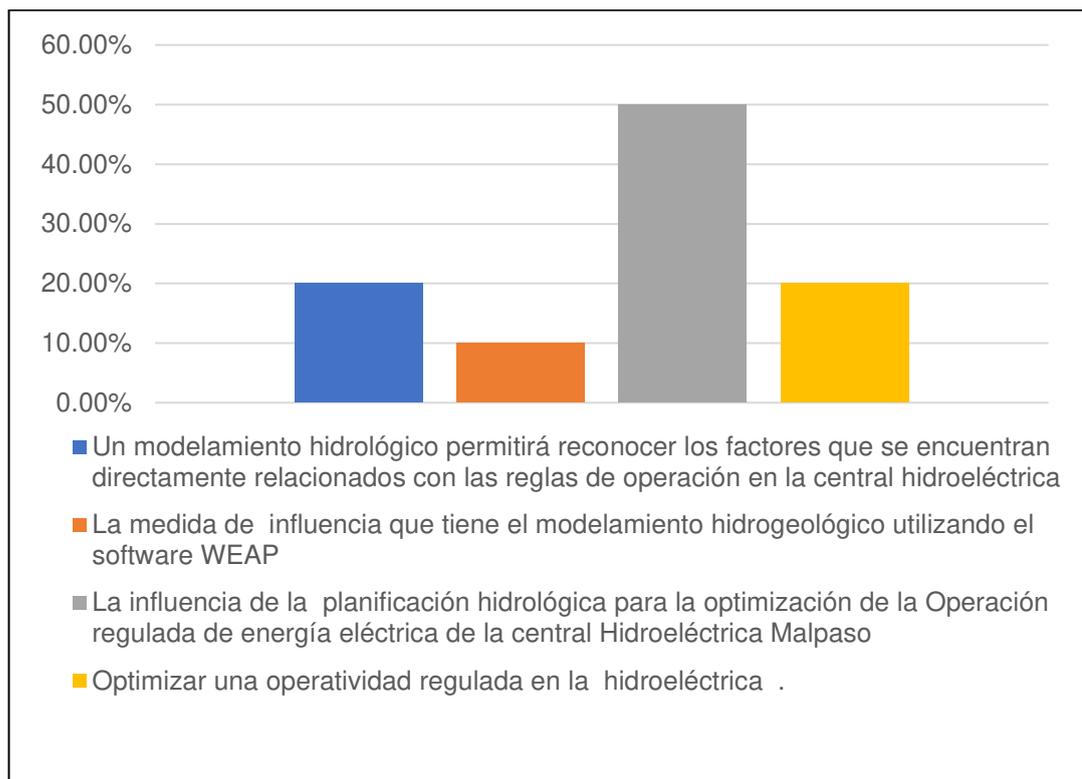
Esta problemática se da por muchas variables, pero una de ellas y quizá la más importante que podemos observar, es que actualmente el cambio climático está afectando a todos los países, el problema también es el desconocimiento de muchos ingenieros civiles que no cuentan con los conocimientos para utilizar software de planificación hidrológica, para poder analizar e interpretar dicha información, por ejemplo, el uso del softwares WEAP y la interpretación de la ley 29338 de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Los softwares de planificación hidrológica han aumentado y mejorado totalmente en los últimos años, aunque actualmente el software WEAP es el más completo con respecto al tema de gestión y planificación, ya que este software puede analizar la operacionalidad de la producción de energía eléctrica, siendo esta una de las soluciones frente a la mala gestión y planificación operativa de una hidroeléctrica. Esta información fue realizada con validación externa a diez ingenieros expertos entre ingenieros civiles, ingenieros agrícolas e ingenieros agrarios; en la figura 2, donde se le pregunta ¿cuál sería la solución frente a un mal gestionamiento hidrológico en una central hidroeléctrica?, el cual 50.00% de los encuestados respondieron que, al no contar con una planificación, no se podría optimizar

la producción de energía eléctrica. A su vez esta planificación permitirá conocer los factores que se encuentran directamente relacionados con la operación regulada de la central hidroeléctrica, y es por lo que, al contar con una óptima planificación, esta brindara una confiabilidad en el manejo operativo de la central hidroeléctrica.

**Figura. 2**

*Histograma de propuestas frente a un mal gestionamiento*



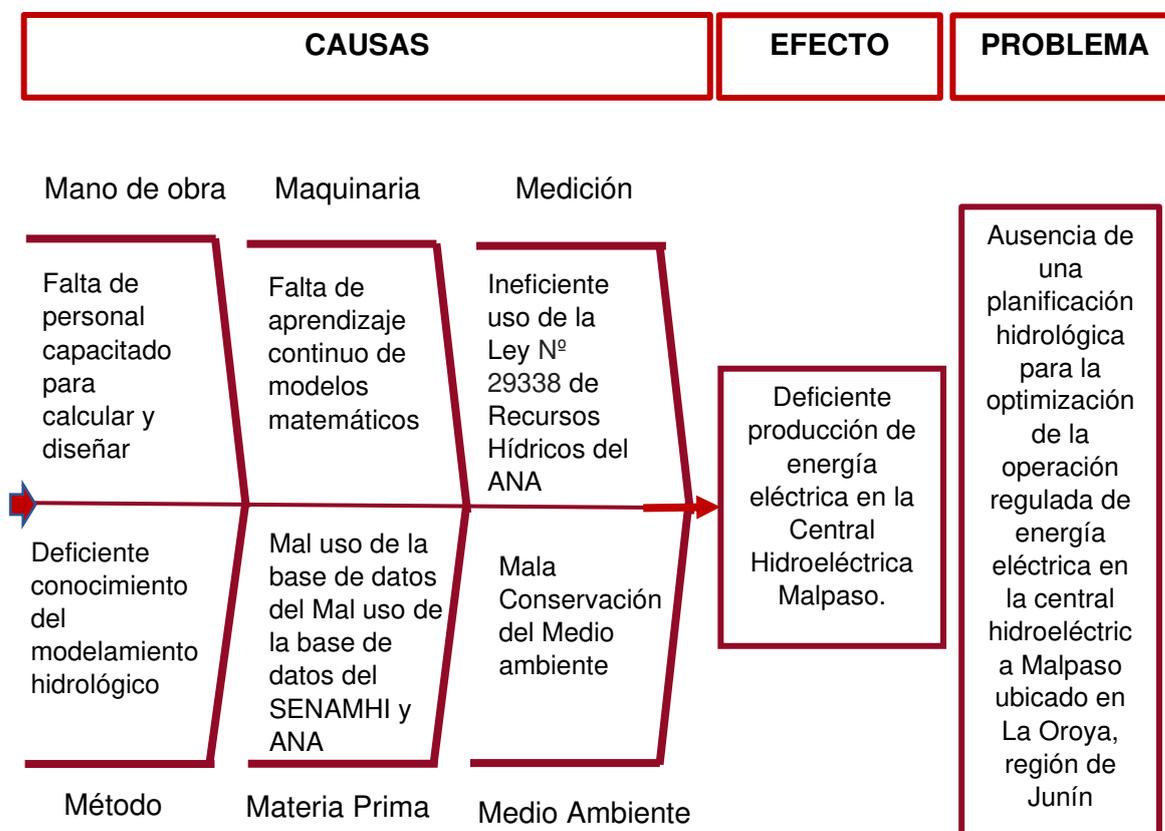
Nota. La figura muestra porcentajes de opinión frente a un mal gestionamiento operativo en una central hidroeléctrica en Perú en el año 2022. Elaboración: Propia (2022).

Habiendo observado y analizado la realidad problemática, que se puede apreciar en la central hidroeléctrica de Malpaso, la deficiente producción de energía eléctrica para abastecer la demanda de la población de Paccha, debido a la ausencia de una óptima planificación hidrológica a consecuencia del cambio climático, generando que aumente la insatisfacción en los usuarios. En la actualidad existen una gran diversidad de softwares para las diferentes necesidades de proyectos hidrológicos, sin embargo, el WEAP es un software de modelación y planificación. Es por ello por lo que se realizó una encuesta a diez expertos en obras hídricas para validar la información adquirida y saber su apreciación sobre frente a un mal gestionamiento

hidrológico en una central hidroeléctrica, expresando los resultados obtenidos en el diagrama de Ishikawa. Figura 3.

**Figura. 3**

*Diagrama de Ishikawa*



Nota. La figura muestra las causas y efectos, frente a la ausencia de una óptima planificación hidrológica en la central hidroeléctrica Malpaso. Elaboración Propia (2022).

### 1.3. Formulación del problema

#### 1.3.1. Problema General

¿En qué medida influye la planificación hidrológica para la optimización de la operación regulada de energía eléctrica de la central Hidroeléctrica Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín?

#### 1.3.2. Problemas Específicos

¿En qué medida influye el análisis del modelo de elevación digital para la obtención de los parámetros geomorfológicos de la cuenca Mantaro en Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín?

¿En qué medida influye el análisis estadístico de las precipitaciones totales

mensuales para la obtención de las precipitaciones totales mensuales y consistentes de cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín?

¿En qué medida influye el modelo hidrológico WEAP para la determinación de los caudales promedios mensuales en cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín?

¿En qué medida influye el modelo de gestión WEAP para la determinación de la operación regulada de la central hidroeléctrica de Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín?

#### **1.4. Objetivos de la investigación**

##### **1.4.1. Objetivo General**

Realizar la planificación hidrológica para la optimización de la operación regulada de energía eléctrica de la central Hidroeléctrica Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín.

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

Realizar el análisis del modelo de elevación digital para la obtención de los parámetros geomorfológicos de la cuenca Mantaro en malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín.

Realizar el análisis estadístico de las precipitaciones totales mensuales para la obtención de las precipitaciones totales mensuales y consistentes de cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso ubicado en La oroya, Región Junín.

Desarrollar el modelo hidrológico WEAP para la determinación de los caudales promedios mensuales en cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso ubicado en La oroya., Región Junín.

Desarrollar el modelo de gestión WEAP para la determinación de la operación regulada de la central hidroeléctrica de Malpaso ubicado en La

oroya, Región Junín.

## **1.5. Justificación de la investigación**

### **1.5.1. Importancia de la investigación**

El presente trabajo de investigación, planteó como situación problemática la escasez del recurso hídrico, así también como el evidente cambio climático por el que estamos atravesando actualmente, lo que genera que haya un desbalance en la producción de caudales en el tiempo, ya que, la demanda de la producción de energía requiere de un caudal sostenido durante el año, siendo de suma importancia la planificación regulada de este recurso para poder contar con energía eléctrica constante todo el año.

Por ende, el modelamiento hidrológico ayudará mediante su análisis de las precipitaciones, establecer un balance evaluando los represamientos tanto de Upamayo como de Malpaso, que permitan el manejo de los caudales a través de la regulación de las mismas, de acuerdo con las necesidades sociales, productivas y ambientales que requieren la ciudad en la que se encuentra la Cuenca de Mantaro, lo que se busca con esta investigación es lograr una adecuada y óptima gestión del agua, mediante el balance de la oferta y demanda del recurso hídrico en la cuenca de estudio.

Gracias a la regulación optima de la central hidroeléctrica Malpaso, se beneficiarán todos los pobladores usuarios de la red nacional de electrificación y se garantizará energía eléctrica suficiente para abastecer a unos 170,000 hogares, con una producción anual de energía de 240GWh de la central en la Región Junín durante todos los meses del año, tanto en periodos de lluvias, como periodos de estiaje. (Statkraft, s.f)

La información recolectada y los resultados obtenidos podrá servir de gran ayuda a la hora de tomar decisiones sobre la planificación y gestión del agua en el ámbito de la investigación, y de las centrales hidroeléctricas; de esta forma servir de apoyo para nuevos estudios hídricos que se puedan realizar en la misma zona.

## **1.6. Impacto potencial**

### **1.6.1. Impacto practico**

Se compiló una serie de conocimientos teóricos de hidrología y abastecimiento de agua para delimitación de la cuenca del Mantaro mediante modelo matemático WEAP y el ArcGis, para la optimización de la operación regulada de energía eléctrica de la Central Hidroeléctrica Malpaso ubicado en la Oroya, Región de Junín, la cual servirá como un antecedente para investigaciones futuras, así mismo se presenta una recopilación de datos del entorno de la cuenca, con la cual se podría realizar un modelo más amplio para la simulación y gestión hidrológica.

### **1.6.2. Impacto teórico**

Esta investigación permite una mejora en la planificación operativa en una central hidroeléctrica, analizando datos de la zona en estudio. Además, busca ampliar los conocimientos de gestión y manejo del software WEAP, siendo un punto de partida en relación con modelamientos hidrológicos.

## **1.7. Viabilidad**

### **1.7.1. Viabilidad Social**

La principal viabilidad social de este proyecto es que la central hidroeléctrica dio los permisos respectivos para poder ingresar a la central donde se encuentran los reservorios y la central hidroeléctrica.

### **1.7.2. Viabilidad Económica**

La viabilidad económica de este proyecto es principalmente que será un trabajo de gabinete, aunque también habrá una visita a futuro a la central hidroeléctrica para tener una mayor visión de su funcionamiento.

### **1.7.3. Viabilidad Técnica**

El presente proyecto muestra clara viabilidad técnica, ya que los softwares que utilizaremos para su realización son gratuitos y de fácil alcance, tales como WEAP, ArcGis, Google Earth, Excel, entre otros.

### **1.8. Limitaciones**

No existen limitaciones en la investigación, ya que los datos de información de las precipitaciones y caudales de nuestro proyecto se puede obtener de SENAMHI y ANA que se encuentran en su página web institucional.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

En esta parte se presentan algunas investigaciones realizadas que guardan relación con este trabajo, con una antigüedad no mayor de 5 años, las cuales sirvieron como base para la realización de esta investigación.

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Para (Sahukhal & Bajracharya, 2019), en “Modelado de recursos hídricos bajo demandas competitivas para el desarrollo sostenible: un estudio del proyecto hidroeléctrico Kaligandaki George en Nepal”; tiene como objetivo un plan de desarrollo sostenible para las comunidades que se encuentran aledañas al Proyecto Hidroeléctrico Kaligandaki George en el distrito de Myagdi. Método, se llevó a cabo una evaluación de los impactos sobre la disponibilidad de agua para uso doméstico y de riego frente a las demandas competitivas provocadas por el proyecto de desarrollo de energía hidroeléctrica, el modelo de oferta y demanda del agua se realizó utilizando el modelo de evaluación y modelación del agua (WEAP). Resultado, el rendimiento de la modelación se evaluó a través de medidas estadísticas de calibración con el error cuadrático medio y coeficiente de determinación, cuyos valores fueron 0.046% y 0.79, respectivamente. Conclusión, el análisis demostró que sería necesaria una priorización de las demandas en el área en un futuro cercano con el propósito de la sostenibilidad de los recursos hídricos, debido a los impactos del cambio climático.

Para (Danus del Pedregal, 2018), en “Comportamiento del modelo WEAP en la cuenca alta del Río Cachapoal, Chile, usando forzantes meteorológicas distribuidas” El objetivo principal de esta investigación es analizar el comportamiento del modelo WEAP ya implementado en la cuenca alta del río Cachapoal, considerando forzantes meteorológicas a base de datos espacialmente distribuidos. Hipótesis la sostenibilidad de la cuenca se verá comprometida por la gestión hídrica continuando con el modelo de gestión hídrica actual, porque se limitará el acceso al recurso hídrico de ciertos sectores se verá comprometida por los escenarios futuros. Este

proyecto busca la actualización de un modelo hidrológico WEAP en la cuenca alta del río Cachapoal, utilizando datos meteorológicos. Método: Se consideró de tipo aplicativo experimental de nivel cuantitativo, la muestra fue las URH (Unidades de respuesta hidrológica) ya definidas y la modificación de las series de tiempo utilizadas para la calibración del modelo WEAP previamente implementado en la parte alta de la cuenca. De esta forma se comparan los valores simulados de las variables de salida del modelo, tanto con las observaciones disponibles como con las previamente simuladas. Resultados: La modelación hidrológica puede decirse se logró el objetivo de representar de manera correcta el comportamiento pluviométrico de los sistemas estudiados a partir de las variables meteorológicas construidas. Conclusión: Al comparar los resultados obtenidos con la calibración hecha en base a gradientes de altura se puede decir que se logró una mejor representación según los índices de Nash-Sutcliffe, al menos en las cuencas Las Leñas y Cachapoal en 5 km bajo Cortaderal.

Para (Zhang, Gu, Lu & Wang, 2017) en “Vulnerabilidad de la generación de energía hidroeléctrica en el río Yangtze en China bajo escenarios de cambio climático: análisis basado en el modelo WEAP”; tiene como objetivo, determinar la vulnerabilidad de la generación de energía eléctrica debido al cambio climático por el calentamiento global, ya que esto cambia las características de las precipitaciones y genera incertidumbres en los recursos hídricos. Método, se utilizaron datos de escorrentía obtenidos después de utilizar modelos de cambio climático bajo vías de concentración representativas (RCP) y selecciona la cuenca del río Yangtze como límite de investigación en un periodo de 2016-2050. Resultados, muestran que se estima que la cantidad de lluvia durante el periodo en estudio aumentará en los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, en el primer escenario las centrales presentan grandes fluctuaciones en la capacidad de generación y en el segundo escenario, se presenta un aumento constante en la cuenca del río Yangtze. Conclusión, el cambio climático puede acelerar los cambios en la cuenca y conducir más aún a la vulnerabilidad de la generación de energía hidroeléctrica.

Para (Hervis Granda, 2020), en “Implementación del modelo WEAP como herramienta de planeación del agua para la producción agrícola, considerando escenarios de cambio climático. Caso de estudio: sistema hidráulico sur centro de la provincia de Pinar del Río”. El objetivo de este trabajo fue calibrar el modelo WEAP, acoplado a un modelo hidrológico, como herramienta para la planeación del agua para la producción agrícola, considerando escenarios de cambio climático, en el sistema hidráulico Sur-Centro de la provincia de Pinar del Río. Método: en su realización se generaron primeramente las bases de datos geoespaciales y alfanuméricas necesarias para el proceso de modelación. Se implementó y calibró un modelo hidrológico para la generación de los escurrimientos medios mensuales de las cuencas analizadas. Se construyó en WEAP, involucrando las fuentes de agua, la infraestructura para el aprovechamiento de los recursos hídricos y los usuarios del agua. Resultado: Los parámetros calibrados en el modelo hidrológico permiten explicar los caudales medios mensuales en los períodos y subcuencas estudiadas en el orden del 83% como promedio y del 78% para el período de validación. Conclusión: El modelo WEAP con los parámetros calibrados es capaz de representar el 95%, 91%, 91% y 95% de la variación de los volúmenes de los embalses Herradura, Bacunagua, Los Palacios y La Juventud, respectivamente, por lo que es posible afirmar que el modelo de la gestión del agua generado es capaz de representar de manera conservadora la relación entre las fuentes de agua, la infraestructura para el aprovechamiento de los recursos hídricos y los usuarios del agua.

Para (Delgadillo Montaña, 2020), en “Análisis comparativo de caudales obtenidos mediante modelación hidrológica (HydroBID, WEAP) aplicando escenario de cambio climático, zona de estudio cuenca Katari y lago menor del Titicaca La Paz-Bolivia”. Objetivo: Evaluar los caudales modelados a nivel mensual, en el periodo 1985-2018, mediante los modelos hidrológicos WEAP e HydroBID y aplicar escenarios a futuro de cambio climático, en la cuenca Katari y lago menor del lago Titicaca, La Paz-Bolivia. Metodología:

Utilizaron herramientas para las delimitaciones de las cuencas, sus mapas de coberturas y tipo de suelo de cada modelo. El periodo de análisis se realizó entre los años 1985-2018 a un paso mensual. También se implementó un escenario de cambio climático obteniendo incrementos y decrementos mensuales en la precipitación y temperatura con un escenario B1 low, mediante un ensamble de 9 modelos de circulación globales. Resultado: en el análisis, el modelo HydroBID subestimó caudales altos respecto al modelo WEAP, produciendo error volumétrico en rango de 5.9% a 32.2%, también se obtuvieron factores de escurrimiento, donde el modelo HydroBID tiene a generar mayores valores respecto al modelo WEAP. Conclusión: Los modelos hidrológicos WEAP e HydroBID obtuvieron desempeños similares, debido que los dos modelos cuentan con transformaciones de lluvia-escorrentía similares, utilizando un retraso de flujo en sus modelos.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Para (Cisneros & Rios, 2021) en “Modelación Hidrológica Para El Pre-Dimensionamiento de la Represa Milloc en la cuenca alta del Río Santa Eulalia – Provincia de Huarochirí - Departamento de Lima”, Tiene por objetivo; Realizar el modelamiento para el pre-dimensionamiento de la represa Milloc, ubicado en Santa Eulalia. Su metodología es de nivel cuantitativo, y es de tipo aplicativo - experimental. Utilizan la recopilación de datos de 5 estaciones de la cuenca, para luego realizar el modelo hidrológico con ayuda del sistema Water Evaluation Analysis and Planification, en el cual pudieron obtener caudales promedios mensuales de la cuenca en estudio ubicado aguas arriba del control Milloc, posteriormente se realizó el cálculo de la capacidad hidrológica utilizando el método de picos secuenciales para obtener el volumen de la Represa y con el Google Earth se realizó la topografía de la zona del vaso y con el ArcGIS obtuvieron curva la curva altura – volumen, para así obtener la altura del pre dimensionamiento de la represa. Resultados: El modelo hidrológico determinó que la altura útil del pre-dimensionamiento de la represa es de 15.49 m, la cresta del dique mide 6.60 m y tiene una base que mide 87.60 m, el conjunto de estos permitirán

tener un almacenamiento de 16.72 MMC. Conclusión: desarrollaron una capacidad hidrológica para 30 años en el periodo de 1988 – 2018, para la represa de Milloc, utilizando un método de los picos secuenciales, la cual ayuda a poder obtener la capacidad del embalse que es de 16.72 MMC.

Para (León, 2018), en “Aplicación del modelo WEAP para determinar el balance hídrico superficial en la cuenca alta del Río Pativilca, Aquia - Bolognesi - Ancash”. Tiene como objetivo el de realizar la aplicación del modelo WEAP para calcular el balance hídrico superficial en la cuenca alta del río Pativilca. Su metodología fue cuantitativa. Tuvo como muestra los centros poblados: Aquia-Bloque de riego Shauya, Rihuina, Undo Tallenga Baden Suyan, Caucho, Iscu Alto, Iscu Bajo, Cachirin. Resultados: El modelo hidrológico pudo determinar los parámetros morfométricos más importantes de la cuenca alta del río Pativilca; donde se observó 10 tipos de cobertura vegetal; además, lograron la obtención de los parámetros para el uso del suelo en la zona de análisis, luego se calibró el modelamiento hidrológico en el sistema WEAP y se determinó 24 principales sitios de demandas de agua en la cuenca. Conclusión: obtuvo el balance hídrico superficial en la cuenca, gracias a la generación de caudales medios obtenidos mensualmente en la cuenca, donde el de valor máximo fue en marzo con un caudal de 13.13 m<sup>3</sup>/s y un caudal mínimo en agosto de 1.58 m<sup>3</sup>/s; donde también se identificó los sectores con demandas no satisfechas en la zona.

Para (Janampa & Quispe, 2021), en” Modelamiento de la operación del reservorio Gallito Ciego para mejorar la gestión de los recursos hídricos”. Su objetivo: desarrollar un modelamiento de la operación en el reservorio Gallito Ciego que pueda tener un volumen útil de almacenamiento de 366.60 MMC, haciendo un análisis para la mejora del uso del agua en el sistema. Metodología: primero se realiza la obtención de datos, el volumen histórico del embalse y el análisis de caudales ya existentes, luego se utiliza el software HEC-ResSim para realizar la operación del embalse, previamente calibrado y configurado. Resultados: según la investigación, debido a que los usuarios del agua están ubicados lejos del embalse y por una falta de reglas

para la operación adecuada, ocurrió el aumento en la sedimentación del depósito y también que haya disminuido la confiabilidad con el paso del tiempo. Produciendo la reducción de la capacidad de almacenamiento en el depósito. Conclusión: Con el análisis se pudo determinar que el reservorio de Gallito Ciego cumple con las reglas para una correcta operación en año húmedo, pero presenta una deficiente operación en el periodo seco y medio. Las reglas actuales cumplen en abastecer más del mínimo permitido por la demanda solicitada para un año húmedo en gran porcentaje.

De acuerdo con (Camarena & Meza, 2020) , en “Evaluación de estrategias de gestión de recursos hídricos para enfrentar futuras situaciones de escasez, utilizando el modelo WEAP en la subcuenca blanco”, de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Objetivo: realizaron una evaluación para poder determinar escenarios futuros frente a una posible escasez de agua en el periodo del año 2034 y 2049. Método: realizaron una comparación entre cuatro escenarios futuros, donde se consideró el estudio de los recursos hídricos para cada distrito ubicado en la subcuenca para periodos secos y húmedos. Resultado: según el análisis, se obtiene que habría un considerable incremento en el consumo del agua en los distritos de la subcuenca en estudio donde se encontrará una situación de estrés hídrico de agua sin tener nuevos sistemas de captación. Conclusión: se concluye que para enfrentar la escasez de agua en el futuro se requerirá la implementación de ME y MNE. De esta manera se podrá generar potenciales ahorros de agua. La instalación de nuevos embalses y canales de conducción, además de las nuevas tecnologías para el ahorro de agua, puede generar potenciales de ahorro de agua del 89% y 35% para 2034, respectivamente, mientras que la adopción de ambas estrategias puede ahorrar el 100%. Escenario similar ocurre para el año 2049, las ME permiten un ahorro del 50% y las MNE permiten un ahorro del 35%, mientras que el uso de ambas cubrirá al 100% la demanda.

Para (Hurtado, 2019) , de la Universidad Ricardo Palma, Objetivo: desarrollar el análisis de la hidrología y disponibilidad hídrica para estimar

las características y requerimientos de una presa de relaves en Pataz – La Libertad. Método: primero se realizó un embalsamiento para luego hacer un análisis en las estaciones pluviométricas y meteorológicas que aportaran los datos para el balance de entrada y salida de agua, posteriormente se realiza el procesamiento de datos para un periodo de 100 años de retorno; estas variables se ingresaron al modelo hidrológico WEAP para obtener los caudales de la cuenca aportante, unos caudales simulados. Resultado: se obtuvo que en todos los meses es positiva la diferencia de volumen de entrada y volumen de salida. Conclusión: que, en todos los escenarios, sea características climáticas, impermeabilización, el balance hídrico es siempre positivo.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Vertientes y disponibilidad de agua**

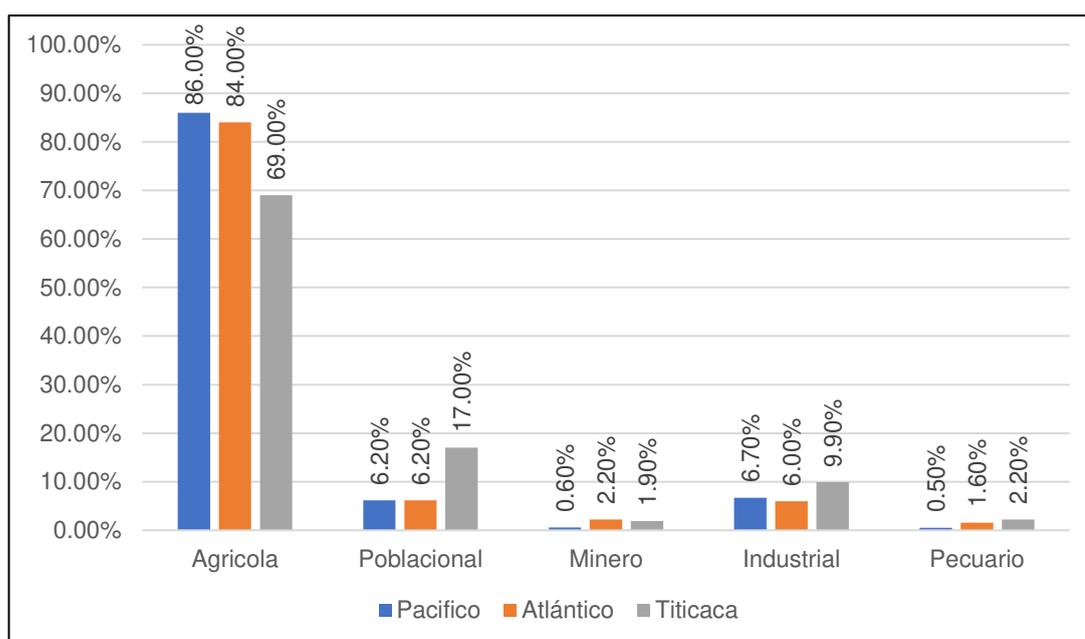
El territorio peruano está compuesto de tres grandes vertientes: la vertiente del Pacífico, del Atlántico y la del Titicaca; el volumen anual promedio de agua superficial que producen estas tres vertientes son de 1768,172 millones de m<sup>3</sup>, donde el 97% se va al Atlántico a través del río Amazonas, y del 3% restante sólo se aprovecha una pequeña parte, debido al régimen estacional de nuestras corrientes de agua.

La vertiente del Pacífico drena las aguas que se producen en el lado occidental de la Cordillera de Los Andes, a través de 53 cuencas hidrográficas, cuyos ríos desembocan directamente en el Océano Pacífico. La superficie de esta vertiente cubre el 22% de la superficie terrestre del país, pero su disponibilidad de recurso hídrico natural es muy baja, debido a que su disponibilidad (37 030 millones de m<sup>3</sup>/ año) es de menos del 2% del volumen de agua dulce del país. Paradójicamente, en esta vertiente, la más seca de las tres, vive más del 60% de la población y se consume el 87% del consumo total del agua del país. De los 16 500 millones de metros cúbicos de agua que se consumen en esta vertiente, la mayor parte de destina a fines agrícola (86%), industrial (6,7%) y poblacional (6,2%).

Por otro lado, la vertiente del Atlántico drena las aguas que se produce en el lado oriental de la Cordillera de los Andes (sierra oriental y Amazonía), a

través de 44 cuencas hidrográficas, cuyos ríos dirigen sus aguas hacia el Océano Atlántico. La superficie de esta vertiente cubre el 74% del territorio peruano, y debido a las abundantes lluvias en la selva alta y baja, esta vertiente dispone de más del 97% del volumen de agua del país (1 998 405 m<sup>3</sup>/año). De los 2 368 millones de m<sup>3</sup> de agua que se consumen en esta vertiente, la mayor parte se destina a fines agrícolas (84%), poblacional (6,2%) y minero (2,2%). Finalmente, la vertiente más pequeña, el Titicaca ocupa solo el 4% del territorio peruano, y aporta el 0,5% del volumen total de agua hacia el complejo hidrográfico del lago Titicaca, a través de 9 cuencas. De los 103 millones de m<sup>3</sup> de agua que se consumen en esta vertiente, y la mayor parte se destina para fines de agrícola (69%), poblacional (17%) y pecuario (2,2%). (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2013). Figura 4.

**Figura. 4**  
Formas del consumo del agua



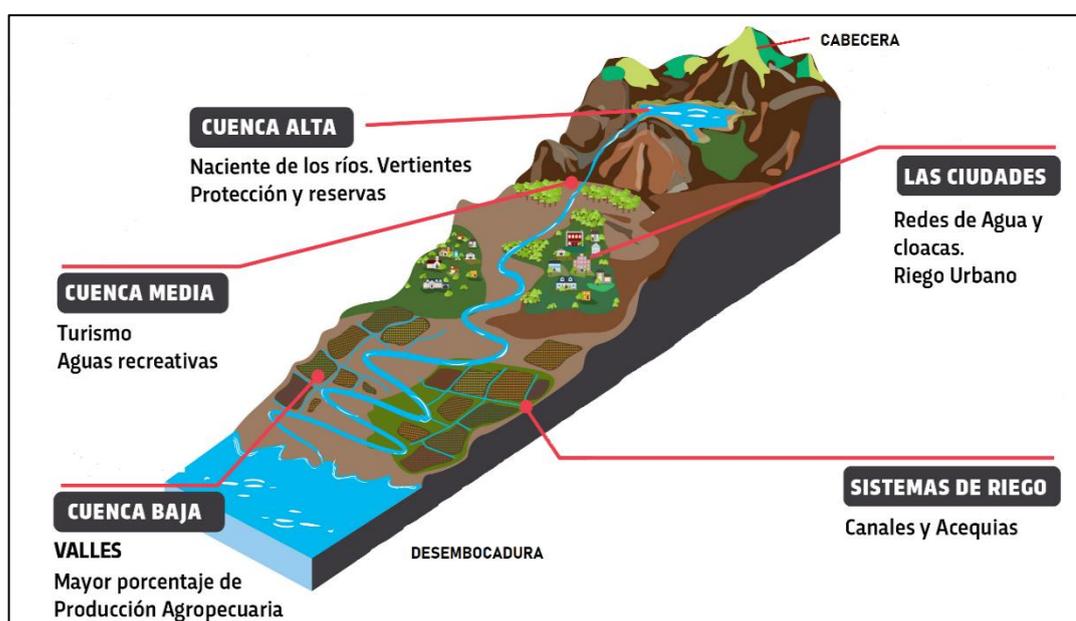
Nota. La figura muestra cifras del consumo del agua en el Perú. Fuente: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2013).

### 2.2.2. Cuencas Hidrográficas

Según (Autoridad Nacional del Agua, 2015), las cuencas hidrográficas es la zona geográfica que va desde las cimas de la montaña hasta su desembocadura y se encuentra delimitada por las aguas de ríos provenientes de las precipitaciones o de los deshielos de las cumbres,

durante su recorrido, los ríos benefician a muchos en el viaje además de dar vida a la flora y fauna de este lugar por sus aguas ya que estas son utilizadas para regar tierras de cultivo a través de canales, y se puede utilizar en diversas áreas de producción y como uso potable para la población. Actualmente existen 159 cuencas hidrográficas en todo el Perú que desembocan en el océano del Pacífico, Atlántico y del lago Titicaca. Como se puede apreciar en la figura 5, la cuenca hidrográfica nace desde la parte más alta de la cima llamado cabecera y desemboca en los ríos.

**Figura. 5**  
*Cuenca Hidrográfica*



Nota. La figura muestra las partes de una cuenca hidrográfica. Elaboración: Propia (2022).

## Partes de una cuenca

La cuenca está dividida en tres partes:

### Cuenca alta

Es el área de nacimiento del río que corresponde a las zonas montañosas o la parte superior de las cumbres, que atraviesa laderas pronunciadas, con altos procesos erosivos (Departamento General de Irrigación, 2016).

### **Cuenca media**

Es la zona media incluyendo el valle de un río, en esta zona hay un equilibrio entre la materia sólida arrastrada por el flujo de agua y la materia sólida depositada, debido a que la pendiente, es menos pronunciada y los procesos erosivos son más suaves, también conocido como canal pequeño donde existen giros y vueltas (Departamento General de Irrigación, 2016).

### **Cuenca baja**

Es la zona baja donde los ríos van perdiendo velocidad, fuerza y depositan todos los materiales arrastrados formando llanuras a lo largo de la cuenca. (Departamento General de Irrigación, 2016).

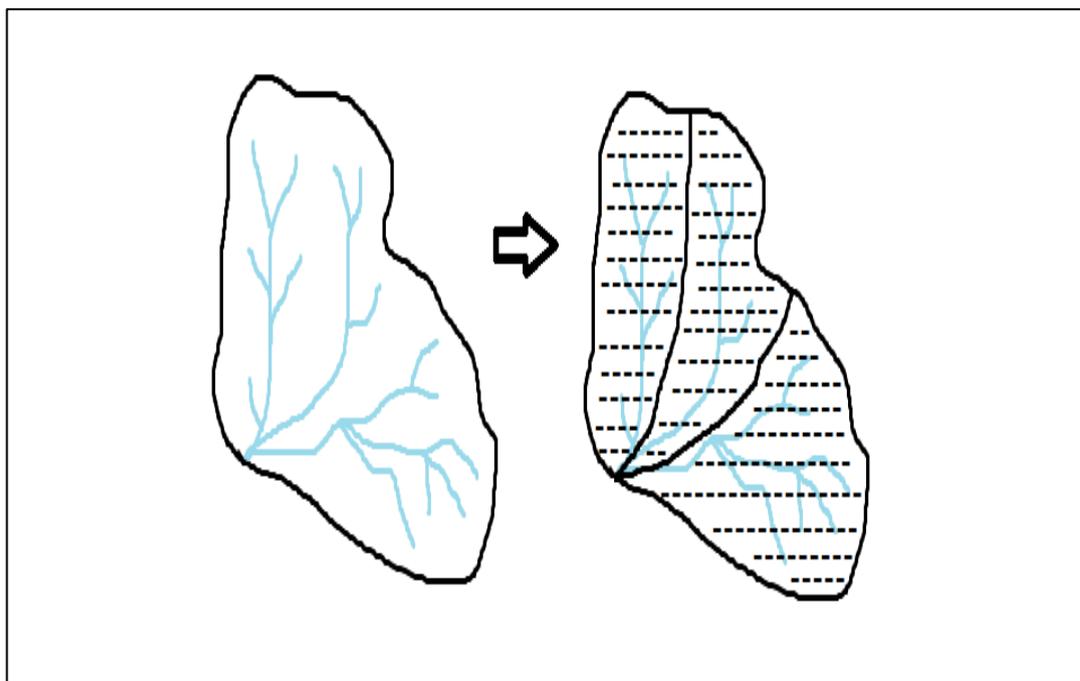
Como se observa en la figura 5, las partes de una cuenca hidrográfica, las cuales están divididas por la parte alta que comprende a las montañas, la parte media a los valles y la parte baja son las tierras planas en donde desembocan al mar.

## **2.2.3. Parámetros Geomorfológicos de una cuenca**

### **a) Área de la cuenca (A).**

El área de la cuenca es la característica geomorfológica más importante para iniciar con el diseño, pues con ello, obtendremos los caudales en la zona de estudio. Se encuentra definida como una proyección en un plano horizontal que se encuentra en el área de drenaje para un sistema de precipitaciones o escorrentías que están dirigidas indirecta o directamente a un mismo cauce natural, esta se encuentra divisoria en su topografía, como se muestra en la figura 6. (Torres & Aragón, 2018)

**Figura. 6**  
*Área de una cuenca*



Nota. La figura muestra el área y las subcuencas que tiene una cuenca. Elaboración: Propia (2022).

En la tabla 1, se muestra la clasificación de cuencas según su área en km<sup>2</sup>. (Camino, 2018)

**Tabla 1**  
*Clasificación del tamaño de las cuencas*

Rangos de áreas (Km <sup>2</sup> )	Clasificación
< 25	Microcuenca
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia - Pequeña
500 a 2500	Intermedia - Grande
2500 a 5000	Grande
> 5000	Muy Grande

Nota. Datos tomados de Camino (2018).

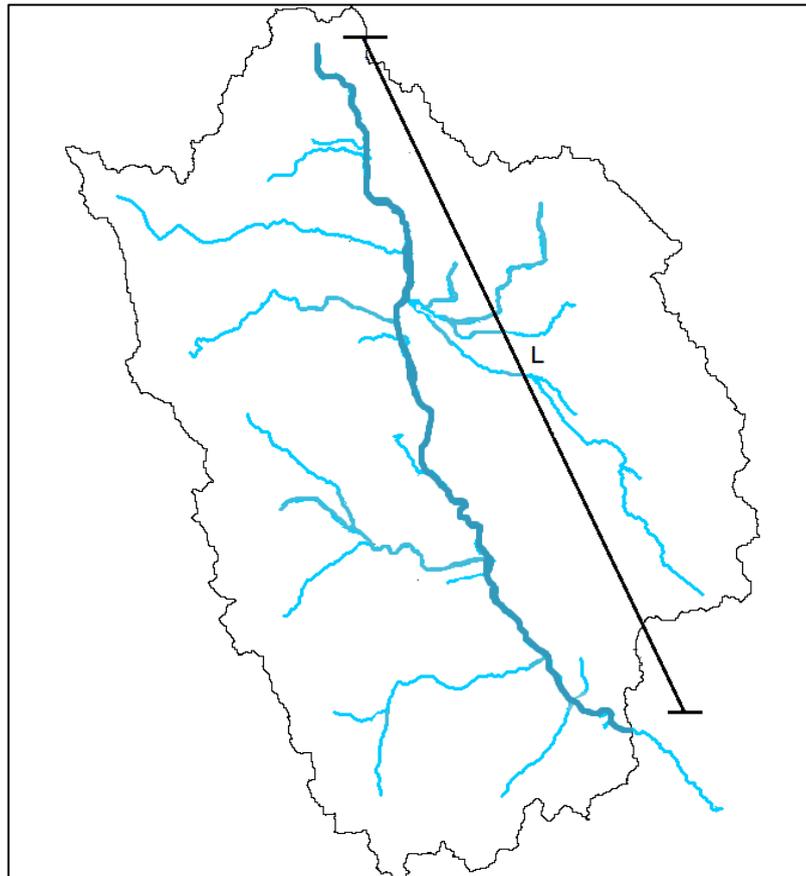
**b) Perímetro (P).**

El perímetro sirve para diferenciar si la cuenca tiene forma alargada o forma redonda; el perímetro tiene relación con la longitud del polígono y ocurre cuando la escorrentía cae dentro del área delimitada y se transporta hacia la salida que es la parte más baja de la cuenca. (Torres & Aragón, 2018)

**c) Longitud del cauce principal (L).**

La longitud L refiere a la distancia horizontal que existe entre el cauce más largo, ya sea un río principal, que se encuentra entre un punto que se ubica aguas abajo y otro punto aguas arriba, donde se tienen curvas del cauce y desniveles o alteraciones; detallado en la figura 7. (Ibáñez, Moreno, & Gisbert, 2011)

**Figura. 7**  
*Longitud y perímetro de una cuenca*



Nota. La figura muestra la longitud y el perímetro de la cuenca.  
Elaboración: Propia (2022).

**d) Formula de la longitud de cuenca en km**

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

Donde:

W: Ancho de la cuenca en Km

A: Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

L: Longitud de la cuenca en Km

**e) Ancho promedio de la cuenca.**

Simbolizado con la letra W, y es la relación entre el área en km<sup>2</sup> y la longitud en km.

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

Donde:

A: Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

L: Longitud de la cuenca en Km

**f) Forma de la cuenca**

- Coeficiente de Compacidad

Según (Villón, 2002), también es llamada índice Gravelius, la cual esta expresada entre el perímetro y al área de la cuenca

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

Donde:

K<sub>c</sub>: Coeficiente de compacidad

P: Perímetro de la cuenca en Km

A: Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

En la tabla 2, se muestra la clasificación del Índice de Compacidad de Gravelius, donde la constante  $K_c = 1$  la cuenca es de forma redonda, por lo general se espera un valor  $> 1$  para cuencas alargadas. (Camino, 2018)

**Tabla 2**

*Clasificación del índice de compacidad de Gravelius*

<b>Kc</b>	<b>Clasificación</b>
1 a 1.25	Casi redonda a oval redonda
1.25 a 1.5	Oval redonda a oval - oblonga
1.5 a 1.75	Oval oblonga a rectangular oblonga
$> 1.75$	Rectangular

Nota. Datos tomados de Camino (2018).

**g) Factor de forma (Ff).**

Según Villon (2002), refiere al alargamiento de una cuenca entre el área y la longitud del cauce principal, como se muestra en la tabla 3, donde se encuentran valores diferentes según la forma de la cuenca.

$$F = \frac{B \times L}{B \times L} = \frac{A}{L \times L}$$

Donde:

A: Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

L: Longitud de la cuenca en Km

En la tabla 3, se muestran los factores que determinarán la forma de la cuenca

**Tabla 3***Rangos aproximados del factor forma*

<b>Factor de forma (Valores aprox.)</b>	<b>Forma de la cuenca</b>
< 0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
> 1.20	Rodeando el desagüe

Nota. Datos tomados de Camino (2018).

#### **h) Sistema de drenajes**

Densidad de Drenaje: Según (López Cárdenas de Llano, 1998), el parámetro es representativo respecto a la topografía de la cuenca en los estudios, indica la capacidad de desalojar el volumen de agua; este está dado por la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca sean regulares o irregulares y la superficie total de la misma.

Se expresa con la siguiente ecuación:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Donde:

Dd: Densidad de drenaje

Lt: Largo total de los cursos de agua en km

A: superficie de la cuenca en km<sup>2</sup>

Se muestran valores referenciales en la tabla:4.

**Tabla 4**

Rangos aproximados de la densidad de drenaje

<b>Densidad de Drenaje (Valores Aproximados)</b>	<b>Clases</b>
0.1 a 1.8	Baja
1.9 a 3.6	Moderada
3.7 a 5.6	Alta

Nota. Datos tomados de IBAL (2009).

### **Extensión media del escurrimiento superficial**

El parámetro indica la distancia media que se debe transportar las aguas de las precipitaciones a un cauce cercano.

Se expresa con la siguiente ecuación:

$$Es = \frac{A}{4 Lt}$$

Donde:

Es: Extensión media de escurrimiento superficial

A: Superficie de la cuenca en km<sup>2</sup>

Lt: Largo total de los cursos de agua en km

### **i) Elevación de los terrenos**

Esta característica influye en el resultado de la pendiente de una cuenca, los parámetros más representativos son los siguientes:

#### **Altitud media de la cuenca (msnm)**

Según (ANA, 2010), indica que este valor a través de un patrón climático de la zona permite representar aspectos climáticos y naturales.

Se expresa con la siguiente ecuación:

$$Hed = \frac{\Sigma(hi \cdot Si)}{A}$$

Donde:

Hmed: Altitud media de la cuenca s msnm

Hi: Altitud media de cada tramo de área contenido entre las curvas de nivel

Si: Área contenida entre las curvas de nivel

A: Área total de la cuenca en km<sup>2</sup>

### **Curva Hipsométrica**

Esta curva es la más representativa e importante de una cuenca en estudio, en el eje de las ordenadas se ubica las elevaciones en msnm y en el eje de las abscisas el porcentaje del área de la cuenca; esto caracteriza al relieve.

### **Polígono de frecuencia de altitudes**

El polígono de frecuencias es un complemento de la curva hipsométrica y ayuda a registrar altitudes más frecuentes.

Se representa en el eje de coordenadas con el porcentaje parcial del área de la cuenca de estudio y en el eje de las abscisas a las altitudes en msnm indicadas dentro del porcentaje.

### **j) Rectángulo equivalente:**

Es la representación geométrica de un rectángulo ideal que simula la cuenca, con el mismo área y perímetro; en este, sus curvas de nivel se convierten en rectas paralelas, teniendo así longitudes mayores y longitudes menores.

La fórmula para determinar sus lados es la siguiente:

$$L, l = \frac{P}{4} + \sqrt{\frac{P^2}{16} - A}$$

Donde:

L, l: lado mayor y menor del rectángulo equivalente en km

P: perímetro de la cuenca en km

A: Área de la cuenca en km<sup>2</sup>

#### **k) Coeficiente de torrencialidad**

Según (Romero Diaz, 1987), indica que el parámetro está dado por la relación entre el número de cauces de agua en orden uno y el área de la cuenca.

Se expresa con la siguiente ecuación:

$$Ct = \frac{N1}{A}$$

Donde:

Ct: Coef. De la torrencialidad

N1: Número de cauces de orden uno

A: Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

#### **l) Coeficiente de masividad**

El parámetro está dado por la relación entre la altitud media de la cuenca, que se obtiene con la curva hipsométrica y el área de esta, teniendo como resultado, si es alto, porque son cumbres altas y bajo si predominan terrenos planos con áreas similares.

Se expresa con la siguiente ecuación:

$$Cm = \frac{Hmed}{A}$$

Donde:

Cm: Coef. De masividad

Hmed: Altitud media de la cuenca en msnm

A: Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

#### **2.2.4. Análisis de Saltos**

Según (Vito- Aliaga Araujo, 1983), define como saltos a las formas que transitan y permiten pasar de un estado a otro, ya sean estas periódicas o no periódicas, presentándose estas como respuestas al continuo desarrollo

de los recursos hídricos en la cuenca o cambios que puedan ocurrir. Se presentan en parámetros como, desviación estándar, la media, entre otros.

Estos saltos construyen una nueva capacidad del flujo en un río, producidos en la media y desviación estándar.

#### **a) Identificación del Salto**

La identificación de salto sirve para detectar un salto y analizar la causa que puede tener, ya sea por errores causados naturalmente o por la intervención de la mano del hombre; esto se obtiene mediante la combinación de criterios detallados a continuación:

#### **Información de campo**

Según (Vito- Aliaga Araujo, 1983) se trata de recolectar datos y con esta información referirlas al mantenimiento de estaciones hidrometeorológicas y su operabilidad; en conclusión, esto justifica la presencia de saltos en los datos.

#### **Análisis de doble masa**

Según, (Vito- Aliaga Araujo, 1983) el análisis de doble masa, es una herramienta conocida y útil para poder detectar inconsistencias en los datos hidrológicos múltiples, de dos o más series.

### **2.2.5. Análisis de Tendencias**

Según (Vito- Aliaga Araujo, 1983), define como tendencia a componentes que tienen cambios sistemáticos y continuos sobre datos de una muestra con información hidrometeorológica que afectan las distribuciones y dependencia de las series.

#### **a) Tendencia en La Media**

Representación: Representada de forma general por el polinomio:

$$T_m = A_m + B_m.t + C_m.t^2 + D_m.t^3 + \dots +$$

Donde:

$T_m$ : representa la tendencia hidrometeorológica corregida por saltos.

$A_m, B_m, C_m, D_m, \dots$  son los coeficientes de los polinomios de regresión.

t: es el tiempo tomado como la variable independiente.

### **b) Tendencia en la Desviación Estándar**

(Vito- Aliaga Araujo, 1983), después de tener corregida la tendencia en la media, se realiza el análisis de desviación estándar.

Representación: La tendencia de desviación estándar se representa como datos semanales o mensuales y puede ser aproximada por la ecuación de regresión polinomial, que se muestra a continuación:

$$T_s = A_s + B_s.t + C_s.t^2 + D_s.t^2 + \dots$$

Donde:

$T_s$ : es la tendencia en la desviación estándar.

t: 1, 2, 3, ..., n

n: número total de años.

$A_s, B_s, \dots$  son los coeficientes de los polinomios de regresión.

### **c) Pruebas "T"**

También conocida como prueba Student, sirve para evaluar uno o dos grupos mediante pruebas de hipótesis, para así analizar si un único grupo difiere de un valor conocido, si dos grupos difieren entre ellos o si hay una diferencia en medidas pareadas.

Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$t = \frac{X - \mu}{s / \sqrt{n}}$$

Donde:

$\mu$  = media de la población

X = media de la distribución de datos

n = tamaño de la muestra

s = error estándar de la muestra

#### d) Pruebas “F”

Es una distribución continua de muestreo de la relación de dos variables aleatorias con distribuciones de chi-cuadrada, cada una dividida entre sus grados de libertad.

La distribución es asimétrica hacia la derecha y es descrita por los grados de libertad de su numerador (N1) y denominador (N2).

Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$F = \frac{N_1 * \frac{S_1^2}{N_1 - 1} * \sigma_1^2}{N_2 * \frac{S_2^2}{N_2 - 1} * \sigma_2^2}$$

Donde:

N<sub>1</sub>: N de datos de la muestra 1

N<sub>2</sub>: N de datos de la muestra 2

S<sub>1</sub><sup>2</sup>: Varianza muestral del grupo 1

S<sub>2</sub><sup>2</sup>: Varianza muestral del grupo 2

σ<sub>1</sub><sup>2</sup>: Varianza del grupo 1

σ<sub>2</sub><sup>2</sup>: Varianza del grupo 2

#### e) Curvas de nivel

Son líneas visibles que se marcan en un mapa conectando ubicaciones horizontalmente con igual valor de condiciones, como: elevación, temperatura, precipitación, presión atmosférica, entre otros. Existen diversos tipos de curvas de nivel, tales como:

Curva de depresión: utilizada para señalar áreas de depresión topográfica.

Curva de pendiente general: su diagrama de curvas representa la inclinación de un terreno.

Curva hipsométrica: utilizado para indicar la proporción de superficie con relación a su altitud.

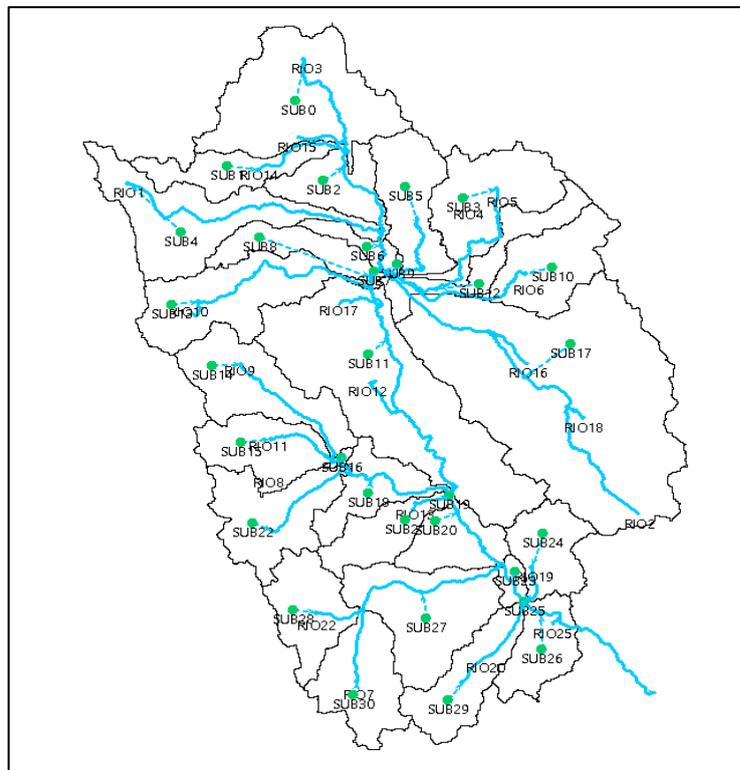
Curva intercalada: es una tercera línea que se incluye cuando la separación de curvas es muy amplia para tener una representación cartográfica clara.

## 2.2.6. Modelo Hidrológico

Según (Chow, Maidment, & Mais, 1994) es una aproximación entrada real del sistema (INPUT) que puede ser: las precipitaciones y las salidas (OUTPUT) son caudales, como se muestra en la Figura 8, los IMPUTs y OUTPUTs son variables hidrológicas se puede medir y organizar, representado por ecuaciones matemáticas conceptualmente, hace modelado de procesos de transporte de agua tiene lugar dentro de una cuenca.

Según (Palomino, 2015) los modelos hidrológicos se agrupan en dos grupos: modelos físicos (son sistemas a escala reducida) y modelos matemáticos (combinaciones matemáticas variable).

**Figura. 8**  
*La cuenca como un sistema hidrológico*



Nota. La figura muestra la cuenca de estudio como un modelo hidrológico. Elaboración: Propia (2022).

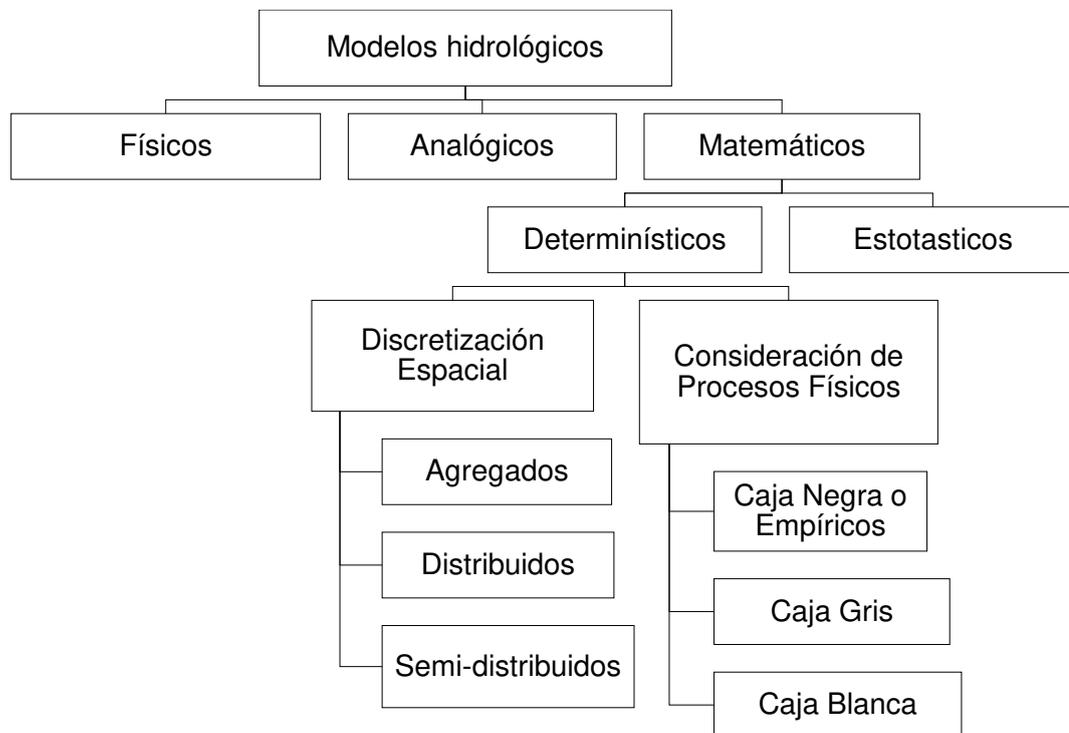
El modelado hidrológico es importante para la evaluación de la gestión recursos hídricos y previsiones de inundaciones y sequías, sin embargo, en el caso de un incidente o el impacto del cambio climático que se necesitan herramientas artificiales más avanzadas.

### 2.2.7. Clasificación de los Modelos Hidrológicos

Según (Gayathi, Ganasri, & Dwarakish, 2015), mencionan que hay 3 tipos que se clasifican según las variables y sus componentes que describen ciclos hidrológicos, que pueden atribuirse a patrones agrupados y distribuidos según su función de parámetro para al espacio y al tiempo, como se muestra en la Figura 9.

**Figura. 9**

*Clasificación de los modelos hidrológicos*



Nota. La figura muestra la clasificación de modelos hidrológicos. Fuente: Devia, Ganasri, & Dwarakish, (2015).

**Modelos físicos:** son representaciones a escala reducida del sistema real, que funciona en un laboratorio bajo ciertas condiciones de modelado, siendo este modelo el más común, ya que se pueden hacer las simulaciones de flujos en obras de canales e hidráulicas. (Fernández, Vela, & Castaño, 1997)

**Modelos analógicos:** Los modelos análogos son un sistema físico con propiedades similares a las de un prototipo, normalmente son utilizados en cálculo de flujo superficial, ya que no se parecen físicamente, pero establecen correspondencias entre ellos. (Fernández, Vela, & Castaño, 1997)

**Modelos matemáticos:** Según (Zapana, 2019), este tipo de modelado representa el comportamiento de un sistema real mediante ecuaciones algebraicas entre sus parámetros, siendo el más usado para la evaluación de recursos hídricos.

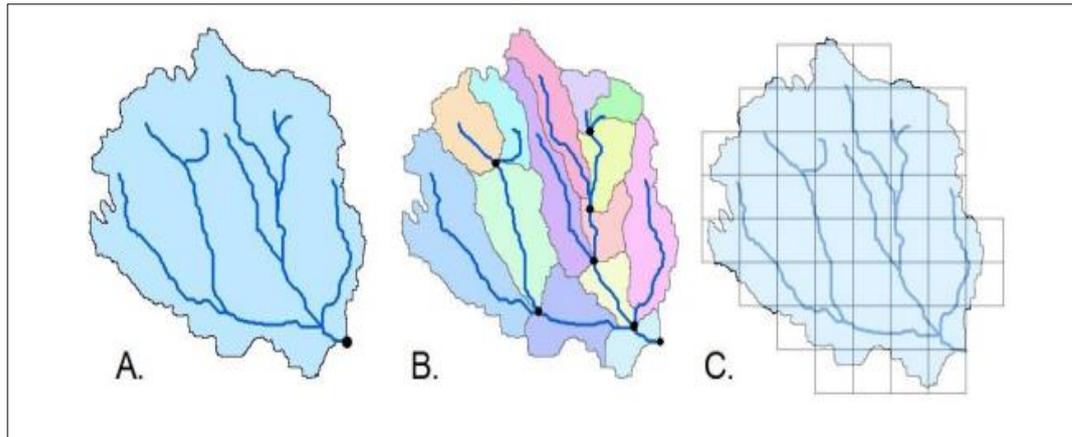
Según (Chow, Maidment, & Mais, 1994), un modelo hidrológico es la representación simplificada de diferentes fenómenos que ocurren en el ciclo hidrológico, como la evaporación, escorrentía, precipitación, entre otros. Este modelo matemático se divide en 2 grupos, determinístico y estocástico.

**Modelo determinístico:** Según (Zapana, 2019), todos los parámetros están determinados por leyes físicas conceptuales, teóricas o empíricas, un ejemplo es la circulación de agua a través de un embalse, la fórmula matemática de los hidrogramas unitarios, etc.

En la hidrología, estos modelos son aceptados para una evaluación de los recursos hídricos, porque reflejan los procesos básicos del ciclo hidrológico, utilizando como datos de entrada como: la precipitación, humedad de suelo, evapotranspiración, etc. (Fernández, Vela, & Castaño, 1997). El modelo determinístico se divide en 3 categorías según su clasificación de discretización espacial, son los siguientes:

**Discretización espacial:** Los modelos pueden ser modelos estructurados agrupados, distribuidos y semi distribuidos que representan espacialmente procesos o parámetros. (Sitterson, y otros, 2017)

**Figura. 10**  
*Estructuración espacial de modelos de escorrentía.*



Nota. La figura muestra la estructuración de modelos de escorrentía. Fuente: Sitterson et.al (2017).

De acuerdo con la figura 10 "A". Es un modelo agrupado, "B" es un modelo semi distribuido por subcuenca y el "C" es un modelo distribuido.

- a) **Modelos agregados o agrupados:** Este modelo simulan la escorrentía total y el flujo de salida dentro de una cuenca hidrográfica, es decir el sistema es promedia espacialmente o como un único punto en el espacio sin dimensión (Chow, Maidment, & Mais, 1994)
- b) **Modelos semidistribuidos:** Según (Rinsema, 2014), estos modelos son variaciones de los modelos agrupados ya mencionados anteriormente, que consisten en una serie de parámetros agrupados espacialmente distribuidos. Los modelos semi distribuidos dividen la cuenca en áreas pequeñas para cada subcuenca, las subcuencas representan las características importantes de la cuenca de captación, combinando las ventajas de los modelos agrupados y distribuidos.
- c) **Modelos distribuidos:** Según (Bouadi, y otros, 2017), los modelos de flujo distribuido (escorrentía) son los más complejos porque presentan heterogeneidad de entradas y parámetros. Los modelos distribuidos separan completamente el proceso del modelo mediante pequeños elementos o celdas de cuadrícula. También están estructurados como un modelo basado en la física, lo que hace más relevantes para el proceso hidrológico real. Los modelos distribuidos espacialmente han influido en las prácticas de gestión al proporcionar datos detallados sobre componentes pequeños.

Cada subelemento tiene una respuesta hidrológica diferente y se calcula por separado, al calcular la esorrentía de cada celda de cuadrícula o red, el modelo proporciona información detallada sobre la esorrentía en diferentes puntos de la cuenca de captación (véase la figura 11). Los modelos distribuidos canalizan la esorrentía calculada de cada celda a la celda o corriente más cercana, en función de las ecuaciones físicas utilizadas para determinar la trayectoria de flujo y los desfases naturales (Rinsema, 2014).

**Modelo estocástico:** Según (Klemes, 1986), es diferente a un modelo determinístico; ya que el modelo determinístico no tiene dependencia en el tiempo en los valores de la serie hidrológica y por lo tanto puede ser controlado por la función de distribución de probabilidad, mientras que en un modelo estocástico si existe dependencia entre cada uno de los valores de la serie hidrológica, que deberá ser representada por un modelo estocástico.

### **2.2.8. Análisis de cuencas hidrográficas mediante ArcGIS**

Según el manual de ArcGIS:

- **Modelo de Elevación Digital:** Un modelo de elevación digital (DEM) es una representación gráfica de un ráster, es decir, son datos se utilizan como entrada para determinar o caracterizar la superficie del suelo. (ArcGIS, s.f)
- **Procesos de Modelado del Terreno:** Es el análisis preliminar del terreno mediante el DEM para procesar los datos del área del terreno, según el Instituto de Investigación de Sistemas Ambientales (ESRI, 2011)
- **Fill Sinks:** Esta es una capa que corrige las imperfecciones y rellena los sumideros en una malla o cuadrícula, al final de este proceso forma otra capa similar a la del DEM que es un color celeste. (ESRI, 2011)
- **Flow Direction:** Es una capa que almacena las diferentes direcciones de los flujos de cualquier punto de una cuenca, su proceso de cálculo es para determinar la dirección de la pendiente máxima de esa celda dando como resultado ocho direcciones de flujo. (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW). (ESRI, 2011)



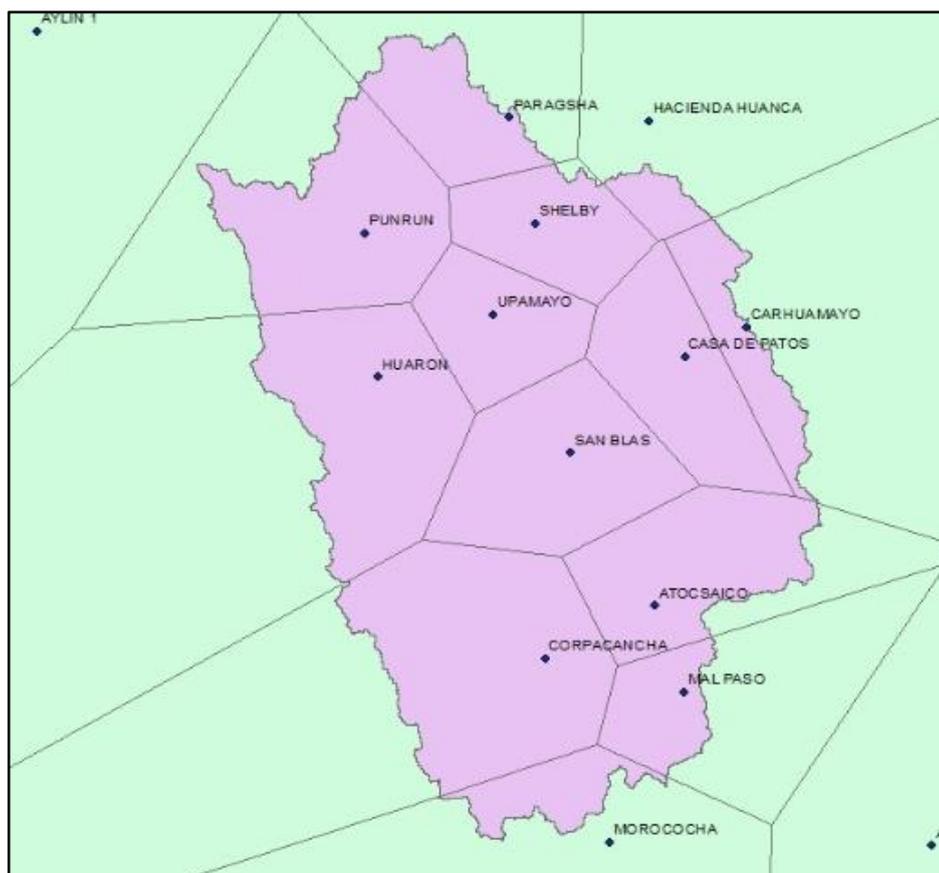
- Catchment Grid Delineation: Esta capa delimita las cuencas en formato ráster en donde los datos de entrada es el Flow direction y el Stream Segmentation donde se agrupa los puntos de cada flujo. (ESRI, 2011)
- Catchment Polygon Processing: Esta capa es una capa vectorial que se origina a través de la delimitación de las cuencas hidrográficas en formato ráster. (ESRI, 2011)
- Drainage Line Processing: Esta capa shape que se origina a través de un formato ráster, cuya entrada es el stream segmentation y el Flow direction, que forma el punto de drenaje desde la cuenca a partir de aguas abajo hasta llegar aguas arriba de una cuenca a partir del valor máximo de acumulación de flujo. (ESRI, 2011).

### **2.2.9. Método de Polígono Thiessen**

Según (Lobo, 2017), se utiliza cuando los datos de precipitación no son de uniformes dentro del área de estudio, y se trazan líneas perpendiculares entre las estaciones cercanas, las cuales se interceptarán y formaran un área cerrada en donde se asume que toda el área encerrada tiene una precipitación de la misma cantidad que la de la estación.

Una vez obtenido el área cerrada de cada estación se sacan los pesos en relación con cada uno de ellos, como se muestra en la figura 12.

**Figura. 12**  
*Método del Polígono de Thiessen*



Nota. La figura muestra el polígono de Thiessen en la cuenca. Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

### **2.2.10. Problemática del agua en el Perú**

La mayoría de las personas viven en ciudades donde se necesita más agua de la que proporciona la geografía. En contextos nacionales, la legislación y las instituciones establecidas para regular y gestionar el uso del agua son débiles y frágiles. Esta situación se puede diagnosticar como una "crisis de gestión del agua" (Guevara, 2008)

### **2.2.11. Gestión integrada del agua**

(Dourojeanni, Jouravlev, & Chavez, 2002); concluyó que la gestión integrada del agua puede entenderse como cinco diferentes formas de integración:

La integración de los intereses de los diversos usos y usuarios de agua y la sociedad en su conjunto, con el objetivo de reducir los conflictos entre los

que dependen de este recurso y los que compiten por este escaso y vulnerable recurso.

La integración de todos los aspectos del agua que tengan influencia en sus usos y usuarios (cantidad, calidad y tiempo de ocurrencia) y de la gestión de la oferta con la gestión de la demanda.

La integración de los diferentes componentes del agua o de las diferentes fases del ciclo hidrológico (por ejemplo, la integración entre la gestión de aguas superficiales y subterráneas).

La integración de la gestión del agua y de la gestión de la tierra y otros recursos naturales y ecosistemas relacionados.

La integración de la gestión del agua en el desarrollo económico, social y ambiental.

**Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338** (Autoridad Nacional del Agua, 2009)

## **TITULO PRELIMINAR**

### **Artículo I.-Contenido**

Esta Ley regula el uso, manejo y gestión de los recursos hídricos. Que incluye aguas superficiales, subterráneas, continentales y los bienes asociados a la misma. Se comprende que se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable.

### **Artículo II.- Finalidad**

Esta Ley tiene por objetivo regular el uso, manejo y gestión general del agua, la conducta del Estado y de los manejos en dicha gestión, así como en los bienes asociados a esta.

### **Artículo III.- Principios**

Los principios que rigen el uso, manejo y gestión integral de los recursos hídricos son:

- a) Principio de evaluación y de gestión integrada de los recursos hídricos.  
El agua tiene valor social y cultural, valor económico y valor ambiental, por lo que su aprovechamiento debe basarse en una gestión integrada y lograr un equilibrio entre estos.

El agua es parte integral de los ecosistemas y es renovable a través del ciclo hidrológico.

- b) Principio de prioridad de la captación del agua, la captación de agua para la satisfacción de las necesidades humanas primarias es prioritario por ser un derecho fundamental de cualquier uso, inclusive en épocas de escasez de agua.
- c) Principio de participación en la cultura de la población con respecto al agua, el estado establece mecanismos de participación ciudadana y de los usuarios en la toma de decisiones que afectan el agua en términos de la calidad, cantidad, oportunidad u otro atributo del recurso.

Promueve el fortalecimiento institucional y el desarrollo técnico de las organizaciones de usuarios de agua. Promueve programas de educación, comunicación y concientización sobre la importancia del agua, a través de las autoridades del sistema educativo y la sociedad civil, sobre la importancia del agua.

## **TÍTULO V PROTECCIÓN DEL AGUA**

### **Artículo 85º.- Certificación de aprovechamiento eficiente**

- a) Certificado de eficiencia es la herramienta utilizada mediante el cual la Autoridad Nacional certifica el uso eficiente de los recursos hídricos por parte de los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica.
- b) La Autoridad Nacional otorga “certificados de eficiencia” a los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica, que cumplan con los parámetros de eficiencia.
- c) La Autoridad Nacional otorga “certificados de creatividad, innovación e implementación de eficiencia hídrica” a los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica que diseñen, desarrollen o implementen equipos, procedimientos o tecnologías para mejorar la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos hídricos, así como la conservación y protección de bienes naturales y el mantenimiento adecuado y oportuno de la infraestructura hidráulica.

### **Artículo 86º.- Incentivos institucionales**

Para promover el uso eficiente y la conservación de los recursos hídricos, la Autoridad Nacional puede organizar concursos de mejores prácticas, realizar pasantías, otorgar premios, difundir experiencias exitosas y promover el uso de equipos y tecnologías innovadoras. Pueden ser los beneficiarios de los incentivos mencionados en el primer párrafo mencionado, los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica, que cuenten con uno de los certificados señalados en el artículo 85º.

El Reglamento establece los requisitos, procedimientos y criterios aplicables a los incentivos.

### **Artículo 89º.- Prevención ante efectos de cambio climático**

La Autoridad Nacional, en coordinación con las Autoridades Ambientales, deben desarrollar estrategias y planes para prevenir y adaptarse a los impactos del cambio climático y su impacto sobre el volumen de agua y cambio climático de orden local, regional y nacional.

Asimismo, ante este fenómeno se realiza el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico, glaciares, lagunas y flujo hídrico.

## **PLANIFICACIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA**

### **Artículo 97º.- Objetivo de la planificación de la gestión del agua**

La planificación de la gestión de los recursos hídricos tiene como objetivo equilibrar y coordinar la oferta y demanda de los recursos hídricos, resguardando su cantidad y calidad, promoviendo su utilización eficiente y contribuyendo con el desarrollo local, regional y nacional.

### **Artículo 100º.- Plan Nacional de los Recursos Hídricos**

El Plan Nacional de los Recursos Hídricos contiene el planeamiento de proyectos y actividades identificando sus costos, fuentes de financiamiento, criterios de recuperación de inversiones, entidades responsables y demás información relevante a la política nacional de gestión de los recursos hídricos.

El Plan Nacional de Gestión y manejo de los Recursos Hídricos es aprobado por decreto supremo a propuesta del Consejo Directivo de la Autoridad Nacional.

### **Artículo 101º.- Plan de adecuación para el aprovechamiento eficiente de recursos hídricos**

Los usuarios y operadores de infraestructura hídrica que no cumplan los parámetros de eficiencia establecidos por la Autoridad Nacional deberán presentar en un plazo no mayor a 5 años, una propuesta de plan de adecuación para el uso eficiente de recursos hídricos para reducir sus consumos anuales hasta cumplir con los parámetros de eficiencia.

El plan de adecuación debe contener, como mínimo, las metas anuales para reducir las pérdidas de agua y los procesos implementados para lograr dichas metas. Así como también los parámetros de eficiencia, financiamiento o cofinanciamiento.

Los costos que se desarrollen a favor de la elaboración y ejecución del plan de adecuación para el uso eficiente de los recursos hídricos son responsabilidad de los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica.

La Autoridad Nacional competente aprueba y supervisa la ejecución de los planes de adecuación para el uso eficiente de recursos hídricos de conformidad con lo dispuesto en la normativa y sanciona su incumplimiento de la normativa, teniendo en cuenta las normas establecidas por el Ministerio del Ambiente en materia de su competencia.

## **TÍTULO VIII INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA**

### **Artículo 103º.- Reserva de recursos hídricos**

La reserva de recursos hídricos es un derecho especial e intransferible, otorgado por resolución de la Autoridad Nacional para el desarrollo de proyectos, que reserva un determinado volumen de agua para su uso de consumo o no consumo, en el marco del plan de gestión de recursos hídricos de la cuenca.

Se otorga por separado durante la etapa de elaboración de estudios y ejecución del proyecto y no se autoriza el uso del agua. La solicitud de prórroga puede otorgarse por causas debidamente justificadas.

Los requisitos para solicitar la reserva de agua están especificados en el Reglamento y deben incluir la capacidades técnicas y financieras del solicitante.

Este derecho podrá ser revocado por el incumplimiento injustificado del plan de elaboración de estudios y ejecución del proyecto de investigación y por lo dispuesto en el Título IV de la Ley, en lo que corresponda.

#### **Artículo 104º.- Aprobación de obras de infraestructura hidráulica**

La Autoridad Nacional, en acuerdo con el Consejo de Cuencas, aprueban la ejecución de obras de infraestructura pública o privada en los cauces y cuerpos de agua naturales y artificiales, y en los correspondientes en los bienes hídricos. Para grandes proyectos hidráulicos y de transferencia entre cuencas, la Autoridad Nacional aprueba su ejecución. La aprobación está sujeta a la presentación de la certificación ambiental de la autoridad competente, según corresponda.

#### **Artículo 105º.- Participación del sector privado en la infraestructura hidráulica**

El Estado promueve la participación del sector privado en la construcción y mejora de la infraestructura hídrica, así como en la prestación de los servicios de operación y mantenimiento.

El estado implementa proyectos de infraestructura hídrica en las tierras de comunidades campesinas e indígenas, y establece mecanismos para permitir que los campesinos y las comunidades indígenas compartan los beneficios una vez que opere el proyecto.

#### **Artículo 106º.- Seguridad de la infraestructura hidráulica mayor**

Con respecto a la seguridad de las principales infraestructuras hídricas, La Autoridad Nacional son responsables de las siguientes funciones:

- a) Coordina con el Consejo de Cuenca los planes de medida y atención de desastres de la infraestructura hidráulica;
- b) Procesa, controla y monitorea la aplicación de las normas de seguridad para grandes presas públicas y privadas; y
- c) Procesa y controla la aplicación de las normas de seguridad para otros componentes del sistema hidráulico público.

## **Artículo 107º.- Derechos de uso de agua de las comunidades campesinas y comunidades nativas**

Según el artículo 64 de la ley, los proyectos de infraestructura hidráulica no deben afectar los derechos inherentes de los agricultores y las comunidades indígenas al uso del agua. Utilizado correctamente y apreciado.

### **2.2.12. Centrales Hidroeléctricas**

La energía hidroeléctrica es electricidad generada aprovechando la energía del agua en movimiento. Este tipo de energía lleva años explotándose.

Una central hidroeléctrica clásica es un sistema que consiste en tres partes: una central eléctrica en la que se produce la electricidad; una presa que puede abrirse y cerrarse para controlar el paso del agua; y un depósito en que se puede almacenar agua. La cantidad de electricidad que se puede generar depende de hasta dónde llega el agua y de la cantidad de ésta que se mueve a través del sistema. La electricidad puede transportarse mediante cables eléctricos de gran longitud hasta casas, fábricas y negocios.

Sin embargo, la construcción de presas en los ríos puede destruir o afectar a la flora y la fauna y otros recursos naturales, también pueden provocar la disminución de los niveles de oxígeno disuelto en el agua, lo que resulta dañino para los hábitats fluviales. (National Geographic, 2013).

Es importante tener en cuenta que la energía hidroeléctrica requiere mucha más agua que la mayoría de las otras fuentes de energía, 17 litros por KWh, comparado con 1,9 para el carbón y 2,6 para la energía nuclear (pero 360 para la biomasa) – pero las plantas hidroeléctricas también devuelven el agua al sistema después de generar la energía. Los formuladores de políticas necesitan buenos marcos de análisis para entender estas ventajas y desventajas y tomar decisiones informadas. (Escobar , Flores Lopez, & Clark, 2011)

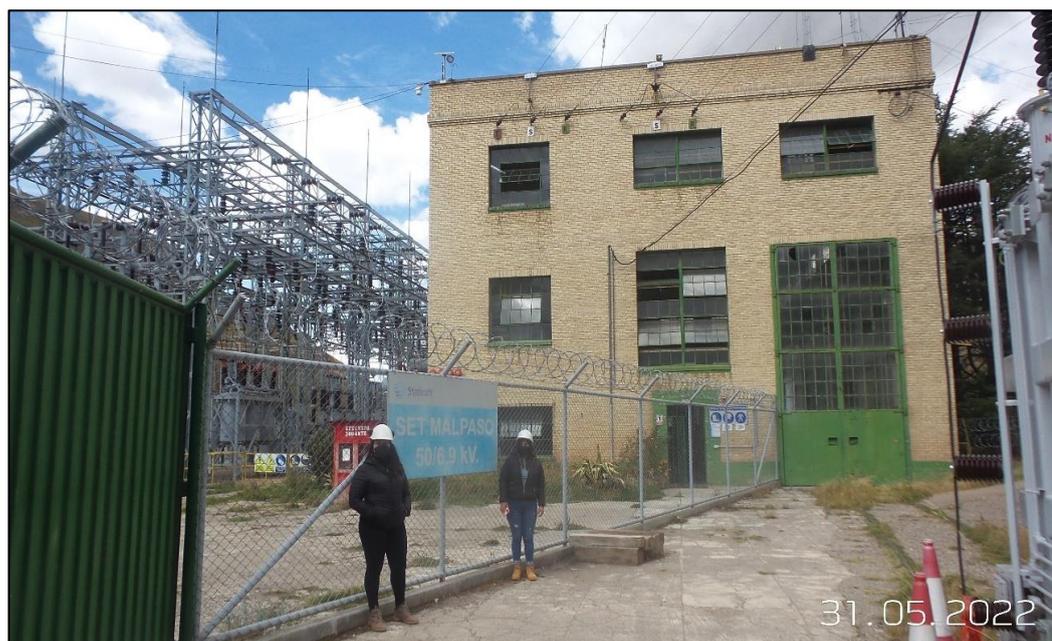
## Central Hidroeléctrica Malpaso

La central hidroeléctrica Malpaso se encuentra ubicada en el distrito de Paccha, en la región Junín, se terminó de construir en 1936 e inicio su funcionamiento desde 1937 y produce aproximadamente 240 GWh de electricidad al año, suficiente para abastecer a unos 170.000 hogares, utiliza parte del agua del río Mantaro para generar energía eléctrica. Debido a la proximidad de la planta al embalse de Malpaso, que almacena el agua extraída del río Mantaro, la planta tiene la capacidad de aumentar o disminuir rápidamente la generación de energía eléctrica en función de la demanda.

Como se puede apreciar en la figura 13, la central hidroeléctrica Malpaso opera de forma remota desde el centro de despacho de Statkraft Perú en Lima, ya que esta planta es automatizada desde hace más de 10 años. (Statkraft, s.f)

### Figura. 13

Central Hidroeléctrica (31-05-2022)

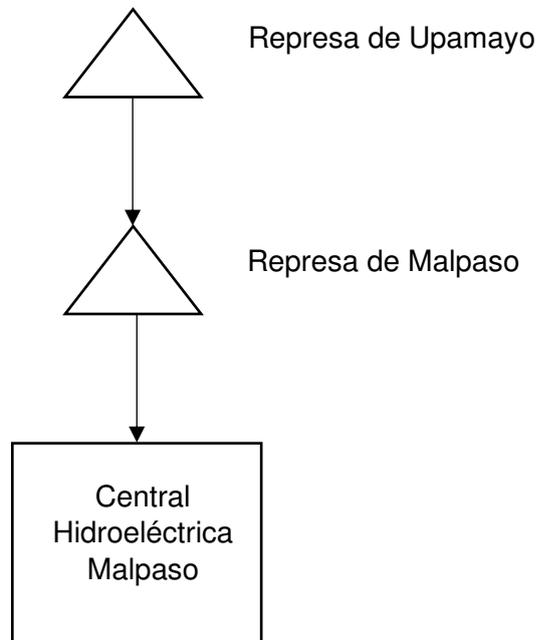


Nota. La figura muestra la central hidroeléctrica Malpaso, ubicada en la región Junín.  
Elaboración: Propia (2022).

Esta central es alimentada dos represas, la primera es Upamayo que sirve de almacenamiento, se carga cuando es temporada lluvias y de descarga en temporadas de estiaje durante todo el año asegurando el caudal y la segunda represa es Malpaso, esta se encuentra cerca de la central

hidroeléctrica y sirve para generar carga que va hacia a la central hidroeléctrica directamente, como se muestra en la figura 14.

**Figura. 14**  
*Sistema de la Central Hidroeléctrica Malpaso*



Nota. La figura muestra el sistema de central hidroeléctrica Malpaso.  
Elaboración: Propia (2022).

**Figura. 15**  
*Represa Malpaso (31-05-22)*



Nota. La figura muestra la represa Malpaso. Elaboración: Propia (2022).

**Figura. 16**  
*Represa de Upamayo (31-05-22)*



Nota. La figura muestra la represa Malpaso. Elaboración: Propia (2022).

### **2.2.13. Planificación hidroeléctrica en un clima variado**

Dado el enorme potencial sin explotar, la energía hidroeléctrica se considera la mejor manera de satisfacer la creciente demanda de energía en gran parte de América Latina (excepto en el Caribe). La generación de electricidad se ha quintuplicado, desde 1970 pero, muchas instalaciones hidroeléctricas importantes en la región fueron diseñadas teniendo como base patrones climáticos que están cambiando, por consecuencia esto reduce la confiabilidad de la producción hidroeléctrica y aumenta la vulnerabilidad del sistema de suministro de energía.

En el Cono Sur y en el Grupo Andino, las centrales hidroeléctricas convencionales ya son vulnerables a las precipitaciones anómalas debido a los fenómenos climáticos El Niño y La Niña. Ahora el retroceso de los glaciares ha comenzado a afectar la generación de energía hidroeléctrica en las regiones de La Paz, Bolivia, y Lima, Perú. La prevista desaparición de los glaciares también podría afectar la generación de energía hidroeléctrica en Colombia. Por otro lado, en Ecuador, algunos lugares muestran un aumento de las precipitaciones lo que podría ampliar el potencial de la generación de energía hidroeléctrica.

La infraestructura hidroeléctrica debe planificarse dentro de la incertidumbre provocada por las tendencias climáticas, en lugar de planificarse y diseñarse estáticamente. Es posible que los planes deban incluir disposiciones para operaciones específicas basadas en el clima y de la necesidad del agua, así como una infraestructura flexible. Las plantas de almacenamiento por bombeo y los pequeños sistemas hidroeléctricos podrán ser opciones para superar el cambio climático.

Es importante tener en cuenta que la energía hidroeléctrica requiere más agua que la mayoría de las otras fuentes de energía, 17 litros por KWh, en comparación con 1,9 para el carbón y 2,6 para la energía nuclear (pero 360 para la biomasa) – pero las plantas hidroeléctricas también devuelven el agua al sistema después de generar la energía eléctrica. No obstante, los cambios en la energía hidroeléctrica debido a los cambios en los volúmenes de agua significan que la planificación de la energía debe incluir arreglos para obtener electricidad de diversas fuentes durante ciertos períodos. Los formuladores de políticas necesitan un marco analítico sólido para comprender estas ventajas y desventajas y tomar decisiones informadas. (Escobar , Flores Lopez, & Clark, 2011).

### **El valor del agua para la generación de energía**

El valor del agua para la generación de energía plantea un reto básico para el sector eléctrico. Se analiza el valor del agua en tres planos básicos: el económico, el medioambiental y el de la gestión de los recursos hídricos. (De la Orden Gómez, Pérez Zabaleta, & López, 2006)

### **Valor para la gestión de los recursos hídricos**

La generación de energía eléctrica a partir del agua a menudo requiere la construcción de obras de reglamentarias que tiene un valor significativo en la gestión de los recursos hídricos, pero que no siempre se consideran adecuadamente.

En primer lugar, se debe de recordar que las represas utilizadas para la producción de energía eléctrica tienen la función de regular los recursos hídricos en un área determinada, y, en este sentido, deben estar vinculadas a la disponibilidad de agua, factor clave en la sociedad y lo económico. Esto

es especialmente cierto en lugares consideradas como áridas o semi-áridas entre ello, el abastecimiento de agua es crucial no sólo para el abastecimiento urbano, sino también para el desarrollo de la agricultura, de la industria y cada vez más, de nuevas actividades económicas y recreativas.

Por otra parte, cabe señalar que la energía hidroeléctrica regulada, es decir, la hidroeléctrica dotada por embalses, como se ha mencionado, constituye no sólo una herramienta para combatir el cambio climático, sino también es un medio de defensa frente a los mismos.

En efecto, esto quedó claro en el Informe de 1995 del IPPC (Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático de Naciones Unidas) que afirmaba que el cambio climático conduciría a un aumento de la irregularidad hidrológica, y “la construcción de nueva capacidad de embalse para capturar y almacenar los 25 caudales en exceso producidos por patrones alternados de deshielo y borrascas”.

Otro beneficio visible de los embalses hidroeléctricos es el papel que cumplen en la laminación de avenidas y en efecto en la evitación de inundaciones, lo que supone un servicio a la sociedad que evitaría importantes pérdidas económicas y sociales y, lo que es más crucial, pérdidas humanas.

Por último, debe tenerse presente la función importante que puede jugar el uso del agua para la generación de energía en la viabilidad de proyectos hidráulicos para propósitos múltiples y en acrecentar el valor del uso de los recursos hídricos aptos.

#### **2.2.14. Metodología WEAP**

**Descripción de WEAP:** Fue creado en 1988 por el Instituto de Medio Ambiente de Estocolmo o en inglés Stockholm Environment Institute (SEI), es un instituto independiente de investigación y política sin fines de lucro que se especializa en temas de desarrollo sostenible y protección del medio ambiente, apoyando la toma de decisiones soluciones e impulsar el cambio hacia el desarrollo sostenible en todo el mundo proporcionar ideas que conectan la ciencia y la política en el campo medio ambiente y desarrollo a

través de la evaluación de la sostenibilidad modelos de demanda actual, suministro de agua y exploración escenarios alternativos a largo plazo, (Instituto de Medio Ambiente de Estocolmo., 2021).

En la figura 17, se muestra las sedes del SEI, que a medida que va pasando el tiempo se va expandiendo, hay siete centros en el mundo los cuales los conforma: El Reino Unido, Estados Unidos, Tailandia, Kenia, Estonia y Colombia desde el 2018 y la sede principal se encuentra en Suecia.

**Figura. 17**

*Sedes del SEI*



Nota. La figura muestra las sedes donde se implementó el uso del software WEAP Fuente: Instituto de Medio Ambiente de Estocolmo (2021)

En la tabla 5, se muestra las sedes del Instituto de Medio Ambiente de Estocolmo a nivel internacional, con relación a la figura 17.

**Tabla 5***Relación de las sedes SEI*

---

Estados Unidos	SEI US
	SEI Oxford
Reino Unido	SEI York
Suecia	SEI Headquarters
Estonia	SEI Tallin
Tailandia	SEI Asia
Kenia	SEI África
Colombia	SEI Latín América

---

Nota. Datos tomados del Instituto de Medio Ambiente de Estocolmo (2021).

El software WEAP (Water Evaluation And Planning System) es sistema que ayuda a realizar la modelación y planificación, para una correcta distribución de agua; esta puede ser aplicada a diferentes escalas, ya sea desde pequeñas zonas de captación hasta zonas de extensas cuencas.

El sistema WEAP apoya la planificación de recursos hídricos balanceando la oferta de agua, que es generada por unos módulos de tipo hidrológicos a escala de subcuenca; con la demanda de agua por un sistema de distribución característica de variabilidad espacial y temporal con diferencias en las prioridades de la oferta y demanda.

A diferencia de otros modelos de recursos hídricos típicos basados en modelación hidrológica externa, WEAP es un software de modelación forzado por variables climáticas. Por otra parte, y de manera similar a estos modelos de recursos hídricos, WEAP incluye rutinas diseñadas para distribuir el agua entre diferentes tipos de usuarios desde una perspectiva humana y ecosistémica. (Suministros Energéticos Integrales, 2009)

## Elementos del modelo WEAP

La figura 18, muestra una lista de elementos del WEAP que se puede adjuntar al modelado mediante el método de arrastrar y soltar símbolos a incluir en el espacio de trabajo.

**Figura. 18**

*Elementos del modelo WEAP*

Elementos de suministro		Catchment	Área en la que se especifican procesos como precipitación, escorrentía, irrigación y los desempeños de los suelos agrícolas y no agrícolas.
		Groundwater	Elementos de aguas subterráneas que pueden tener infiltraciones de origen natural o a través de transmisiones, infiltración de las cuencas y capacidad de almacenamiento.
		Other Supply	Correspondencia a cantidades de agua disponibles, y son elementos que no tiene capacidad de almacenamiento.
Elementos de demanda		Demand Site	Correspondencia a los usuarios de recurso, como ciudades, industrias o distritos de riego.
		Reservoir	Representan embalses presentes en el río.
		Flow requeriment	Definen los caudales ecológicos necesarios en cierta posición del río.
		Run of river hydropower	Se usan para representar las estaciones de generación hidroeléctrica basadas en diferentes caudales, pero una constante hidráulica.
Elementos de transmisión		River	Representación principal de los cuerpos de agua como ríos o quebradas.
		Diversión	Derivaciones de los ríos a canales o tuberías.
		Runoff	Representan la escorrentía infiltración de las cuencas a los ríos, embalses o elementos de aguas subterráneas
		Trabsmission links	Se usan para representar la transmisión de caudales de aguas superficiales (embalses o ríos), aguas subterráneas u otros suministros.
		Return Flow links	Representan caudales de retorno luego de ser empleados por los sitios de demanda.
Elementos de aguas		Waterwater treatment plants	Representan las plantas de tratamiento que reciben aguas de sitios de demanda y remueven los contaminantes en las proporciones definidas para devolver agua a los ríos.
Elementos de calibración		Stream Flow gauges	Representan sitios de medición de caudal.

Nota. La figura muestras los elementos del modelo WEAP. Fuente: Guía Metodológica WEAP (2009)

## Proceso de aplicación de un modelo en el software WEAP

El desarrollo de modelo en el software WEAP normalmente incluye las siguientes fases (Suministros Energéticos Integrales, 2009):

**Definición del estudio:** En esta etapa se determinan los plazos, las limitaciones espaciales, los componentes del sistema y la configuración del problema.

**Búsqueda de información:** En esta fase, los datos se recopilan de acuerdo con el tipo de estudio definido. Esta fase puede ser iterativa, y generalmente se realiza en dos partes: una fase de recopilación de datos generales, y una fase de recopilación de datos específicos una vez se ha creado el modelo y se han identificado las necesidades adicionales de información.

Desarrollo del modelo: En esta fase se construye el esquema, se realiza el ingreso de datos y se realizan corridas iniciales de modelo para observar su comportamiento inicial y para eliminar posibles inconsistencias y errores.

Calibración: En esta fase tiene como objetivo lograr un conjunto de parámetros hidrológicos y operaciones las cuales nos permitan obtener una representación de caudales y de operación de obras de infraestructura que se le parezca los datos históricos de la forma más cercana posible.

Uso del modelo, creación de escenarios: Una vez que el modelo se encuentre calibrado, se pueden analizar los impactos que tendría un conjunto de supuestos alternativos sobre las políticas futuras, costos, y clima, así como la demanda, oferta del agua, hidrología y contaminación.

### Datos requeridos para la modelación con WEAP

En la tabla 6, se muestra un formato de referencia, pero no es un requerimiento, la cual se clasifican mediante el grado de prioridad siendo (1=Muy importante, 2=Relevante), (Guia metodológica WEAP, 2009).

**Tabla 6**

*Datos requeridos para la modelación*

<b>Datos requeridos para alimentar el modelo y durante el proceso de calibración</b>	<b>Prioridad</b>	<b>Formato Preferido</b>	<b>Notas</b>
<b>Datos de Entrada- Demandas</b>			
<b>Uso del suelo</b>			
- DEM (Modelo de elevación digital)	1	Gis	
-Cobertura de Vegetación	1	Gis	
-Tipo de suelo	2	Gis	
-Geología	2	Gis	
-Áreas de agricultura	1	Gis, Excel, texto o csv	Estos datos son necesarios para caracterizar la cuenca
-Tecnología de irrigación	2	Gis, Excel, texto o csv	
<b>Clima</b>			

-Precipitación (series de datos históricos promedios mensuales en cada año del periodo de modelación)	1	Gis, Excel, texto o csv	Estos datos son necesarios para alimentar el modelo con condiciones climáticas.
-Temperatura (series de datos históricos promedios mensuales en cada año del periodo de modelación)	1	Gis, Excel, texto o csv	
-Temperatura (series de datos históricos promedios mensuales en cada año del periodo de modelación)	1	Gis, Excel, texto o csv	
-Viento (promedios mensuales del periodo de modelación)	1	Gis, Excel, texto o csv	
-Cobertura de nubes	2	Excel, texto o csv o capas de Gis para extraer datos	Precipitación y Temperatura deben ser promedios de cada paso de tiempo dentro del periodo de modelación mientras que la humedad relativa y viento pueden ser un promedio aproximado.
-Latitud	1	Excel, texto o csv o capas de Gis para extraer datos	

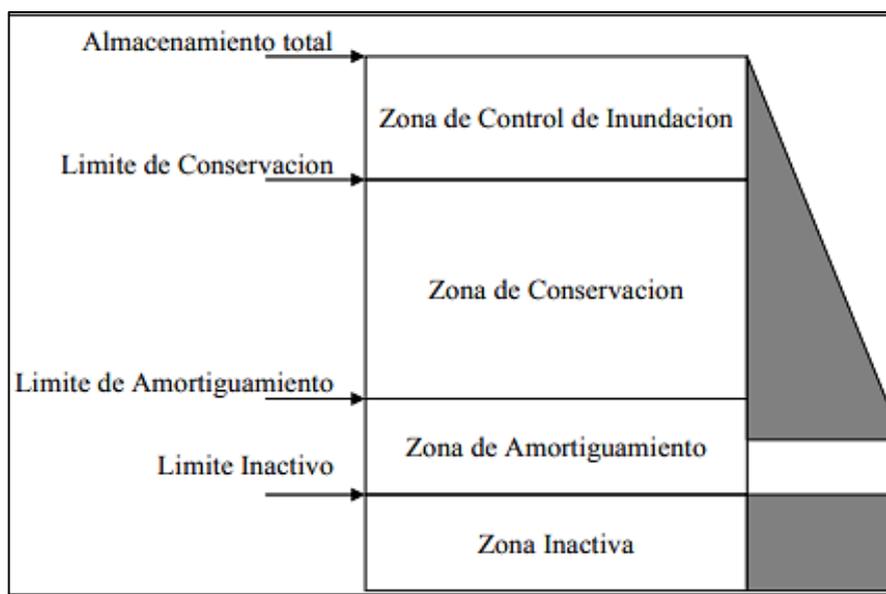
Nota. Datos tomados de la Guía Metodológica WEAP (2009)

### Operación de reservorios

Según Córdova (2016), el embalse se divide en 4 regiones, las cuales son como se muestra en la Figura 19, en zonas de amortiguamiento y áreas protegidas que determinan la disponibilidad de agua en el sistema informático WEAP, indican que el área de control de inundaciones ha alcanzado la descarga para regular el nivel de agua de protección en presas, su uso posterior y generación de energía.

**Figura. 19**

*Modelación del embalse WEAP*



Nota. La figura muestra la modelación de embalse WEAP. Fuente: Guía Metodológica WEAP (2009).

### **Aspectos de responsabilidad social y medio ambiente**

El Desarrollo Humano Sostenible (DHS) considera el desarrollo integral de las personas en los ámbitos sociales, económicos y ambientales, busca el crecimiento en las comunidades incorporando a todos los actores, factores y circunstancias de su entorno.

Es un proceso ético y sostenible que no debe afectar a otros, incluyendo a las fuentes de recursos naturales o al medio ambiente, tiene como principio y fin el respeto a todas las formas de vida. El desarrollo sostenible requiere estándares articulados constructivamente abordar el desarrollo de abajo hacia arriba a través de iniciativas de base.

Debiendo considerar tanto los aspectos locales como los globales y la forma en que se relacionan entre sí. Finalmente, necesita expandir el alcance espacial y temporal para acomodarse a las necesidades de equidad intrageneracional, así como intergeneracional.

Existen dos tendencias principales, frente al desarrollo, por un lado, aquellos que solo se preocupan por la sostenibilidad de los sistemas socioeconómicos y sociales, y por otro lado, aquellos que prefieren solo la

sostenibilidad de la naturaleza. La primera se llama estabilidad muy pobre y la segunda se llama estabilidad muy fuerte. Estas dos tendencias muestran dos extremos: primero, el desarrollo es puramente económico y la naturaleza es considerada como un recurso; segundo, reemplaza el componente humano, poniendo el sistema ecológico por encima de todo.

El Desarrollo humano sostenible puede ser un enfoque que combine estas dos tendencias. A diferencia del del sistema neoliberal, donde el mercado se autorregula o la mano invisible del mercado (Espinoza, 2013), el desarrollo humano sustentable incluye como individuo al ser humano, sistemas ecológicos y al medio ambiente en el cual se desarrolla. La tendencia continua en el mundo occidental y globalizado define el desarrollo como la capacidad de todos para acceder a las materias primas y alcanzar un mayor “estatus quo”, independientemente del proceso que haya requerido este “ascenso” económico. Esta definición unidireccional de desarrollo sostenible establece que el desarrollo económico por sí solo es sinónimo de prosperidad como determinante de los aspectos sociales, culturales y ambientales. Para asegurar el desarrollo sostenible de la humanidad de las personas al planeta, el desarrollo económico debe estar entrelazado en una red de relaciones en cuanto a los aspectos sociales, culturales, ambientales y tecnológicos, intercalados con ejes horizontales como la ética y la tecnología, sirven para mejorar la calidad. y la vida colectiva. Este proyecto de investigación se inspira en estos lares y pretende contribuir al desarrollo de nuestro país.

### **2.3. Definición de términos básicos**

#### **Modelamiento Hidrológico**

La modelación hidrológica es una herramienta fundamental en la gestión sostenible de cuencas tanto urbanas como rurales (una cuenca es un territorio cuyas aguas afluyen todas a un mismo río, lago o mar). Por lo general, la modelación hidrológica involucra la identificación de subcuencas o unidades de respuesta hidrológica. Esto se hace con la ayuda de los sistemas de información geográfica. Típicamente, las fases del ciclo hidrológico (esto es, precipitación, infiltración, escorrentía y aguas subterráneas), se caracterizan para cada una de estas unidades y con ello

se generan los datos de entrada de modelos dinámicos de simulación. Éstos se utilizan para simular la respuesta de los procesos hidrológicos a cambios en las condiciones ambientales, por ejemplo, el incremento de la precipitación y la escorrentía, junto con la disminución de la infiltración a causa del crecimiento urbano. Los resultados típicamente se utilizan en la planeación y manejo de las obras hidráulicas, así como en el diseño de protocolos de protección civil. (Inter American Institute for Global Change Reserch, 2022).

### **Caudal**

Es la cantidad de agua que transcurre en una cuenca de drenaje o río. Estos caudales se expresan en volúmenes por unidad de tiempo, generalmente en metros cúbicos por segundo, y son variables en tiempo y en el espacio. Esta evolución se puede representar en hidrogramas de crecidas. (Enciclopedia, 2009)

### **Caudal de Diseño**

Es la suma de los caudales máximo horario;  $QMD = Q + Qi + Qc + Qins$ . Para determinar el Caudal de diseño como tal, es necesario calcular también los caudales que producen las conexiones erradas, la infiltración y el caudal máximo horario (QMH). (Arevalo, 2014)

### **Caudal Máximo Turbinable**

Es una de las dos características más importantes para una Central Hidroeléctrica, junto con la Potencia; el caudal Turbinable es el caudal que se requiere en una central, para hacer funcionarla debidamente.

### **Precipitaciones**

La precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el agua se condensa y cae de la solución (es decir, precipita). El aire se satura a través de dos procesos: por enfriamiento y añadiendo humedad. La precipitación que alcanza la superficie de la tierra puede producirse en muchas formas diferentes, como lluvia, lluvia congelada, llovizna, nieve, aguanieve y granizo. (Ciclo Hidrologico.com, 2016)

### **Periodo de Estiaje**

Este periodo se puede definir como el periodo donde las precipitaciones son mínimas o escasas por ende el caudal también se reduce. En nuestro proyecto tenemos comprendido como periodo de estiaje los meses desde mayo hasta octubre.

### **Represa**

La represa o presa consta de una barrera sólida, que se construye sobre un río, o canal para embalsar el agua en su cauce. Luego esta agua embalsada puede llevarse a canalizaciones de riego o aprovecharse para la producción de energía mecánica o eléctrica. (Real Academia Española, s.f)

### **Potencia**

Es la cantidad de trabajo que se realiza por un periodo de tiempo, que es función del desnivel existente entre el nivel medio del embalse y el nivel medio de las aguas debajo de la central hidroeléctrica, y del caudal máximo turbinable, además de las características de la turbina y del generador; se expresa con el símbolo 'P' y se suele medir en vatios o watts (w).

### **Eficiencia Energética**

La Eficiencia Energética implica optimizar el de la energía, ya que significa ahorrar sin perder en calidad de vida o en calidad de producción.

### **Curvas de Nivel**

Las curvas de nivel son líneas que se encuentran en referencia a una superficie que generalmente es el nivel del mar, estas líneas se unen en puntos por encima o por debajo de la altitud; tienen el propósito de reflejar el relieve de un terreno. Éste es uno de los muchos métodos que existen para reflejar un mapa de forma bidimensional a uno tridimensional. (Hudiel, 2008).

### **Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI**

Es una entidad especializada del Estado Peruano que proporciona información sobre el pronóstico del tiempo actualizado, así como asesora y brinda estudios científicos en las áreas de hidrología, meteorología, agrometeorología y asuntos ambientales.

## **Autoridad Nacional del Agua (ANA)**

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) es la entidad rectora y de máxima autoridad normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos. Es una organización especializada creado por Decreto Legislativo N° 997 y adscrito al Ministerio de Agricultura y Riego.

## **Planificación Hidrológica**

Sirve fundamentalmente para gestionar los recursos hídricos la cual se debe implantar formando un vínculo con datos fiables, entre la situación real y un futuro ordenado, donde haya un buen aprovechamiento de recursos hídricos, esto para garantizar las necesidades en los ecosistemas fluviales.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis Generales**

**HG:** La planificación hidrológica incide en la optimización de la operación regulada de energía eléctrica de la central Hidroeléctrica Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

**H1:** EL análisis del modelo de elevación digital incide para la obtención de los parámetros geomorfológicos de la cuenca Mantaro en Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín.

**H2:** EL análisis estadístico de las precipitaciones totales mensuales incide para la obtención de las precipitaciones totales mensuales consistentes de cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso ubicado en La oroya, Región Junín.

**H3:** EL modelo hidrológico WEAP incide para la determinación de los caudales promedios mensuales en cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso ubicado en La oroya, Región Junín.

**H4:** EL modelo de gestión WEAP incide para la determinación de la operación regulada de la central hidroeléctrica de Malpaso ubicado en La oroya, Región Junín.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Diseño Metodológico**

##### **3.1.1. Enfoque de la Investigación**

El enfoque es Cuantitativo, debido a que nuestras variables empleadas serán medidas en un laboratorio de cómputo, respecto al modelamiento hidrológico- gestión WEAP.

##### **3.1.2. Tipo de Investigación**

La orientación de la presente investigación es aplicada, porque se busca resolver un problema como la recarga y descarga de los represamientos en los periodos de lluvia y estiaje respectivamente, y posteriormente realizar la evaluación del modelamiento hidrológico de la central hidroeléctrica Malpaso- La oroya Región, Junín.

##### **3.3.2. Nivel de Investigación**

El nivel es de tipo Experimental - Aplicativo, puesto que se creará un modelo en WEAP ya que se busca resolver un problema que tiene una central hidroeléctrica, evaluando la intervención de los parámetros físicos del modelo para evaluar el proceso resultados e impactos que se originan.

##### **3.1.4. Diseño de la Investigación**

Experimental, porque se va a establecer un modelo matemático hidrológico y de gestión que va a permitir experimentar simulaciones con diferentes alternativas.

Longitudinal, porque se va a hacer un análisis en un horizonte de tiempo, en intervalos mensuales.

Retrospectivo, porque se va a hacer referencia al pasado

##### **3.1.5. Método de la Investigación**

El método empleado es Experimental, porque se obtendrá datos a través de la experimentación y la comparación de variables constantes, a fin de determinar las causas y / o efectos de los fenómenos en estudio.

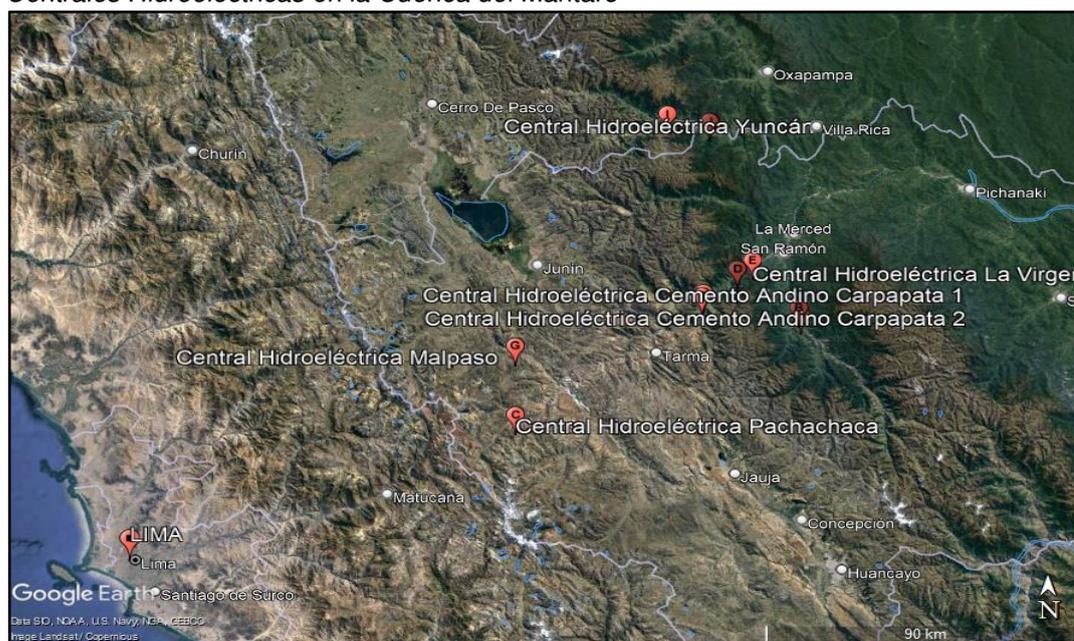
## 3.2. Población y Muestra

### 3.2.1. Población

Como se observa en la figura 20, se puede ver la sección que describe la totalidad de elementos que son objeto de la investigación; la población está conformada por las Centrales Hidroeléctricas de la cuenca del Mantaro.

**Figura. 20**

*Centrales Hidroeléctricas en la Cuenca del Mantaro*



Nota. La figura muestra las centrales hidroeléctricas que se encuentran dentro de la cuenca del Mantaro. Fuente: Google Earth (2022)

### 3.2.2. Muestra

La muestra es la subdelimitación del área de trabajo que está conformada por la Central Hidroeléctrica Malpaso como se muestra en la figura 21, ubicada en el distrito de Paccha, región de Junín a 3870 m.s.n.m.

**Figura. 21**

*Central hidroeléctrica Malpaso*



Nota. La figura muestra la central hidroeléctrica Malpaso. Elaboración: Propia (2022).

### **3.3. Definición de variables**

#### **Variable independiente**

Planeación Hidrológica: Es un plan donde se utiliza la información de las precipitaciones, para ser usadas mediante el WEAP que sirve como una herramienta de pronóstico a la hora de tomar decisiones, este simula la demanda de agua, el suministro, la escorrentía, el almacenamiento, descarga y calidad del agua.

Se deben considerar también como indicadores:

- Curvas de nivel
- Pruebas T y Prueba F
- $Q = f(P, \text{área})$
- $V_{\text{fin}} = f(V_{\text{ini}} + Q_{\text{ing}} - Q_{\text{reg}})$

#### **Variable dependiente**

Optimización de la operación regulada de energía eléctrica de la central hidroeléctrica Malpaso: Se busca lograr una adecuada y optima gestión del agua, mediante el balance entre la oferta y demanda del recurso hídrico en la cuenca del río Mantaro.

Se deben considerar también como indicadores:

- Área, perímetro, kc
- Precipitación
- Caudales
- Volúmenes y caudales regulados

### **3.3.1. Definición conceptual**

#### **Variable independiente**

Planeación Hidrológica: Según la ley N° 29338 de Recursos Hídricos del ANA es una solución en la Gestión, uso y regulación de los recursos hídricos para optimizar la operación regulada de la energía eléctrica.

#### **Variable dependiente**

Optimización de la operación regulada de energía eléctrica de la central hidroeléctrica Malpaso: Se refiere a la mejora de la permanente y regular de la energía eléctrica durante todo el año, sin ningún inconveniente por los cambios de estaciones.

### **3.3.2. Definición operacional**

#### **Variable independiente**

Planeación Hidrológica: Será medido y analizado a través de las precipitaciones mensuales y variaciones de caudal durante un año.

#### **Variable dependiente**

Optimización de la operación regulada de energía eléctrica de la central hidroeléctrica Malpaso: La modelación hidrológica a través del software WEAP plantea una optimización operativa de la central hidroeléctrica Malpaso.

### **3.4. Operacionalización de variables**

Como se puede apreciar la tabla 7, nos muestra la operacionalidad de las variables dependientes e independientes, así como sus definiciones, dimensiones e indicadores.

**Tabla 7**  
Operacionalización de variables

Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Según la ley N° 29338 de Recursos Hídricos del ANA es una solución en la Gestión, uso y regulación de los recursos hídricos para optimizar la operación regulada de la energía el eléctrica.	Será medido a través de las precipitaciones mensuales y variaciones de caudal durante un año.	Análisis del modelo de elevación digital	Curvas de nivel
		Análisis estadístico de las precipitaciones totales mensuales	Pruebas T y prueba F
		Modelo hidrológico WEAP	$Q = f(P, \text{área})$
		Modelo de gestión WEAP	$V_{fin} = f(V_{ini} + Q_{ing} - Q_{reg})$
Se refiere a la mejora de la permanente y regular de la energía eléctrica durante todo el año, sin ningún inconveniente por los cambios de estaciones.	La optimización será modelada a través del software WEAP mediante la simulación de propuesta.	Obtención de los parámetros geomorfológicos de la cuenca Mantaro en Malpaso	Área, perímetro, Kc
		Obtención de las precipitaciones totales mensuales consistentes de cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso	Precipitación con saltos y tendencias
		Determinación de los caudales promedios mensuales en cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso	Caudales
		Determinación de la operación regulada de la central hidroeléctrica de Malpaso	volúmenes, caudales regulados

Nota. Datos elaborados por las autoras (2022).

### 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.5.1. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se utilizó en este presente trabajo de investigación fueron los siguientes:

- Modelo digital de elevaciones (DEM) – HEC HMS
- Bases de datos del ANA y SENAMHI
- Hoja de cálculo Excel (Tablas)
- Cuestionario

#### 3.5.2. Tecnicas de recolección de datos

##### Revisión bibliográfica

Se recopiló información de diversos repositorios de distintas universidades, de las cuales son 5 internacionales y 5 nacionales, así como también se recolecto información de distintos artículos, revistas y libros referente al tema de investigación.

## **Encuestas**

Se realizaron un aproximado de diez encuestas a expertos en ingeniería hidráulica e ingenieros agrícolas para obtener información relevante y así poder determinar la importancia, objetivos, aportes y la problemática de este trabajo de investigación.

## **Ley hidrográfica del Perú**

Para esta investigación, se tomó en cuenta la presente ley 29338 de recursos hídricos la cual regula el uso y gestiona los recursos hídricos del Perú.

## **Diagrama de Ishikawa**

Se realizó el diagrama para determinar los factores de la problemática en nuestra zona de estudio, así como también la relación de causa y efecto entre ellas.

## **La Autoridad Nacional del agua y Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú**

Se realizó la recolección de datos de precipitaciones en la página oficial del ANA, y de la página del SENAMHI se recolectó datos de, temperatura, Evaporación, vientos, entre otros como se puede apreciar en la figura 23.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos**

#### **3.6.1. Instrumentos de procesamiento de datos**

Los instrumentos que se utilizó en este presente trabajo de investigación fueron los siguientes:

- Modelo digital de elevaciones (DEM) – HEC HMS
- Bases de datos del ANA y SENAMHI
- ArcGis
- Modelo hidrológico WEAP
- Hoja de cálculo Excel
- Google Earth

#### **3.6.2. Técnicas de procesamiento de datos**

Para procesar y organizar la información de datos pluviométricos (precipitaciones), que se obtuvieron mediante el visor de estaciones del ANA.

Para el desarrollo de la planeación hidrológica de la hidroeléctrica Malpaso, se utilizaron los siguientes programas como se muestra en la figura 22.

- Modelo digital de elevaciones (DEM) – HEC HMS
- Excel, para el proceso de información
- ArcGis, para la delimitación de la cuenta Mantaro.
- WEAP, para determinar los caudales y la capacidad hidrológica de la zona de estudio.
- Google Earth, para determinar la ubicación de la zona de estudio.

**Figura. 22**  
*Herramientas de procesamientos de datos.*



Nota. La figura muestra las herramientas de procesamiento de datos. Fuente: Google (2022)

**Figura. 23**  
*Fuentes de recopilación de datos*



Nota. La figura muestra las fuentes de recopilación de datos. Fuente: Google (2022).

## CAPÍTULO IV

### DESARROLLO

#### 4.1. Generalidades

##### 4.1.1. Ubicación Geográfica

Para este proyecto de investigación el área de estudio se encuentra hidrográficamente ubicado en la cuenca Mantaro, provincia de Yauli, departamento de Junín, como se precia en la figura 23.

Latitud sur: 11°36'35.40"S

Latitud Oeste: 76°24'21.70"W

##### 4.1.2. Ubicación Política

Departamento: Junín

Provincia: Yauli

Distrito: Paccha

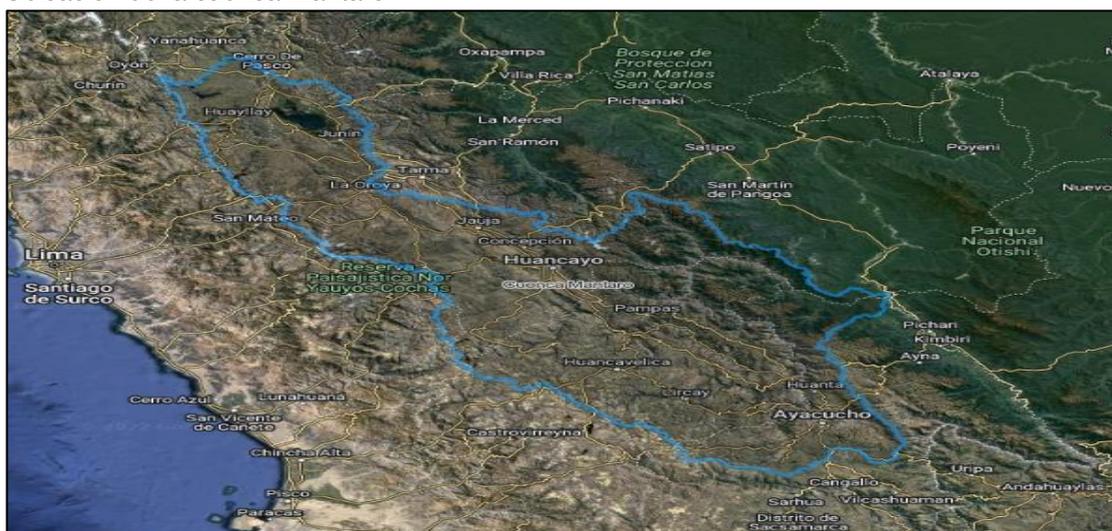
##### 4.1.3. Ubicación

Vertiente: Pacífico

Cuenca: Mantaro

#### Figura. 24

*Ubicación de la cuenca Mantaro*



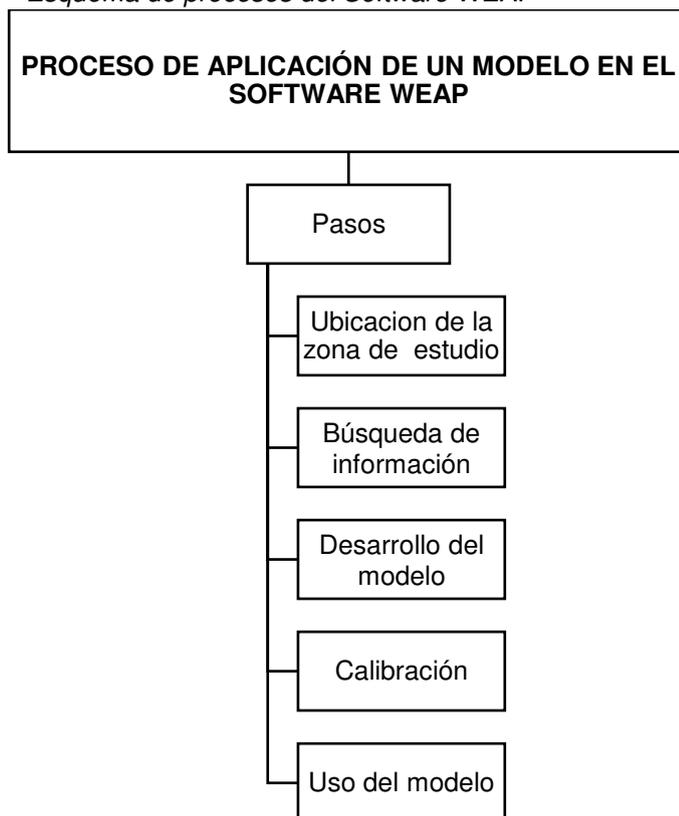
Nota. La figura muestra la ubicación de la cuenca del Mantaro. Fuente: Google Earth (2022).

#### 4.1.4. Informaciones Hidrometeorológicas

La información para utilizar en este trabajo de investigación son las precipitaciones de las estaciones: Atocsaico, Carhuamayo, Casa De Patos, Corpacancha, Hacienda Huanca, Malpaso, Morococha, Paragsha, Huarón, Punrun, San Blas, Shelby, Upamayo, en el periodo de 1965 – 2021.

#### 4.2. Esquema de procesos del software WEAP

**Figura. 25**  
*Esquema de procesos del Software WEAP*



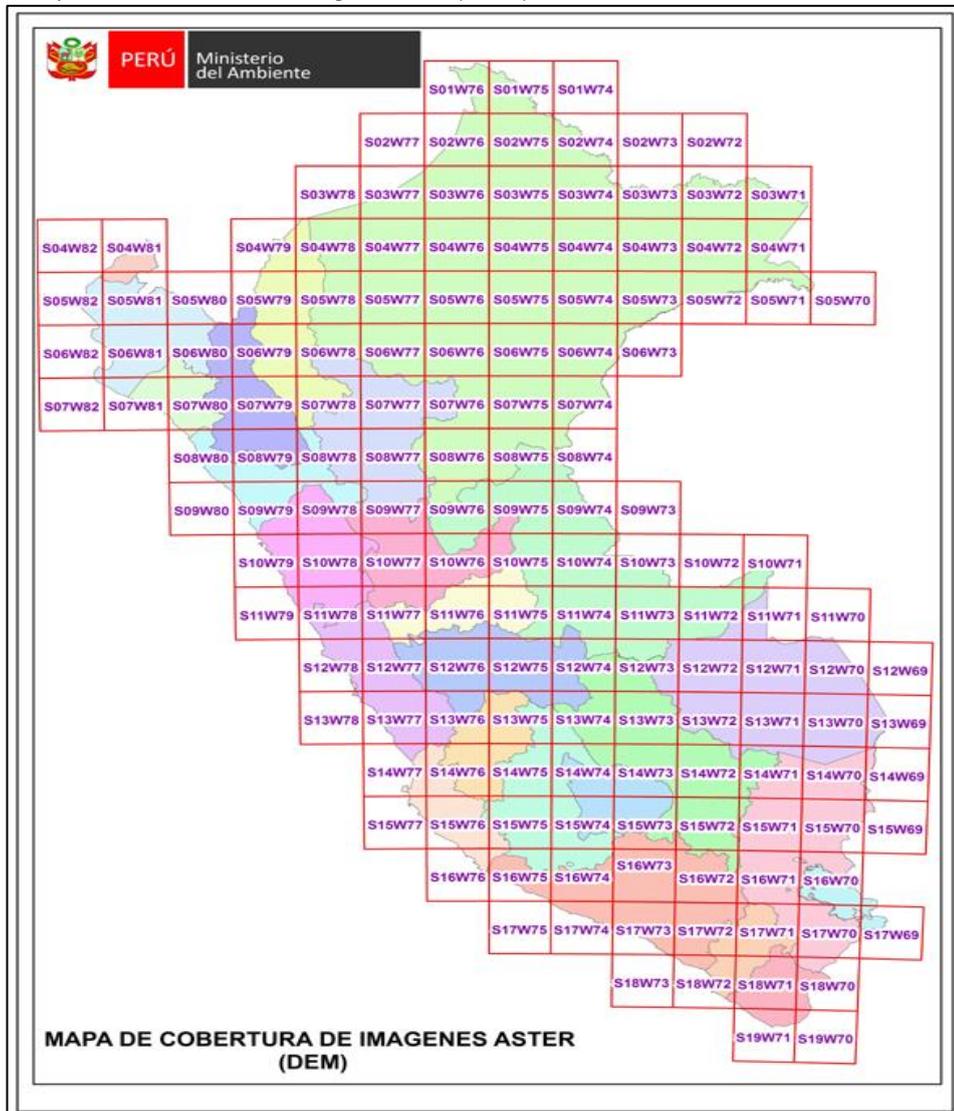
Nota. La figura muestra el proceso de aplicación de un modelo en el software WEAP. Elaboración: Propia (2022).

#### 4.3. Modelo de Elevación Digital

Se realizó la delimitación de la cuenca Alta del río Santa Eulalia utilizando el software ArcGIS con la herramienta de modelación Arc Hydro Tools con los siguientes pasos:

1) Se descarga el modelo de elevación digital (DEM) o ráster por medio del Geo servidor que nos brinda el Ministerio de Ambiente (MINAM) para iniciar con la delimitación de la zona de estudio, zona S12W77, como se puede apreciar en la figura 26.

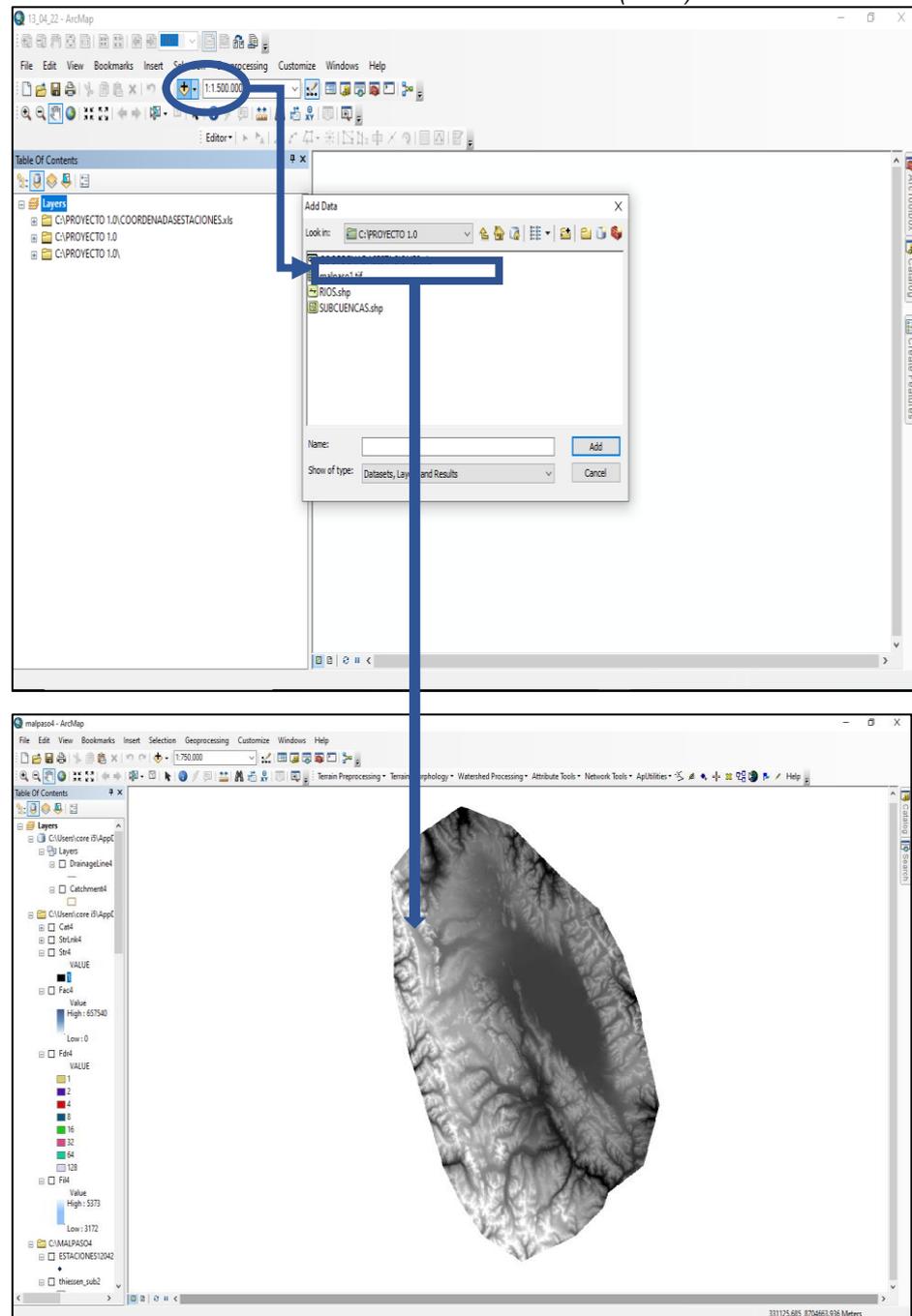
**Figura. 26**  
*Mapa de cobertura de imagen Aster (DEM)*



Nota. Se muestra el mapa de cobertura de donde se obtuvo el DEM de la cuenca del Mantaro. Fuente: (Ministerio del ambiente - MINAM, s.f.)

2) Se ingresa el Ráster al ArcGis, y se obtiene el DEM.

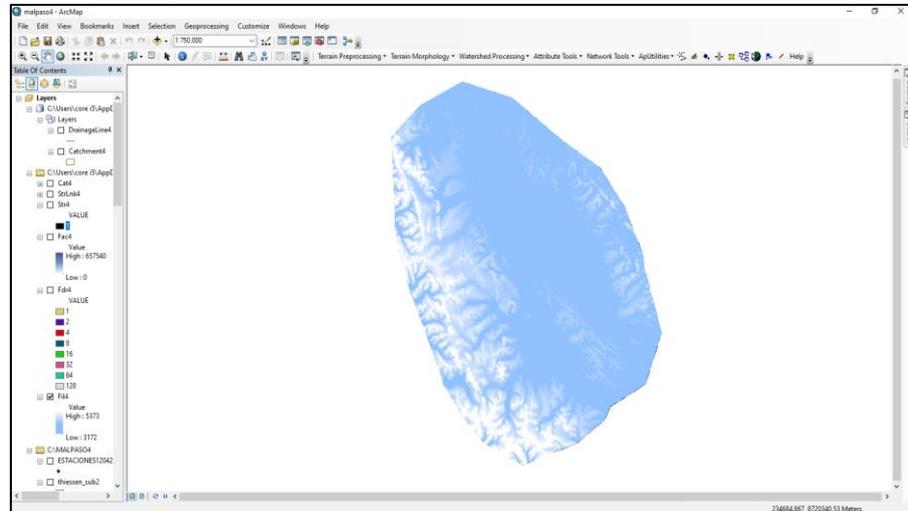
**Figura. 27**  
*Proceso de la delimitación de la cuenca del Mantaro (DEM)*



Nota. La figura muestra cómo se agrega la Ráster al ArcGis de la cuenca del Mantaro. Elaboración: Propia (2022). Fuente: ArcGis

- 3) Se utilizó la herramienta de Terrain Preprocessing, después DEM Manipulation y luego Fill Sinks, para rellenar las imperfecciones que existen en el DEM.

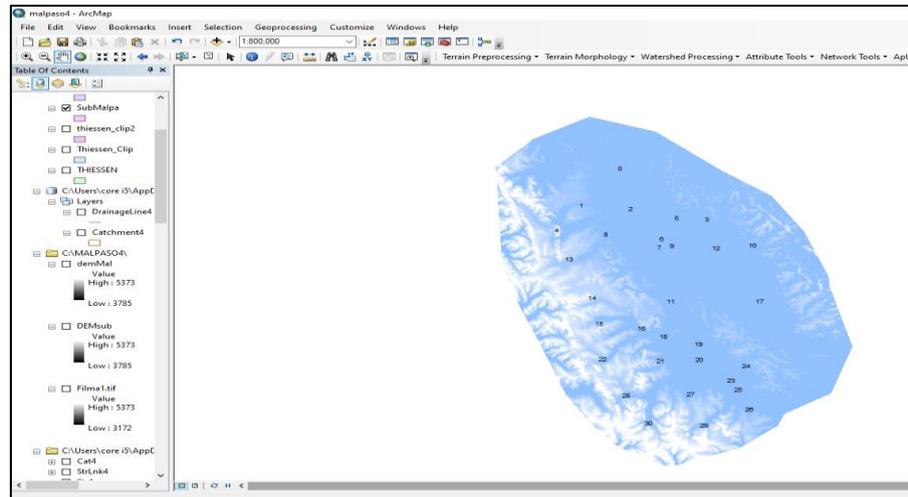
**Figura. 28**  
*Relleno de imperfecciones*



Nota. La figura muestra el relleno de las imperfecciones de la cuenca.  
Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

- 4) Se prende el comando de las Subestaciones de Malpaso:

**Figura. 29**  
*Subestaciones activadas en la cuenca*

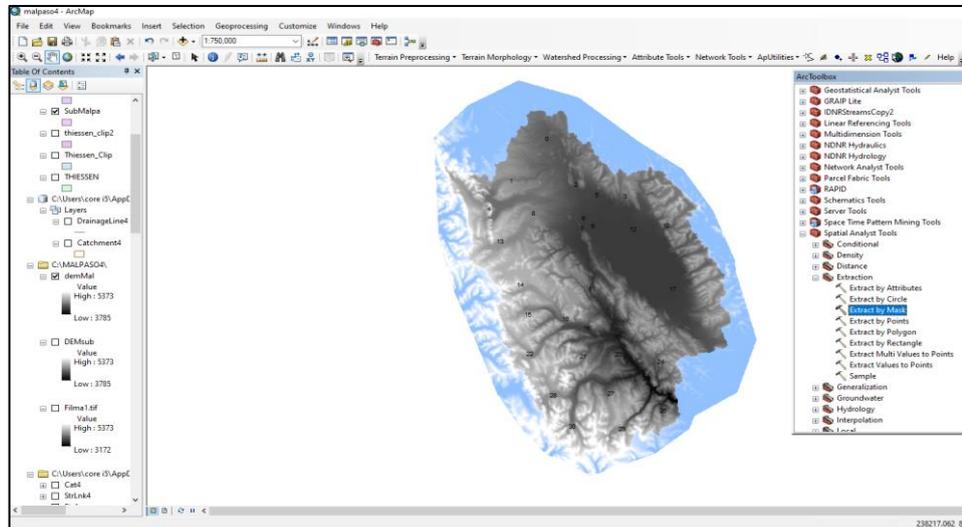


Nota. La figura muestra las 31 subestaciones activadas en la cuenca.  
Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

5) En la caja de herramientas, ingresar a Spatial Analyst Tool →

Extraction:

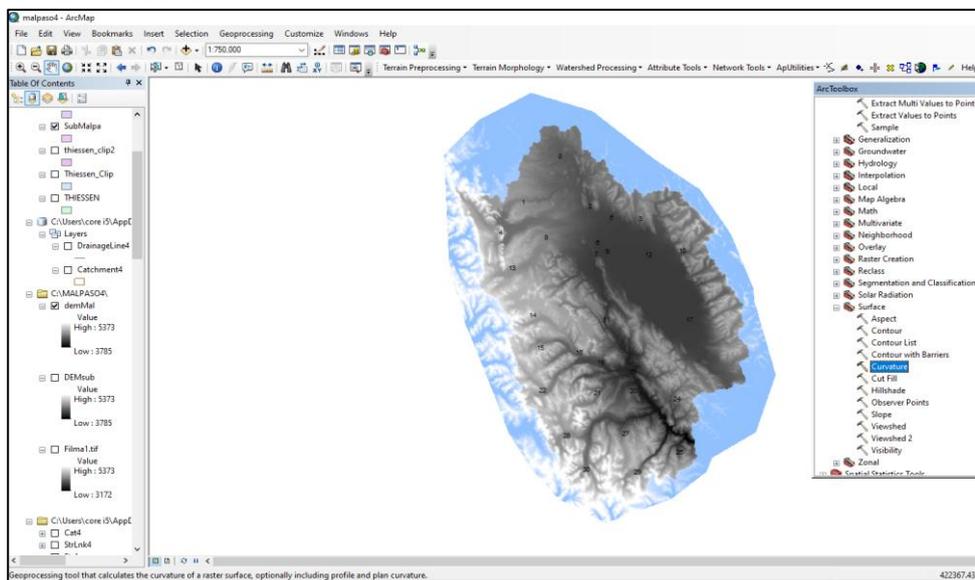
**Figura. 30:**  
*Creación de los contornos en la cuenca*



Nota. La figura muestra la creación de contornos en la cuenca. Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

6) Posteriormente se marca Surface → Curvature

**Figura. 31**  
*Se añade los contornos*

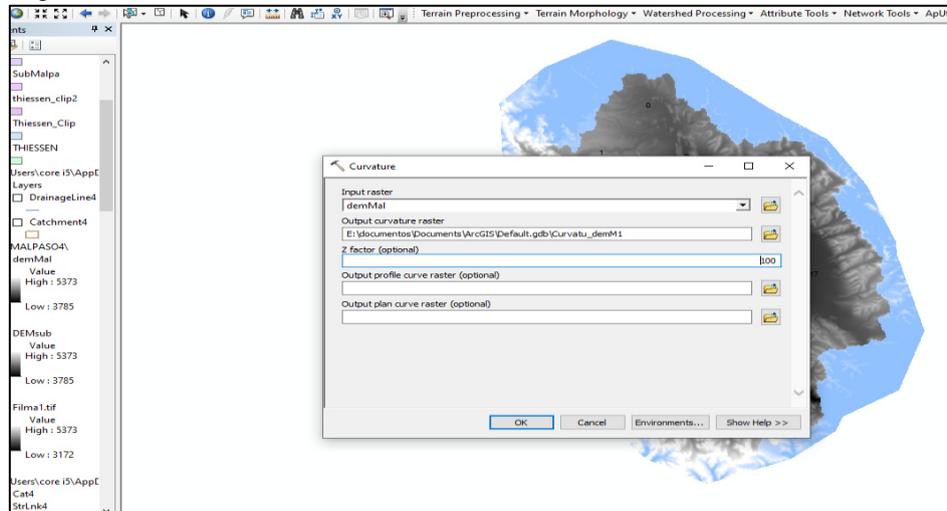


Nota. La figura muestra cómo se añaden contornos en la cuenca. Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022)

- 7) Se rellenan los datos de Curvature para colocar la distancia de las curvas de nivel, Z factor: 100.

**Figura. 32**

*Ingreso de la distancia de cada contorno*

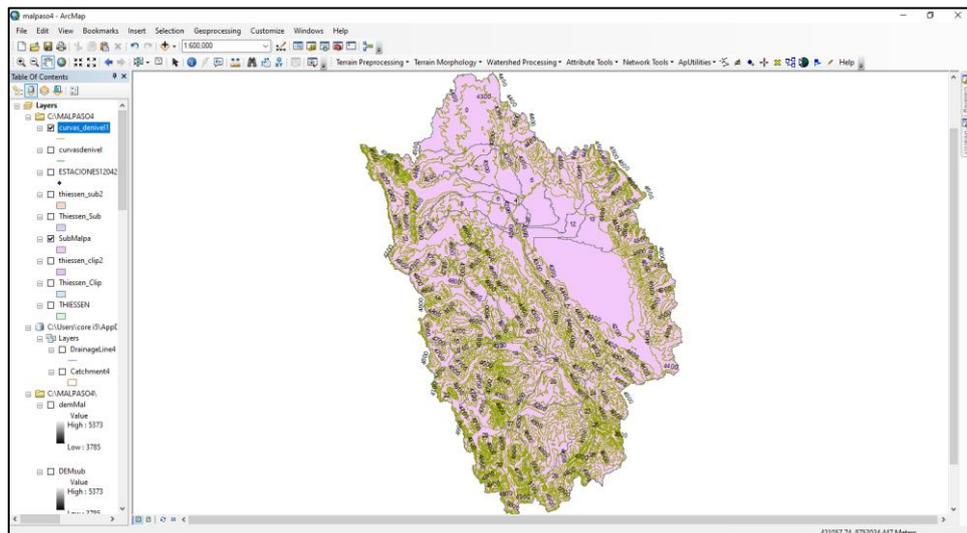


Nota. La figura muestra el ingreso de la distancia para cada contorno en la cuenca. Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

- 8) De esta manera queda la Curva de Nivel, que detallará las altitudes de la cuenca. Anexo 13

**Figura. 33**

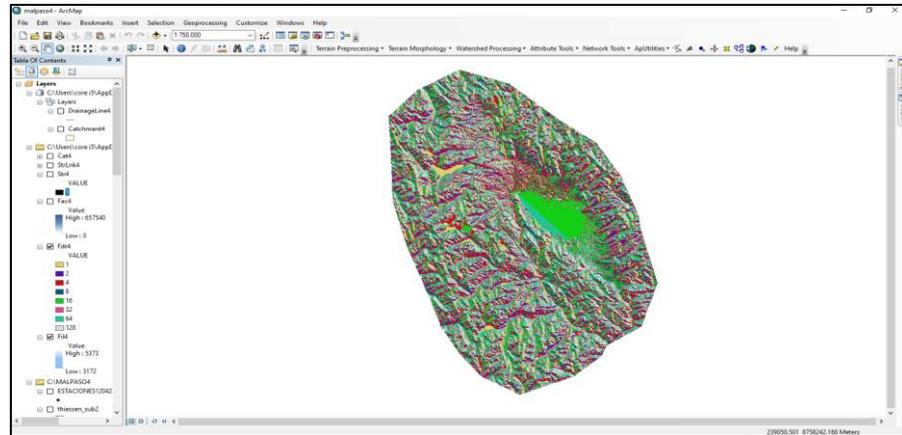
*Curvas de nivel*



Nota. La figura muestra la curva de nivel con sus altitudes en la cuenca. Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

- 9) Se empleó la herramienta de Flow direction, la cual calculó las direcciones de flujo de agua que se distribuye por toda la superficie de la cuenca.

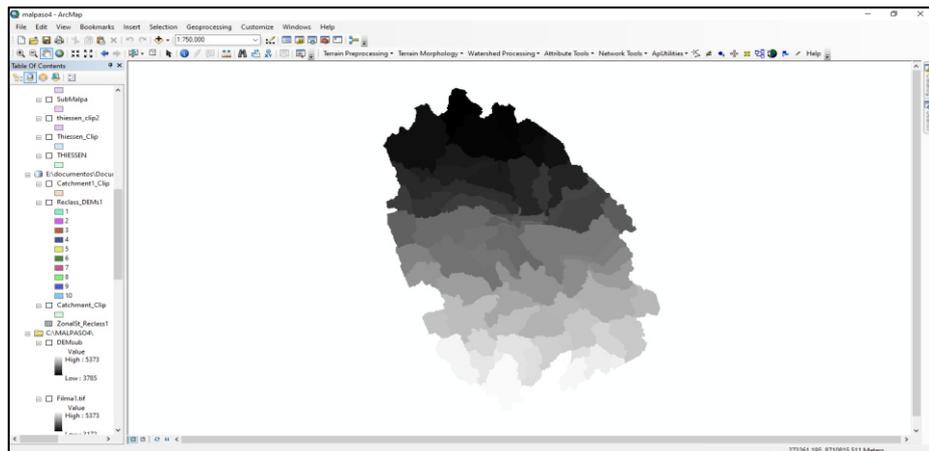
**Figura. 34**  
*Direcciones de flujo de agua*



Nota. La figura muestra calculó las direcciones de flujo de agua en la cuenca. Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

- 10) Se empleó la herramienta de Flow Accumulation para calcular las acumulaciones de flujo de cada grilla que forman una red hídrica. Se utilizó Catchment Grid Delineation para la delimitación de toda la cuenca de la zona de estudio a partir de la capa de direcciones de flujo.

**Figura. 35**  
*Delimitación de nuestra cuenca de estudio*

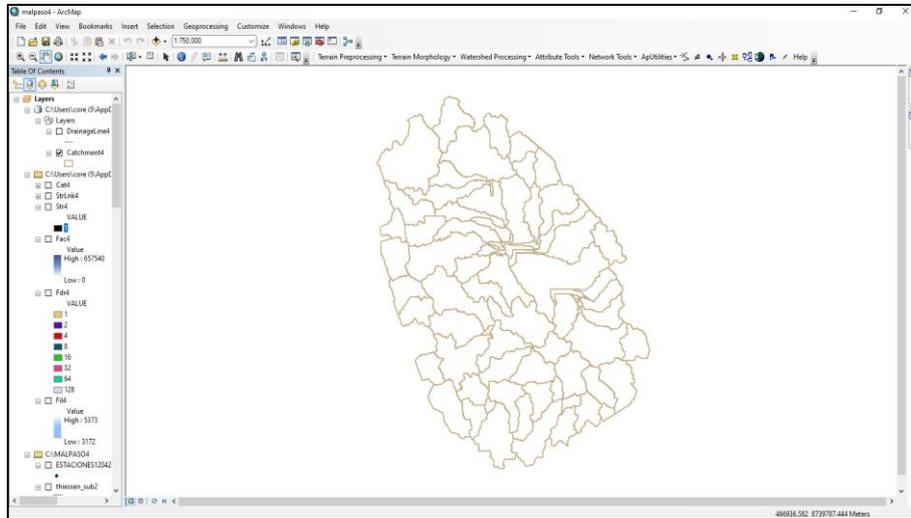


Nota. La figura muestra las acumulaciones de flujo de cada grilla que forman una red hídrica en la cuenca. Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

- 11) Se aplicó el Catchment Polygon Processing para el procesamiento polígono de las subcuencas la cual convirtió la data ráster a un formato Vector.

**Figura. 36**

*Conversión del Ráster a un formato vector*

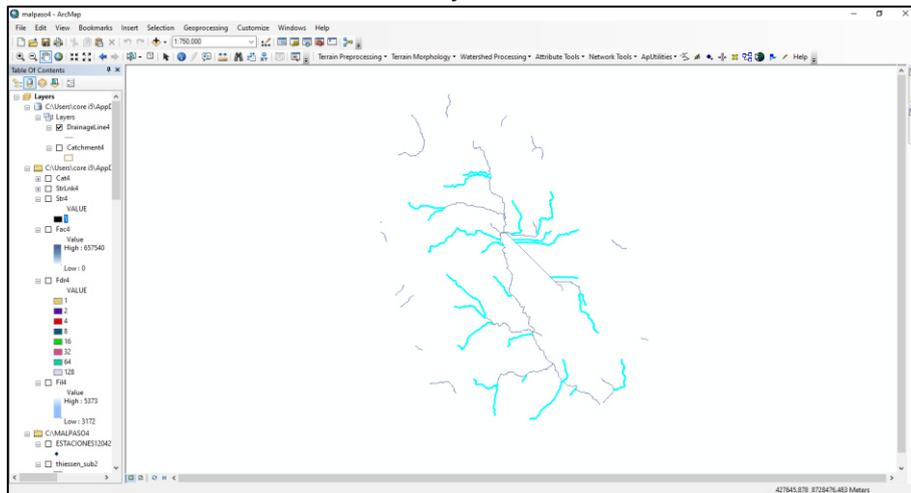


Nota. La figura muestra el procesamiento polígono de las subcuencas en la cuenca. Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

- 12) Se usó Drainage Line Processing para el procesamiento de las líneas de drenaje.

**Figura. 37**

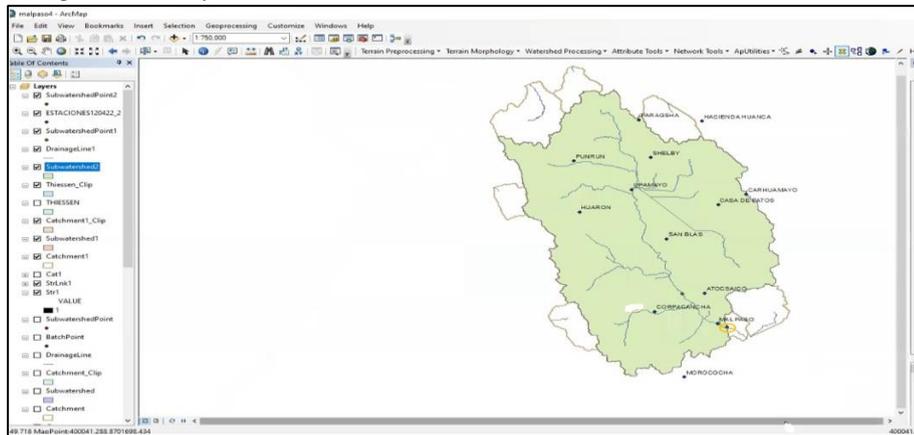
*Procesamiento de las líneas de drenaje*



Nota. La figura muestra el procesamiento de las líneas de drenaje en la cuenca. Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

- 13) Se empleó el Batch Point para hacer la designación del punto de aforo y así realizar la delimitación de la zona de estudio. También se empleó Batch Subwatershed Delineation, para hacer la delimitación de la cuenca del Mantaro.

**Figura. 38**  
*Designación del punto de aforo*

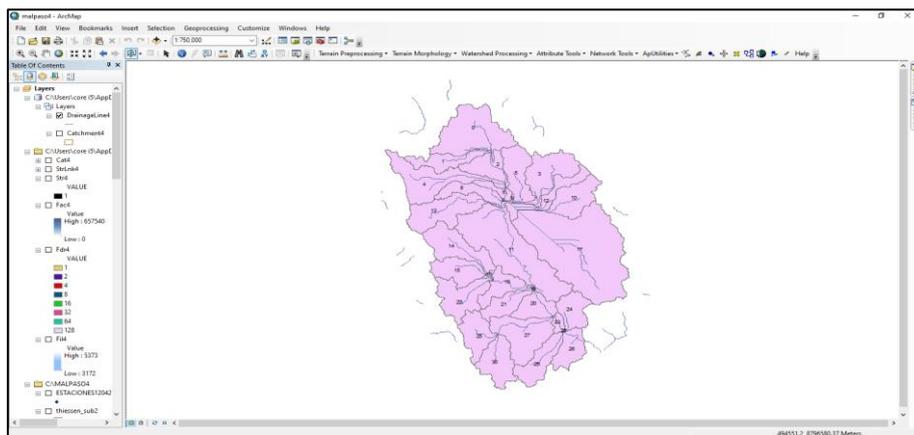


Nota. La figura muestra la designación del punto de aforo y así realizar la delimitación de la zona de estudio en la cuenca. Fuente: ArcGis.

Elaboración: Propia (2022).

- 14) Se empleó Geoprocessing, después Clip para hacer el corte entre la capa Catchment y la capa de delimitación que es Subwatershed, teniendo como resultado las subcuencas.

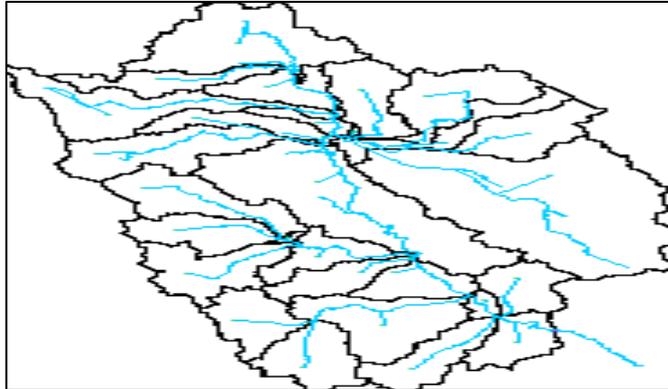
**Figura. 39**  
*Cortes entre capas para obtener las subcuencas*



Nota. La figura muestra el corte entre la capa y la capa de delimitación en la cuenca. Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

- 15) Se realizó el mismo procedimiento anterior para determinar los ríos afluentes para cada subcuena y así poder ubicar la C.H. Malpaso.

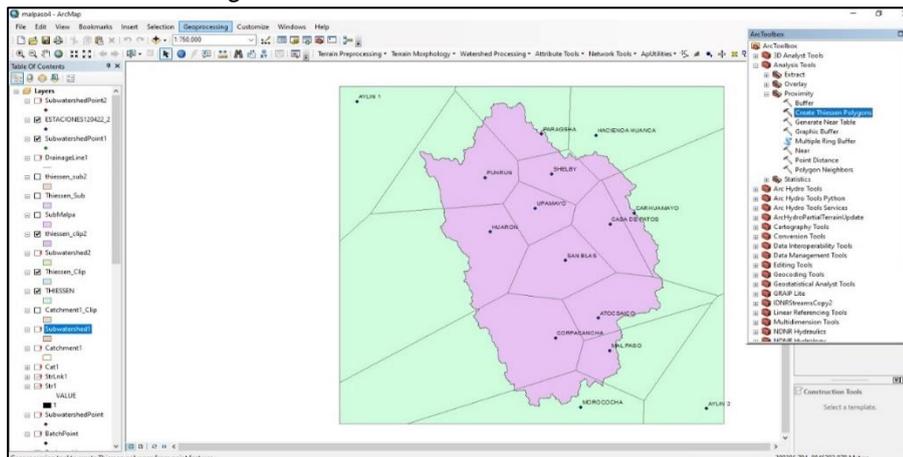
**Figura. 40**  
*Ríos afluentes de cada Subcuena*



Nota. La figura muestra los ríos afluentes para cada subcuena en la cuenca. Fuente: WEAP Elaboración: Propia (2022).

- 16) Se cargan las estaciones y se procede a crear el Polígono de Thiessen, primero entramos a ArcToolbox → Analysis Tools → Proximity → Create Thiessen Polygons donde se carga las estaciones.

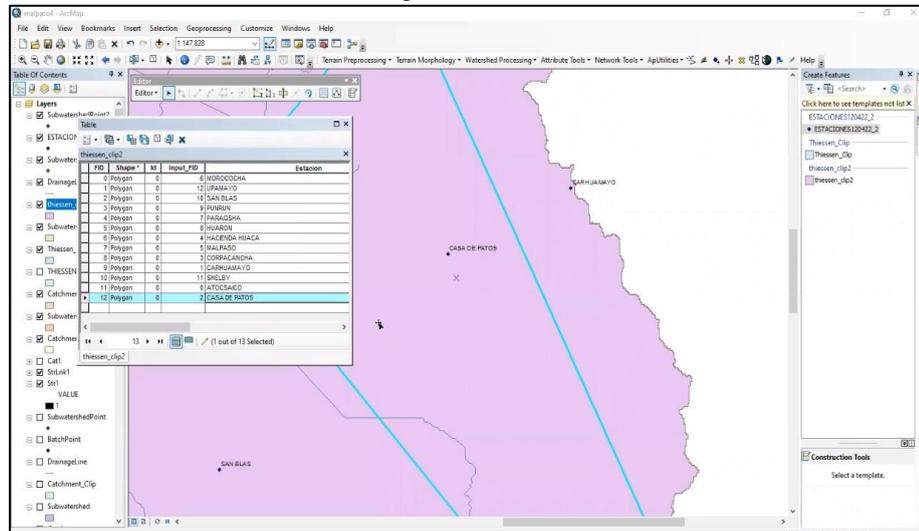
**Figura. 41**  
*Creación del Polígono de Thiessen*



Nota. La figura muestra las estaciones y se procede a crear el Polígono de Thiessen en la cuenca. Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

- 17) Se procede a colocar los nombres de las estaciones a cada subcuenca.

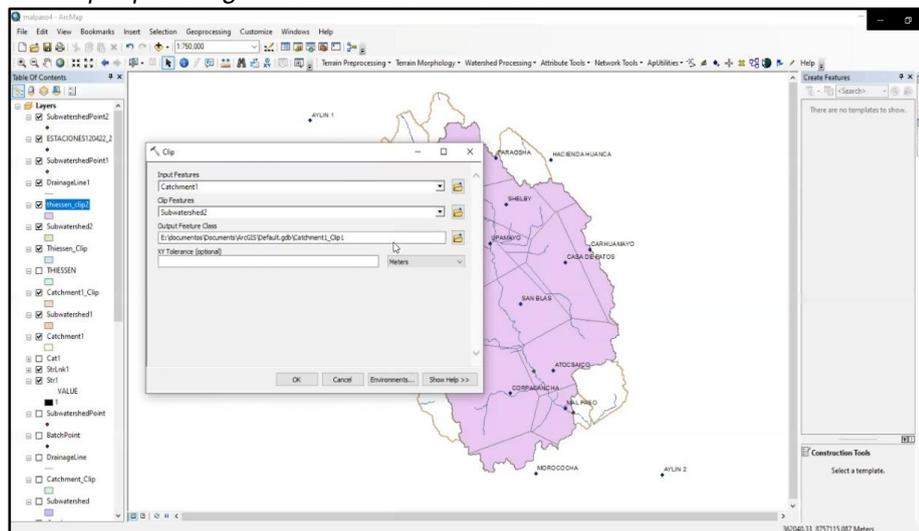
**Figura. 42**  
*Renombrar a cada subcuenca según su estación*



Nota. La figura muestra los nombres de las estaciones de cada subcuenca en la cuenca. Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

- 18) Se procede a hacer un intercepto para generar las subcuencas.

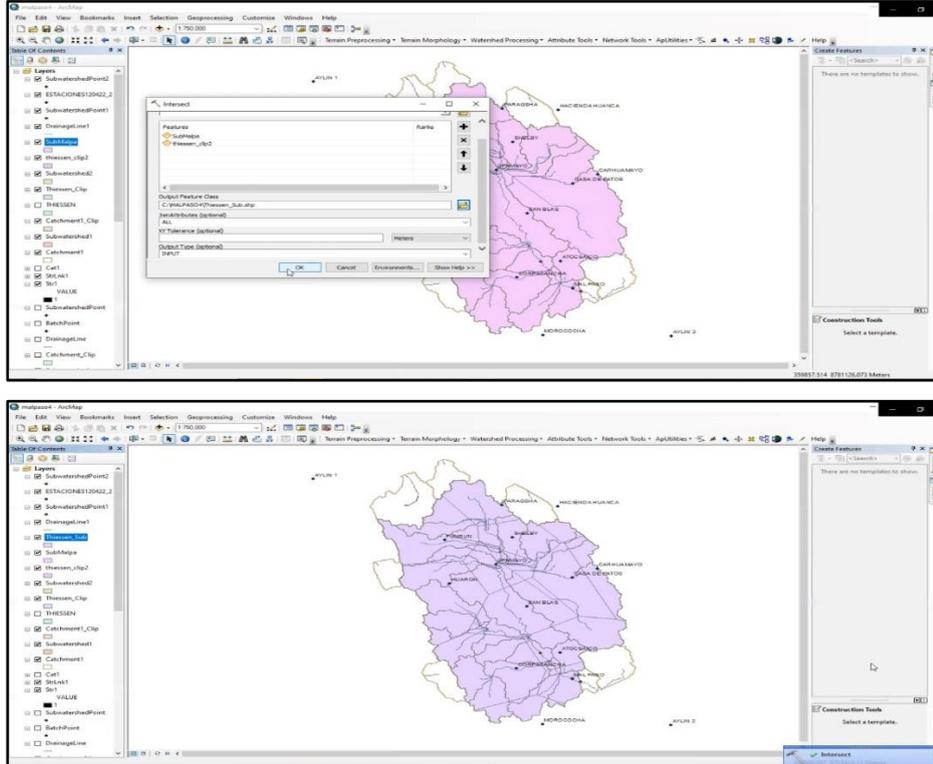
**Figura. 43**  
*Intercepto para la generación de subcuencas*



Nota. La figura muestra un intercepto para generar las subcuencas. Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

19) Luego se hace un Thiessen para las subcuencas con el intercepto.

**Figura. 44**  
Thiessen para las subcuencas con el intercepto.



Nota. La figura muestra el Thiessen para las subcuencas con el intercepto.

Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

20) Se verifica las áreas de las 31 subcuencas generadas en Km2.

**Figura. 45**  
Verificación de las áreas de las 31 subcuencas generadas

ID	Shape*	Shape_Leng	Shape_Area	Hydroid	Gridd	Area_km2
0	Polygon	144.171880	271.386449	160	2	271.386449
1	Polygon	118.445155	125.517781	160	5	125.517781
2	Polygon	88.281877	123.582289	164	6	123.582289
3	Polygon	128.521255	236.228181	165	7	236.228181
4	Polygon	183.249398	290.581717	168	8	290.581717
5	Polygon	80.787746	122.206621	167	9	122.206621
6	Polygon	55.33338	39.551794	168	10	38.051794
7	Polygon	3.845254	6.326521	168	11	6.326521
8	Polygon	82.849544	104.958811	170	12	104.958811
9	Polygon	17.233382	3.179881	171	13	3.179881
10	Polygon	139.147982	188.868711	173	15	188.868711
11	Polygon	194.868221	618.442881	174	16	618.442881
12	Polygon	132.887748	122.748484	175	17	122.748484
13	Polygon	134.556885	254.262188	176	18	254.262188
14	Polygon	114.787883	228.164815	177	19	228.164815
15	Polygon	78.888887	182.162188	178	20	182.162188
16	Polygon	20.784784	7.028154	178	21	7.028154
17	Polygon	288.868214	875.817789	180	22	875.817789
18	Polygon	88.888225	121.818151	181	23	121.818151
19	Polygon	1.821877	6.162821	182	24	6.162821
20	Polygon	84.888225	117.818151	183	25	117.818151
21	Polygon	75.228153	112.162821	184	26	112.162821
22	Polygon	121.278485	204.442881	185	27	204.442881
23	Polygon	30.228229	28.442815	186	28	28.442815
24	Polygon	78.888225	127.818151	187	29	127.818151
25	Polygon	2.884485	6.211781	188	30	6.211781
26	Polygon	78.888225	127.818151	189	31	127.818151
27	Polygon	138.211428	288.888784	182	34	288.888784
28	Polygon	87.281123	188.878481	183	35	188.878481
29	Polygon	30.181481	148.818281	184	36	148.818281

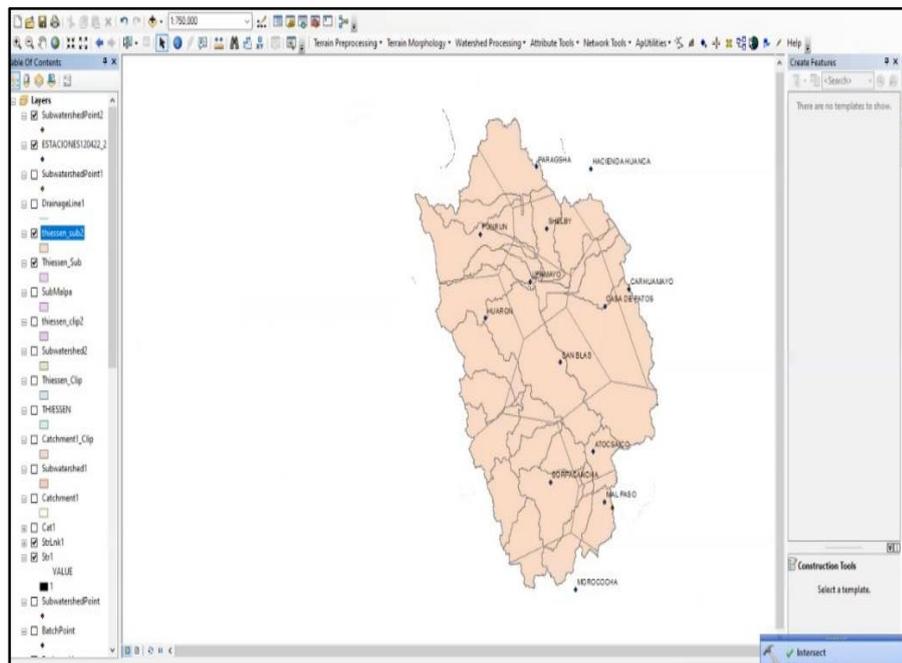
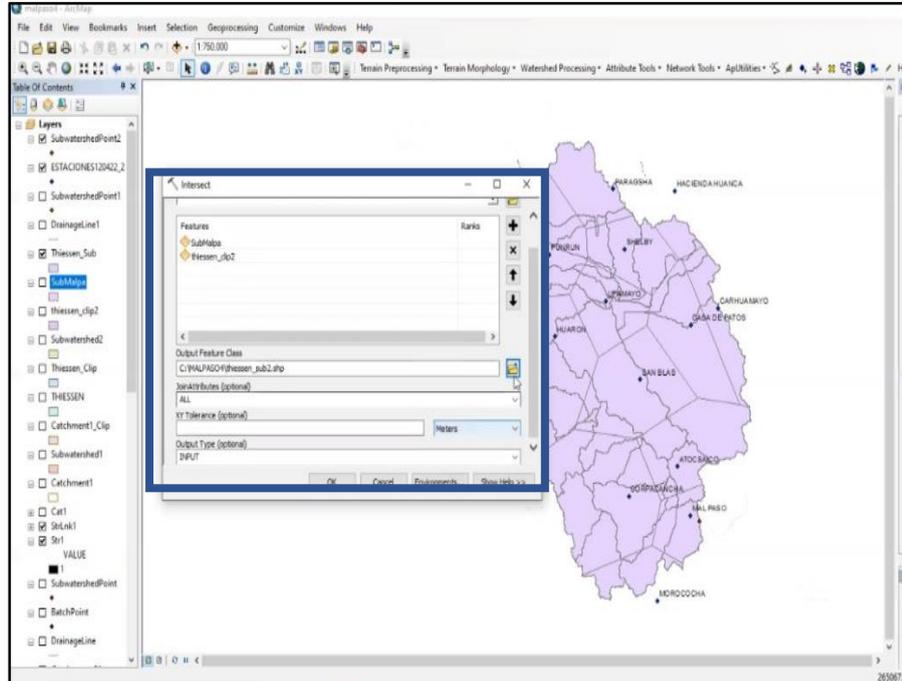
Nota. La figura muestra las áreas de las 31 subcuencas generadas.

Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

21) Se hace un intercepto entre las subcuencas y el Thiessen.

Figura. 46

*Intercepto entre las subcuencas y el Thiessen*



Nota. La figura muestra el intercepto entre las subcuencas y el Thiessen. Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

22) A continuación, se muestra la tabla del Thiessen\_Clip generado, donde se observan, las subcuencas, áreas, áreas parciales, los pesos y las estaciones, para luego exportarlo al Excel y seguir con el procesamiento de datos para las precipitaciones. (Pesos se halla: Área Parcial / Área en Km<sup>2</sup>).

**Figura. 47**  
Tabla datos de cada subcuenca

ID	Shape	Shape_Length	Shape_Area	HydroID	GridID	Area_Km2	Hb_Area	U3	U2	U1	Estacion	Area_Parc	Peso
1	Polygon	144.117029	277.328149	160	2	177.328149	-76.367814	-10.972339	2.044520	144.117029	66.501032	0.380810	
2	Polygon	110.446108	122.121778	160	6	122.121778	-76.455068	-10.770288	2.740380	110.446108	52.044797	0.239781	
3	Polygon	80.301187	123.053299	164	6	123.053299	-76.231866	-10.744808	2.330080	80.301187	41.208849	0.209448	
4	Polygon	138.531165	230.232818	165	7	230.232818	-76.137627	-10.818177	2.340280	138.531165	60.891206	0.274461	
5	Polygon	183.234848	200.061787	168	6	200.061787	-76.102433	-10.838843	2.844441	183.234848	77.363227	0.325213	
6	Polygon	83.787196	172.286225	167	9	172.286225	-76.226625	-10.814872	2.00334	83.787196	42.084752	0.240840	
7	Polygon	50.933360	38.901784	168	10	38.901784	-76.296184	-10.874647	2.043284	50.933360	22.070560	0.183311	
8	Polygon	3.891524	0.338223	169	11	0.338223	-76.372880	-10.818480	1.907724	3.891524	0.176451	0.045225	
9	Polygon	172.33602	3.57995	171	13	3.57995	-76.244220	-10.908007	2.550309	172.33602	0.437680	0.043768	
10	Polygon	109.147802	189.608721	173	16	189.608721	-76.241088	-10.808137	2.373588	109.147802	51.033390	0.244390	
11	Polygon	164.848821	618.442884	174	16	618.442884	-76.248434	-10.804786	2.161176	164.848821	86.830124	0.281121	
12	Polygon	132.887748	122.744844	176	17	122.744844	-76.186515	-10.806527	3.387814	132.887748	64.631713	0.260144	
13	Polygon	134.702068	254.202168	176	18	254.202168	-76.408665	-10.953286	2.909539	134.702068	63.547414	0.251214	
14	Polygon	114.787303	228.154015	177	19	228.154015	-76.423487	-11.081134	2.184841	114.787303	53.218718	0.218933	
15	Polygon	78.904067	132.152145	178	20	132.152145	-76.417622	-11.160388	1.983788	78.904067	38.563460	0.229327	
16	Polygon	28.754794	7.882634	179	21	7.882634	-76.316739	-11.184619	2.18363	28.754794	9.642885	0.274492	
17	Polygon	206.862914	926.817788	180	22	926.817788	-76.033374	-11.065134	6.855486	206.862914	92.006191	0.248018	
18	Polygon	90.802220	121.217621	181	23	121.217621	-76.279922	-11.227808	2.309804	90.802220	42.561947	0.249168	
19	Polygon	4.863167	0.103062	182	24	0.103062	-76.174481	-11.23263	1.844581	4.863167	0.126203	0.026203	
20	Polygon	84.362080	117.281812	183	26	117.281812	-76.171882	-11.261772	1.898845	84.362080	27.938811	0.23247	
21	Polygon	72.32812	104.808817	184	26	104.808817	-76.102027	-11.260683	1.909245	72.32812	34.154885	0.232626	
22	Polygon	111.131888	28.48012	185	26	28.48012	-76.087188	-11.260781	3.37188	111.131888	37.18187	0.236085	
23	Polygon	30.265839	28.483343	186	26	28.483343	-76.097986	-11.269413	1.843152	30.265839	9.828973	0.228973	
24	Polygon	74.606752	137.646844	187	26	137.646844	-76.050202	-11.235611	1.873476	74.606752	37.646844	0.246844	
25	Polygon	2.884349	0.231796	189	32	0.231796	-76.080282	-11.267612	1.928899	2.884349	1.083179	0.213999	
26	Polygon	104.603265	122.336589	191	33	122.336589	-76.081442	-11.401608	1.760389	104.603265	31.371107	0.233707	
27	Polygon	108.221429	288.899708	192	34	288.899708	-76.210487	-11.402109	1.847899	108.221429	48.874845	0.232973	
28	Polygon	87.281262	156.974465	193	35	156.974465	-76.360268	-11.368422	1.968184	87.281262	38.716211	0.239362	
29	Polygon	88.76381	158.702508	194	36	158.702508	-76.169039	-11.488159	1.972885	88.76381	40.488159	0.232513	
30	Polygon	88.301188	181.903643	195	36	181.903643	-76.284168	-11.480288	6.834311	88.301188	38.603643	0.230643	

Nota. La figura muestra la subcuena, área, área parcial, los pesos y las estaciones. Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

23) Se añadieron campos como: Coeficiente de compacidad (Kc), Rectángulo equivalente con sus parámetros: longitud mayor y longitud menor.

**Figura. 48**  
Datos de Kc, R. Equivalente.

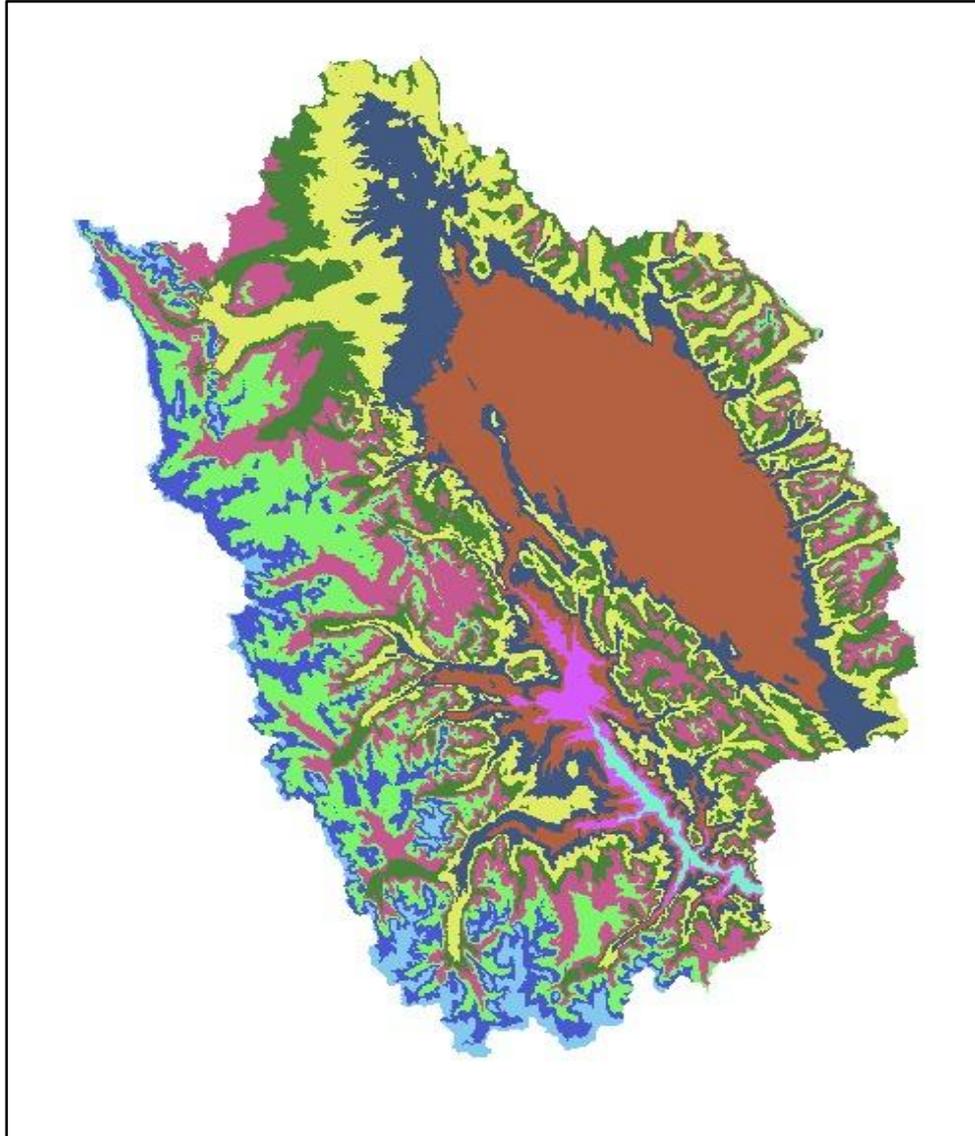
ID	Shape	Shape_Length	Shape_Area	HydroID	GridID	Area_Km2	Longitud_Mayor	Longitud_Menor	Kc	Parametro	Long_Mayor	Long_Menor
1	Polygon	144.117029	277.328149	160	2	177.328149	-76.367814	-10.972339	2.044520	144.117029	66.501032	0.380810
2	Polygon	110.446108	122.121778	160	6	122.121778	-76.455068	-10.770288	2.740380	110.446108	52.044797	0.239781
3	Polygon	80.301187	123.053299	164	6	123.053299	-76.231866	-10.744808	2.330080	80.301187	41.208849	0.209448
4	Polygon	138.531165	230.232818	165	7	230.232818	-76.137627	-10.818177	2.340280	138.531165	60.891206	0.274461
5	Polygon	183.234848	200.061787	168	6	200.061787	-76.102433	-10.838843	2.844441	183.234848	77.363227	0.325213
6	Polygon	83.787196	172.286225	167	9	172.286225	-76.226625	-10.814872	2.00334	83.787196	42.084752	0.240840
7	Polygon	50.933360	38.901784	168	10	38.901784	-76.296184	-10.874647	2.043284	50.933360	22.070560	0.183311
8	Polygon	3.891524	0.338223	169	11	0.338223	-76.372880	-10.818480	1.907724	3.891524	0.176451	0.045225
9	Polygon	172.33602	3.57995	171	13	3.57995	-76.244220	-10.908007	2.550309	172.33602	0.437680	0.043768
10	Polygon	109.147802	189.608721	173	16	189.608721	-76.241088	-10.808137	2.373588	109.147802	51.033390	0.244390
11	Polygon	164.848821	618.442884	174	16	618.442884	-76.248434	-10.804786	2.161176	164.848821	86.830124	0.281121
12	Polygon	132.887748	122.744844	176	17	122.744844	-76.186515	-10.806527	3.387814	132.887748	64.631713	0.260144
13	Polygon	134.702068	254.202168	176	18	254.202168	-76.408665	-10.953286	2.909539	134.702068	63.547414	0.251214
14	Polygon	114.787303	228.154015	177	19	228.154015	-76.423487	-11.081134	2.184841	114.787303	53.218718	0.218933
15	Polygon	78.904067	132.152145	178	20	132.152145	-76.417622	-11.160388	1.983788	78.904067	38.563460	0.229327
16	Polygon	28.754794	7.882634	179	21	7.882634	-76.316739	-11.184619	2.18363	28.754794	9.642885	0.274492
17	Polygon	206.862914	926.817788	180	22	926.817788	-76.033374	-11.065134	6.855486	206.862914	92.006191	0.248018
18	Polygon	90.802220	121.217621	181	23	121.217621	-76.279922	-11.227808	2.309804	90.802220	42.561947	0.249168
19	Polygon	4.863167	0.103062	182	24	0.103062	-76.174481	-11.23263	1.844581	4.863167	0.126203	0.026203
20	Polygon	84.362080	117.281812	183	26	117.281812	-76.171882	-11.261772	1.898845	84.362080	27.938811	0.23247
21	Polygon	72.32812	104.808817	184	26	104.808817	-76.102027	-11.260683	1.909245	72.32812	34.154885	0.232626
22	Polygon	111.131888	28.48012	185	26	28.48012	-76.087188	-11.260781	3.37188	111.131888	37.18187	0.236085
23	Polygon	30.265839	28.483343	186	26	28.483343	-76.097986	-11.269413	1.843152	30.265839	9.828973	0.228973
24	Polygon	74.606752	137.646844	187	26	137.646844	-76.050202	-11.235611	1.873476	74.606752	37.646844	0.246844
25	Polygon	2.884349	0.231796	189	32	0.231796	-76.080282	-11.267612	1.928899	2.884349	1.083179	0.213999
26	Polygon	104.603265	122.336589	191	33	122.336589	-76.081442	-11.401608	1.760389	104.603265	31.371107	0.233707
27	Polygon	108.221429	288.899708	192	34	288.899708	-76.210487	-11.402109	1.847899	108.221429	48.874845	0.232973
28	Polygon	87.281262	156.974465	193	35	156.974465	-76.360268	-11.368422	1.968184	87.281262	38.716211	0.239362
29	Polygon	88.76381	158.702508	194	36	158.702508	-76.169039	-11.488159	1.972885	88.76381	40.488159	0.232513
30	Polygon	88.301188	181.903643	195	36	181.903643	-76.284168	-11.480288	6.834311	88.301188	38.603643	0.230643

Nota. La figura muestra el Coeficiente de Compacidad (Kc), Rectángulo equivalente con sus parámetros. Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

24) Se creó el Modelo de Elevación Digital

**Figura. 49**

*Modelo de Elevación Digital*



Nota. La figura muestra el modelo de elevación digital realizada en el ArcGis.

Fuente: ArcGis. Elaboración: Propia (2022).

#### 4.4. Análisis estadístico de las precipitaciones

- 1) Ingresar a la plataforma oficial del ANA y buscar “cuenca Mantaro”, donde se muestran las estaciones, de las cuales se toman los datos de 13 estaciones, las cuales están en la subdelimitación a la Central Hidroeléctrica Malpaso y sus embalses Mantaro y Upamayo.

**Figura. 50**

*Recolección de datos de las estaciones de la cuenca*

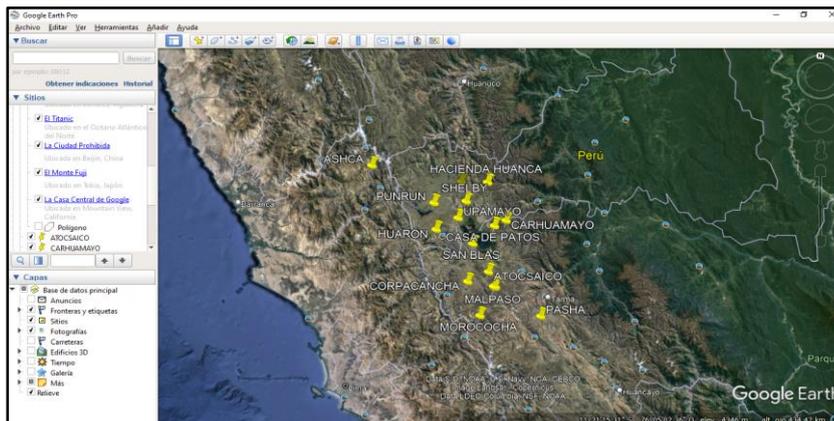


Nota. La figura muestra las estaciones de las cuales se toman los datos de 13 estaciones. Elaboración: Propia (2022). Fuente: ANA.

- 2) Se ubican las estaciones en la cuenca de estudio para la recopilación de datos.

**Figura. 51**

*Ubicación de las estaciones en la cuenca de estudio*



Nota. La figura muestra las estaciones en la cuenca de estudio. Elaboración: Propia (2022). Fuente: Google Earth.

- 3) Luego de obtener las coordenadas geográficas, se pasa a convertirlas a coordenadas UTM, como se aprecia en la tabla 8.

**Tabla 8**

*Coordenadas UTM de las 13 Estaciones*

Item	Estación	Coordenadas Geográficas		UTM	
		Latitud Sur	Long. Oeste	Este	Norte
1	ATOCSAICO	11°17'55"	76°04'40"	382373.06	8750785.9
2	CARHUAMAYO	10°55'25"	76°03'25"	394894.72	8790110.42
3	CASA DE PATOS	10°58'50"	76°02'20"	386494.55	8785974.52
4	CORPACANCHA	11°21'55"	76°12'55"	367395.3	8743353.98
5	HACIENDA HUANCA	10°40'45"	76°05'00"	381519.75	8819287.31
6	MAL PASO	11°24'35"	76°02'30"	386358.57	8738512.4
7	MOROCOCHA	11°36'05"	76°08'05"	376289.17	8717277
8	PARAGSHA	10°40'25"	76°15'25"	362527.37	8819829.83
9	HUARON	11°00'18"	76°25'20"	344618.7	8783099.52
10	PUNRUN	10°49'15"	76°26'13"	342913.22	8803461.12
11	SAN BLAS	11°06'10"	76°10'55"	370916.25	8772399.92
12	SHELBY	10°48'35"	76°13'30"	366081.65	8804791.01
13	UPAMAYO	10°55'30"	76°16'40"	360364.66	8792018.2

Nota. Datos de las coordenadas UTM de las 13 estaciones. Elaboración: Propia basada en datos de OSINERGMIN. (2022).

Ingresar estación por estación y recopilar datos de precipitaciones, estas fueron halladas cada 12 hrs.; se gestionaron los datos de manera para obtenerlos totales mensuales del año 1965 - 2021. Anexo 3

- 4) Se crean Tablas de Curvas de Doble masa, por grupos, según sus pisos altitudinales, como se muestra en la tabla 9, para saber si los datos registrados son consistentes, de acuerdo con su pendiente.

**Tabla 9**

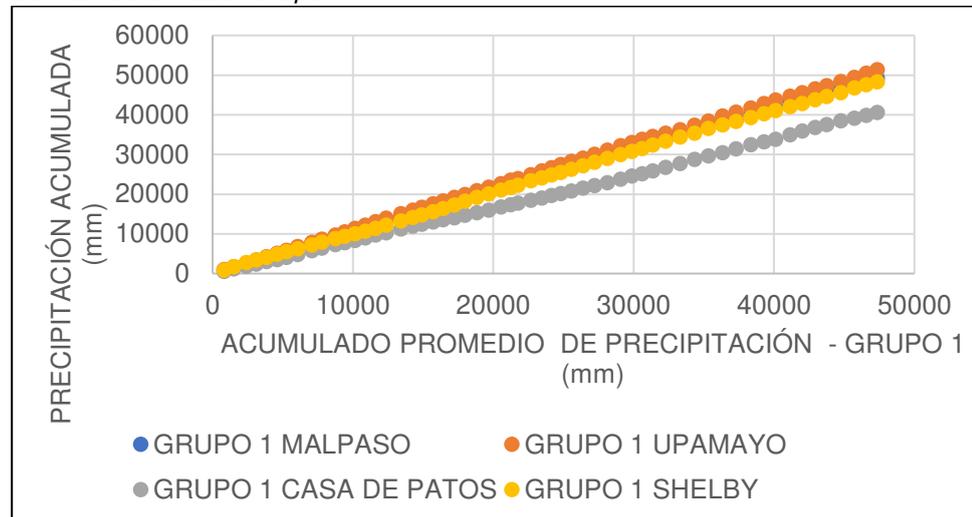
*Grupo de estaciones por piso altitudinal*

ESTACIONES	ORDEN	MSNM	GRUPOS
MAL PASO	1	3795	G1
UPAMAYO	2	4093	
CASA DE PATOS	3	4100	
SHELBY	4	4120	
CARHUAMAYO	5	4125	G2
CORPACANCHA	6	4150	
HACIENDA HUANCA	7	4150	
ATOCSAICO	8	4200	
SAN BLAS	9	4300	G3
PARAGSHA	10	4310	
PUNRUN	11	4350	
MOROCOCHA	12	4505	
HUARON	13	4525	

Nota. Datos de las altitudes de las 13 estaciones separados por piso altitudinal. Elaboración: Propia basada en datos de OSINERGMIN. (2022).

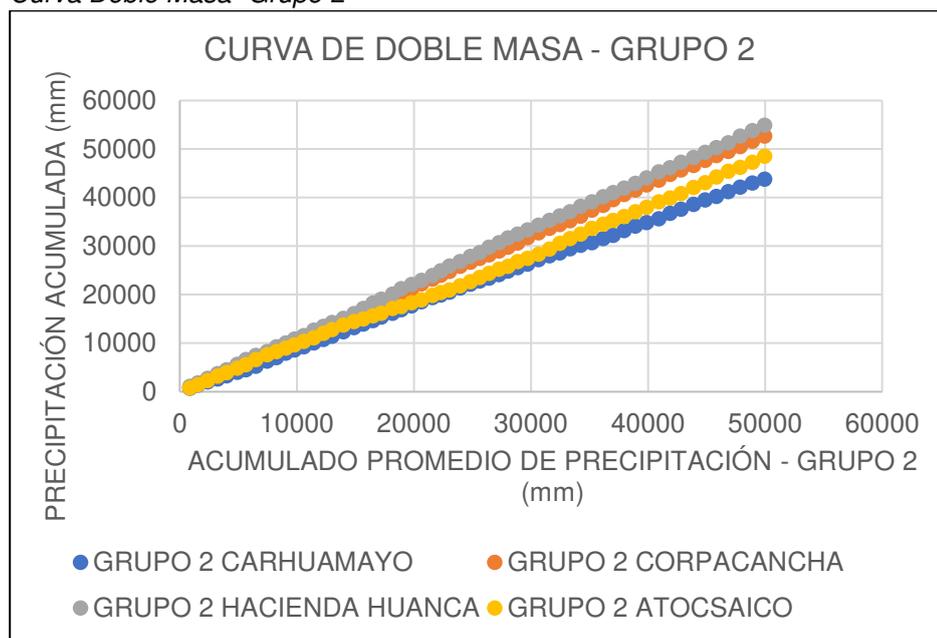
**Figura. 52**

*Curva Doble Masa- Grupo 1*



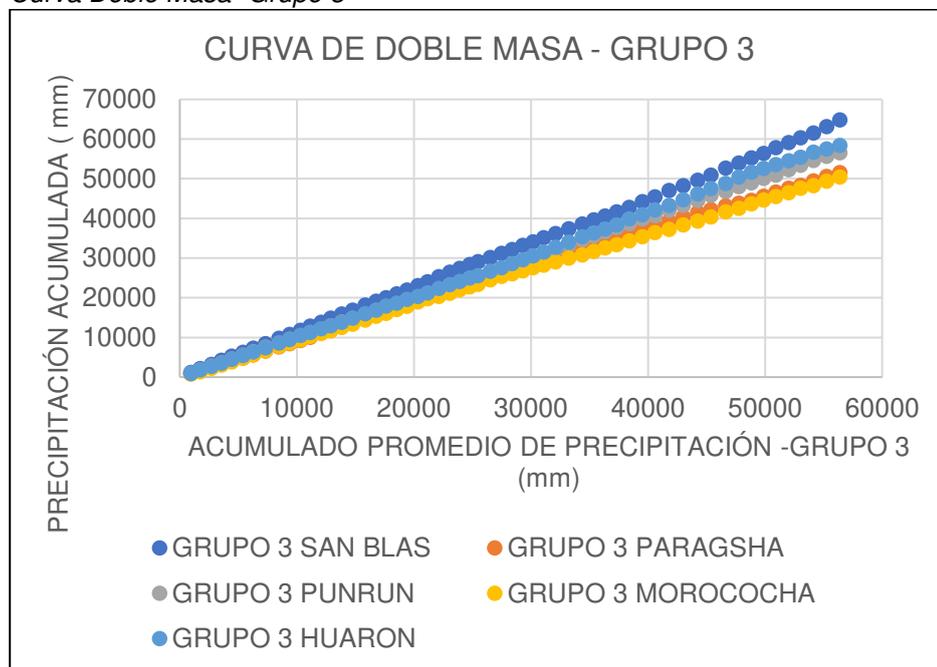
Nota. La figura muestra el grupo 1. Elaboración: Propia (2022).

**Figura. 53**  
*Curva Doble Masa- Grupo 2*



Nota. La figura muestra el grupo 2. Elaboración: Propia (2022).

**Figura. 54**  
*Curva Doble Masa- Grupo 3*



Nota. La figura muestra el grupo 3. Elaboración: Propia (2022).

El análisis de curva de doble masa es necesario para verificar la consistencia de los datos recolectados, como se puede observar los datos son constantes dentro de una línea recta y comparten la misma pendiente, notándose que no hay ninguna inconsistencia. En este análisis se separó en tres grupos, de acuerdo con su piso altitudinal.

Como se puede apreciar el primer grupo: contiene los datos de la estación Malpaso, Upamayo, Casa de Patos y Shelby. En el segundo grupo se encuentra los datos de la estación de Carhuamayo, Corpacancha, Hacienda Huanca y Atocsaico y en el último grupo, se encuentran los datos de las estaciones de San Blas, Punrun, Huarón, Paragsha y Morocochoa.

- 5) Luego se hace las pruebas de T Y F para corroborar datos de todas las estaciones con los promedios anuales de precipitaciones. Anexo 12

**Tabla 10**  
*Precipitaciones promedios Anuales - Atocsaico*

		ESTACIÓN ATOCSAICO	
		AÑO	PROMEDIO ANUAL
<b>PERÍODO 1</b>	1965	64.63	
	1966	54.99	
	1967	69.33	
	1968	75.11	
	.	.	
	.	.	
	.	.	
	.	.	
	2003	100.18	
	2004	82.89	
<b>PERÍODO 2</b>	2005	73.52	
	2006	100.03	
	2016	82.47	
	2017	99.19	
	2018	99.62	
	2019	66.10	
	2020	90.44	
	2021	99.85	

Nota. Datos de las precipitaciones anuales. Elaboración: Propia basada en datos del ANA. (2022)

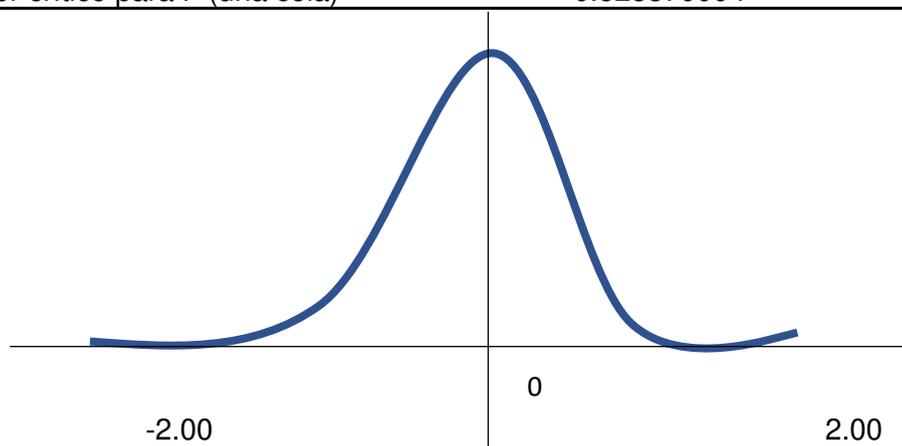
**Tabla 11***Pruebas T y F*

Prueba t, para dos muestras suponiendo varianzas iguales:

	<i>PERIODO 1</i>	<i>PERIODO 2</i>
Media	65.76916667	82.94539708
Varianza	189.1525613	192.4460396
Observaciones	40	17
Varianza agrupada	190.110664	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	55	
Estadístico t	-4.302705746	
P(T<=t) una cola	3.48973E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1.673033965	
P(T<=t) dos colas	6.97946E-05	
Valor crítico de t (dos colas)	2.004044783	

Prueba F, para varianzas de dos muestras:

	<i>PERIODO 1</i>	<i>PERIODO 2</i>
Media	65.76916667	82.94539708
Varianza	189.1525613	192.4460396
Observaciones	40	17
Grados de libertad	39	16
F	0.982886225	
P(F<=f) una cola	0.460321641	
Valor crítico para F (una cola)	0.523379994	



Nota. Datos de las pruebas T y F. Elaboración: Propia (2022).

Como se puede observar los datos son consistentes según el cálculo de la prueba T y F como se observa en la tabla 11.

- 6) En ArcGis, se obtiene una tabla de las subestaciones donde se hallan los Pesos para cada estación, esto nos ayudará a obtener las precipitaciones en cada subcuenca, que es la división entre el Área parcial y el Área total en km.

**Tabla 12**  
*Pesos de cada Sub-Estación*

FID_SubMal	Estación	Área (km2)	Área Parcial	Pesos
0	Punrun	371.396	109.067	0.294
0	Paragsha	371.396	260.637	0.702
0	Shelby	371.396	1.692	0.005
1	Punrun	122.122	114.273	0.936
1	Paragsha	122.122	7.849	0.064
2	Upamayo	123.083	0.659	0.005
2	Punrun	123.083	46.074	0.374
2	Paragsha	123.083	10.420	0.085
2	Shelby	123.083	65.931	0.536
3	Upamayo	230.233	13.442	0.058
3	Hacienda Huaca	230.233	75.921	0.330
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
23	Malpaso	26.493	10.257	0.387
23	Atocsaico	26.493	16.236	0.613
24	Malpaso	127.685	26.613	0.208
24	Atocsaico	127.685	101.071	0.792
25	Malpaso	0.232	0.232	1.000
26	Morococha	123.307	11.427	0.093
26	Malpaso	123.307	111.879	0.907
27	Morococha	268.900	7.077	0.026
27	Malpaso	268.900	7.392	0.027
27	Corpacancha	268.900	246.265	0.916
27	Atocsaico	268.900	8.167	0.030
28	Corpacancha	156.075	156.075	1.000
29	Morococha	158.703	97.272	0.613
29	Malpaso	158.703	50.431	0.318
29	Corpacancha	158.703	10.999	0.069
30	Morococha	181.994	58.394	0.321
30	Corpacancha	181.994	123.600	0.679

Nota. Pesos calculados de las áreas proporcionados en el ArcGIS para cada estación de cada subcuenca. Elaboración: Propia basada en datos exportados de ArcGis (2022).

- 7) Con la tabla de precipitaciones mensuales de cada estación del año 1965 – 2021, hechas en el punto 13. Se multiplicará con la tabla que se formará realizando el punto 12. Obteniendo así los datos totales mensuales por cada subcuenca.

**Tabla 13**

*Precipitaciones transpuestas*

Año	Mes	Paragsha	Malpaso	Morococha	San Blas	Shelby	Punrun	Atocsaico	Carhuamayo	Corpacancha	Hacienda Huanca
1965	Enero	94.1	63.4	75.9	95.3	60.5	120.7	48.9	64	105.4	142.2
	Febrero	126.1	127.8	133.2	265.4	159.1	148.6	152.1	117.6	146.1	156.2
	Marzo	106.8	107.6	106.1	125.7	146.9	141	75.1	114.4	102.2	132.6
	Abril	59.6	55.1	61.2	99.7	66.4	60.3	59.8	59.9	88.5	69.8
	Mayo	33.7	16	20.6	31.2	20.3	8.9	16.5	7.9	9.9	21
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2021	Enero	63.7	160.5	71.7	225.0	67.3	220.4	179.1	27.0	114.0	65.5
	Febrero	135.3	70.4	190.8	247.4	243.3	121.1	98.2	188.7	138.4	57.7
	Marzo	76.5	85.7	85.1	277.7	119.9	119.2	175.6	60.2	82.1	41.8
	Abril	103.9	41.0	137.5	143.1	22.4	91.0	83.2	89.1	41.0	46.2
	Mayo	22.4	26.7	33.1	9.9	48.9	46.5	53.6	1.4	50.8	56.8
	Junio	28.9	37.9	21.9	51.0	38.6	53.7	25.5	31.4	72.4	138.2
	Julio	60.9	37.0	27.6	36.2	16.2	33.1	87.4	29.0	1.8	90.3
	Agosto	36.7	3.8	4.9	9.3	28.8	17.4	63.4	7.6	47.3	81.3
	Set	8.5	33.1	94.8	29.0	55.0	44.3	97.9	27.7	77.2	33.1
	Oct	129.8	37.6	63.1	64.4	148.0	48.1	129.0	109.3	157.5	94.6
	Nov	126.8	159.4	98.4	322.9	157.6	73.4	166.9	57.1	77.2	90.3
	Dic	196.3	53.5	133.0	138.4	112.0	54.7	38.4	110.1	121.4	89.9

Nota. Precipitaciones mensuales de cada estación. Elaboración: Propia basada en datos del ANA. (2022).

**Tabla 14**

*Datos totales de las subcuencas*

Año	Pesos	0.294	0.702	0.005	Total Sub 0	.	.	.		0.321	0.679	
	FID_SubMal	0	0	0		.	.	.		30	30	
	Mes	Punrun	Paragsha	Shelby	Total Sub 0	.	.	.	Total Sub 29	MOROCOCHA	CORPACANCHA	Total Sub 30
1965	Enero	35.446	66.037	0.276	101.758	.	.	.	73.972	24.353	71.582	95.935
	Febrero	43.639	88.494	0.725	132.858	.	.	.	132.378	42.738	99.223	141.961
	Marzo	41.407	74.950	0.669	117.026	.	.	.	106.306	34.043	69.408	103.451
	Abril	17.708	41.826	0.303	59.837	.	.	.	61.154	19.636	60.104	79.741
	Mayo	2.614	23.650	0.092	26.356	.	.	.	18.397	6.610	6.724	13.333
	Junio	1.645	4.491	0.025	6.161	.	.	.	3.570	0.000	3.532	3.532
	Julio	3.348	13.544	0.033	16.925	.	.	.	28.683	6.032	27.098	33.130
	Agosto	17.444	16.843	0.081	34.367	.	.	.	40.139	11.422	25.060	36.483
	Set	27.106	75.932	0.267	103.305	.	.	.	83.809	19.925	46.589	66.514
	Oct	26.489	37.054	0.235	63.778	.	.	.	62.248	22.685	38.372	61.056
	Nov	14.742	63.090	0.373	78.204	.	.	.	55.343	14.631	30.222	44.853
	Dic	43.639	101.757	0.758	146.155	.	.	.	124.804	40.364	116.473	156.837
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2021	Junio	15.771	20.261	0.176	36.208	.	.	.	30.469	7.025	49.161	56.186
	Julio	9.711	42.772	0.074	52.557	.	.	.	28.775	8.848	1.230	10.078
	Agosto	5.107	25.770	0.131	31.009	.	.	.	7.481	1.575	32.112	33.687
	Set	13.011	5.947	0.251	19.209	.	.	.	73.957	30.409	52.449	82.859
	Oct	14.123	91.063	0.674	105.860	.	.	.	61.523	20.233	106.962	127.195
	Nov	21.563	89.003	0.718	111.285	.	.	.	116.315	31.569	52.421	83.990
	Dic	16.058	137.746	0.510	154.315	.	.	.	106.928	42.666	82.438	125.104

Nota. Precipitaciones mensuales de cada estación. Elaboración: Propia basada en datos del ANA. (2022).

8) Con la tabla resultante del punto 14 se Obtendrán las precipitaciones totales mensuales en cada subcuenca, la cual será utilizada después en el software WEAP para el modelamiento Hidrológico.

**Tabla 15**  
*Precipitaciones totales mensuales de cada subcuenca*

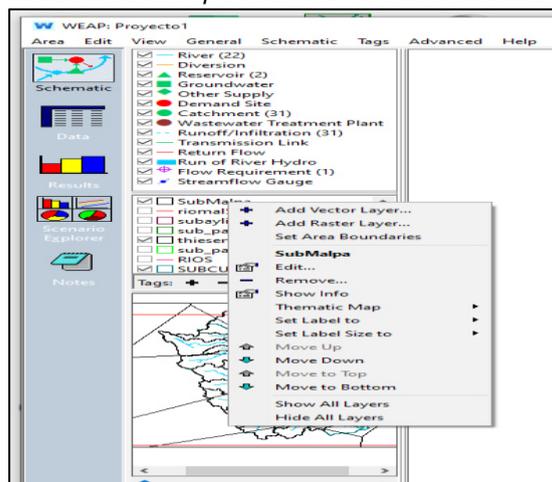
AÑO	MESES	SUB 0	SUB 1	SUB 2	SUB 3	SUB 4	SUB 5	.	.	.	SUB 20	SUB 21	SUB 22	SUB 23	SUB 24	SUB 25	SUB 26	SUB 27	SUB 28	SUB 29	SUB 30	
1965	Enero	101.76	118.99	161.54	111.49	118.69	68.57	.	.	.	80.26	103.97	114.13	54.51	51.92	63.40	64.56	101.75	105.40	73.97	95.93	
	Febrero	132.86	147.15	245.23	220.96	148.07	151.97	.	.	.	148.77	146.45	149.54	142.69	147.04	127.80	128.30	145.44	146.10	132.38	141.96	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2021	Enero	109.74	210.32	262.50	93.08	213.62	77.31	.	.	.	142.99	115.86	139.25	171.89	175.22	160.48	152.25	116.19	114.05	102.87	100.47	
	Febrero	131.62	122.04	264.03	278.31	126.51	226.17	.	.	.	120.53	137.59	138.54	87.47	92.43	70.43	81.59	136.70	138.40	148.95	155.23	
	Marzo	89.26	116.49	190.72	141.36	119.87	119.69	.	.	.	123.71	84.80	97.98	140.79	156.85	85.73	85.67	85.16	82.14	85.10	83.10	
	Abril	99.72	91.87	111.94	39.72	86.88	30.60	.	.	.	59.77	42.22	54.59	66.85	74.39	40.97	49.91	44.82	41.00	100.12	71.95	
	Mayo	29.63	44.98	75.16	70.49	48.87	55.25	.	.	.	52.01	50.76	50.47	43.18	47.98	26.73	27.32	49.72	50.76	32.33	45.11	
	Junio	36.21	52.11	76.82	86.69	51.22	31.05	.	.	.	51.51	71.18	63.80	30.27	28.05	37.87	36.39	68.68	72.39	30.47	56.19	
	Julio	52.56	34.86	47.00	47.22	32.08	20.34	.	.	.	39.87	4.00	12.00	67.85	76.86	36.97	36.10	6.05	1.81	28.78	10.08	
	Agosto	31.01	18.63	36.07	57.47	18.11	28.84	.	.	.	54.47	47.62	41.85	40.34	51.00	3.76	3.87	45.46	47.28	7.48	33.69	
	Set	19.21	42.00	74.84	69.44	45.44	52.31	.	.	.	86.40	77.66	67.98	72.78	84.35	33.09	38.80	77.10	77.23	73.96	82.86	
	Oct	105.86	53.34	138.73	188.89	52.06	131.97	.	.	.	144.81	156.63	149.22	93.61	109.94	37.63	39.99	150.85	157.50	61.52	127.19	
	Nov	111.28	76.86	169.03	197.17	79.13	141.18	.	.	.	117.11	79.84	153.02	164.02	165.36	159.42	153.77	82.73	77.19	116.32	83.99	

Nota. Precipitaciones totales mensuales de cada subcuenca. Elaboración: Propia basado en datos del ANA. (2022).

#### 4.5. Modelo hidrológico WEAP

- 1) Se procede a cargar en el software WEAPP la delimitación de la cuenca realizada en ArcGis y se cargaron los ríos afluentes para iniciar con la modelación.

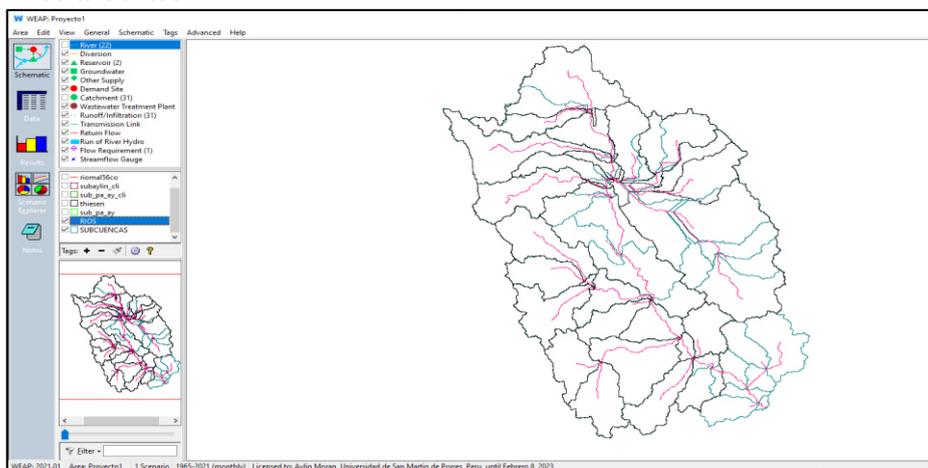
**Figura. 55**  
*Adición de la capa vector de los ríos afluentes*

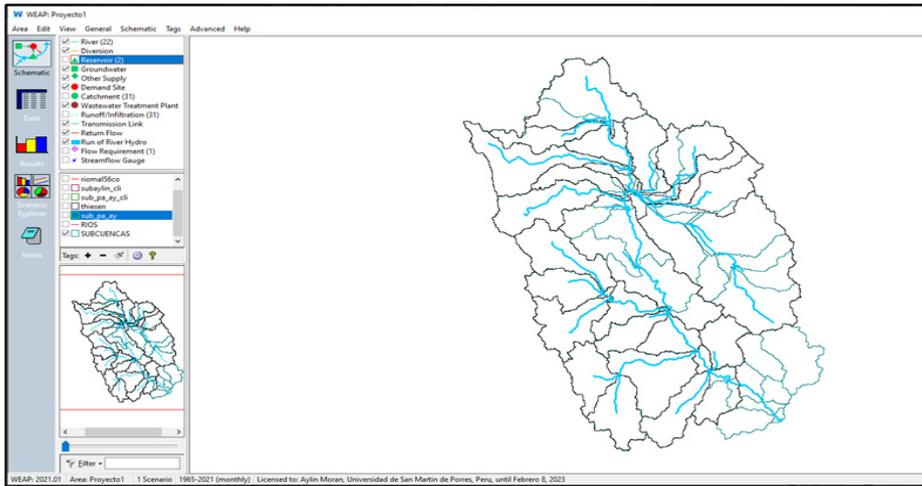


Nota. La figura muestra cómo se añaden los ríos afluentes la longitud y el perímetro de la cuenca.  
Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

- 2) Ase adjunta las capas, se inicia la modelación arrastrando la herramienta ríos para dibujarla. Fig.56

**Figura. 56**  
*Ríos afluentes*

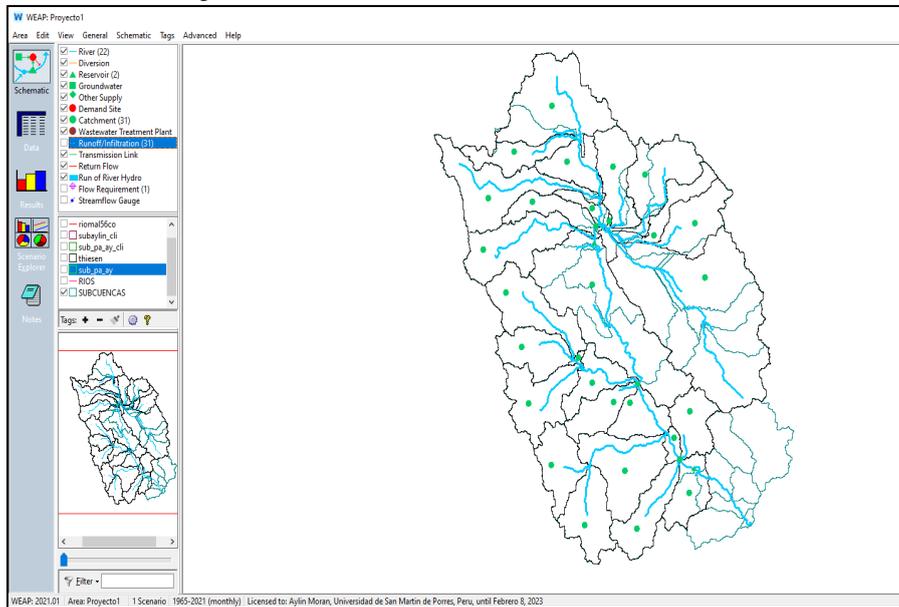




Nota. La figura muestra las capas de ríos en la cuenca. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

- 3) Una vez modelado los ríos, se procede a añadir las unidades hidrológicas para cada uno de estos. Fig. 57

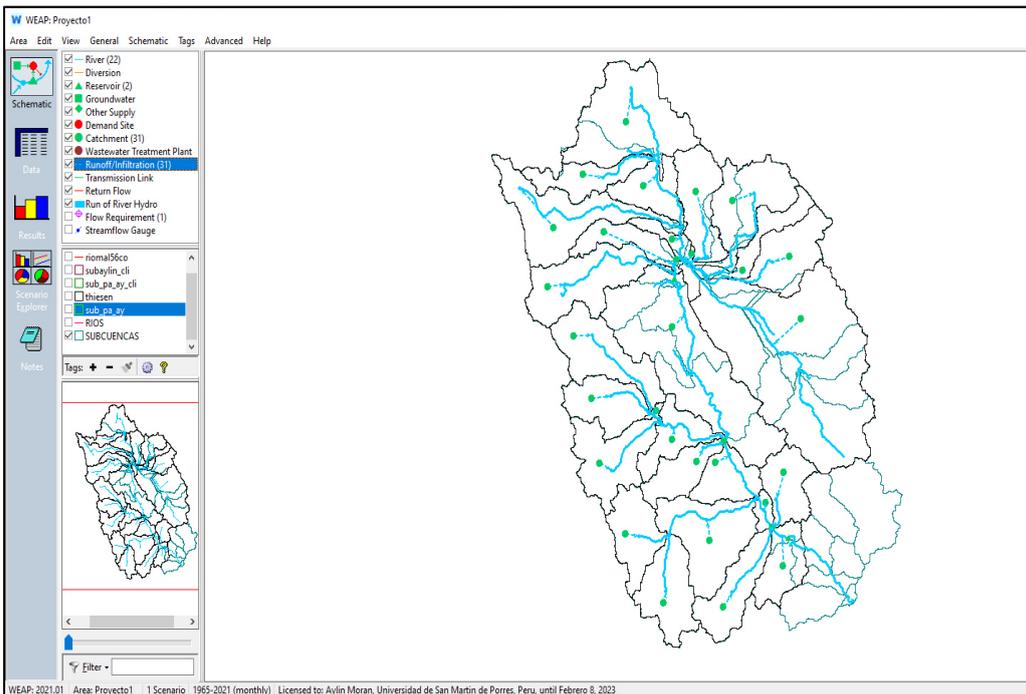
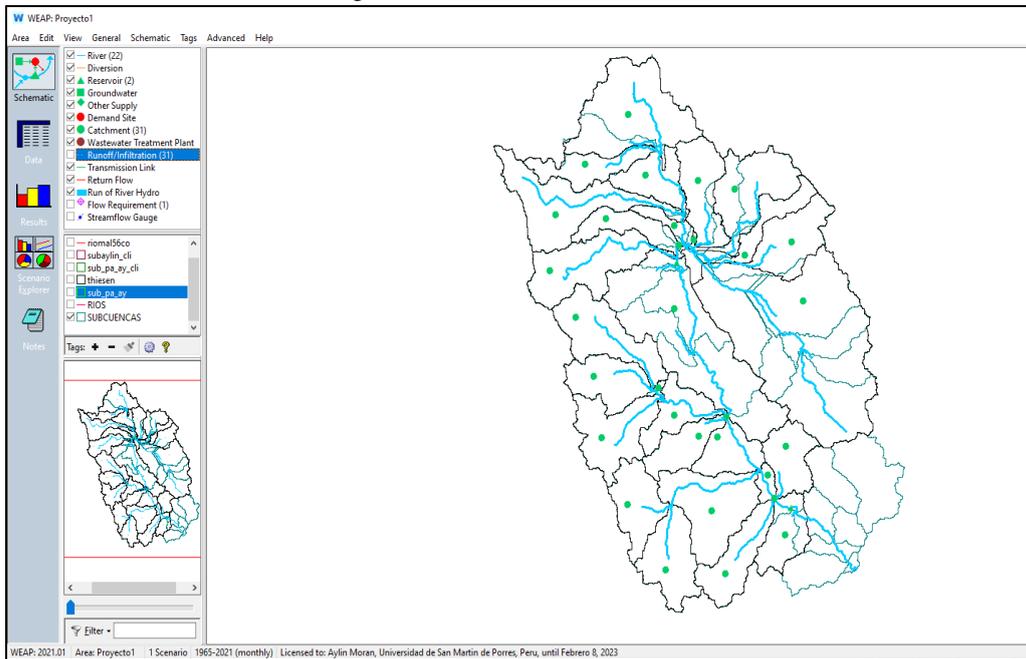
**Figura. 57**  
*Unidades hidrológicas de los ríos afluentes*



Nota. La figura muestra las unidades hidrológicas en la cuenca. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

4) Se añadió la escorrentía en cada unidad hidrológica.

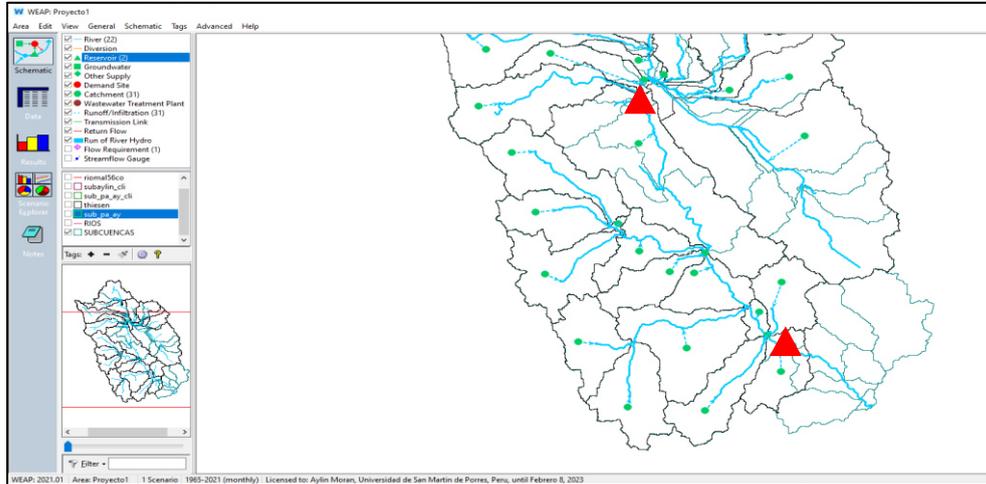
**Figura. 58**  
*Escorrentía en cuencas hidrográficas*



Nota. La figura muestra la escorrentía en cada unidad hidrológica en la cuenca.  
Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

- 5) Añadimos la etiqueta de embalse en el lugar donde se ubicará las represas de Upamayo y Malpaso. Fig. 58

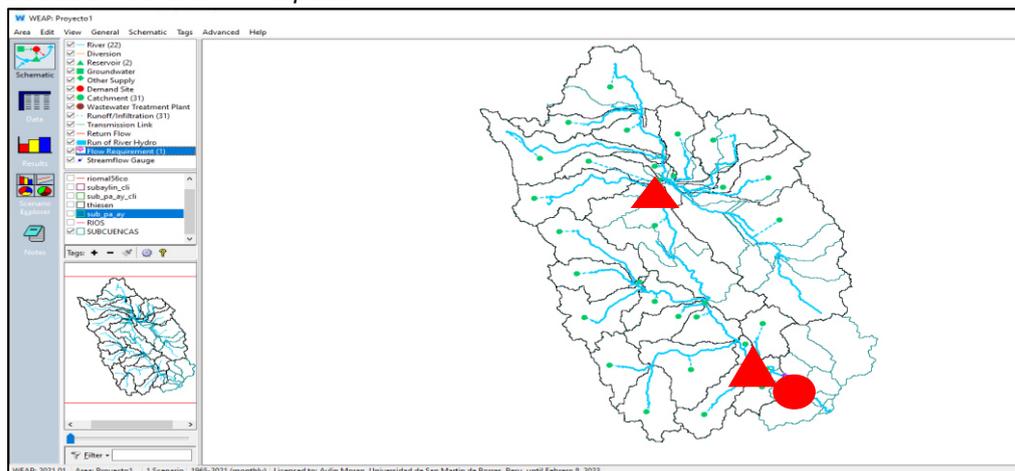
**Figura. 59**  
*Ubicación Represas de Upamayo y Malpaso*



Nota. La figura muestra las dos represas en la cuenca. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

- 6) Añadimos el requerimiento de caudal en el embalse donde se ubicó nuestra C.H. Malpaso. Fig.60

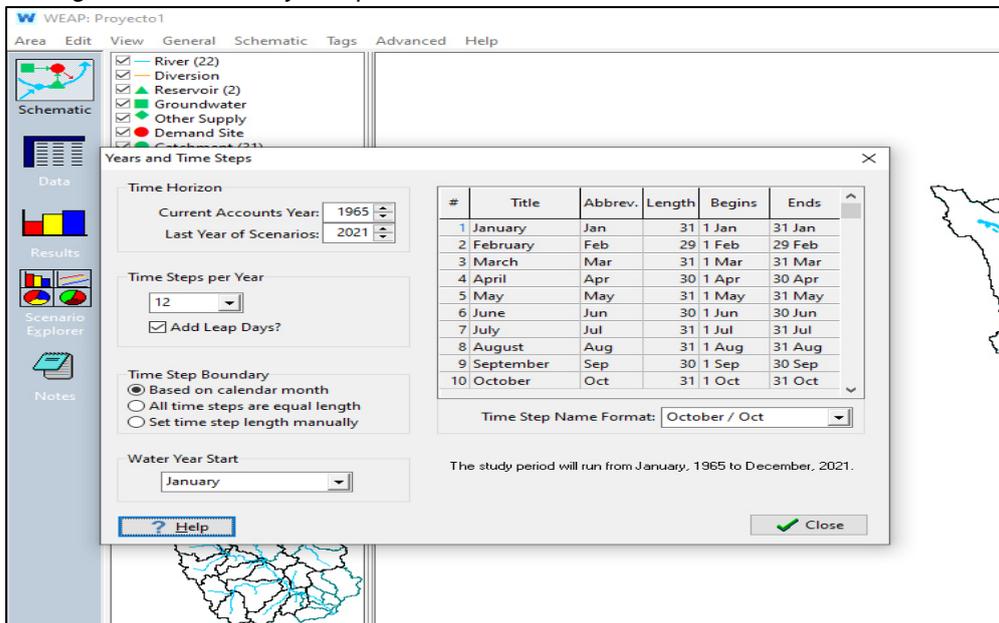
**Figura. 60**  
*Ubicación de la C.H. Malpaso.*



Nota. La figura muestra las dos represas y la central hidroeléctrica en la cuenca. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

7) Luego debemos ingresar a la opción general, años y pasos de tiempo para agregar nuestro periodo de tiempo del año 1964 al 2021. Fig.60

**Figura. 61**  
*Configuración de años y tiempo*

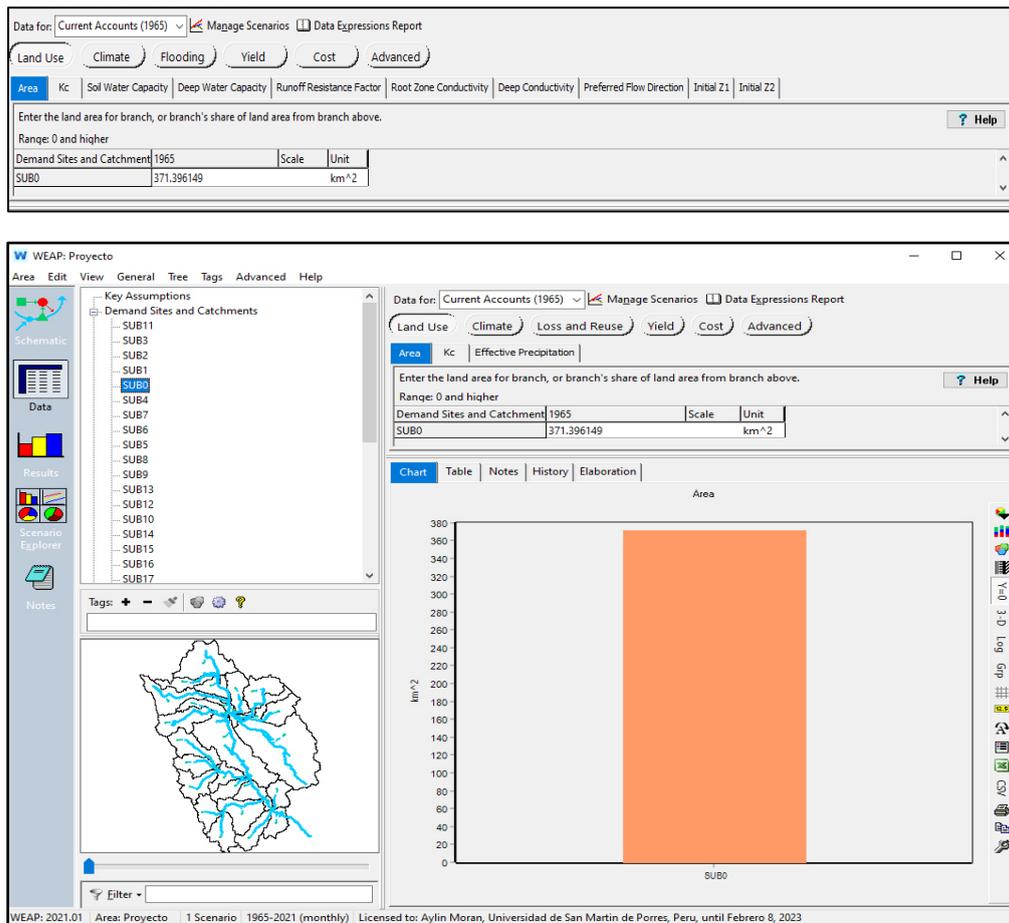


Nota. La figura muestra nuestro periodo de tiempo de trabajo. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

- 8) Nos dirigimos a la pestaña de datos para agregar toda la información obtenida que son: Uso de suelo, clima, temperatura, humedad, viento y latitud de cada unidad hidrológica que en total es 31 subcuencas generadas.

## Uso del suelo

**Figura. 62**  
*Área- Subcuenca 0*



Nota. La figura muestra la información del uso del suelo. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

# Precipitaciones

**Figura. 63**  
Precipitaciones mensuales- Subcuenca 0

Data for: Current Accounts (1965) Manage Scenarios Data Expressions Report

Land Use Climate **Flooding** Yield Cost Advanced

Precipitation Temperature Humidity Wind Cloudiness Fraction Latitude Freezing Point Melting Point Albedo Lower Bound Albedo Upper Bound Albedo Initial Snow Snow Accumulation Gauge

Monthly total. All branches within a catchment have the same climate data. To change this, go to General, Basic Parameters. Help

Demand Sites and Catchment: 1965 Scale Unit

SUB0 ReadFromFile(DATOS\CSV\_SUB\_0\_30.csv; 1) mm /month

ReadFromFile Wizard

CSV File Name: DATOS\CSV\_SUB\_0\_30.csv Monthly, Jan 1965 - Dec 2021, 31 data columns, 684 data rows

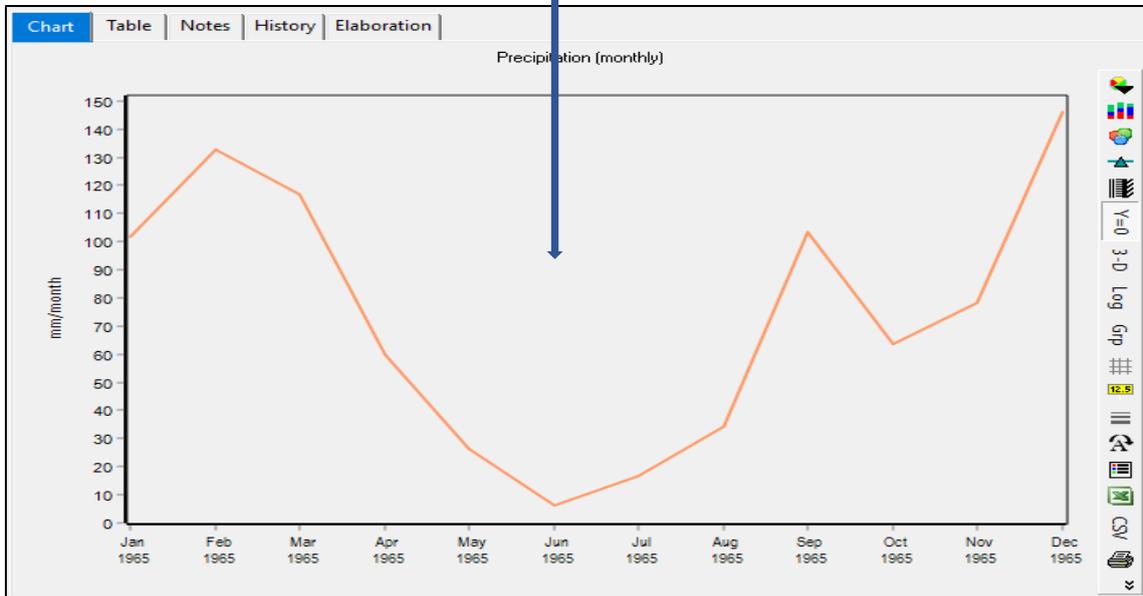
CSV File	Show on Chart at Right?	Data Column	Unit	Dates	Min	Max	Mean	Num Data	Num Missing
1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	mm	Jan 1965 - Dec 2021	0	241.18	78.9799122	684	0
2	<input type="checkbox"/>	2		Jan 1965 - Dec 2021	0	269.28	82.3794883	684	0
3	<input type="checkbox"/>	3		Jan 1965 - Dec 2021	0	412.27	127.517865	684	0
4	<input type="checkbox"/>	4		Jan 1965 - Dec 2021	1.88	311.94	101.812573	684	0

Data Column: 1 Base Year Data from: 1965 First Year to Use: 1965 Last Year to Use: 2021

Chart Table Text

ReadFromFile Expression

Demand Sites and Catchments\SUB0.Precipitation[mm] = ReadFromFile(DATOS\CSV\_SUB\_0\_30.csv; 1)

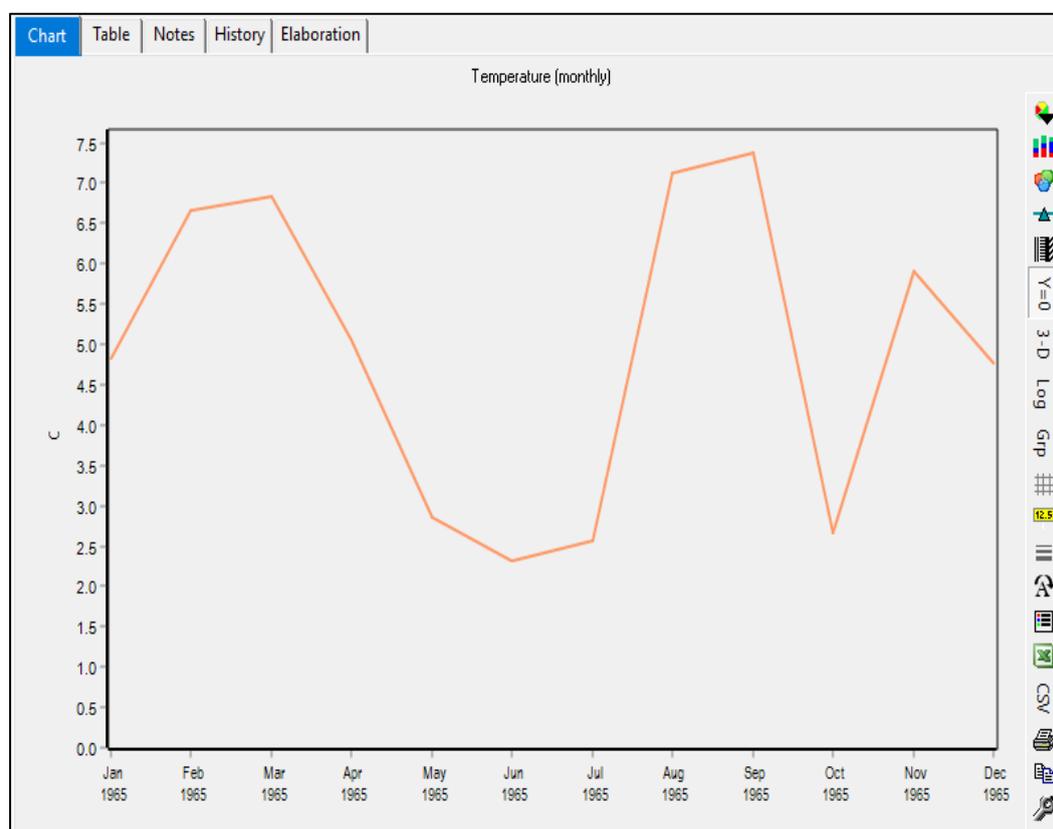
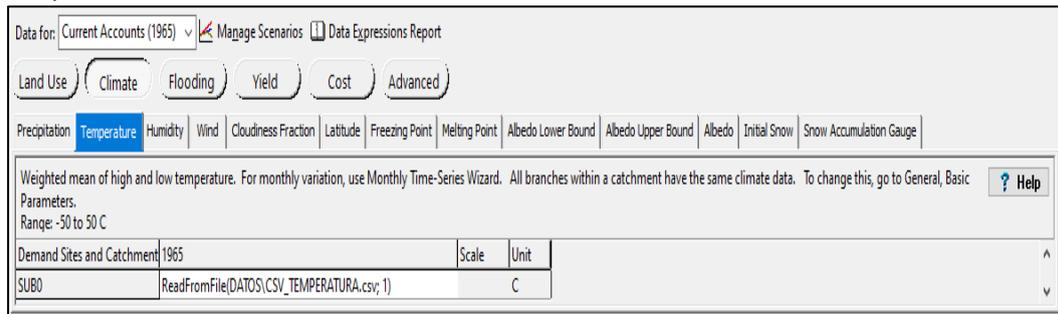


Nota. La figura muestra la información de las precipitaciones. Elaboración: Propia (2022).  
Fuente: WEAP.

# Temperatura

Figura. 64

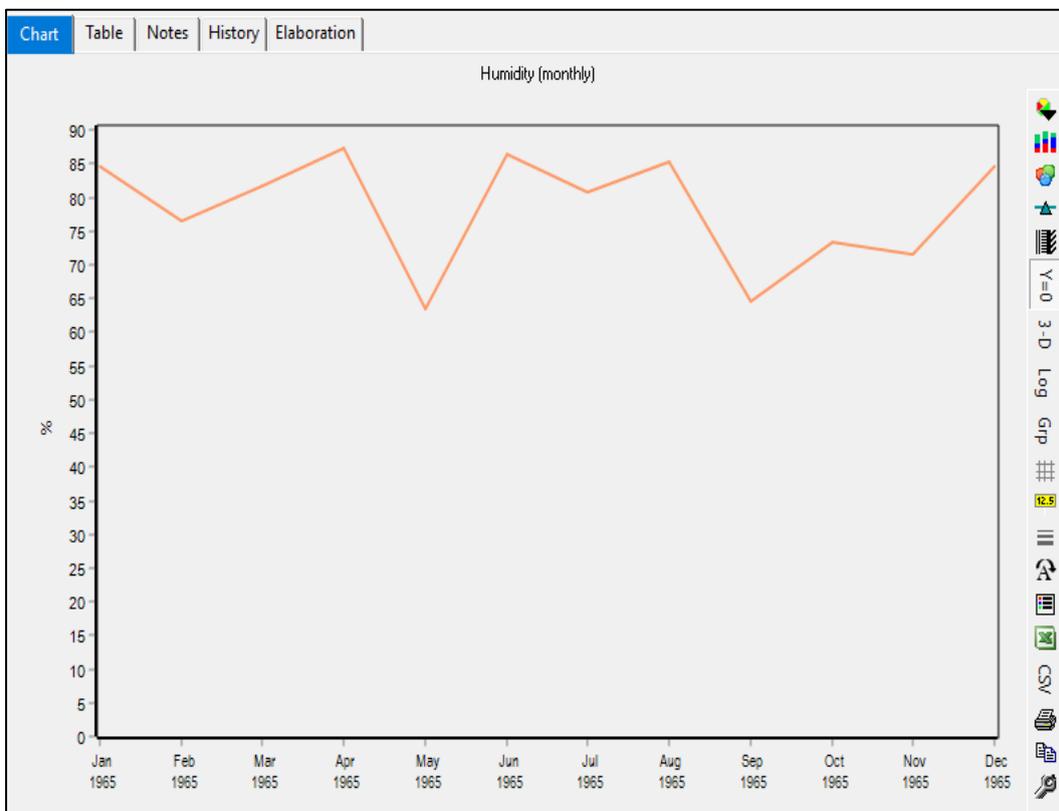
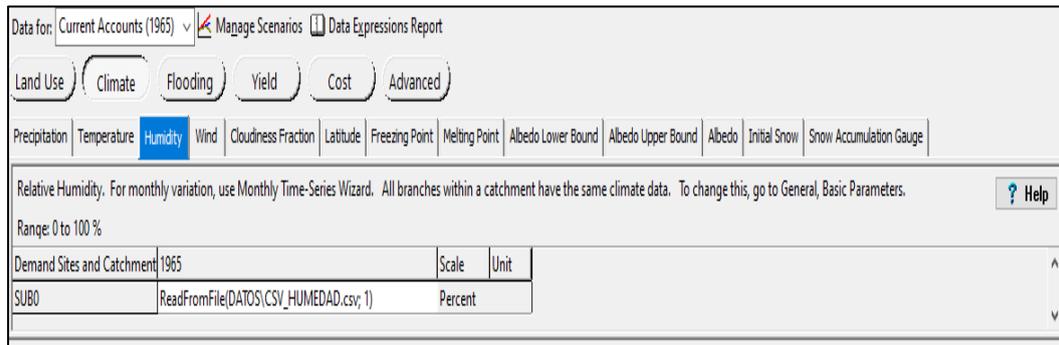
Temperaturas mensuales- Subcuenca 0



Nota. La figura muestra la información de las precipitaciones. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

## Humedad relativa

**Figura. 65**  
*Humedades mensuales- Subcuenca 0*

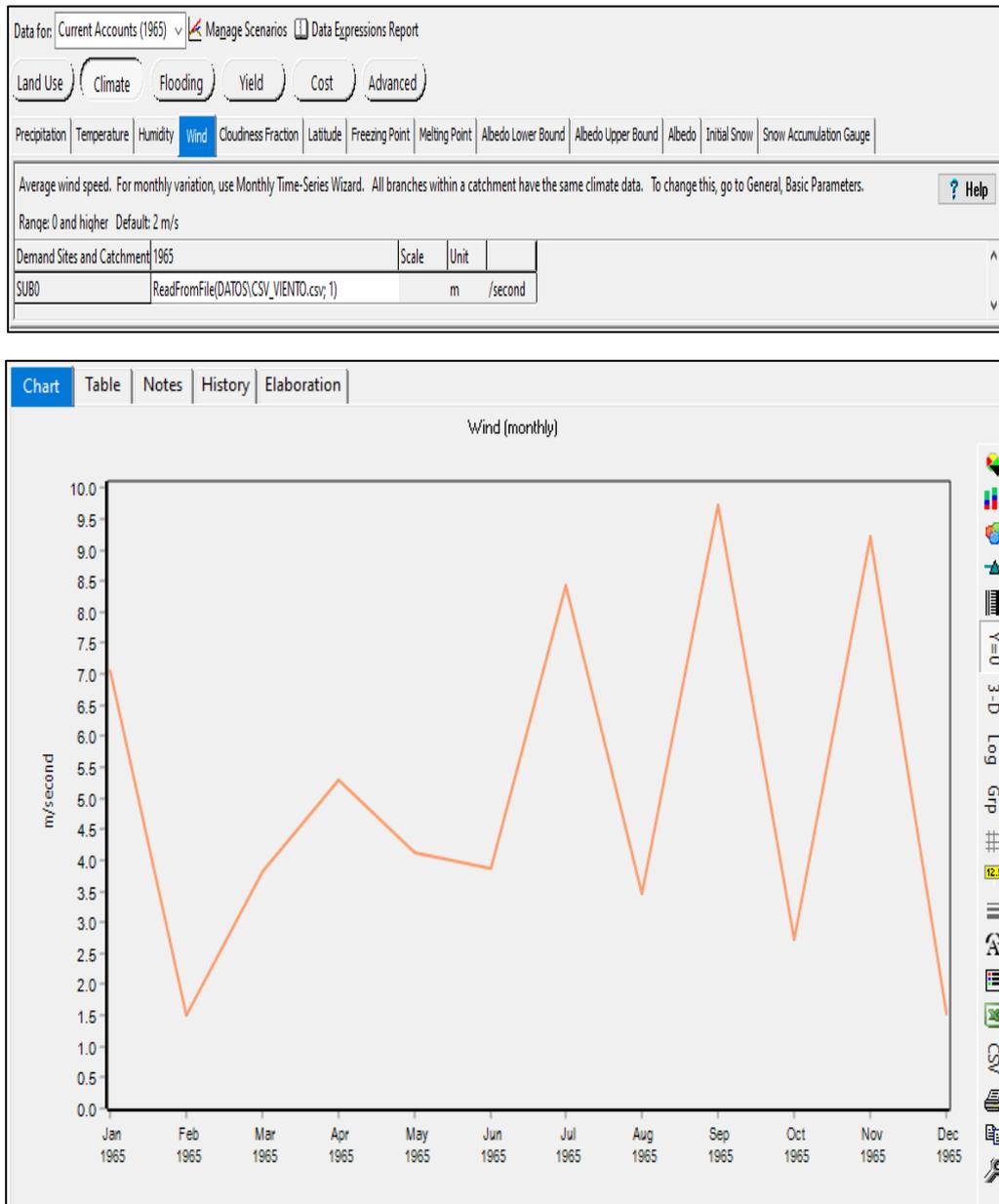


Nota. La figura muestra la información de la humedad relativa. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

## Velocidad de vientos

Figura. 66

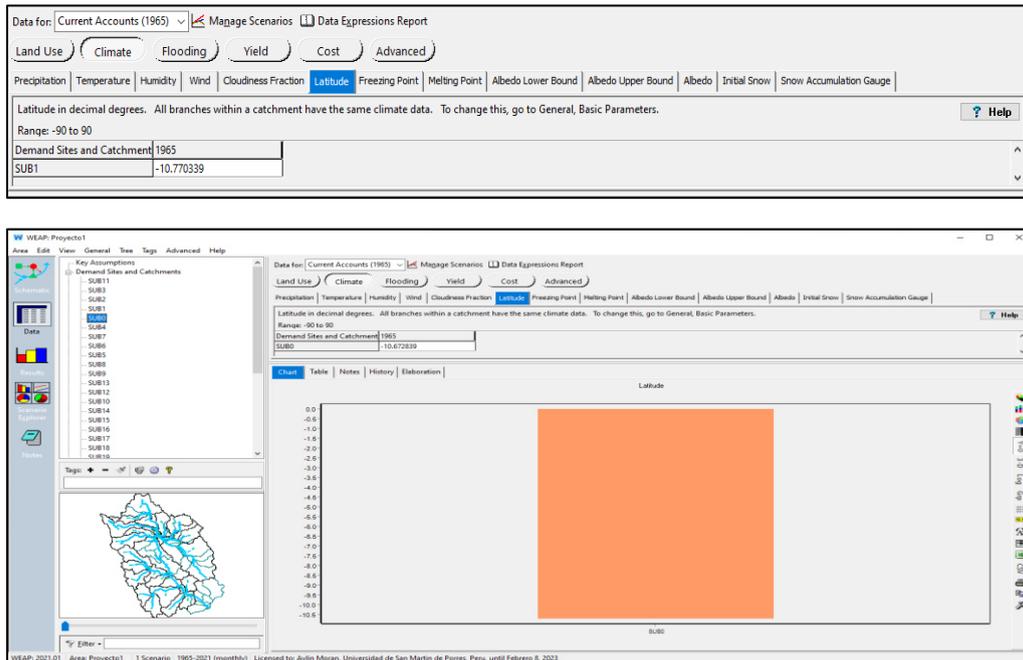
Vientos mensuales- Subcuenca 0



Nota. La figura muestra la información de vientos mensuales. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

# Latitud

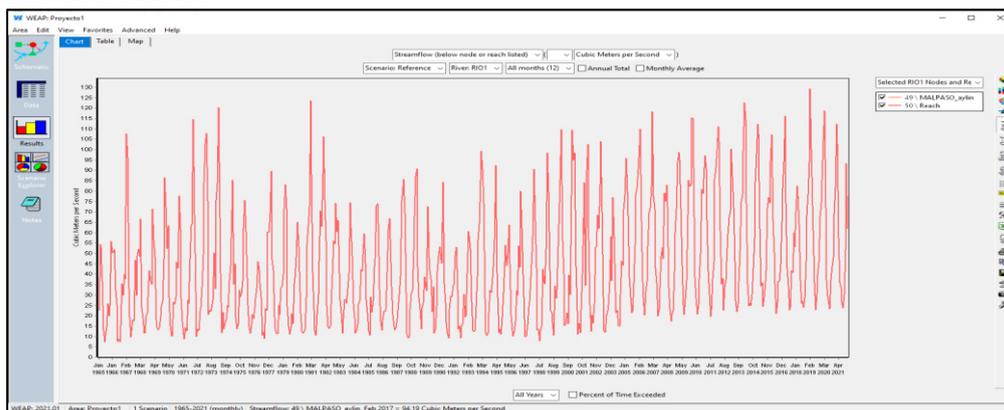
**Figura. 67**  
*Adición latitud de cada subcuenca*



Nota. La figura muestra la información de latitud. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP

- 9) Se obtiene la tabla general de caudales, generados después de ingresar la información de todas las subcuencas y se exportan al Excel.

**Figura. 68**  
*Caudales anuales*



Nota. La figura muestra los caudales de todas las subcuencas. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 16***Caudales mensuales anuales 1965 – 2021*

<b>Años</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Set.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
1965	22.66	54.48	52.71	36.51	13.21	7.34	10.29	14.41	25.86	19.78	24.91	55.87
1966	50.38	50.28	51.77	32.40	25.34	7.55	8.84	7.35	15.23	35.56	29.72	39.90
1967	37.68	107.60	95.99	33.21	19.46	9.57	15.68	18.07	17.51	46.77	29.81	48.87
1968	52.07	48.65	66.55	23.96	18.94	11.70	11.49	19.93	21.50	36.81	41.72	36.63
1969	35.02	71.35	56.43	48.48	17.64	14.55	13.18	14.28	19.78	24.38	27.19	47.18
1970	86.51	72.30	52.42	63.34	28.85	14.94	10.47	10.23	26.52	25.52	28.93	45.78
1971	42.94	77.57	61.75	28.44	17.06	10.84	8.83	14.19	12.72	27.62	25.86	47.34
1972	63.46	63.99	114.49	68.79	31.48	9.85	13.50	12.94	22.13	24.00	33.77	49.22
1973	84.17	102.83	107.93	75.44	20.55	22.51	22.13	23.85	27.38	50.16	32.98	75.59
1974	83.66	120.31	67.53	40.60	11.68	21.56	13.63	16.21	18.25	24.89	24.07	36.84
1975	44.06	70.72	85.35	35.08	44.84	19.03	13.65	15.83	32.32	29.01	30.76	36.71
1976	62.23	75.62	60.69	38.03	25.03	14.78	11.52	15.95	20.59	18.60	23.93	28.30
1977	33.16	46.10	42.11	35.82	28.84	10.56	12.11	8.91	23.61	22.63	60.32	60.27
1978	69.44	89.64	47.10	41.90	19.45	13.75	11.45	11.26	24.91	20.50	33.05	34.56
1979	39.85	71.29	83.26	71.56	24.75	15.03	11.17	14.33	21.02	16.10	35.49	38.19
1980	48.24	64.92	53.33	41.33	21.21	12.49	11.45	11.87	13.53	28.75	54.56	62.90
1981	72.67	123.51	88.08	40.88	22.78	12.83	10.69	20.49	30.14	46.35	70.43	62.99
1982	88.55	106.16	75.59	55.95	24.89	14.86	13.81	15.42	25.55	39.98	56.06	54.67
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2002	34.65	90.08	102.58	56.26	25.04	12.34	20.25	16.34	25.88	52.89	52.96	68.47
2003	62.00	83.23	103.97	69.76	29.36	12.81	12.10	20.06	22.29	25.15	36.21	58.15
2004	36.99	76.87	58.25	31.72	21.53	22.55	15.24	15.05	30.31	46.44	44.23	71.24
2005	77.90	95.85	79.90	68.28	38.57	28.94	21.37	22.17	35.71	54.22	78.24	81.64
2006	90.65	102.17	109.82	65.91	35.97	28.72	20.17	31.52	36.71	53.41	69.28	71.90
2007	82.36	118.13	77.63	71.56	42.85	35.98	19.90	23.21	33.49	48.83	52.79	47.50
2008	79.12	75.24	82.97	72.32	33.74	22.97	17.34	20.19	22.63	41.21	59.86	71.34
2009	93.70	98.57	95.29	71.75	44.27	25.03	20.48	28.01	36.81	51.82	85.21	82.28
2010	82.93	115.34	115.02	67.58	38.71	28.38	20.68	25.36	37.60	49.95	80.84	78.78
2011	85.63	96.97	90.81	66.25	41.59	29.89	19.68	22.99	37.83	45.79	85.84	91.32
2012	99.97	111.16	103.96	60.88	35.15	38.11	22.70	33.64	37.34	46.00	59.28	67.40
2013	70.76	100.30	87.09	72.08	46.24	27.30	21.84	25.65	36.49	51.19	74.98	78.37
2014	99.26	122.62	114.58	74.13	35.29	24.58	25.93	24.83	30.08	42.97	57.39	84.40
2015	97.88	112.15	107.61	61.94	34.31	35.96	24.35	28.74	36.35	41.74	71.78	77.00
2016	74.10	94.40	107.07	65.85	50.48	35.37	20.98	26.37	36.47	36.75	44.76	65.48
2017	81.40	94.19	116.06	74.26	42.88	34.34	22.91	23.91	41.71	40.69	59.91	53.05
2018	69.73	82.43	77.73	64.08	37.15	26.10	27.13	23.95	28.91	46.01	68.26	78.44
2019	93.82	129.20	100.40	72.99	49.03	35.93	22.76	30.55	39.57	45.56	67.82	74.41
2020	85.30	104.22	118.75	72.06	37.21	29.36	25.61	23.37	37.44	43.84	48.16	69.24
2021	81.59	112.16	102.81	57.40	35.98	33.64	26.41	23.68	30.21	51.59	93.27	62.02

Nota. Caudales de todas las subcuencas. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022)

#### 4.6. Modelo de gestión WEAP

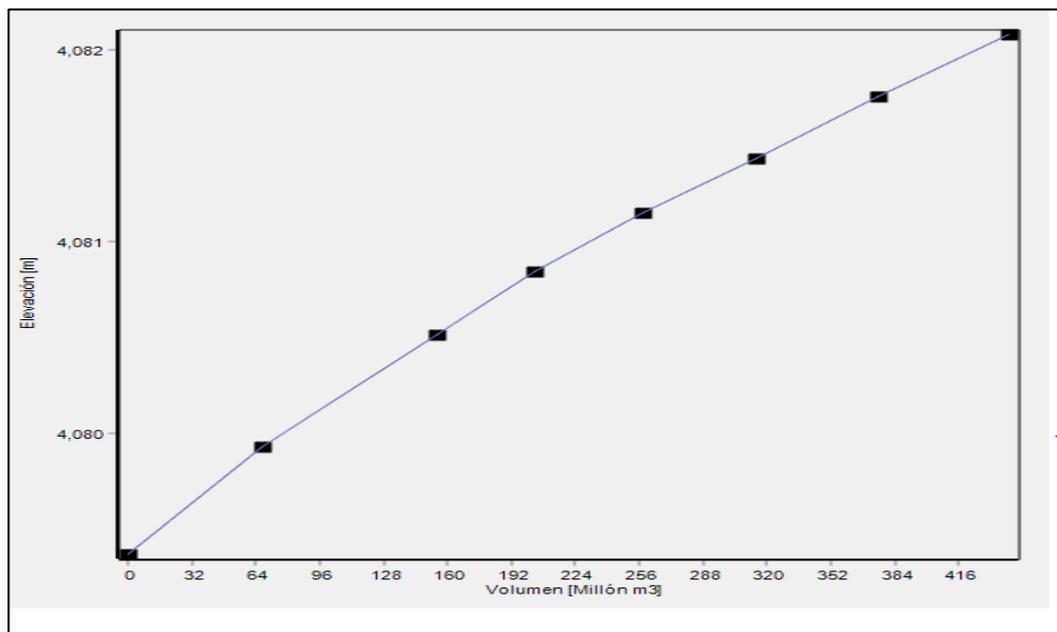
- 1) Con los datos obtenidos en el software WEAP, luego de hacer el modelamiento hidrológico, se ingresa las tablas elevación – volumen de las represas Upamayo y Malpaso respectivamente.

**Tabla 17**  
*Volumen – Elevación Upamayo*

EMBALSE: UPAMAYO	
VOLUMEN (Mm3)	ELEVACION (m.s.n.m)
0.000	4079.368
67.131	4079.932
154.439	4080.512
203.961	4080.846
257.395	4081.15
314.741	4081.435
376	4081.759
441.17	4082.083

**Figura. 69**

*Elevación – Volumen Upamayo*

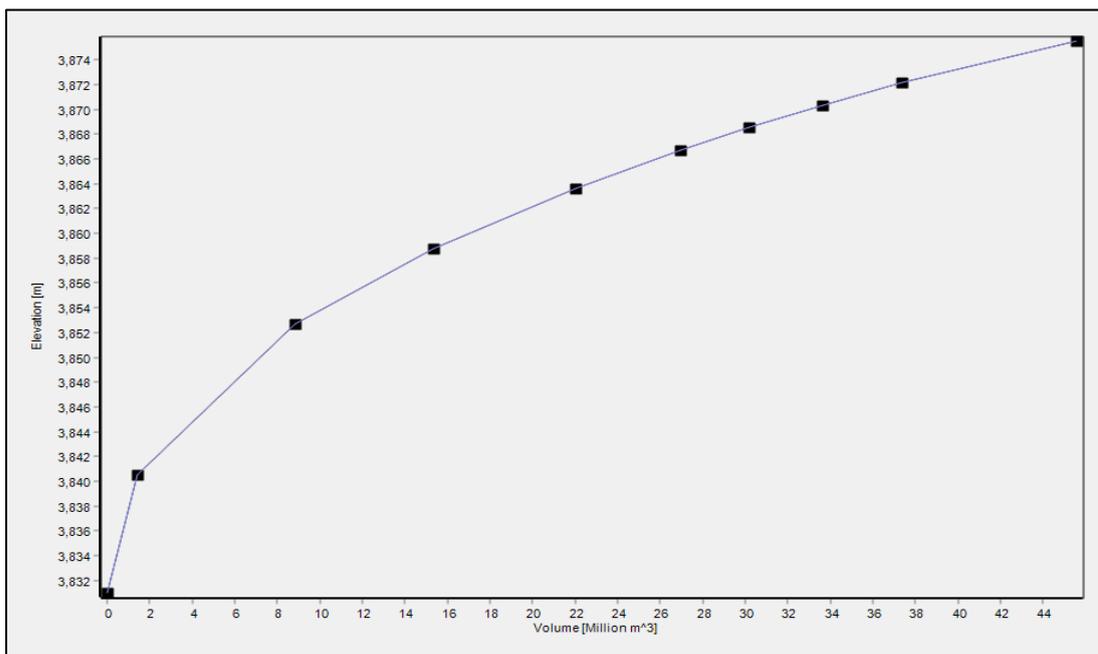


Nota. La figura muestra la curva de elevación – volumen de la represa de Upamayo.  
Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 18**  
*Volumen – Elevación Malpaso*

EMBALSE: MALPASO	
VOLÚMEN (Mm3)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
0.000	3,831.000
1.432	3,840.480
8.805	3,852.672
15.349	3,858.768
22.006	3,863.645
26.92	3,866.693
30.163	3,868.522
33.626	3,870.350
37.376	3,872.179
45.572	3,875.532

**Figura. 70**  
*Elevación – Volumen Malpaso*

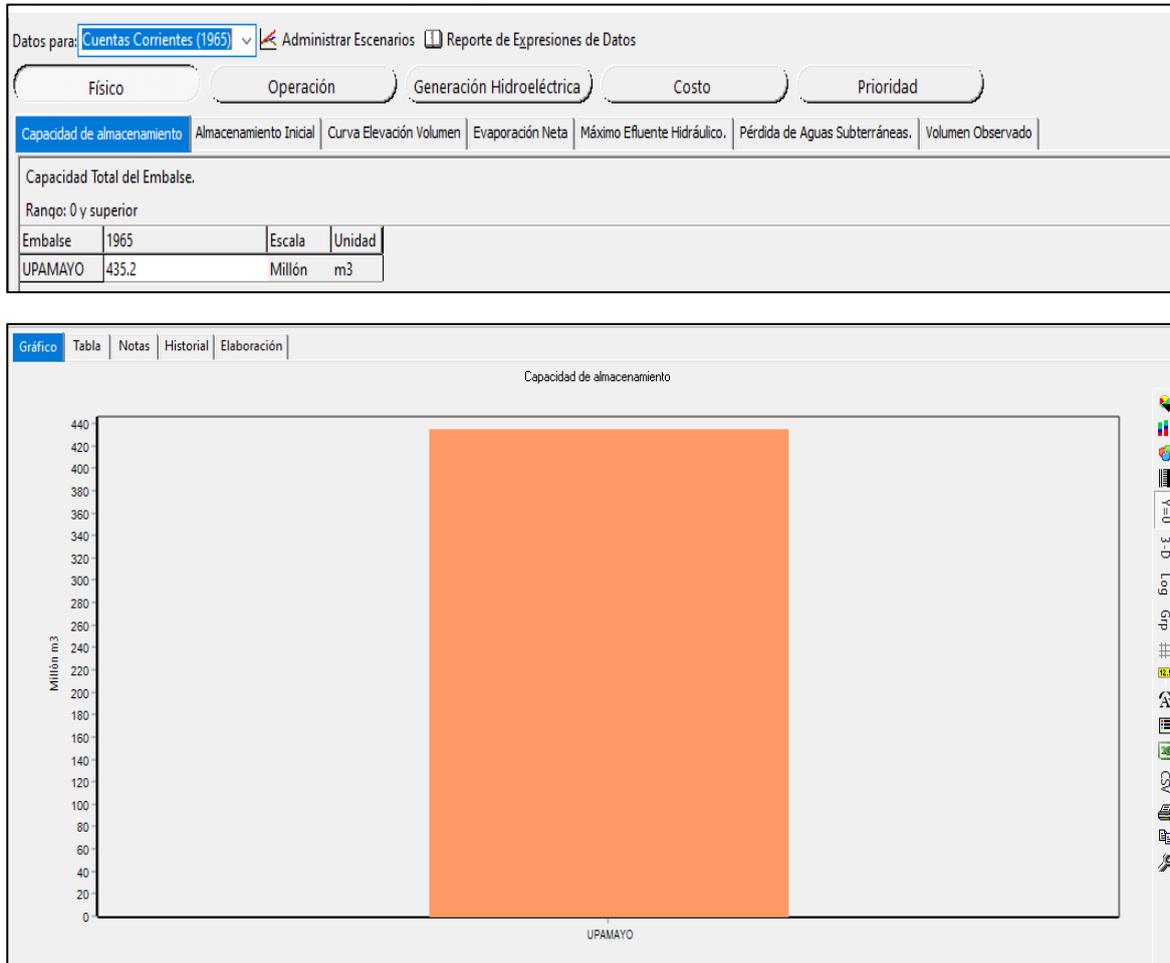


Nota. La figura muestra la curva de elevación – volumen de la represa de Malpaso.  
 Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

2) Se ingresa la descripción de parámetros en cada reservorio, teniendo así:

**Figura. 71**

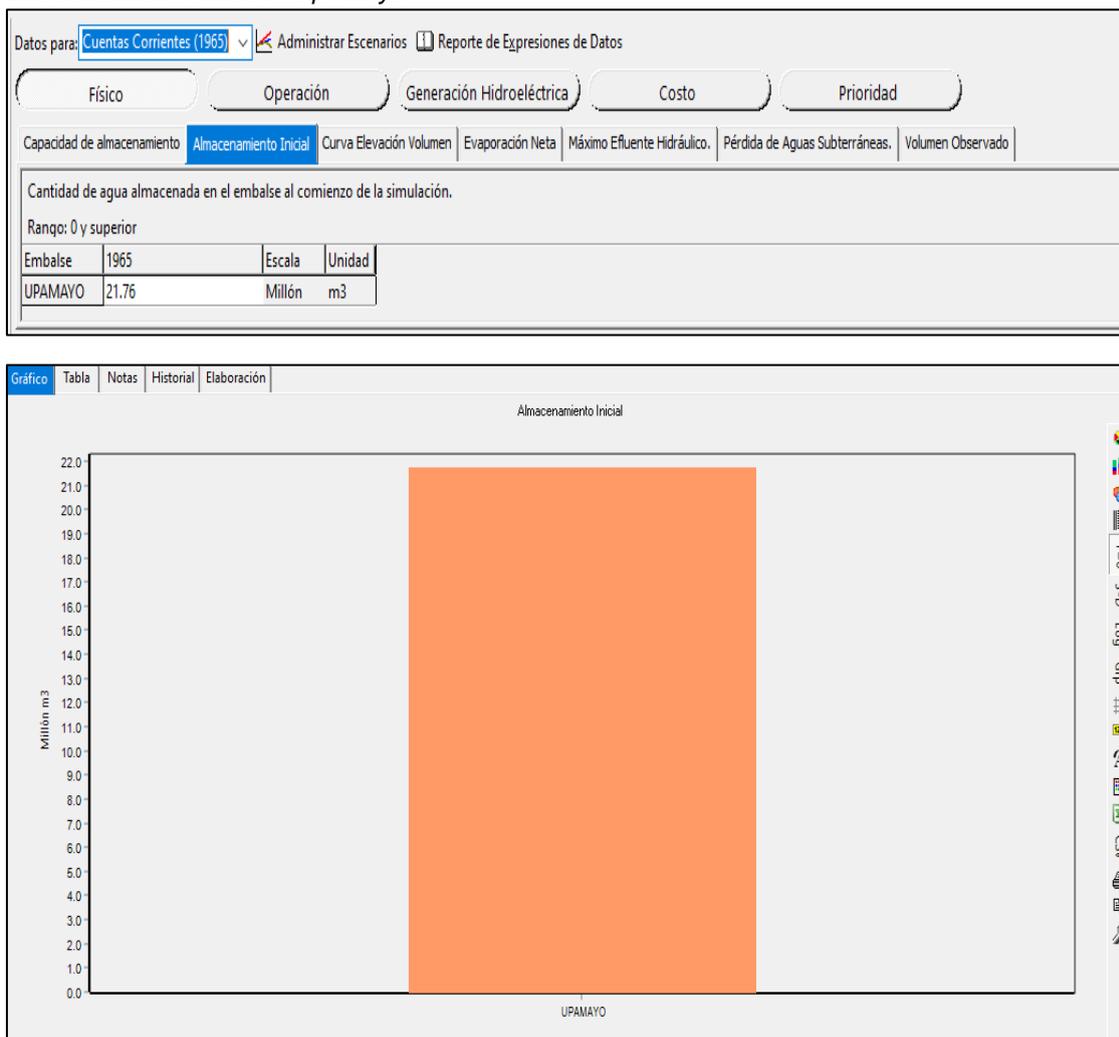
*Capacidad de Almacenamiento- Upamayo*



Nota. La figura muestra la capacidad de almacenamiento de la represa de Upamayo.

Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Figura. 72**  
**Almacenamiento Inicial - Upamayo**



Nota. La figura muestra la capacidad de almacenamiento inicial de la represa de Upamayo. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Figura. 73**  
**Máximo Efluente Hidráulico – Upamayo**

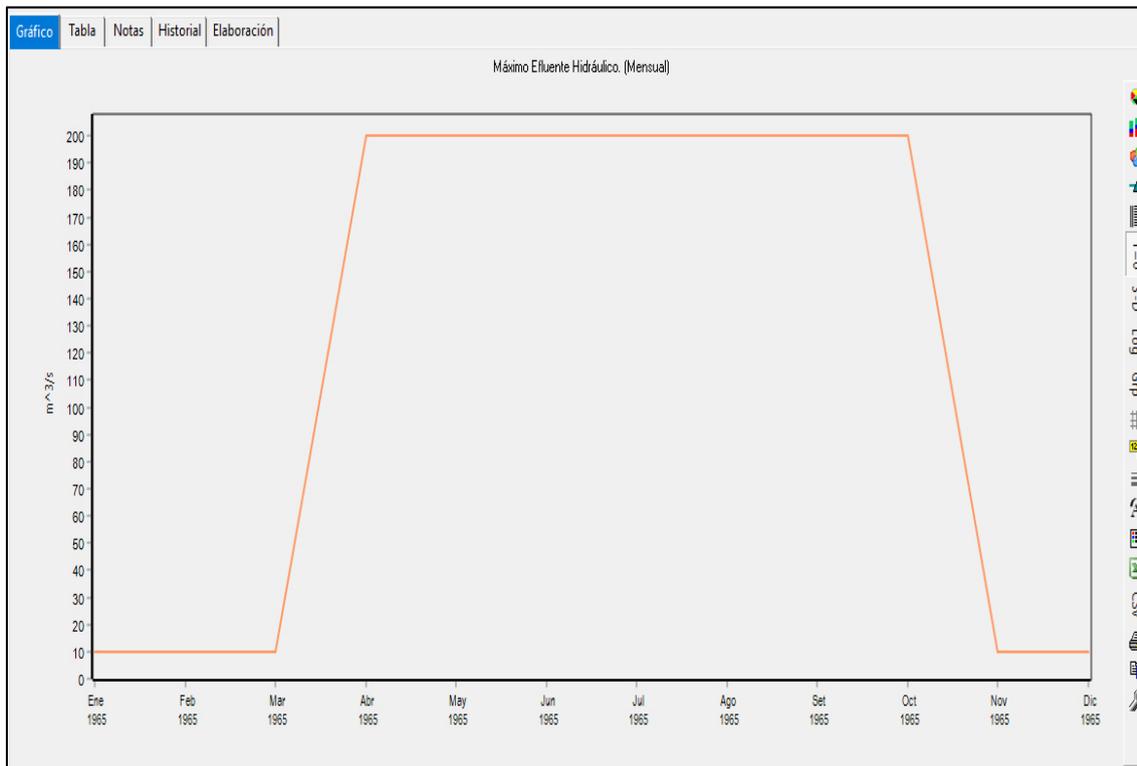
Datos para: **Cuentas Corrientes (1965)**  Administrar Escenarios  Reporte de Expresiones de Datos

Físico    Operación    **Generación Hidroeléctrica**    Costo    Prioridad

Capacidad de almacenamiento | Almacenamiento Inicial | Curva Elevación Volumen | Evaporación Neta | **Máximo Efluente Hidráulico** | Pérdida de Aguas Subterráneas | Volumen Observado

Flujo máximo saliente del reservorio dadas restricciones hidráulicas. Usualmente es una función de la elevación del almacenamiento al inicio de un intervalo (PrevTSValue(Storage Elevation)). Opcional--Sin restricción si esta en blanco. También, sin restricción en intervalos cuando el reservorio esta lleno totalmente-- el agua llenara el reservorio a tasa sin limites. Para variación de mensual, utilice el Asistente de Series de Tiempo Mensual.  
 Rango: 0 y superior

Embalse	1965	Escala	Unidad
UPAMAYO	MonthlyValues( Ene; 10; Feb; 10; Mar; 10; Abr; 200; May; 200; Jun; 200; Jul; 200; Ago; 200; Set; 200; Oct; 200; Nov; 10; Dic; 10)		m <sup>3</sup> /s



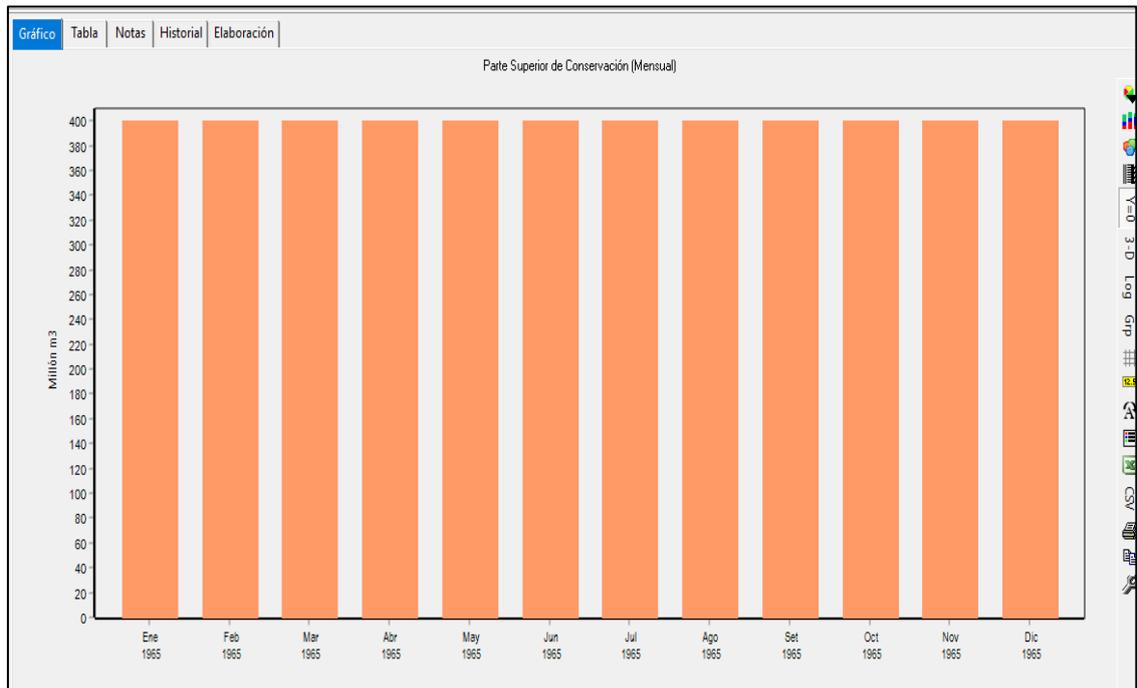
Nota. La figura muestra el máximo Efluente Hidráulico de la represa de Upamayo, que ira variando de acuerdo con las simulaciones. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Figura. 74**  
**Parte superior de conservación – Upamayo**

Datos para: Cuentas Corrientes (1965)  Administrar Escenarios  Reporte de Expresiones de Datos

El volumen máximo de agua de un embalse (permitiendo un margen para control de inundaciones). Si el máximo es igual a capacidad de almacenamiento total, dejar en blanco. Para variación de mensual utilice el Asistente de Series de Tiempo Mensual.  
 Rango: 0 y superior Por defecto: Capacidad de almacenamiento [Millón m<sup>3</sup>]

Embalse	1965	Escala	Unidad
UPAMAYO	400	Millón	m <sup>3</sup>



Nota. La figura muestra la parte superior de conservación de la represa de Upamayo.  
 Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Figura. 75**  
*Parte superior de amortiguamiento – Upamayo*

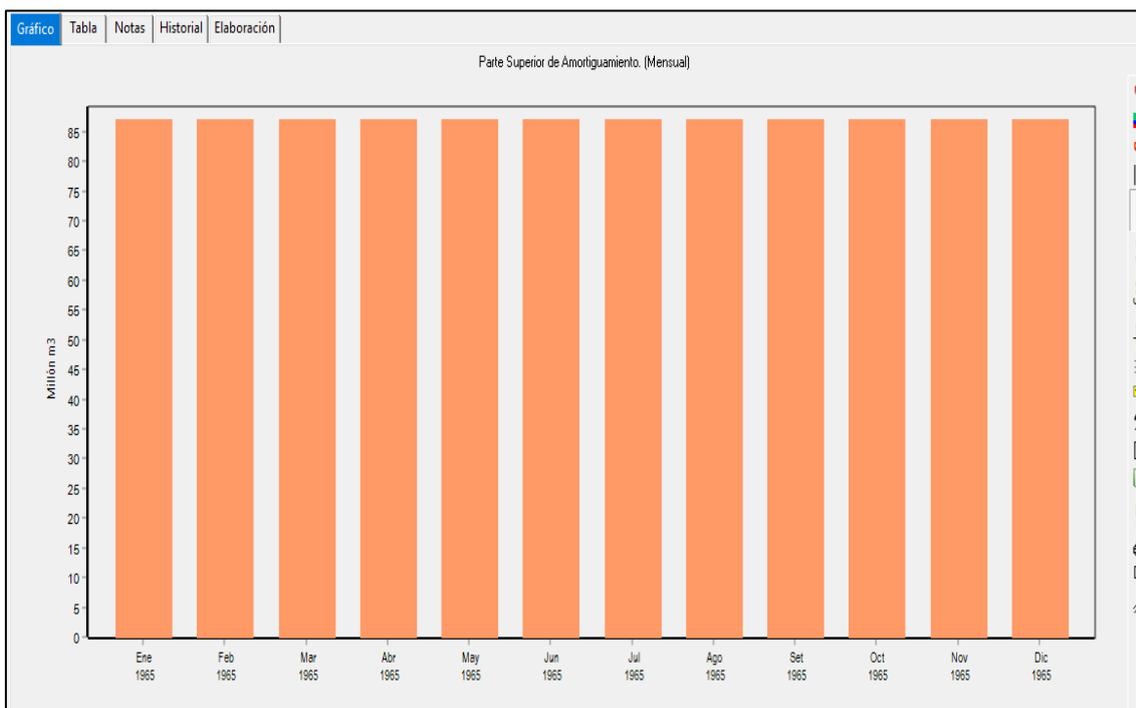
Datos para: Cuentas Corrientes (1965)  Administrar Escenarios  Reporte de Expresiones de Datos

Físico **Operación** Generación Hidroeléctrica Costo Prioridad

Parte Superior de Conservación **Parte Superior de Amortiguamiento** Parte Superior del Volumen Inactivo Coeficiente de Amortiguamiento

Por debajo de este nivel, las descargas del embalse son restringidas (si el coeficiente de amortiguamiento es menor que uno). Si no existe una zona de amortiguamiento, dejar en blanco. Para variación de mensual, utilice el Asistente de Series de Tiempo Mensual.  
 Rango: 0 y superior Por defecto: Parte Superior del Volumen Inactivo [Millón m3]

Embalse	1965	Escala	Unidad
UPAMAYO	87.04	Millón	m3



Nota. La figura muestra la parte superior de amortiguamiento de la represa de Upamayo. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

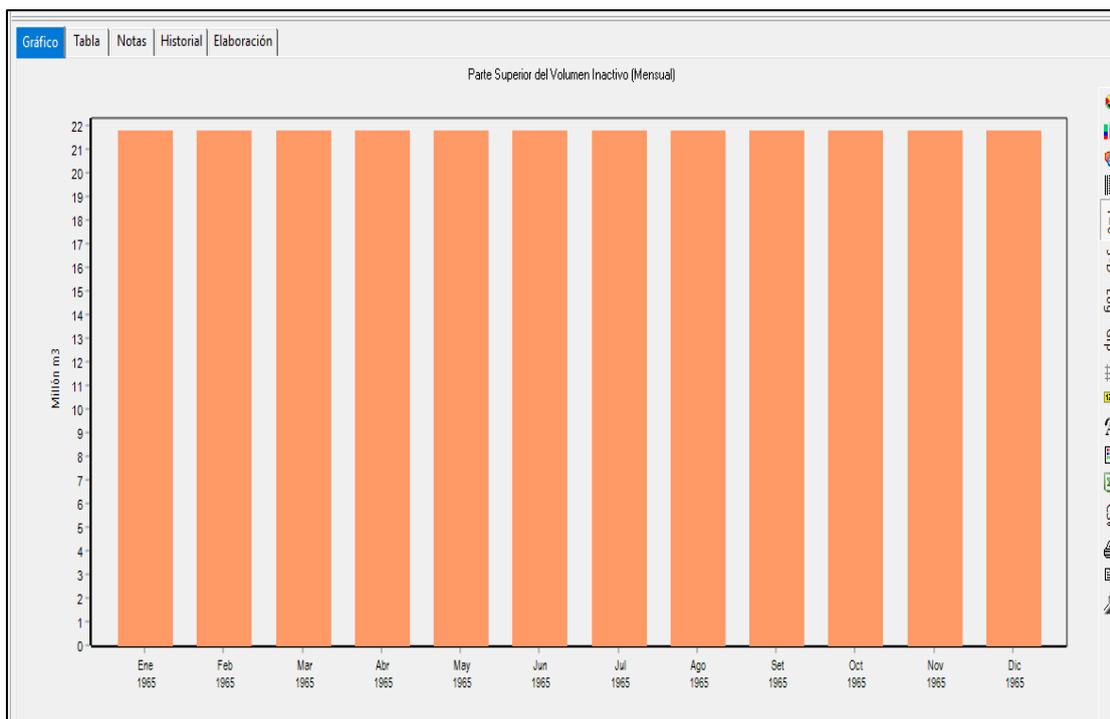
**Figura. 76**  
*Parte superior del volumen inactivo– Upamayo*

Datos para: Cuentas Corrientes (1965)  Administrar Escenarios  Reporte de Expresiones de Datos

Volumen de agua en un embalse no disponible para la asignación. Si es 0, dejar en blanco. Para variación de mensual, utilice el Asistente de Series de Tiempo Mensual.

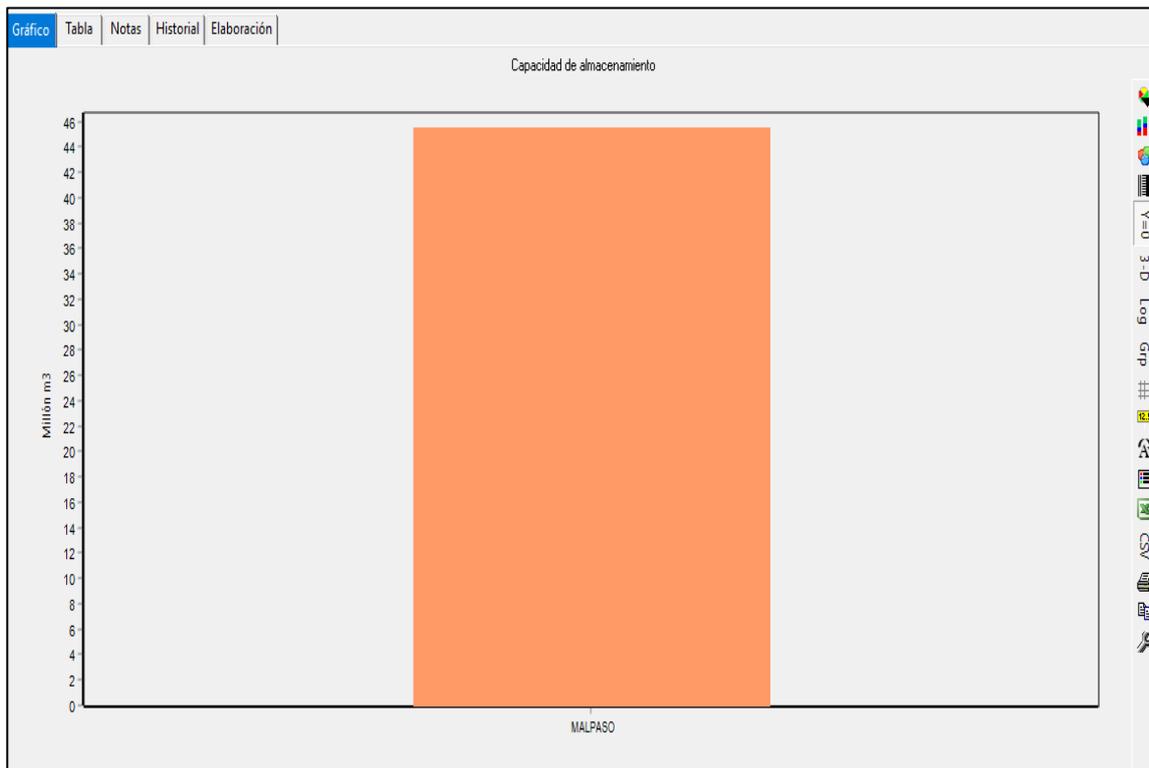
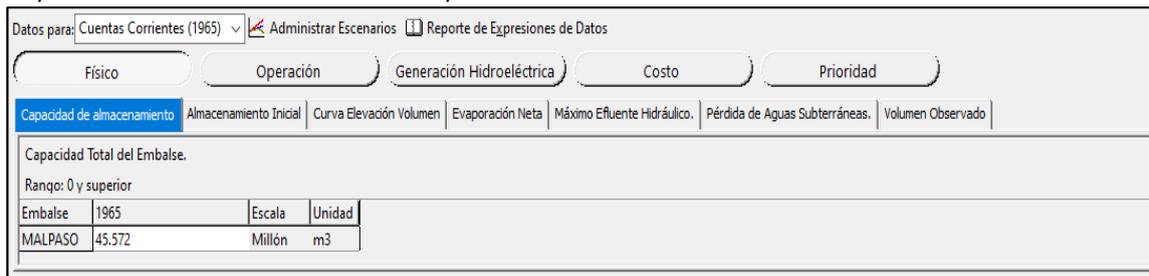
Rango: 0 y superior

Embalse	1965	Escala	Unidad
UPAMAYO	21.76	Millón	m3



Nota. La figura muestra la parte superior del volumen inactivo de la represa de Upamayo. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Figura. 77**  
**Capacidad de almacenamiento – Malpaso**



Nota. La figura muestra la capacidad de almacenamiento de la represa de Malpaso.  
 Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Figura. 78**

**Almacenamiento Inicial - Malpaso**

Datos para: Cuentas Corrientes (1965)  Administrar Escenarios  Reporte de Expresiones de Datos

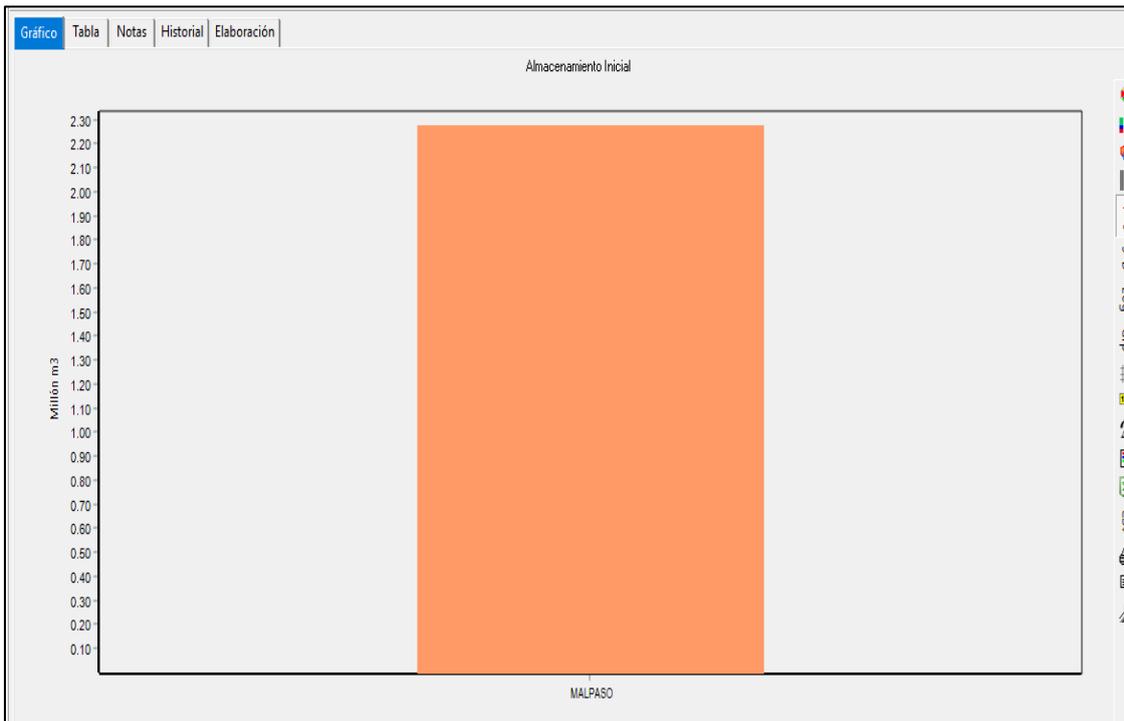
Físico    Operación    **Generación Hidroeléctrica**    Costo    Prioridad

Capacidad de almacenamiento    **Almacenamiento Inicial**    Curva Elevación Volumen    Evaporación Neta    Máximo Efuyente Hidráulico    Pérdida de Aguas Subterráneas    Volumen Observado

Cantidad de agua almacenada en el embalse al comienzo de la simulación.

Rango: 0 y superior

Embalse	1965	Escala	Unidad
MALPASO	2,278	Millón	m3



Nota. La figura muestra la capacidad de almacenamiento inicial de la represa de Malpaso.

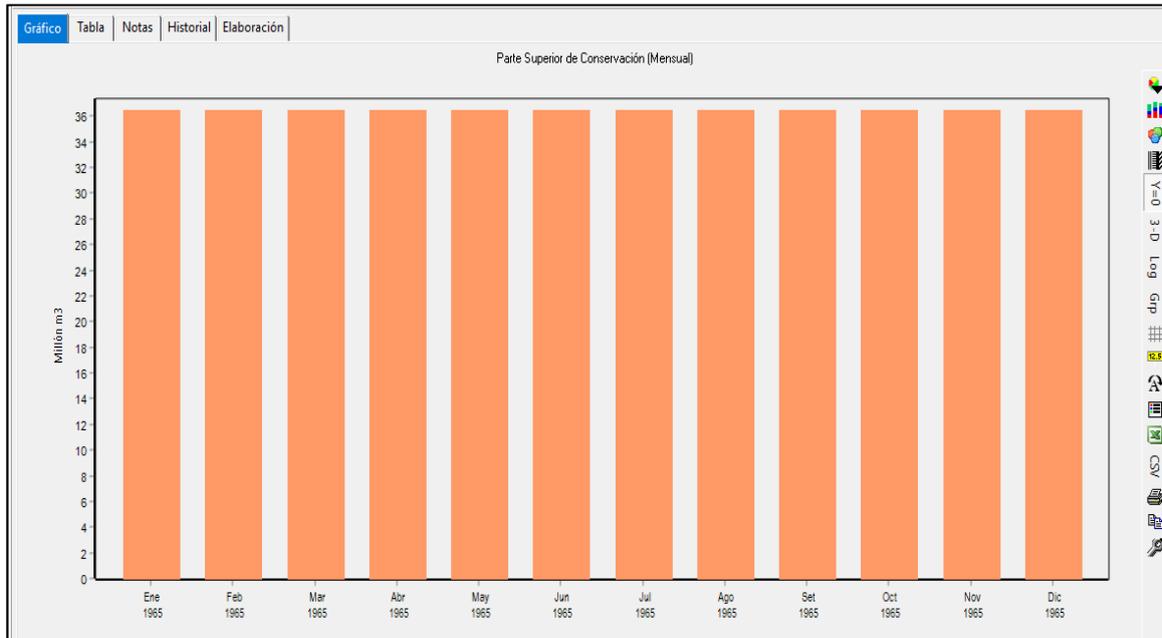
Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Figura. 79**  
**Parte superior de conservación – Malpaso**

Datos para: Cuentas Corrientes (1965)  Administrar Escenarios  Reporte de Expresiones de Datos

El volumen máximo de agua de un embalse (permitiendo un margen para control de inundaciones). Si el máximo es igual a capacidad de almacenamiento total, dejar en blanco. Para variación de mensual, utilice el Asistente de Series de Tiempo Mensual.  
 Rango: 0 y superior Por defecto: Capacidad de almacenamiento [Millón m<sup>3</sup>]

Embalse	1965	Escala	Unidad
MALPASO	36.457	Millón	m <sup>3</sup>



Nota. La figura muestra la parte superior de conservación de la represa de Malpaso.  
 Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Figura. 80**  
**Parte superior de amortiguamiento – Malpaso**

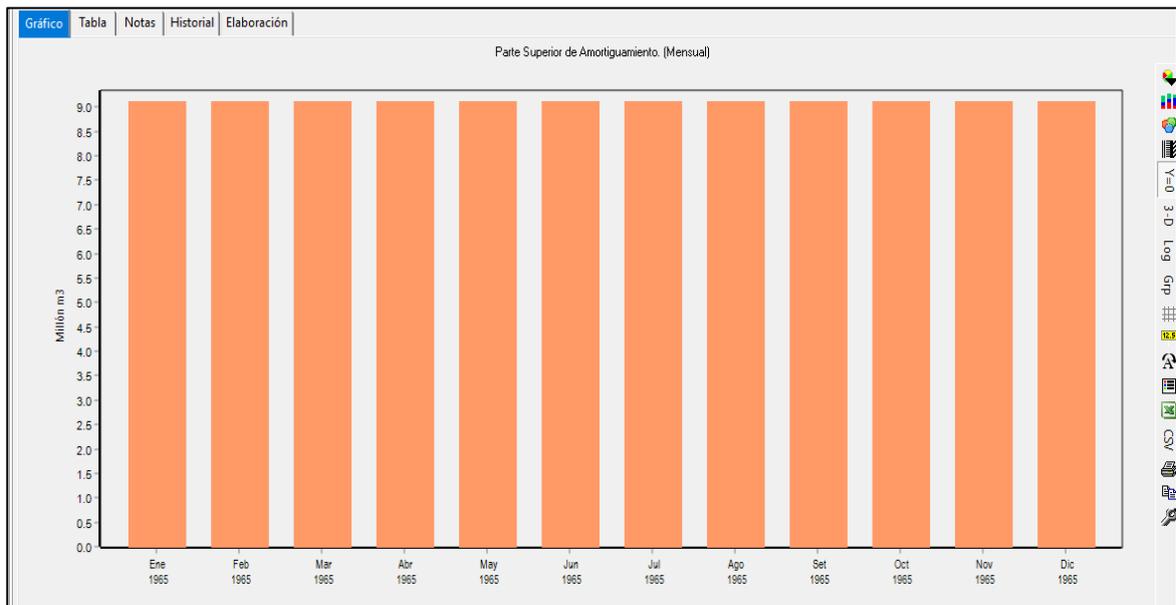
Datos para: Cuentas Corrientes (1965)  Administrar Escenarios  Reporte de Expresiones de Datos

Físico **Operación** Generación Hidroeléctrica Costo Prioridad

Parte Superior de Conservación **Parte Superior de Amortiguamiento** Parte Superior del Volumen Inactivo Coeficiente de Amortiguamiento

Por debajo de este nivel, las descargas del embalse son restringidas (si el coeficiente de amortiguamiento es menor que uno). Si no existe una zona de amortiguamiento, dejar en blanco. Para variación de mensual, utilice el Asistente de Series de Tiempo Mensual.  
 Rang: 0 y superior Por defecto: Parte Superior del Volumen Inactivo [Millón m<sup>3</sup>]

Embalse	1965	Escala	Unidad
MALPASO	9.114	Millón	m <sup>3</sup>



Nota. La figura muestra la parte superior de amortiguamiento de la represa de Malpaso.  
 Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Figura. 81**

*Parte superior del volumen inactivo– Malpaso*

Datos para: Cuentas Corrientes (1965)  Administrar Escenarios  Reporte de Expresiones de Datos

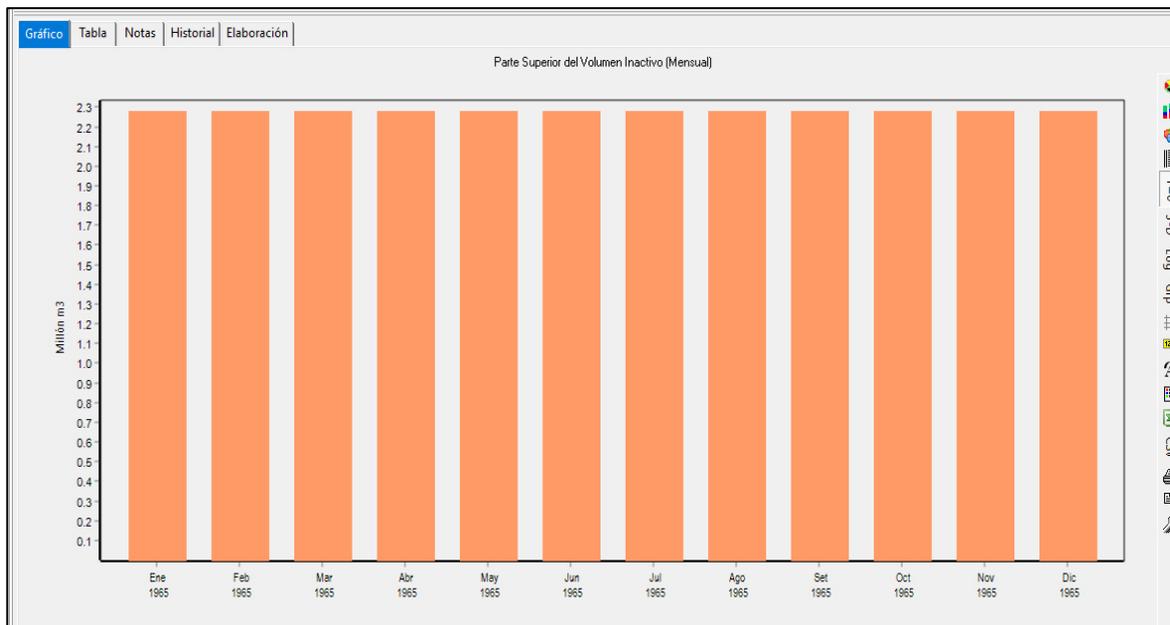
Físico | Operación | **Generación Hidroeléctrica** | Costo | Prioridad

Parte Superior de Conservación | Parte Superior de Amortiguamiento | **Parte Superior del Volumen Inactivo** | Coeficiente de Amortiguamiento

Volumen de agua en un embalse no disponible para la asignación. Si es 0, dejar en blanco. Para variación de mensual, utilice el Asistente de Series de Tiempo Mensual.

Rango: 0 y superior

Embalse	1965	Escala	Unidad
MALPASO	2,278	Millón	m3



Nota. La figura muestra la parte superior del volumen inactivo de la represa de Malpaso. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

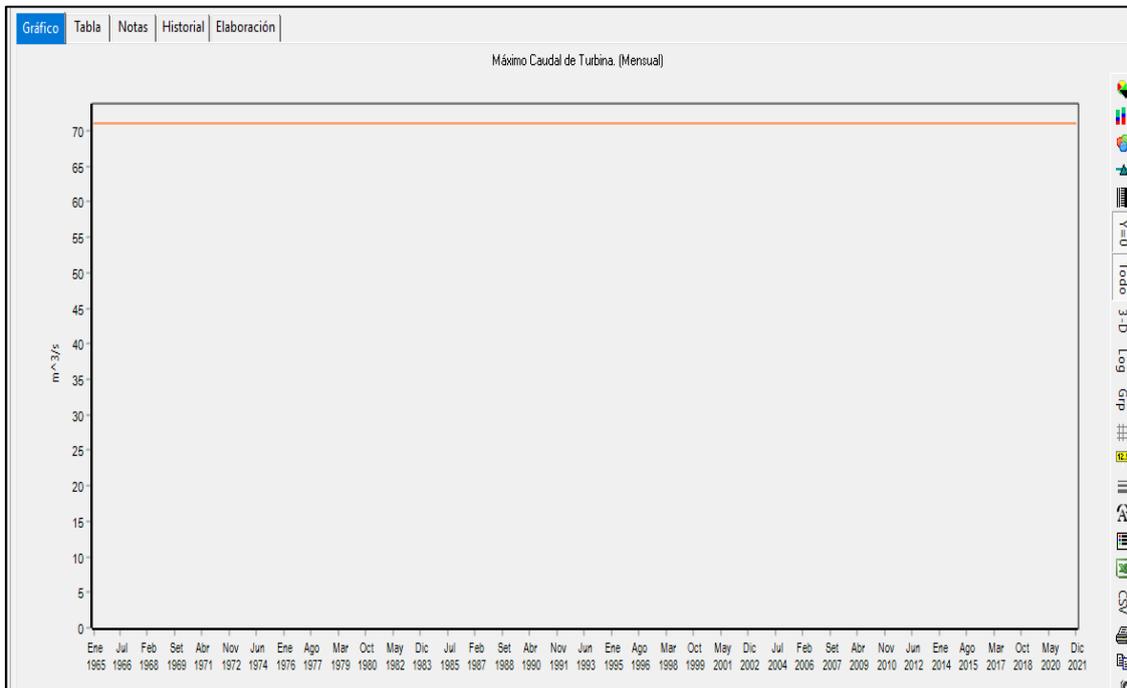
**Figura. 82**  
**Caudal Turbinable – Malpaso**

datos para: **Reference (1966-2021)**  Administrar Escenarios  Reporte de Expresiones de Datos

Energía hidráulica se genera solamente dentro del rango de gasto mínimo y máximo de la turbina. Para variación de mensual, utilice el Asistente de Series de Tiempo Mensual.

Rango: 0 y superior

Embalse	1965	1966-2021	Escala	Unidad
MALPASO	71	71		m <sup>3</sup> /s

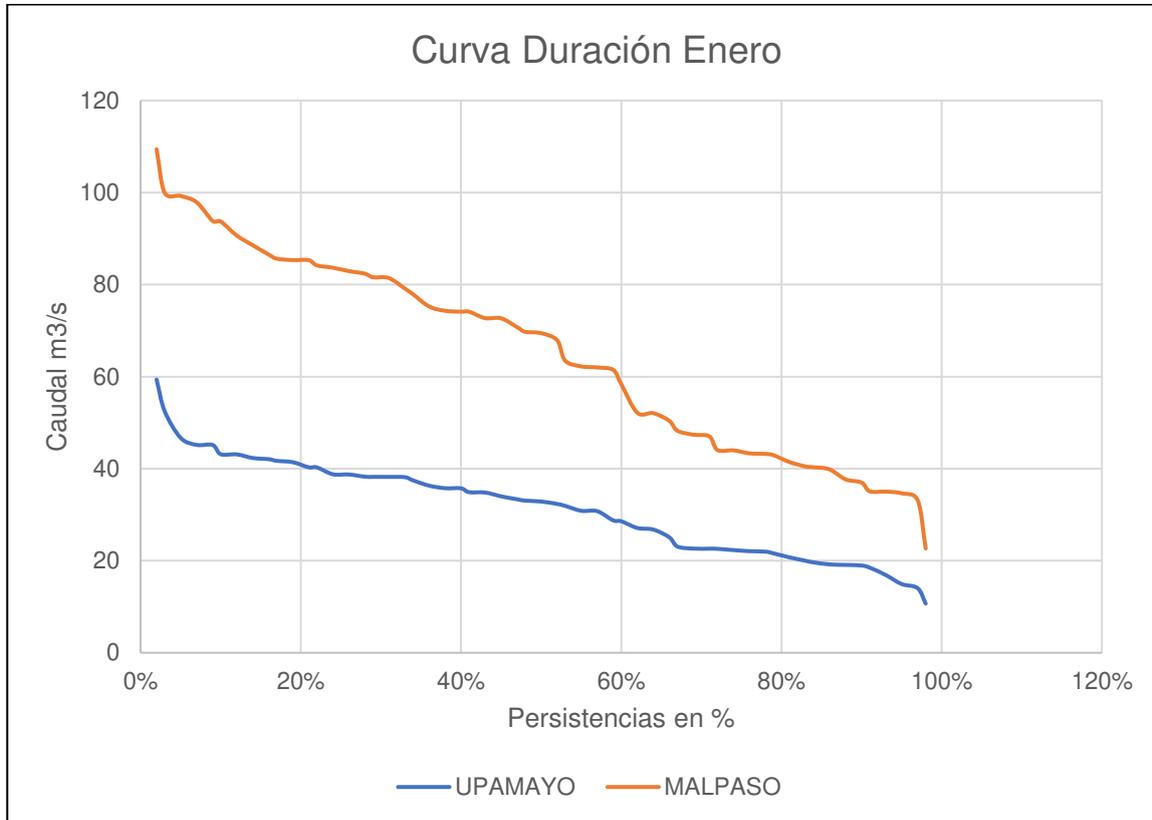


Nota. La figura muestra el caudal Turbinable de la represa de Malpaso. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

- 3) Se obtienen las curvas de duración mensuales, que es la relación entre caudal m<sup>3</sup>/s y persistencias en % de todos los meses del año. Anexo 12

**Figura. 83**

*Curva de duración Enero*



Nota. La figura muestra la curva de duración de enero de la represa de Malpaso y Upamayo. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

- 4) Se Hallan las capacidades en cada zona de la represa, para ello se exporta la tabla del software WEAP de los caudales en los reservorios y se añade un caudal diferenciado Malpaso – Upamayo.

**Tabla 19**  
*Caudales de los Reservorios*

<b>Mes/Año</b>	<b>Q. UPAMAYO</b>	<b>Q. MALPASO</b>	<b>Qdif.: MALPASO-UPAMAYO</b>
Ene 1965	10.6899	22.6629	11.973
Feb-65	24.0701	54.4826	30.4125
Mar-65	27.9221	52.7091	24.787
Abr 1965	16.5803	36.5127	19.9324
May-65	6.49616	13.2131	6.71694
Jun-65	3.4632	7.33855	3.87535
Jul-65	4.2768	10.2905	6.0137
Ago 1965	6.44884	14.4069	7.95806
Set 1965	12.1815	25.8564	13.6749
Oct-65	9.9986	19.7829	9.7843
Nov-65	13.4892	24.9061	11.4169
Dic 1965	26.9339	55.871	28.9371
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
Ene 2021	35.7656	81.5905	45.8249
Feb-21	61.6257	112.16	50.5343
Mar-21	56.2058	102.806	46.6002
Abr 2021	29.7412	57.4029	27.6617
May-21	17.257	35.978	18.721
Jun-21	17.3967	33.637	16.2403
Jul-21	14.513	26.4134	11.9004
Ago 2021	12.8489	23.6776	10.8287
Set 2021	15.3439	30.2095	14.8656
Oct-21	24.5937	51.5892	26.9955
Nov-21	35.9219	93.2745	57.3526
Dic 2021	29.8444	62.0201	32.1757

Nota. Caudales de la represa de Upamayo y Malpaso.

Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP.  
(2022).

- 5) Para la siguiente tabla, en el coeficiente, se multiplicó (3600 x 24 x (días de mes)) / 1,000000; para el Volumen disponible, se multiplicó el coeficiente x el Qmes.

**Tabla 20**

*Capacidad de la Represa de Upamayo*

	Q UPAMAYO					CAPAC. HIDROLOGICA		687.140
MES	COEFICIENTE	VOL. DISP.	VOL. DEM.	DIF.(DISP.-DEM)	VOL ACUM	PICO	BAJO	CAPACIDAD
1	2.68	28.63	0.00	28.63	100.00	304.62	88.08	216.54
2	2.42	58.23	0.00	58.23	128.63			
3	2.68	74.79	0.00	74.79	186.86			
4	2.59	42.98	0.00	42.98	261.65			
5	2.68	17.40	55.00	-37.60	304.62			
6	2.59	8.98	55.00	-46.02	267.02			
7	2.68	11.45	55.00	-43.55	221.00			
8	2.68	17.27	55.00	-37.73	177.46			
9	2.59	31.57	55.00	-23.43	139.73			
10	2.68	26.78	55.00	-28.22	116.30			
11	2.59	34.96	0.00	34.96	88.08			
12	2.68	72.14	0.00	72.14	123.05			
1	2.68	82.62	0.00	82.62	195.19	459.96	195.19	264.77
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
1	2.68	10.07	0.00	10.07	64.36	222.97	64.36	158.61
2	2.42	16.10	0.00	16.10	74.43			
3	2.68	21.65	0.00	21.65	90.54			
4	2.59	20.02	0.00	20.02	112.19			
5	2.68	62.07	55.00	7.07	132.21			
6	2.59	38.21	55.00	-16.79	139.28			
7	2.68	75.66	55.00	20.66	122.49			
8	2.68	67.18	55.00	12.18	143.15			
9	2.59	62.31	55.00	7.31	155.33			
10	2.68	88.38	55.00	33.38	162.63			
11	2.59	26.96	0.00	26.96	196.01			
12	2.68	16.63	0.00	16.63	222.97			

Nota. Capacidad de la represa de Upamayo. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Tabla 21**

Capacidad de la Represa de Malpaso

Q MALPASO						CAPAC. HIDROLOGICA		1298.846
MES	COEFICIENTE	VOL. DISP.	VOL. DEM.	DIF.(DISP.-DEM)	VOL ACUM	PICO	BAJO	CAPACIDAD
1	2.68	60.70	0.00	60.70	100.00	528.32	78.89	449.43
2	2.42	131.80	0.00	131.80	160.70			
3	2.68	141.18	0.00	141.18	292.50			
4	2.59	94.64	0.00	94.64	433.68			
5	2.68	35.39	115.00	-79.61	528.32			
6	2.59	19.02	115.00	-95.98	448.71			
7	2.68	27.56	115.00	-87.44	352.73			
8	2.68	38.59	115.00	-76.41	265.30			
9	2.59	67.02	115.00	-47.98	188.88			
10	2.68	52.99	115.00	-62.01	140.90			
11	2.59	64.56	0.00	64.56	78.89			
12	2.68	149.64	0.00	149.64	143.45			
1	2.68	134.95	0.00	134.95	293.09			
.	.	.	.	.	.			
.	.	.	.	.	.			
.	.	.	.	.	.			
1	2.68	25.64	0.00	25.64	138.19	444.90	138.19	306.71
2	2.42	37.93	0.00	37.93	163.84			
3	2.68	48.40	0.00	48.40	201.76			
4	2.59	45.38	0.00	45.38	250.16			
5	2.68	125.26	115.00	10.26	295.54			
6	2.59	77.27	115.00	-37.73	305.80			
7	2.68	130.90	115.00	15.90	268.07			
8	2.68	139.46	115.00	24.46	283.97			
9	2.59	126.11	115.00	11.11	308.44			
10	2.68	178.25	115.00	63.25	319.54			
11	2.59	62.11	0.00	62.11	382.79			
12	2.68	50.72	0.00	50.72	444.90			

Nota. Capacidad de la represa de Malpaso. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Tabla 22***Caudal diferencial de Malpaso y Upamayo*

	QDif. Malp-Upam					CAPAC. HIDROLOGICA		691.073
MES	COEFICIENTE	VOL. DISP.	VOL. DEM.	DIF.(DISP.-DEM)	VOL ACUM	PICO	BAJO	CAPACIDAD
1	2.68	32.07	0.00	32.07	100.00	323.70	90.81	232.89
2	2.42	73.57	0.00	73.57	132.07			
3	2.68	66.39	0.00	66.39	205.64			
4	2.59	51.66	0.00	51.66	272.03			
5	2.68	17.99	60.00	-42.01	323.70			
6	2.59	10.04	60.00	-49.96	281.69			
7	2.68	16.11	60.00	-43.89	231.73			
8	2.68	21.31	60.00	-38.69	187.84			
9	2.59	35.45	60.00	-24.55	149.15			
10	2.68	26.21	60.00	-33.79	124.60			
11	2.59	29.59	0.00	29.59	90.81			
12	2.68	77.51	0.00	77.51	120.40			
1	2.68	52.33	0.00	52.33	197.90	412.37	184.24	228.12
.	.	.	.	.	.			
.	.	.	.	.	.			
.	.	.	.	.	.			
12	2.68	26.96	0.00	26.96	46.87			
1	2.68	15.57	0.00	15.57	73.83	221.93	73.83	148.10
2	2.42	21.82	0.00	21.82	89.40			
3	2.68	26.75	0.00	26.75	111.23			
4	2.59	25.36	0.00	25.36	137.98			
5	2.68	63.19	60.00	3.19	163.33			
6	2.59	39.07	60.00	-20.93	166.52			
7	2.68	55.24	60.00	-4.76	145.59			
8	2.68	72.29	60.00	12.29	140.82			
9	2.59	63.80	60.00	3.80	153.11			
10	2.68	89.87	60.00	29.87	156.91			
11	2.59	35.15	0.00	35.15	186.78			
12	2.68	34.09	0.00	34.09	221.93			

Nota. Caudal diferencial de la represa de Malpaso y Upamayo. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

- 6) Se ingresa a la tabla las secciones de Volumen de evaporación siendo el 10% del Volumen Disponible, Volumen inicial, Volumen final y Volumen de rebose, obteniendo sus gráficas para el próximo análisis.

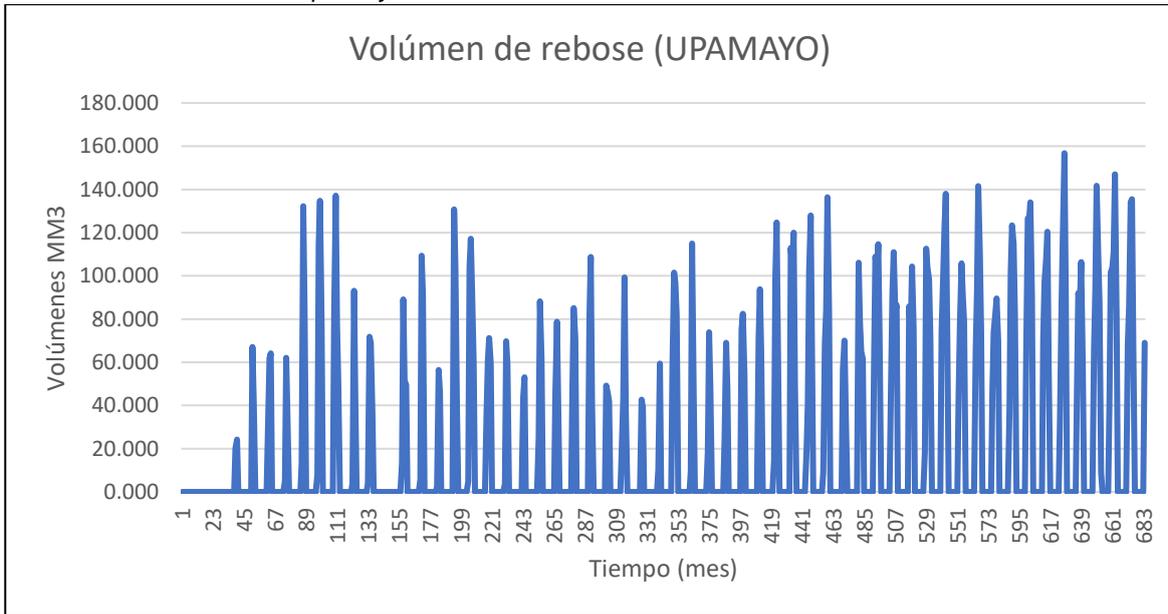
**Tabla 23**

*Volúmenes de Upamayo*

UPAMAYO							
MES	COEFICIENTE	VOL. DISP.	VOL. DEM.	Vol. Evapor	Vini UPA	Vfin UPA1	Vol rebose
1	2.68	28.63	0.00	2.86	100.00	125.77	0.00
2	2.42	58.23	0.00	5.82	125.77	178.18	0.00
3	2.68	74.79	0.00	7.48	178.18	245.48	0.00
4	2.59	42.98	0.00	4.30	245.48	284.16	0.00
5	2.68	17.40	55.00	1.74	284.16	244.82	0.00
6	2.59	8.98	55.00	0.90	244.82	197.90	0.00
7	2.68	11.45	55.00	1.15	197.90	153.21	0.00
8	2.68	17.27	55.00	1.73	153.21	113.76	0.00
9	2.59	31.57	55.00	3.16	113.76	87.17	0.00
10	2.68	26.78	55.00	2.68	87.17	56.27	0.00
11	2.59	34.96	0.00	3.50	56.27	87.74	0.00
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
1	2.68	95.79	0.00	9.58	680.00	680.00	86.22
2	2.42	149.08	0.00	14.91	680.00	680.00	134.18
3	2.68	150.54	0.00	15.05	680.00	680.00	135.49
4	2.59	77.09	0.00	7.71	680.00	680.00	69.38
5	2.68	46.22	55.00	4.62	680.00	666.60	0.00
6	2.59	45.09	55.00	4.51	666.60	652.18	0.00
7	2.68	38.87	55.00	3.89	652.18	632.17	0.00
8	2.68	34.41	55.00	3.44	632.17	608.14	0.00
9	2.59	39.77	55.00	3.98	608.14	588.93	0.00
10	2.68	65.87	55.00	6.59	588.93	593.22	0.00
11	2.59	93.11	0.00	9.31	593.22	677.02	0.00
12	2.68	79.94	0.00	7.99	677.02	680.00	68.96

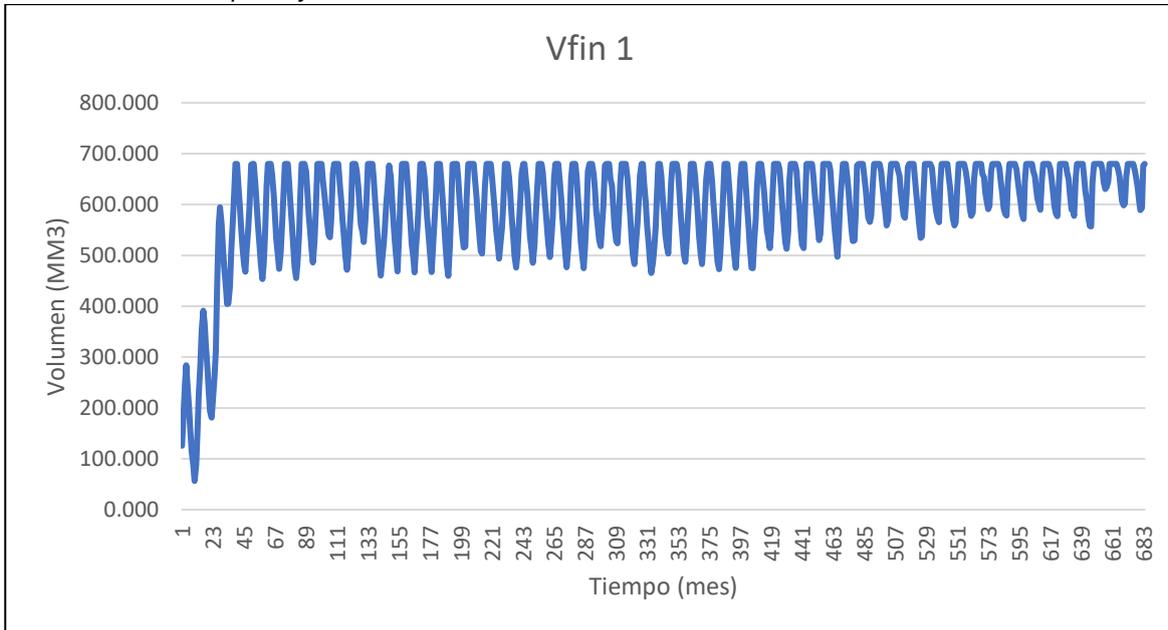
Nota. Volumen de la represa de Upamayo. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 84**  
*Volumen de Rebose de Upamayo*



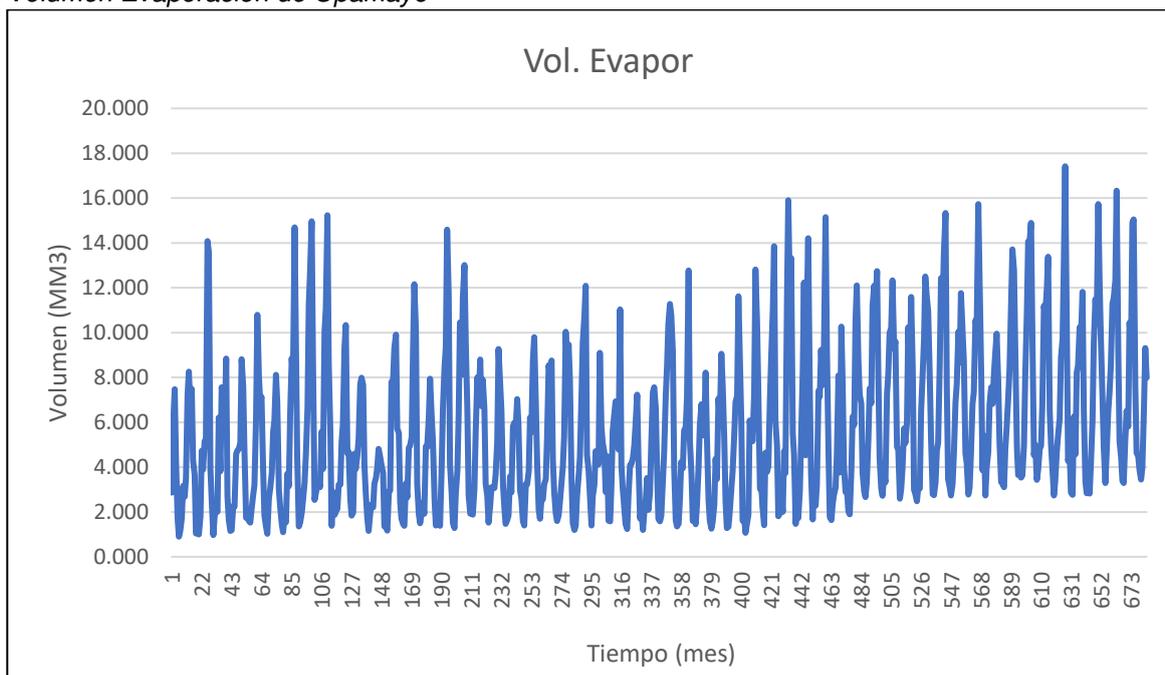
Nota. La figura muestra el volumen de rebose de la represa de Upamayo que tiene comportamiento variable. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Figura. 85**  
*Volumen final de Upamayo*



Nota. La figura muestra el volumen final de la represa de Upamayo. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Figura. 86**  
*Volumen Evaporación de Upamayo*



Nota. La figura muestra el volumen de evaporación de la represa de Upamayo. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

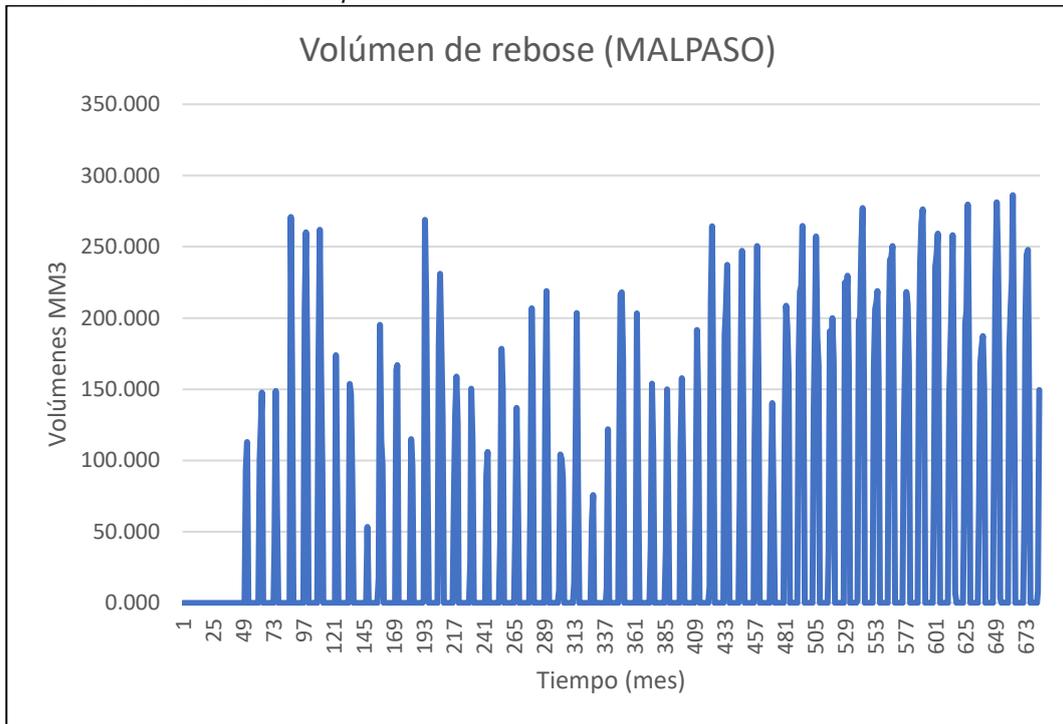
**Tabla 24**  
*Volúmenes de Malpaso*

MALPASO							
MES	COEFICIENTE	VOL. DISP.	VOL. DEM.	Vol. Evapor	Vini UPA	Vfin UPA 1	Vol rebose
1	2.68	60.70	0.00	6.07	100.00	154.63	0.00
2	2.42	131.80	0.00	13.18	154.63	273.25	0.00
3	2.68	141.18	0.00	14.12	273.25	400.31	0.00
4	2.59	94.64	0.00	9.46	400.31	485.49	0.00
5	2.68	35.39	115.00	3.54	485.49	402.34	0.00
6	2.59	19.02	115.00	1.90	402.34	304.46	0.00
7	2.68	27.56	115.00	2.76	304.46	214.27	0.00
8	2.68	38.59	115.00	3.86	214.27	133.99	0.00
9	2.59	67.02	115.00	6.70	133.99	79.31	0.00
10	2.68	52.99	115.00	5.30	79.31	12.00	0.00
11	2.59	64.56	0.00	6.46	12.00	70.10	0.00
12	2.68	149.64	0.00	14.96	70.10	204.78	0.00
1	2.68	134.95	0.00	13.49	204.78	326.24	0.00
2	2.42	121.65	0.00	12.16	326.24	435.72	0.00
3	2.68	138.66	0.00	13.87	435.72	560.52	0.00
4	2.59	83.97	0.00	8.40	560.52	636.09	0.00
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
1	2.68	218.53	0.00	21.85	1299.00	1299.00	196.68
2	2.42	271.34	0.00	27.13	1299.00	1299.00	244.20
3	2.68	275.36	0.00	27.54	1299.00	1299.00	247.82
4	2.59	148.79	0.00	14.88	1299.00	1299.00	133.91
5	2.68	96.36	115.00	9.64	1299.00	1270.73	0.00
6	2.59	87.19	115.00	8.72	1270.73	1234.20	0.00
7	2.68	70.75	115.00	7.07	1234.20	1182.87	0.00
8	2.68	63.42	115.00	6.34	1182.87	1124.94	0.00
9	2.59	78.30	115.00	7.83	1124.94	1080.42	0.00
10	2.68	138.18	115.00	13.82	1080.42	1089.77	0.00
11	2.59	241.77	0.00	24.18	1089.77	1299.00	8.37
12	2.68	166.11	0.00	16.61	1299.00	1299.00	149.50

Nota. Volúmenes de la represa Malpaso. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 87**

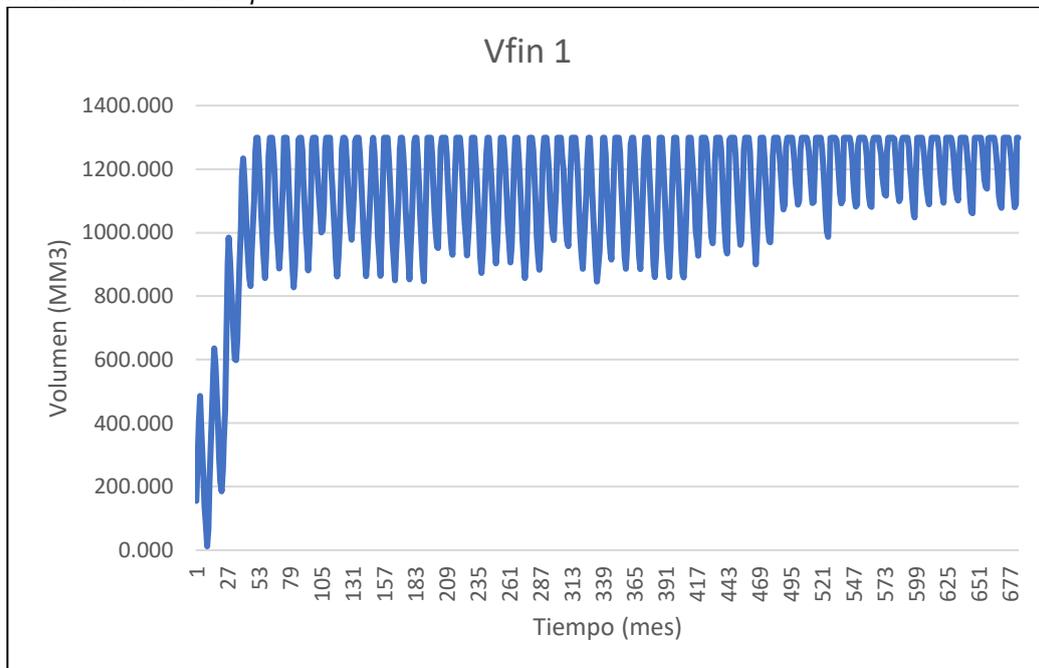
*Volumen de Rebose de Malpaso*



Nota. La figura muestra el volumen de rebose de la represa de Malpaso. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

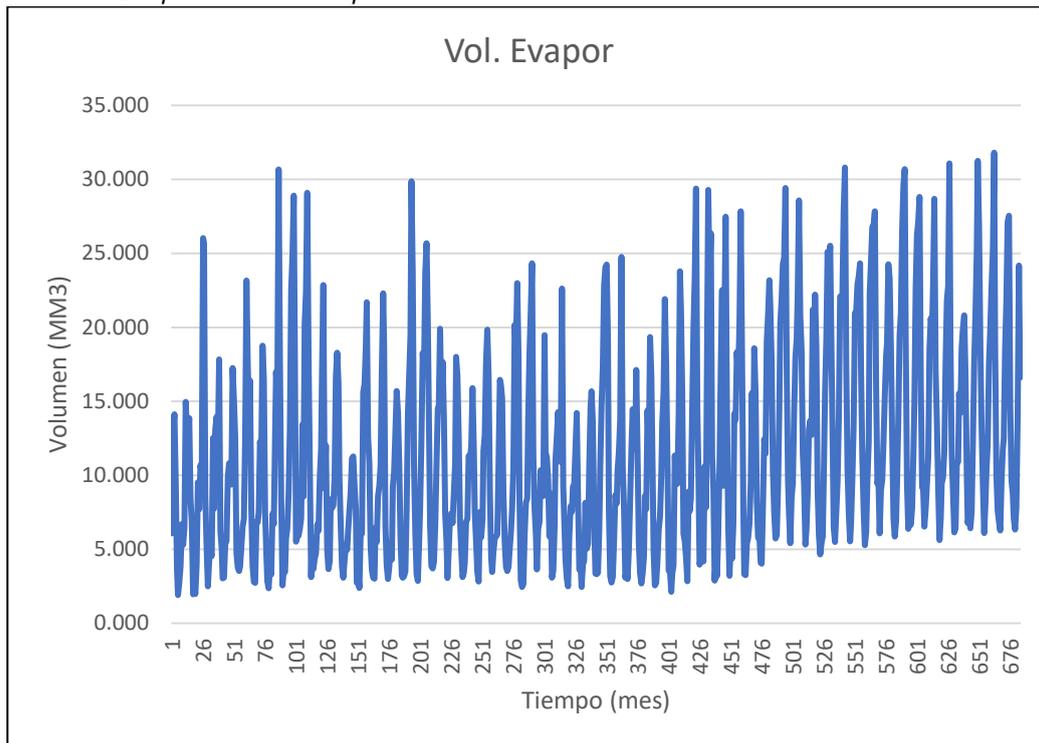
**Figura. 88**

*Volumen final de Malpaso*



Nota. La figura muestra el volumen final de la represa de Malpaso. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Figura. 89**  
*Volumen Evaporación de Malpaso*



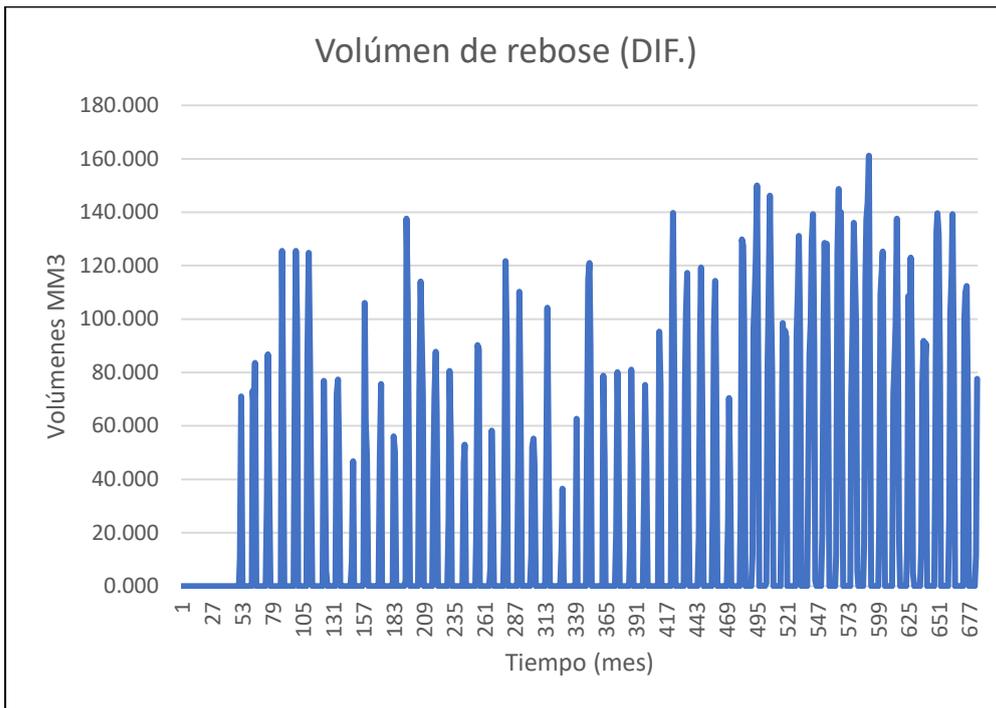
Nota. La figura muestra el volumen de evaporación de la represa de Malpaso.  
Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 25***Diferencial de Volúmenes de las represas*

DIFERENCIAL							
MES	COEFICIENTE	VOL. DISP.	VOL. DEM.	Vol. Evapor	Vini UPA	Vfin UPA 1	Vol rebose
1	2.68	32.07	0.00	3.21	100.00	128.86	0.00
2	2.42	73.57	0.00	7.36	128.86	195.08	0.00
3	2.68	66.39	0.00	6.64	195.08	254.83	0.00
4	2.59	51.66	0.00	5.17	254.83	301.33	0.00
5	2.68	17.99	60.00	1.80	301.33	257.52	0.00
6	2.59	10.04	60.00	1.00	257.52	206.56	0.00
7	2.68	16.11	60.00	1.61	206.56	161.06	0.00
8	2.68	21.31	60.00	2.13	161.06	120.24	0.00
9	2.59	35.45	60.00	3.54	120.24	92.14	0.00
10	2.68	26.21	60.00	2.62	92.14	55.73	0.00
11	2.59	29.59	0.00	2.96	55.73	82.36	0.00
12	2.68	77.51	0.00	7.75	82.36	152.11	0.00
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
10	2.68	81.10	0.00	8.11	608.28	681.27	0.00
11	2.68	122.74	0.00	12.27	681.27	691.00	100.73
12	2.42	122.25	0.00	12.23	691.00	691.00	110.03
1	2.68	124.81	0.00	12.48	691.00	691.00	112.33
2	2.59	71.70	0.00	7.17	691.00	691.00	64.53
3	2.68	50.14	60.00	5.01	691.00	676.13	0.00
4	2.59	42.09	60.00	4.21	676.13	654.01	0.00
5	2.68	31.87	60.00	3.19	654.01	622.70	0.00
6	2.68	29.00	60.00	2.90	622.70	588.80	0.00
7	2.59	38.53	60.00	3.85	588.80	563.48	0.00
8	2.68	72.30	60.00	7.23	563.48	568.56	0.00
9	2.59	148.66	0.00	14.87	568.56	691.00	11.35
10	2.68	86.18	0.00	8.62	691.00	691.00	77.56
11	2.59	148.66	0.00	14.87	568.56	691.00	11.35
12	2.68	86.18	0.00	8.62	691.00	691.00	77.56

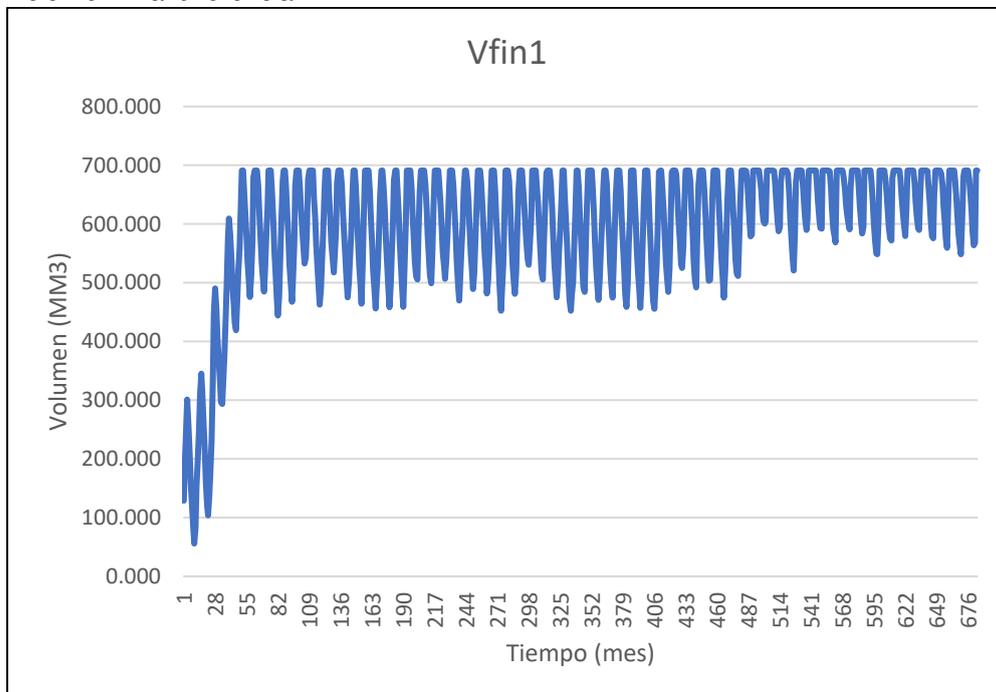
Nota. Volúmenes de la represa Malpaso y Upamayo. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 90**  
*Volumen diferencial de rebose*



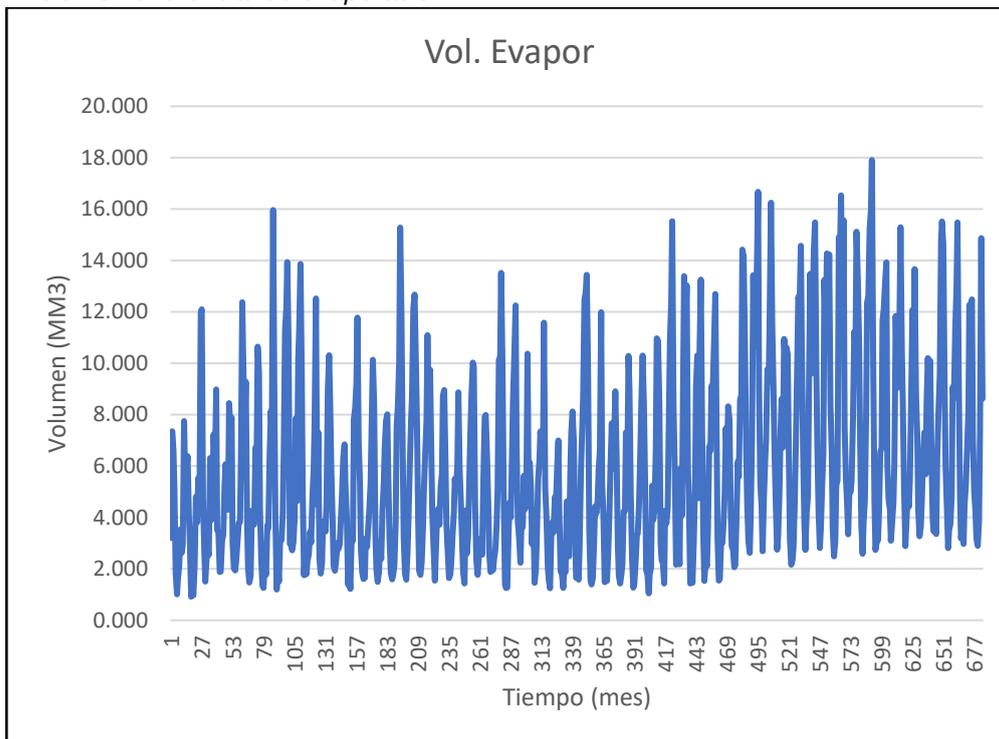
Nota. La figura muestra el volumen diferencial de rebose de la represa de Malpaso y Upamayo. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Figura. 91**  
*Volumen final diferencial*



Nota. La figura muestra el volumen final diferencial de la represa de Malpaso y Upamayo. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Figura. 92**  
*Volumen diferencial de evaporación*



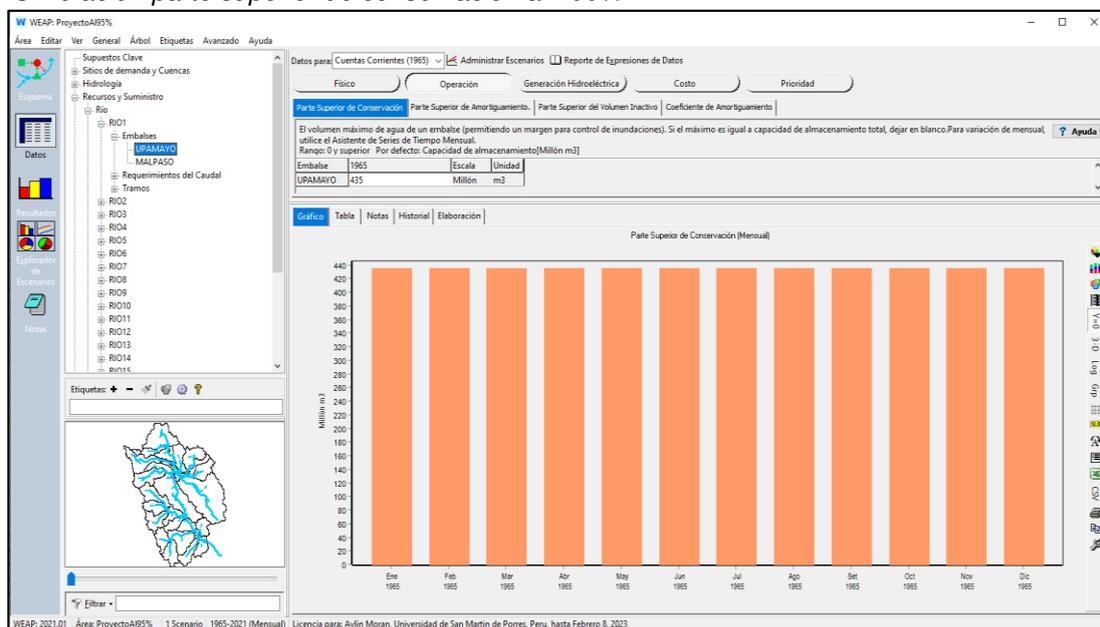
Nota. La figura muestra el volumen diferencial de evaporación de la represa de Malpaso y Upamayo. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

## Simulaciones sin regla de operación

- 100%

**Figura. 93**

*Simulación parte superior de conservación al 100%*



Nota. La figura muestra la simulación parte superior de conservación al 100% con un volumen de 435 MMC. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 26**

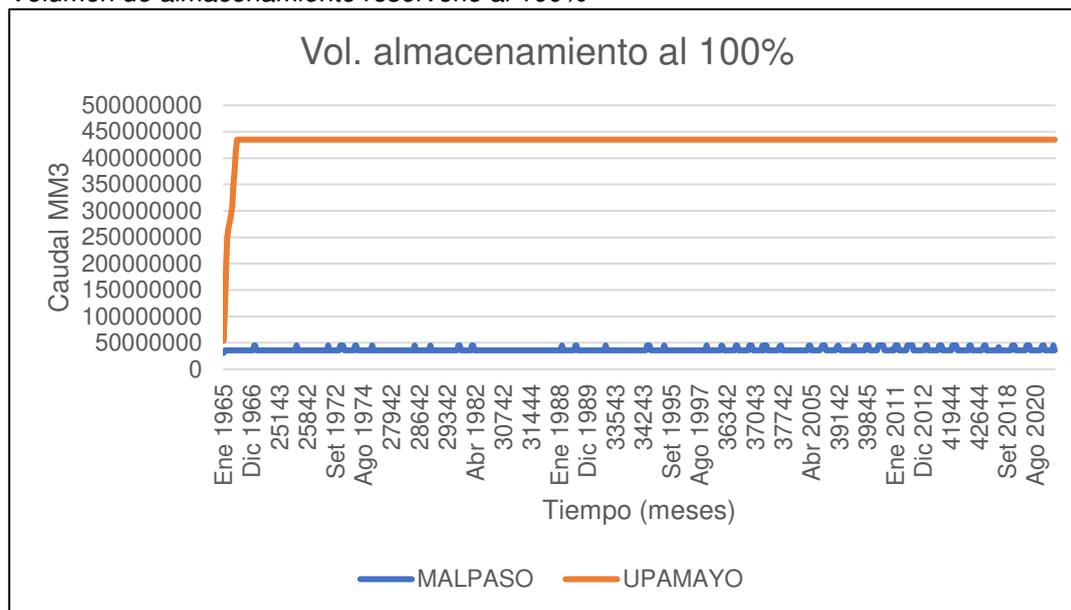
*Operación del reservorio Upamayo*

TIEMPO	MALPASO	UPAMAYO
Ene 1965	30764904	53945400
feb-65	36000000	118990592
mar-65	36000000	202068763
Abr 1965	36000000	249489960
may-65	36000000	268851739
jun-65	36000000	279219653
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	36000000	435000000
Ago 2021	36000000	435000000
Set 2021	36000000	435000000
oct-21	36000000	435000000
nov-21	45000000	435000000
Dic 2021	36000000	435000000

Nota. Operación del reservorio Upamayo al 100%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 94**

Volumen de almacenamiento reservorio al 100%



Nota. La figura muestra el Volumen de almacenamiento reservorio al 100%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 27**

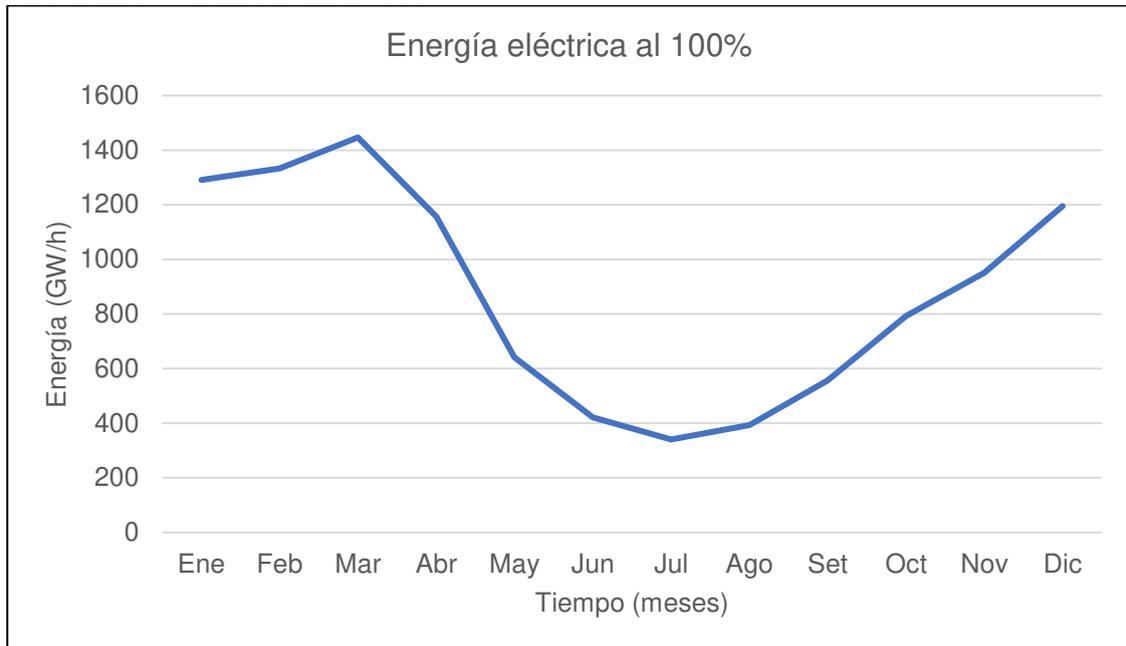
Generación Hidroeléctrica al 100%.

Tiempo (mes)	Energía Eléctrica (GW/h)
Ene	1290.65
Feb	1332.88
Mar	1446.7
Abr	1156.16
May	641.459
Jun	421.579
Jul	340.509
Ago	393.192
Set	556.374
Oct	793.436
Nov	951.169
Dic	1195.19

Nota. Generación Hidroeléctrica al 100%, desde el año 1965 hasta el 2021. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 95**

*Generación Hidroeléctrica al 100%.*



Nota. La figura muestra la generación Hidroeléctrica mensual promedio al 100%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

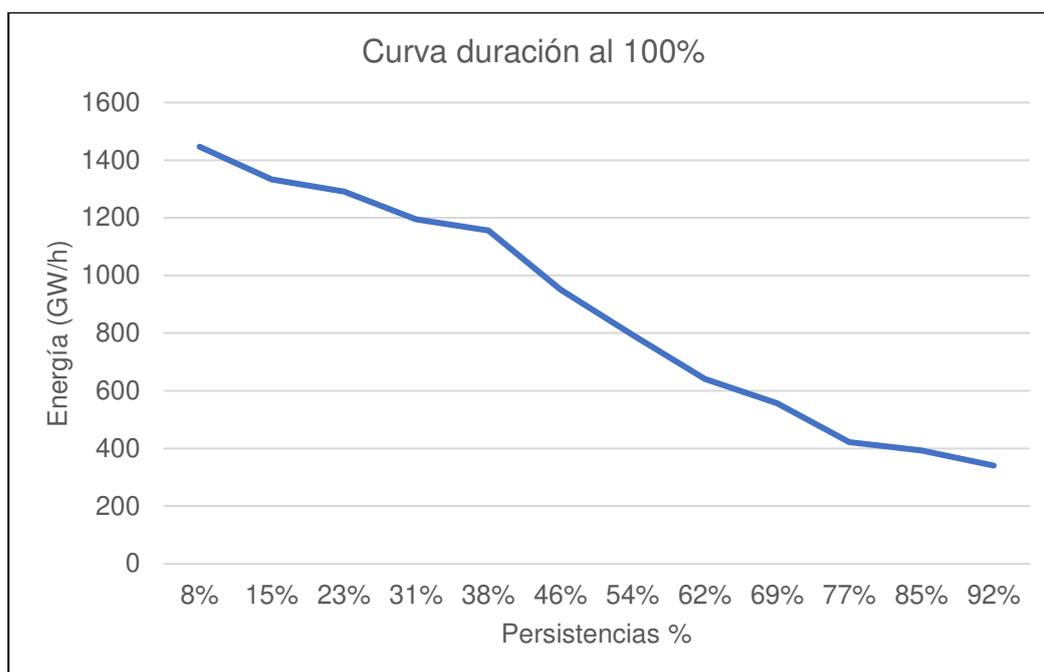
**Tabla 28**

*Curva de duración al 100%.*

Persistencias %	Energía Eléctrica (GW/h)
8%	1446.7
15%	1332.88
23%	1290.65
31%	1195.19
38%	1156.16
46%	951.169
54%	793.436
62%	641.459
69%	556.374
77%	421.579
85%	393.192
92%	340.509

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 96**  
Curva de duración al 100%.



Nota. La figura muestra la curva de duración en persistencias al 100%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

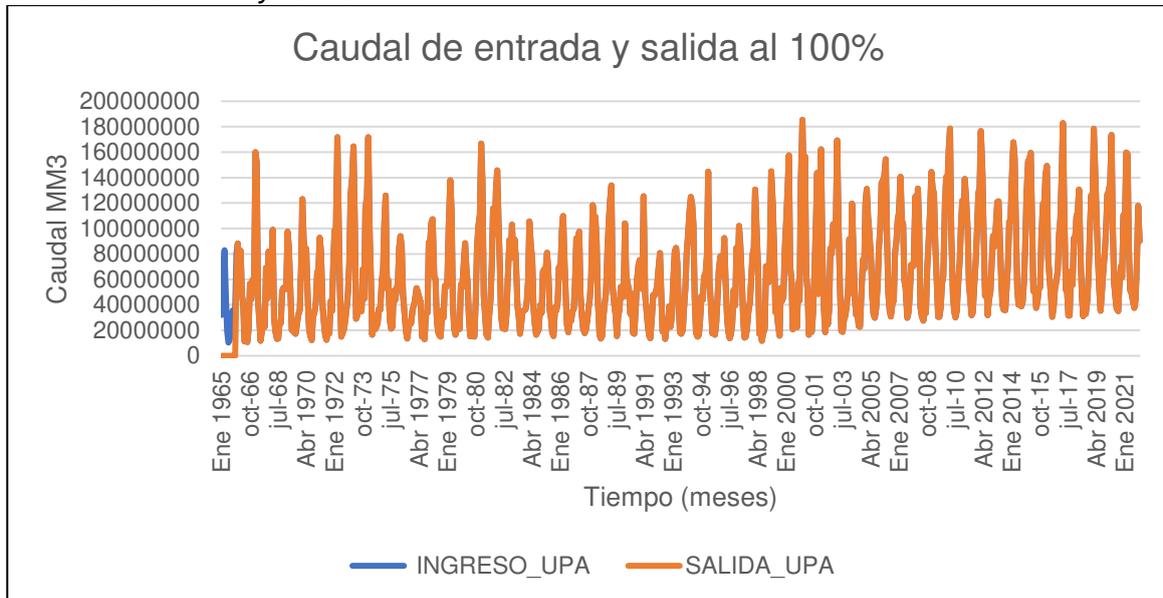
**Tabla 29**  
Caudal de entrada y salida al 100%.

TIEMPO	INGRESO_UPA	SALIDA_UPA
Ene 1965	32202195	16794.6
feb-65	65045192	0
mar-65	83078171	0
Abr 1965	47421197	0
may-65	19361779	0
jun-65	10367913	0
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	42702820	42702820
Ago 2021	37555884	37555884
Set 2021	43817452	43817452
oct-21	73824952	73824952
nov-21	117820856	117820856
Dic 2021	90116384	90116384

Nota. Caudal de entrada y salida al 100%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022)

**Figura. 97**

*Caudal de entrada y salida al 100%.*



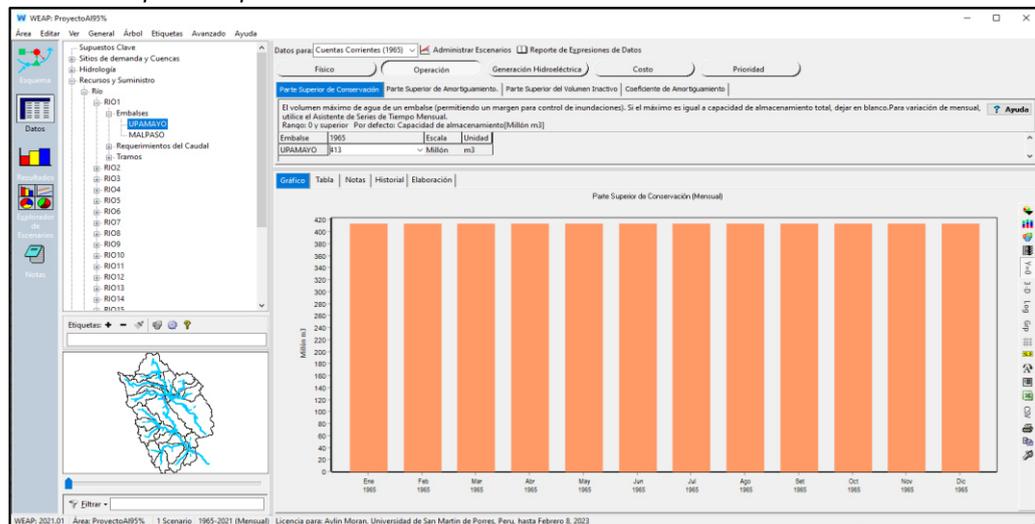
Nota. La figura muestra el Caudal de entrada y salida al 100%. Elaboración: Propia (2022).

Fuente: WEAP.

- Al 95%

**Figura. 98**

*Simulación parte superior de conservación al 95%*



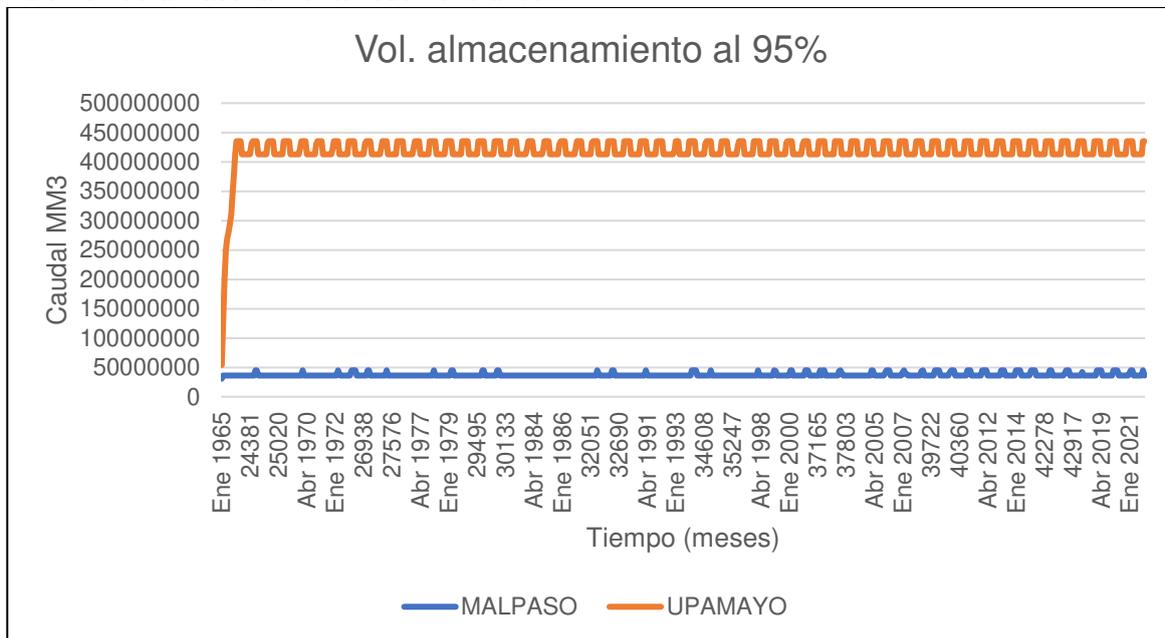
Nota. La figura muestra la simulación parte superior de conservación al 95% con un volumen de 413 MMC. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 30:**  
Operación del reservorio Upamayo al 95%.

TIEMPO	MALPASO	UPAMAYO
Ene 1965	30765304	53945000
feb-65	36000000	118990192
mar-65	36000000	202068363
Abr 1965	36000000	249489560
may-65	36000000	268851339
jun-65	36000000	279219253
.	.	.
.	.	.
.	.	.
Ago 2021	36000000	413000000
Set 2021	36000000	413000000
oct-21	36000000	413000000
nov-21	45000000	435200000
Dic 2021	36000000	435200000

Nota. Operación del reservorio Upamayo al 95%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 99**  
Volumen de almacenamiento reservorio al 95%



Nota. La figura muestra el Volumen de almacenamiento reservorio al 95%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 31**

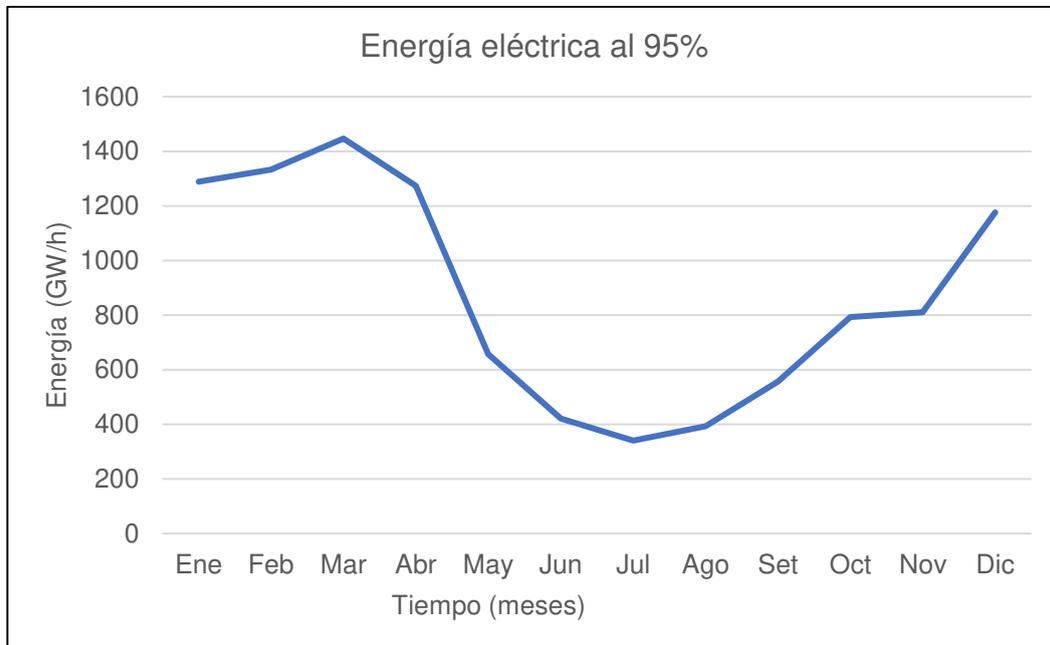
*Generación Hidroeléctrica al 95%.*

Tiempo (mes)	Energía Eléctrica (GW/h)
Ene	1288.12
Feb	1332.88
Mar	1446.7
Abr	1273.01
May	656.717
Jun	421.579
Jul	340.509
Ago	393.192
Set	556.374
Oct	793.436
Nov	810.714
Dic	1176.46

Nota. Generación Hidroeléctrica al 95%, desde el año 1965 hasta el 2021. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 100**

*Generación Hidroeléctrica al 95%.*



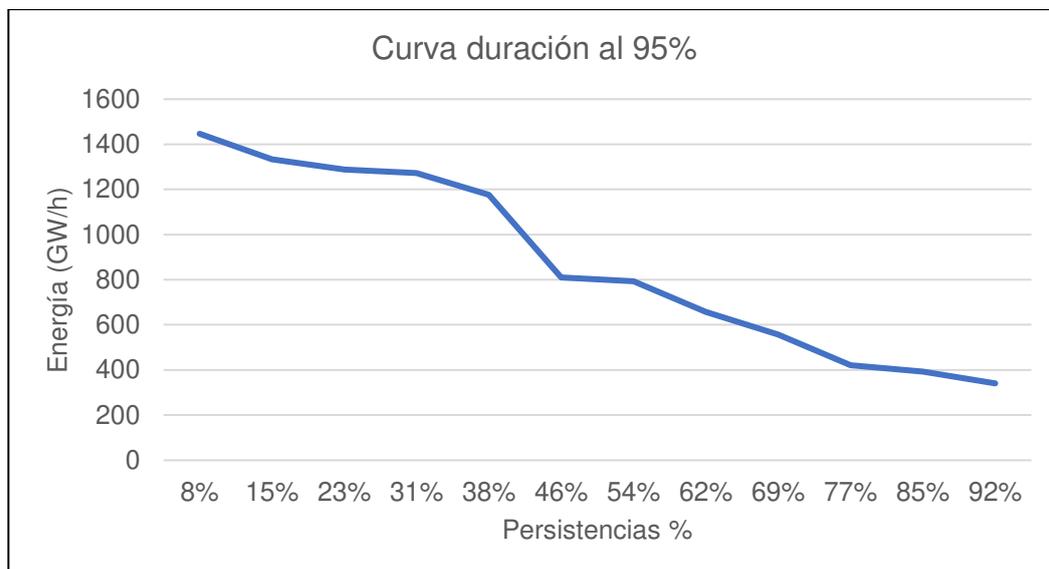
Nota. La figura muestra la generación Hidroeléctrica mensual promedio al 95%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 32**  
*Curva de duración al 95%.*

Persistencias %	Energía Eléctrica (GW/h)
8%	1446.7
15%	1332.88
23%	1288.12
31%	1273.01
38%	1176.46
46%	810.714
54%	793.436
62%	656.717
69%	556.374
77%	421.579
85%	393.192
92%	340.509

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje.  
 Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 101**  
*Curva de duración al 95%.*



Nota. La figura muestra la curva de duración en persistencias al 95%. Elaboración: Propia.  
 Fuente: WEAP. (2022).

**Tabla 33**

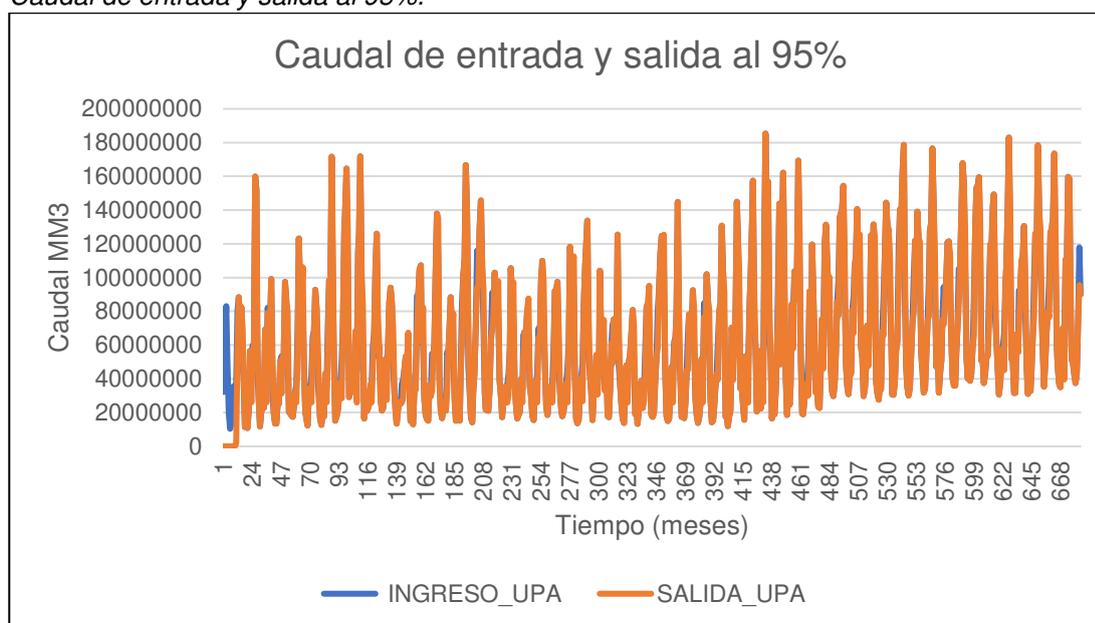
*Caudal de entrada y salida al 95%.*

TIEMPO	INGRESO_UPA	SALIDA_UPA
Ene 1965	32202195	17194.6
feb-65	65045192	0
mar-65	83078171	0
Abr 1965	47421197	0
may-65	19361779	0
jun-65	10367913	0
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	42702820	42702820
Ago 2021	37555884	37555884
Set 2021	43817452	43817452
oct-21	73824952	73824952
nov-21	117820856	95620856
Dic 2021	90116384	90116384

Nota. Caudal de entrada y salida al 95%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 102**

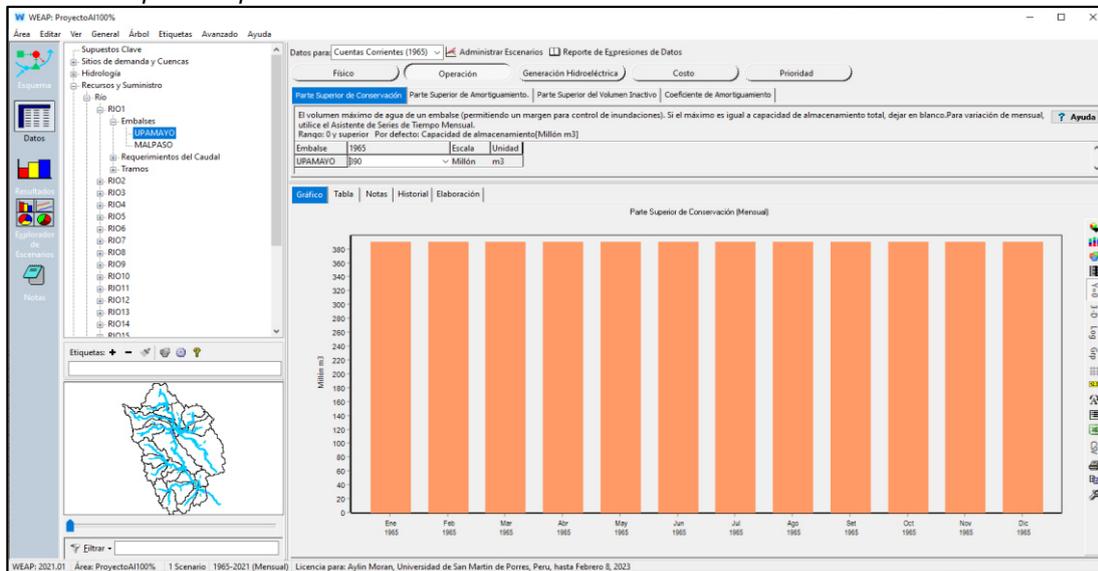
*Caudal de entrada y salida al 95%.*



Nota. La figura muestra el Caudal de entrada y salida al 95%. Elaboración: Propia (2022).  
Fuente: WEAP.

- Al 90%

**Figura. 103**  
*Simulación parte superior de conservación al 90%.*



Nota. La figura muestra la simulación parte superior de conservación al 90% con un volumen de 390 MMC. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

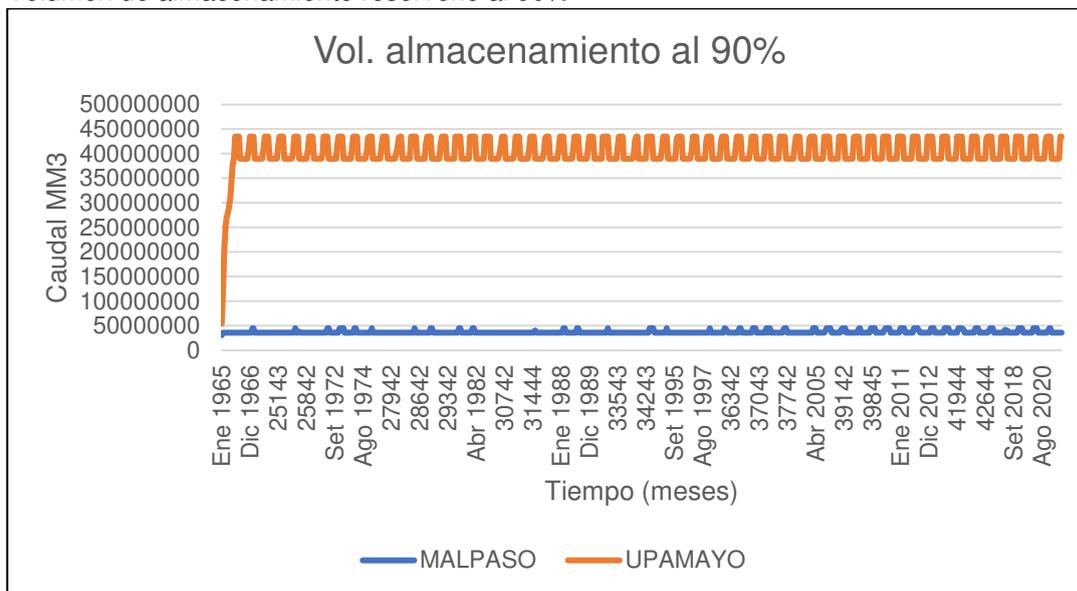
**Tabla 34**  
*Operación del reservorio Upamayo al 90%.*

TIEMPO	MALPASO	UPAMAYO
Ene 1965	30775104	53935200
feb-65	36000000	118980392
mar-65	36000000	202058563
Abr 1965	36000000	249479760
may-65	36000000	268841539
jun-65	36000000	279209453
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	36000000	390000000
Ago 2021	36000000	390000000
Set 2021	36000000	390000000
oct-21	36000000	390000000
nov-21	36000000	435000000
Dic 2021	36000000	435000000

Nota. Operación del reservorio Upamayo al 90%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 104**

Volumen de almacenamiento reservorio al 90%



Nota. La figura muestra el Volumen de almacenamiento reservorio al 90%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 35**

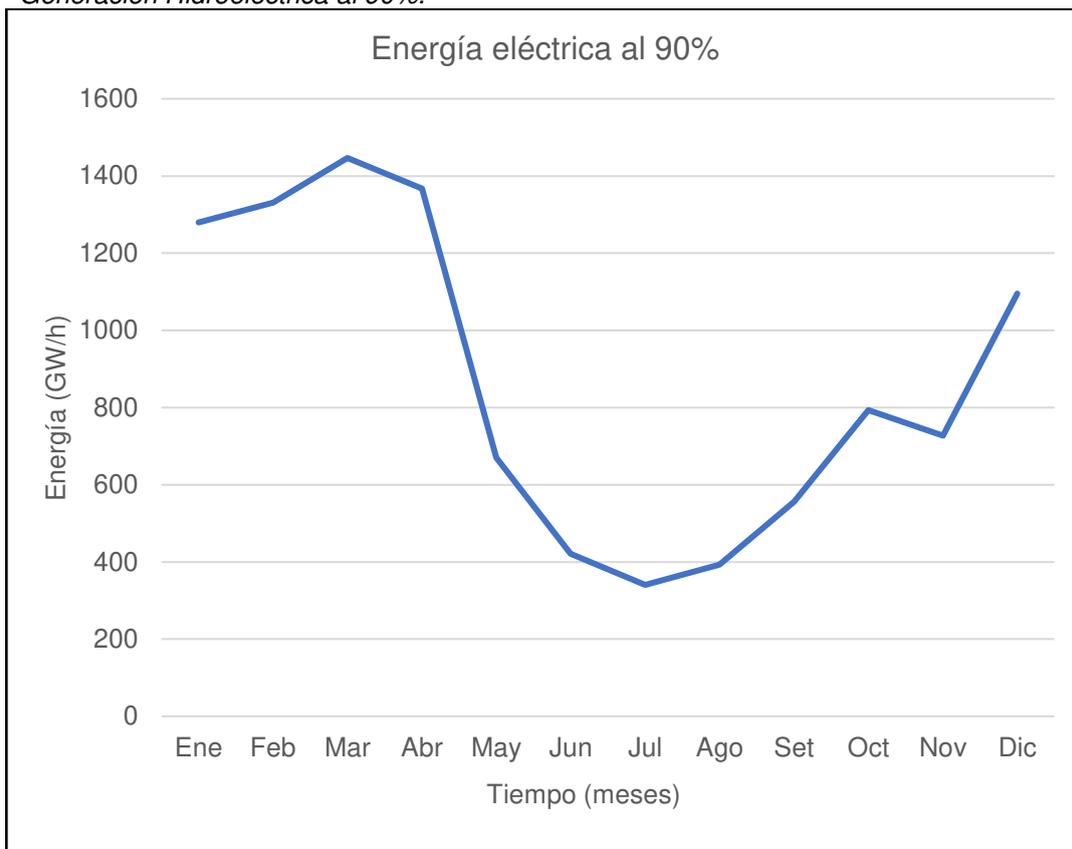
Generación Hidroeléctrica al 90%.

Tiempo (mes)	Energía Eléctrica (GW/h)
Ene	1279.99
Feb	1331.18
Mar	1446.7
Abr	1367.45
May	670.093
Jun	421.579
Jul	340.509
Ago	393.192
Set	556.374
Oct	793.436
Nov	727.291
Dic	1094.91

Nota. Generación Hidroeléctrica al 90%, desde el año 1965 hasta el 2021. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 105**

*Generación Hidroeléctrica al 90%.*



Nota. La figura muestra la generación Hidroeléctrica mensual promedio al 90%.

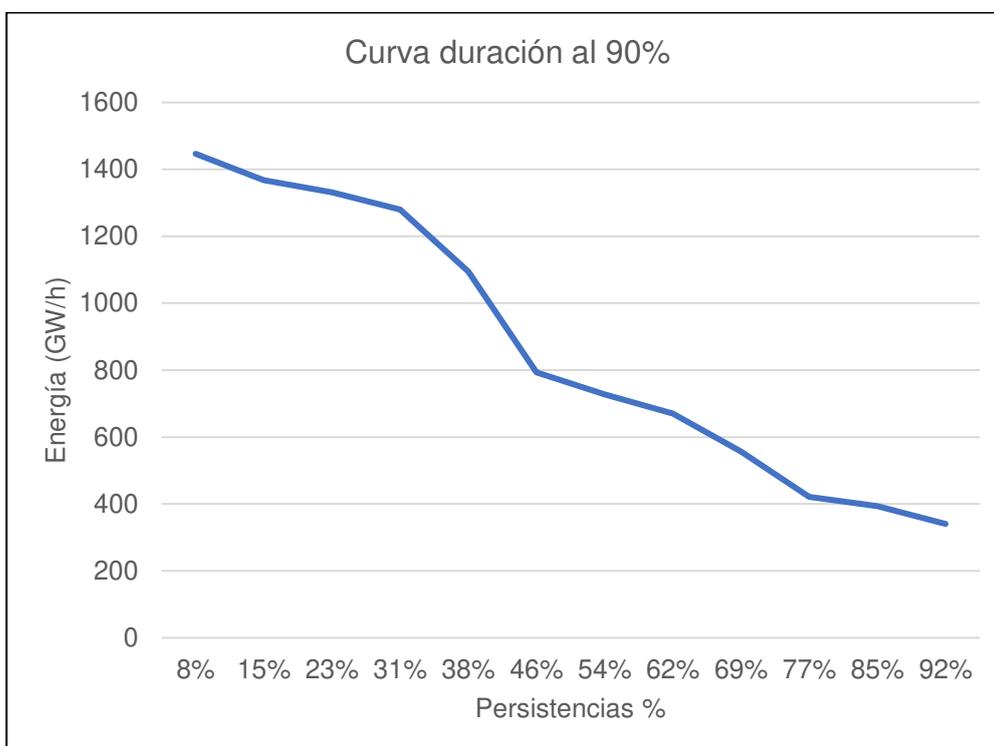
Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 36**  
*Curva de duración al 90%.*

Persistencias %	Energía Eléctrica (GW/h)
8%	1446.7
15%	1367.45
23%	1331.18
31%	1279.99
38%	1094.91
46%	793.436
54%	727.291
62%	670.093
69%	556.374
77%	421.579
85%	393.192
92%	340.509

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje.  
 Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 106**  
*Curva de duración al 90%.*

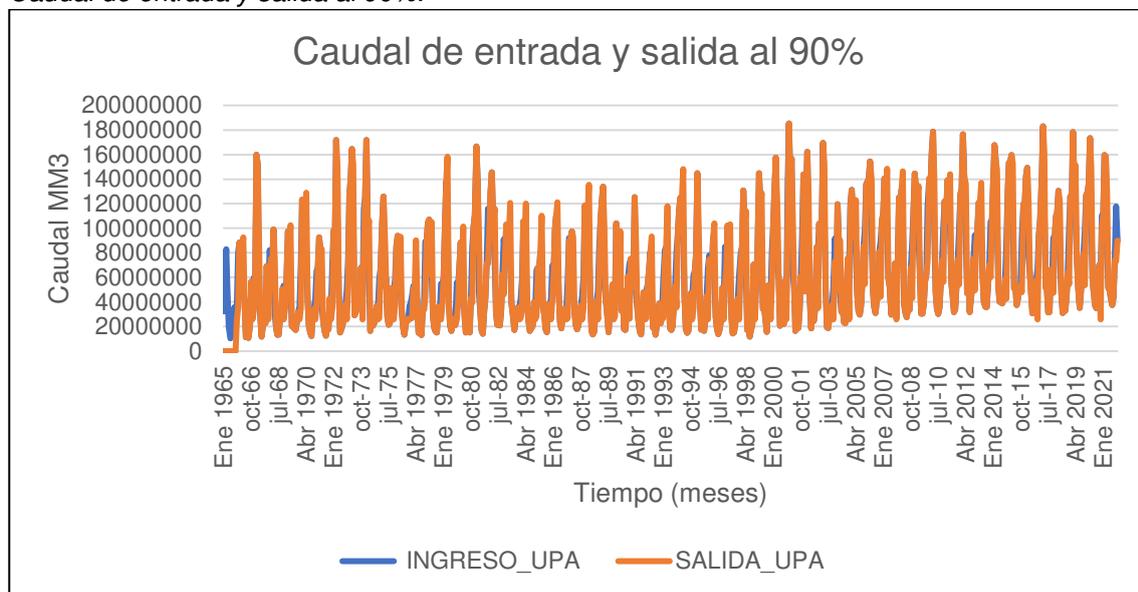


Nota. La figura muestra la curva de duración en persistencias al 90%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 37***Caudal de entrada y salida al 90%.*

TIEMPO	INGRESO_UPA	SALIDA_UPA
Ene 1965	32202195	26994.6
feb-65	65045192	0
mar-65	83078171	0
Abr 1965	47421197	0
may-65	19361779	0
jun-65	10367913	0
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	42702820	42702820
Ago 2021	37555884	37555884
Set 2021	43817452	43817452
oct-21	73824952	73824952
nov-21	117820856	72820856
Dic 2021	90116384	90116384

Nota. Caudal de entrada y salida al 90%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 107***Caudal de entrada y salida al 90%.*

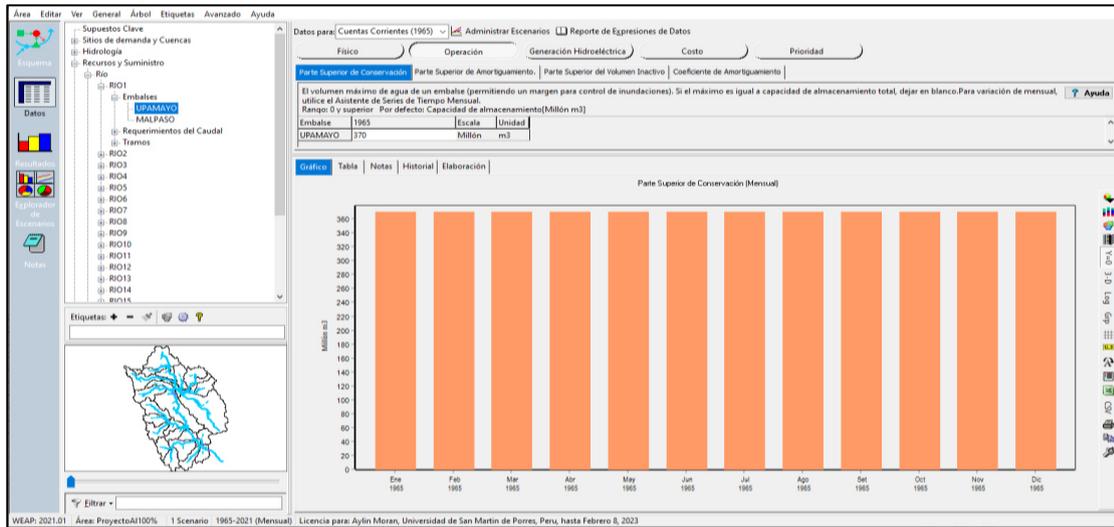
Nota. La figura muestra el Caudal de entrada y salida al 90%. Elaboración: Propia (2022).

Fuente: WEAP.

- Al 85%

**Figura. 108**

*Simulación parte superior de conservación al 85%.*



Nota. La figura muestra la simulación parte superior de conservación al 85% con un volumen de 370 MMC. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 38**

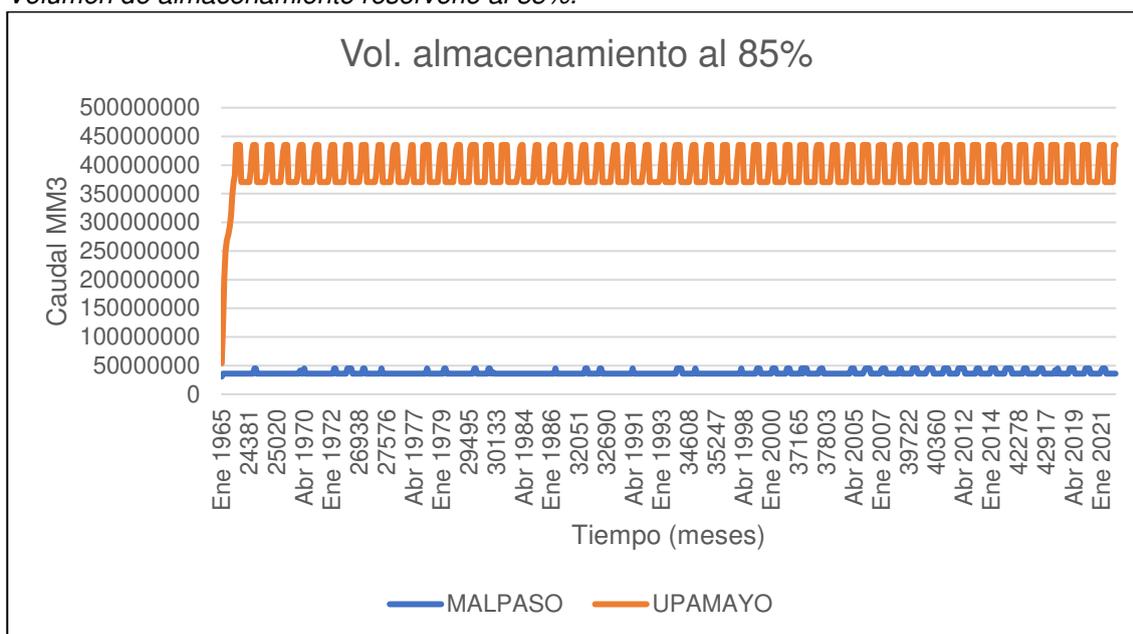
*Operación del reservorio Upamayo al 85%.*

TIEMPO	MALPASO	UPAMAYO
Ene 1965	30771104	53939200
feb-65	36000000	118984392
mar-65	36000000	202062563
Abr 1965	36000000	249483760
may-65	36000000	268845539
jun-65	36000000	279213453
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	36000000	370000000
Ago 2021	36000000	370000000
Set 2021	36000000	370000000
oct-21	36000000	370000000
nov-21	36000000	435000000
Dic 2021	36000000	435000000

Nota. Operación del reservorio Upamayo al 85%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 109**

Volumen de almacenamiento reservorio al 85%.



Nota. La figura muestra el Volumen de almacenamiento reservorio al 85%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 39**

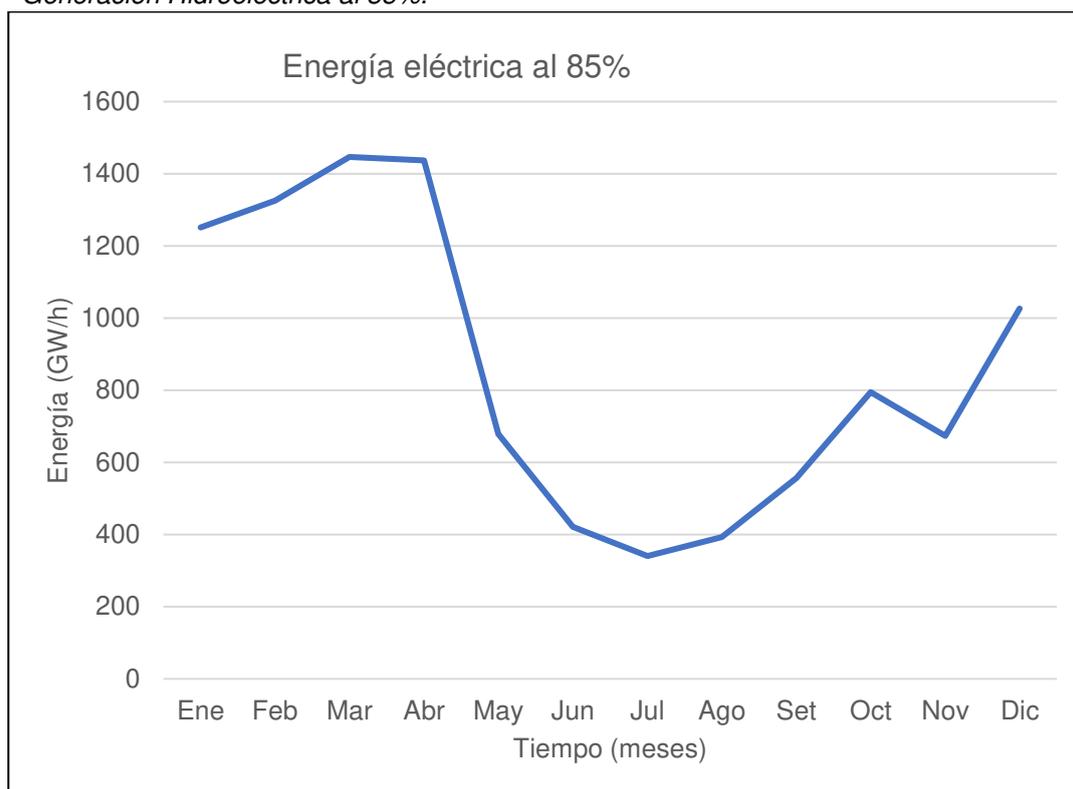
*Generación Hidroeléctrica al 85%.*

Tiempo (mes)	Energía Eléctrica (GW/h)
Ene	1251.47
Feb	1325.37
Mar	1446.7
Abr	1437.52
May	678.797
Jun	421.579
Jul	340.509
Ago	393.192
Set	556.374
Oct	794.464
Nov	673.807
Dic	1027

Nota. Generación Hidroeléctrica al 85%, desde el año 1965 hasta el 2021. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 110**

*Generación Hidroeléctrica al 85%.*



Nota. La figura muestra la generación Hidroeléctrica mensual promedio al 85%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

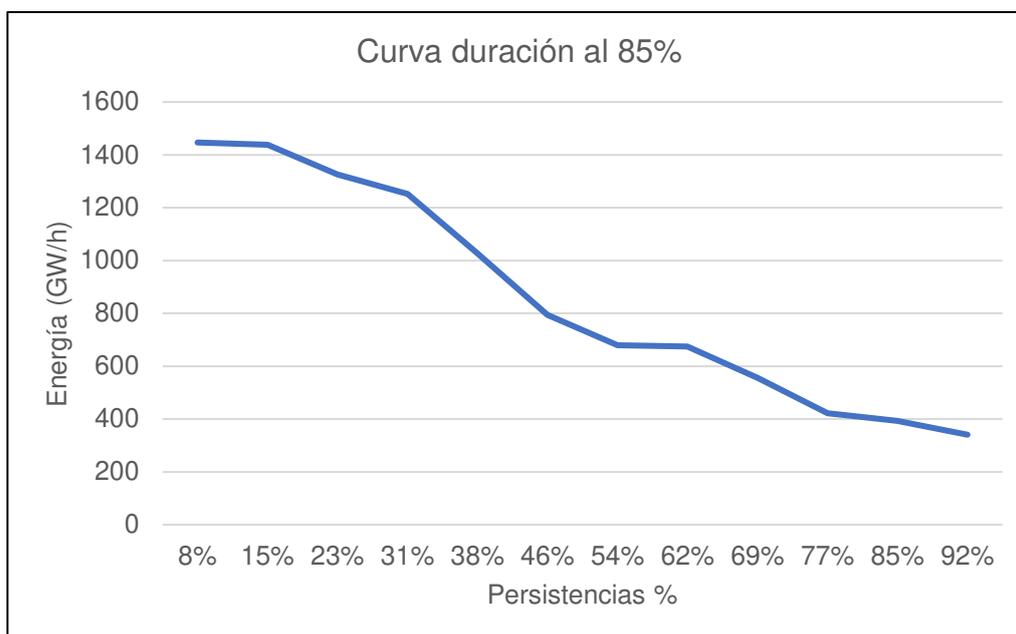
**Tabla 40**

*Curva de duración al 85%.*

Persistencias %	Energía Eléctrica (GW/h)
8%	1446.7
15%	1437.52
23%	1325.37
31%	1251.47
38%	1027
46%	794.464
54%	678.797
62%	673.807
69%	556.374
77%	421.579
85%	393.192
92%	340.509

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 111**  
*Curva de duración al 85%.*



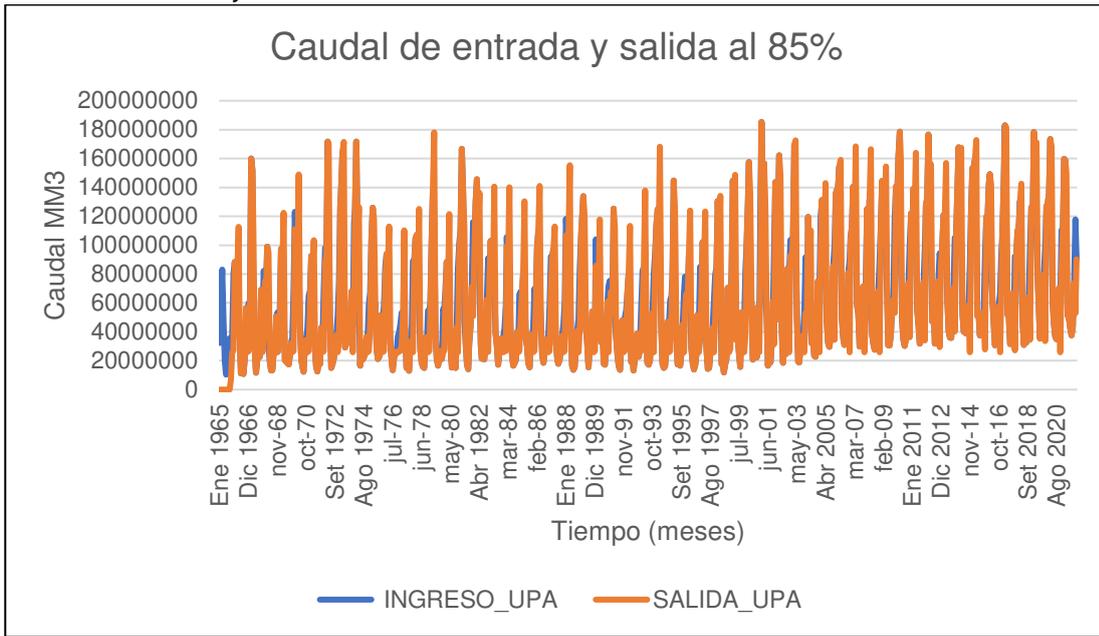
Nota. La figura muestra la curva de duración en persistencias al 85%. Elaboración: Propia (2022).  
 Fuente: WEAP.

**Tabla 41**  
*Caudal de entrada y salida al 85%.*

TIEMPO	INGRESO_UPA	SALIDA_UPA
Ene 1965	32202195	22994.6
feb-65	65045192	0
mar-65	83078171	0
Abr 1965	47421197	0
may-65	19361779	0
jun-65	10367913	0
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	42702820	42702820
Ago 2021	37555884	37555884
Set 2021	43817452	43817452
oct-21	73824952	73824952
nov-21	117820856	52820860
Dic 2021	90116384	90116384

Nota. Caudal de entrada y salida al 85%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

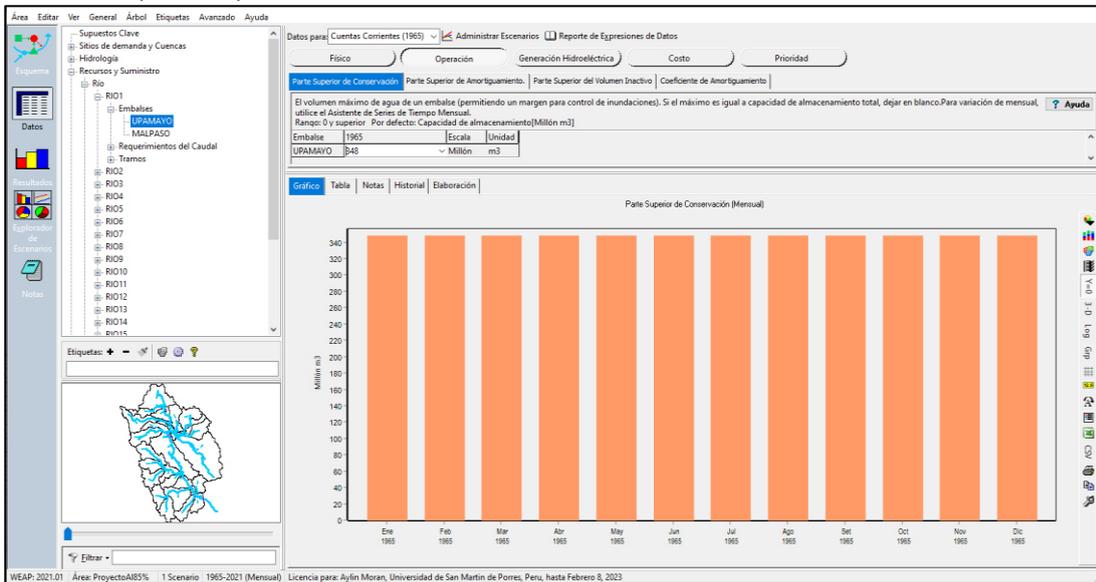
**Figura. 112**  
Caudal de entrada y salida al 85%.



Nota. La figura muestra el Caudal de entrada y salida al 85%. Elaboración: Propia (2022).  
Fuente: WEAP.

- Al 80%

**Figura. 113**  
Simulación parte superior de conservación al 80%.

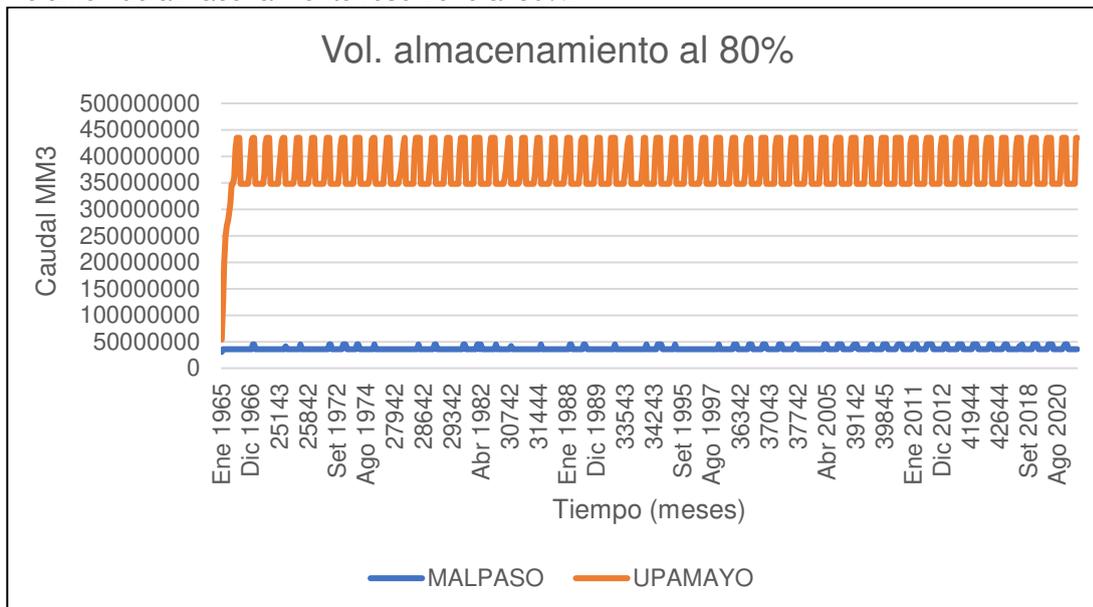


Nota. La figura muestra la simulación parte superior de conservación al 80% con un volumen de 348 MMC. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 42***Operación del reservorio Upamayo al 80%.*

TIEMPO	MALPASO	UPAMAYO
Ene 1965	30773304	53937000
feb-65	36000000	118982192
mar-65	36000000	202060363
Abr 1965	36000000	249481560
may-65	36000000	268843339
jun-65	36000000	279211253
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	36000000	348000000
Ago 2021	36000000	348000000
Set 2021	36000000	348000000
oct-21	36000000	348000000
nov-21	36000000	435000000
Dic 2021	36000000	435000000

Nota. Operación del reservorio Upamayo al 80%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 114***Volumen de almacenamiento reservorio al 80%.*

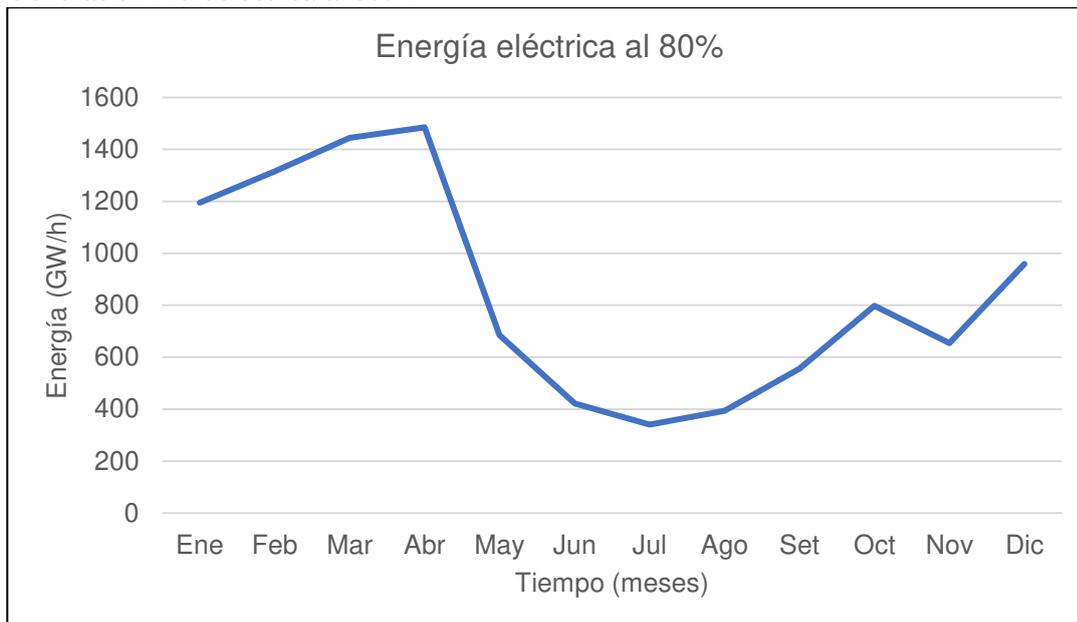
Nota. La figura muestra el Volumen de almacenamiento reservorio al 80%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 43**  
*Generación Hidroeléctrica al 80%.*

Tiempo (mes)	Energía Eléctrica (GW/h)
Ene	1195
Feb	1314.96
Mar	1444.45
Abr	1484.99
May	684.525
Jun	421.579
Jul	340.509
Ago	393.192
Set	556.374
Oct	797.653
Nov	654.104
Dic	958.356

Nota. Generación Hidroeléctrica al 80%, desde el año 1965 hasta el 2021. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 115**  
*Generación Hidroeléctrica al 80%.*



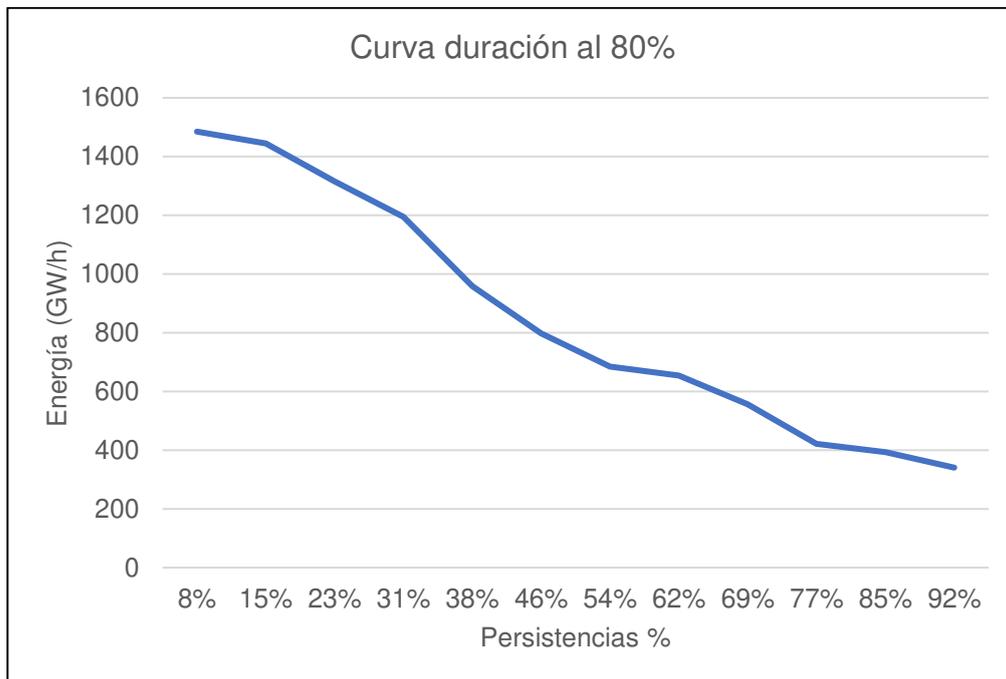
Nota. La figura muestra la generación Hidroeléctrica mensual promedio al 80%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 44**  
*Curva de duración al 80%.*

Persistencias %	Energía Eléctrica (GW/h)
8%	1484.99
15%	1444.45
23%	1314.96
31%	1195
38%	958.356
46%	797.653
54%	684.525
62%	654.104
69%	556.374
77%	421.579
85%	393.192
92%	340.509

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje.  
 Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Figura. 116**  
*Curva de duración al 80%.*



Nota. La figura muestra la curva de duración en persistencias al 80%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 45**

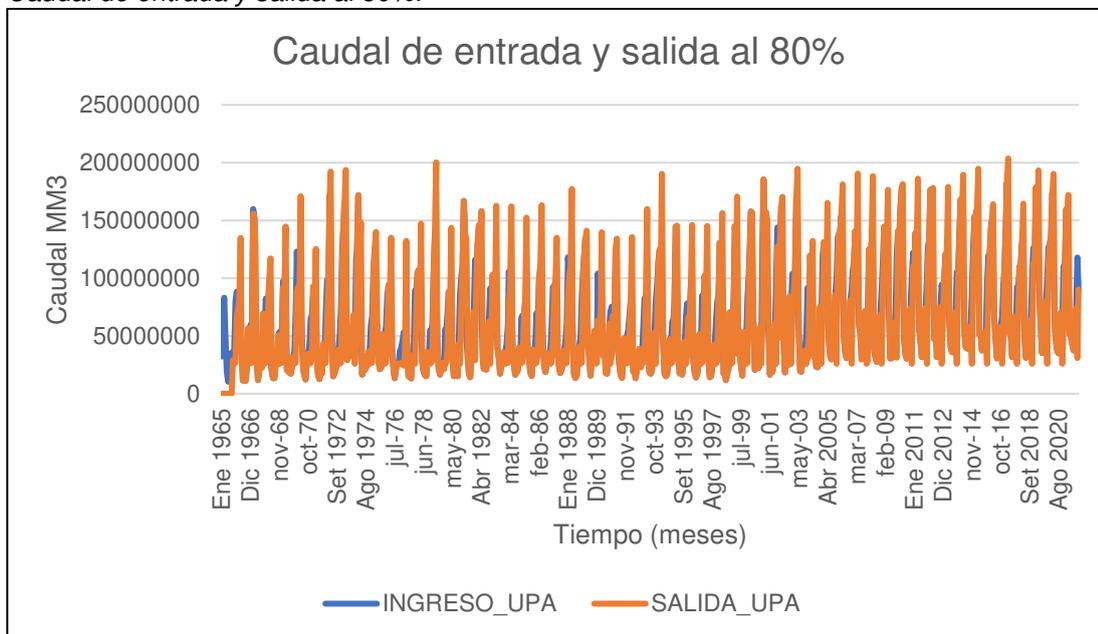
*Caudal de entrada y salida al 80%.*

TIEMPO	INGRESO_UPA	SALIDA_UPA
Ene 1965	32202195	25194.6
feb-65	65045192	0
mar-65	83078171	0
Abr 1965	47421197	0
may-65	19361779	0
jun-65	10367913	0
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	42702820	42702820
Ago 2021	37555884	37555884
Set 2021	43817452	43817452
oct-21	73824952	73824952
nov-21	117820856	30820858
Dic 2021	90116384	90116384

Nota. Caudal de entrada y salida al 80%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 117**

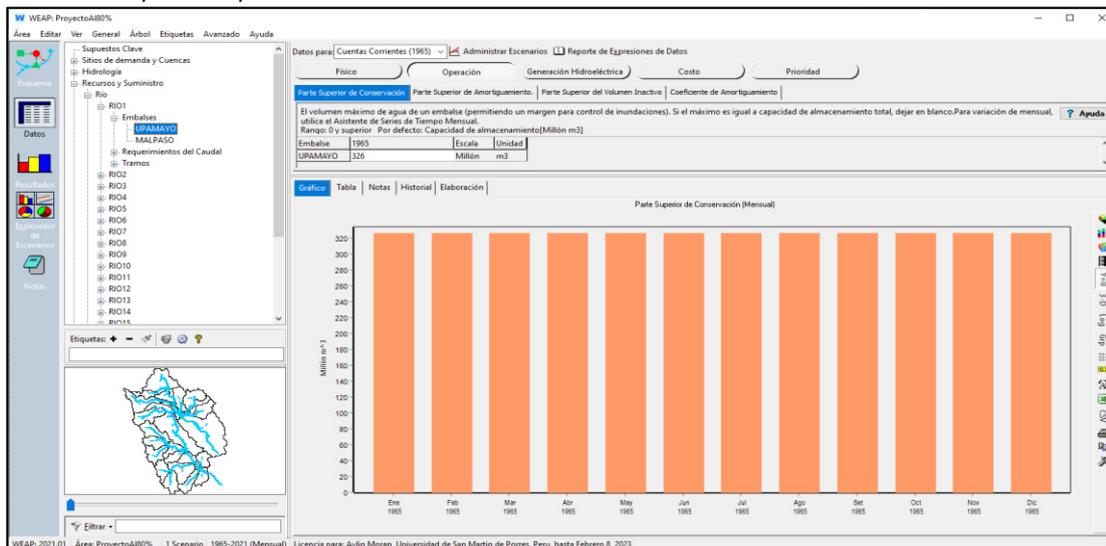
*Caudal de entrada y salida al 80%.*



Nota. La figura muestra el Caudal de entrada y salida al 80%. Elaboración: Propia (2022).  
Fuente: WEAP.

- Al 75%

**Figura. 118**  
Simulación parte superior de conservación al 75%.



Nota. La figura muestra la simulación parte superior de conservación al 75% con un volumen de 326 MMC. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

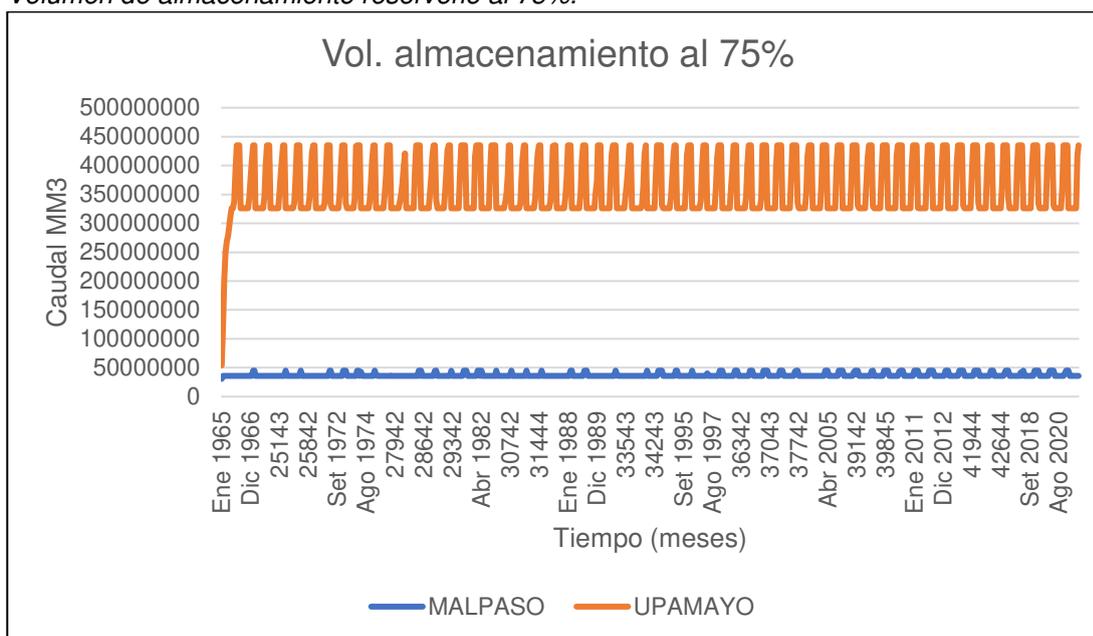
**Tabla 46**  
Operación del reservorio Upamayo al 75%.

TIEMPO	MALPASO	UPAMAYO
Ene 1965	30766704	53943600
feb-65	36000000	118988792
mar-65	36000000	202066963
Abr 1965	36000000	249488160
may-65	36000000	268849939
jun-65	36000000	279217853
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	36000000	326000000
Ago 2021	36000000	326000000
Set 2021	36000000	326000000
oct-21	36000000	326000000
nov-21	36000000	417900864
Dic 2021	36000000	435000000

Nota. Operación del reservorio Upamayo al 75%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 119**

Volumen de almacenamiento reservorio al 75%.



Nota. La figura muestra el Volumen de almacenamiento reservorio al 75%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 47**

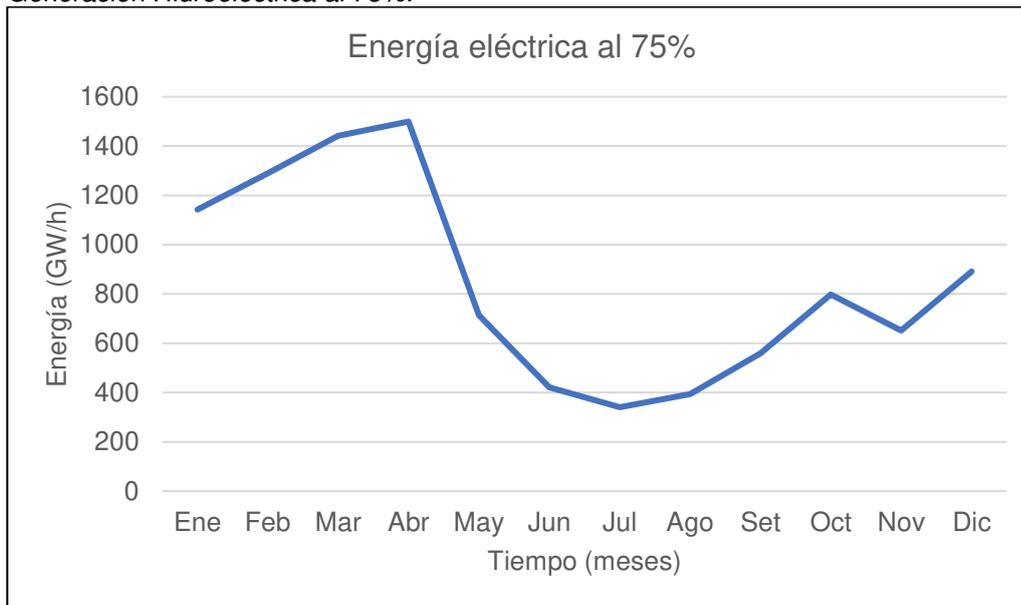
Generación Hidroeléctrica al 75%.

Tiempo (mes)	Energía Eléctrica (GW/h)
Ene	1142.15
Feb	1289.89
Mar	1441.1
Abr	1499.43
May	713.221
Jun	421.579
Jul	340.509
Ago	393.192
Set	559.414
Oct	797.802
Nov	652.208
Dic	890.757

Nota. Generación Hidroeléctrica al 75%, desde el año 1965 hasta el 2021. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 120**

*Generación Hidroeléctrica al 75%.*



Nota. La figura muestra la generación Hidroeléctrica mensual promedio al 75%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

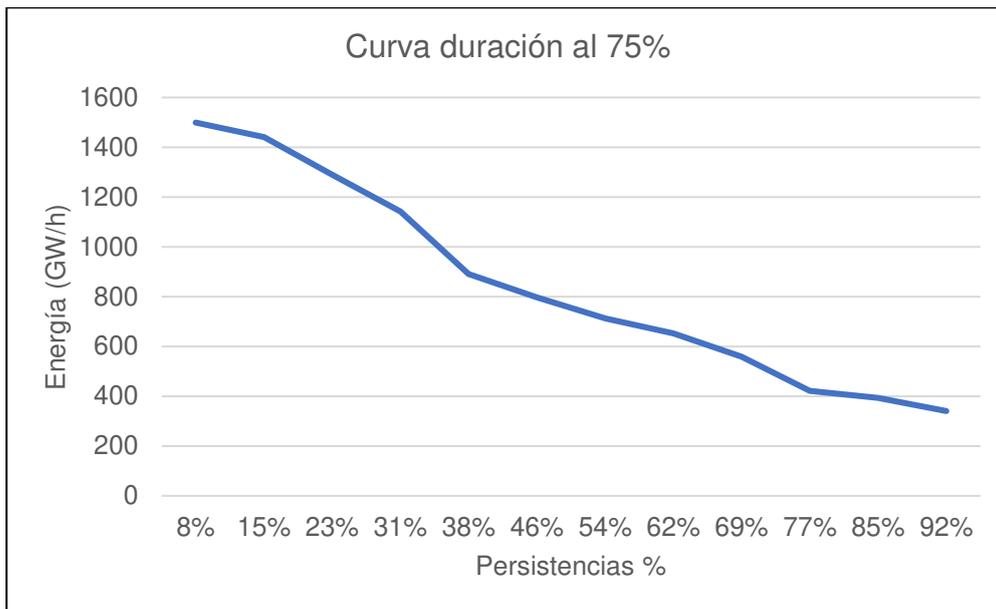
**Tabla 48**

*Curva de duración al 75%.*

Persistencias %	Energía Eléctrica (GW/h)
8%	1499.43
15%	1441.1
23%	1289.89
31%	1142.15
38%	890.757
46%	797.802
54%	713.221
62%	652.208
69%	559.414
77%	421.579
85%	393.192
92%	340.509

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 121**  
Curva de duración al 75%.



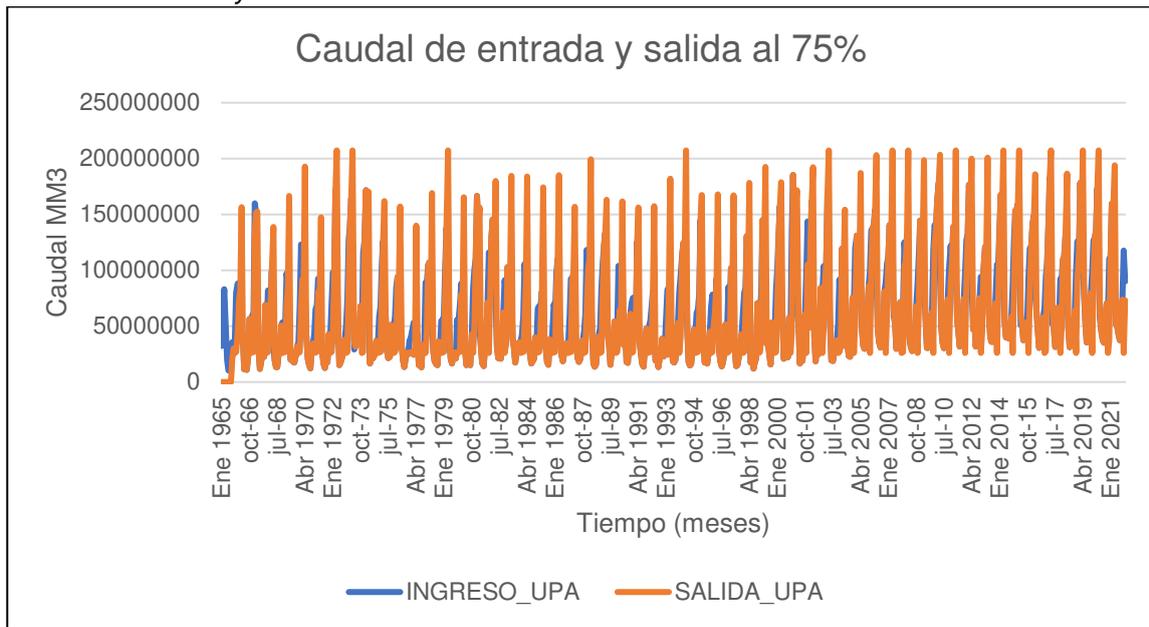
Nota. La figura muestra la generación Hidroeléctrica mensual promedio al 75%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 49**  
Caudal de entrada y salida al 75%.

TIEMPO	INGRESO_UPA	SALIDA_UPA
Ene 1965	32202195	18594.6
feb-65	65045192	0
mar-65	83078171	0
Abr 1965	47421197	0
may-65	19361779	0
jun-65	10367913	0
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	42702820	42702820
Ago 2021	37555884	37555884
Set 2021	43817452	43817452
oct-21	73824952	73824952
nov-21	117820856	25920000
Dic 2021	90116384	73017240

Nota. Caudal de entrada y salida al 75%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

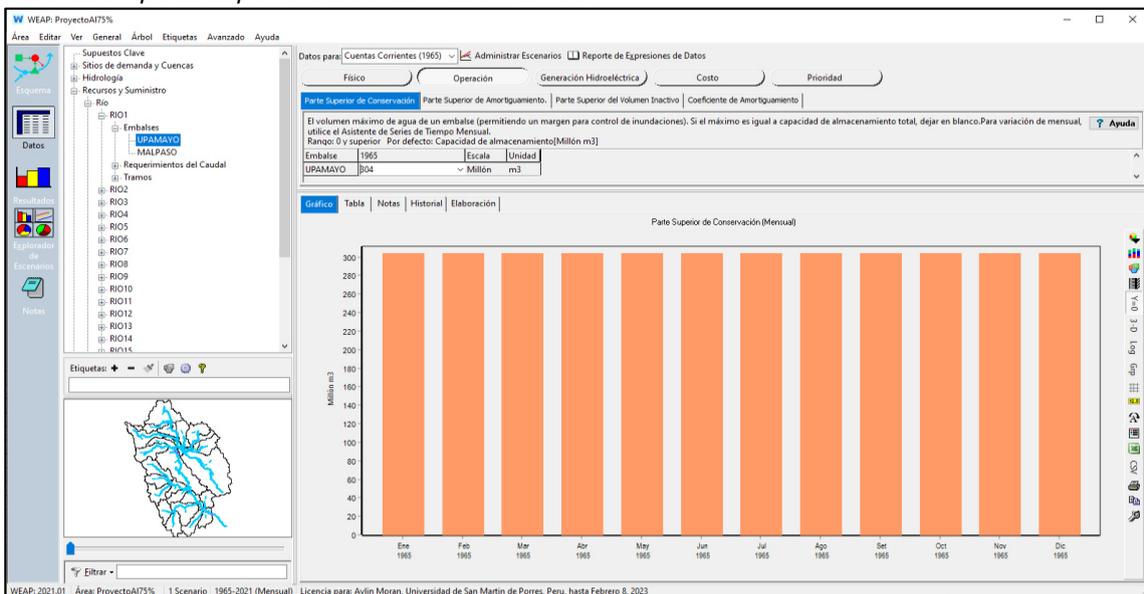
**Figura. 122**  
Caudal de entrada y salida al 75%.



Nota. La figura muestra el Caudal de entrada y salida al 75%. Elaboración: Propia (2022).  
Fuente: WEAP.

- Al 70%

**Figura. 123**  
Simulación parte superior de conservación al 70%.



Nota. La figura muestra la simulación parte superior de conservación al 70% con un volumen de 304 MMC. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

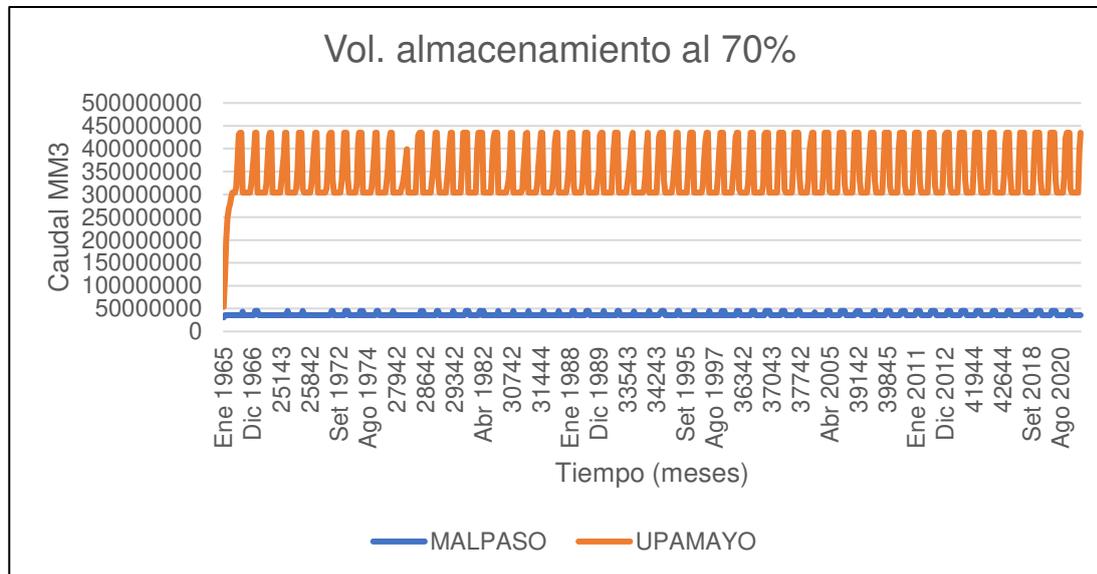
**Tabla 50***Operación del reservorio al 70%.*

TIEMPO	MALPASO	UPAMAYO
Ene 1965	30760104	53950200
feb-65	36000000	118995392
mar-65	36000000	202073563
Abr 1965	36000000	249494760
may-65	36000000	268856539
jun-65	36000000	279224453
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	36000000	304000000
Ago 2021	36000000	304000000
Set 2021	36000000	304000000
oct-21	36000000	304000000
nov-21	36000000	395900864
Dic 2021	36000000	435000000

Nota. Operación del reservorio Upamayo al 70%. Elaboración:  
Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 124**

Volumen de almacenamiento reservorio al 70%.



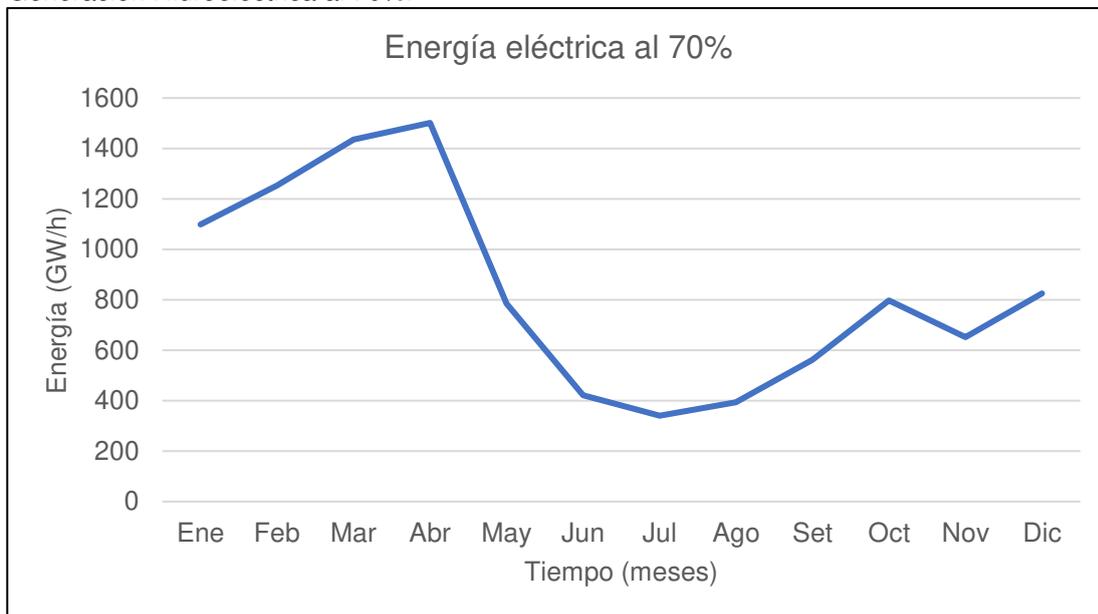
Nota. La figura muestra el Volumen de almacenamiento reservorio al 70%. Elaboración:  
Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 51**  
*Generación Hidroeléctrica al 70%.*

Tiempo (mes)	Energía Eléctrica (GW/h)
Ene	1098.81
Feb	1252.93
Mar	1435.36
Abr	1501.49
May	784.562
Jun	421.579
Jul	340.509
Ago	394.255
Set	561.541
Oct	797.802
Nov	652.208
Dic	825.782

Nota. Generación Hidroeléctrica al 70%, desde el año 1965 hasta el 2021. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 125**  
*Generación Hidroeléctrica al 70%.*



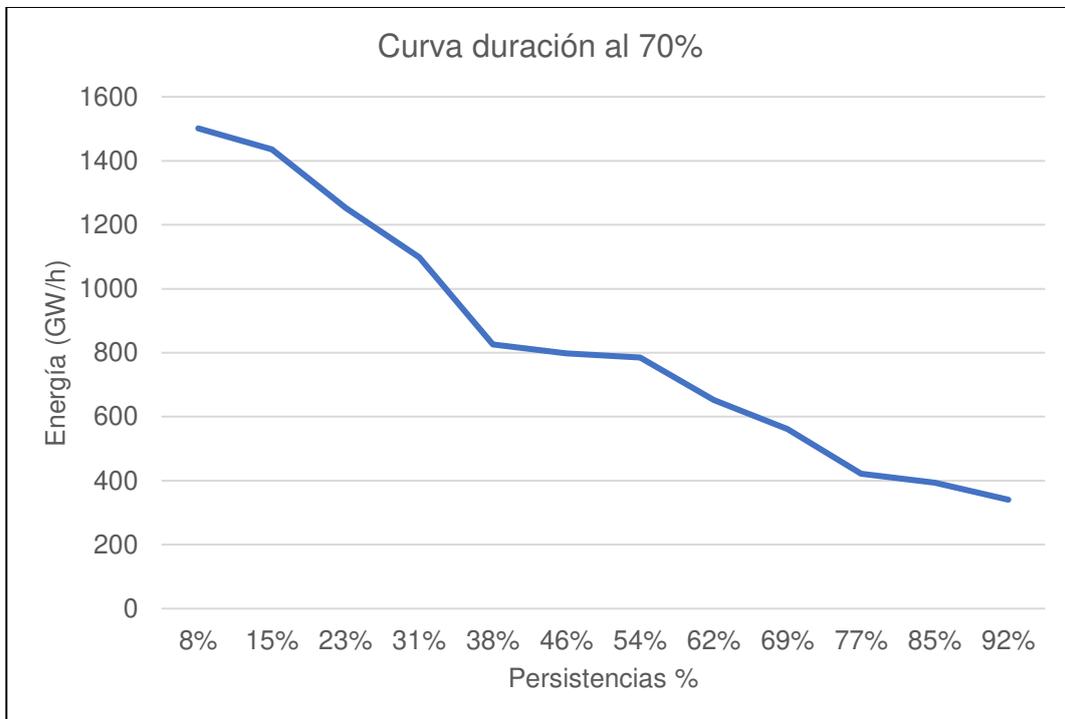
Nota. La figura muestra la generación Hidroeléctrica mensual promedio al 70%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 52**  
Curva de duración al 70%.

Persistencias %	Energía Eléctrica (GW/h)
8%	1501.49
15%	1435.36
23%	1252.93
31%	1098.81
38%	825.782
46%	797.802
54%	784.562
62%	652.208
69%	561.541
77%	421.579
85%	394.255
92%	340.509

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje.  
Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 126**  
Curva de duración al 70%.

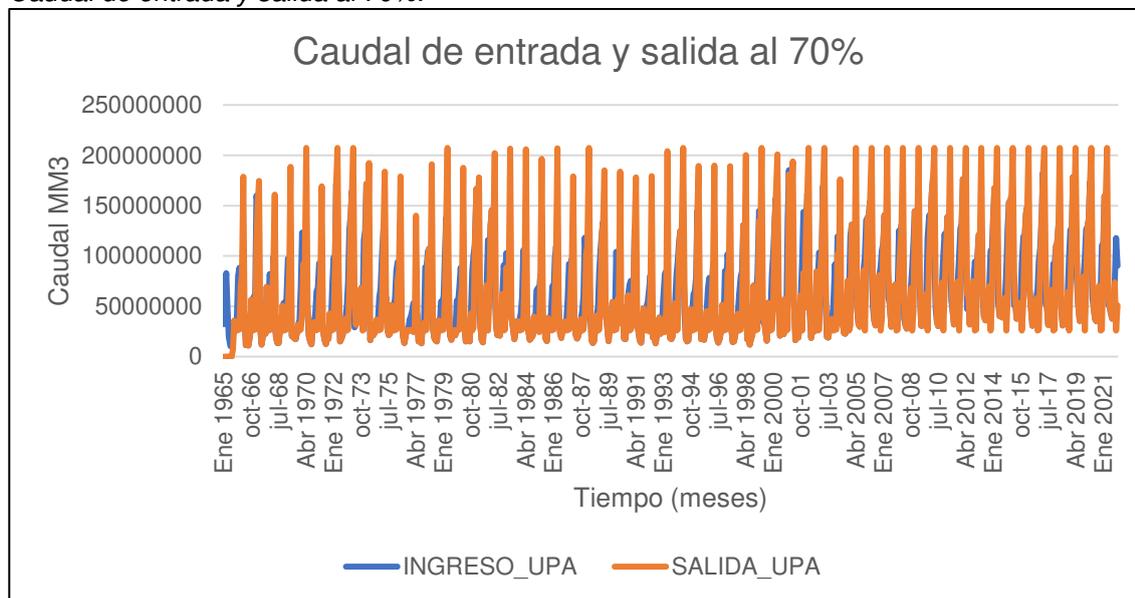


Nota. La figura muestra la curva de duración en persistencias al 70%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 53***Caudal de entrada y salida al 70%.*

TIEMPO	INGRESO_UPA	SALIDA_UPA
Ene 1965	32202195	11994.6
feb-65	65045192	0
mar-65	83078171	0
Abr 1965	47421197	0
may-65	19361779	0
jun-65	10367913	0
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	42702820	42702820
Ago 2021	37555884	37555884
Set 2021	43817452	43817452
oct-21	73824952	73824952
nov-21	117820856	25920000
Dic 2021	90116384	51017240

Nota. Caudal de entrada y salida al 70%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 127***Caudal de entrada y salida al 70%.*

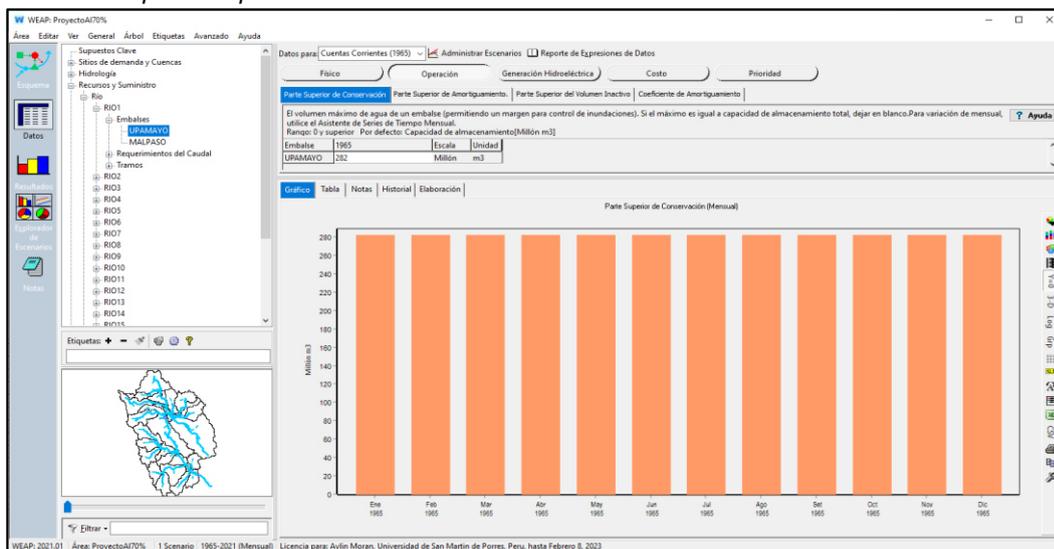
Nota. La figura muestra el Caudal de entrada y salida al 70%. Elaboración: Propia (2022).

Fuente: WEAP.

- Al 65%

**Figura. 128**

*Simulación parte superior de conservación al 65%.*



Nota. La figura muestra la simulación parte superior de conservación al 65% con un volumen de 282 MMC. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 54**

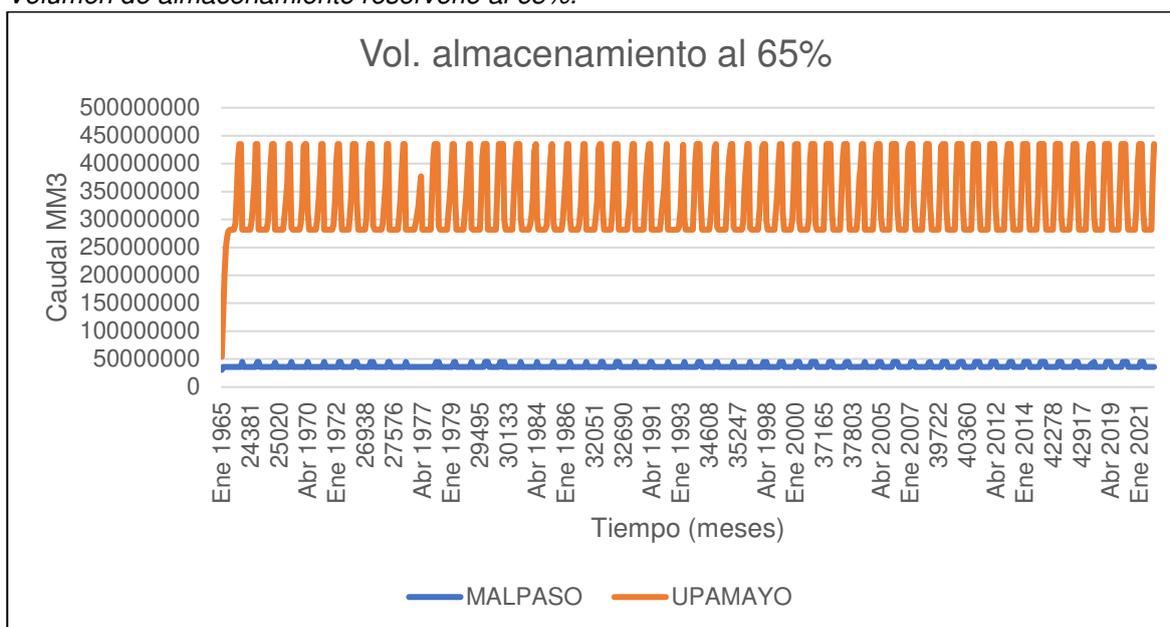
*Operación del reservorio Upamayo al 65%.*

TIEMPO	MALPASO	UPAMAYO
Ene 1965	30753504	53956800
feb-65	36000000	119001992
mar-65	36000000	202080163
Abr 1965	36000000	249501360
may-65	36000000	268863139
jun-65	36000000	279231053
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	36000000	282000000
Ago 2021	36000000	282000000
Set 2021	36000000	282000000
oct-21	36000000	282000000
nov-21	36000000	373900864
Dic 2021	36000000	435000000

Nota. Operación del reservorio Upamayo al 65%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 129**

Volumen de almacenamiento reservorio al 65%.



Nota. La figura muestra el Volumen de almacenamiento reservorio al 65%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 55**

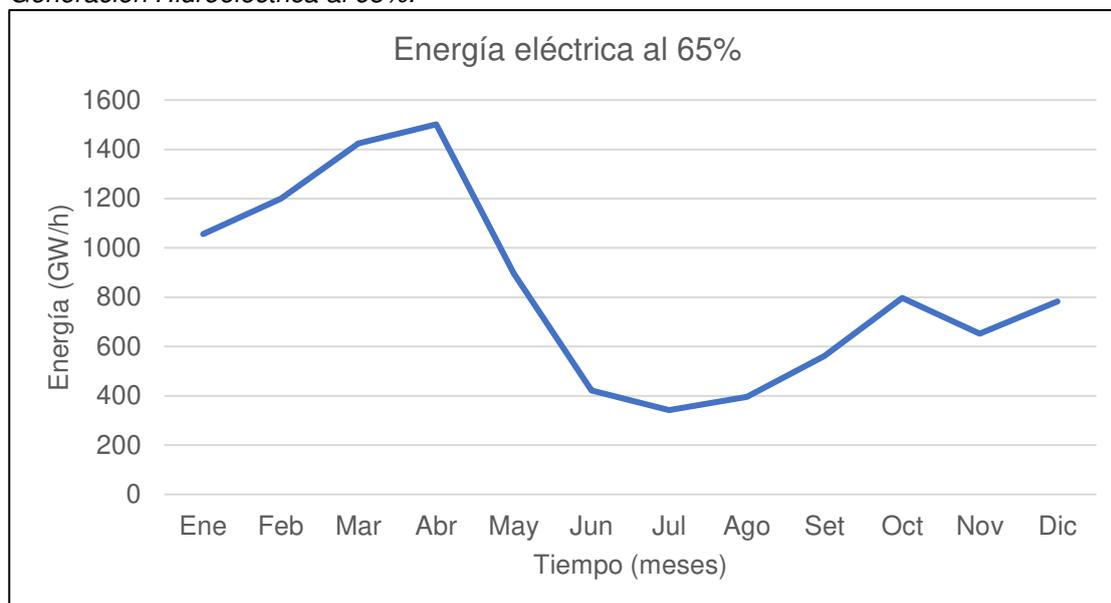
Generación Hidroeléctrica al 65%.

Tiempo (mes)	Energía Eléctrica (GW/h)
Ene	1055.64
Feb	1199.58
Mar	1423.93
Abr	1501.49
May	896.447
Jun	421.579
Jul	341.969
Ago	395.985
Set	561.541
Oct	797.802
Nov	652.208
Dic	782.315

Nota. Generación Hidroeléctrica al 65%, desde el año 1965 hasta el 2021. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 130**

*Generación Hidroeléctrica al 65%.*



Nota. La figura muestra la generación Hidroeléctrica mensual promedio al 65%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

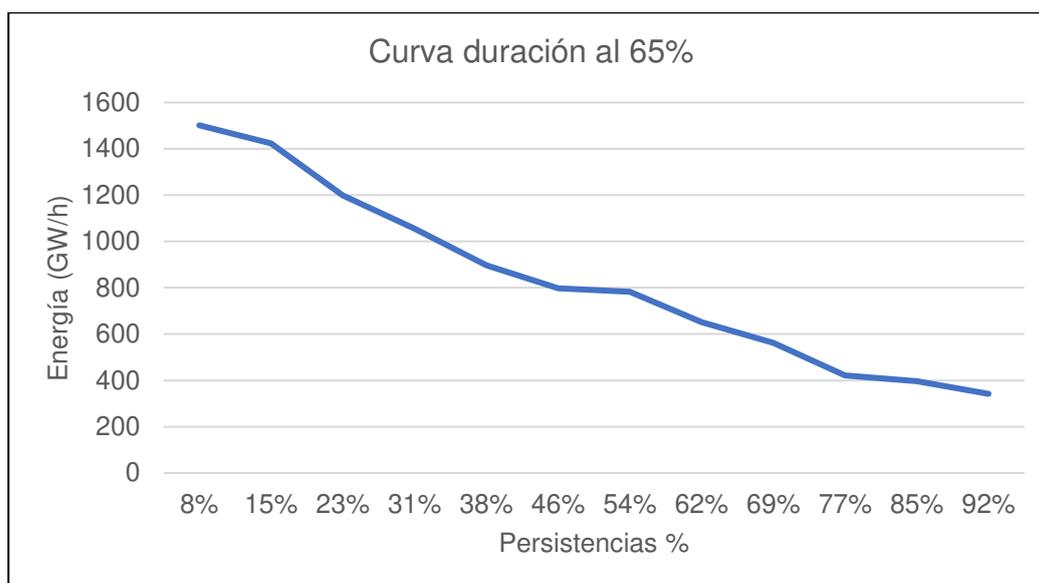
**Tabla 56**

*Curva de duración al 65%.*

Persistencias %	Energía Eléctrica (GW/h)
8%	1501.49
15%	1423.93
23%	1199.58
31%	1055.64
38%	896.447
46%	797.802
54%	782.315
62%	652.208
69%	561.541
77%	421.579
85%	395.985
92%	341.969

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 131**  
Curva de duración al 65%.



Nota. La figura muestra la curva de duración en persistencias al 65%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

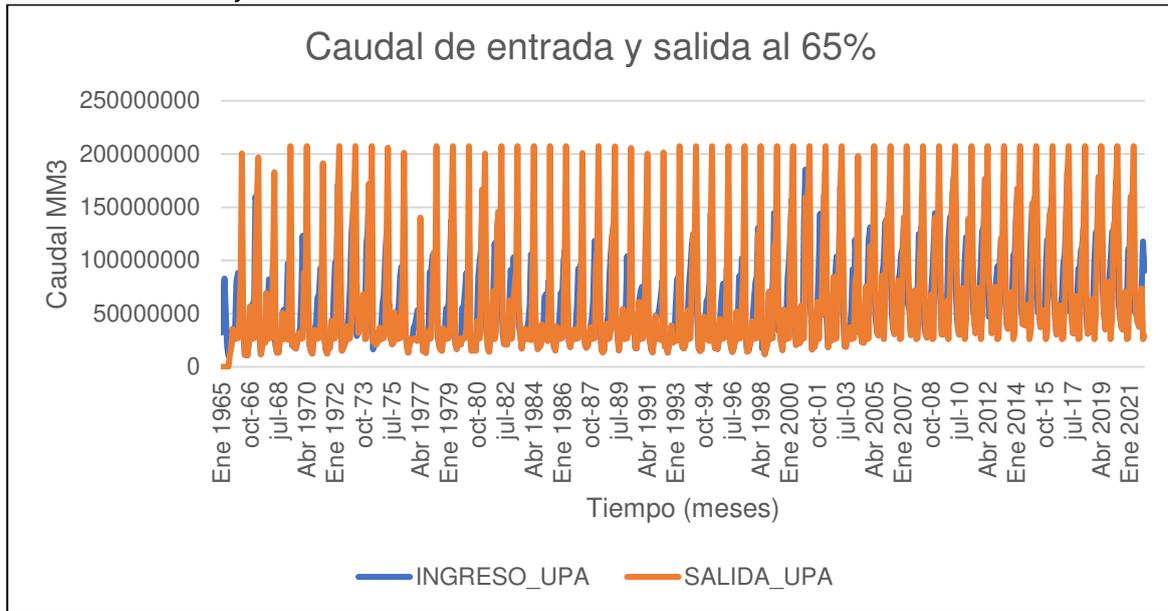
**Tabla 57**  
Caudal de entrada y salida al 65%.

TIEMPO	INGRESO_UPA	SALIDA_UPA
Ene 1965	32202195	5394.64
feb-65	65045192	0
mar-65	83078171	0
Abr 1965	47421197	0
may-65	19361779	0
jun-65	10367913	0
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	42702820	42702820
Ago 2021	37555884	37555884
Set 2021	43817452	43817452
oct-21	73824952	73824952
nov-21	117820856	25920000
Dic 2021	90116384	29017240

Nota. Caudal de entrada y salida al 65%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 132**

Caudal de entrada y salida al 65%.



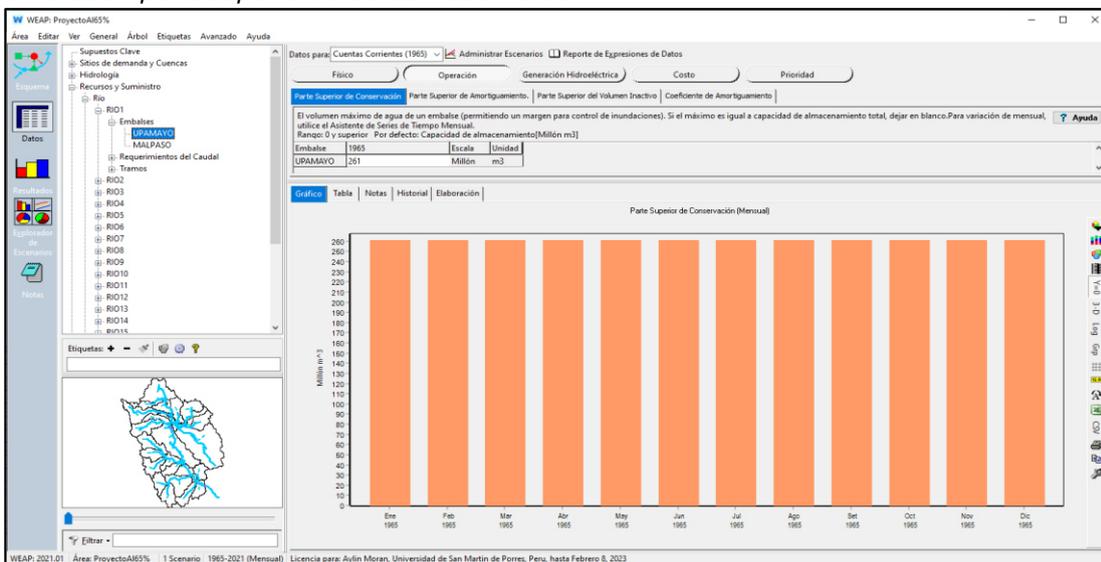
Nota. La figura muestra el Caudal de entrada y salida al 65%. Elaboración: Propia (2022).

Fuente: WEAP.

- Al 60%

**Figura. 133**

Simulación parte superior de conservación al 60%.



Nota. La figura muestra la simulación parte superior de conservación al 60% con un volumen de 261 MMC. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 58**

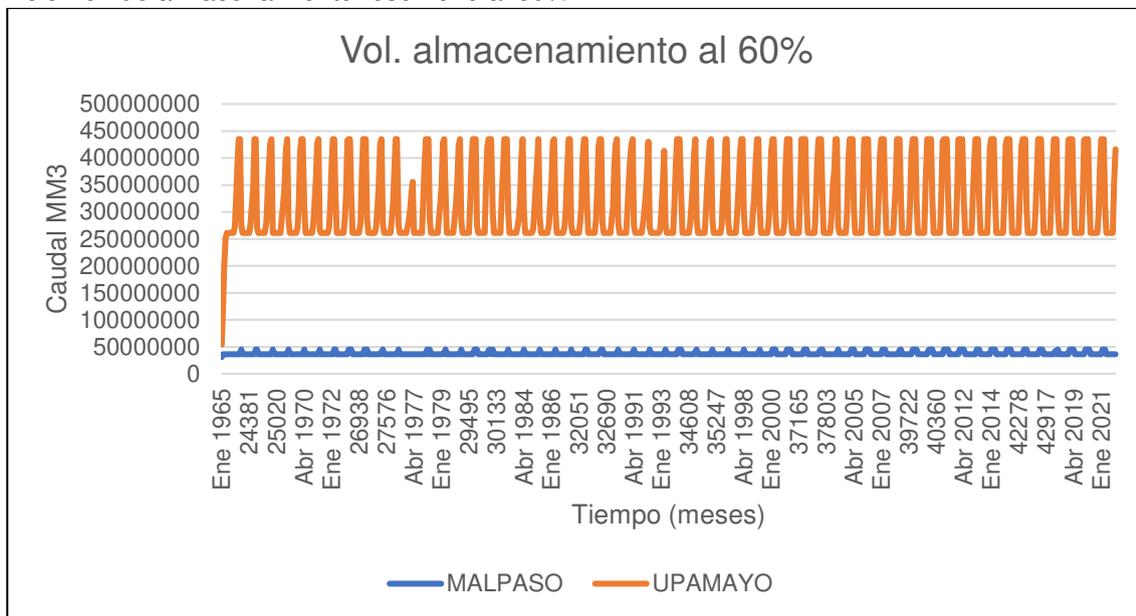
*Operación del reservorio Upamayo al 60%.*

TIEMPO	MALPASO	UPAMAYO
Ene 1965	30770604	53939700
feb-65	36000000	118984892
mar-65	36000000	202063063
Abr 1965	36000000	249484260
may-65	36000000	261000000
jun-65	36000000	261000000
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	36000000	261000000
Ago 2021	36000000	261000000
Set 2021	36000000	261000000
oct-21	36000000	261000000
nov-21	36000000	352900864
Dic 2021	36000000	416233248

Nota. Operación del reservorio Upamayo al 60%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 134**

*Volumen de almacenamiento reservorio al 60%.*

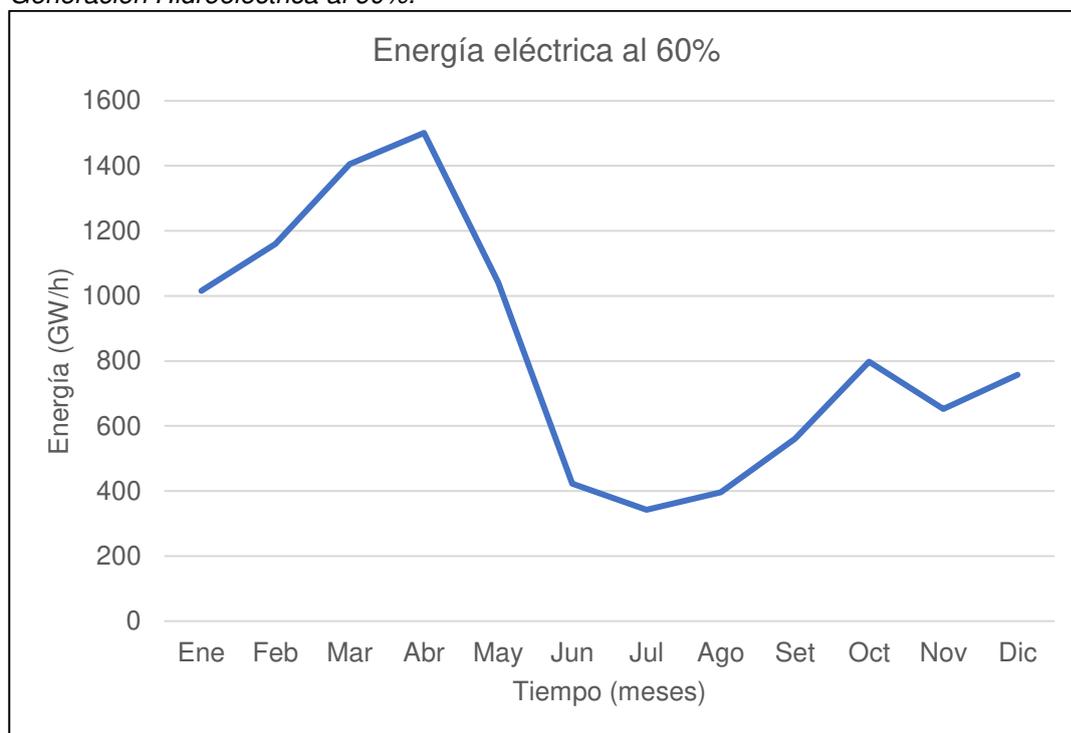


Nota. La figura muestra el Volumen de almacenamiento reservorio al 60%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 59***Generación Hidroeléctrica al 60%.*

Tiempo (mes)	Energía Eléctrica (GW/h)
Ene	1015.54
Feb	1159.51
Mar	1405.14
Abr	1501.4
May	1040.9
Jun	423.082
Jul	342.37
Ago	395.985
Set	561.541
Oct	797.802
Nov	652.208
Dic	757.591

Nota. Generación Hidroeléctrica al 60%, desde el año 1965 hasta el 2021. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 135***Generación Hidroeléctrica al 60%.*

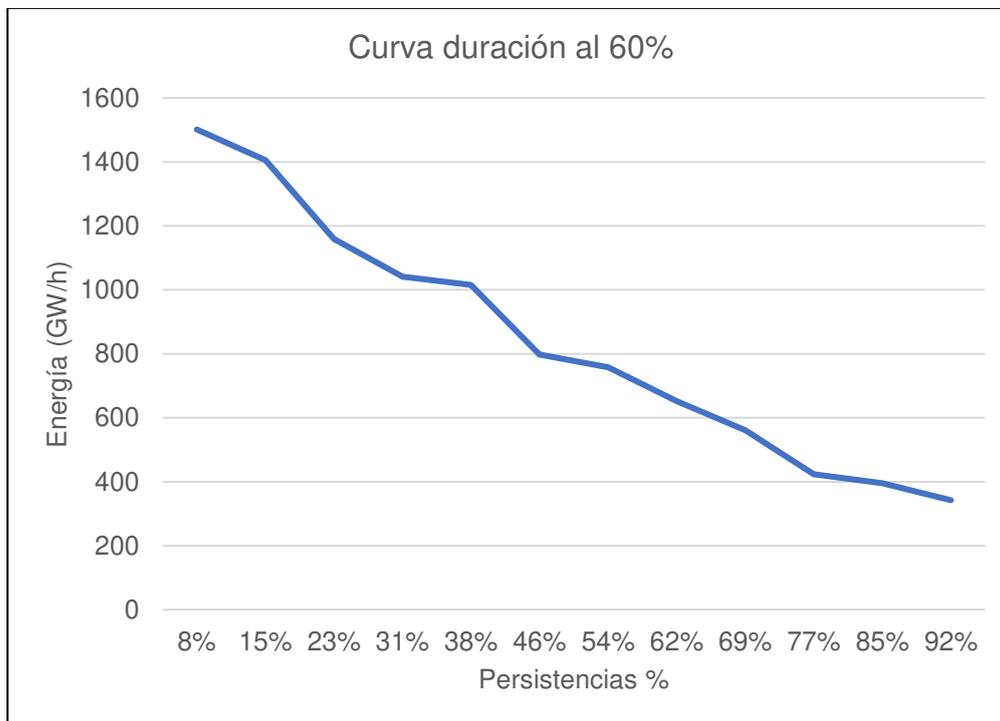
Nota. La figura muestra la generación Hidroeléctrica mensual promedio al 60%.  
Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

Tabla 60  
Curva de duración al 60%.

Persistencias %	Energía Eléctrica (GW/h)
8%	1501.4
15%	1405.14
23%	1159.51
31%	1040.9
38%	1015.54
46%	797.802
54%	757.591
62%	652.208
69%	561.541
77%	423.082
85%	395.985
92%	342.37

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje.  
Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

Figura. 136  
Curva de duración al 60%.



Nota. La figura muestra la curva de duración en persistencias al 60%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 61**

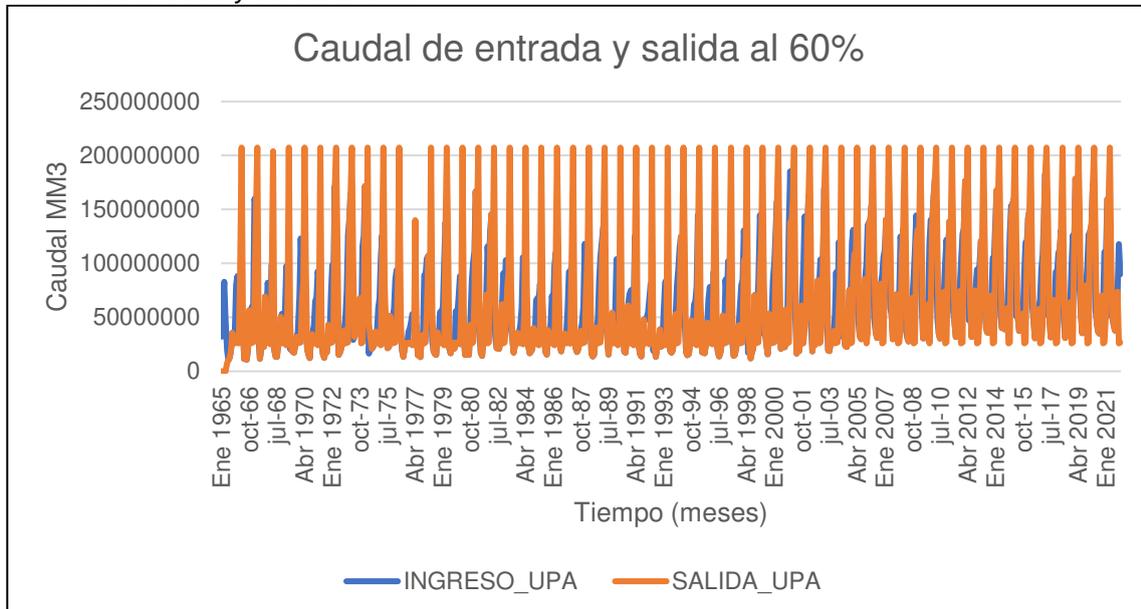
*Caudal de entrada y salida al 60%.*

TIEMPO	INGRESO_UPA	SALIDA_UPA
Ene 1965	32202195	22494.6
feb-65	65045192	0
mar-65	83078171	0
Abr 1965	47421197	0
may-65	19361779	7846039
jun-65	10367913	10367913
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	42702820	42702820
Ago 2021	37555884	37555884
Set 2021	43817452	43817452
oct-21	73824952	73824952
nov-21	117820856	25920000
Dic 2021	90116384	26784000

Nota. Caudal de entrada y salida al 60%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 137**

*Caudal de entrada y salida al 60%.*

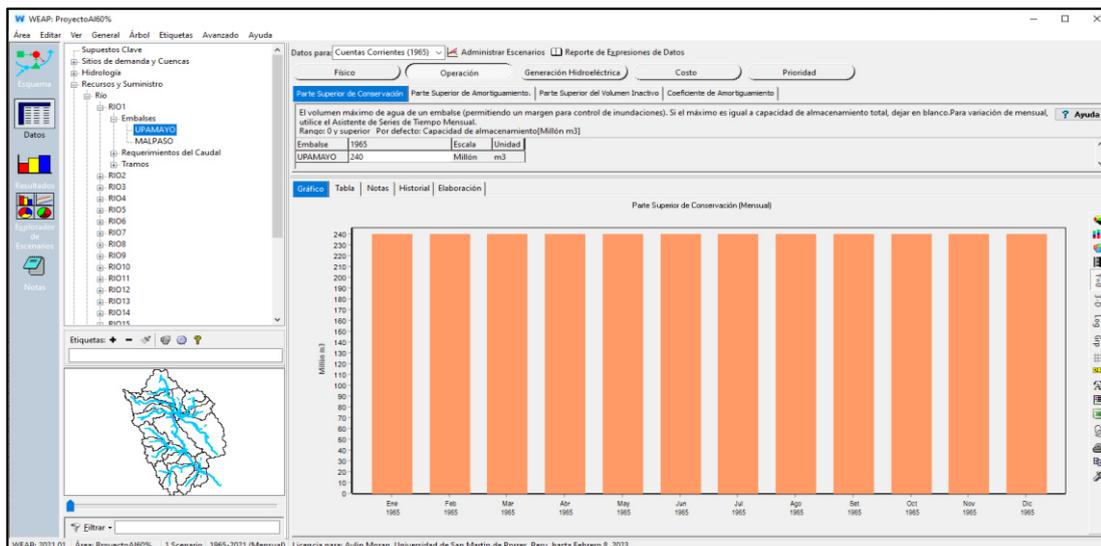


Nota. La figura muestra el Caudal de entrada y salida al 60%. Elaboración: Propia (2022).

Fuente: WEAP.

- Al 55%

**Figura. 138**  
Simulación parte superior de conservación al 55%.



Nota. La figura muestra la simulación parte superior de conservación al 55% con un volumen de 240 MMC. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

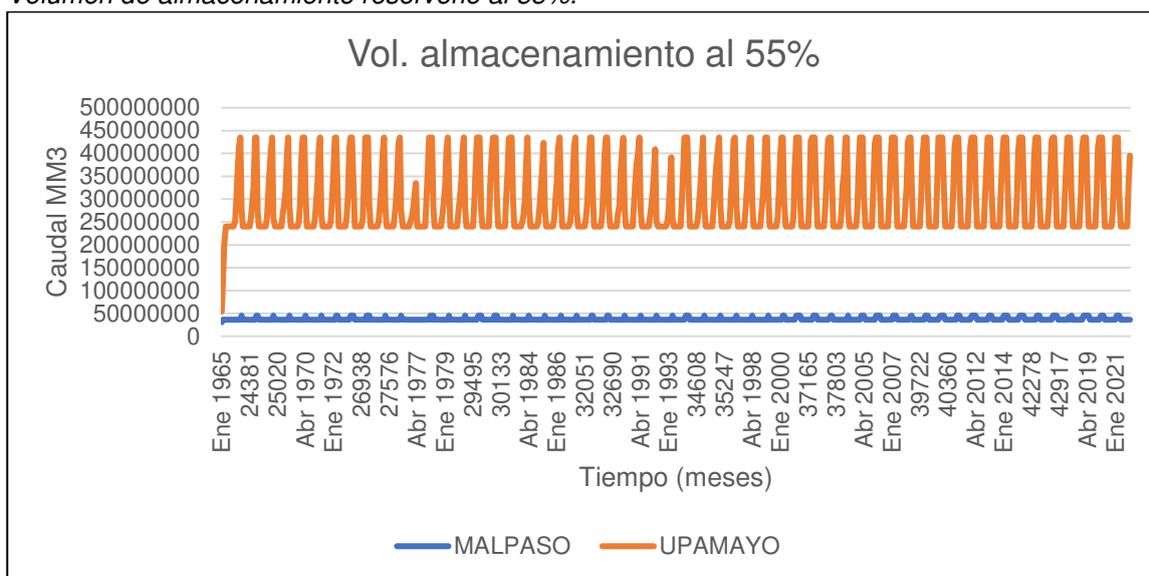
**Tabla 62**  
Operación del reservorio Upamayo al 55%.

TIEMPO	MALPASO	UPAMAYO
Ene 1965	30768504	53941800
feb-65	36000000	118986992
mar-65	36000000	202065163
Abr 1965	36000000	240000000
may-65	36000000	240000000
jun-65	36000000	240000000
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	36000000	240000000
Ago 2021	36000000	240000000
Set 2021	36000000	240000000
oct-21	36000000	240000000
nov-21	36000000	331900864
Dic 2021	36000000	395233248

Nota. Operación del reservorio Upamayo al 55%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 139**

Volumen de almacenamiento reservorio al 55%.



Nota. La figura muestra el Volumen de almacenamiento reservorio al 55%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 63**

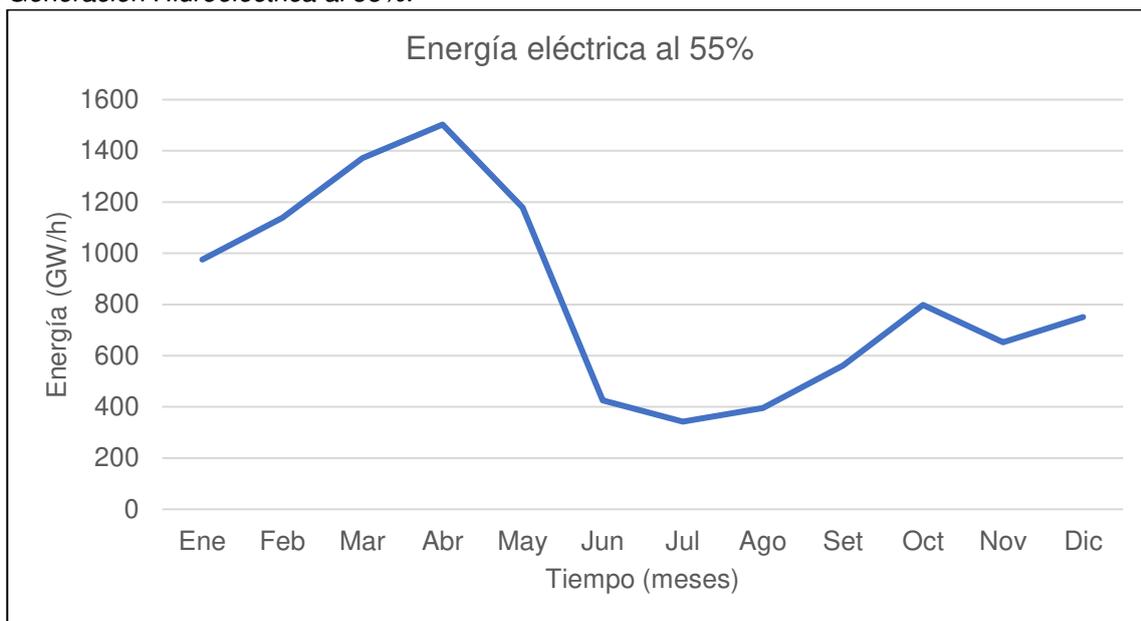
Generación Hidroeléctrica al 55%.

Tiempo (mes)	Energía Eléctrica (GW/h)
Ene	974.654
Feb	1138.78
Mar	1371.61
Abr	1502.74
May	1178.86
Jun	425.804
Jul	342.37
Ago	395.985
Set	561.541
Oct	797.802
Nov	652.208
Dic	751.375

Nota. Generación Hidroeléctrica al 55%, desde el año 1965 hasta el 2021. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 140**

*Generación Hidroeléctrica al 55%.*



Nota. La figura muestra la generación Hidroeléctrica mensual promedio al 55%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

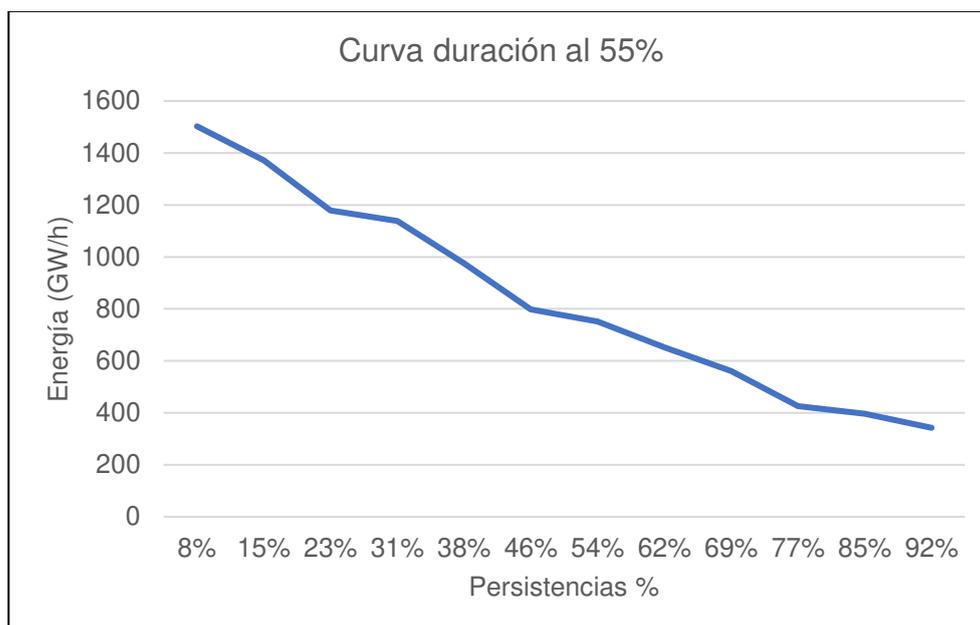
**Tabla 64**

*Curva de duración al 55%.*

Persistencias %	Energía Eléctrica (GW/h)
8%	1502.74
15%	1371.61
23%	1178.86
31%	1138.78
38%	974.654
46%	797.802
54%	751.375
62%	652.208
69%	561.541
77%	425.804
85%	395.985
92%	342.37

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Figura. 141**  
Curva de duración al 55%.



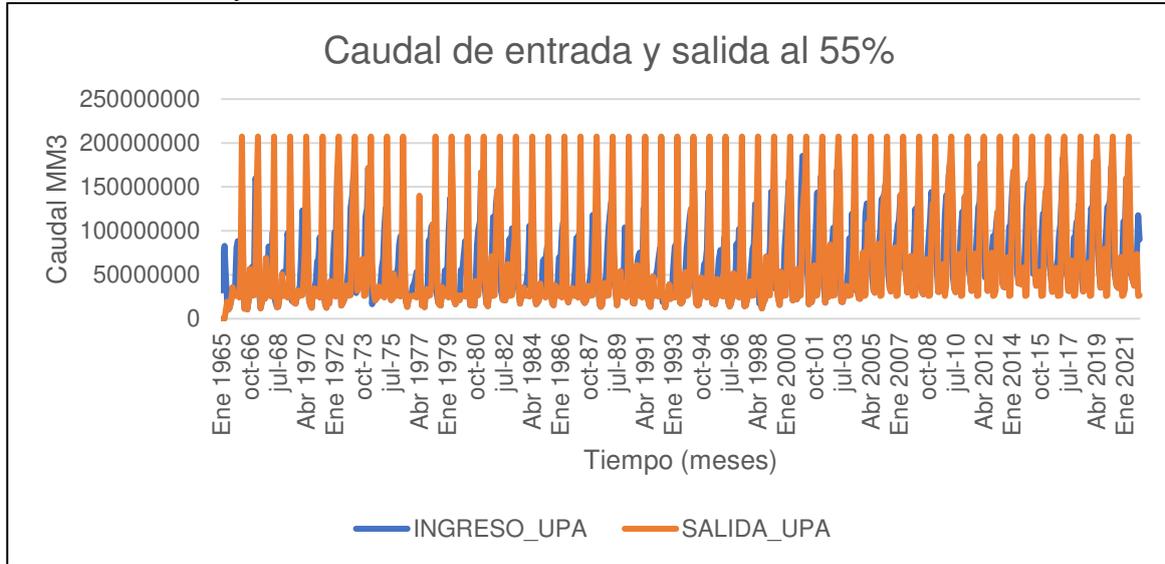
Nota. La figura muestra la curva de duración en persistencias al 55%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 65**  
Caudal de entrada y salida al 55%.

TIEMPO	INGRESO_UPA	SALIDA_UPA
Ene 1965	32202195	20394.6
feb-65	65045192	0
mar-65	83078171	0
Abr 1965	47421197	9486360
may-65	19361779	19361779
jun-65	10367913	10367913
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	42702820	42702820
Ago 2021	37555884	37555884
Set 2021	43817452	43817452
oct-21	73824952	73824952
nov-21	117820856	25920000
Dic 2021	90116384	26784000

Nota. Caudal de entrada y salida al 55%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

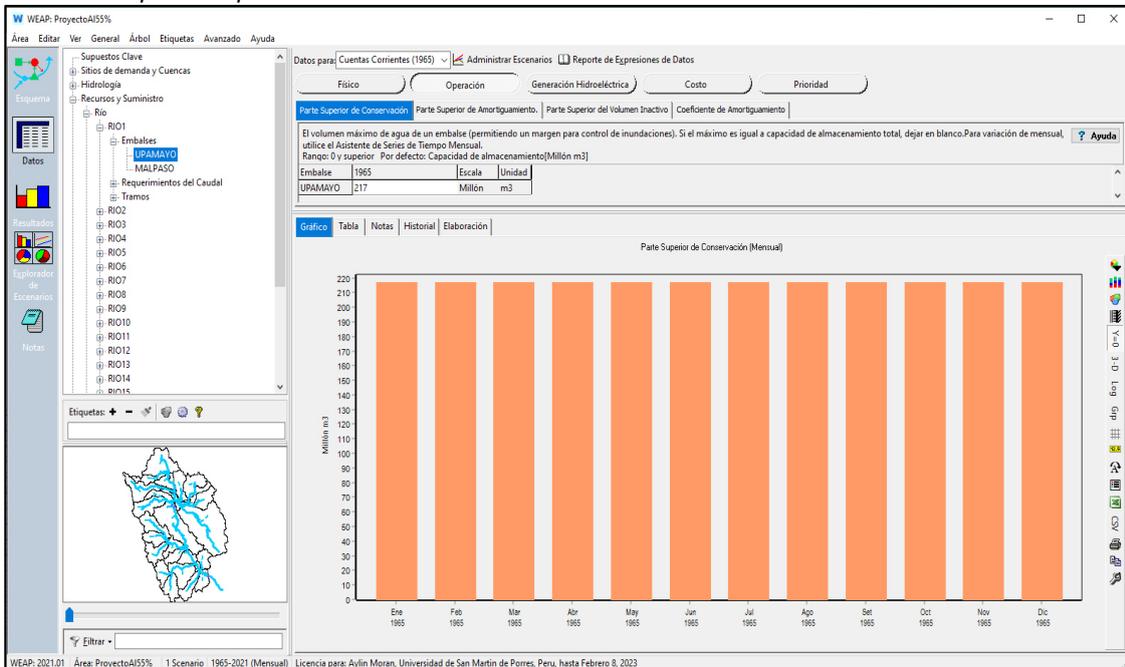
**Figura. 142**  
Caudal de entrada y salida al 55%.



Nota. La figura muestra el Caudal de entrada y salida al 55%. Elaboración: Propia (2022).  
Fuente: WEAP.

- Al 50%

**Figura. 143**  
Simulación parte superior de conservación al 50%.



Nota. La figura muestra la simulación parte superior de conservación al 50% con un volumen de 217 MMC. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 66**

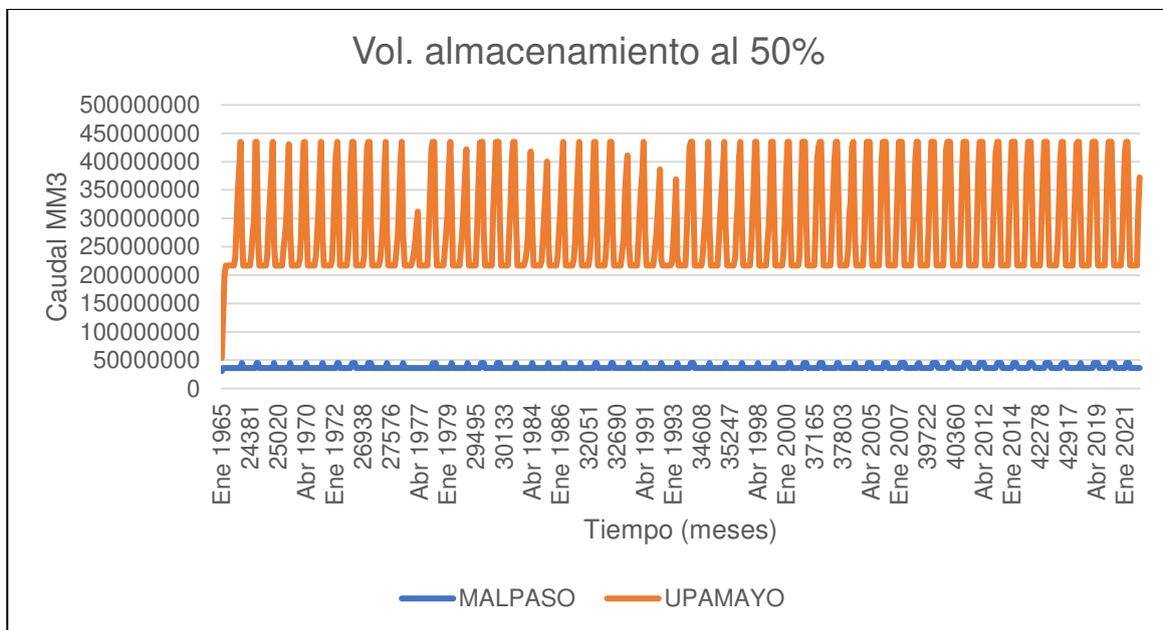
*Operación del reservorio Upamayo al 50%.*

TIEMPO	MALPASO	UPAMAYO
Ene 1965	30770904	53939400
feb-65	36000000	118984592
mar-65	36000000	202062763
Abr 1965	36000000	217000000
may-65	36000000	217000000
jun-65	36000000	217000000
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	36000000	217000000
Ago 2021	36000000	217000000
Set 2021	36000000	217000000
oct-21	36000000	217000000
nov-21	36000000	308900864
Dic 2021	36000000	372233248

Nota. Operación del reservorio Upamayo al 50%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 144**

*Volumen de almacenamiento reservorio al 50%.*



Nota. La figura muestra el Volumen de almacenamiento reservorio al 50%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 67**

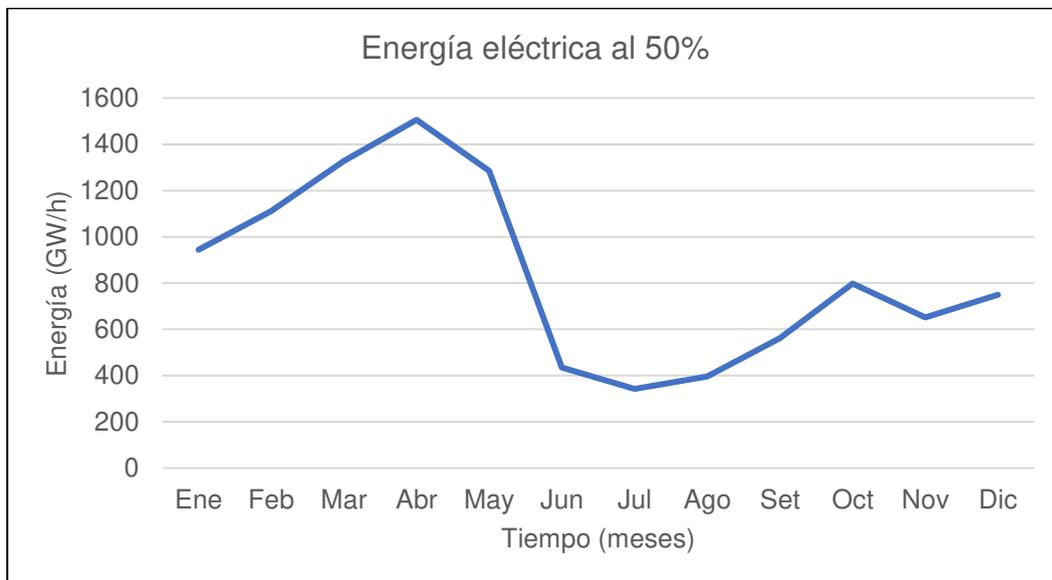
*Generación Hidroeléctrica al 50%.*

Tiempo (mes)	Energía Eléctrica (GW/h)
Ene	944.861
Feb	1111.05
Mar	1328.59
Abr	1506.07
May	1285.77
Jun	435.146
Jul	342.37
Ago	395.985
Set	561.541
Oct	797.802
Nov	652.208
Dic	749.802

Nota. Generación Hidroeléctrica al 50% desde el año 1965 hasta el 2021. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 145**

*Generación Hidroeléctrica al 50%.*



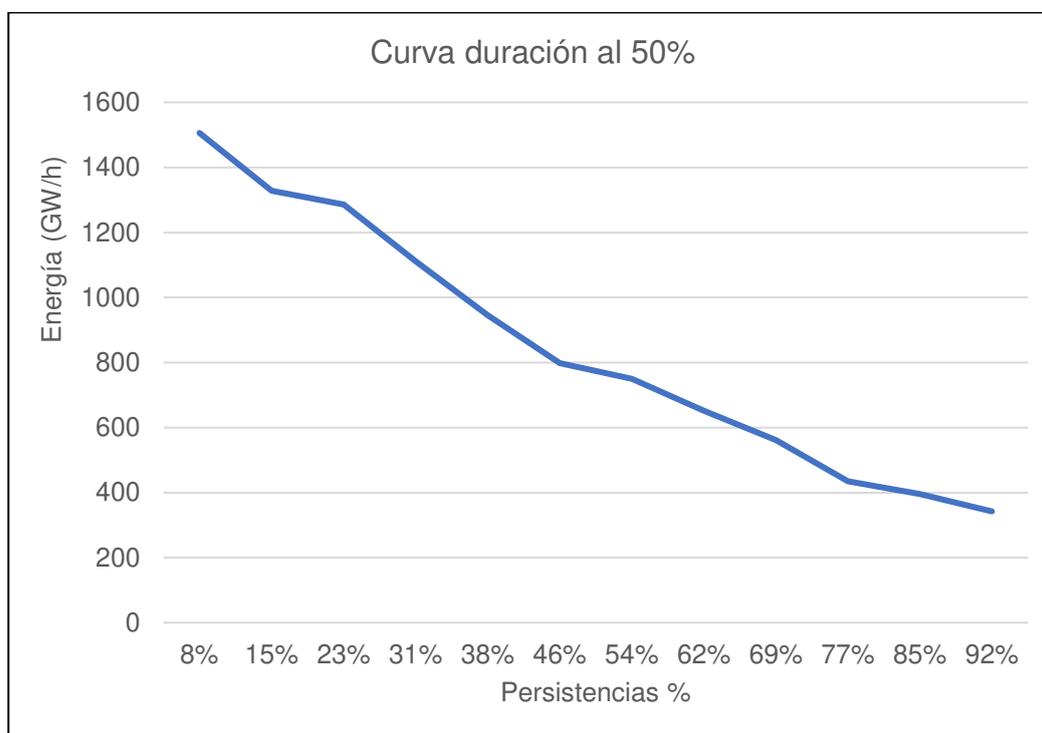
Nota. La figura muestra la generación Hidroeléctrica mensual promedio al 50%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 68**  
*Curva de duración al 50%.*

Persistencias %	Energía Eléctrica (GW/h)
8%	1506.07
15%	1328.59
23%	1285.77
31%	1111.05
38%	944.861
46%	797.802
54%	749.802
62%	652.208
69%	561.541
77%	435.146
85%	395.985
92%	342.37

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje.  
 Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 146**  
*Curva de duración al 50%.*



Nota. La figura muestra la curva de duración en persistencias al 50%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 69**

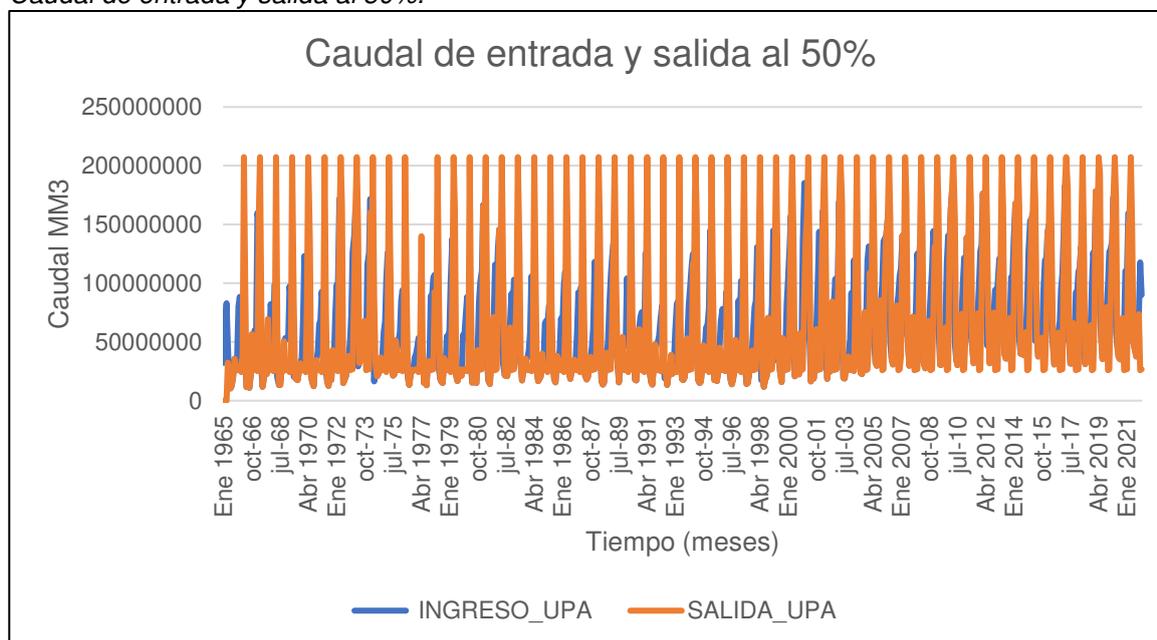
*Caudal de entrada y salida al 50%.*

TIEMPO	INGRESO_UPA	SALIDA_UPA
Ene 1965	32202195	22794.6
feb-65	65045192	0
mar-65	83078171	0
Abr 1965	47421197	32483960
may-65	19361779	19361779
jun-65	10367913	10367913
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	42702820	42702820
Ago 2021	37555884	37555884
Set 2021	43817452	43817452
oct-21	73824952	73824952
nov-21	117820856	25920000
Dic 2021	90116384	26784000

Nota. Caudal de entrada y salida al 50%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 147**

*Caudal de entrada y salida al 50%.*



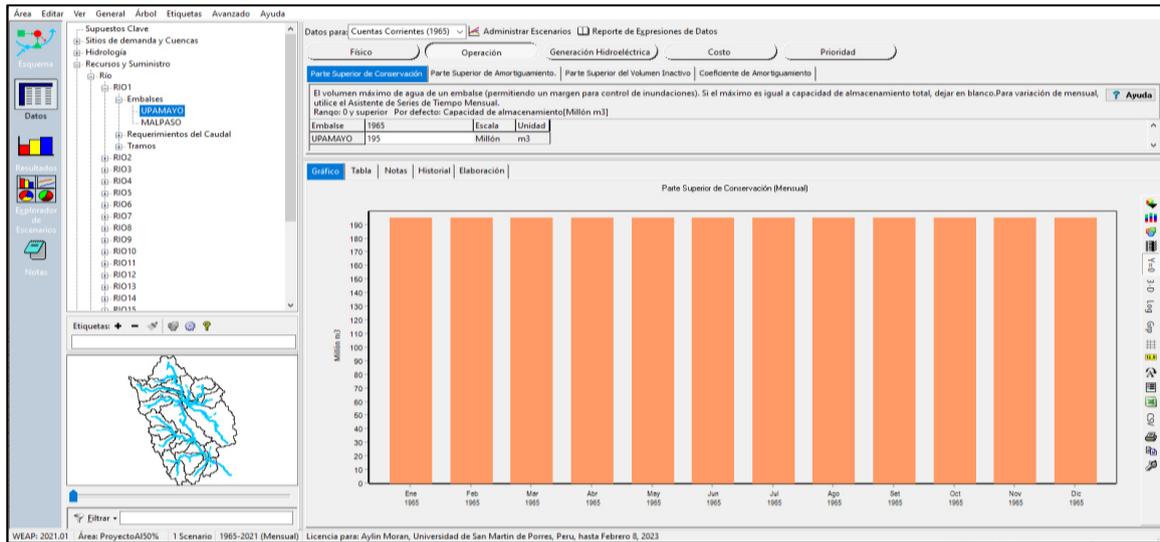
Nota. La figura muestra el Caudal de entrada y salida al 50%. Elaboración: Propia (2022).

Fuente: WEAP.

- Al 45%

**Figura. 148**

*Simulación parte superior de conservación al 45%.*



Nota. La figura muestra la simulación parte superior de conservación al 45% con un volumen de 195 MMC. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 70**

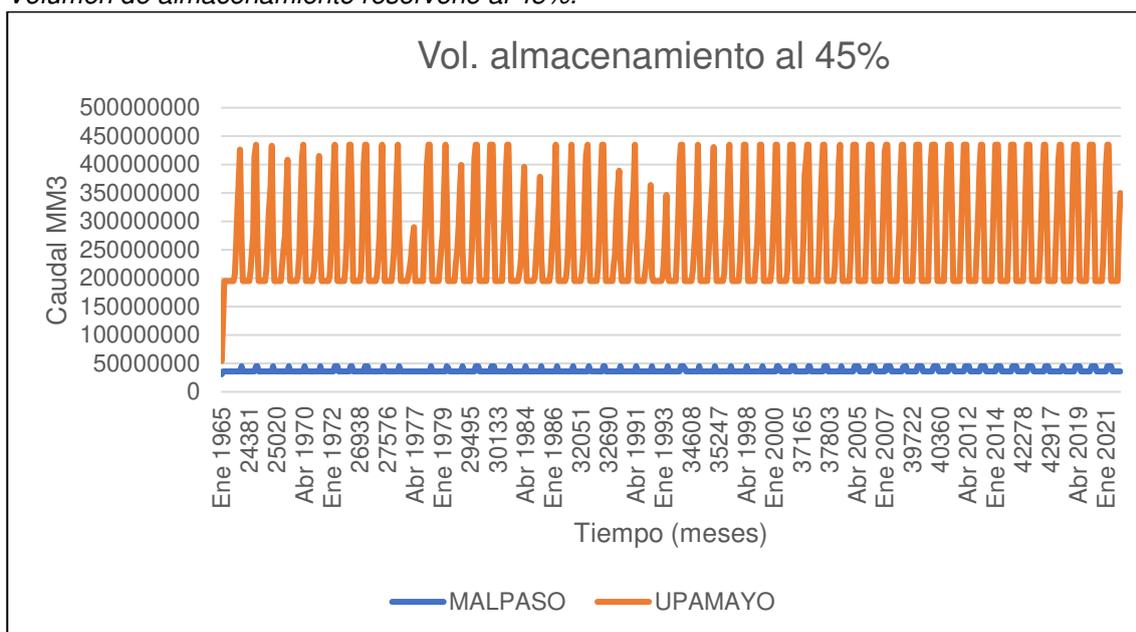
*Operación del reservorio Upamayo al 45%.*

TIEMPO	MALPASO	UPAMAYO
Ene 1965	30761604	53948700
feb-65	36000000	118993892
mar-65	36000000	195000000
Abr 1965	36000000	195000000
may-65	36000000	195000000
jun-65	36000000	195000000
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	36000000	195000000
Ago 2021	36000000	195000000
Set 2021	36000000	195000000
oct-21	36000000	195000000
nov-21	36000000	286900864
Dic 2021	36000000	350233248

Nota. Operación del reservorio Upamayo al 45%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 149**

Volumen de almacenamiento reservorio al 45%.



Nota. La figura muestra el Volumen de almacenamiento reservorio al 45%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 71**

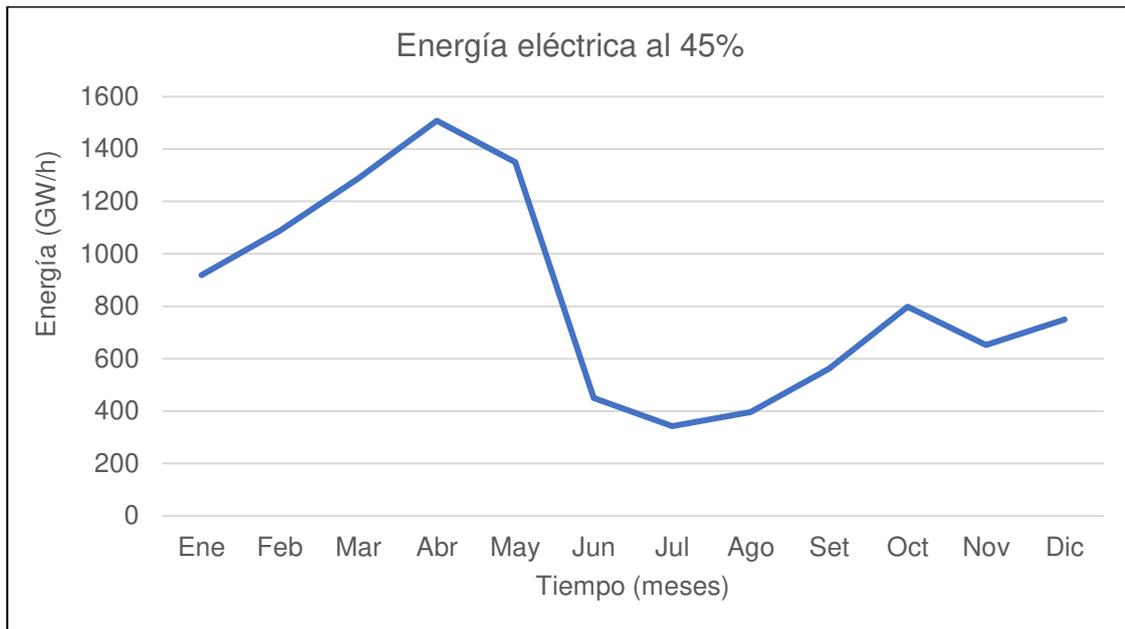
Generación Hidroeléctrica al 45%.

Tiempo (mes)	Energía Eléctrica (GW/h)
Ene	919.159
Feb	1088.4
Mar	1288.62
Abr	1508.21
May	1350.36
Jun	450.357
Jul	342.37
Ago	395.985
Set	561.541
Oct	797.802
Nov	652.208
Dic	749.802

Nota. Generación Hidroeléctrica al 45% desde el año 1965 hasta el 2021. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 150**

*Generación Hidroeléctrica al 45%.*



Nota. La figura muestra la generación Hidroeléctrica mensual promedio al 45%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

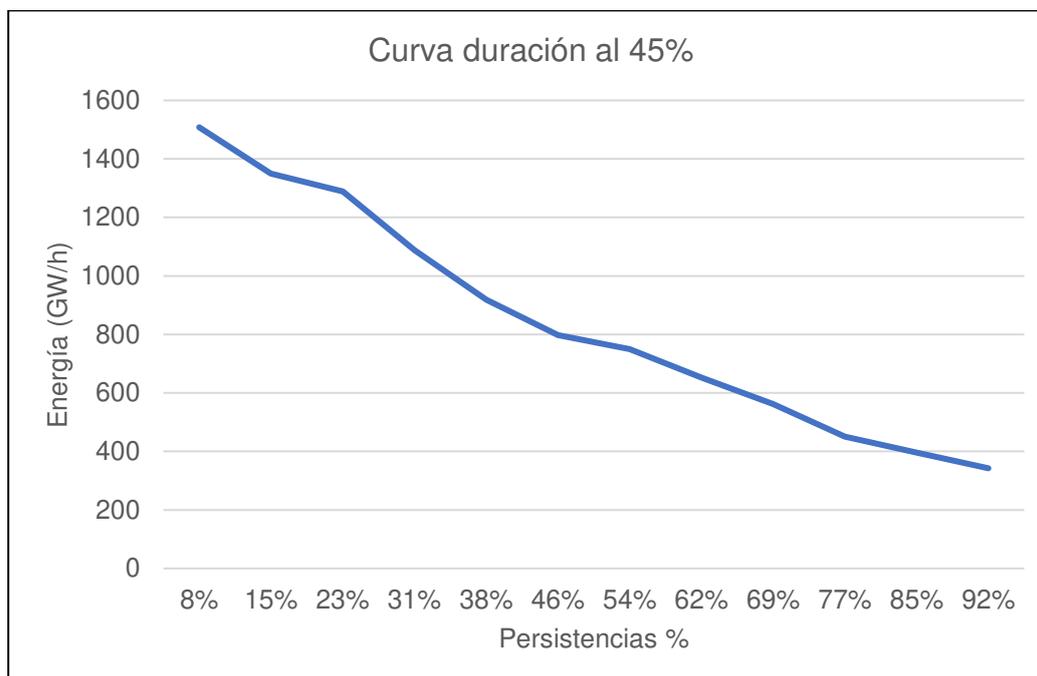
**Tabla 72**

*Curva de duración al 45%.*

Persistencias %	Energía Eléctrica (GW/h)
8%	1508.21
15%	1350.36
23%	1288.62
31%	1088.4
38%	919.159
46%	797.802
54%	749.802
62%	652.208
69%	561.541
77%	450.357
85%	395.985
92%	342.37

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 151**  
*Curva de duración al 45%.*



Nota. La figura muestra la curva de duración en persistencias al 45%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

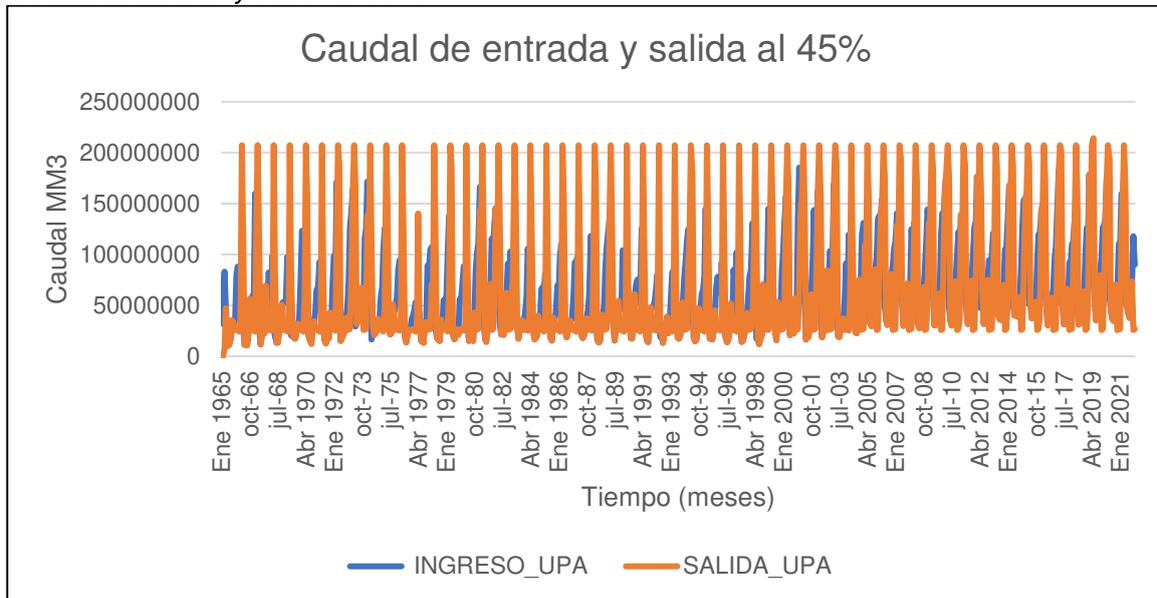
**Tabla 73**  
*Caudal de entrada y salida al 45%.*

TIEMPO	INGRESO_UPA	SALIDA_UPA
Ene 1965	32202195	13494.6
feb-65	65045192	0
mar-65	83078171	7072063
Abr 1965	47421197	47421197
may-65	19361779	19361779
jun-65	10367913	10367913
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	42702820	42702820
Ago 2021	37555884	37555884
Set 2021	43817452	43817452
oct-21	73824952	73824952
nov-21	117820856	25920000
Dic 2021	90116384	26784000

Nota. Caudal de entrada y salida al 45%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 152**

Caudal de entrada y salida al 45%.



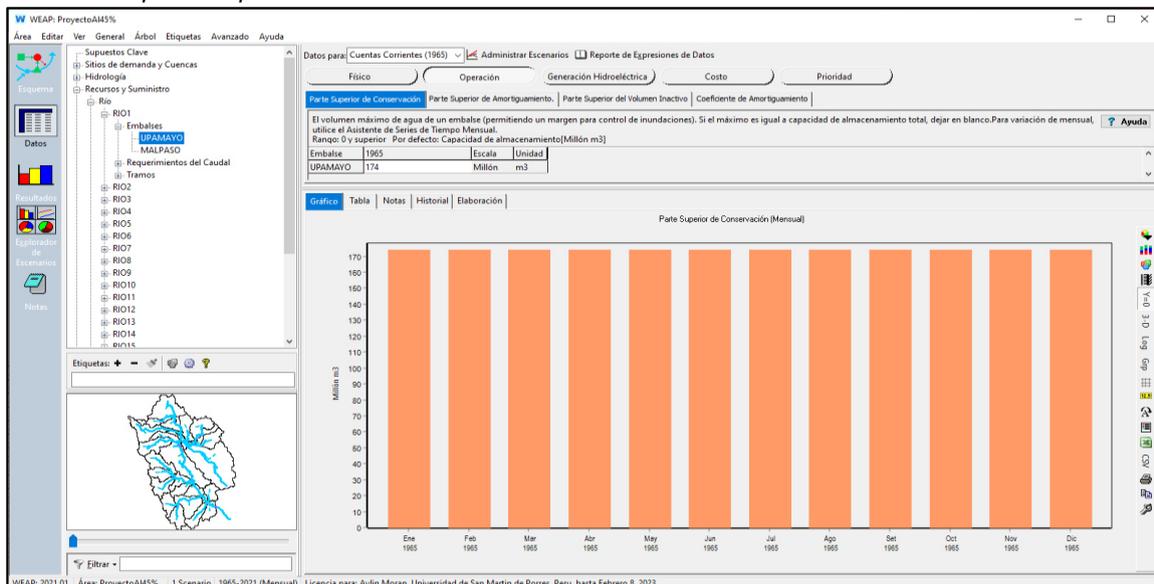
Nota. La figura muestra el Caudal de entrada y salida al 45%. Elaboración: Propia (2022).

Fuente: WEAP.

- Al 40%

**Figura. 153**

Simulación parte superior de conservación al 40%.



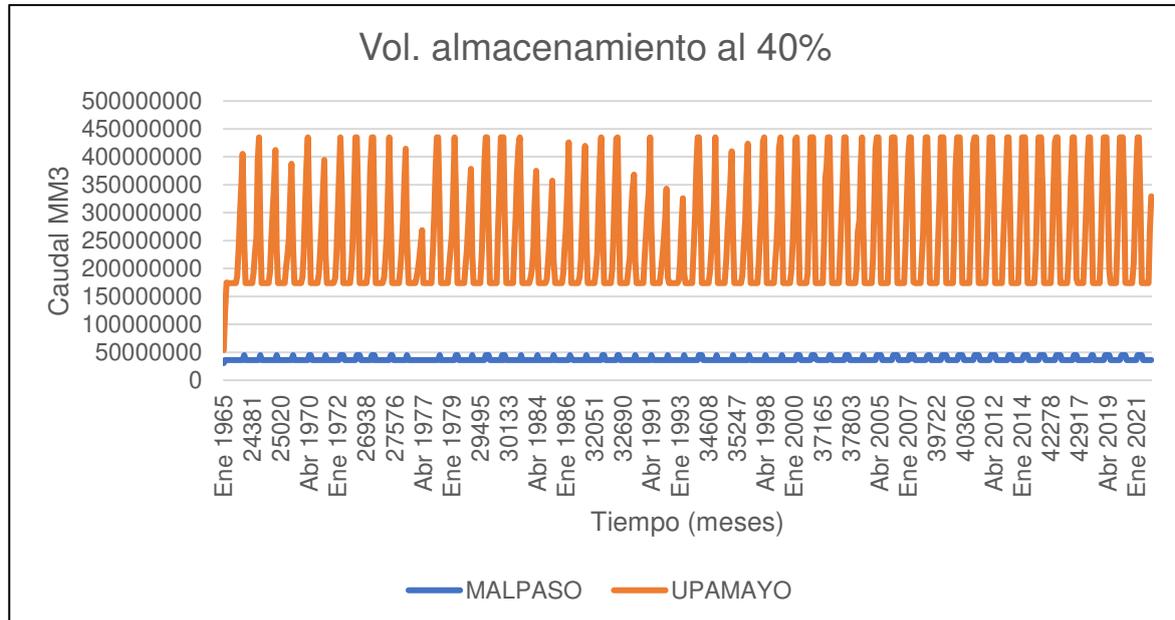
Nota. La figura muestra la simulación parte superior de conservación al 40% con un volumen de 174 MMC. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 74***Operación del reservorio Upamayo al 40%.*

TIEMPO	MALPASO	UPAMAYO
Ene 1965	30752304	53958000
feb-65	36000000	119003192
mar-65	36000000	175297363
Abr 1965	36000000	174000000
may-65	36000000	174000000
jun-65	36000000	174000000
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	36000000	174000000
Ago 2021	36000000	174000000
Set 2021	36000000	174000000
oct-21	36000000	174000000
nov-21	36000000	265900864
Dic 2021	36000000	329233248

Nota. Operación del reservorio Upamayo al 40%. Elaboración: Propia (2022).

Fuente: WEAP.

**Figura. 154***Volumen de almacenamiento reservorio al 40%.*

Nota. La figura muestra el Volumen de almacenamiento reservorio al 40%. Elaboración:

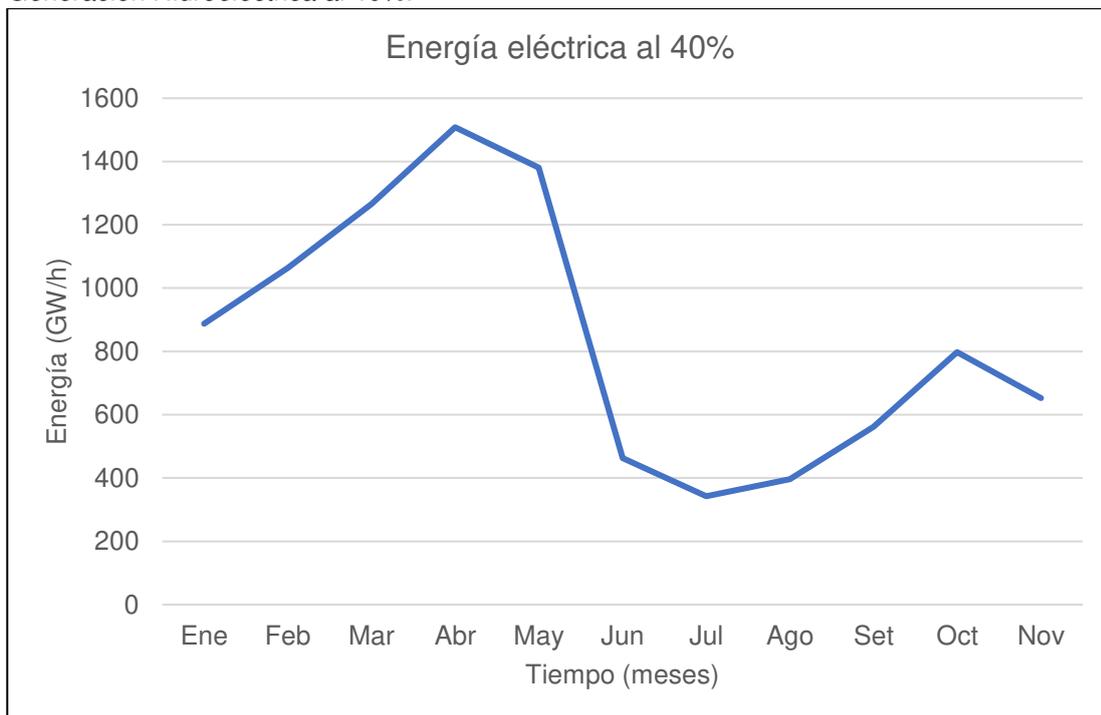
Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 75**  
*Generación Hidroeléctrica al 40%.*

Tiempo (mes)	Energía Eléctrica (GW/h)
Ene	887.159
Feb	1064.47
Mar	1265.65
Abr	1508.37
May	1380.69
Jun	462.724
Jul	342.37
Ago	395.985
Set	561.541
Oct	797.802
Nov	652.208
Dic	749.802

Nota. Generación Hidroeléctrica al 40% desde el año 1965 hasta el 2021. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 155**  
*Generación Hidroeléctrica al 40%.*



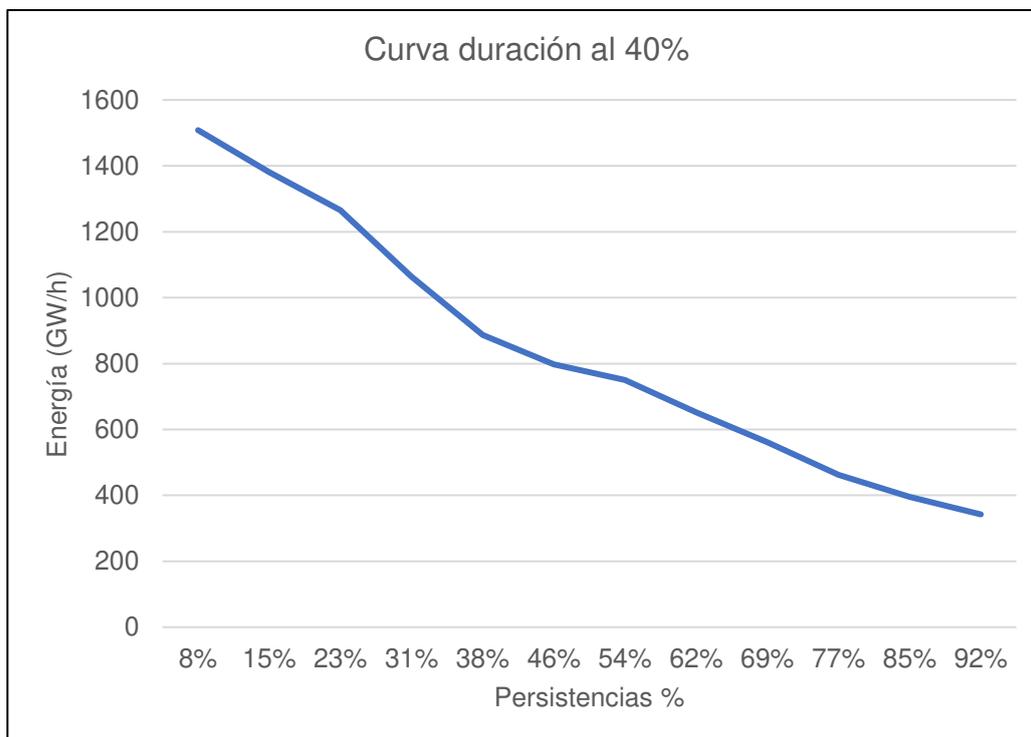
Nota. La figura muestra la generación Hidroeléctrica mensual promedio al 40%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 76**  
Curva de duración al 40%.

Persistencias %	Energía Eléctrica (GW/h)
8%	1508.37
15%	1380.69
23%	1265.65
31%	1064.47
38%	887.159
46%	797.802
54%	749.802
62%	652.208
69%	561.541
77%	462.724
85%	395.985
92%	342.37

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 156**  
Curva de duración al 40%.

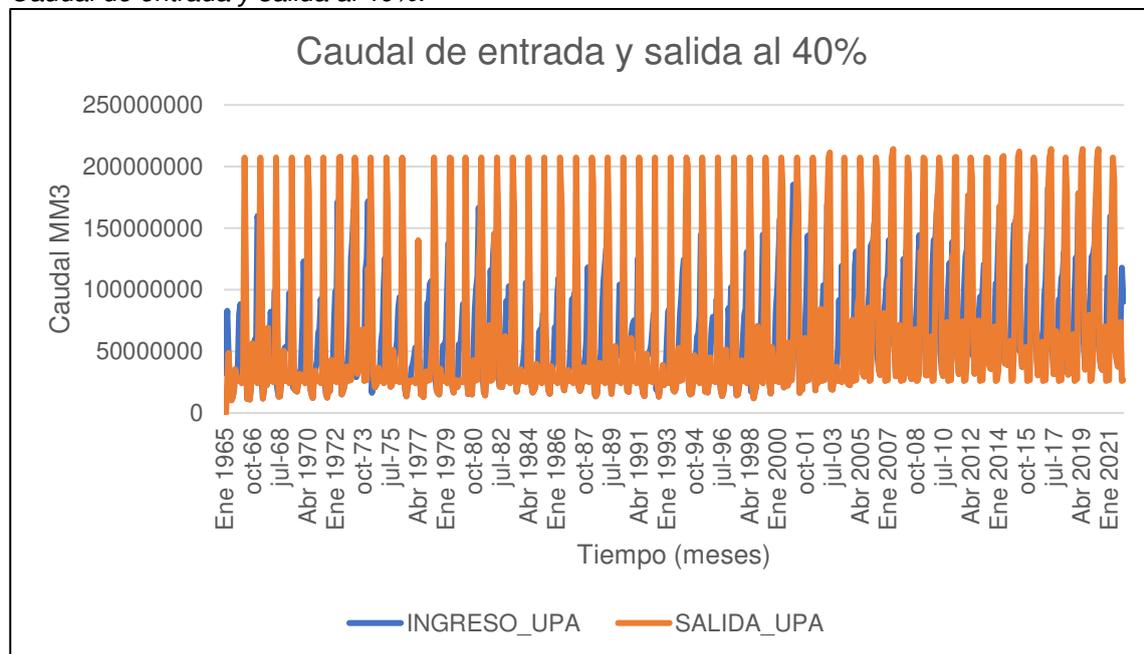


Nota. La figura muestra la curva de duración en persistencias al 40%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 77***Caudal de entrada y salida al 40%.*

TIEMPO	INGRESO_UPA	SALIDA_UPA
Ene 1965	32202195	4194.64
feb-65	65045192	0
mar-65	83078171	26784000
Abr 1965	47421197	48718560
may-65	19361779	19361779
jun-65	10367913	10367913
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	42702820	42702820
Ago 2021	37555884	37555884
Set 2021	43817452	43817452
oct-21	73824952	73824952
nov-21	117820856	25920000
Dic 2021	90116384	26784000

Nota. Caudal de entrada y salida al 40%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

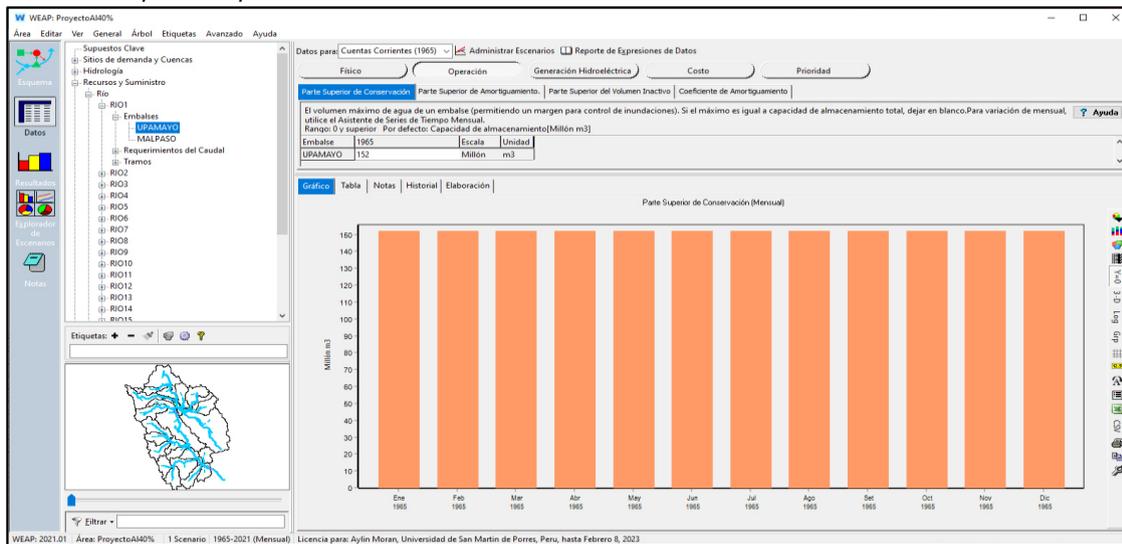
**Figura. 157***Caudal de entrada y salida al 40%.*

Nota. La figura muestra el Caudal de entrada y salida al 40%. Elaboración: Propia (2022).

Fuente: WEAP.

- Al 35%

**Figura. 158**  
*Simulación parte superior de conservación al 35%.*



Nota. La figura muestra la simulación parte superior de conservación al 35% con un volumen de 152 MMC. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

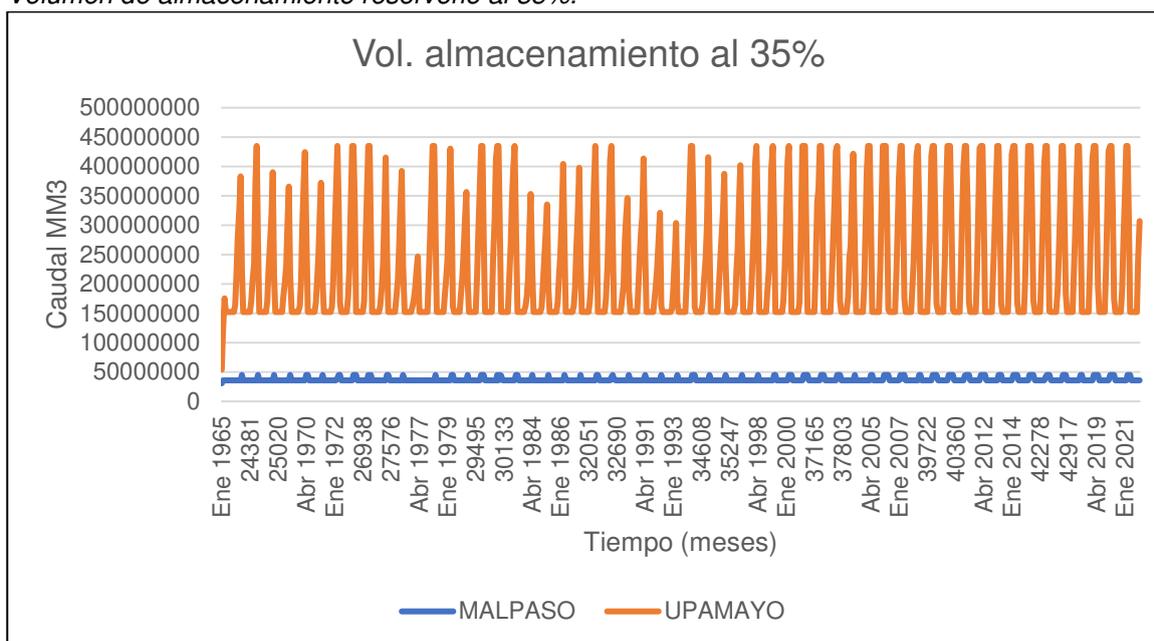
**Tabla 78**  
*Operación del reservorio Upamayo al 35%.*

TIEMPO	MALPASO	UPAMAYO
Ene 1965	30758104	53952200
feb-65	36000000	118997392
mar-65	36000000	175291563
Abr 1965	36000000	152000000
may-65	36000000	152000000
jun-65	36000000	152000000
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	36000000	152000000
Ago 2021	36000000	152000000
Set 2021	36000000	152000000
oct-21	36000000	152000000
nov-21	36000000	243900864
Dic 2021	36000000	307233248

Nota. Operación del reservorio Upamayo al 35%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 159**

Volumen de almacenamiento reservorio al 35%.



Nota. La figura muestra el Volumen de almacenamiento reservorio al 35%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 79**

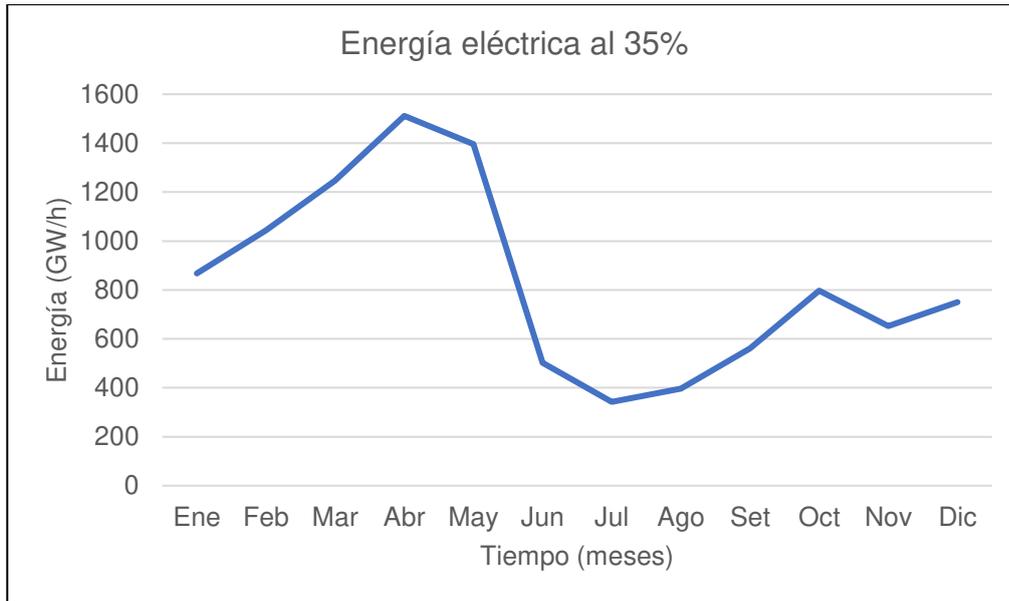
Generación Hidroeléctrica al 35%.

Tiempo (mes)	Energía Eléctrica (GW/h)
Ene	867.516
Feb	1043.17
Mar	1247.08
Abr	1511.48
May	1396.63
Jun	502.837
Jul	342.37
Ago	395.985
Set	561.541
Oct	797.802
Nov	652.208
Dic	749.802

Nota. Generación Hidroeléctrica al 35% desde el año 1965 hasta el 2021. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 160**

*Generación Hidroeléctrica al 35%.*



Nota. La figura muestra la generación Hidroeléctrica mensual promedio al 35%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

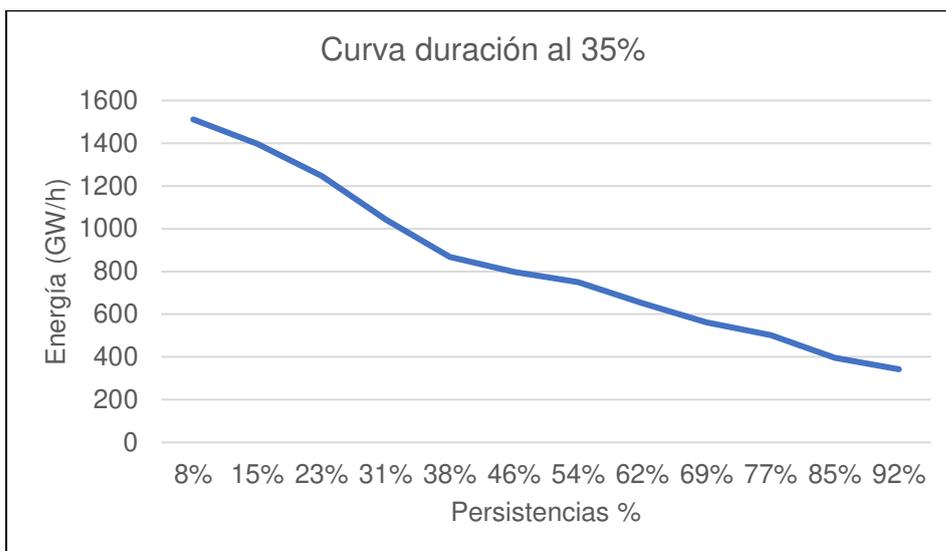
**Tabla 80**

*Curva de duración al 35%.*

Persistencias %	Energía Eléctrica (GW/h)
8%	1511.48
15%	1396.63
23%	1247.08
31%	1043.17
38%	867.516
46%	797.802
54%	749.802
62%	652.208
69%	561.541
77%	502.837
85%	395.985
92%	342.37

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022)

**Figura. 161**  
Curva de duración al 35%.



Nota. La figura muestra la curva de duración en persistencias al 35%.

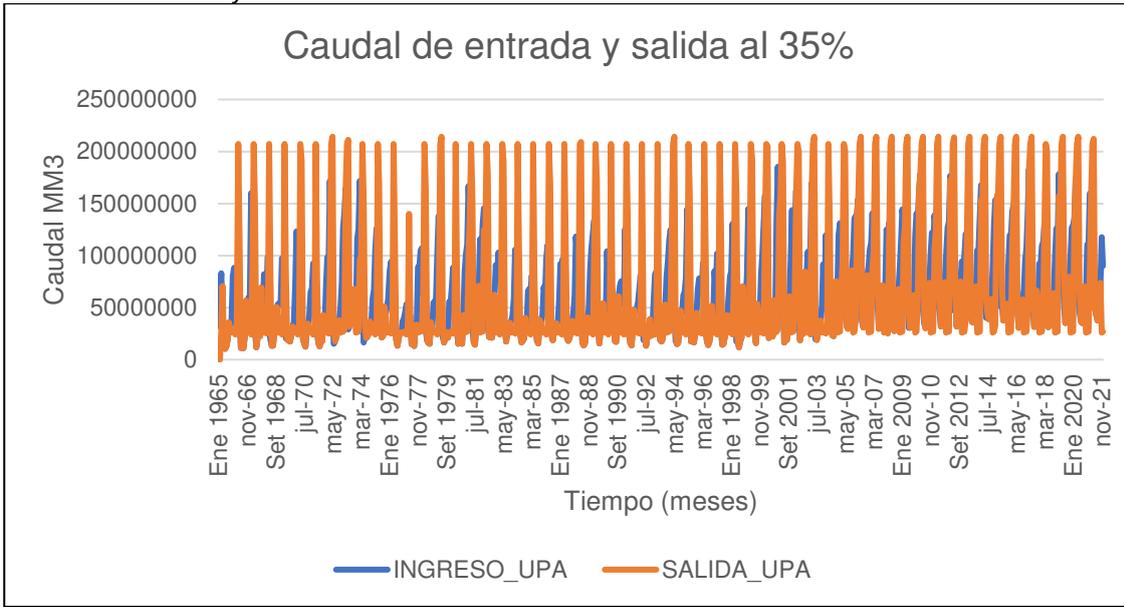
Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 81**  
Caudal de entrada y salida al 35%.

TIEMPO	INGRESO_UPA	SALIDA_UPA
Ene 1965	32202195	9994.64
feb-65	65045192	0
mar-65	83078171	26784000
Abr 1965	47421197	70712760
may-65	19361779	19361779
jun-65	10367913	10367913
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	42702820	42702820
Ago 2021	37555884	37555884
Set 2021	43817452	43817452
oct-21	73824952	73824952
nov-21	117820856	25920000
Dic 2021	90116384	26784000

Nota. Caudal de entrada y salida al 35%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

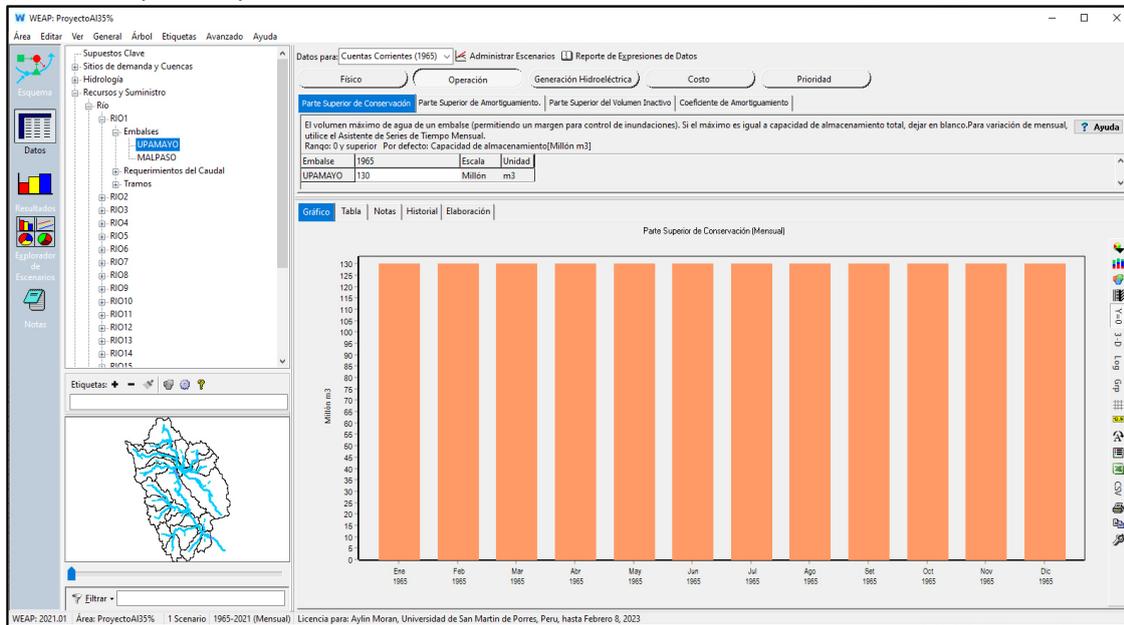
**Figura. 162**  
Caudal de entrada y salida al 35%.



Nota. La figura muestra el Caudal de entrada y salida al 35%. Elaboración: Propia (2022).  
Fuente: WEAP.

- Al 30%

**Figura. 163**  
Simulación parte superior de conservación al 30%.

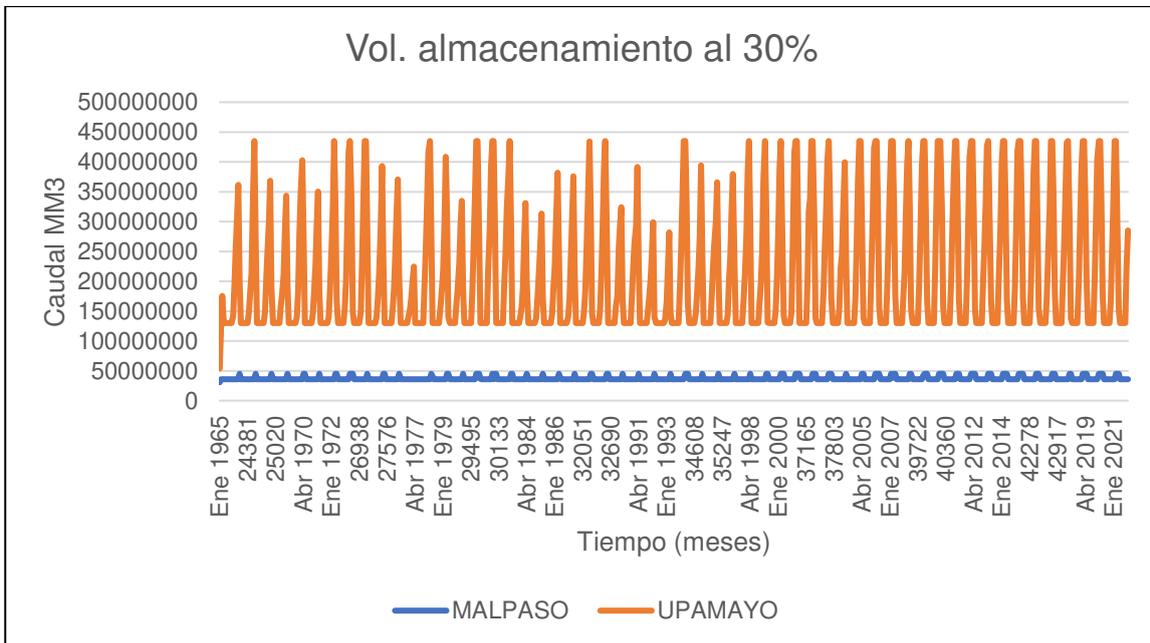


Nota. La figura muestra la simulación parte superior de conservación al 30% con un volumen de 130 MMC. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 82***Operación del reservorio Upamayo al 30%.*

TIEMPO	MALPASO	UPAMAYO
Ene 1965	30758304	53952000
feb-65	36000000	118997192
mar-65	36000000	175291363
Abr 1965	36000000	130000000
may-65	36000000	130000000
jun-65	36000000	130000000
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	36000000	130000000
Ago 2021	36000000	130000000
Set 2021	36000000	130000000
oct-21	36000000	130000000
nov-21	36000000	221900864
Dic 2021	36000000	285233248

Nota. Operación del reservorio Upamayo al 30%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

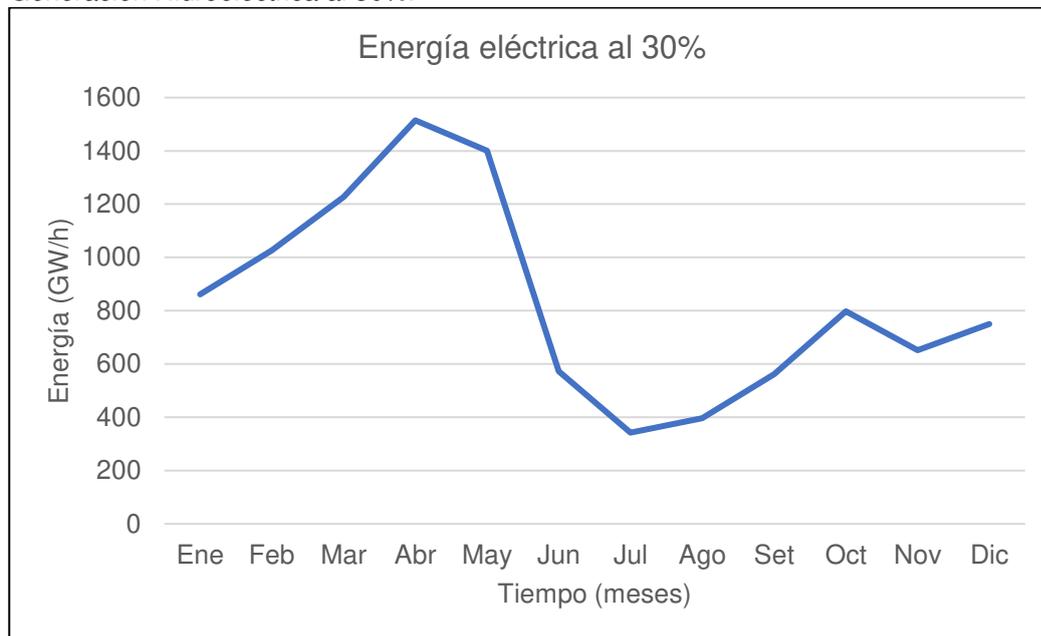
**Figura. 164***Volumen de almacenamiento reservorio al 30%.*

Nota. La figura muestra el Volumen de almacenamiento reservorio al 30%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 83***Generación Hidroeléctrica al 30%.*

Tiempo (mes)	Energía Eléctrica (GW/h)
Ene	861.508
Feb	1026.46
Mar	1226.83
Abr	1514.64
May	1400.05
Jun	572.5
Jul	342.37
Ago	395.985
Set	561.541
Oct	797.802
Nov	652.208
Dic	749.802

Nota. Generación Hidroeléctrica al 30% desde el año 1965 hasta el 2021. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 165***Generación Hidroeléctrica al 30%.*

Nota. La figura muestra la generación Hidroeléctrica al 30%. Elaboración: Propia (2022).

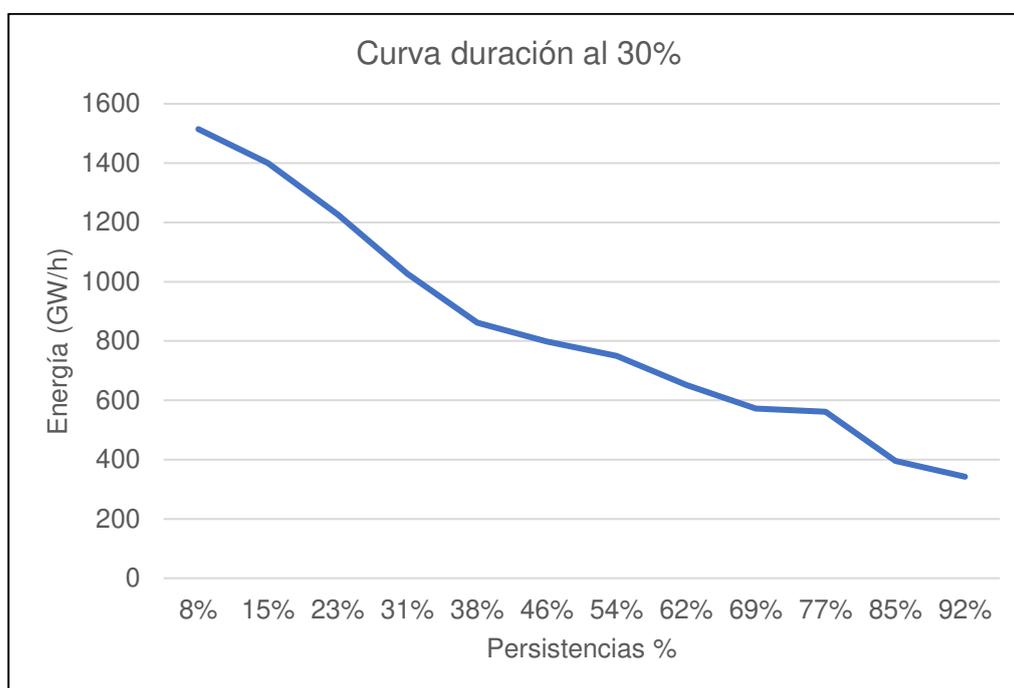
Fuente: WEAP.

**Tabla 84**  
*Curva de duración al 30%.*

Persistencias %	Energía Eléctrica (GW/h)
8%	1514.64
15%	1400.05
23%	1226.83
31%	1026.46
38%	861.508
46%	797.802
54%	749.802
62%	652.208
69%	572.5
77%	561.541
85%	395.985
92%	342.37

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje.  
 Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 166**  
*Curva de duración al 30%.*



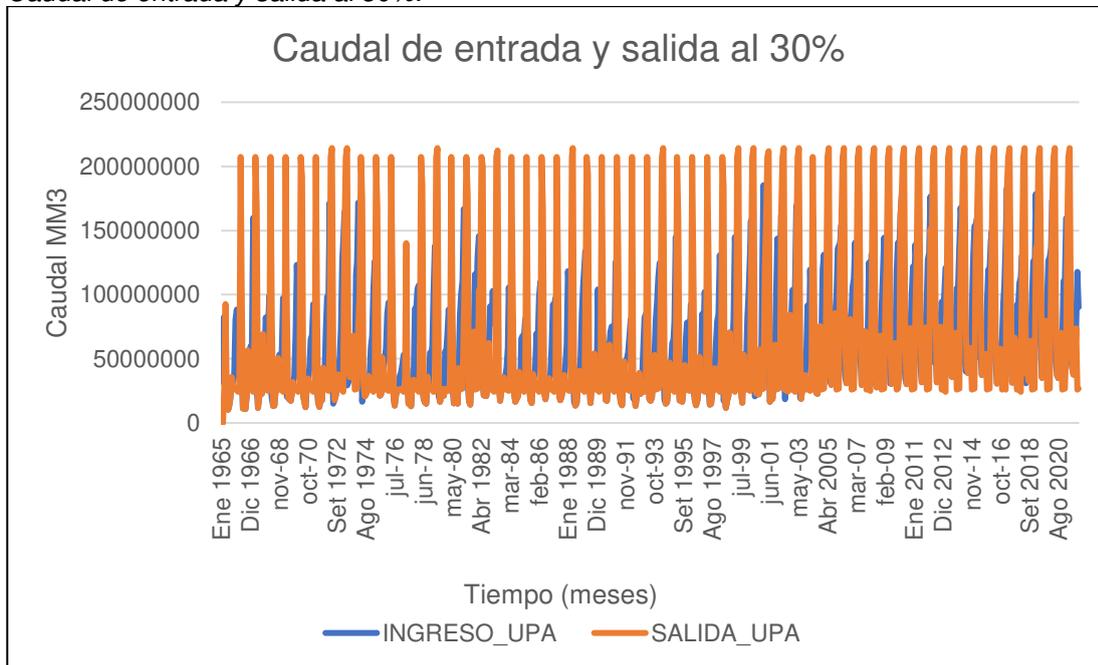
Nota. La figura muestra la curva de duración en persistencias al 30%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 85**  
Caudal de entrada y salida al 30%.

TIEMPO	INGRESO_UPA	SALIDA_UPA
Ene 1965	32202195	10194.6
feb-65	65045192	0
mar-65	83078171	26784000
Abr 1965	47421197	92712560
may-65	19361779	19361779
jun-65	10367913	10367913
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	42702820	42702820
Ago 2021	37555884	37555884
Set 2021	43817452	43817452
oct-21	73824952	73824952
nov-21	117820856	25920000
Dic 2021	90116384	26784000

Nota. Caudal de entrada y salida al 30%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

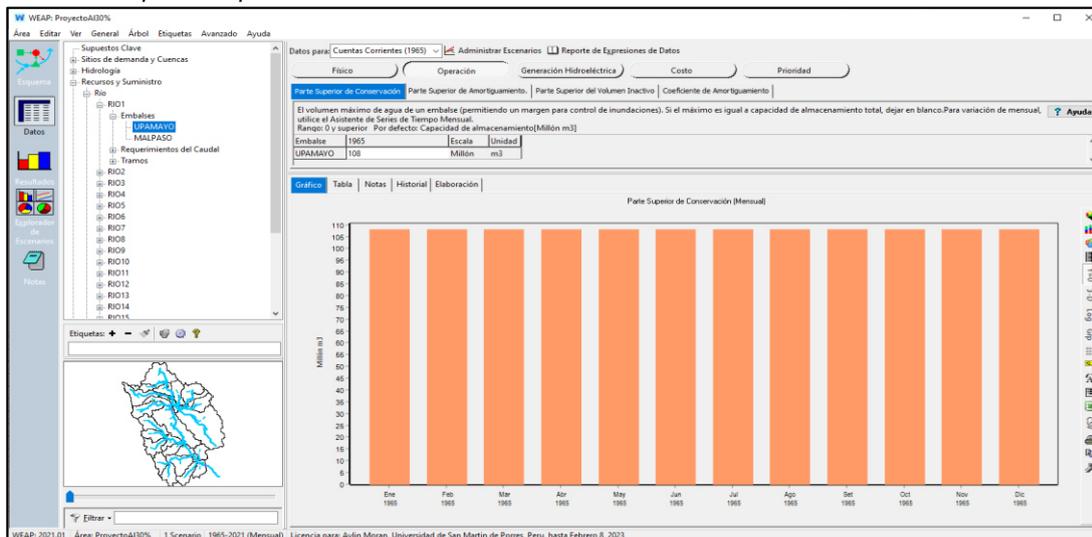
**Figura. 167**  
Caudal de entrada y salida al 30%.



Nota. La figura muestra el Caudal de entrada y salida al 30%. Elaboración: Propia (2022).  
Fuente: WEAP.

- Al 25%

**Figura. 168**  
Simulación parte superior de conservación al 25%.



Nota. La figura muestra la simulación parte superior de conservación al 25% con un volumen de 108 MMC. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

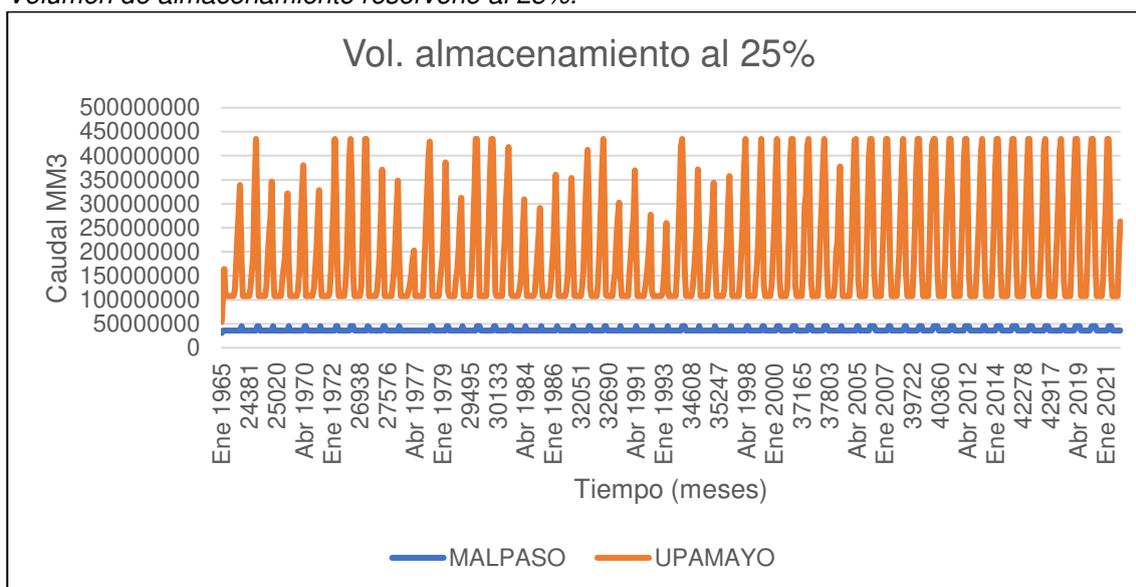
**Tabla 86**  
Operación del reservorio Upamayo al 25%.

TIEMPO	MALPASO	UPAMAYO
Ene 1965	30755304	53955000
feb-65	36000000	108000000
mar-65	36000000	164294171
Abr 1965	36000000	108000000
may-65	36000000	108000000
jun-65	36000000	108000000
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	36000000	108000000
Ago 2021	36000000	108000000
Set 2021	36000000	108000000
oct-21	36000000	108000000
nov-21	36000000	199900864
Dic 2021	36000000	263233232

Nota. Operación del reservorio Upamayo al 25%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 169**

Volumen de almacenamiento reservorio al 25%.



Nota. La figura muestra el Volumen de almacenamiento reservorio al 25%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

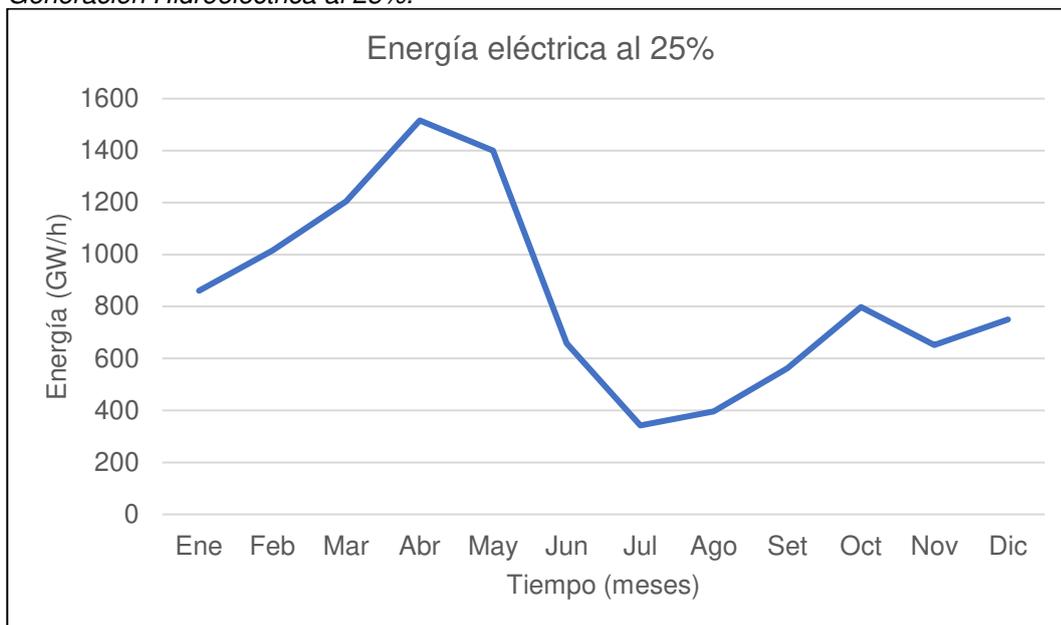
**Tabla 87**

Generación Hidroeléctrica al 25%.

Tiempo (mes)	Energía Eléctrica (GW/h)
Ene	860.226
Feb	1015.47
Mar	1205.24
Abr	1516.2
May	1400.05
Jun	658.467
Jul	342.37
Ago	395.985
Set	561.541
Oct	797.802
Nov	652.208
Dic	749.802

Nota. Generación Hidroeléctrica al 25% desde el año 1965 hasta el 2021. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 170**  
*Generación Hidroeléctrica al 25%.*



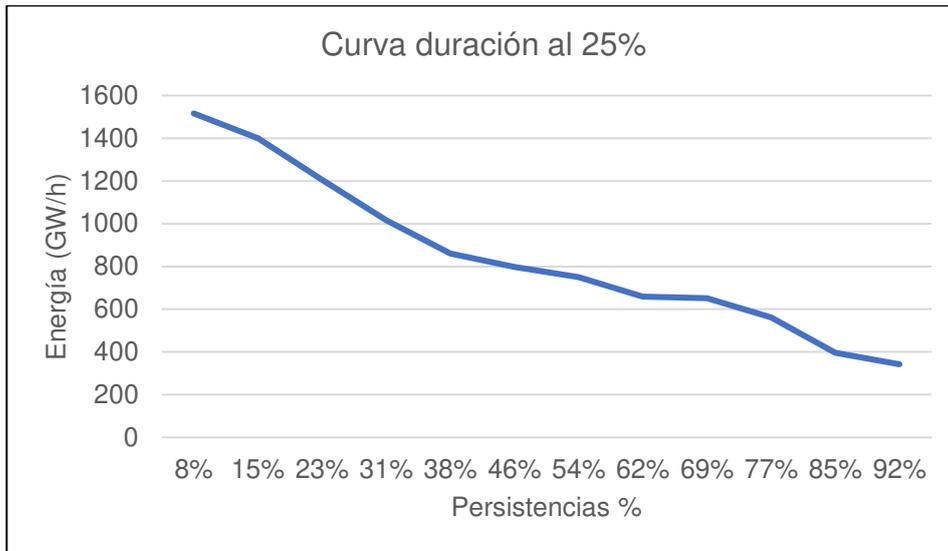
Nota. La figura muestra la generación Hidroeléctrica mensual promedio al 25%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 88**  
*Curva de duración al 25%.*

Persistencias %	Energía Eléctrica (GW/h)
8%	1516.2
15%	1400.05
23%	1205.24
31%	1015.47
38%	860.226
46%	797.802
54%	749.802
62%	658.467
69%	652.208
77%	561.541
85%	395.985
92%	342.37

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 171**  
Curva de duración al 25%.



Nota. La figura muestra la curva de duración al 25%. Elaboración: Propia (2022).

Fuente: WEAP.

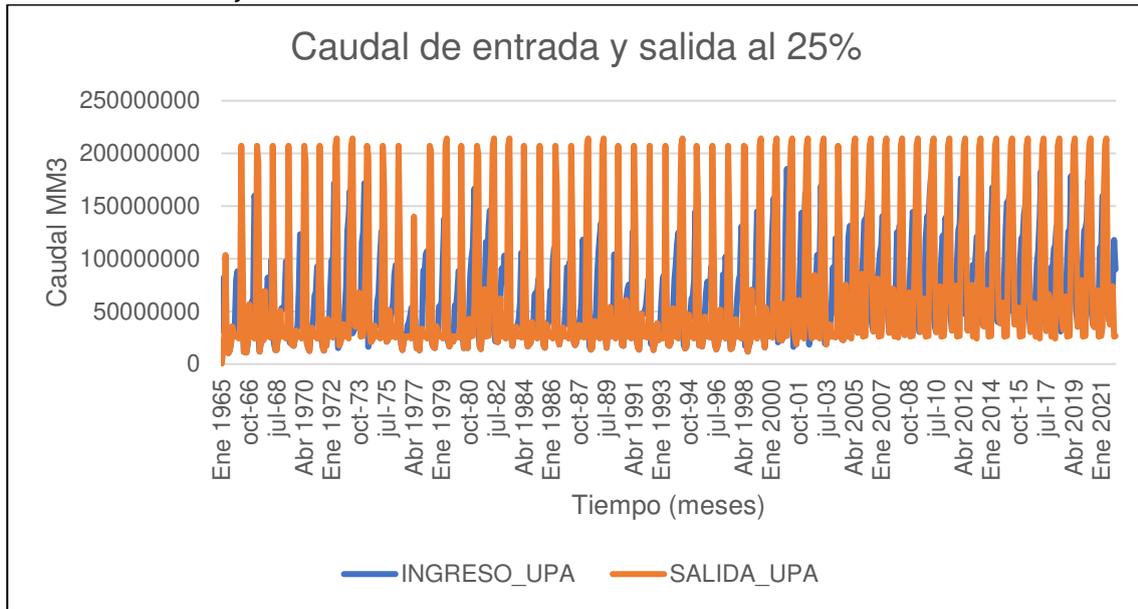
**Tabla 89**  
Caudal de entrada y salida al 25%.

TIEMPO	INGRESO_UPA	SALIDA_UPA
Ene 1965	32202195	7194.64
feb-65	65045192	11000192
mar-65	83078171	26784000
Abr 1965	47421197	103715368
may-65	19361779	19361779
jun-65	10367913	10367913
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	42702820	42702820
Ago 2021	37555884	37555884
Set 2021	43817452	43817452
oct-21	73824952	73824952
nov-21	117820856	25920000
Dic 2021	90116384	26784000

Nota. Caudal de entrada y salida al 25%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 172**

Caudal de entrada y salida al 25%.



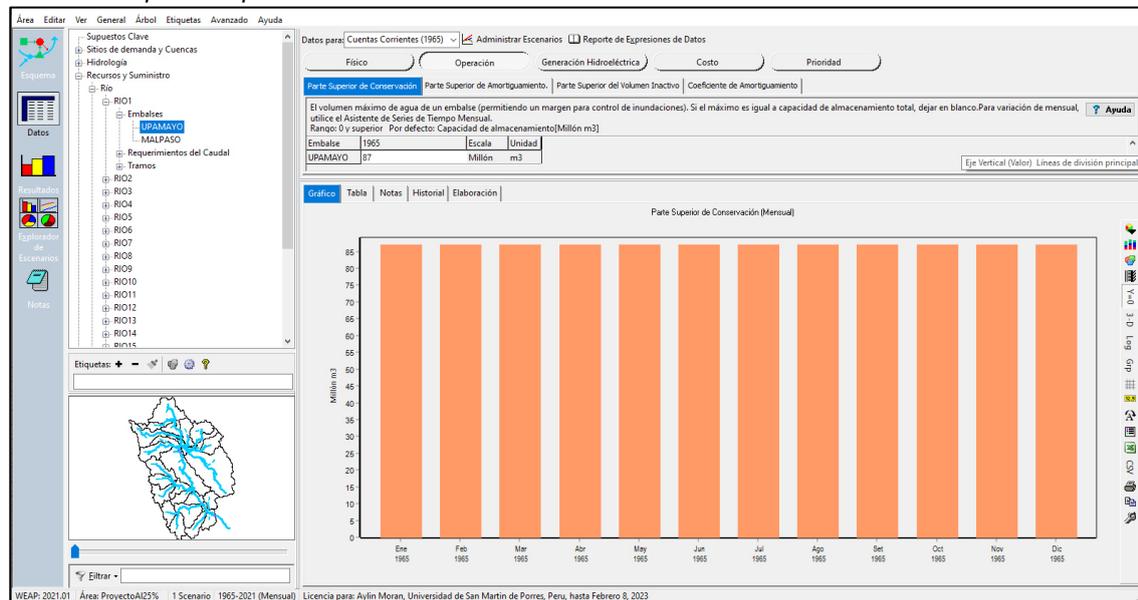
Nota. La figura muestra el Caudal de entrada y salida al 25%. Elaboración: Propia (2022).

Fuente: WEAP.

- Al 20%

**Figura. 173**

Simulación parte superior de conservación al 20%.



Nota. La figura muestra la simulación parte superior de conservación al 20% con un volumen de 87 MMC. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 90**

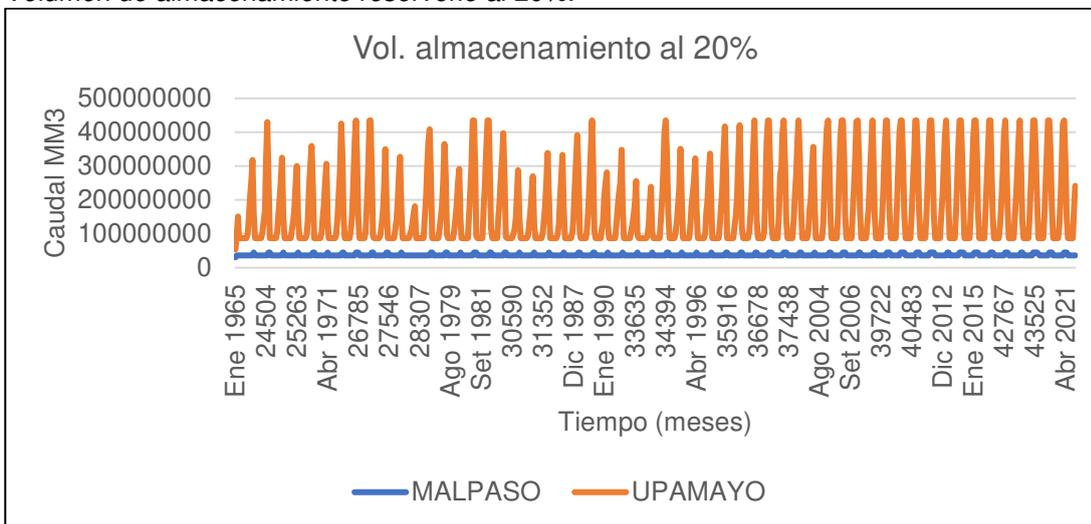
*Operación del reservorio Upamayo al 20%.*

TIEMPO	MALPASO	UPAMAYO
Ene 1965	30754404	53955900
feb-65	36000000	94809092
mar-65	36000000	151103263
Abr 1965	36000000	87000000
may-65	36000000	87000000
jun-65	36000000	87000000
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jun-21	36000000	87000000
jul-21	36000000	87000000
Ago 2021	36000000	87000000
Set 2021	36000000	87000000
oct-21	36000000	87000000
nov-21	36000000	178900864
Dic 2021	36000000	242233232

Nota. Operación del reservorio Upamayo al 20%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 174**

*Volumen de almacenamiento reservorio al 20%.*



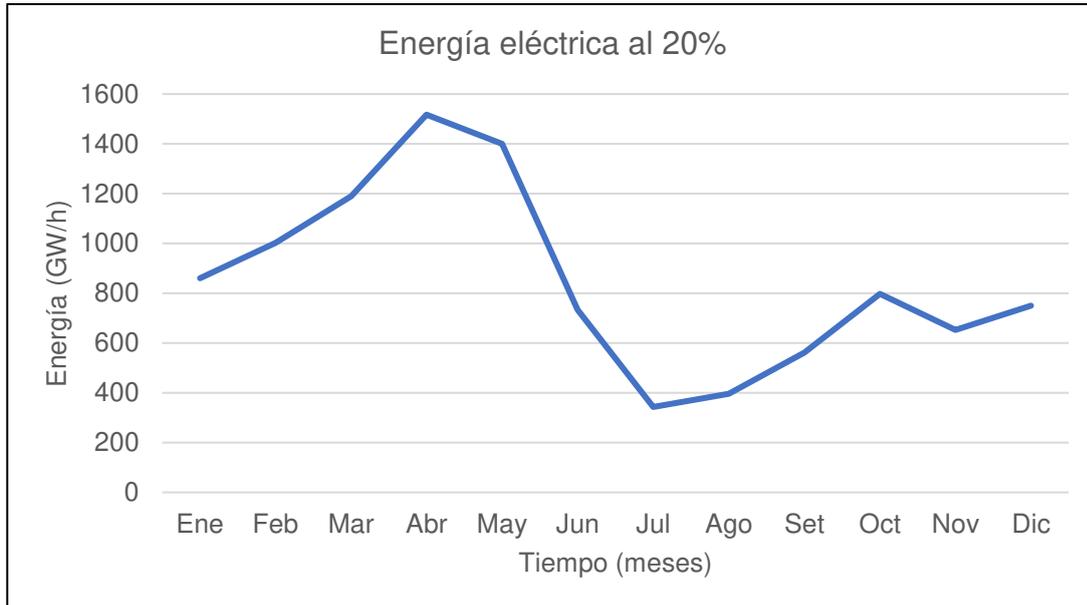
Nota. La figura muestra el Volumen de almacenamiento reservorio al 20%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 91**  
*Generación Hidroeléctrica al 20%.*

Tiempo (mes)	Energía Eléctrica (GW/h)
Ene	860.226
Feb	1002.78
Mar	1189.23
Abr	1517.26
May	1400.05
Jun	733.358
Jul	342.968
Ago	395.985
Set	561.541
Oct	797.802
Nov	652.208
Dic	749.802

Nota. Generación Hidroeléctrica al 20% desde el año 1965 hasta el 2021. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 175**  
*Generación Hidroeléctrica al 20%.*



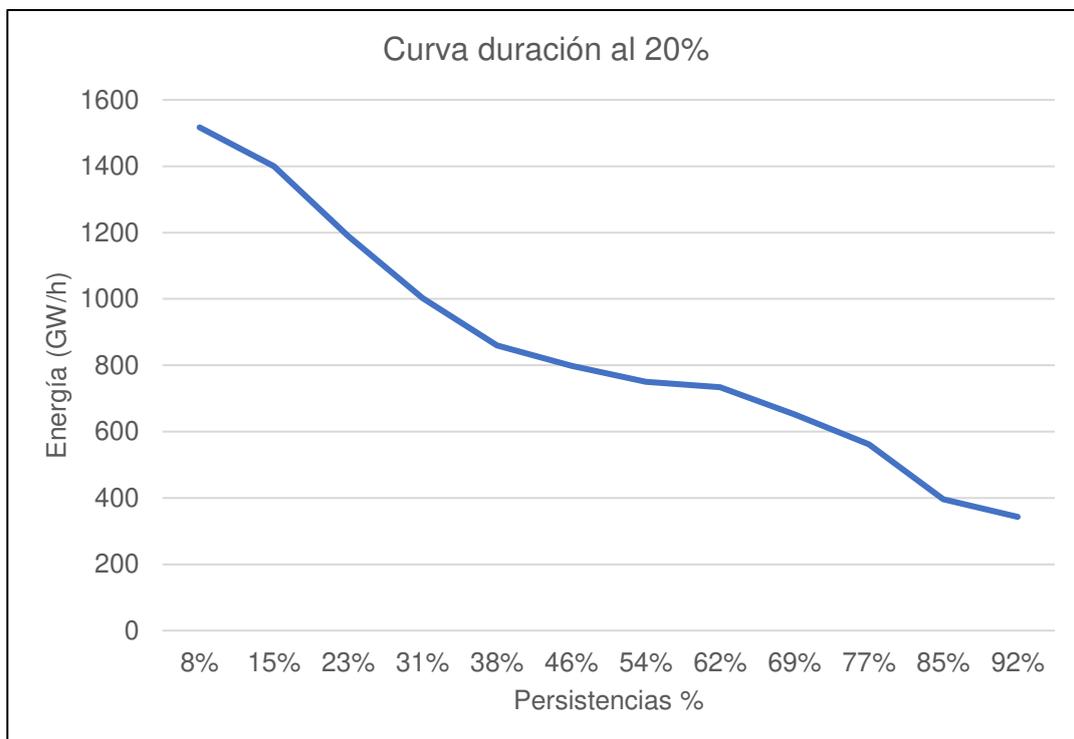
Nota. La figura muestra la generación Hidroeléctrica mensual promedio al 20%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 92**  
Curva de duración al 20%.

Persistencias %	Energía Eléctrica (GW/h)
8%	1517.26
15%	1400.05
23%	1189.23
31%	1002.78
38%	860.226
46%	797.802
54%	749.802
62%	733.358
69%	652.208
77%	561.541
85%	395.985
92%	342.968

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 176**  
Curva de duración al 20%.

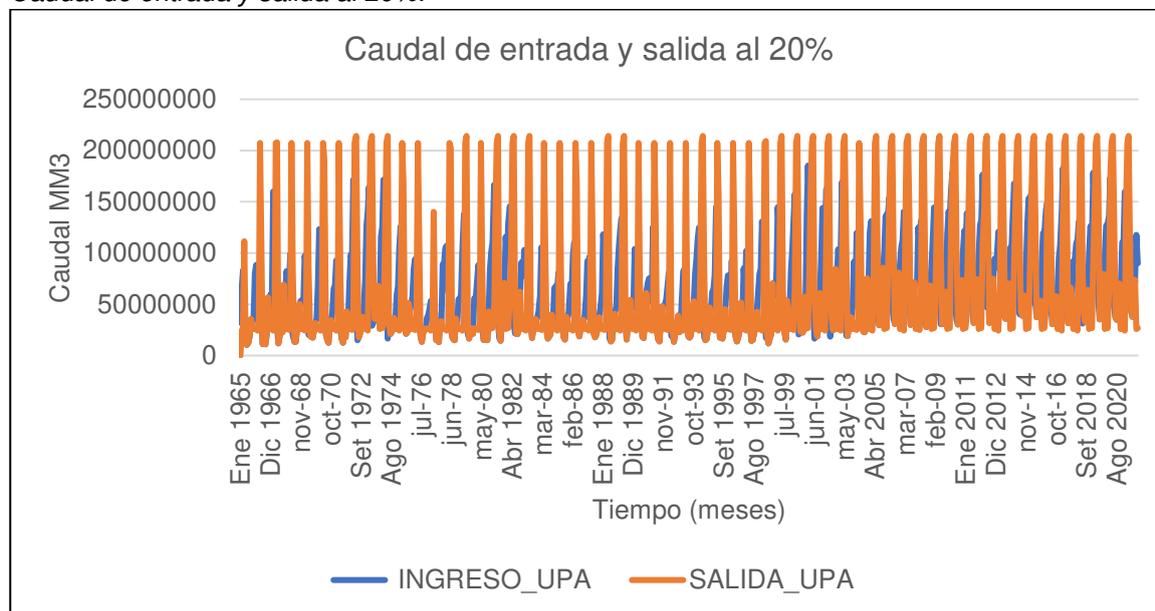


Nota. La figura muestra la curva de duración en persistencias al 20%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 93***Caudal de entrada y salida al 20%.*

TIEMPO	INGRESO_UPA	SALIDA_UPA
Ene 1965	32202195	6294.64
feb-65	65045192	24192000
mar-65	83078171	26784000
Abr 1965	47421197	111524460
may-65	19361779	19361779
jun-65	10367913	10367913
.	.	.
.	.	.
.	.	.
jul-21	42702820	42702820
Ago 2021	37555884	37555884
Set 2021	43817452	43817452
oct-21	73824952	73824952
nov-21	117820856	25920000
Dic 2021	90116384	26784000

Nota. Caudal de entrada y salida al 20%. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 177***Caudal de entrada y salida al 20%.*

Nota. La figura muestra el comportamiento de caudal de entrada y salida al 20%. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

## Simulaciones con regla de operación

- Regla de Operación caudal 0

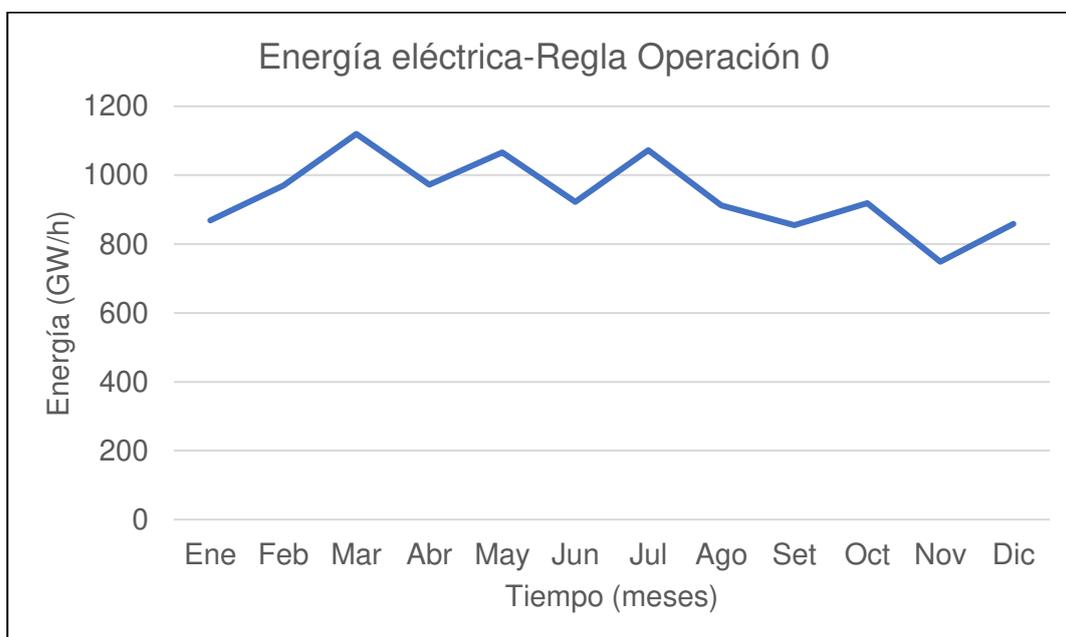
**Tabla 94**  
Energía eléctrica - Regla de operación 0

Mes	Valor(m3/sg)	Energía eléctrica (GW/h)
Ene	0	869.147
Feb	0	969.753
Mar	0	1119.81
Abr	0	972.317
May	0	1066.32
Jun	0	922.85
Jul	0	1072.74
Ago	0	912.124
Set	0	854.457
Oct	0	918.746
Nov	0	748.643
Dic	0	858.878

Nota. Se muestra el valor de la regla de operación con caudal en tiempo de lluvias: 0 m3/s y estiaje: 0 m3/s, así como la energía eléctrica producida.

Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 178**  
Energía eléctrica - Regla de operación 0



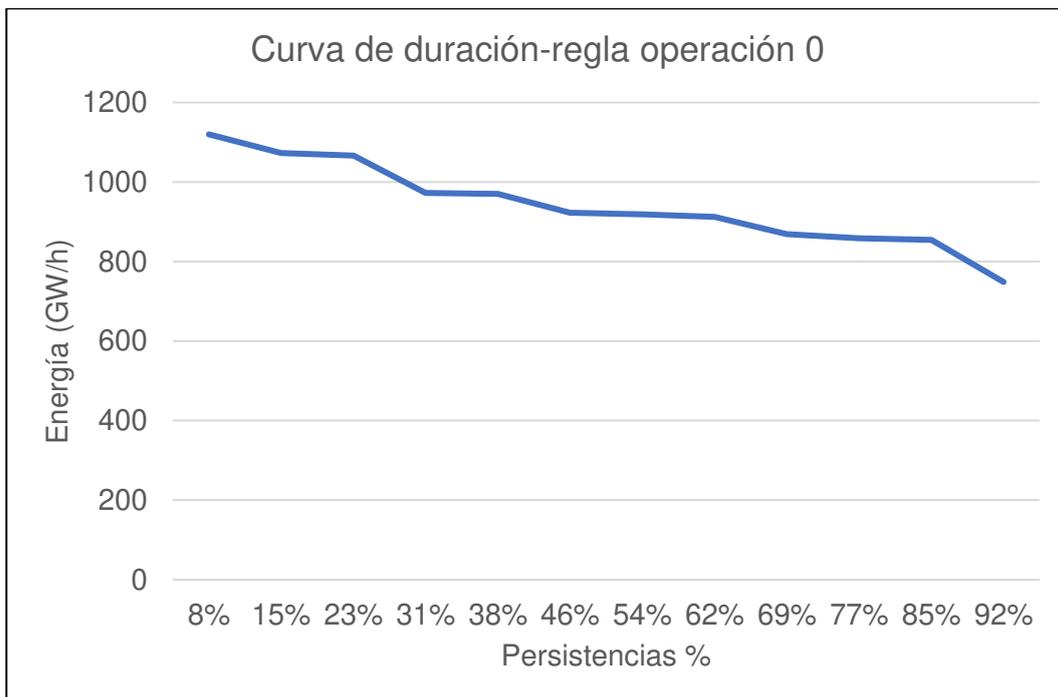
Nota. La figura muestra el comportamiento de los promedios mensuales en el tiempo y su generación de energía eléctrica. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 95**  
*Curva de duración Regla de operación 0*

Persistencias %	Energía eléctrica (GW/h)
8.00%	1119.81
15.00%	1072.74
23.00%	1066.32
31.00%	972.317
38.00%	969.753
46.00%	922.85
54.00%	918.746
62.00%	912.124
69.00%	869.147
77.00%	858.878
85.00%	854.457
92.00%	748.643

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 179**  
*Curva de duración Regla de operación 0*



Nota. La figura muestra la curva de duración para la regla de operación 0 m<sup>3</sup>/s y su generación de energía. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

- Regla de Operación caudal 5

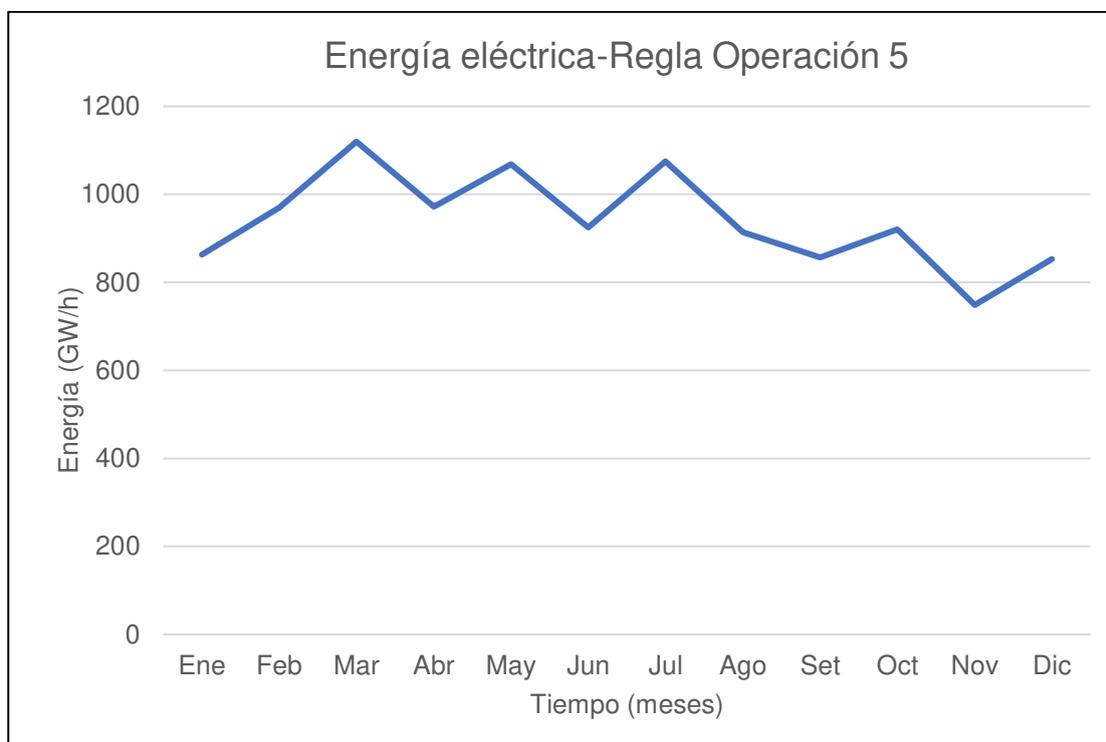
**Tabla 96**  
Energía eléctrica - Regla de operación 5

MES	VALOR(m3/sg)	Energía eléctrica (GW/h)
Ene	0	863.198
Feb	0	969.753
Mar	0	1119.81
Abr	0	972.317
May	5	1068.26
Jun	5	924.728
Jul	5	1074.68
Ago	5	914.066
Set	5	856.335
Oct	5	920.687
Nov	0	748.643
Dic	0	853.306

Nota. Se muestra el valor de la regla de operación con caudal en tiempo de lluvias: 0 m3/s y estiaje: 5 m3/s, así como la energía eléctrica producida.

Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 180**  
Energía eléctrica - Regla de operación 5



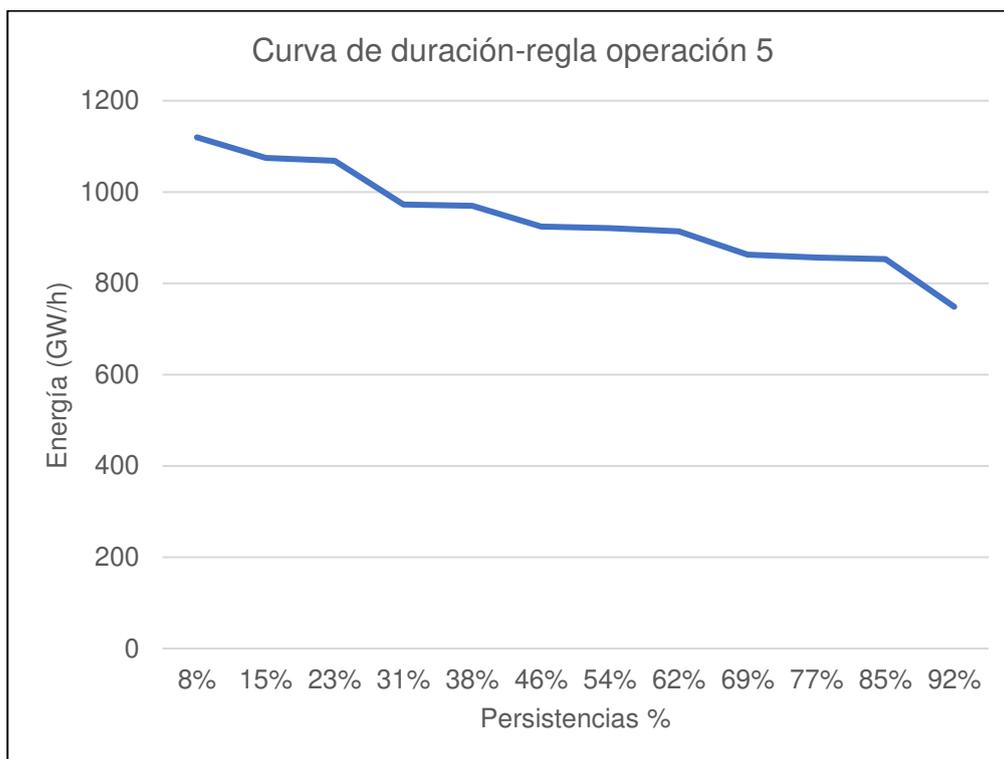
Nota La figura muestra el comportamiento de los promedios mensuales en el tiempo y su generación de energía eléctrica. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 97**  
*Curva de duración Regla de operación 5*

Persistencias %	Energía eléctrica (GW/h)
8.00%	1119.81
15.00%	1074.68
23.00%	1068.26
31.00%	972.317
38.00%	969.753
46.00%	924.728
54.00%	920.687
62.00%	914.066
69.00%	863.198
77.00%	856.335
85.00%	853.306
92.00%	748.643

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 181**  
*Curva de duración Regla de operación 5*



Nota. La figura muestra la curva de duración para la regla de operación 5 m<sup>3</sup>/s y su generación de energía. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

- Regla de Operación caudal 10

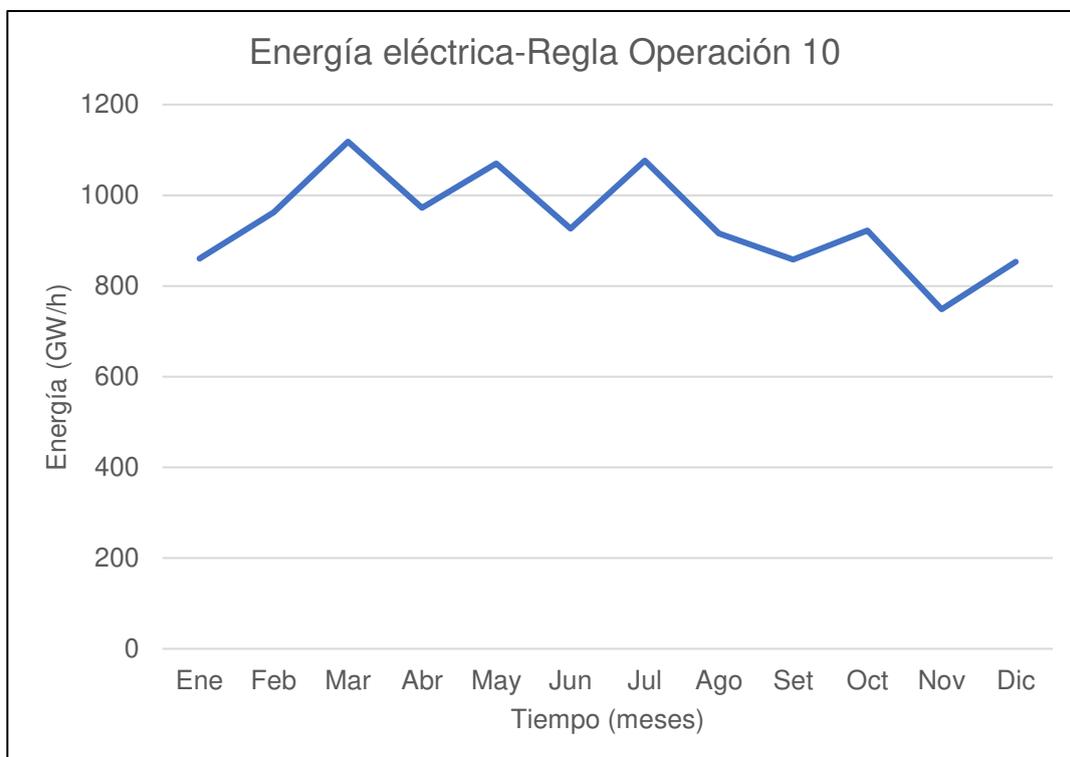
**Tabla 98**  
Energía eléctrica - Regla de operación 10

MES	VALOR(m3/s)	Energía eléctrica (GW/h)
Ene	0	860.226
Feb	0	962.705
Mar	0	1118.3
Abr	0	972.317
May	10	1070.2
Jun	10	926.607
Jul	10	1076.62
Ago	10	916.007
Set	10	858.214
Oct	10	922.628
Nov	0	748.643
Dic	0	853.306

Nota. Se muestra el valor de la regla de operación con caudal en tiempo de lluvias: 0 m3/s y estiaje: 10 m3/s, así como la energía eléctrica producida.

Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 182**  
Energía eléctrica - Regla de operación 10



Nota. La figura muestra el comportamiento de los promedios mensuales en el tiempo y su generación de energía eléctrica. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 99**

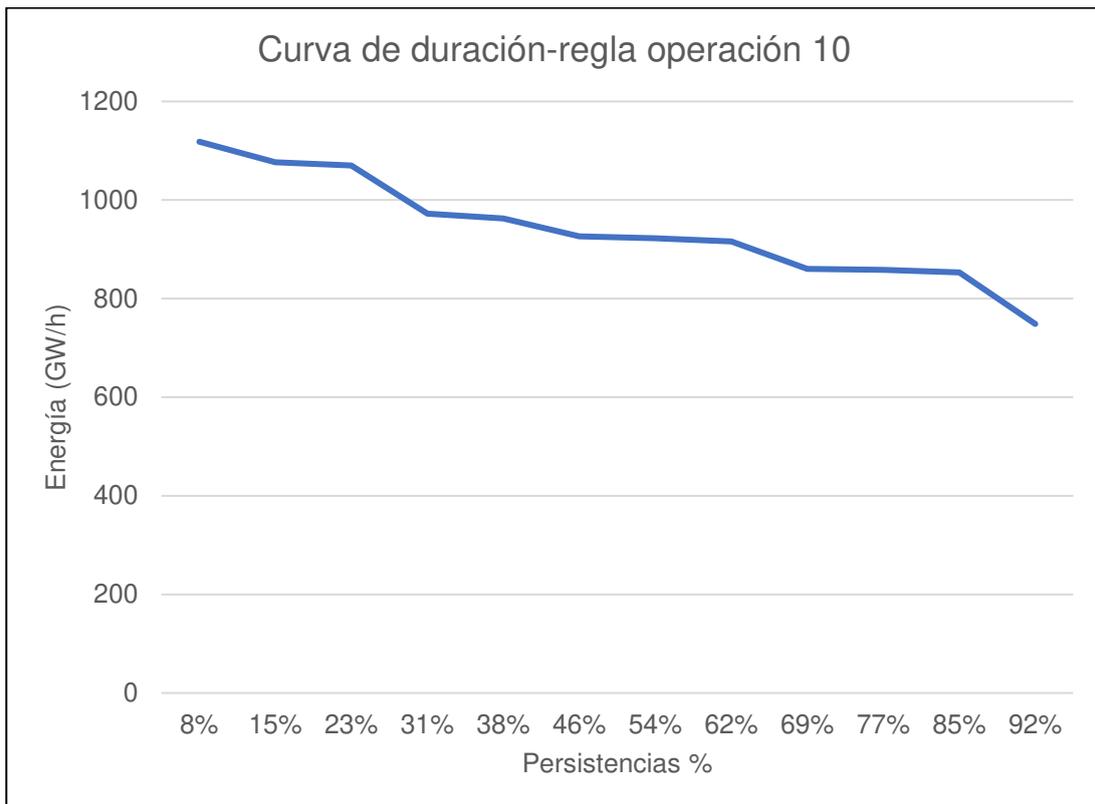
*Curva de duración Regla de operación 10*

Persistencias %	Energía eléctrica (GW/h)
8.00%	1118.3
15.00%	1076.62
23.00%	1070.2
31.00%	972.317
38.00%	962.705
46.00%	926.607
54.00%	922.628
62.00%	916.007
69.00%	860.226
77.00%	858.214
85.00%	853.306
92.00%	748.643

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 183**

*Curva de duración Regla de operación 10*



Nota. La figura muestra la curva de duración para la regla de operación 20 m<sup>3</sup>/s y su generación de energía. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

- Regla de Operación caudal 15

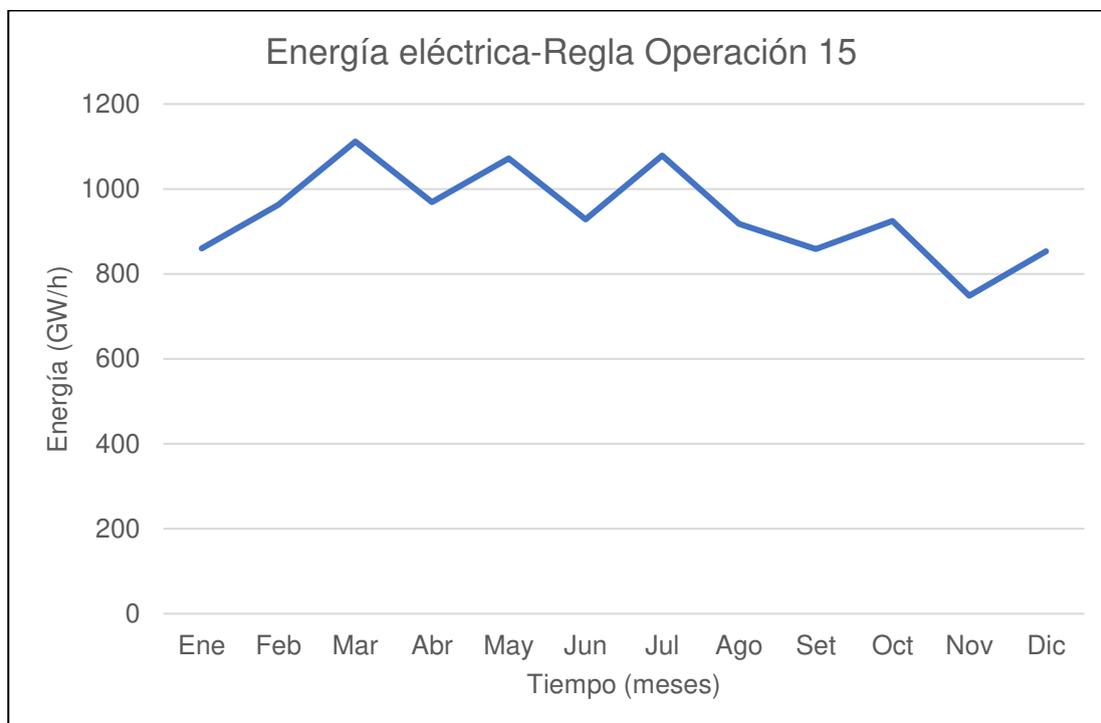
**Tabla 100**  
Energía eléctrica - Regla de operación 15

MES	VALOR(m3/sg)	Energía eléctrica (GW/h)
Ene	0	860.226
Feb	0	962.705
Mar	0	1111.72
Abr	0	969.175
May	15	1072.14
Jun	15	928.485
Jul	15	1078.57
Ago	15	917.948
Set	15	858.295
Oct	15	924.569
Nov	0	748.643
Dic	0	853.306

Nota. Se muestra el valor de la regla de operación con caudal en tiempo de lluvias: 0 m3/s y estiaje: 15 m3/s, así como la energía eléctrica producida.

Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 184**  
Energía eléctrica - Regla de operación 15

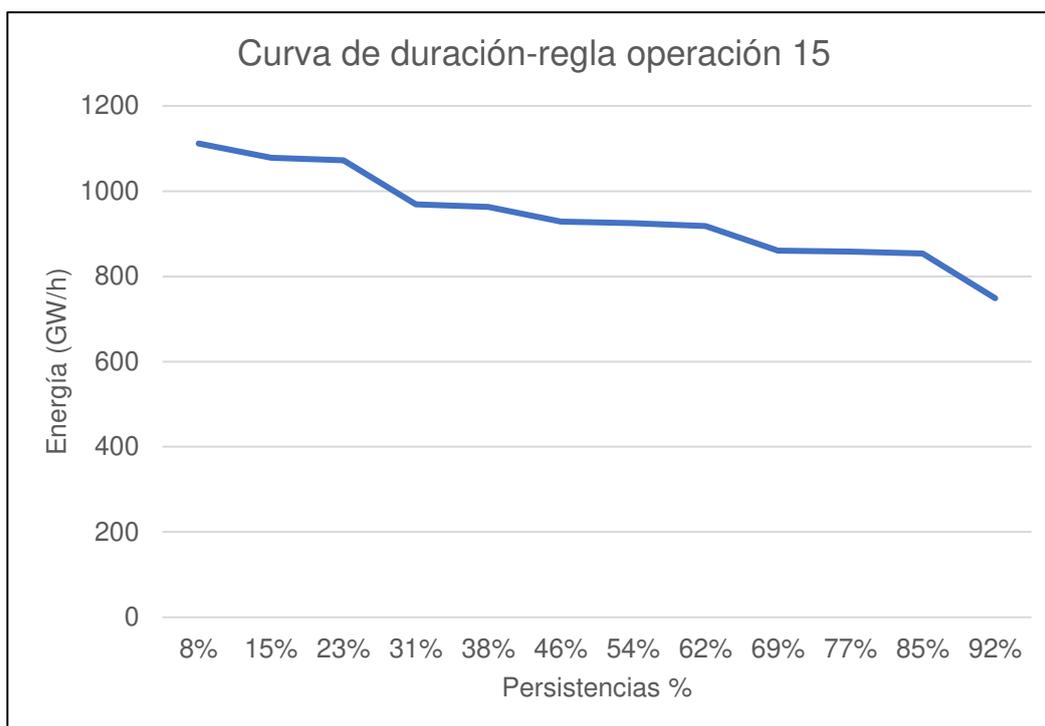


Nota. La figura muestra el comportamiento de los promedios mensuales en el tiempo y su generación de energía eléctrica. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 101***Curva de duración Regla de operación 15*

Persistencias %	Energía eléctrica (GW/h)
8.00%	1111.72
15.00%	1078.57
23.00%	1072.14
31.00%	969.175
38.00%	962.705
46.00%	928.485
54.00%	924.569
62.00%	917.948
69.00%	860.226
77.00%	858.295
85.00%	853.306
92.00%	748.643

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 185***Curva de duración Regla de operación 15*

Nota. La figura muestra la curva de duración para la regla de operación 15 m<sup>3</sup>/s y su generación de energía. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

- Regla de Operación caudal 20

**Tabla 102**

*Energía eléctrica - Regla de operación 20*

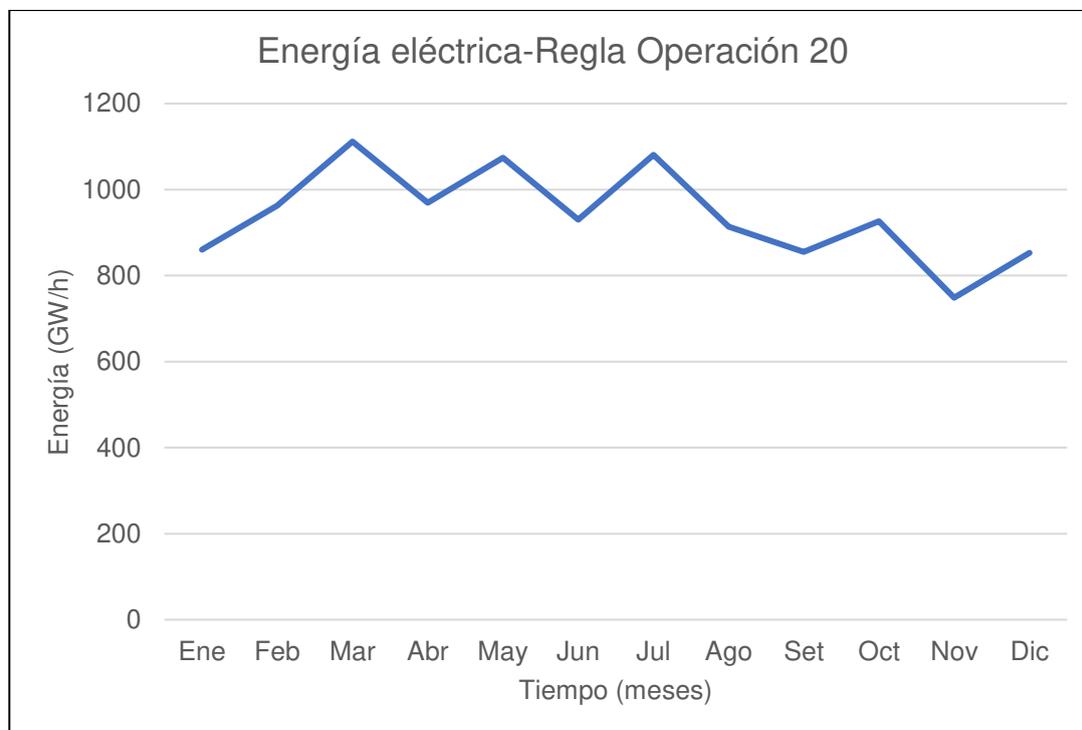
MES	VALOR(m3/sg)	Energía eléctrica (GW/h)
Ene	0	860.226
Feb	0	962.705
Mar	0	1111.72
Abr	0	969.175
May	20	1074.08
Jun	20	930.364
Jul	20	1080.51
Ago	20	913.62
Set	20	855.297
Oct	20	926.134
Nov	0	748.643
Dic	0	853.306

Nota. Se muestra el valor de la regla de operación con caudal en tiempo de lluvias: 0 m3/s y estiaje: 20 m3/s, así como la energía eléctrica producida.

Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 186**

*Energía eléctrica - Regla de operación 20*

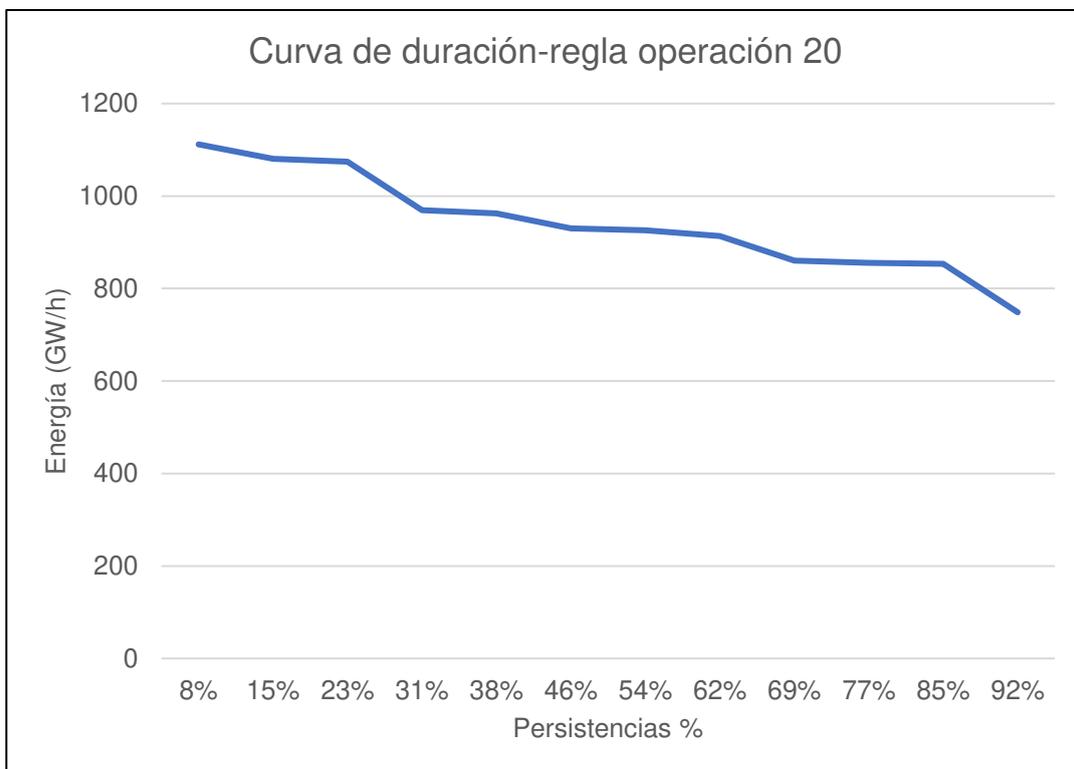


Nota. La figura muestra el comportamiento de los promedios mensuales en el tiempo y su generación de energía eléctrica. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 103***Curva de duración Regla de operación 20*

Persistencias %	Energía eléctrica (GW/h)
8.00%	1111.72
15.00%	1080.51
23.00%	1074.08
31.00%	969.175
38.00%	962.705
46.00%	930.364
54.00%	926.134
62.00%	913.62
69.00%	860.226
77.00%	855.297
85.00%	853.306
92.00%	748.643

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 187***Curva de duración Regla de operación 20*

Nota. La figura muestra la curva de duración para la regla de operación 20 m<sup>3</sup>/s y su generación de energía. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

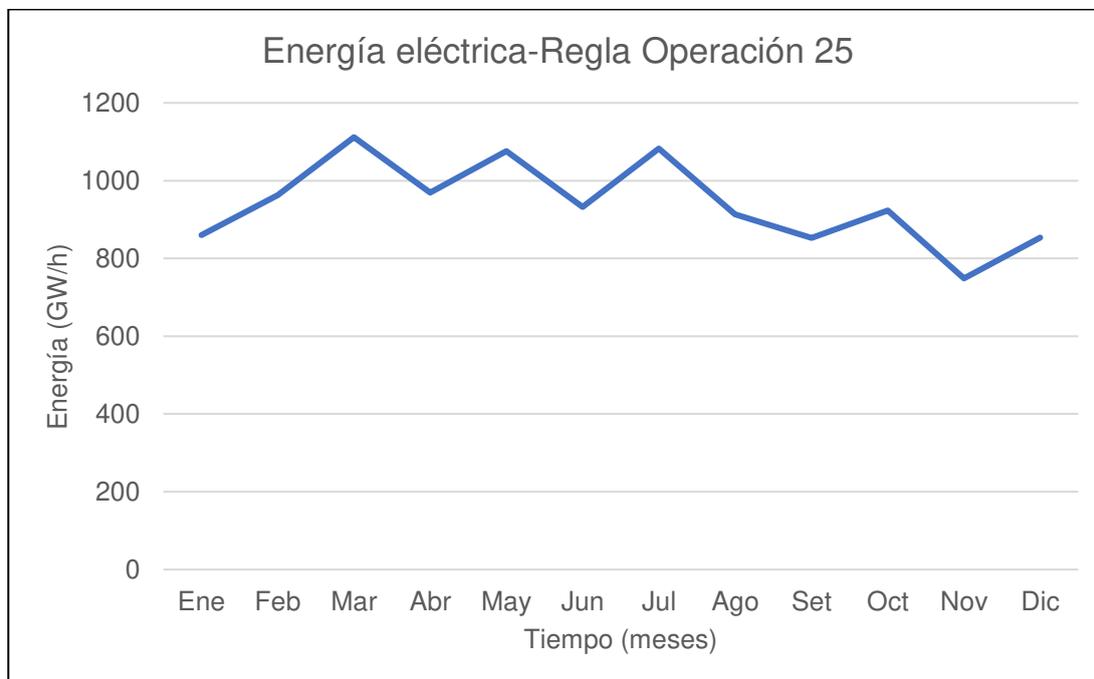
- Regla de Operación caudal 25

**Tabla 104**  
Energía eléctrica - Regla de operación 25

MES	VALOR(m3/sg)	Energía eléctrica (GW/h)
Ene	0	860.226
Feb	0	962.705
Mar	0	1111.72
Abr	0	969.175
May	25	1076.03
Jun	25	932.242
Jul	25	1082.45
Ago	25	913.228
Set	25	852.95
Oct	25	923.112
Nov	0	748.643
Dic	0	853.306

Nota. Se muestra el valor de la regla de operación con caudal en tiempo de lluvias: 0 m3/s y estiaje: 25 m3/s, así como la energía eléctrica producida.  
Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 188**  
Energía eléctrica - Regla de operación 25



Nota. La figura muestra el comportamiento de los promedios mensuales en el tiempo y su generación de energía eléctrica. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 105**

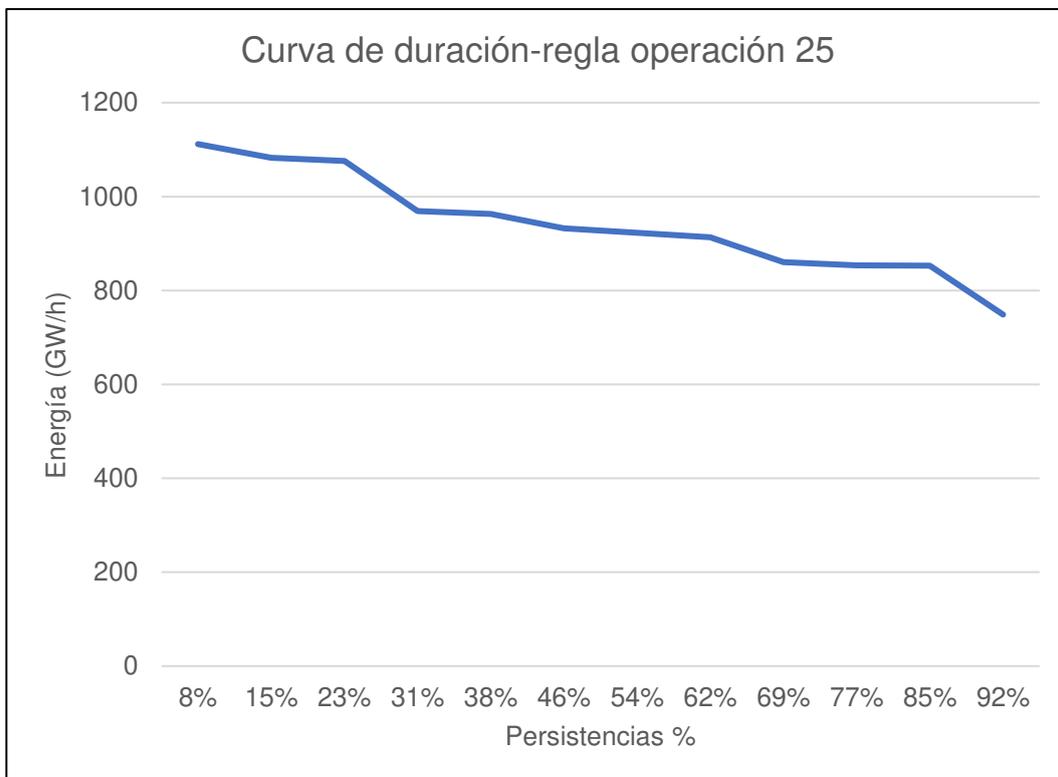
*Curva de duración Regla de operación 25*

Persistencias %	Energía eléctrica (GW/h)
8.00%	1111.72
15.00%	1082.45
23.00%	1076.03
31.00%	969.175
38.00%	962.705
46.00%	932.242
54.00%	923.112
62.00%	913.228
69.00%	860.226
77.00%	853.306
85.00%	852.95
92.00%	748.643

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 189**

*Curva de duración Regla de operación 25*



Nota. La figura muestra la curva de duración para la regla de operación 25 m<sup>3</sup>/s y su generación de energía. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

- Regla de Operación caudal 30

**Tabla 106**

*Energía eléctrica - Regla de operación 30*

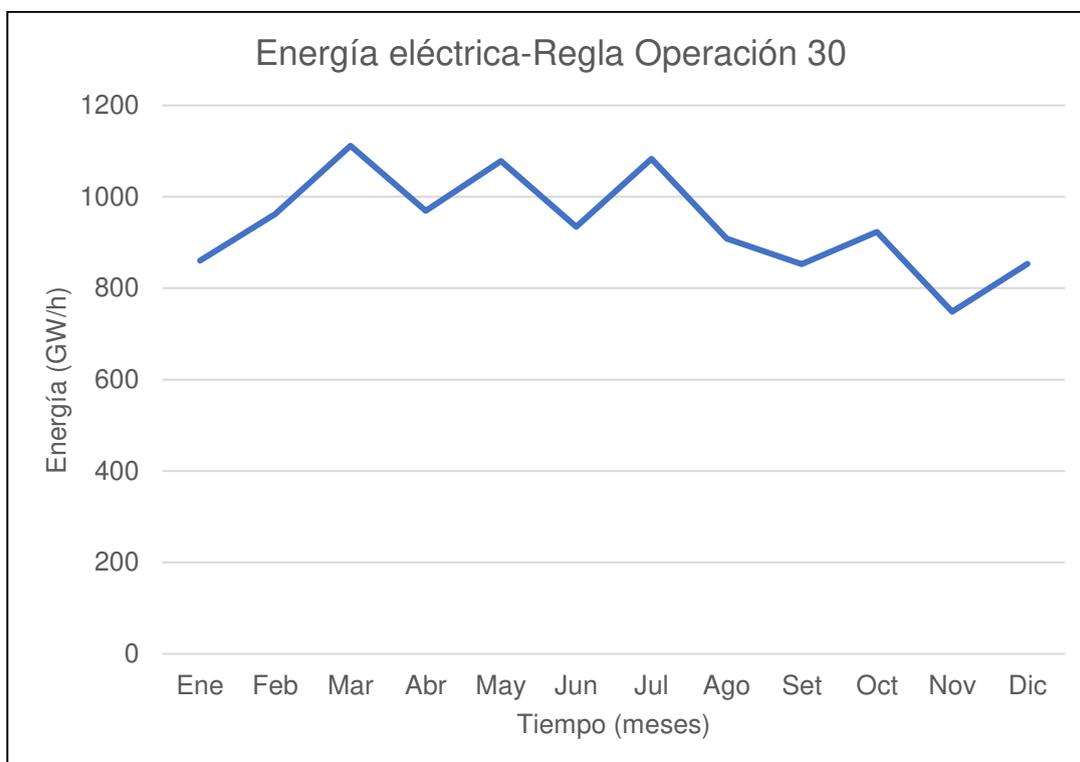
MES	VALOR(m3/sg)	Energía eléctrica (GW/h)
Ene	0	860.226
Feb	0	962.705
Mar	0	1111.72
Abr	0	969.175
May	30	1077.97
Jun	30	934.121
Jul	30	1083.21
Ago	30	908.649
Set	30	852.95
Oct	30	923.112
Nov	0	748.643
Dic	0	853.306

Nota. Se muestra el valor de la regla de operación con caudal en tiempo de lluvias: 0 m3/s y estiaje: 30 m3/s, así como la energía eléctrica producida.

Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 190**

*Energía eléctrica - Regla de operación 30*



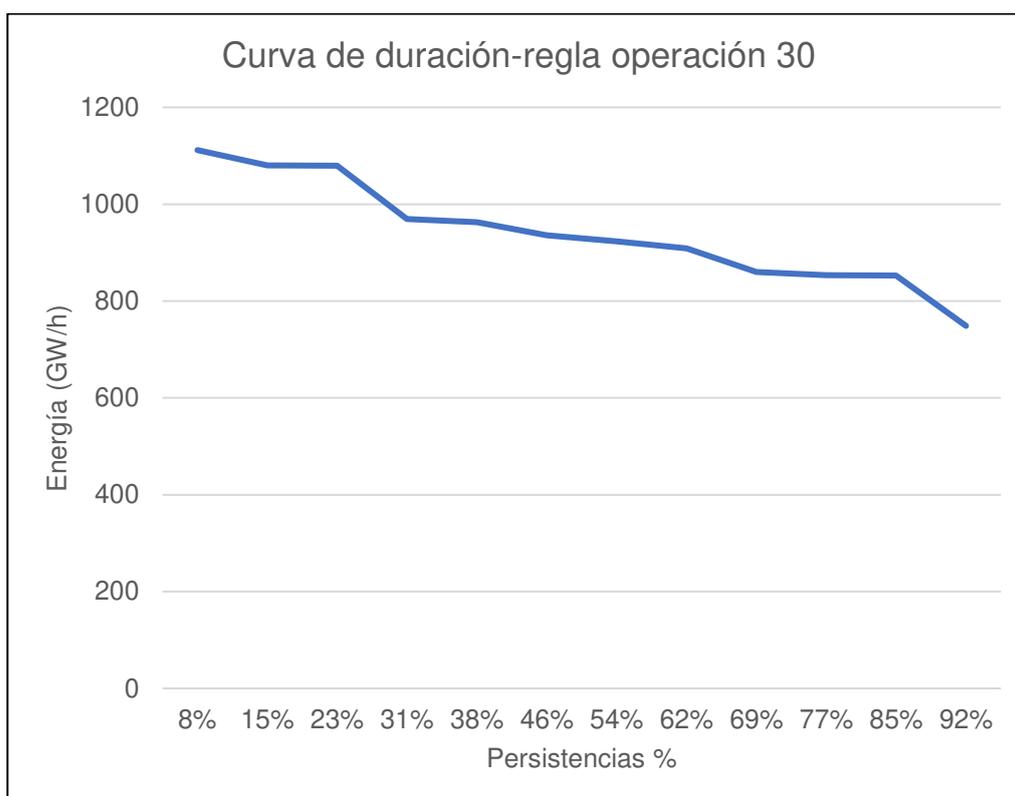
Nota. La figura muestra el comportamiento de los promedios mensuales en el tiempo y su generación de energía eléctrica. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 107**  
*Curva de duración Regla de operación 30*

Persistencias %	Energía eléctrica (GW/h)
8.00%	1111.72
15.00%	1083.21
23.00%	1077.97
31.00%	969.175
38.00%	962.705
46.00%	934.121
54.00%	923.112
62.00%	908.649
69.00%	860.226
77.00%	853.306
85.00%	852.95
92.00%	748.643

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 191**  
*Curva de duración Regla de operación 30*



Nota. La figura muestra la curva de duración para la regla de operación 30 m3/s y su generación de energía. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

- Regla de Operación caudal 35

**Tabla 108**

*Energía eléctrica - Regla de operación 35*

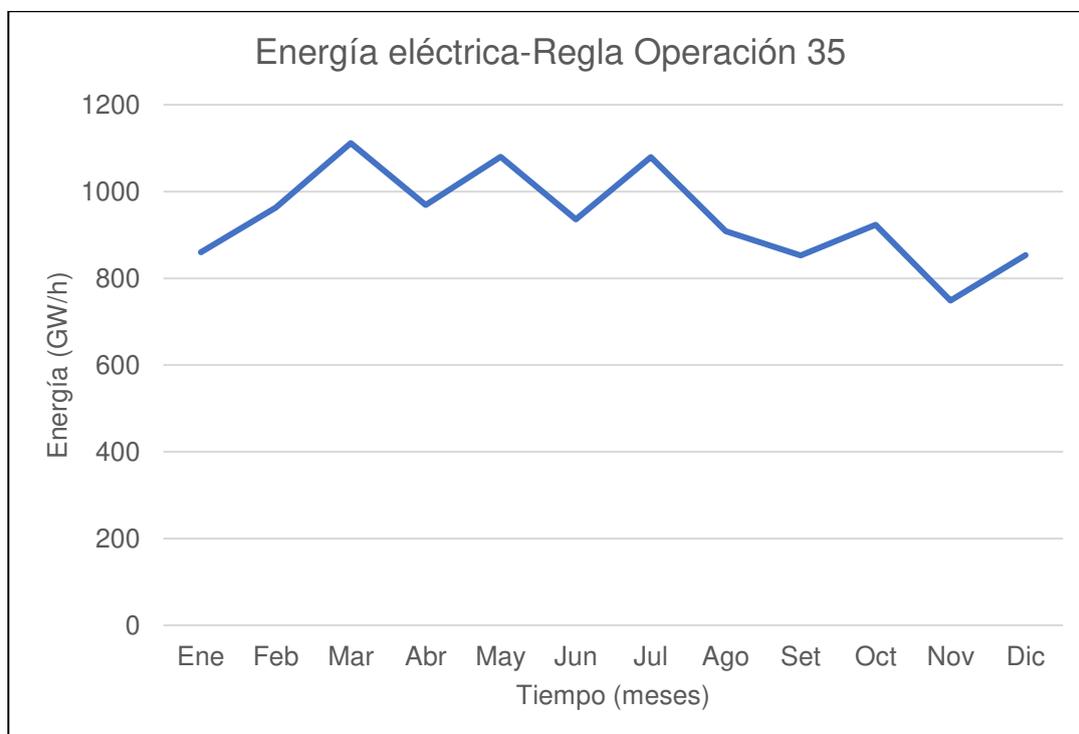
MES	VALOR(m3/sg)	Energía eléctrica (GW/h)
Ene	0	860.226
Feb	0	962.705
Mar	0	1111.72
Abr	0	969.175
May	35	1079.91
Jun	35	936
Jul	35	1079.39
Ago	35	908.649
Set	35	852.95
Oct	35	923.112
Nov	0	748.643
Dic	0	853.306

Nota. Se muestra el valor de la regla de operación con caudal en tiempo de lluvias: 0 m3/s y estiaje: 35 m3/s, así como la energía eléctrica producida.

Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 192**

*Energía eléctrica - Regla de operación 35*



Nota. La figura muestra el comportamiento de los promedios mensuales en el tiempo y su generación de energía eléctrica. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 109**

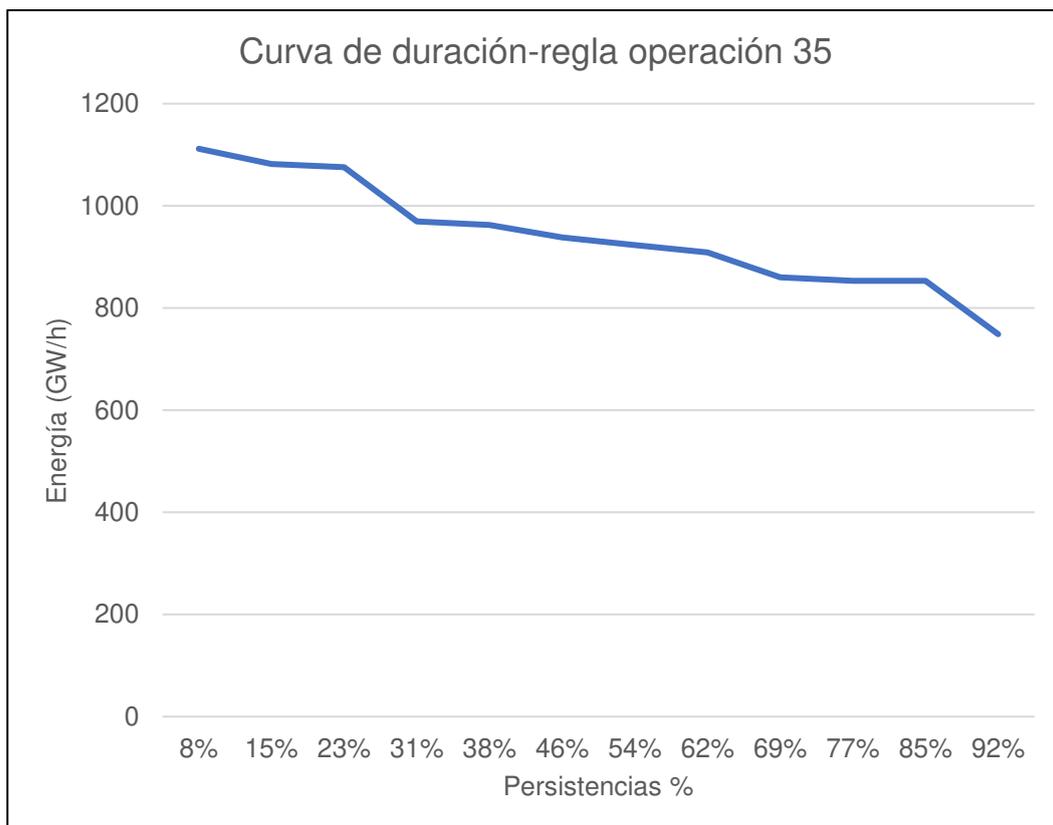
*Curva de duración Regla de operación 35*

Persistencias %	Energía eléctrica (GW/h)
8.00%	1111.72
15.00%	1079.91
23.00%	1079.39
31.00%	969.175
38.00%	962.705
46.00%	936
54.00%	923.112
62.00%	908.649
69.00%	860.226
77.00%	853.306
85.00%	852.95
92.00%	748.643

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 193**

*Curva de duración Regla de operación 35*



Nota. La figura muestra la curva de duración para la regla de operación 35 m3/s y su generación de energía. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

- Regla de Operación caudal 40

**Tabla 110**

*Energía eléctrica - Regla de operación 40*

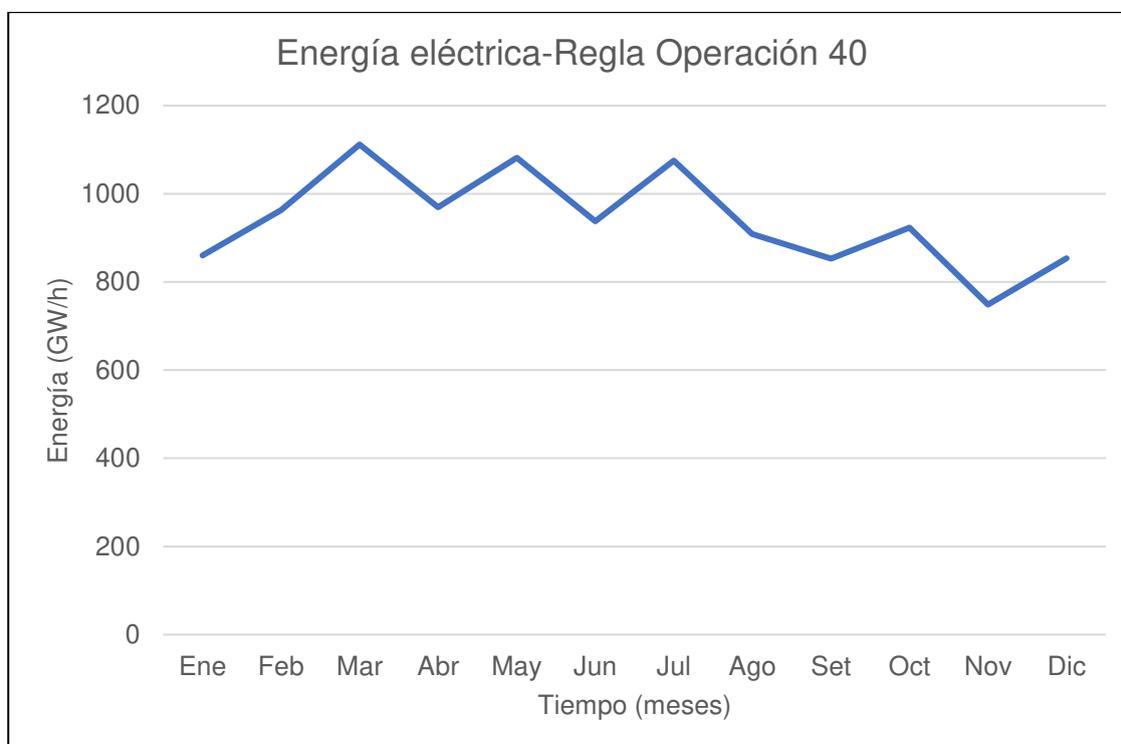
MES	VALOR(m3/sg)	Energía eléctrica (GW/h)
Ene	0	860.226
Feb	0	962.705
Mar	0	1111.72
Abr	0	969.175
May	40	1081.85
Jun	40	937.878
Jul	40	1075.57
Ago	40	908.649
Set	40	852.95
Oct	40	923.112
Nov	0	748.643
Dic	0	853.306

Nota. Se muestra el valor de la regla de operación con caudal en tiempo de lluvias: 0 m3/s y estiaje: 40 m3/s, así como la energía eléctrica producida.

Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 194**

*Energía eléctrica - Regla de operación 40*

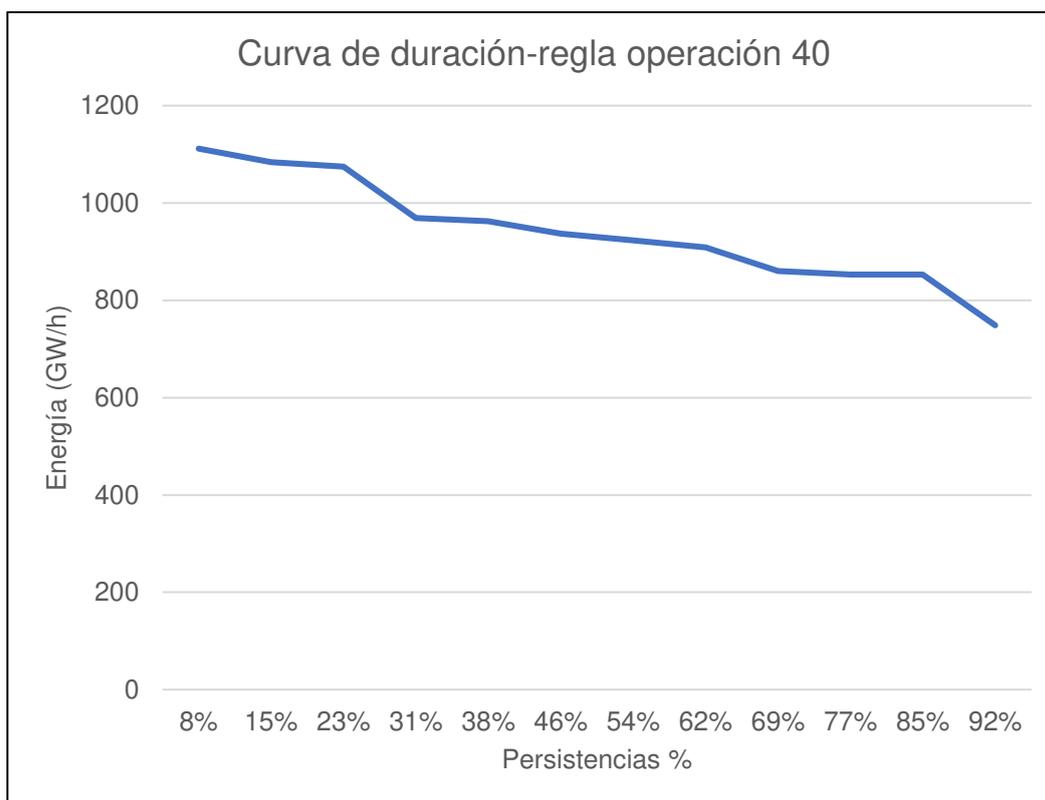


Nota. La figura muestra el comportamiento de los promedios mensuales en el tiempo y su generación de energía eléctrica. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 111***Curva de duración Regla de operación 40*

Persistencias %	Energía eléctrica (GW/h)
8.00%	1111.72
15.00%	1081.85
23.00%	1075.57
31.00%	969.175
38.00%	962.705
46.00%	937.878
54.00%	923.112
62.00%	908.649
69.00%	860.226
77.00%	853.306
85.00%	852.95
92.00%	748.643

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 195***Curva de duración Regla de operación 40*

Nota. La figura muestra la curva de duración para la regla de operación 40 m<sup>3</sup>/s y su generación de energía. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

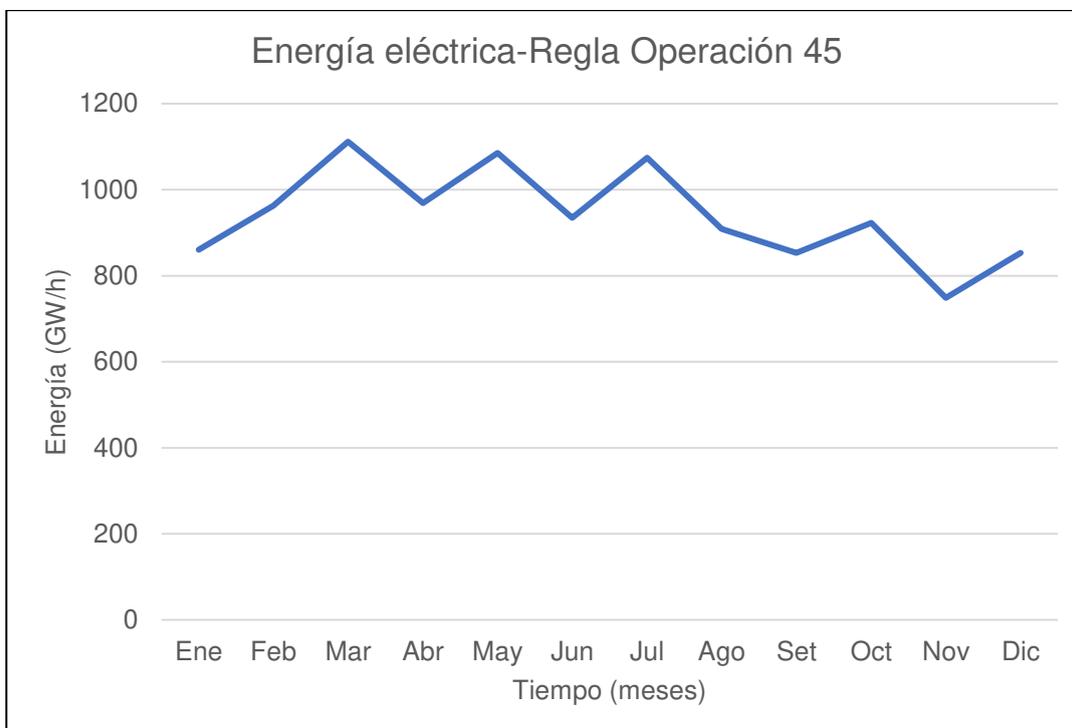
- Regla de Operación caudal 45

**Tabla 112**  
Energía eléctrica - Regla de operación 45

MES	VALOR(m3/sg)	Energía eléctrica (GW/h)
Ene	0	860.226
Feb	0	962.705
Mar	0	1111.72
Abr	0	969.175
May	45	1083.79
Jun	45	936.902
Jul	45	1074.6
Ago	45	908.649
Set	45	852.95
Oct	45	923.112
Nov	0	748.643
Dic	0	853.306

Nota. Se muestra el valor de la regla de operación con caudal en tiempo de lluvias: 0 m3/s y estiaje: 45 m3/s, así como la energía eléctrica producida.  
Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 196**  
Energía eléctrica - Regla de operación 45

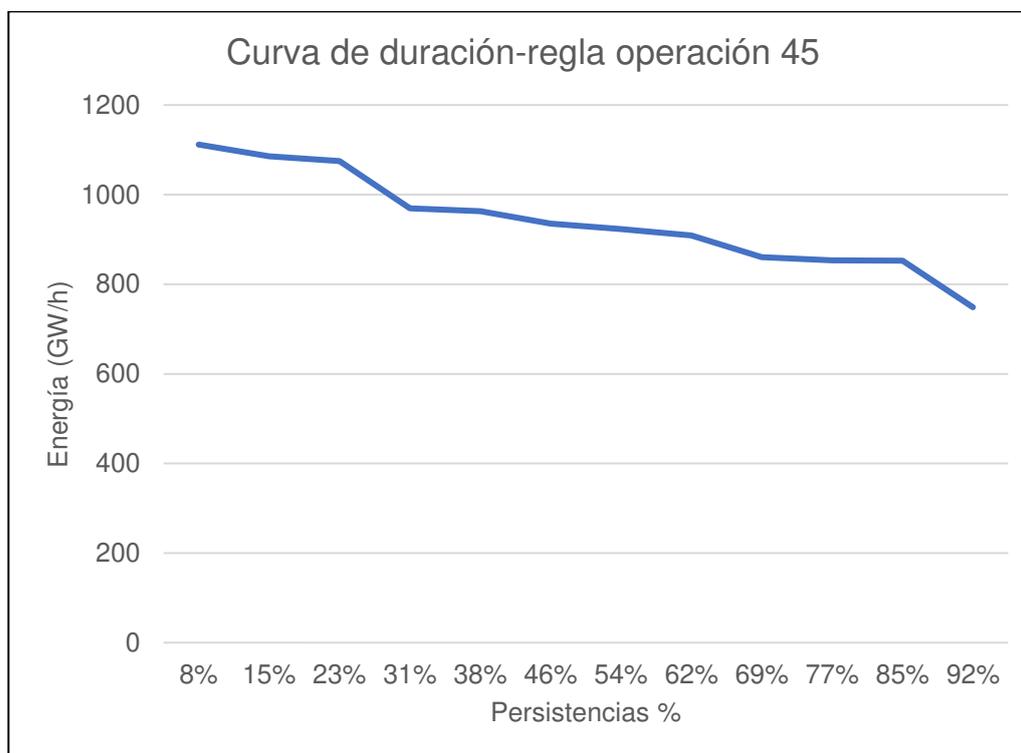


Nota. La figura muestra el comportamiento de los promedios mensuales en el tiempo y su generación de energía eléctrica. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 113***Curva de duración Regla de operación 45*

Persistencias %	Energía eléctrica (GW/h)
8.00%	1111.72
15.00%	1083.79
23.00%	1074.6
31.00%	969.175
38.00%	962.705
46.00%	936.902
54.00%	923.112
62.00%	908.649
69.00%	860.226
77.00%	853.306
85.00%	852.95
92.00%	748.643

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 197***Curva de duración Regla de operación 45*

Nota. La figura muestra la curva de duración para la regla de operación 45 m<sup>3</sup>/s y su generación de energía. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

- Regla de Operación caudal 50

**Tabla 114**

*Energía eléctrica - Regla de operación 50*

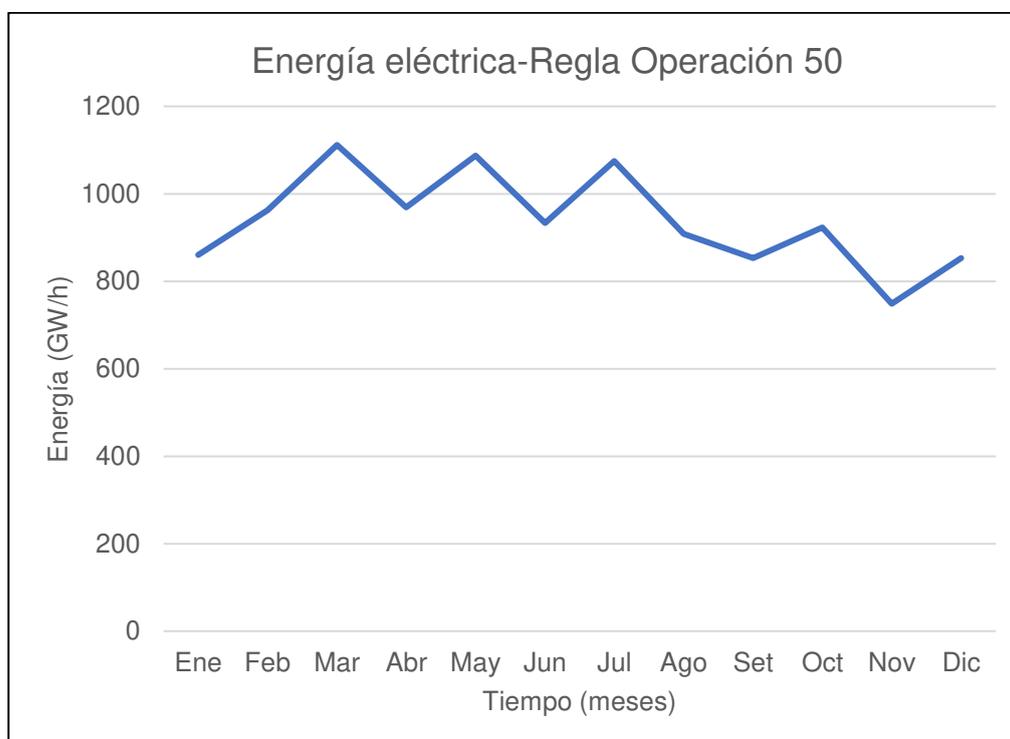
MES	VALOR(m3/sg)	Energía eléctrica (GW/h)
Ene	0	860.226
Feb	0	962.705
Mar	0	1111.72
Abr	0	969.175
May	50	1085.73
Jun	50	934.961
Jul	50	1074.6
Ago	50	908.649
Set	50	852.95
Oct	50	923.112
Nov	0	748.643
Dic	0	853.306

Nota. Se muestra el valor de la regla de operación con caudal en tiempo de lluvias: 0 m3/s y estiaje: 50 m3/s, así como la energía eléctrica producida.

Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 198**

*Energía eléctrica - Regla de operación 50*



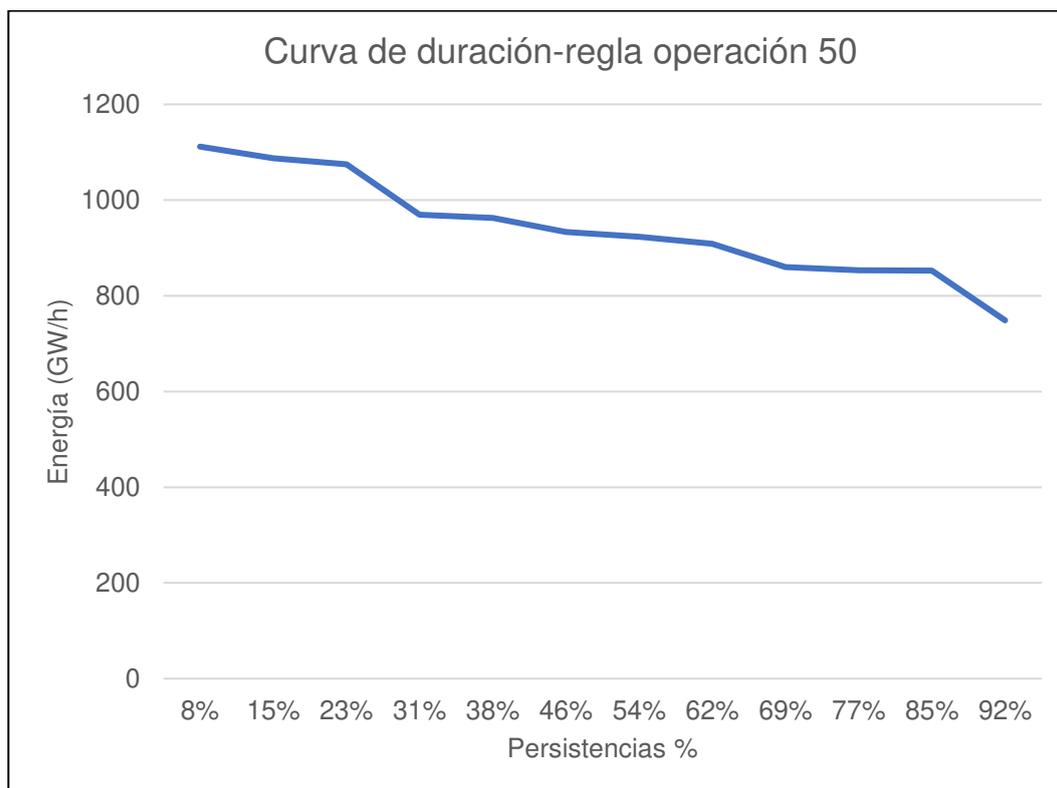
Nota. La figura muestra el comportamiento de los promedios mensuales en el tiempo y su generación de energía eléctrica. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 115**  
*Curva de duración Regla de operación 50*

Persistencias %	Energía eléctrica (GW/h)
8.00%	1111.72
15.00%	1085.73
23.00%	1074.6
31.00%	969.175
38.00%	962.705
46.00%	934.961
54.00%	923.112
62.00%	908.649
69.00%	860.226
77.00%	853.306
85.00%	852.95
92.00%	748.643

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Figura. 199**  
*Curva de duración Regla de operación 50*



Nota. La figura muestra la curva de duración para la regla de operación 50 m<sup>3</sup>/s y su generación de energía. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

- Regla de Operación caudal 55

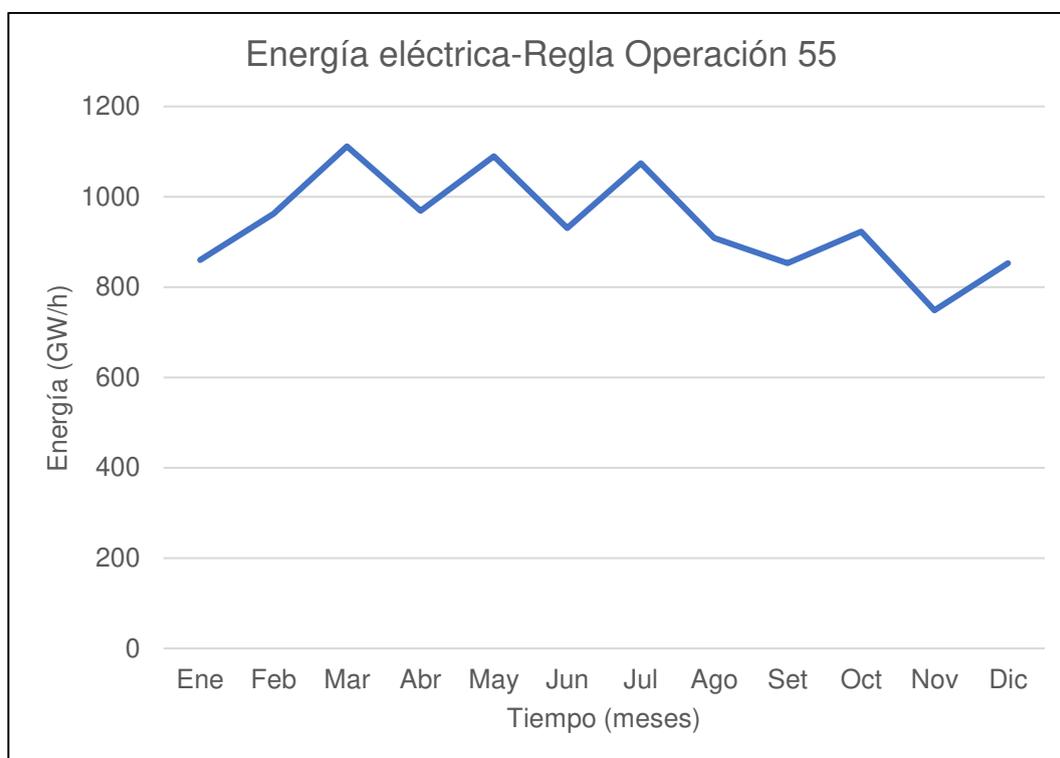
**Tabla 116**  
*Energía eléctrica - Regla de operación 55*

MES	VALOR(m3/sg)	Energía eléctrica (GW/h)
Ene	0	860.226
Feb	0	962.705
Mar	0	1111.72
Abr	0	969.175
May	55	1087.67
Jun	55	933.02
Jul	55	1074.6
Ago	55	908.649
Set	55	852.95
Oct	55	923.112
Nov	0	748.643
Dic	0	853.306

Nota. Se muestra el valor de la regla de operación con caudal en tiempo de lluvias: 0 m3/s y estiaje: 55 m3/s, así como la energía eléctrica producida.

Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 200**  
*Energía eléctrica - Regla de operación 55*

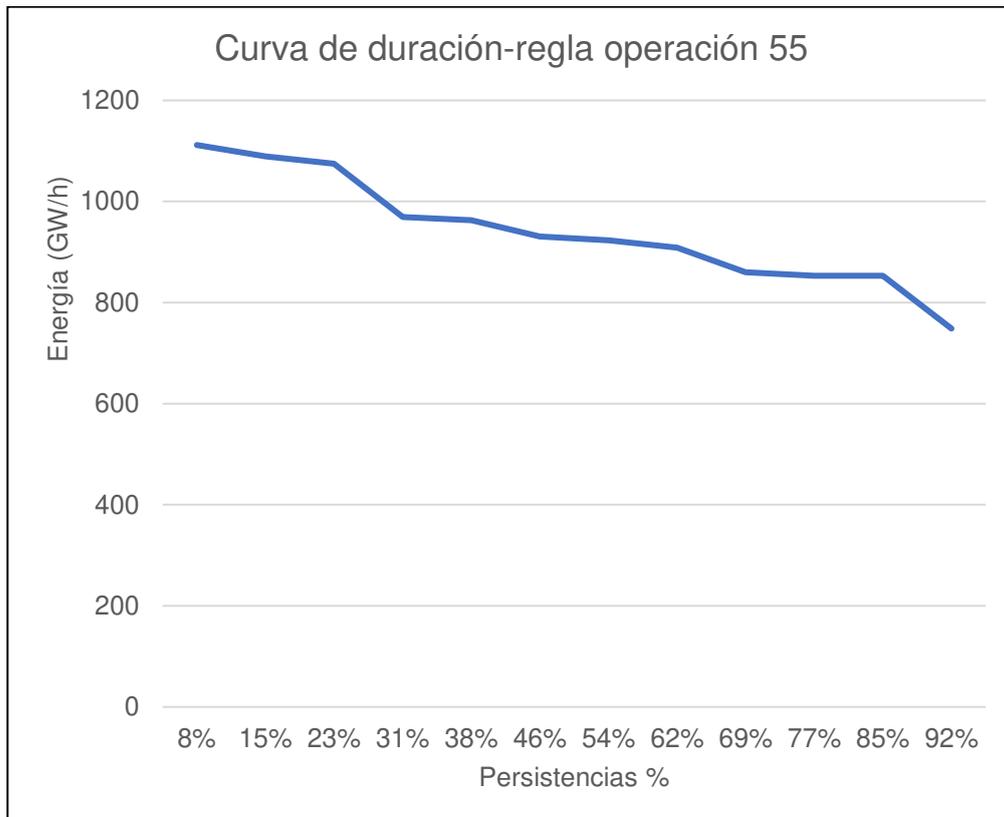


Nota. La figura muestra el comportamiento de los promedios mensuales en el tiempo y su generación de energía eléctrica. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 117***Curva de duración Regla de operación 55*

Persistencias %	Energía eléctrica (GW/h)
8.00%	1111.72
15.00%	1087.67
23.00%	1074.6
31.00%	969.175
38.00%	962.705
46.00%	933.02
54.00%	923.112
62.00%	908.649
69.00%	860.226
77.00%	853.306
85.00%	852.95
92.00%	748.643

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 201***Curva de duración Regla de operación 55*

Nota. La figura muestra el Caudal de entrada y salida al 20%. Elaboración: Propia (2022).

Fuente: WEAP.

- Regla de Operación caudal 60

**Tabla 118**

*Energía eléctrica - Regla de operación 60*

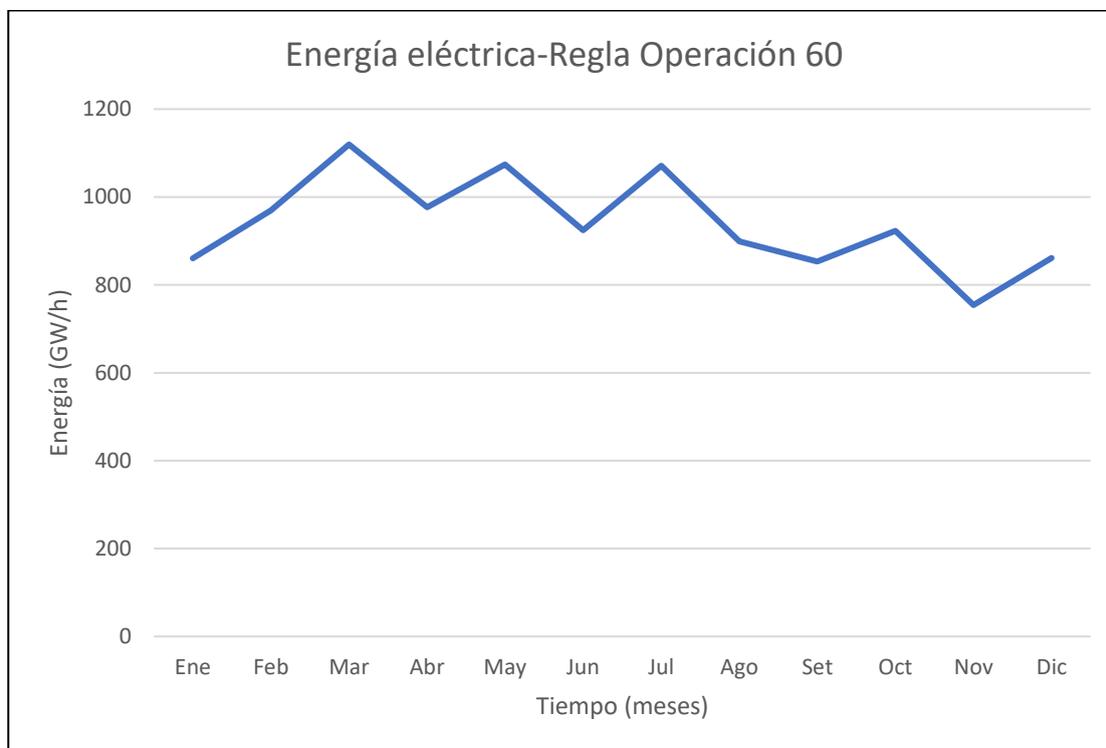
MES	VALOR(m3/sg)	Energía eléctrica (GW/h)
Ene	0	860.226
Feb	0	962.705
Mar	0	1111.72
Abr	0	969.175
May	60	1089.61
Jun	60	931.079
Jul	60	1074.6
Ago	60	908.649
Set	60	852.95
Oct	60	923.112
Nov	0	748.643
Dic	0	853.306

Nota. Se muestra el valor de la regla de operación con caudal en tiempo de lluvias: 0 m3/s y estiaje: 60 m3/s, así como la energía eléctrica producida.

Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 202**

*Energía eléctrica - Regla de operación 60*



Nota. La figura muestra el comportamiento de los promedios mensuales en el tiempo y su generación de energía eléctrica. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 119**

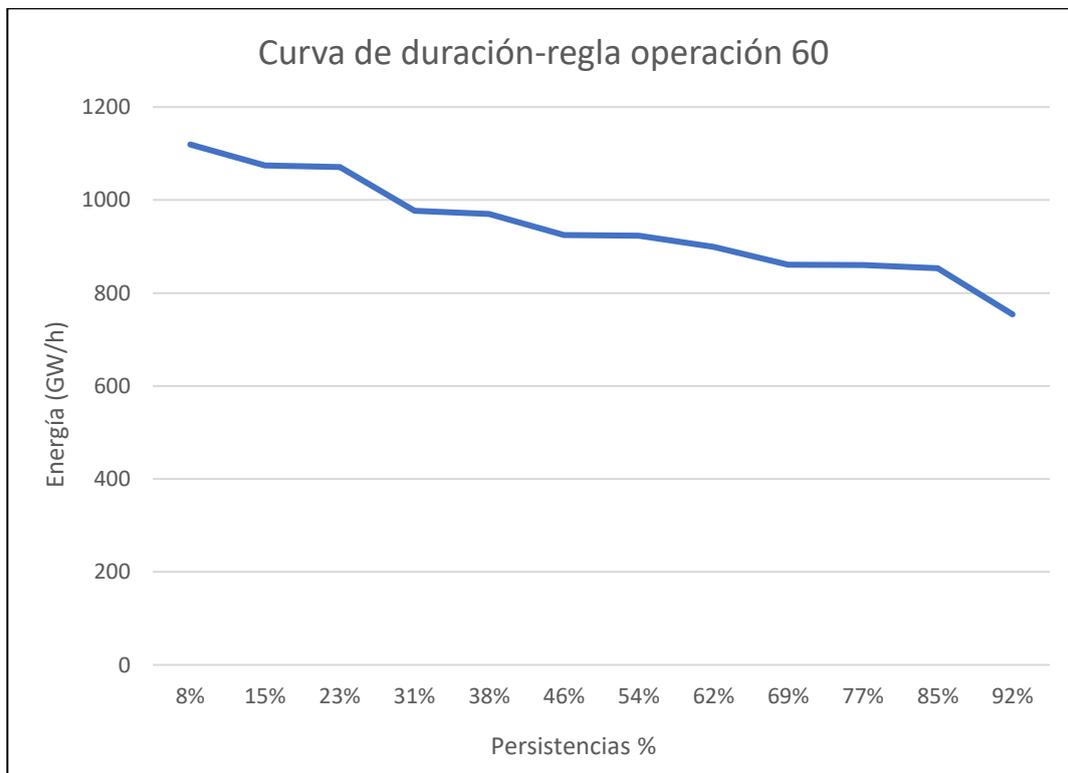
Curva de duración Regla de operación 60

Persistencias %	Energía eléctrica (GW/h)
8.00%	1111.72
15.00%	1089.61
23.00%	1074.6
31.00%	969.175
38.00%	962.705
46.00%	931.079
54.00%	923.112
62.00%	908.649
69.00%	860.226
77.00%	853.306
85.00%	852.95
92.00%	748.643

Nota. Se muestran las persistencias y los valores de la generación eléctrica para cada porcentaje. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP. (2022).

**Figura. 203**

Curva de duración Regla de operación 60



Nota. La figura muestra la curva de duración para la regla de operación 60 m<sup>3</sup>/s y su generación de energía. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS

#### 5.1. Planificación Hidrológica de la Central Hidroeléctrica

##### 5.1.1. Parámetros Geomorfológicos

- Área de las subcuencas

Tabla 120

Área de cada Subcuenca

Subcuenca	Área (Km2)
0	371.396
1	122.122
2	123.083
3	230.233
4	290.062
5	172.267
6	39.002
7	0.326
8	104.909
9	3.580
10	180.689
11	619.443
12	122.748
13	254.202
14	220.154
15	152.152
16	7.083
17	975.618
18	121.238
19	0.103
20	117.692
21	112.103
22	204.401
23	26.493
24	127.685
25	0.232
26	123.307
27	268.900
28	156.075
29	158.703
30	181.994
<b>Área Total:</b>	<b>5587.992</b>

Nota. Áreas de todas las subcuencas. Elaboración: Propia basado en datos exportados de ArcGis (2022).

- Perímetro de las subcuencas

**Tabla 121**

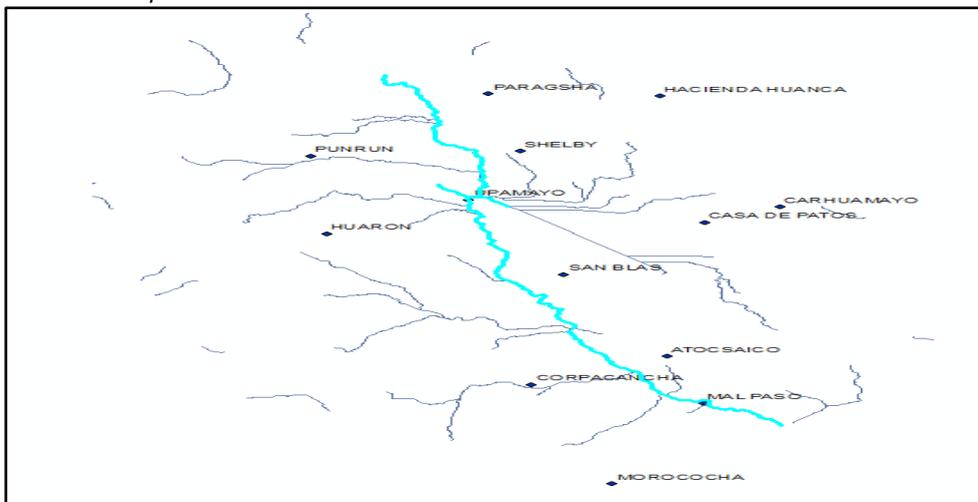
*Perímetro de cada Subcuenca*

<b>Subcuenca</b>	<b>Perímetro (Km)</b>
0	144.172
1	110.445
2	88.393
3	129.532
4	163.259
5	93.767
6	50.034
7	3.892
8	92.841
9	17.234
10	109.148
11	194.947
12	132.868
13	134.721
14	114.707
15	79.684
16	20.755
17	206.992
18	90.802
19	1.853
20	64.303
21	75.236
22	121.378
23	30.206
24	75.607
25	2.594
26	70.603
27	108.221
28	87.281
29	88.764
30	88.393
<b>Perímet. Total:</b>	<b>2792.632</b>

Nota. Perímetro de todas las subcuencas. Elaboración: Propia basado en datos exportados de ArcGis (2022).

- Longitud de Cauces

**Figura. 204**  
*Cauce Principal*



Nota. La figura muestra el cauce principal de la cuenca. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 122**  
*Longitud del Cauce Principal*

Río	Longitud. (Km)
7	16.765
9	2.269
13	18.955
16	5.909
17	0.725
18	5.568
19	0.393
25	5.276
26	2.585
30	2.291
43	21.384
50	20.311
60	15.326
62	7.560
70	6.611
76	12.014
<b>Longitud. Cauce Principal</b>	<b>143.943</b>

Nota. Longitud del cauce principal. Elaboración: Propia basado en datos exportados de ArcGis (2022).

**Tabla 123**  
*Longitud de cada río*

<b>Río</b>	<b>Longitud (Km)</b>
1	9.551
2	4.285
3	4.763
4	2.098
5	25.392
6	6.504
7	16.765
8	11.707
9	2.269
10	21.533
11	14.473
12	26.819
13	18.955
14	7.863
15	0.467
16	5.909
.	.
.	.
.	.
64	0.393
65	9.428
66	14.357
67	0.139
68	6.076
69	5.314
70	6.611
71	7.000
72	15.384
73	12.571
74	3.664
75	6.262
76	12.014
77	11.942
78	20.073
<b>Longitud Total del Cauce</b>	<b>401.475</b>

Nota. Longitud total del cauce. Elaboración: Propia basado en datos exportados de ArcGis (2022).

- Ancho promedio de la cuenca

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

A cuenca= 5587.992

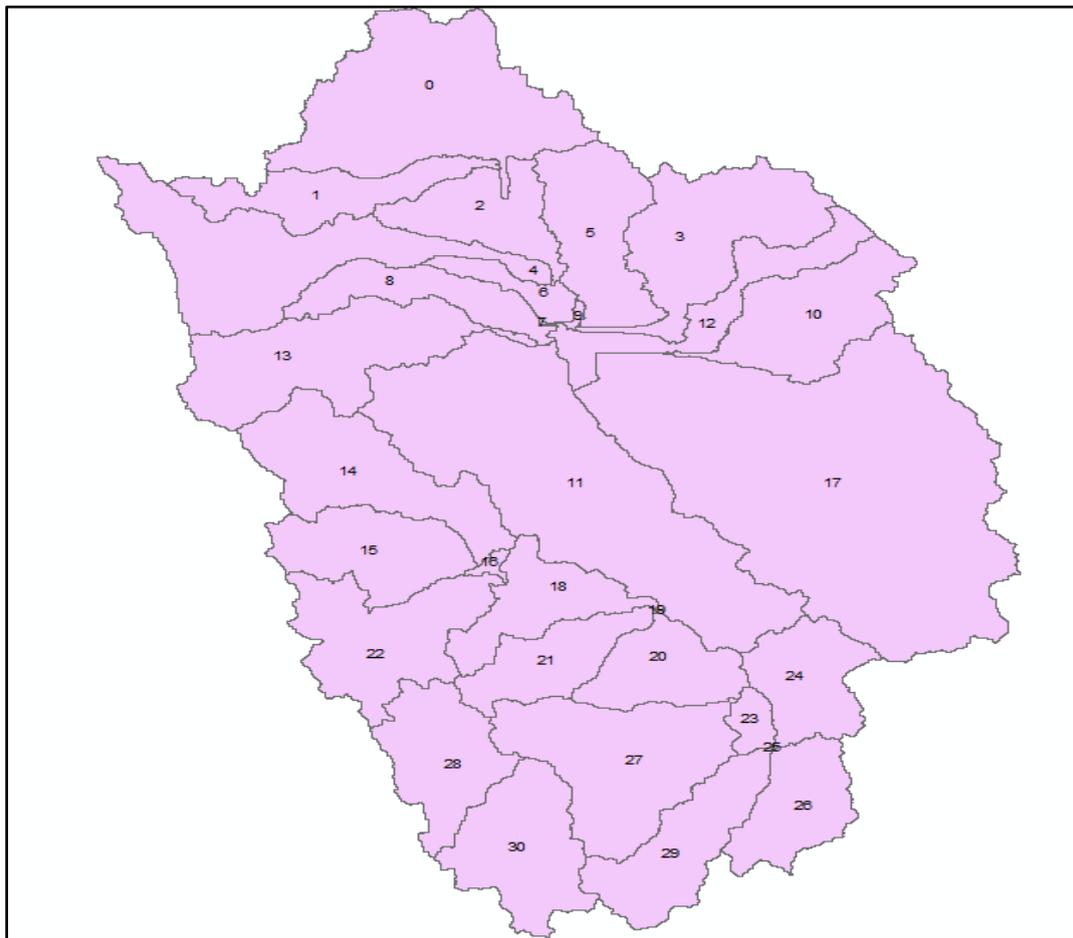
L= 143.943

$$\text{Ancho prom.} = \frac{5587.99}{143.94} = 38.82\text{Km}$$

- Coeficiente de Compacidad (Kc)

**Figura. 205**

*Ubicación de las Subcuencas*



Nota. La figura muestra la ubicación de las subcuencas en la cuenca. Elaboración: Propia (2022). Fuente: ArcGis.

$$Kc0 = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

Para la subcuena 0:

$$Kc0 = \frac{144.172}{2\sqrt{\pi \times 371.396}} = 0.28 \frac{144.172}{2\sqrt{\pi \times 144.172}}$$

$$Kc0 = 2.095$$

**Tabla 124**  
*Coefficiente de Compacidad*

SUBCUENCA	Kc
0	2.095
1	2.798
2	2.231
3	2.390
4	2.684
5	2.000
6	2.243
7	1.908
8	2.538
9	2.550
10	2.274
11	2.193
12	3.358
13	2.366
14	2.165
15	1.809
16	2.184
17	1.856
18	2.309
19	1.617
20	1.660
21	1.990
22	2.377
23	1.643
24	1.873
25	1.509
26	1.780
27	1.848
28	1.956
29	1.973
30	1.835
<b>Kc Promedio</b>	<b>2.129</b>

Nota. Coeficiente de compacidad de las subcuencas. Elaboración: Propia basado en datos exportados de ArcGis (2022).

De acuerdo con el coeficiente, según la tabla 2 indicaría que la cuenca tiene tendencia ALARGADA, así como cada subcuenca.

- Factor de Forma (Ff)

$$Ft = \frac{A}{L \times L}$$

A cuenca= 5587.992

L= 143.943

$$Ft = \frac{5587.992}{143.943 \times 143.943} = 0.27$$

Según Tabla 3, tiene forma ALARGADA.

- Densidad de drenaje (Dd)

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Lt= 764.514

A= 5587.992

$$Dd = \frac{764.514}{5587.992} = 0.137 \cong 0.14$$

Según tabla 4, el drenaje es de clase BAJA.

- Extensión media del escurrimiento superficial (Km)

$$Es = \frac{A}{4 Li}$$

A= 5587.992 km<sup>2</sup>

Lt= 764.514 km

$$Es = \frac{5587.992}{4 \times 764.514 \times 242} = 1.827$$

- Rectángulo Equivalente:

Long. Mayor para subcuenca 0:

$$L = \frac{P}{4} + \sqrt{\frac{p^2}{16} - A}$$

$$L_0 = \frac{144.172}{4} + \sqrt{\frac{144.172 \times 144.172}{16} - 371.396}$$

$$L_0 = 66.501 \text{ Km}$$

Long. Menor para subcuenca 0:

$$L = \frac{P}{4} - \sqrt{\frac{p^2}{16} - A}$$

$$L_0 = \frac{144.172}{4} - \sqrt{\frac{144.172 \times 144.172}{16} - 371.396}$$

$$L_0 = 5.585 \text{ Km}$$

Así con las demás subcuencas.

**Tabla 125***Longitud del lado mayor de cada Subcuenca*

<b>Subcuenca</b>	<b>Lmayor</b>
0	66.501
1	52.915
2	41.210
3	60.991
4	77.906
5	42.865
6	23.346
7	1.760
8	44.038
9	8.179
10	51.033
11	90.639
12	64.532
13	63.348
14	53.217
15	35.563
16	9.643
17	93.006
18	42.552
19	0.797
20	27.939
21	34.355
22	57.110
23	13.077
24	34.054
25	1.083
26	31.371
27	48.575
28	39.710
29	40.459
30	39.601
<b>Lado Mayor Prom.</b>	<b>41.657</b>

Nota. Lado mayor de las subcuencas. Elaboración: Propia basado en datos exportados de ArcGis (2022).

**Tabla 126***Longitud del lado menor de cada Subcuenca*

<b>Subcuenca</b>	<b>Lmenor</b>
0	5.585
1	2.308
2	2.987
3	3.775
4	3.723
5	4.019
6	1.671
7	0.185
8	2.382
9	0.438
10	3.541
11	6.834
12	1.902
13	4.013
14	4.137
15	4.278
16	0.734
17	10.490
18	2.849
19	0.129
20	4.212
21	3.263
22	3.579
23	2.026
24	3.749
25	0.214
26	3.931
27	5.536
28	3.930
29	3.923
30	4.596
<b>Lado Menor Prom.</b>	<b>3.385</b>

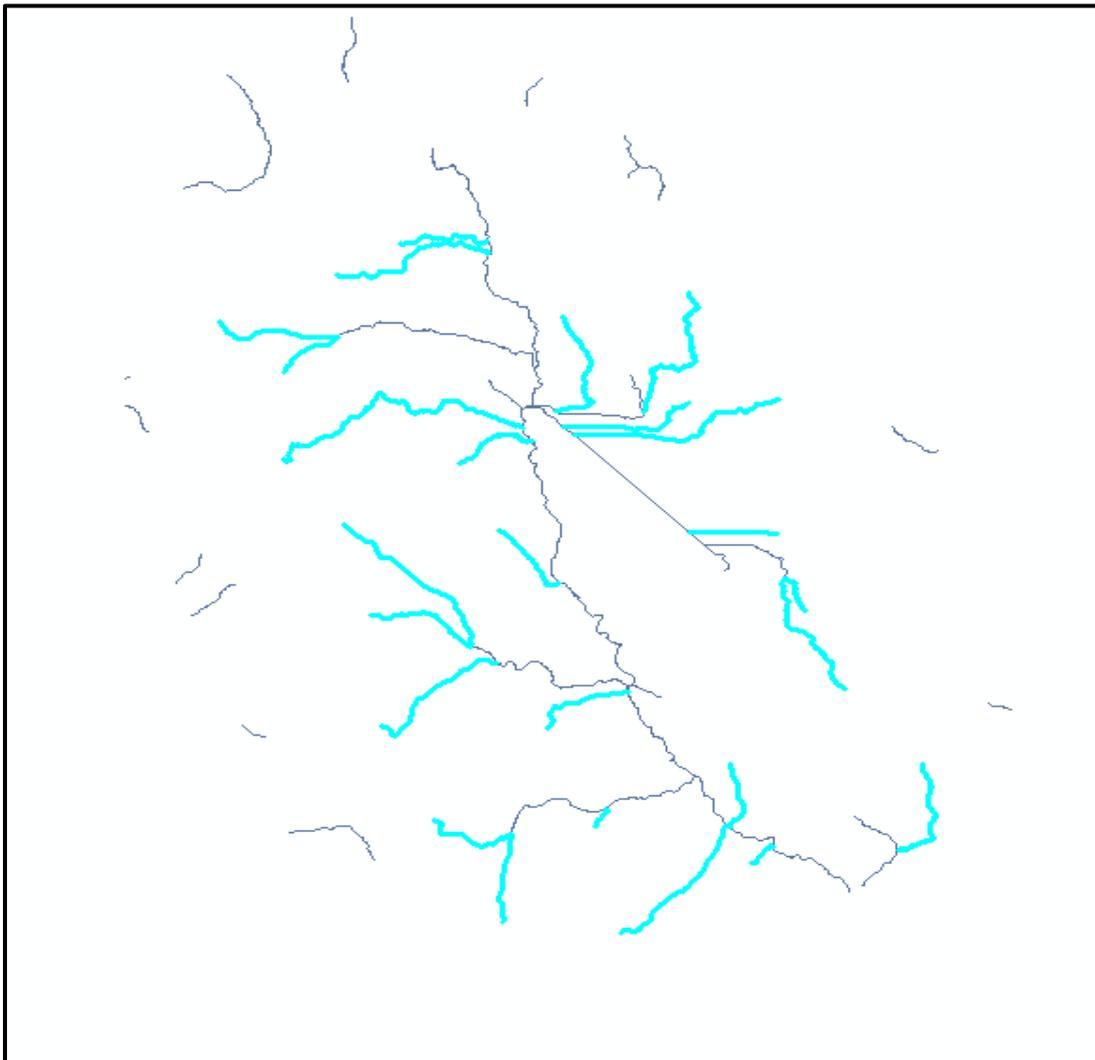
Nota. Lado menor de las subcuencas. Elaboración: Propia basado en datos exportados de ArcGis (2022)..

- Coeficiente De Torrencialidad

$$Ct = \frac{N1}{A}$$

N1: Número de cauces de orden uno; se muestra en la imagen los cauces que son 28.

**Figura. 206**  
*Número de cauces*



Nota. La figura muestra los cauces dentro de la cuenca. Elaboración: Propia (2022).

Fuente: WEAP.

$$Ct = \frac{28}{5587.992} = 0.0050$$

Se deduce que, recorre mucha agua que se dirige a los cauces y que la velocidad de descarga es menor.

- Coeficiente De Masividad

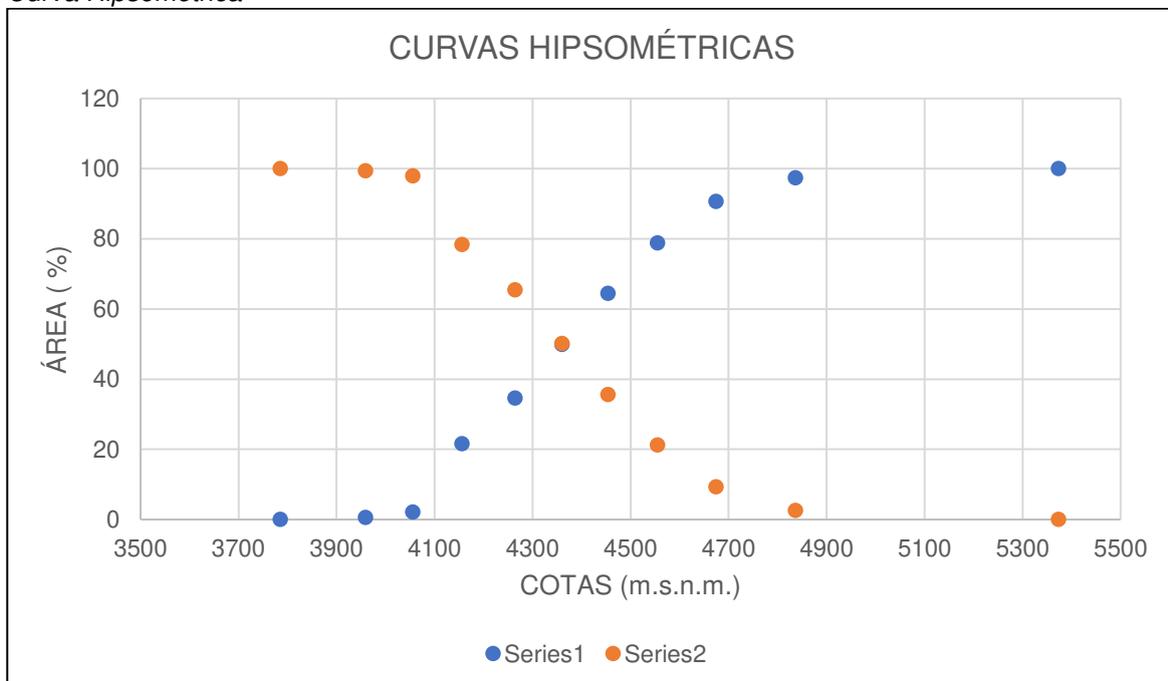
$$Cm = \frac{Hmed}{A}$$

Se toma Hmed de la curva hipsométrica: 4360, como se puede apreciar en la figura 96.

$$Cm = \frac{4360}{5587.992} = 0.780$$

Se deduce del resultado, que es bajo debido a que es una cuenca donde predominan terrenos planos y presentan áreas similares.

**Figura. 207**  
*Curva Hipsométrica*



Nota. La figura muestra las curvas hipsométricas. Elaboración: Propia (2022).

**Tabla 127***Parámetros Geomorfológicos*

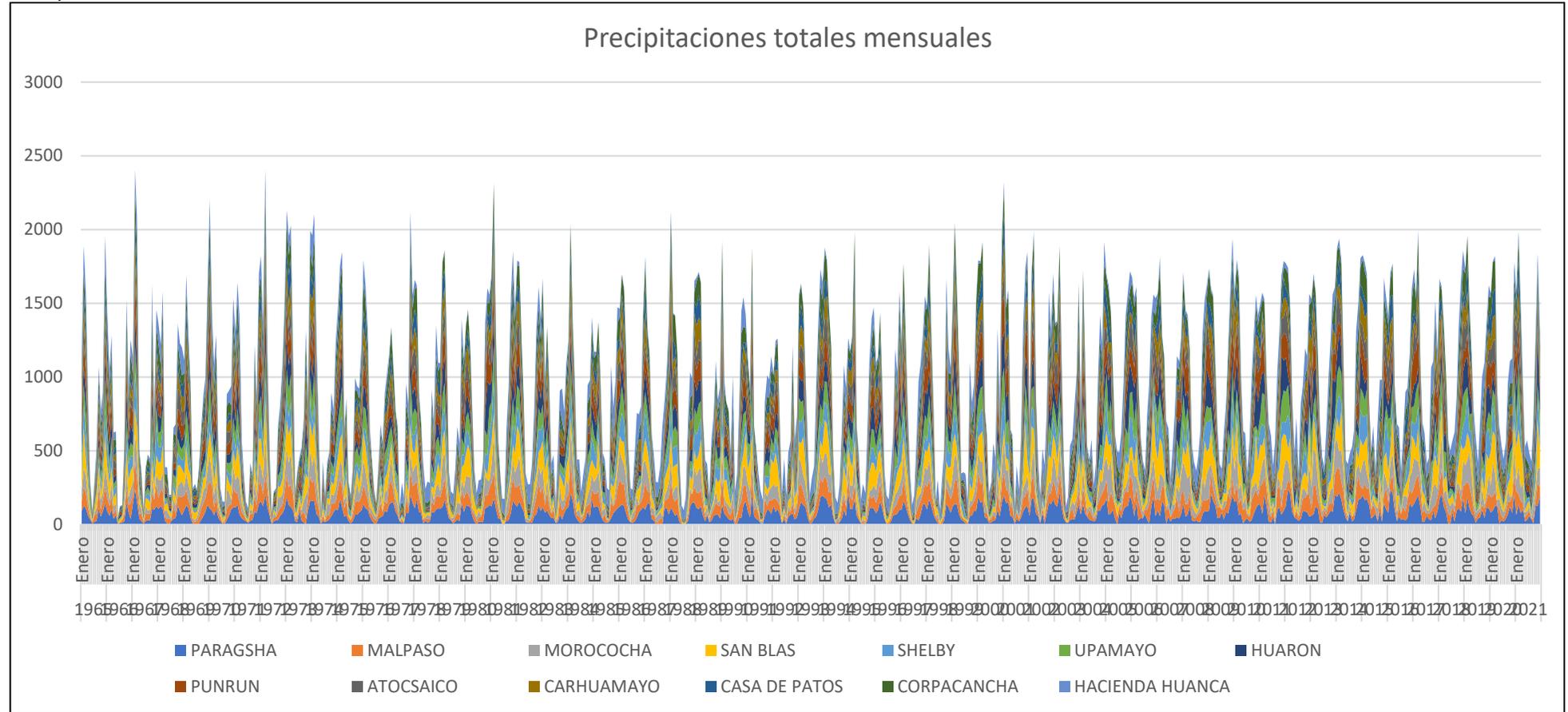
<b>PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS</b>		
<b>PARÁMETROS</b>	<b>CUENCA MANTARO</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>
Área total de la cuenca	5587.99	Km
Perímetro de la cuenca	2792.63	Km
Ancho promedio de la cuenca	38.82	Km
Número total de cauces	78.00	
Longitud del Río principal	143.94	Km
Long. Total de cauces (km):	764.51	Km
Coefficiente de compacidad promedio (Kc)	2.13	
Factor forma (Ff)	0.27	
Densidad de drenaje	0.14	Km <sup>2</sup> /Km
Extensión media del escurrimiento superficial (Km)	1.83	Km
Rectángulo Equivalente:		
Lado mayor prom. del rectángulo equivalente (Km)	41.66	
Lado menor prom. del rectángulo equivalente (Km)	3.39	
Coefficiente de Torrencialidad	0.01	
Coefficiente de Masividad	0.78	

Nota. Parámetros Geomorfológicos de la cuenca. Elaboración: Propia (2022).

## 5.1.2. Precipitaciones totales mensuales

Figura. 208

Precipitaciones totales mensuales



Nota. La figura muestra las precipitaciones totales mensuales de las 13 estaciones. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

### 5.1.3. Caudales promedios

**Tabla 128** Caudales anuales mensuales  
Caudales anuales mensuales

Caudales Anuales Mensuales (m3/sg)												
Años	Ene.	Febr.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
1965	22.66	54.48	52.71	36.51	13.21	7.34	10.29	14.41	25.86	19.78	24.91	55.87
1966	50.38	50.28	51.77	32.40	25.34	7.55	8.84	7.35	15.23	35.56	29.72	39.90
1967	37.68	107.60	95.99	33.21	19.46	9.57	15.68	18.07	17.51	46.77	29.81	48.87
1968	52.07	48.65	66.55	23.96	18.94	11.70	11.49	19.93	21.50	36.81	41.72	36.63
1969	35.02	71.35	56.43	48.48	17.64	14.55	13.18	14.28	19.78	24.38	27.19	47.18
1970	86.51	72.30	52.42	63.34	28.85	14.94	10.47	10.23	26.52	25.52	28.93	45.78
1971	42.94	77.57	61.75	28.44	17.06	10.84	8.83	14.19	12.72	27.62	25.86	47.34
1972	63.46	63.99	114.49	68.79	31.48	9.85	13.50	12.94	22.13	24.00	33.77	49.22
1973	84.17	102.83	107.93	75.44	20.55	22.51	22.13	23.85	27.38	50.16	32.98	75.59
1974	83.66	120.31	67.53	40.60	11.68	21.56	13.63	16.21	18.25	24.89	24.07	36.84
1975	44.06	70.72	85.35	35.08	44.84	19.03	13.65	15.83	32.32	29.01	30.76	36.71
1976	62.23	75.62	60.69	38.03	25.03	14.78	11.52	15.95	20.59	18.60	23.93	28.30
1977	33.16	46.10	42.11	35.82	28.84	10.56	12.11	8.91	23.61	22.63	60.32	60.27
1978	69.44	89.64	47.10	41.90	19.45	13.75	11.45	11.26	24.91	20.50	33.05	34.56
1979	39.85	71.29	83.26	71.56	24.75	15.03	11.17	14.33	21.02	16.10	35.49	38.19
1980	48.24	64.92	53.33	41.33	21.21	12.49	11.45	11.87	13.53	28.75	54.56	62.90
2005	77.90	95.85	79.90	68.28	38.57	28.94	21.37	22.17	35.71	54.22	78.24	81.64
2006	90.65	102.17	109.82	65.91	35.97	28.72	20.17	31.52	36.71	53.41	69.28	71.90
2007	82.36	118.13	77.63	71.56	42.85	35.98	19.90	23.21	33.49	48.83	52.79	47.50
2008	79.12	75.24	82.97	72.32	33.74	22.97	17.34	20.19	22.63	41.21	59.86	71.34
2009	93.70	98.57	95.29	71.75	44.27	25.03	20.48	28.01	36.81	51.82	85.21	82.28
2010	82.93	115.34	115.02	67.58	38.71	28.38	20.68	25.36	37.60	49.95	80.84	78.78
2011	85.63	96.97	90.81	66.25	41.59	29.89	19.68	22.99	37.83	45.79	85.84	91.32
2012	99.97	111.16	103.96	60.88	35.15	38.11	22.70	33.64	37.34	46.00	59.28	67.40
2013	70.76	100.30	87.09	72.08	46.24	27.30	21.84	25.65	36.49	51.19	74.98	78.37
2014	99.26	122.62	114.58	74.13	35.29	24.58	25.93	24.83	30.08	42.97	57.39	84.40
2015	97.88	112.15	107.61	61.94	34.31	35.96	24.35	28.74	36.35	41.74	71.78	77.00
2016	74.10	94.40	107.07	65.85	50.48	35.37	20.98	26.37	36.47	36.75	44.76	65.48
2017	81.40	94.19	116.06	74.26	42.88	34.34	22.91	23.91	41.71	40.69	59.91	53.05
2018	69.73	82.43	77.73	64.08	37.15	26.10	27.13	23.95	28.91	46.01	68.26	78.44
2019	93.82	129.20	100.40	72.99	49.03	35.93	22.76	30.55	39.57	45.56	67.82	74.41
2020	85.30	104.22	118.75	72.06	37.21	29.36	25.61	23.37	37.44	43.84	48.16	69.24
2021	81.59	112.16	102.81	57.40	35.98	33.64	26.41	23.68	30.21	51.59	93.27	62.02
<b>Promedio</b>	65.08	84.05	80.89	53.48	29.11	19.76	15.47	17.89	26.22	36.05	45.95	56.07
<b>Min. Prom.</b>	15.47											
<b>Max. Prom.</b>	84.05											

Nota. Caudales anuales mensuales. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP (2022).

**Tabla 129**

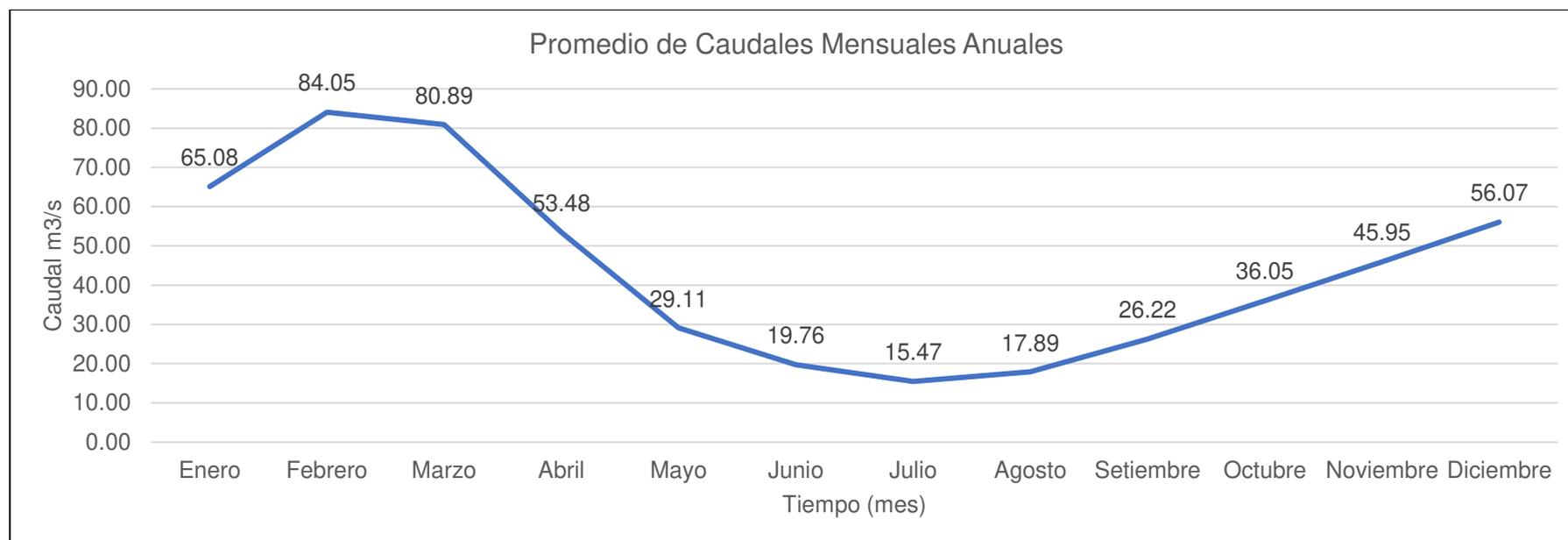
*Caudales promedios anual mensual*

Tiempo(mes)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<b>Promedio Mensual Anual (m3/sg)</b>	65.08	84.05	80.89	53.48	29.11	19.76	15.47	17.89	26.22	36.05	45.95	56.07

Nota. Caudales promedios anuales mensuales. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP (2022).

**Figura. 209**

*Caudales promedios anuales mensuales*



Nota. Caudales promedios anuales mensuales. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP (2022).

### 5.1.4. Operación regulada de la central hidroeléctrica

**Tabla 130**

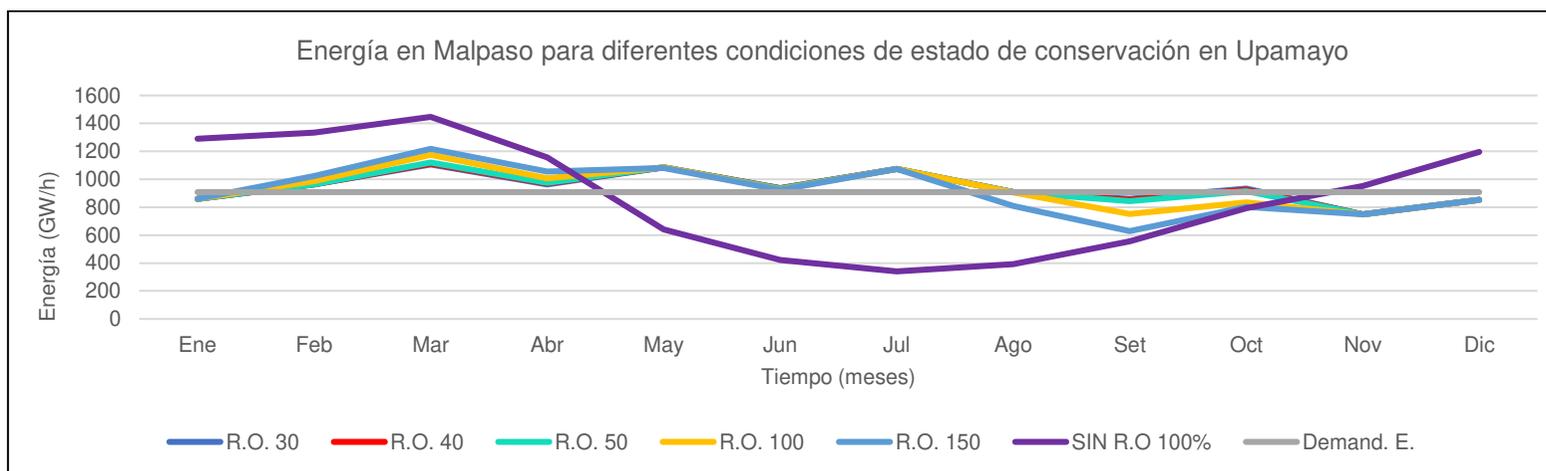
*Energía eléctrica Dif. Cons. Upamayo*

Energía Eléctrica- Dif.Conservacion. Upamayo (GW/H)												
Vol. Conservación. ( Mm3)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
R.O. 30	860.23	962.71	1105.95	962.64	1085.73	936.41	1074.60	908.65	858.92	932.81	748.64	853.31
R.O. 40	860.23	962.71	1111.72	969.18	1085.73	934.96	1074.60	908.65	852.95	923.11	748.64	853.31
R.O. 50	860.23	963.61	1119.72	975.68	1085.73	933.51	1074.60	908.65	842.46	915.90	748.64	853.31
R.O. 100	860.23	987.09	1174.71	1007.74	1085.73	926.26	1074.60	906.65	751.19	835.36	748.64	853.31
R.O. 150	860.59	1022.66	1217.52	1056.10	1080.40	924.35	1074.60	809.07	628.72	801.36	748.64	853.31
SIN R.O 100%	1290.65	1332.88	1446.70	1156.16	641.46	421.58	340.51	393.19	556.37	793.44	951.17	1195.19

Nota. La tabla muestra los datos de energía eléctrica en diferentes volúmenes para el estado de conservación. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP (2022).

**Figura. 210**

*Energía eléctrica Dif. Cons. Upamayo*



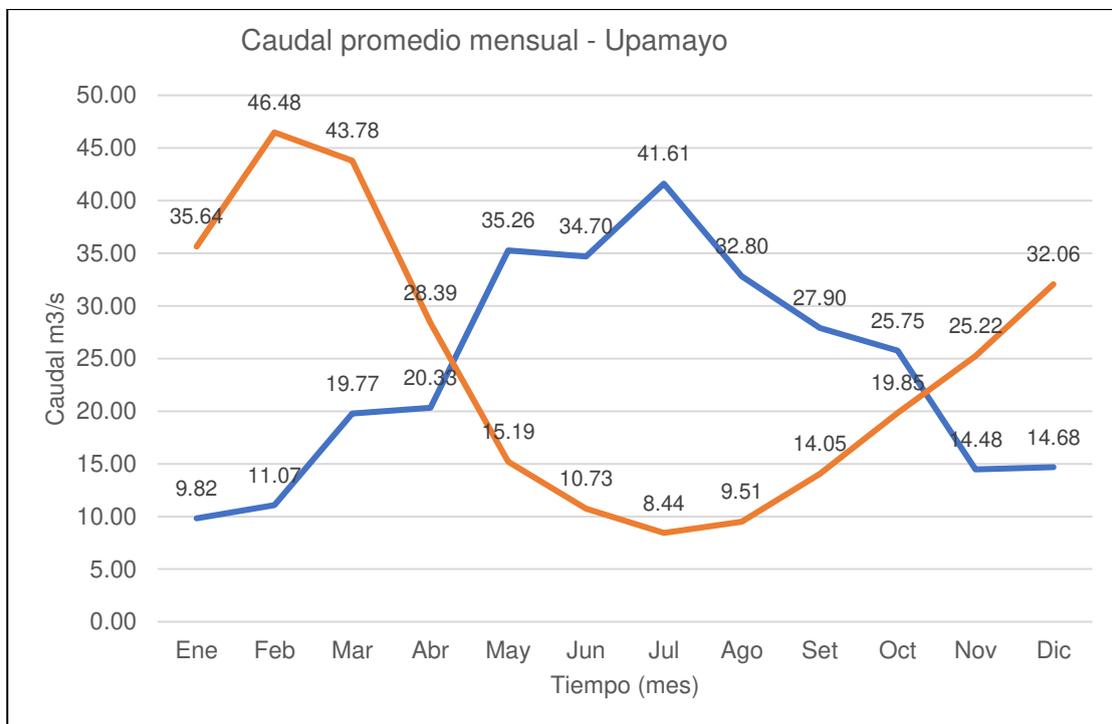
Nota. La figura muestra el comportamiento de la energía para diferentes estados de conservación. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 131**  
*Caudal promedio mensual*

Caudal Upamayo		
Tiempo(mes)	Caudal Con regla O.	Caudal sin regla O.
Ene	9.82	35.64
Feb	11.07	46.48
Mar	19.77	43.78
Abr	20.33	28.39
May	35.26	15.19
Jun	34.70	10.73
Jul	41.61	8.44
Ago	32.80	9.51
Set	27.90	14.05
Oct	25.75	19.85
Nov	14.48	25.22
Dic	14.68	32.06

Nota. Caudal de promedio mensual de Upamayo con una operación con reglas. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP (2022).

**Figura. 211**  
*Caudal promedio mensual*



Nota. La figura muestra el comportamiento del caudal promedio mensual. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 132**

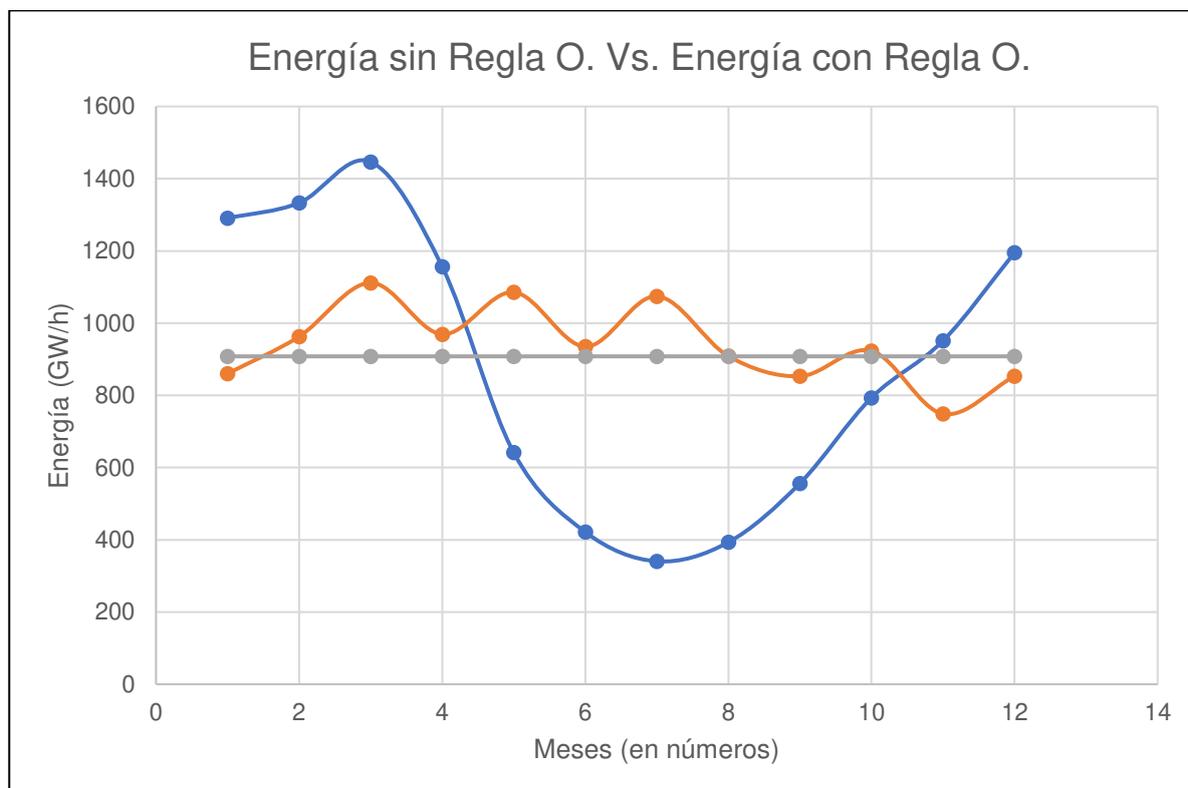
*Generación de Energía Eléctrica sin/con regla de operación*

Energía Eléctrica			
Meses	sin regla Op. (GW/h)	con regla Op. (GW/h)	Demanda Energ. (GW/h)
Ene	1290.65	860.226	908
Feb	1332.88	962.705	908
Mar	1446.7	1111.72	908
Abr	1156.16	969.175	908
May	641.459	1085.73	908
Jun	421.579	934.961	908
Jul	340.509	1074.6	908
Ago	393.192	908.649	908
Set	556.374	852.95	908
Oct	793.436	923.112	908
Nov	951.169	748.643	908
Dic	1195.19	853.306	908
Promedio:	876.61	940.481	908

Nota. En la tabla se muestran los datos de la energía eléctrica con y sin operación, así como también su demanda. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP (2022).

**Figura. 212**

*Energía sin Reglas Op. Vs con Regla Op.*

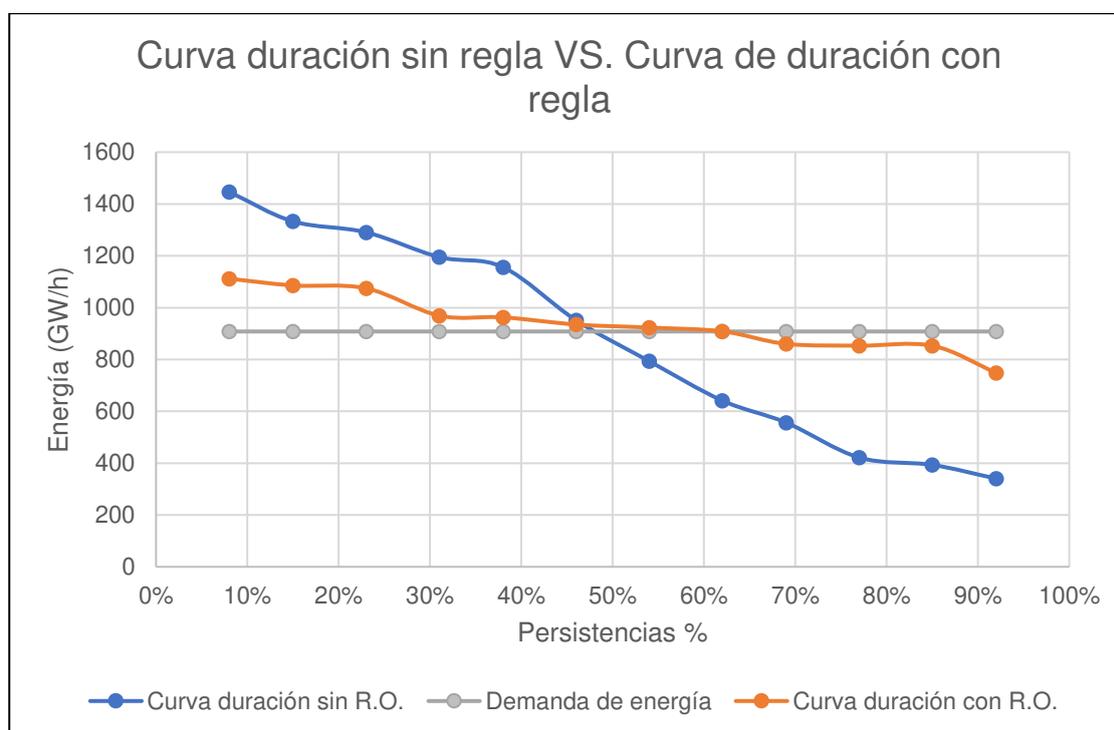


Nota. La figura muestra la gráfica donde se observa que la generación de energía con reglas de operación es la óptima para satisfacer la demanda. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

**Tabla 133***Curva de Duración sin/con regla de operación*

Curva duración			
Persistencias %	sin regla Op. (GW/h)	con regla Op.(GW/h)	Demanda Energ.(GW/h)
8.00%	1446.7	1111.72	908
15.00%	1332.88	1085.73	908
23.00%	1290.65	1074.6	908
31.00%	1195.19	969.175	908
38.00%	1156.16	962.705	908
46.00%	951.169	934.961	908
54.00%	793.436	923.112	908
62.00%	641.459	908.649	908
69.00%	556.374	860.226	908
77.00%	421.579	853.306	908
85.00%	393.192	852.95	908
92.00%	340.509	748.643	908
Promedio:	876.61	940.481	908

Nota. En la tabla se muestran los datos de las persistencias en % y su generación eléctrica respectivamente. Elaboración: Propia basado en datos exportados de WEAP (2022).

**Figura. 213***Curva de duración sin Reglas Op. Vs con Regla Óp.*

Nota. La figura muestra la curva de duración, donde se observa que la generación de energía con reglas de operación es la óptima para satisfacer la demanda. Elaboración: Propia (2022). Fuente: WEAP.

## CAPÍTULO VI

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 6.1. Contratación de la hipótesis

Se corroboraron las diferentes hipótesis que se plantearon, en este presente trabajo de investigación, según los resultados que se obtuvo expresado a continuación:

##### 6.1.1. Contratación de hipótesis general:

**HG:** Es válida, ya que la planificación hidrológica incide directamente en la optimización en la operación regulada de la energía eléctrica de la central hidroeléctrica Malpaso ubicado en la Oroya, Región Junín. De acuerdo con el análisis realizado a 30 simulaciones, se determinó que, al operar sin reglas de operación, se obtiene una energía eléctrica variable, no satisfaciendo la demanda calculada de 908 GW/h en los meses del año, pero si operamos con reglas de operación, obtendremos energía eléctrica de valores muy próximos a la de la demanda calculada.

**Tabla 134**

*Contratación de hipótesis general*

Hipótesis	Resultados	Observaciones
<b>HG:</b> La planificación hidrológica incide en la optimización de la operación regulada de energía eléctrica de la central Hidroeléctrica Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín.	De acuerdo con los datos obtenidos después de realizar las 30 simulaciones, se logró concluir que, para llegar a la demanda solicitada de energía eléctrica, se debe operar con las debidas reglas de operación.	La hipótesis general es válida, ya que al contar con una planificación hidrológica permitirá la optimización de la operación regulada de energía eléctrica, debido a que se podrá obtener la demanda solicitada todos los meses del año.

##### 6.1.2. Contratación de hipótesis específicas:

###### Contratación de la primera hipótesis

**H1:** Es válida, ya que el análisis del modelo de elevación digital incide para la obtención de los parámetros geomorfológicos de la cuenca Mantaro en Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín; mediante el tratamiento del modelo digital se

delimito la cuenca del Mantaro obteniendo un área total de 5587.,99 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 2792.63 Km.

### **Contrastación de la segunda hipótesis**

**H2:** Es válida, ya que el análisis estadístico de las precipitaciones totales mensuales incide para la obtención de las precipitaciones totales mensuales consistentes de cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso ubicado en La oroya, Región Junín. Se realizó mediante la revisión de la base de datos del ANA se obtuvo las precipitaciones totales mensuales de 15 estaciones de un periodo de 57 años de 1965 - 2021 que a través del tratamiento estadístico por medio del método de los polígonos de Thiessen se seleccionó 13 estaciones representativas para la cuenca del Mantaro con los cuales se determinó los pesos de cada sub cuenca aguas arriba de la Central Hidroeléctrica Malpaso para poder realizar, por lo tanto, se concluye que la hipótesis específica 2, es válida.

### **Contrastación de la tercera hipótesis**

**H3:** Es válida, ya que el modelo hidrológico WEAP incide para la determinación de los caudales promedios mensuales en cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso ubicado en La oroya, Región Junín. Mediante el modelo hidrológico WEAP, se determinó los caudales promedios mensuales afluentes para cada una de las subcuencas en un periodo de 57 años de 1965 – 2021, donde en la época de las precipitaciones fuertes que va de noviembre -abril es de 64m<sup>3</sup>/s y en épocas época de estiaje que va de mayo – octubre es de 24.08 m<sup>3</sup>/s, por lo tanto, se concluye que la hipótesis específica 3, es válida.

### **Contrastación de la cuarta hipótesis**

**H4:** Es válida, ya que el modelo de gestión WEAP incide para la determinación de la operación regulada de la central hidroeléctrica de Malpaso ubicado en La oroya, Región Junín. Mediante el análisis de curvas de duración y capacidad hidrológica en los reservorios se determinó que Upamayo cuenta con una capacidad hidrológica de 687.14 MMC y Malpaso con 1298.85 MMC.

**Tabla 135***Contrastación de hipótesis específica*

<b>Hipótesis</b>	<b>Resultados</b>	<b>Observaciones</b>
<p><b>H1:</b> EL análisis del modelo de elevación digital incide para la obtención de los parámetros geomorfológicos de la cuenca Mantaro en Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín.</p>	<p>Mediante el tratamiento del modelo digital se delimitó la cuenca del Mantaro obteniendo un área total de 5587.,99 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 2792.63 Km.</p>	<p>La hipótesis específica 1, es válida, ya que, al contar con el análisis del modelo de elevación digital, permitirá la obtención de los parámetros geomorfológicos de la cuenca, debido a que se podrá calcular el área, perímetro, longitud y el coeficiente de compacidad.</p>
<p><b>H2:</b> EL análisis estadístico de las precipitaciones totales mensuales incide para la obtención de las precipitaciones totales mensuales consistentes de cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso ubicado en La oroya, Región Junín.</p>	<p>Por medio del método de los polígonos de Thiessen se seleccionó 13 estaciones representativas para la cuenca del Mantaro con los cuales se determinó los pesos de cada subcuenca aguas arriba de la Central Hidroeléctrica Malpaso.</p>	<p>La hipótesis específica 2, es válida, ya que al contar con el análisis estadístico de las precipitaciones totales mensuales permitirá la obtención de las precipitaciones totales mensuales consistentes de cada subcuenca, debido a que se podrá calcular los pesos de cada subcuenca, así como sus precipitaciones mensuales.</p>
<p><b>H3:</b> EL modelo hidrológico WEAP incide para la determinación de los caudales promedios mensuales en cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso ubicado en La oroya, Región Junín.</p>	<p>Mediante el modelo hidrológico WEAP, se determinó los caudales promedios mensuales afluentes para cada una de las subcuencas en un periodo de 57 años de 1965 – 2021, donde en la época de las precipitaciones fuertes que va de noviembre -abril es de 64m<sup>3</sup>/s y en épocas época de estiaje que va de mayo – octubre es de 24.08 m<sup>3</sup>/s.</p>	<p>La hipótesis específica 3, es válida, ya que al contar con el modelo hidrológico WEAP permitirá la determinación de los caudales promedios mensuales en cada subcuenca, debido a que se podrá conocer los caudales promedios en temporada de estiaje, así como también en temporada de lluvias.</p>
<p><b>H4:</b> EL modelo de gestión WEAP incide para la determinación de la operación regulada de la central hidroeléctrica de Malpaso ubicado en La oroya, Región Junín.</p>	<p>Mediante el análisis de curvas de duración y capacidad hidrológica en los reservorios se determinó que Upamayo cuenta con una capacidad hidrológica de 687.14 MMC y Malpaso con 1298.85 MMC.</p>	<p>La hipótesis específica 4, es válida, ya que al contar con el modelo de gestión WEAP permitirá la determinación de la operación regulada de la central hidroeléctrica, debido a que se podrá calcular la capacidad de la central hidroeléctrica.</p>

## 6.2. Contrastación de antecedentes

### 6.2.1. Contrastación de antecedente nacional

Para (León, 2018), finaliza con la obtención del balance hídrico superficial en la cuenca, gracias a la generación de caudales medios obtenidos mensualmente en la cuenca, donde el de valor máximo fue en marzo con un caudal de 13.13 m<sup>3</sup>/s y un caudal mínimo en agosto de 1.58 m<sup>3</sup>/s; donde también se identificó los sectores con demandas no satisfechas en la zona.

Observación: El modelo hidrológico WEAP de la cuenca Mantaro genero caudales promedios elevados debido a que tiene un área mucho mayor y es alimentado por 62 ríos.

**Tabla 136**

*Contrastación de antecedente internacional*

<b>Antecedente Nacional</b>	<b>Resultados</b>	<b>Observaciones</b>
León (2018)	Obtuvo el balance hídrico superficial en la cuenca, gracias a la generación de caudales medios obtenidos mensualmente en la cuenca, donde el de valor máximo fue en marzo con un caudal de 13.13 m <sup>3</sup> /s y un caudal mínimo en agosto de 1.58 m <sup>3</sup> /s.	El modelo hidrológico WEAP de la cuenca Mantaro genero caudales promedios elevados debido a que tiene un área mucho mayor y es alimentado por 62 ríos.

### 6.2.2. Contrastación de antecedente internacional

Para (Hervis Granda, 2020), Los parámetros calibrados en el modelo hidrológico permiten explicar los caudales medios mensuales en los períodos y subcuencas estudiadas en el orden del 83% como promedio y del 78% para el período de validación.

Observación: El modelo hidrológico WEAP de la cuenca Mantaro calibrado con regla de operación satisface la demanda solicitada para el periodo de validación.

**Tabla 137***Contrastación de antecedente nacional*

<b>Antecedente Internacional</b>	<b>Resultados</b>	<b>Observaciones</b>
Hervis (2020)	Los parámetros calibrados en el modelo hidrológico permiten explicar los caudales medios mensuales en los períodos y subcuencas estudiadas en el orden del 83% como promedio y del 78% para el período de validación.	El modelo hidrológico WEAP de la cuenca Mantaro calibrado con regla de operación satisface la demanda solicitada para el periodo de validación.

## CONCLUSIONES

1. La planificación hidrológica se desarrolló para lograr la optimización de la operación regulada de energía eléctrica de la central Hidroeléctrica Malpaso, donde se determinó que, después de analizar las 30 simulaciones, al operar sin reglas de operación se obtiene una generación de energía eléctrica variable durante las temporadas de lluvias y estiaje, no llegando a la demanda solicitada calculada: 908 GW/h. En cambio, teniendo una simulación con reglas de operación, se obtiene una generación de energía eléctrica constante durante todos los meses del año, cercana a la demanda promedio anual solicitada.
2. El modelo de elevación digital permitió obtener los parámetros geomorfológicos de la cuenca Mantaro en Malpaso mediante la delimitación de la cuenca, obteniendo un área total de 5587.99 Km<sup>2</sup>, un perímetro de 2792.63 Km, y un coeficiente compacidad promedio de 2.13, analizando dicho valor se concluye que la cuenca tiende a ser alargada.
3. las precipitaciones totales mensuales, se analizaron, mediante el análisis de curva de doble masa y las pruebas t y f, siendo los datos consistentes y óptimos para las 31 subcuencas en la cuenca del Mantaro.
4. El modelo hidrológico WEAP se desarrolló para la determinación de los caudales promedios mensuales en cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso, donde se obtuvo que el caudal máximo es de 129.20 m<sup>3</sup>/s y el mínimo es de 7.34 m<sup>3</sup>/s. de la cuenca, por lo tanto, podemos indicar que estos resultados repercuten para el cálculo de caudales promedio.
5. El modelo de gestión WEAP, permitió determinar la operación regulada de la central hidroeléctrica Malpaso, obteniendo que, la capacidad hidrológica de la Represa de Upamayo es de 687.14 MMC y la represa de Malpaso es de 1298.85 MMC, durante un periodo de 57 años.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer el mayor número de simulaciones en WEAP para afinar los resultados y su posterior análisis de la operación regulada de la Central Hidroeléctrica Malpaso.
2. Ejecutar un levantamiento topográfico de la zona de las represas con una estación total para verificar las curvas altura –volumen realizadas.
3. Utilizar la base de datos de precipitación calculada a partir de imágenes de satélite de la zona del proyecto, que nos permitirá realizar un análisis más sistematizado.
4. Trabajar con los mapas de coberturas y suelos para mejor la representación del proceso de escorrentía e infiltración en la generación de caudales.
5. Evaluar el mejoramiento de los represamientos aguas arriba de Upamayo, ya que hidrológicamente de acuerdo con los cálculos tendremos una capacidad hidrológica de 687.14 MM<sup>3</sup>, y físicamente la topografía de Upamayo tiene 435 MM<sup>3</sup>, pese a ello hay reclamos de las comunidades aledañas, lo cual permitirá manejar esa disponibilidad regulada perdida aguas arriba de Upamayo y que los comuneros estén conforme.
6. Se recomienda evaluar un nuevo represamiento que permitirá aumentar el caudal y, por ende, la cavidad de generación de energía eléctrica en Malpaso, de acuerdo con la capacidad hidrológica calculada aguas debajo de Upamayo y aguas arriba de Malpaso es 691.07 MM<sup>3</sup>, ya que solo de estos se utilizan 45 MM<sup>3</sup>, con fines de conservar la altura turbinable en Malpaso.
7. Implementar la metodología WEAP en los cursos de hidrología para que los alumnos estén familiarizados con el software y en un futuro ejecuten proyectos de modelación y planificación hidrológica.

## ANEXOS

	<b>Página</b>
Anexo 1: Matriz de Consistencia	264
Anexo 2: Expertos encuestados	265
Anexo 3: Encuesta realizada a los expertos	266
Anexo 4: Estaciones utilizadas para la delimitación	272
Anexo 5: Datos de precipitaciones totales mensuales	273
Anexo 6: Uso del suelo de las Subcuencas	286
Anexo 7: Precipitaciones	301
Anexo 8: Temperatura	331
Anexo 9: Humedad relativa	346
Anexo 10: Velocidad de vientos	361
Anexo 11: Curvas de Duración	376
Anexo 12: Pruebas T y F	382
Anexo 13: Curvas de Nivel	402

Anexo 1: Matriz de Consistencia

 <b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>						
Título de Tesis: PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA OPERACIÓN REGULADA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA MALPASO UBICADO EN LA OROYA, REGION DE JUNÍN						
Nombres y Apellidos: Pamela Rosmery Aguilar Huacho - Aylin Paola Moran Brenis						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES V.I	INDICADORES V.I	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL				
¿En qué medida influye la planificación hidrológica para la optimización de la operación regulada de energía eléctrica de la central Hidroeléctrica Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín?	Realizar la planificación hidrológica para la optimización de la operación regulada de energía eléctrica de la central Hidroeléctrica Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín	La planificación hidrológica incide en la optimización de la operación regulada de energía eléctrica de la central Hidroeléctrica Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín	Planificación Hidrológica	Análisis del modelo de elevación digital Análisis estadístico de las precipitaciones totales mensuales Modelo hidrológico WEAP Modelo de gestión WEAP	Curvas de nivel Pruebas T y Prueba F Q= f(P, area) Vfin= f(Vini+Qing-Qreg)	Tipo de investigación: Aplicativo - Experimental Nivel de investigación: Cuantitativo Se obtiene información de la base de datos del Senamhi, ANA y el DEM para la delimitación de la cuenca de aporte
PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES V.I	INDICADORES V.D	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN
¿En qué medida influye el análisis del modelo de elevación digital para la obtención de los parámetros geomorfológicos de la cuenca Mantaro en Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín?	Realizar el análisis del modelo de elevación digital para la obtención de los parámetros geomorfológicos de la cuenca Mantaro en Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín	EL análisis del modelo de elevación digital incide para la obtención de los parámetros geomorfológicos de la cuenca Mantaro en Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín	Optimización de la operación regulada de energía eléctrica de la central hidroeléctrica Malpaso	Obtención de los parámetros geomorfológicos de la cuenca Mantaro en Malpaso	Área, perímetro, Kc	•Experimental, porque se va a establecer un modelo matemático hidrológico y de gestión que va a permitir experimentar simulaciones con diferentes alternativas. •Longitudinal, porque se va a hacer un análisis en un horizonte de tiempo, en intervalos mensuales. •Retrospectivo, porque se va a hacer referencia al pasado
¿En qué medida influye el análisis estadístico de las precipitaciones totales mensuales para la obtención de las precipitaciones totales mensuales y consistentes de cada Subcuenca del Mantaro en malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín?	Realizar el análisis estadístico de las precipitaciones totales mensuales para la obtención de las precipitaciones totales mensuales y consistentes de cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín	EL análisis estadístico de las precipitaciones totales mensuales incide para la obtención de las precipitaciones totales mensuales consistentes de cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín		Obtención de las precipitaciones totales mensuales consistentes de cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso	Precipitación con saltos y tendencias	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b>
¿En qué medida influye el modelo hidrológico WEAP para la determinación de los caudales promedios mensuales en cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín?	Desarrollar el modelo hidrológico WEAP para la determinación de los caudales promedios mensuales en cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín	EL modelo hidrológico WEAP incide para la determinación de los caudales promedios mensuales en cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín		Determinación de los caudales promedios mensuales en cada Subcuenca del Mantaro en Malpaso	Caudales	<b>INSTRUMENTOS</b>
¿En qué medida influye el modelo de gestión WEAP para la determinación de la operación regulada de la central hidroeléctrica de Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín?	Desarrollar el modelo de gestión WEAP para la determinación de la operación regulada de la central hidroeléctrica de Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín	EL modelo de gestión WEAP incide para la determinación de la operación regulada de la central hidroeléctrica de Malpaso ubicado en La Oroya, Región Junín		Determinación de la operación regulada de la central hidroeléctrica de Malpaso	Volúmenes, Caudales regulados	<b>PROCEDIMIENTO</b>

## Anexo 2: Expertos encuestados

Nº	Nombres y Apellidos	CIP	Nacionalidad	Especialidad	Tiempo de actividad
1	Jairo Kevin Landeo Panduro	231354	Peruano	Ingeniero Civil	5 AÑOS
2	Henry Caleb Núñez Ricanqui	231140	Peruano	Ingeniero Civil	5 AÑOS
3	Gonzalo Ramces Fano Mirando	38361	Peruano	Ingeniero Civil	38 años
4	Jorge Matos Huerta	43413	Peruano	Ingeniero Civil	30 años
5	George Pinedo Delgado	144942	Peruano	Ingeniero Civil	18 años
6	Mitchael Eusebio Casas Cárdenas	141673	Peruano	Ingeniero Agrícola	16 años
7	Jaime Casafranca Medina	71594	Peruano	Ingeniero Civil	24 años
8	David Tapia Pedemonte	64007	Peruano	Ingeniero Civil	26 años
9	Luis Miguel Ramírez Moreno	191537	Peruano	Ingeniero Civil	10 años
10	Fernando Paz	121559	Peruano	Ingeniero Agrícola Recursos Hídricos	20 años

Elaboración: Las Autoras

### Anexo 3: Encuesta realizada a los expertos

1. ¿Qué propuesta sugiere la mejorar el título de la investigación?

<b>Respuesta a Pregunta Nº1</b>	<b>Encuestado Nº 01</b>	Definir la cuenca de estudio y/o área de influencia que abarcará la investigación
	<b>Encuestado Nº 02</b>	Modelamiento hidrológico para la comparación de datos de operación en la central hidroeléctrica Malpaso a través de la gestión WEAP
	<b>Encuestado Nº 03</b>	Ya no necesita mejora.
	<b>Encuestado Nº 04</b>	Se entiende mejor así.
	<b>Encuestado Nº 05</b>	Modelamiento hidrológico comparativo de datos de operación en la central hidroeléctrica Malpaso a través de la gestión WEAP
	<b>Encuestado Nº 06</b>	Agregarle al título su relación con el embalse en la Presa Upamayo.
	<b>Encuestado Nº 07</b>	Modelamiento hidrológico utilizando el sistema gestión WEAP para la operación regulada en la Central Hidroeléctrica Malpaso– La Oroya, región de Junín
	<b>Encuestado Nº 08</b>	En mi punto de vista, título no necesita mejora, está correcta.
	<b>Encuestado Nº 09</b>	El título refleja la finalidad de la investigación.
	<b>Encuestado Nº 10</b>	El título se entiende, no necesita mejora.

2. ¿Cuál es la importancia de Gestión Hidrológica para la optimización de la operación regulada de energía eléctrica en la Central Hidroeléctrica Malpaso ubicado en La Oroya, Región de Junín?

<b>Respuesta a Pregunta Nº2</b>	<b>Encuestado Nº 01</b>	Permitir reconocer factores que presenten anomalías en dicha operación y aportaría información para la toma de decisiones para la mejora de la operación de la central hidroeléctrica.
	<b>Encuestado Nº 02</b>	La evaluación y análisis de datos actualizados obtenidos para la mejora en la operación de la central hidroeléctrica
	<b>Encuestado Nº 03</b>	Permitirá disponer de una herramienta informática que permita analizar diferentes escenarios para el planeamiento de producción de energía en la central hidroeléctrica.
	<b>Encuestado Nº 04</b>	Permite estimar caudales promedios mensuales y anuales con persistencias al 95 %
	<b>Encuestado Nº 05</b>	Contar con una data de los posibles escenarios futuros con la Información recogida.
	<b>Encuestado Nº 06</b>	Uso del recurso hídrico del embalse Chinchaycocha.
	<b>Encuestado Nº 07</b>	Facilitará el análisis de diferentes escenarios para el planeamiento de producción de energía en la C.H.
	<b>Encuestado Nº 08</b>	Dispondrá una herramienta que va a permitir la realización de diferentes escenarios de planificación en la producción de energía.
	<b>Encuestado Nº 09</b>	Se dispondrá de una herramienta que permitirá analizar distintos escenarios para el planeamiento de producción de energía en la Central Hidroeléctrica Malpaso.
	<b>Encuestado Nº 10</b>	Ayudará en el ahorro de procesos.

3. ¿Qué objetivos se podrían plantear en esta investigación?

<b>Respuesta a Pregunta N°3</b>	<b>Encuestado N° 01</b>	Optimizar el proceso de operación de la central hidroeléctrica mediante los resultados obtenidos en el modelamiento hidrológico.
	<b>Encuestado N° 02</b>	Desarrollar nuevas reglas de operación a través del modelamiento hidrológico para mejorar en la toma de decisiones y operaciones de la central hidroeléctrica
	<b>Encuestado N° 03</b>	Realizar el análisis del modelo de elevación digital. Realizar el análisis estadístico de las precipitaciones totales mensuales. Desarrollar el modelo hidrológico WEAP. Desarrollar el modelo de gestión WEAP.
	<b>Encuestado N° 04</b>	Mejora la planificación del agua con fines energéticos
	<b>Encuestado N° 05</b>	Realizar el análisis estadístico de las precipitaciones totales mensuales.
	<b>Encuestado N° 06</b>	Disponibilidad hídrica del lago Chinchaycocha para la operación de la central hidroeléctrica Malpaso.
	<b>Encuestado N° 07</b>	Ofrecer una mayor comprensión del rol de los componentes del ciclo hidrológico en una determinada cuenca, para extrapolar potenciales condiciones futuras a partir de condiciones actuales.
	<b>Encuestado N° 08</b>	Realizar el modelo hidrológico y gestión WEAP para el planeamiento de la regulación de la C.H.
	<b>Encuestado N° 09</b>	Realizar el análisis para el modelo de elevación digital. Realizar el análisis de planeamiento para la gestión WEAP.
	<b>Encuestado N° 10</b>	Análisis para el estudio de las condiciones actuales y futuras de oferta y demanda de los recursos hídricos.

3. ¿Qué aspectos se deben de tener en cuenta en el estudio para la Gestión Hidrológica para la optimización de la operación regulada de energía eléctrica en la Central Hidroeléctrica Malpaso ubicado en La Oroya, Región de Junín?

<b>Respuesta a Pregunta N°4</b>	<b>Encuestado N° 01</b>	Área de influencia de las cuencas presentes en la zona, definir el alcance que tendrá el nivel de la evaluación de las reglas de operación (parcial o total), Aspectos medio ambientales.
	<b>Encuestado N° 02</b>	*Que los datos y/o Información a recolectar sea sin alteraciones. *Tener al menos 02 fuentes que brinden información *Hacer un análisis de la Información y/o datos recolectados
	<b>Encuestado N° 03</b>	Topográfico, Hidrológico e Hidráulico
	<b>Encuestado N° 04</b>	Estudio y análisis de calidad de los registros de precipitaciones, estimación de parámetros geomorfológicos de la cuenca de aporte, caudal ecológico, usos de agua por terceros, plan de descarga de la laguna Chinchaycocha.
	<b>Encuestado N° 05</b>	Tener Información confiable, estudios básicos: Topográfico, Hidrológico, WEAP
	<b>Encuestado N° 06</b>	Los tributarios de agua que existe entre la presa Upamayo y presa Malpaso.
	<b>Encuestado N° 07</b>	Se deben tener en cuenta estudios hidráulicos, hidrológicos y topográficos.
	<b>Encuestado N° 08</b>	Estudios Hidrológicos y Topográficos
	<b>Encuestado N° 09</b>	Manejo del sistema de gestión WEAP y estudios en topografía, hidráulica e hidrología
	<b>Encuestado N° 10</b>	Tener toda la información para alimentar al software.

4. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?

<b>Respuesta a Pregunta N°5</b>	<b>Encuestado N° 01</b>	Reconocer los parámetros dentro del aspecto hidrológico que influyen directamente en las reglas para la operación de la central hidroeléctrica
	<b>Encuestado N° 02</b>	Mejorar la toma de decisiones en la operación de la central hidroeléctrica
	<b>Encuestado N° 03</b>	Permitirá la optimización de la producción de la energía en la central hidroeléctrica Malpaso
	<b>Encuestado N° 04</b>	Cuantificar, optimizar y planificar los usos de agua.
	<b>Encuestado N° 05</b>	Optimizar la energía en la central hidroeléctrica Malpaso
	<b>Encuestado N° 06</b>	Conocer la disponibilidad hídrica y sus fuentes para la operación óptima de la presa Malpaso.
	<b>Encuestado N° 07</b>	Aportaría un mayor conocimiento de la realidad en la C.H. y posteriormente la optimización de ésta para abastecer de energía eléctrica regulada.
	<b>Encuestado N° 08</b>	Aportaría información necesaria para la optimización en la Central H.
	<b>Encuestado N° 09</b>	El análisis para la optimización de la central hidroeléctrica.
	<b>Encuestado N° 10</b>	Facilitará el análisis para la óptima regulación de la central hidroeléctrica.

6. ¿Cuál es el problema principal que genera la Gestión Hidrológica para la optimización de la operación regulada de energía eléctrica en la Central Hidroeléctrica Malpaso ubicado en La Oroya, Región de Junín?

<b>Respuesta a Pregunta Nº6</b>	<b>Encuestado Nº 01</b>	Un modelamiento hidrológico permitirá reconocer los factores que se encuentran directamente relacionados con la gestión de operación en la central hidroeléctrica
	<b>Encuestado Nº 02</b>	La medida de influencia que tiene el modelamiento hidrogeológico utilizando el software WEAP
	<b>Encuestado Nº 03</b>	En qué medida influye la Planificación Hidrológica para la optimización de la Operación regulada de energía eléctrica de la central Hidroeléctrica Malpaso
	<b>Encuestado Nº 04</b>	No hay datos reales que pide el software WEAP, como humedad de suelo, cantidad de agua en valle superior e inferior, resistencia del suelo a la escorrentía, temperaturas, coeficientes de cultivos.
	<b>Encuestado Nº 05</b>	Optimizar una operatividad regulada en la hidroeléctrica.
	<b>Encuestado Nº 06</b>	Plan de descarga en Malpaso.
	<b>Encuestado Nº 07</b>	La gestión de evaluación para la correcta operatividad de la C.H. Malpaso.
	<b>Encuestado Nº 08</b>	Las reglas necesarias para llevarlo a cabo
	<b>Encuestado Nº 09</b>	La evaluación de las reglas adecuadas para la operación en la central.
	<b>Encuestado Nº 10</b>	El no tener la información completa

Elaboración: Las Autoras

#### Anexo 4: Estaciones utilizadas para la delimitación

Nombre



-  ATOCSAICO
-  CARHUAMAYO
-  CASA DE PATOS
-  CORPACANCHA
-  HACIENDA HUANCA
-  HUARON
-  MALPASO
-  MOROCOCHA
-  PARAGSHA
-  PUNRUN
-  SAN BLAS
-  SHELBY
-  UPAMAYO

### Anexo 5: Datos de precipitaciones totales mensuales

- Estación Atocsaico

Estación:	ATOCSAICO												LATITUD S:	11°17'55"	PROMEDIO ANUAL ACUMULADO
Cuenca:	RIO MANTARO												LONGITUD:	76°04'40"	
Fuente:	ELECTROANDES												ALTITUD:	4200 MSNM	
AÑO	EN.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL		
1965	48.9	152.1	75.1	59.8	16.5	3.2	35.9	44.5	102.5	51.8	79.1	106.2	775.6	775.6	
1966	100.7	69.5	87.6	63.9	41.7	10.7	0	25.3	34.1	101	59.4	66	659.9	1435.5	
1967	70	108	179.1	35.1	19.7	0	33.7	50.9	41.4	140.4	41.9	111.8	832	2267.5	
1968	87.3	61.3	144.7	38.5	32.8	18.6	10.2	100.9	38.2	137.8	135.4	95.6	901.3	3168.8	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
2018	94.33	64.85	178.15	93.49	24.26	42.52	84.62	100.09	67.66	80.33	173.58	191.64	1195.50	45413.36	
2019	147.80	139.08	41.09	49.10	10.29	72.06	53.81	75.79	19.00	70.83	31.53	82.87	793.24	46206.60	
2020	123.05	119.52	173.45	59.85	19.51	15.52	52.85	28.26	77.03	77.91	112.78	173.75	1085.32	47291.92	
2021	179.10	98.23	175.58	83.19	53.58	25.47	87.36	63.44	97.85	128.98	166.93	38.45	1198.14	48490.06	
PROMEDIO	109.05	110.81	110.61	67.18	27.72	35.63	24.99	41.50	51.75	79.52	84.40	107.54	850.7		
MÁXIMO	233	180.3	211.8	144	76.9	146.7	98.8	100.9	102.5	143.3	179.8	211.8	1245.1		
MÍNIMO	23.9	25.9	21.6	7.5	0	0	0	1	10.7	11.4	5.6	27.3	443.6		
DESV. ESTAND	48.32	35.75	46.20	33.20	19.86	37.56	24.47	28.08	27.52	39.71	50.82	50.41	189.57		

- Estación Carhuamayo

Estación:	CARHUAMAYO												LATITUD S:	10°55'25"	PROMEDIO ANUAL ACUMULADO
Cuenca:	RIO MANTARO												LONGITUD:	78°3'25"	
Fuente:	ELECTROANDES S.A												ALTITUD:	4125 MSNM	
AÑO	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	DICIEMBRE	ANUAL		
1965	64	117.6	114.4	59.9	7.9	5	8.8	20.5	68.1	74.1	42.5	100	682.8	682.8	
1966	116.7	75.1	105.3	21.2	62.3	0	0	5.1	18.3	88.3	81.3	82.7	656.3	1339.1	
1967	55.5	154.8	161.9	21.2	17.4	6.8	12.1	19.9	5	104.4	23.5	79.1	661.6	2000.7	
1968	64	71.7	81.6	9.7	10.4	8.1	13.6	32	40.4	126.1	45.4	93.9	596.9	2597.6	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
2018	239.17	55.29	131.16	11.56	81.46	40.47	15.47	53.28	8.67	137.57	103.53	141.87	1019.49	41237.90	
2019	116.33	147.78	46.95	78.67	43.92	7.76	19.06	19.03	48.53	135.80	92.30	135.90	892.02	42129.92	
2020	61.63	168.51	158.90	24.76	43.49	62.14	9.02	56.77	30.76	71.03	72.53	126.91	886.46	43016.39	
2021	27.04	188.68	60.21	89.10	1.42	31.38	29.02	7.63	27.69	109.27	57.07	110.12	738.65	43755.03	
PROMEDIO	111.66	120.57	98.66	55.19	28.11	18.04	11.68	23.38	41.85	77.86	76.23	104.39	767.63		
MÁXIMO	243.8	189.9	161.9	101.7	86.2	70.4	32.3	59.4	82.4	146.8	151.5	171.4	1073.22144		
MÍNIMO	22.6	49.9	16.3	9.7	1.3	0	0	0.4	5	29.5	23.5	51.8	538.9608255		
DESV. ESTAND	55.30	40.57	38.64	24.16	21.21	17.39	9.34	18.46	20.38	31.51	33.66	30.10	129.84		

- Estación Casa de Patos

Estación:	CASA DE PATOS											LATITUD S:	10°58'50"	PROMEDIO ANUAL ACUMULADO
Cuenca:	RIO MANTARO											LONGITUD:	76°02'20"	
Fuente:	ELECTROANDES S.A											ALTITUD:	4100MSNM	
AÑO	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	DICIEMBRE	ANUAL	
1965	36.9	91.8	99.6	38.4	8.4	4.3	9.2	10.2	65.1	35.7	48.1	80.2	527.9	527.9
1966	157	67.1	70.6	27.5	56.1	0	10.5	5.5	21.8	69.8	56.1	78.4	620.4	1148.3
1967	39.4	126	141.6	31.3	28	2.6	15.7	40.5	21.7	114.2	19.6	72.4	653	1801.3
1968	74.5	68.6	82.4	7.6	9	7.6	2.1	19.9	25.5	96.1	55.3	82.7	531.3	2332.6
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2018	157.99	134.82	115.35	56.65	44.96	9.92	34.48	28.03	42.71	76.90	111.93	135.40	949.14	38470.89
2019	81.56	140.72	45.08	40.82	10.61	88.70	34.44	20.08	79.86	50.28	23.30	43.33	658.79	39129.68
2020	80.33	199.96	60.33	25.77	16.98	77.93	42.87	1.05	48.87	39.95	14.89	75.71	684.65	39814.33
2021	117.30	39.57	112.29	61.37	37.48	90.55	7.37	61.35	73.74	58.93	14.45	67.99	742.39	40556.71
PROMEDIO	99.68	117.30	99.74	50.49	24.09	25.14	13.38	22.51	46.81	65.35	59.43	87.60	711.5	
MÁXIMO	185.9	213.4	185.6	90.4	56.1	96	43.7	79.1	101.6	143.5	130.8	173.8	1080.4	
MÍNIMO	29.2	29.3	22.9	7.6	1	0	0	0	15	7.9	5.8	10.2	472.2	
DESV. ESTAND	37.63	47.24	46.53	20.98	15.68	29.31	13.15	22.96	22.38	35.38	31.62	38.30	167.64	

- Estación Corpacancha

Estación:	CORPACANCHA											LATITUD S:	11°21'55"	PROMEDIO ANUAL ACUMULADO
Cuenca:	RIO MANTARO											LONGITUD:	76°02'20"	
Fuente:	ELECTROANDES S.A											ALTITUD:	4150MSNM	
AÑO	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	DIC.	ANUAL	
1965	105.4	146.1	102.2	88.5	9.9	5.2	39.9	36.9	68.6	56.5	44.5	171.5	875.2	875.2
1966	67.4	80	86.4	82	35.9	2.7	13.5	8.9	56.2	121.9	38.7	119.4	713	1588.2
1967	92.7	212.2	128.3	48.9	38.8	15.9	34.3	53.9	41.9	120.7	60	81.8	929.4	2517.6
1968	152.4	84.5	101.6	47.8	71.1	21.6	31.8	49.5	85.4	88.8	104.1	71.1	909.7	3427.3
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2018	99.79	186.17	106.64	36.64	14.09	68.25	10.24	37.94	39.46	93.97	58.88	83.67	835.76	49479.51
2019	91.61	185.85	147.90	139.64	84.32	31.80	10.86	25.31	53.34	36.51	146.32	35.85	989.31	50468.83
2020	212.42	87.07	159.67	62.25	20.88	46.27	47.12	45.71	83.44	#####	113.22	87.91	1115.85	51584.67
2021	41.29	209.74	166.62	78.38	76.19	81.85	6.71	52.63	21.50	#####	142.86	59.81	1048.70	52633.38
PROMEDIO	128.03	139.80	125.66	78.72	38.63	27.03	20.44	37.46	60.90	86.56	82.19	97.98	923.4	
MÁXIMO	239.5	212.2	205.4	181.5	85.9	83.7	47.6	85.2	103.3	199.6	152.2	171.5	1242.6	
MÍNIMO	41	59.4	52.5	17.4	2.5	1.8	0	2.4	19.8	9.7	34.3	29.8	693.2	
DESV. ESTAND	54.68	40.77	34.98	32.80	21.93	21.52	12.30	22.47	22.91	43.55	31.39	35.38	131.15	

- Estación Malpaso

Estación:	MALPASO												LATITUD S:	11°24'35"	PROMEDIO ANUAL ACUMULADO
Cuenca:	RIO MANTARO												LONGITUD:	76°02'30"	
Fuente:	ELECTROANDES S.A												ALTITUD:	3795MSNM	
AÑO	EN.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL		
1965	63.4	127.8	107.6	55.1	16	10.1	45.3	49.6	129	47.2	76.5	112.7	840.3	840.3	
1966	90.5	67.8	86.2	33.7	42.1	5.4	0.8	16.9	43.6	93.7	50.3	107	638	1478.3	
1967	62.3	194.4	155	34.3	48.4	7.7	54.1	41.8	42.2	106.7	66.3	149.8	963	2441.3	
1968	73	108.7	123.2	26.9	29.4	39.8	7.6	86	33.3	64.9	95.7	127.9	816.4	3257.7	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
2018	100.88	176.15	58.62	54.22	67.63	53.32	36.63	61.11	107.96	74.12	65.76	82.20	1014.70	46612.19	
2019	194.48	109.14	152.79	119.18	45.52	29.86	35.84	36.10	28.11	63.41	44.66	105.67	964.76	47576.95	
2020	104.06	97.93	99.63	7.59	97.89	28.06	18.20	48.90	83.56	32.17	106.93	128.70	853.60	48430.56	
2021	160.48	70.43	85.73	40.97	26.73	37.87	36.97	3.76	33.09	37.63	159.42	53.53	746.61	49177.16	
PROMEDIO	115.30	115.94	104.40	67.21	40.19	28.21	20.26	34.31	68.08	81.21	80.58	107.05	862.8		
MÁXIMO	194.7	206.2	172.7	123.4	103.4	85.9	54.1	86	140.63	150.7	164.9	164.7	1203.5		
MÍNIMO	32.3	49.7	53.4	7.5	2.2	0	0	0.5	12.3	14.5	31	48.4	533		
DESV. ESTAND	44.21	40.16	31.06	32.33	26.28	24.33	14.21	20.13	31.36	37.86	35.73	27.43	132.01		

- Estación Morococha

Estación:	MOROCOCHA												LATITUD S.:	11°36'05'	PROMEDIO ANUAL ACUMULADO
Cuenca:	RIO MANTARO												LONGITUD O.:	76°08'05'	
Fuente:	ELECTROANDES S.A.												ALTITUD:	4505 MSNM	
AÑO	EN.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL:		
1965	75.9	133.2	106.1	61.2	20.6	0	18.8	35.6	62.1	70.7	45.6	125.8	755.6	755.6	
1966	114.7	38	94.4	49.3	32.1	0	1.2	4	26.7	122.7	54	94.7	631.8	1387.4	
1967	87.9	183.9	155.8	68	32.3	10.6	50	23.3	26.3	109.5	22.1	70.1	839.8	2227.2	
1968	126.1	66.1	130	36.3	57.3	24.8	14.5	48.9	49.7	71	92.3	107.1	824.1	3051.3	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
2018	42.21	251.26	121.71	115.43	43.28	55.78	45.83	46.91	36.28	54.72	94.94	214.68	1123.04	47598.79	
2019	103.51	77.38	69.91	30.36	47.06	58.34	23.84	62.83	93.05	45.61	17.95	55.96	685.80	48284.59	
2020	84.65	158.81	96.67	50.17	74.47	52.70	22.38	60.54	95.19	89.23	160.34	67.12	1081.49	49366.08	
2021	44.38	234.69	146.66	110.15	81.95	41.05	27.95	14.23	129.73	74.25	65.04	72.68	1105.36	50471.45	
PROMEDIO	117.24	138.58	126.46	66.72	31.18	25.13	18.45	29.43	62.21	79.21	76.19	114.68	885.5		
MÁXIMO	212.3	252.7	233.9	151.1	81.952	77.5	50.3	77.5	131.8	159.5	168.3	220	1237.4		
MÍNIMO	40.4	35.1	22.4	16.6	0	0	0	0	15.2	2.5	0	34	575.8		
DESV. ESTAND	44.39	54.43	49.95	32.34	19.44	21.54	14.22	21.16	30.68	41.01	41.29	46.60	155.24		

- Estación Paragsha

Estación:	PARAGSHA											LATITUD S.:	10°40'25'	PROMEDIO ANUAL ACUMULADO
Cuenca:	RIO MANTARO											LONGITUD O.:	76°15'25'	
Fuente:	ELECTROANDES S.A.											ALTITUD:	4310 MSNM	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL:	
1965	94.1	126.1	106.8	59.6	33.7	6.4	19.3	24	108.2	52.8	89.9	145	866.1	866.1
1966	90.9	58	103.9	39.5	63.4	2.5	12.4	13.8	22.6	149.9	82	38.4	677.3	1543.4
1967	139.9	241.3	152.4	40	24.2	6.4	23.5	30.5	29.6	105.2	101.4	124.5	1018.8	2562.2
1968	105.5	126.3	101.9	27.9	6.4	1	21.6	41.9	43.2	127.6	92.7	61.6	759.6	3321.8
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2018	136.92	171.54	125.88	133.17	54.79	30.83	64.40	38.17	93.22	42.30	45.53	90.55	736.51	48347.69
2019	150.78	198.10	160.95	66.33	58.01	47.91	81.98	5.87	89.06	88.74	165.53	50.36	1164.57	49512.26
2020	89.10	154.74	63.97	89.90	19.05	13.49	45.98	24.06	41.13	75.25	57.84	41.05	1061.78	50574.05
2021	126.67	102.06	178.43	75.94	22.72	24.77	24.45	25.69	47.31	19.41	176.33	52.65	987.51	51561.56
PROMEDIO	123.51	137.59	132.89	74.73	34.82	23.63	26.34	20.66	52.08	79.68	105.19	116.95	904.6	
MÁXIMO	199	241.3	217.4	136	63.4	68.4	90.2	51.4	108.2	149.9	201.3	218.9	1165.4	
MÍNIMO	59.7	48	57.4	27.9	5.5	0	0	0	0	2.3	33.9	38.4	677.3	
DESV. ESTAND	33.92	42.35	43.85	28.59	15.69	18.76	26.08	13.00	28.29	35.13	37.09	43.31	136.11	

- Estación San Blas

Estación:	SAN BLAS											LATITUD S.:	10°40'25'	PROMEDIO ANUAL ACUMULADO
Cuenca:	RIO MANTARO											LONGITUD O.:	76°15'25'	
Fuente:	ELECTROANDES S.A.											ALTITUD:	4310 MSNM	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL:	
1965	95.3	265.4	125.7	99.7	31.2	7.2	25.5	92.7	90.4	41.3	110.5	233.7	1218.6	1218.6
1966	109.4	110.7	105.4	58.5	76.8	2	22.1	19.6	66.5	127.3	118.2	123.4	939.9	2158.5
1967	106.7	176.5	199.4	53.3	26	11.1	50.8	78.8	51.5	128	78.9	124.5	1085.5	3244
1968	117.5	119.8	183.8	40.9	52.7	25.3	33	57.2	57.7	137.8	121.9	81.3	1028.9	4272.9
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2018	183.36	96.61	103.12	115.20	65.36	26.11	23.28	11.15	16.54	58.96	368.76	43.58	1203.15	60310.68
2019	191.87	243.79	114.17	92.42	101.27	44.54	4.25	20.34	70.89	82.10	51.06	206.93	1244.65	61555.33
2020	197.56	241.81	138.52	146.45	51.05	44.76	0.66	19.04	107.07	93.85	362.68	224.72	1628.16	63183.49
2021	258.29	190.94	217.06	153.09	106.72	40.54	10.22	86.98	118.13	94.28	192.29	220.14	1688.67	64872.16
PROMEDIO	152.91	163.96	160.99	96.83	53.24	22.31	18.92	32.61	64.52	96.88	140.29	134.65	1138.1	
MÁXIMO	270.7	265.4	283.434	183.2	116.2	61.5	50.8	92.7	126.8	183.8	401.2	251.1	1773.3	
MÍNIMO	86.7	61.3	72.7	28.9	8.6	0.4	0.5	1.4	12.9	28.8	25.1	43.58	768.4	
DES. ESTAND	48.12	54.48	53.61	37.36	27.20	16.58	12.77	23.17	27.65	36.95	89.90	48.93	206.87	

- Estación Shelby

Estación:	SHELBY											LATITUD S.:	10°40'25'	PROMEDIO ANUAL ACUMULADO
Cuenca:	RIO MANTARO											LONGITUD O.:	76°15'25'	
Fuente:	ELECTROANDES S.A.											ALTITUD:	4120 MSNM	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL:	
1965	60.5	159.1	146.9	66.4	20.3	5.4	7.3	17.7	58.6	51.6	81.8	166.4	842	842
1966	149.6	57.6	144.7	57.9	48.5	0.8	4.5	3.8	40	127.5	103.3	104.9	843.1	1685.1
1967	60.9	253.8	143.9	41.5	14.1	0.4	20.6	39	40.8	152.1	86.1	217.5	1070.7	2755.8
1968	105.1	103	112.9	32.8	8	5.2	5.7	48.5	44.8	87.1	55.3	57.3	665.7	3421.5
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2018	114.40	145.31	92.78	60.40	10.93	63.05	23.75	13.49	57.28	62.36	130.36	245.44	1019.55	45561.87
2019	191.87	106.42	137.29	35.38	58.66	47.30	7.78	14.02	43.51	75.23	162.76	240.40	1192.37	46754.24
2020	26.31	194.58	101.44	72.57	35.63	31.47	11.27	9.05	31.63	13.22	49.13	211.70	788.01	47542.25
2021	147.72	23.68	58.99	38.88	2.04	28.71	10.18	36.76	19.98	85.82	57.15	246.69	756.59	48298.84
PROMEDIO	119.10	131.28	107.70	62.58	30.49	21.76	9.68	21.74	44.72	77.71	89.41	131.18	847.3	
MÁXIMO	213.9	253.8	160.5	148.8	63	71.6	24.4	53.8	112.8	171.3	167.6	264.7	1192.4	
MÍNIMO	8.1	14.9	27.3	0	0	0	0	0	0	8.9	19.8	57.3	593	
DESV. ESTAND	48.64	56.50	35.35	32.72	18.25	22.41	7.94	15.54	26.93	40.78	39.50	56.48	146.57	

- Estación Upamayo

Estación:	UPAMAYO											LATITUD S.:	10°40'25'	PROMEDIO ANUAL ACUMULADO
Cuenca:	RIO MANTARO											LONGITUD O.:	76°15'25'	
Fuente:	ELECTROANDES S.A.											ALTITUD:	4093 MSNM	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL:	
1965	87.6	137.1	151.4	63.1	91.1	7.8	22.6	25.3	83	53.1	85	199.5	1006.6	1006.6
1966	116.7	73.7	64.4	34.1	35.5	18.2	6.2	8.7	48.6	108.3	83	87.5	684.9	1691.5
1967	73.5	169.8	156.7	36.7	32.3	4	24.1	40.2	27.8	144.9	82.9	118.7	911.6	2603.1
1968	93.2	107.4	133.7	13.3	27.9	1.3	6.2	56.5	89.9	98.7	68.7	77.3	774.1	3377.2
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2018	175.46	192.61	166.57	76.80	74.26	4.05	18.96	57.70	15.34	91.57	16.15	191.00	1080.47	48374.38
2019	97.36	75.06	212.25	82.07	66.51	45.89	14.09	13.62	73.21	80.26	116.22	160.57	1037.10	49411.48
2020	130.73	110.67	91.27	108.93	49.40	14.37	17.20	37.89	49.19	86.23	120.74	161.66	1040.72	50452.19
2021	69.24	205.40	110.99	100.56	62.15	52.95	9.88	13.68	28.22	57.02	65.03	76.48	851.61	51303.81
PROMEDIO	123.24	136.13	128.82	64.01	43.56	19.59	13.88	23.77	49.99	86.52	85.34	125.21	900.1	
MÁXIMO	230.6	234.4	215.9	132.6	103.2	55.4	32.1	57.702	105.8	163.4	168.4	218	1260.7	
MÍNIMO	57.8	55.5	64.4	13.3	0.3	0	0	0	8.3	18.9	14.2	49.5	465.4	
DESV. ESTAND	44.62	43.84	42.28	25.83	27.61	16.39	8.90	15.82	27.02	39.37	39.61	41.98	137.14	

- Estación Punrun

Estación:	PUNRUN												LATITUD S.:	11°36'05'	PROMEDIO ANUAL ACUMULADO
Cuenca:	RIO MANTARO												LONGITUD O.:	76°08'05'	
Fuente:	ELECTROANDES S.A.												ALTITUD:	450 MSNM	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL:		
1965	120.7	148.6	141	60.3	8.9	5.6	11.4	59.4	92.3	90.2	50.2	148.6	937.2	937.2	
1966	158.6	116.8	114.4	59.7	41.5	1	22.3	9.8	54.8	140.3	55.2	130.6	905	1842.2	
1967	137.2	240.7	151.2	33.7	34.3	4.4	18.5	17.8	34.3	120	58.7	99.1	949.9	2792.1	
1968	105.4	76.7	152.1	27.9	9	15.2	18.5	43.8	41.9	88.9	134.8	99.7	813.9	3606	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
2018	97.01	115.98	225.26	57.03	28.93	6.67	49.99	5.03	22.18	142.62	200.49	153.68	1104.86	53404.96	
2019	63.04	161.46	172.43	72.63	88.77	35.17	28.84	40.81	102.53	121.35	133.27	159.67	1179.98	54584.94	
2020	214.78	90.45	159.96	69.54	88.40	36.30	51.29	2.51	95.19	132.85	51.86	77.04	1070.17	55655.11	
2021	220.39	121.13	119.24	91.05	46.53	53.70	33.07	17.39	44.30	48.09	73.43	54.68	923.01	56578.13	
PROMEDIO	136.10	142.73	139.78	80.66	40.28	18.11	17.41	22.96	54.52	93.08	111.99	134.99	992.6		
MÁXIMO	239.7	271.1	239	150.1	95.8	55.1	51.4	59.4	110.23	185.5	279.7	256.3	1377.6		
MÍNIMO	16.2	63.1	63.12242	19	1.2	1	0	2.1	9.7	19.3	29.4	54.68	743.2		
DESV. ESTAND	49.17	47.14	46.07	28.90	24.43	13.91	14.27	14.96	27.13	37.09	53.03	47.42	157.52		

- Estación Huarón

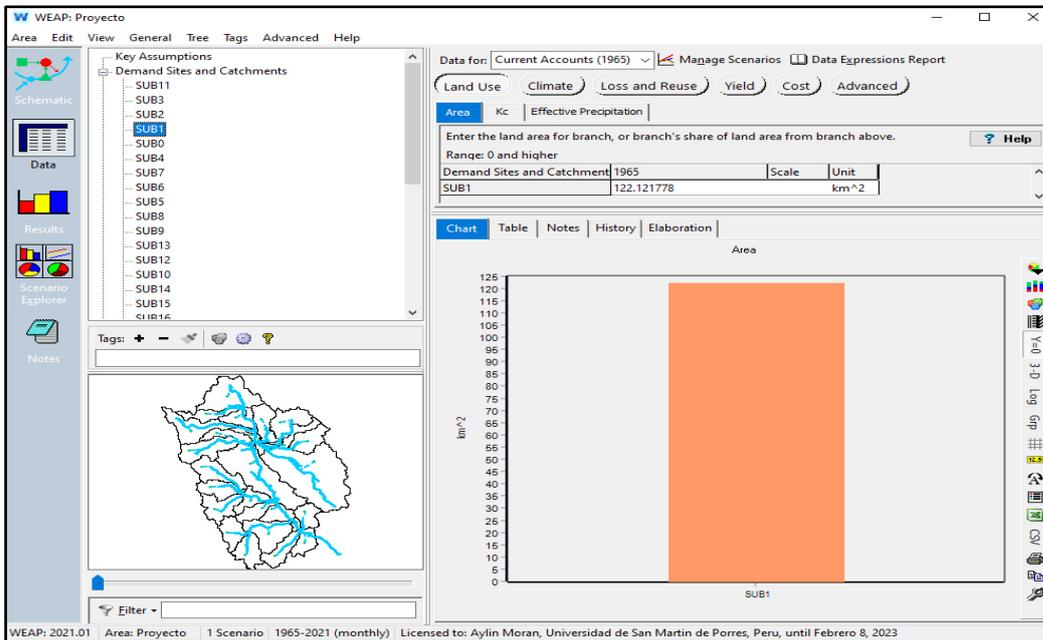
Estación:	HUARON												LATITUD S.:	10°40'25'	PROMEDIO ANUAL ACUMULADO
Cuenca:	RIO MANTARO												LONGITUD O.:	76°15'25'	
Fuente:	ELECTROANDES S.A.												ALTITUD:	4310 MSNM,	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL:		
1965	146.1	128.3	139.7	68.6	14.6	13.2	14.9	43.4	74.8	63.6	49.6	155.4	912.2	912.2	
1966	77.5	135.3	127.6	46.3	39.5	2.7	21	3.3	58.7	177.8	75.8	130.2	895.7	1807.9	
1967	89.7	214.8	153.9	38.6	25.3	16.5	29.2	20.4	47.6	130.6	78.7	87.8	933.1	2741	
1968	120.4	89.8	132.1	33.1	26	17.8	20.4	38.1	53.6	108	106	55.9	801.2	3542.2	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
2018	91.84	170.16	96.45	147.78	98.09	8.69	23.53	48.17	16.68	18.81	31.15	162.81	914.17	55462.23	
2019	202.63	199.89	162.15	83.05	15.84	25.25	5.44	9.42	15.53	109.24	233.12	186.56	1248.13	56710.36	
2020	118.30	114.53	59.93	123.80	52.78	1.02	29.32	18.15	73.70	46.11	44.66	105.19	787.49	57497.84	
2021	193.11	109.09	97.31	72.04	60.73	40.94	36.66	34.10	50.27	147.10	339.35	80.58	885.24	58383.08	
PROMEDIO	138.39	148.33	138.34	82.70	46.24	17.07	15.58	24.63	55.26	95.09	132.82	136.42	1024.3		
MÁXIMO	245.8	232.3	254.4	152.7	122.9	50.1	39	52.1	130	189.9	373	262.4	1594.3		
MÍNIMO	16.1	57.9	51.4	33.1	1.2	1	0	2.2	8.6	15.8	19.5	55.9	576		
DES. ESTAND	49.16	47.48	42.03	32.06	31.57	12.25	10.63	14.97	30.53	45.58	98.31	55.17	206.52		

- Estación Hacienda Huanca

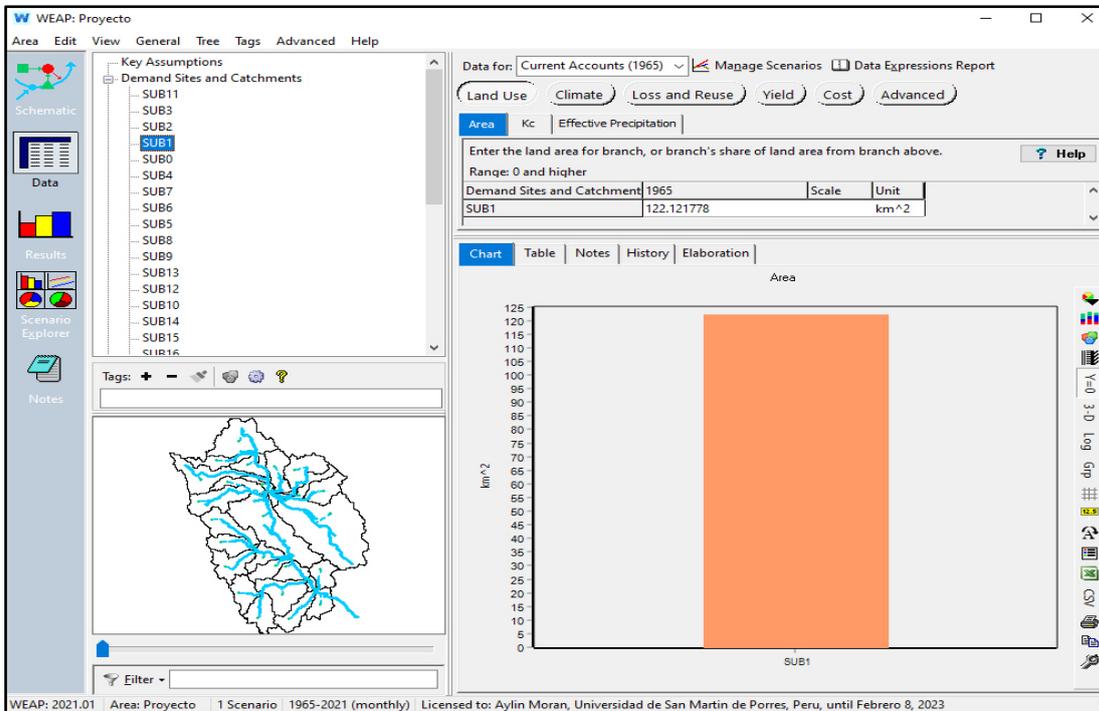
Estación:	HACIENDA HUANCA												LATITUD S:	10°40'45"	PROMEDIO ANUAL ACUMULADO
Cuenca:	RIO MANTARO												LONGITUD:	76°05'00"	
Fuente:	LECTROANDES S.A												ALTITUD:	4150MSNM	
AÑO	N.	EB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	EP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL		
1965	142.2	156.2	132.6	69.8	21	16.1	35.1	56.4	67	81.9	95.3	208.3	1081.9	1081.9	
1966	106.7	95.3	92.1	52.1	54.9	4.1	11.4	7.8	33.1	94.6	90.3	89.9	732.3	1814.2	
1967	114.5	127.1	195.6	24	23	10.3	25.4	17.8	35.6	151.1	41.1	118.1	883.6	2697.8	
1968	138.4	135.3	101.5	47.6	48.3	13.7	18.1	33.6	74.8	128.5	121.5	190.5	1051.8	3749.6	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
2018	215.56	189.97	99.29	96.35	28.54	20.11	31.92	0.54	26.20	74.50	85.94	171.69	1040.61	51300.09	
2019	189.82	185.64	191.21	120.05	30.09	5.28	28.99	11.85	105.16	151.20	145.95	199.70	1364.94	52665.03	
2020	226.94	147.45	82.42	71.12	28.13	2.52	34.05	52.39	85.73	119.29	103.82	144.56	1098.43	53763.46	
2021	150.10	148.78	169.89	107.88	65.45	57.69	41.80	46.24	56.81	138.15	90.31	81.32	1154.44	54917.90	
PROMEDIO	140.93	139.53	125.56	79.40	35.51	26.65	21.83	26.43	55.66	93.02	92.77	126.21	963.5		
MÁXIMO	233	228.3	200.5	138.4	76.8	69	48.3	56.4	122.8	180.1	146.5	208.3	1364.9		
MÍNIMO	71.7	63.3	47.2	24	10.3	1.7	2.7	0	13.1	33.5	34	71.9	720.3		
DESV. ESTAND	45.23	36.59	39.27	26.63	17.19	17.72	12.50	14.56	24.06	35.44	29.21	36.64	133.11		

## Anexo 6: Uso del suelo de las Subcuencas

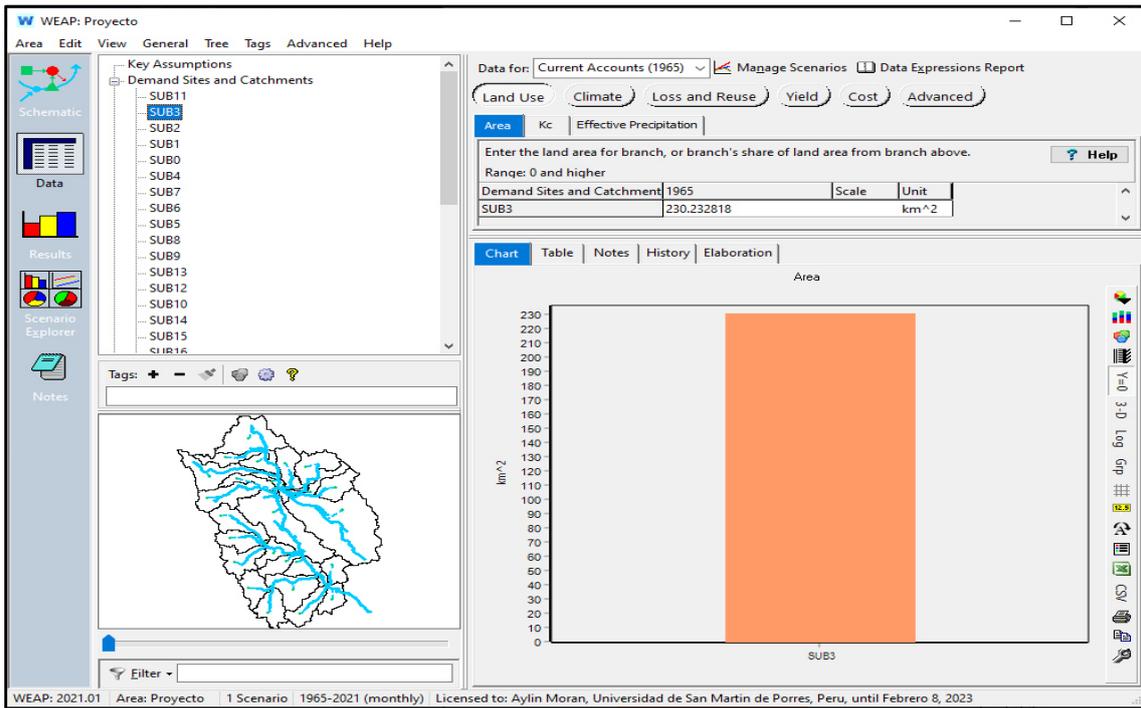
- Subcuenca 1



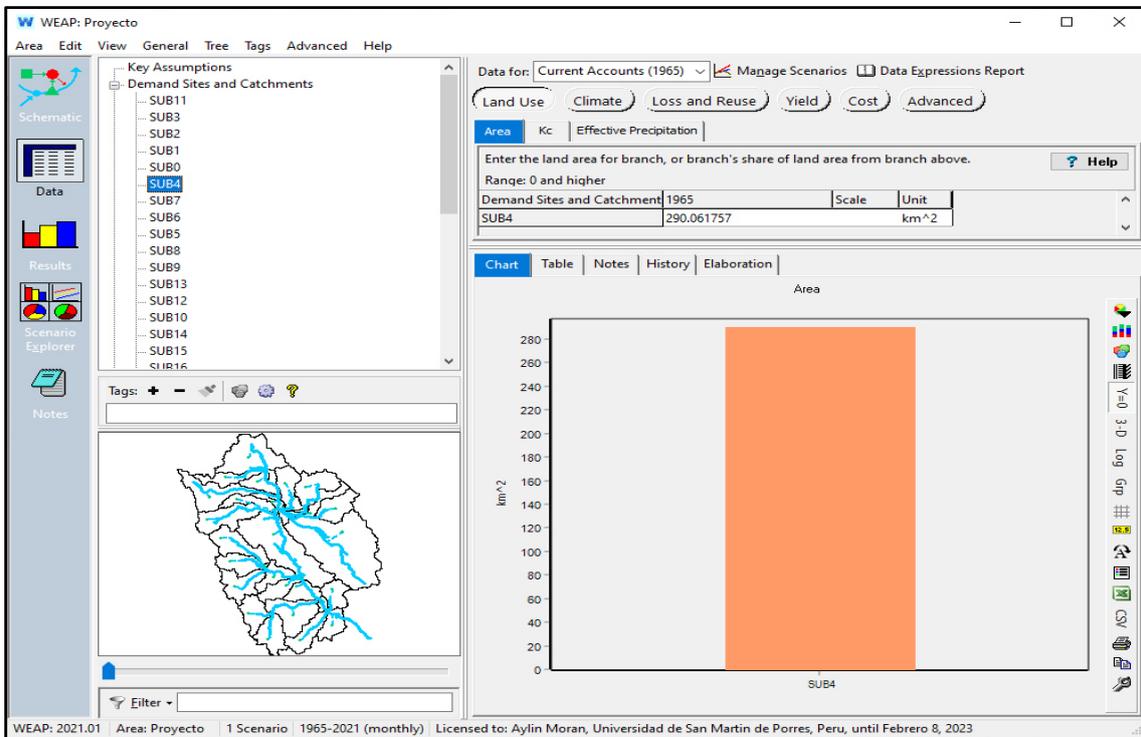
- Subcuenca 2



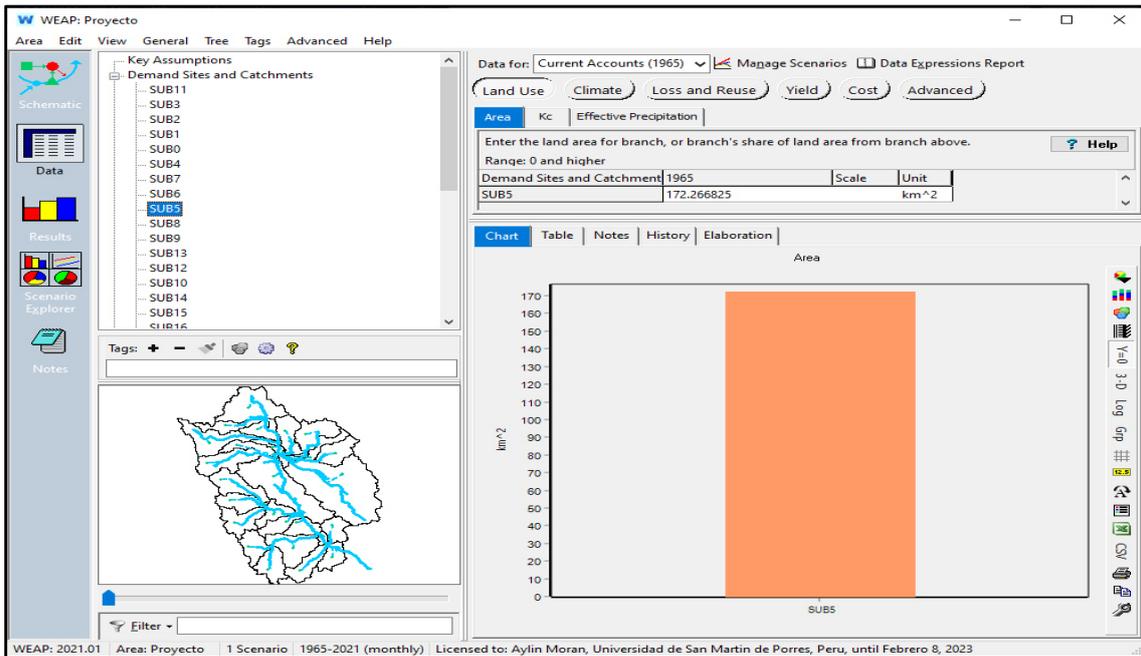
- Subcuenca 3



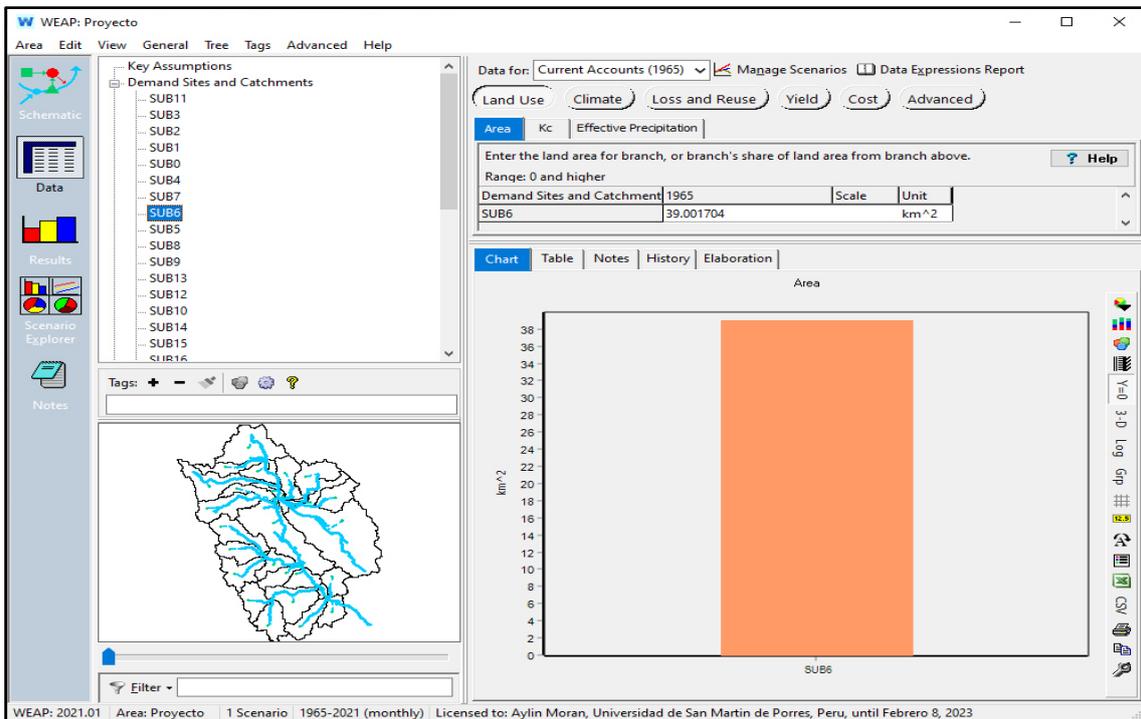
- Subcuenca 4



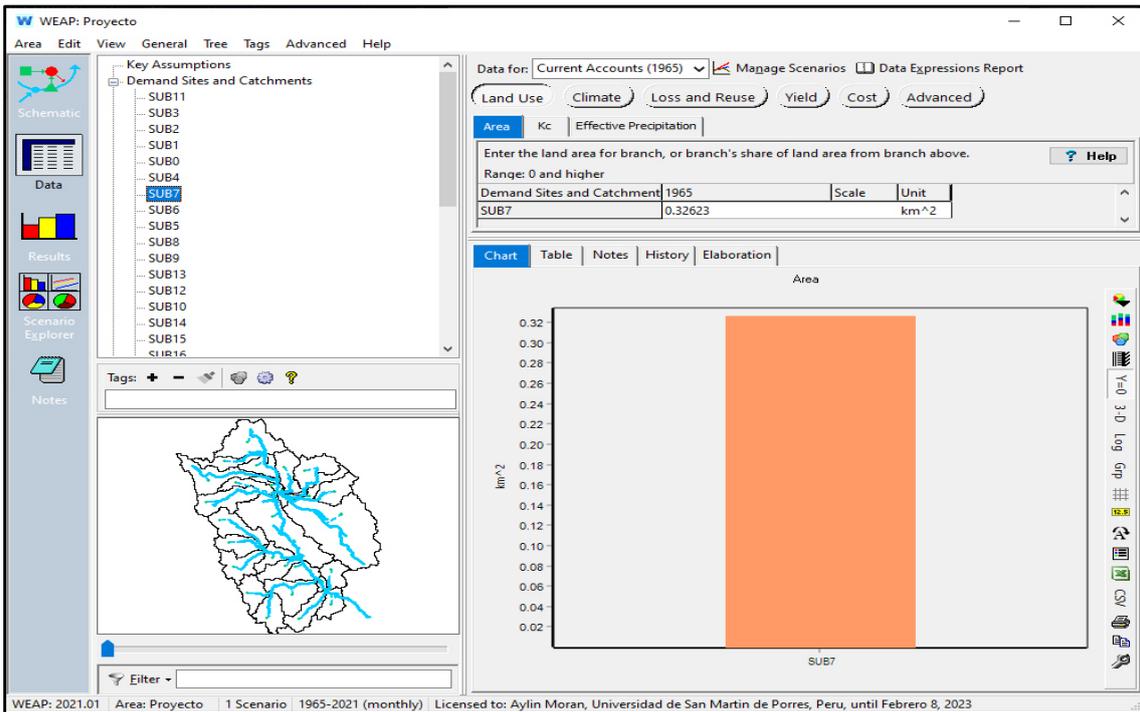
- Subcuenca 5



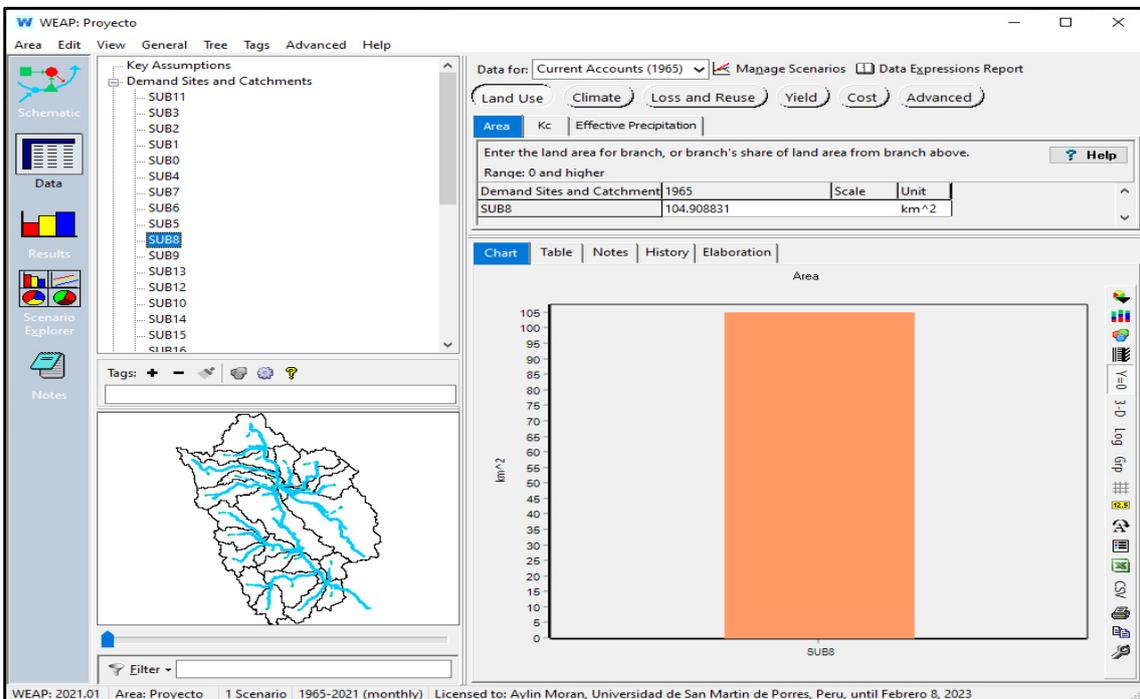
- Subcuenca 6



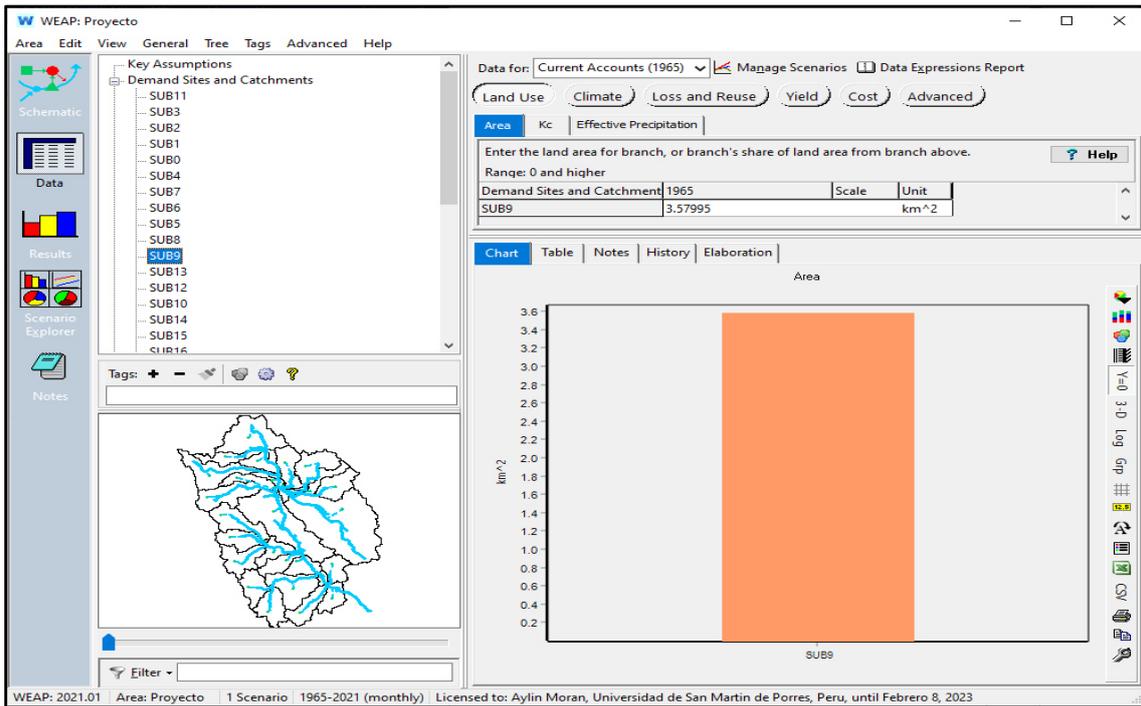
- Subcuenca 7



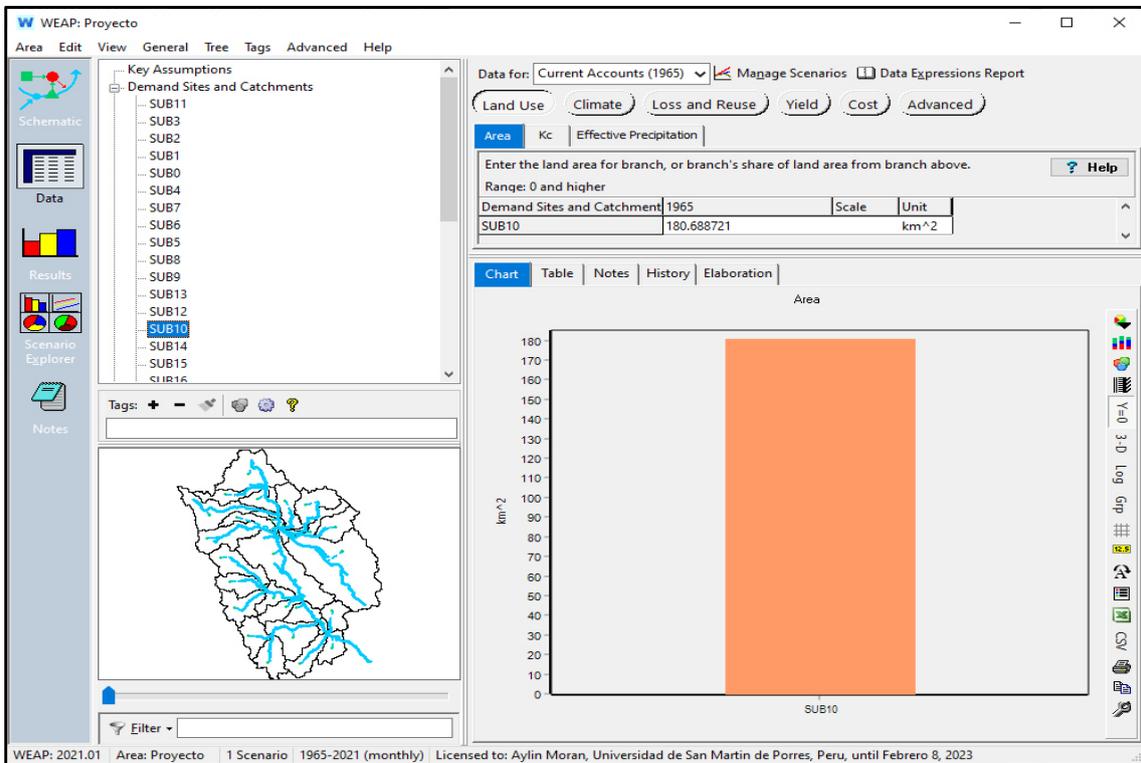
- Subcuenca 8



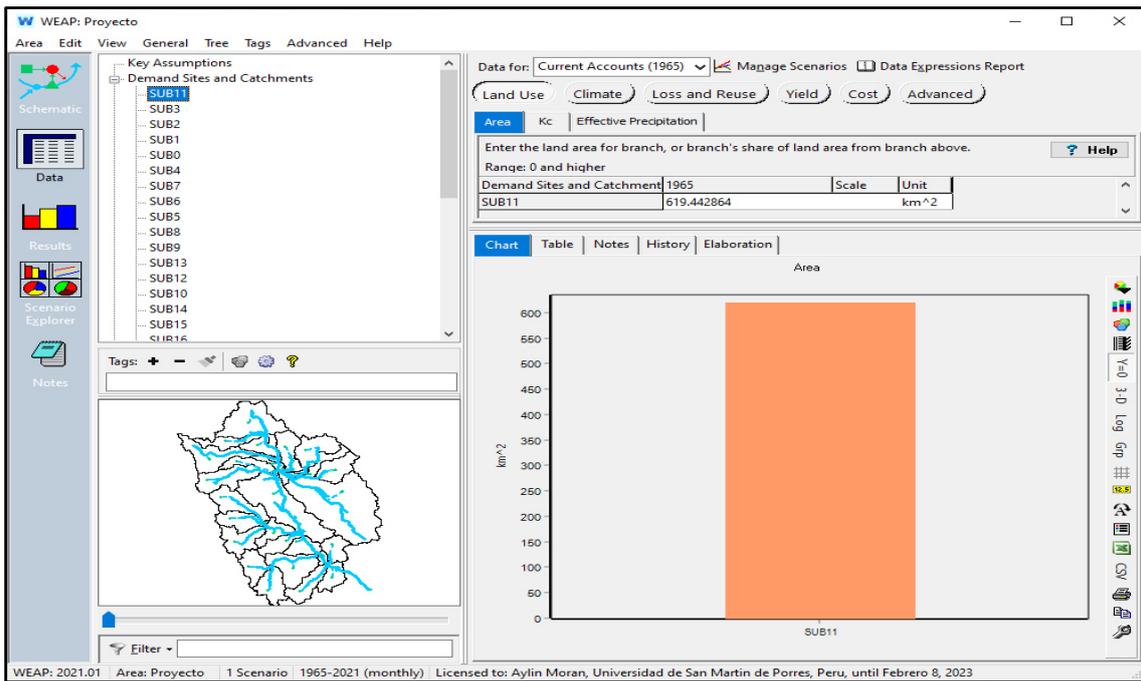
- Subcuenca 9



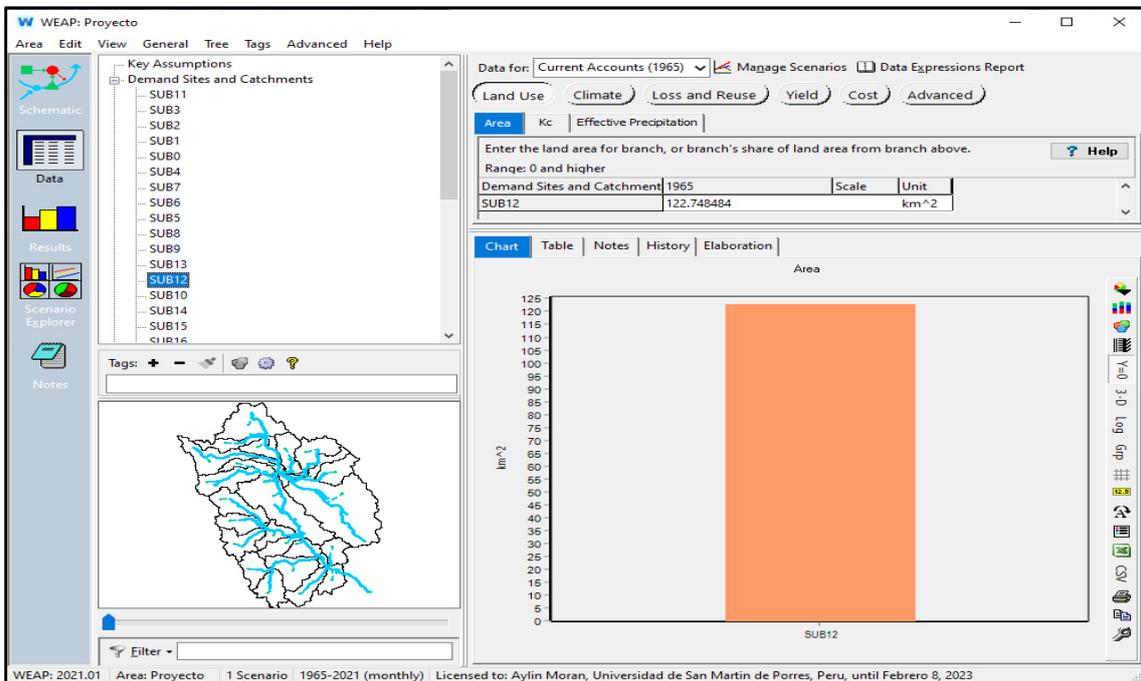
- Subcuenca 10



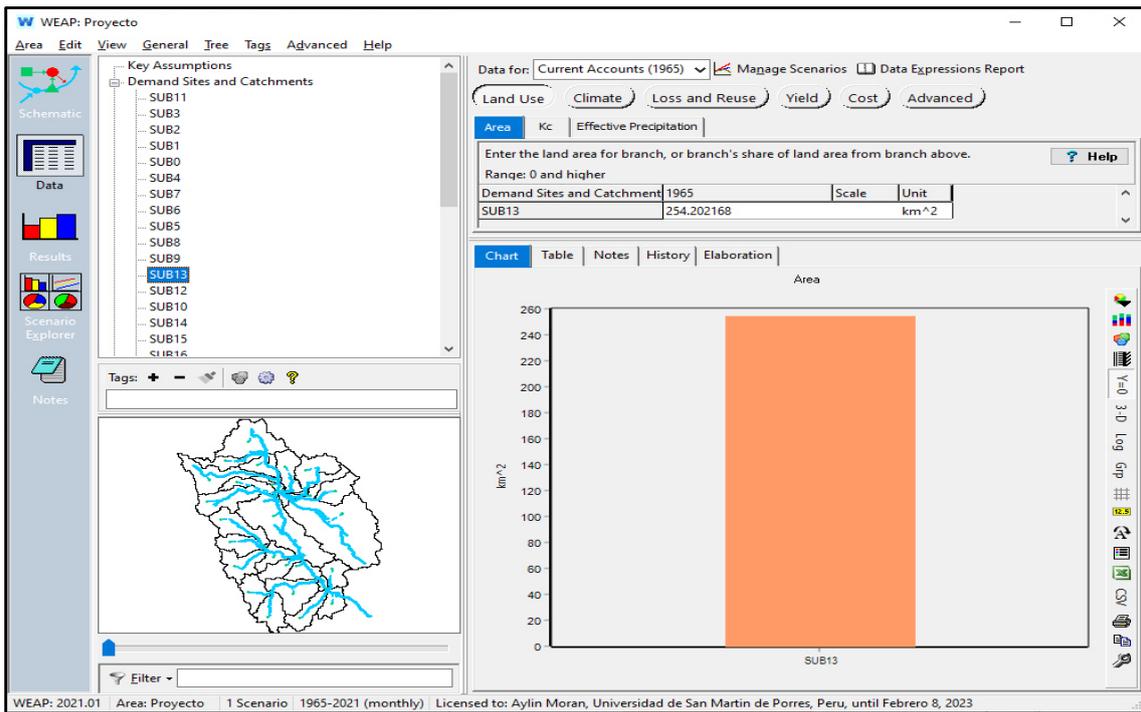
- Subcuenca 11



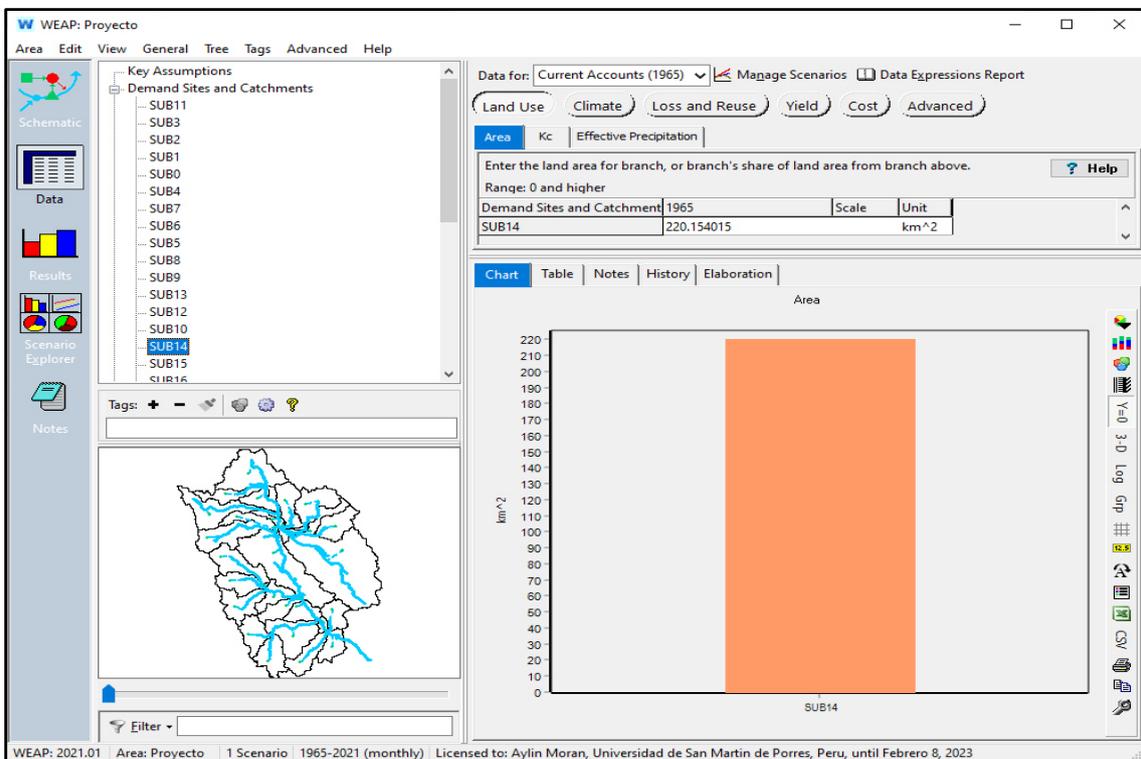
- Subcuenca 12



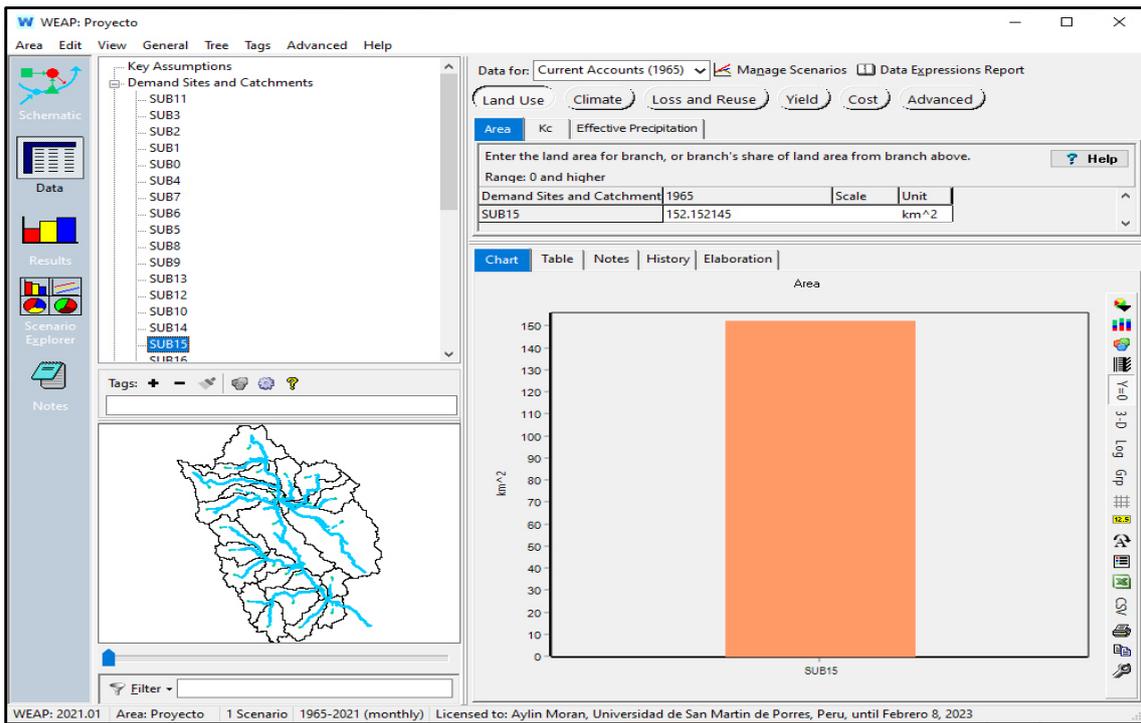
- Subcuenca 13



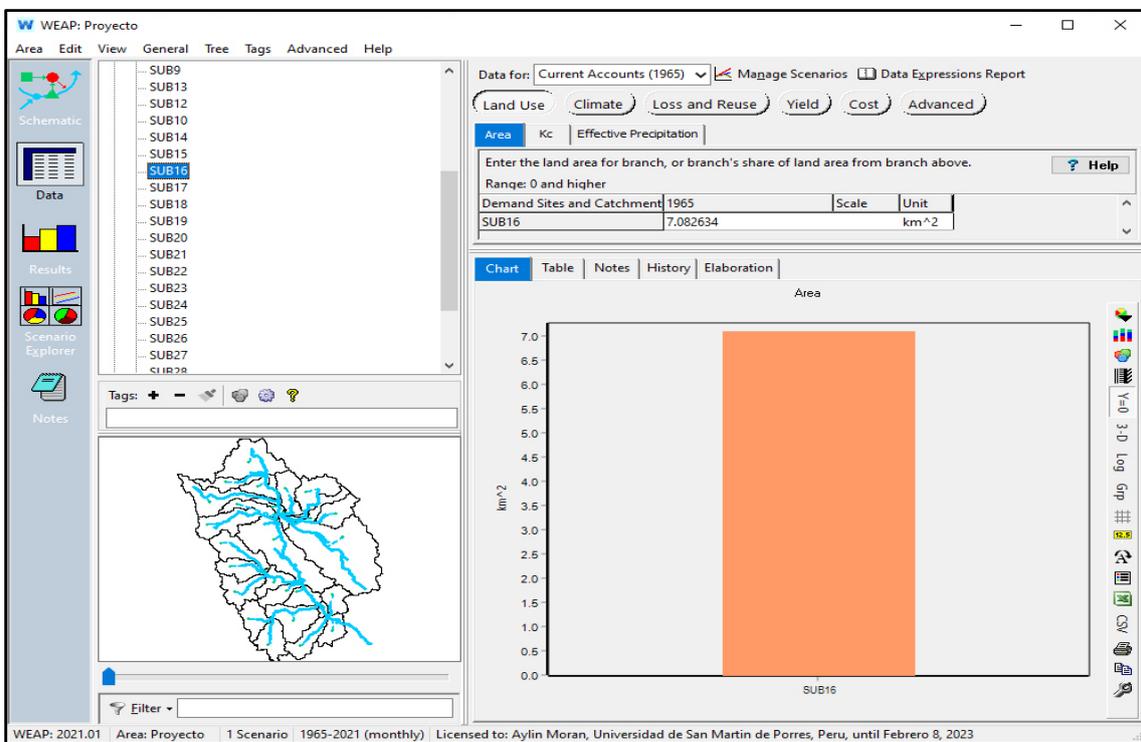
- Subcuenca 14



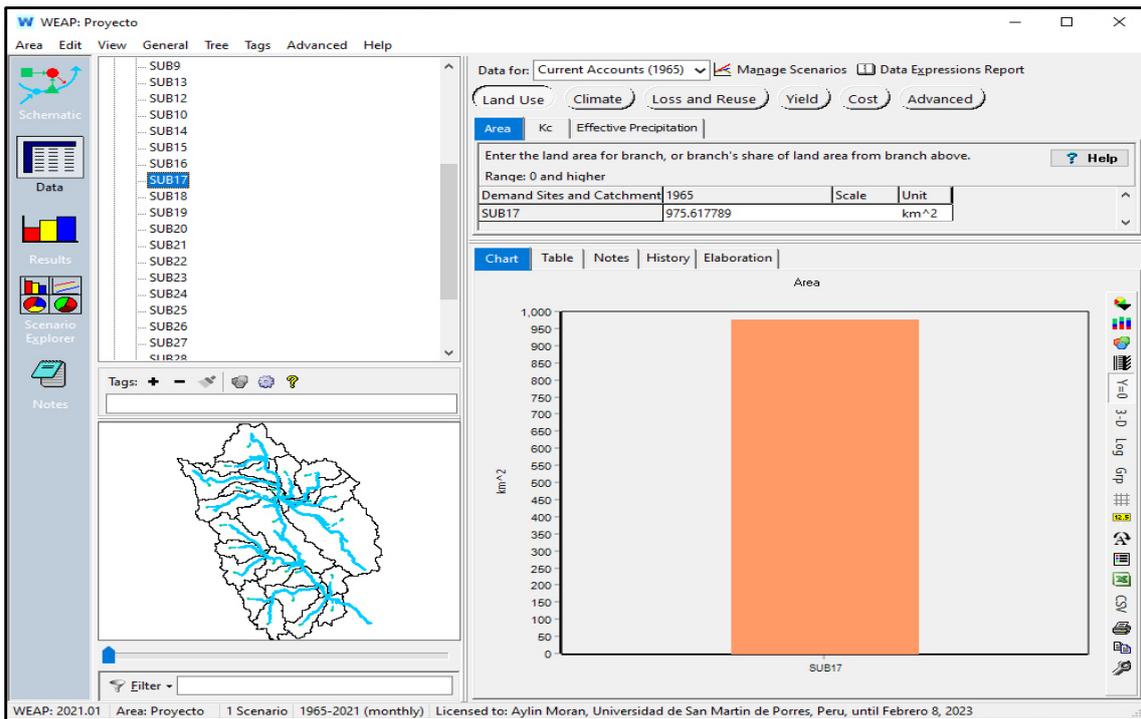
- Subcuenca 15



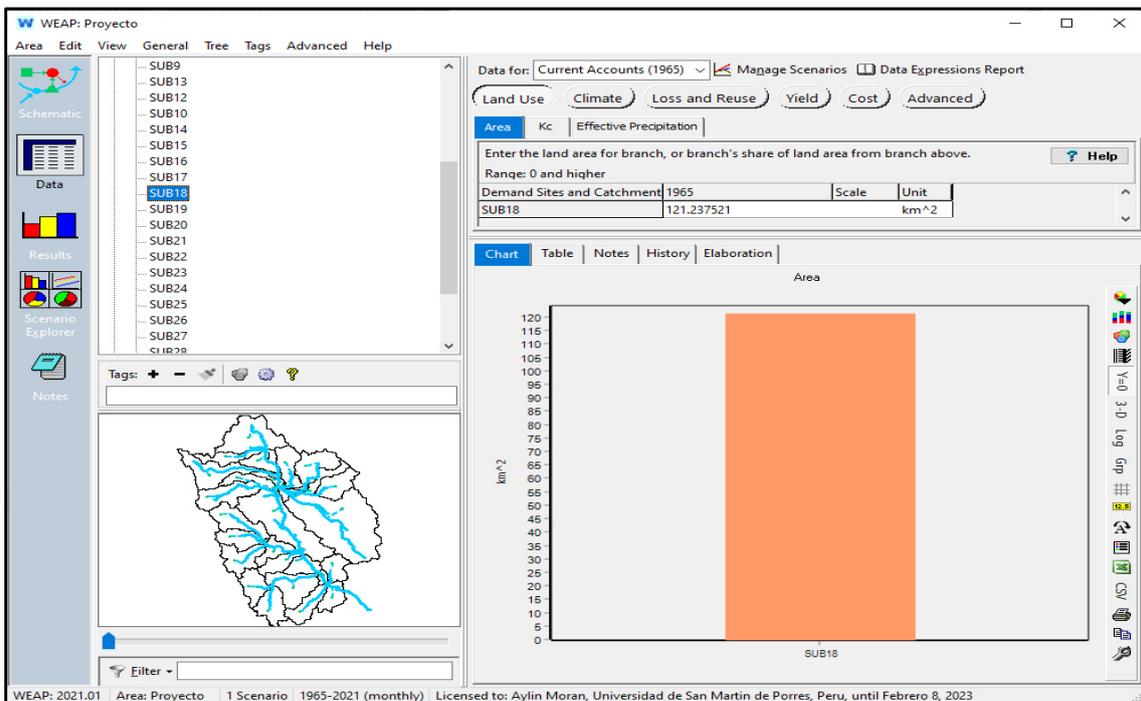
- Subcuenca 16



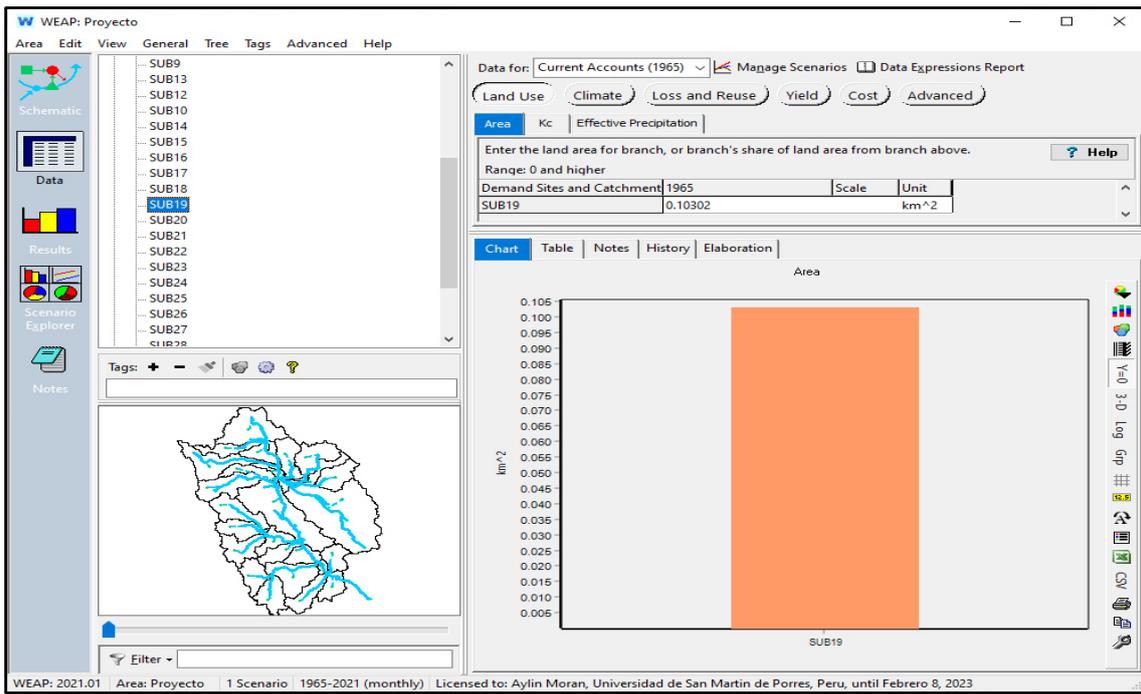
- Subcuenca 17



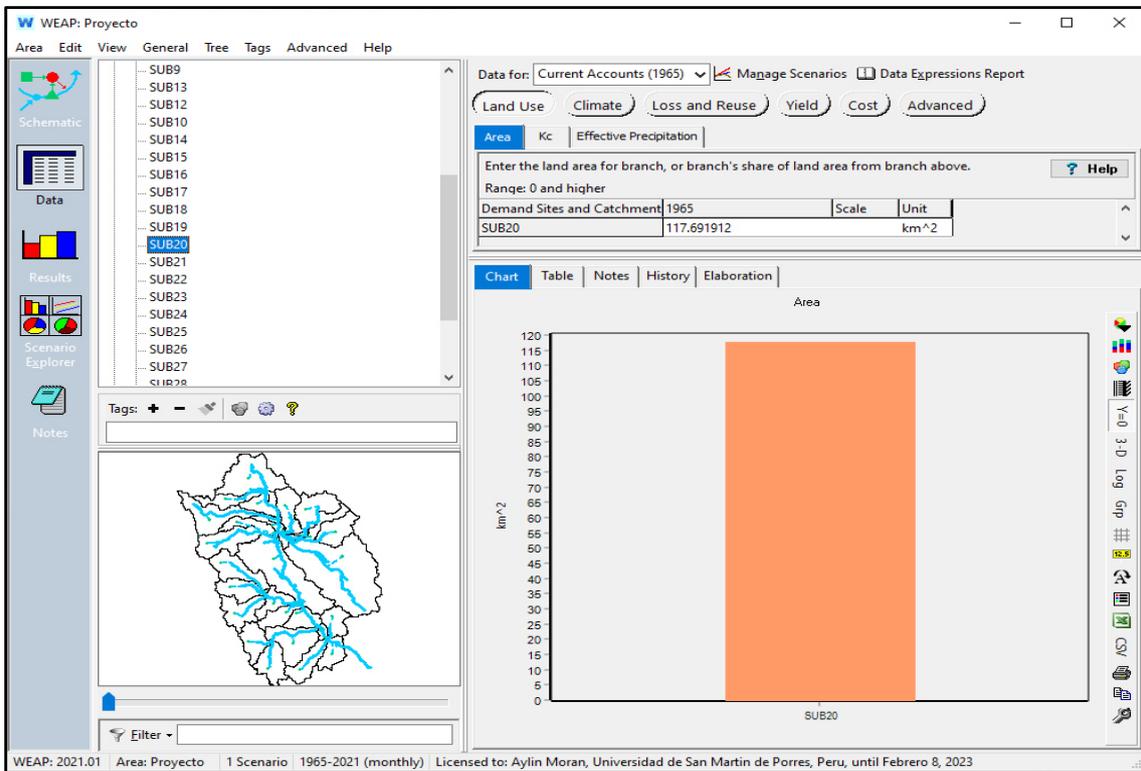
- Subcuenca 18



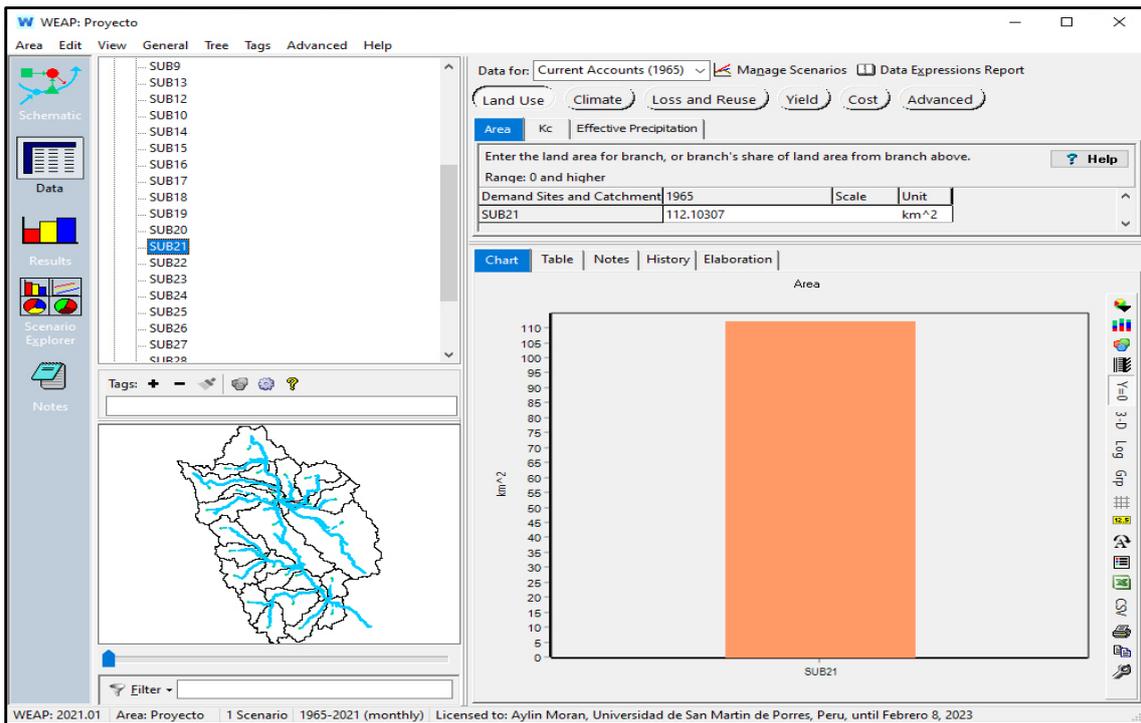
- Subcuenca 19



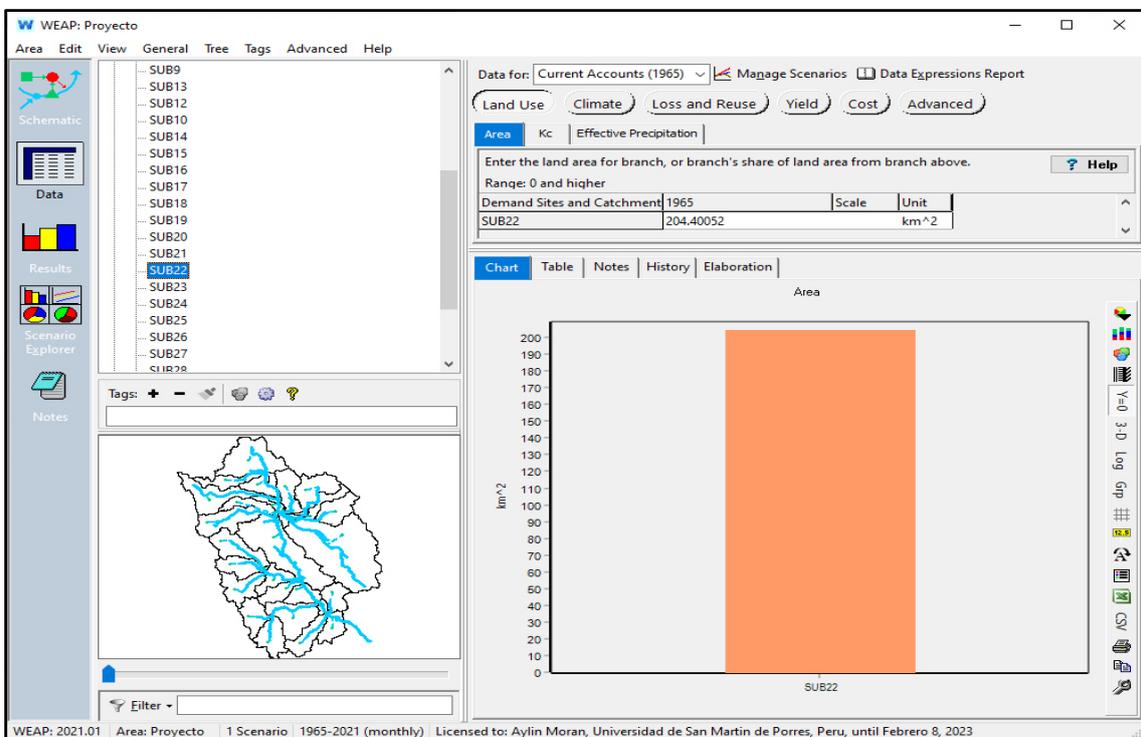
- Subcuenca 20



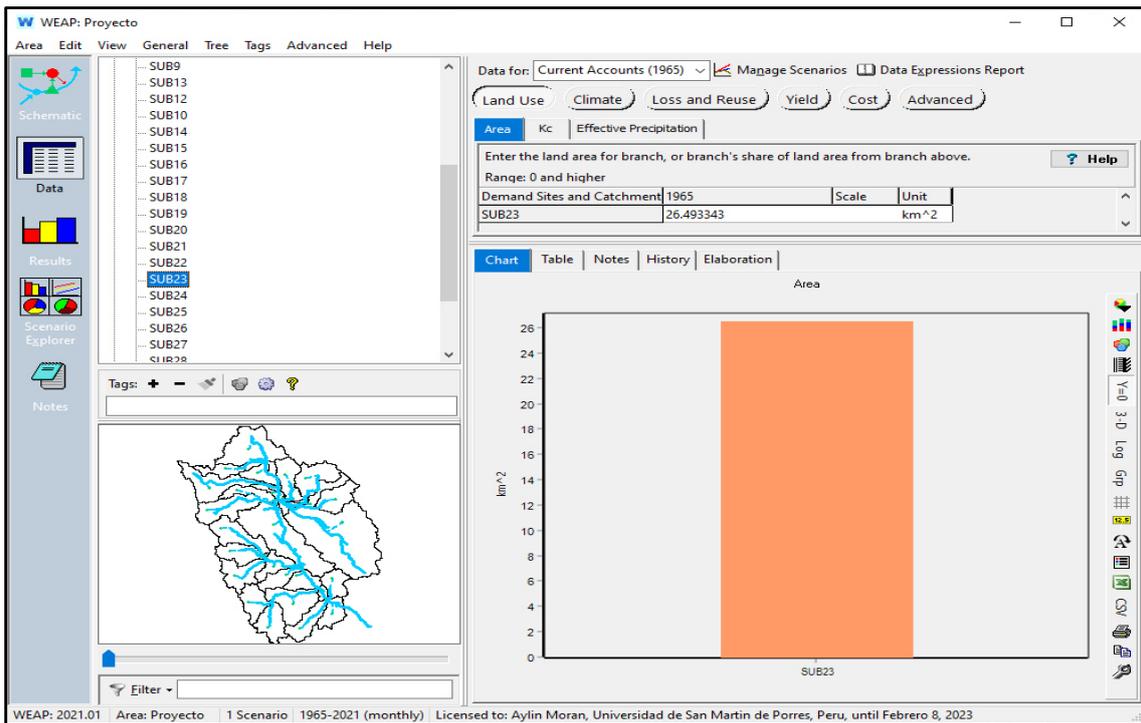
- Subcuenca 21



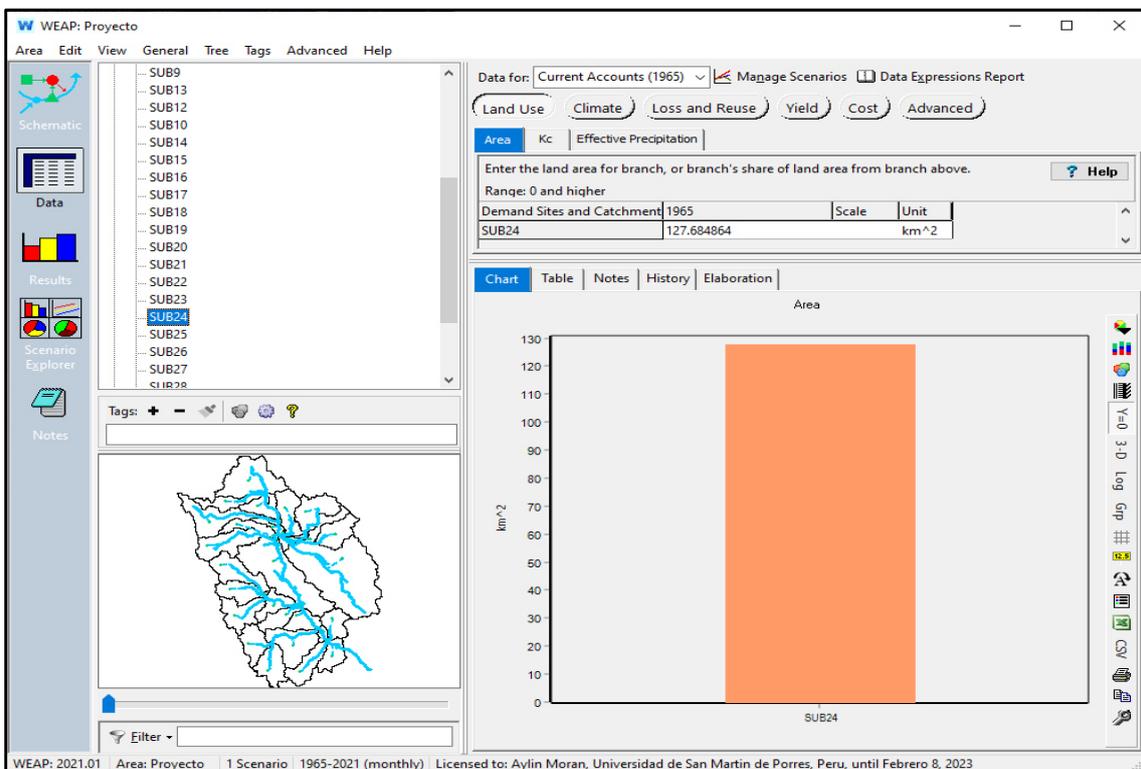
- Subcuenca 22



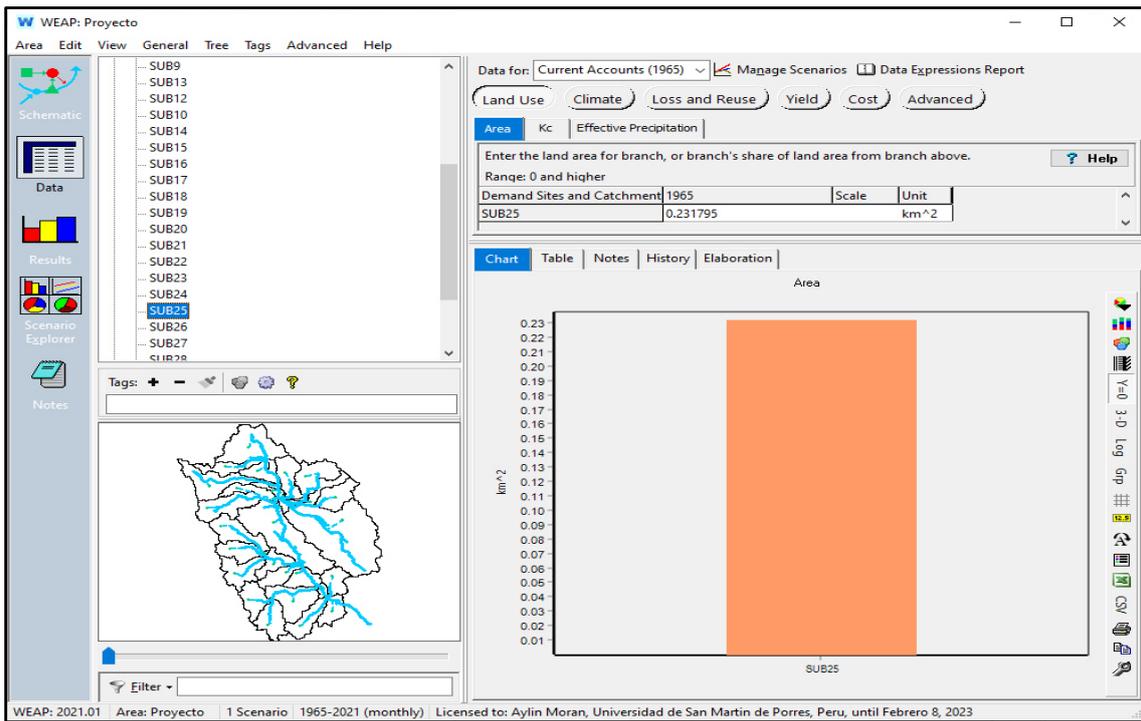
- Subcuenca 23



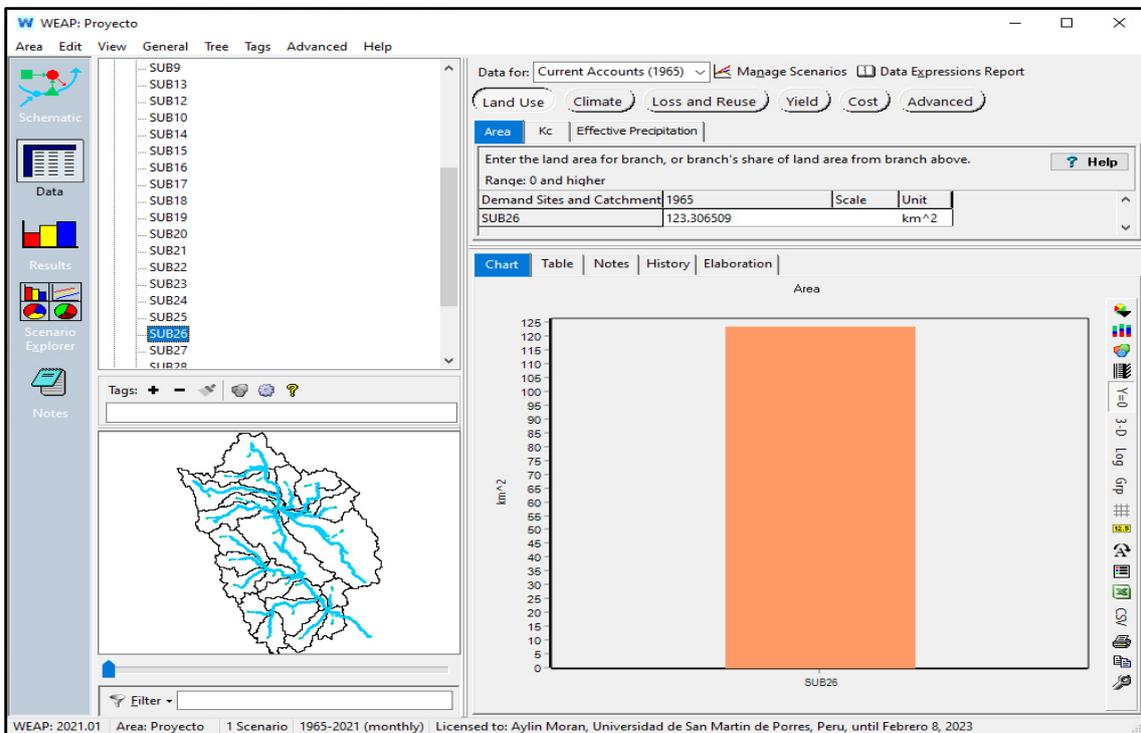
- Subcuenca 24



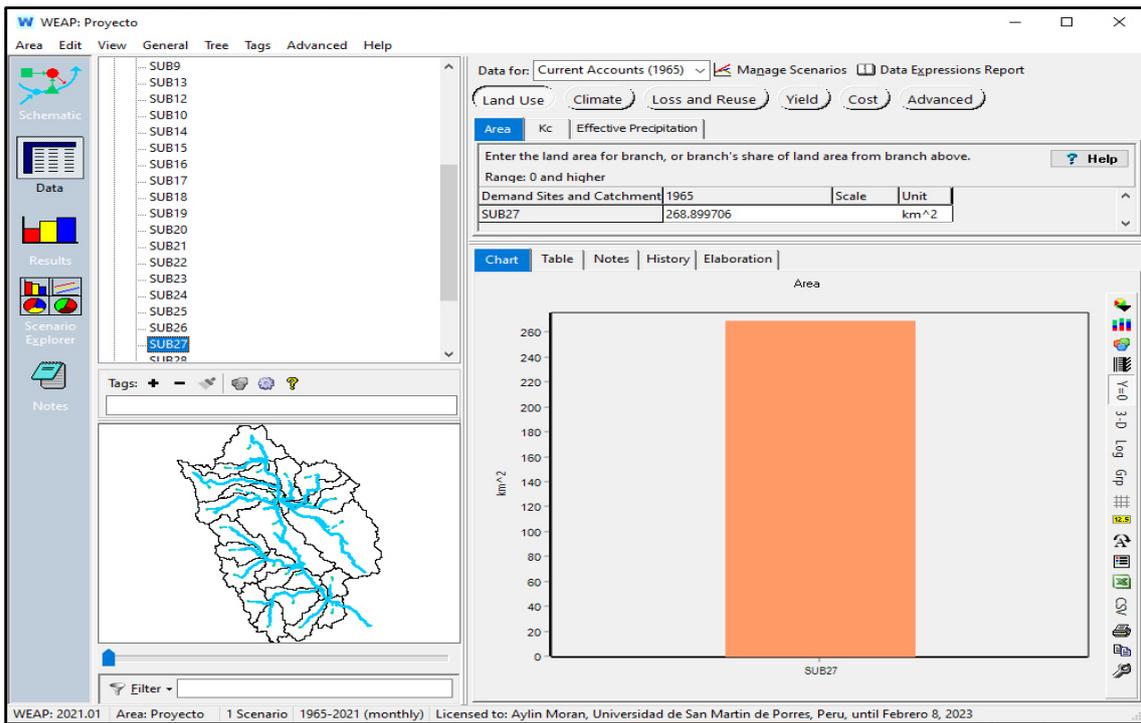
- Subcuenca 25



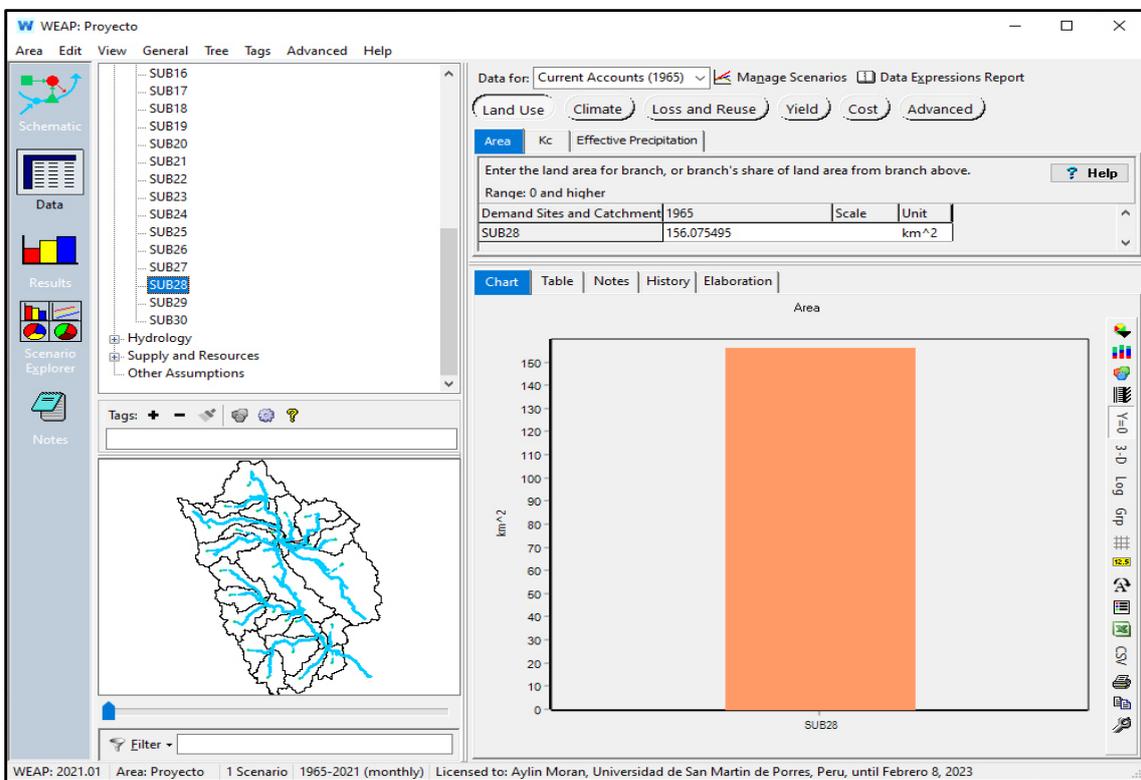
- Subcuenca 26



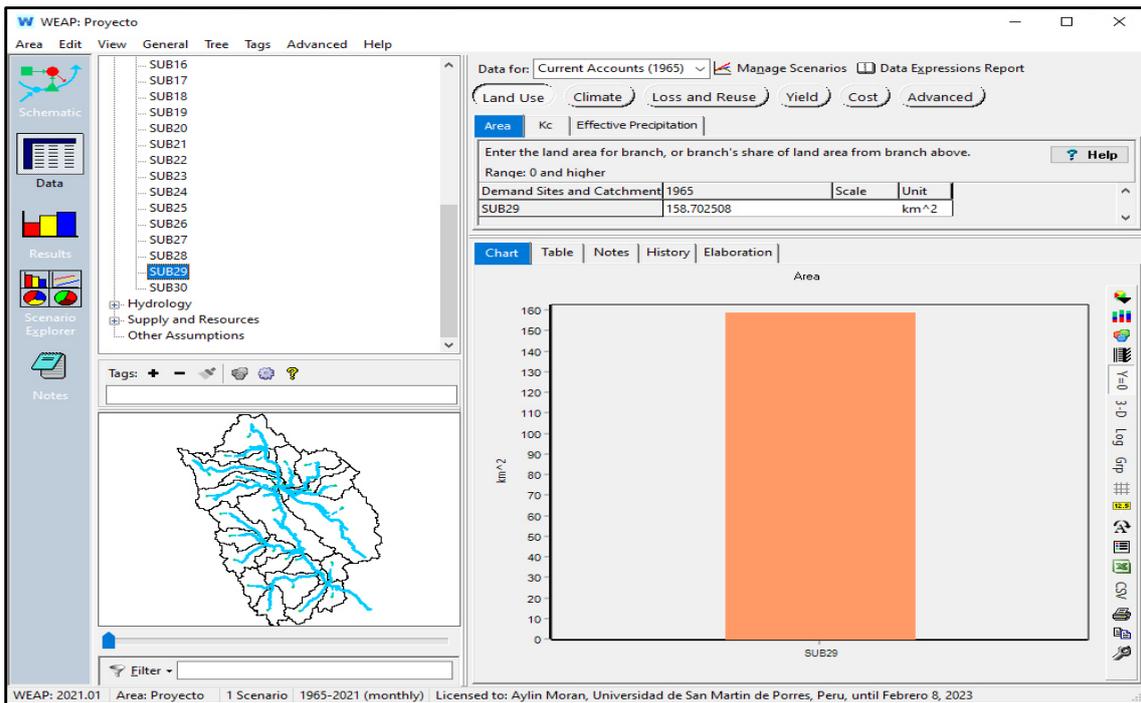
- Subcuenca 27



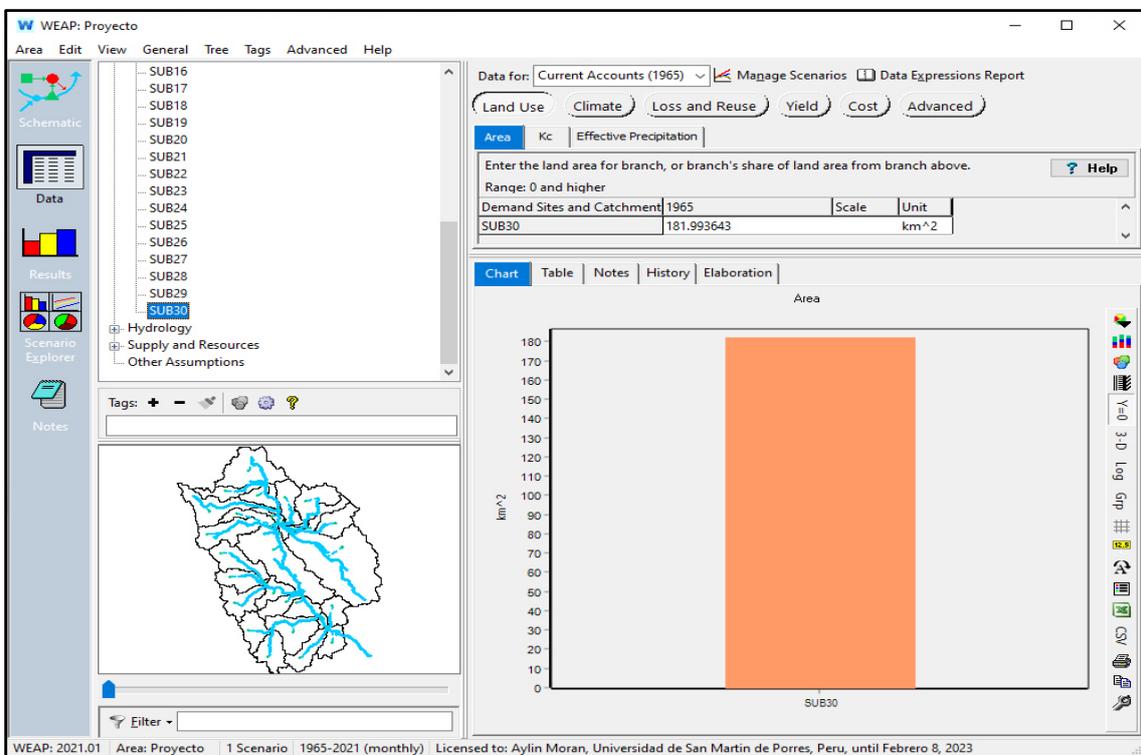
- Subcuenca 28



- Subcuenca 29

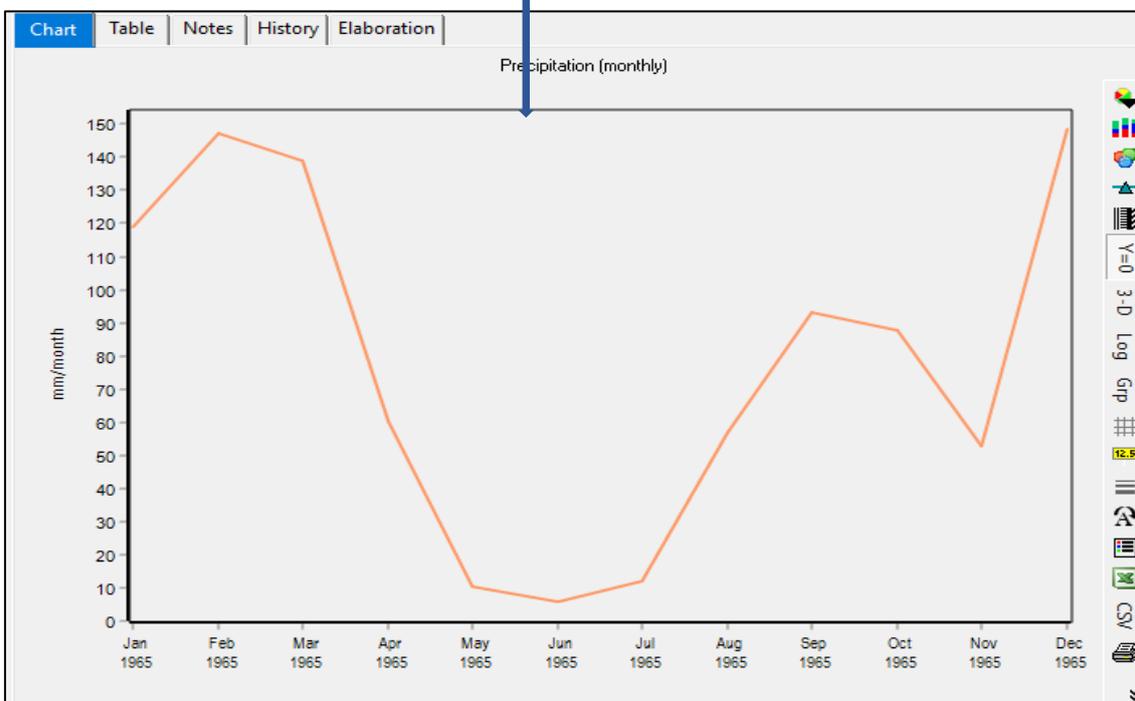
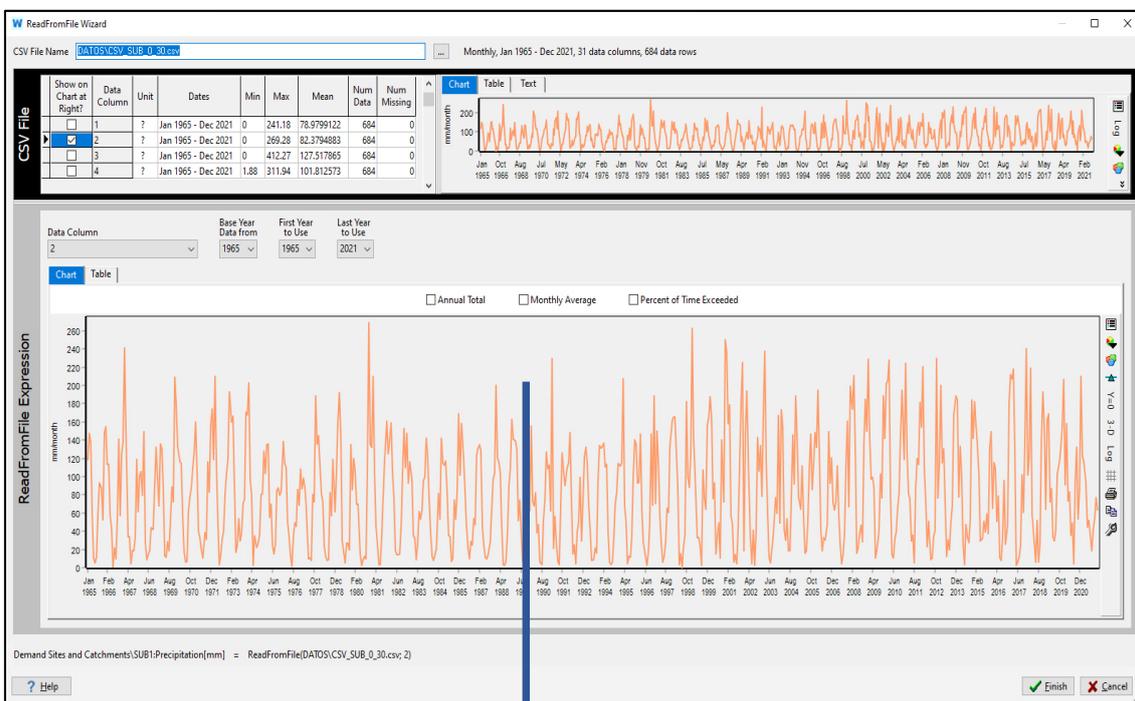


- Subcuenca 30

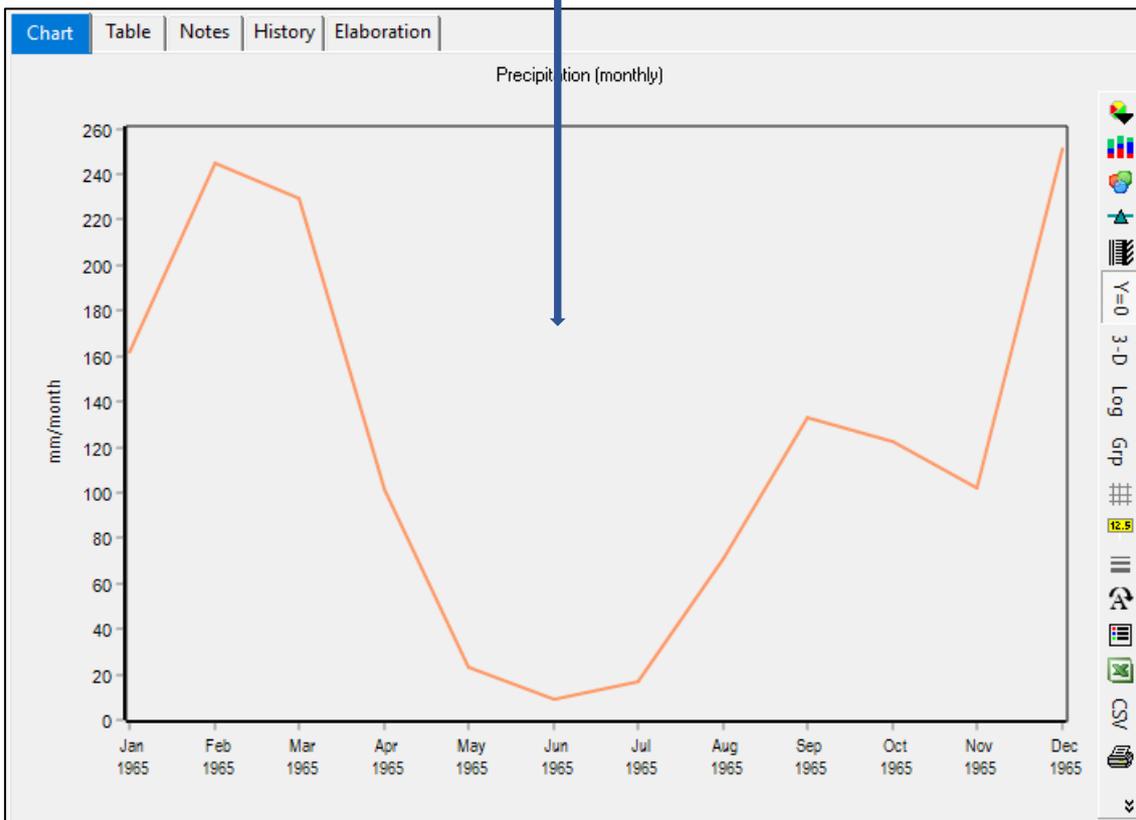
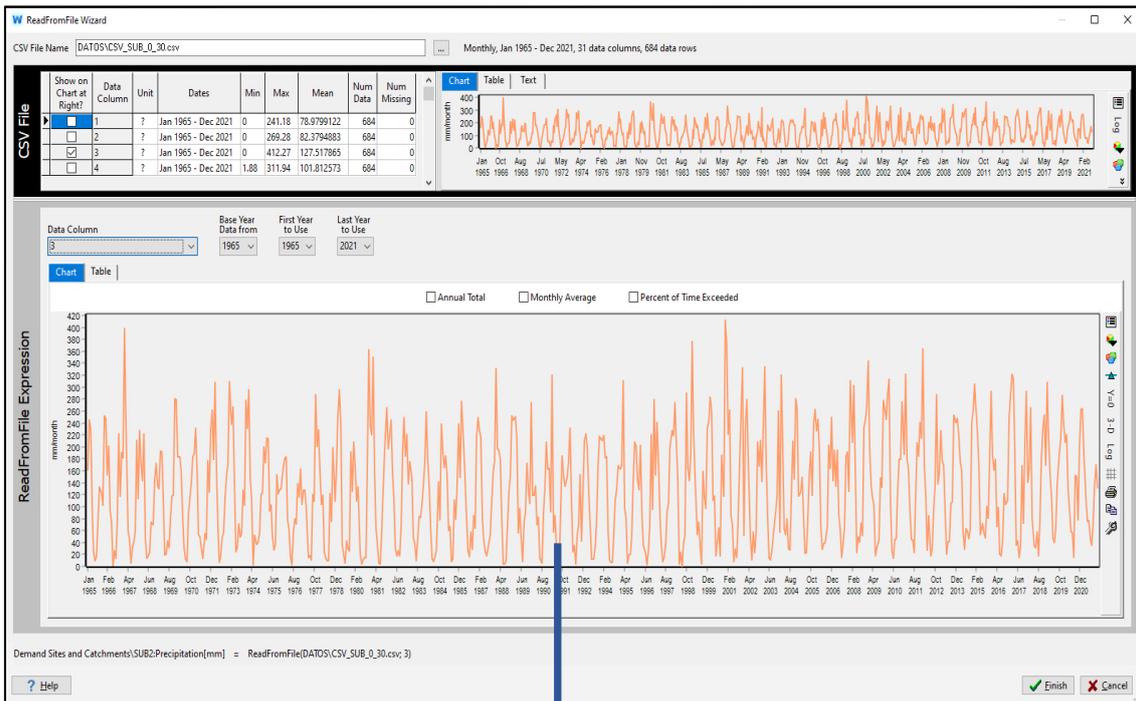


## Anexo 7: Precipitaciones

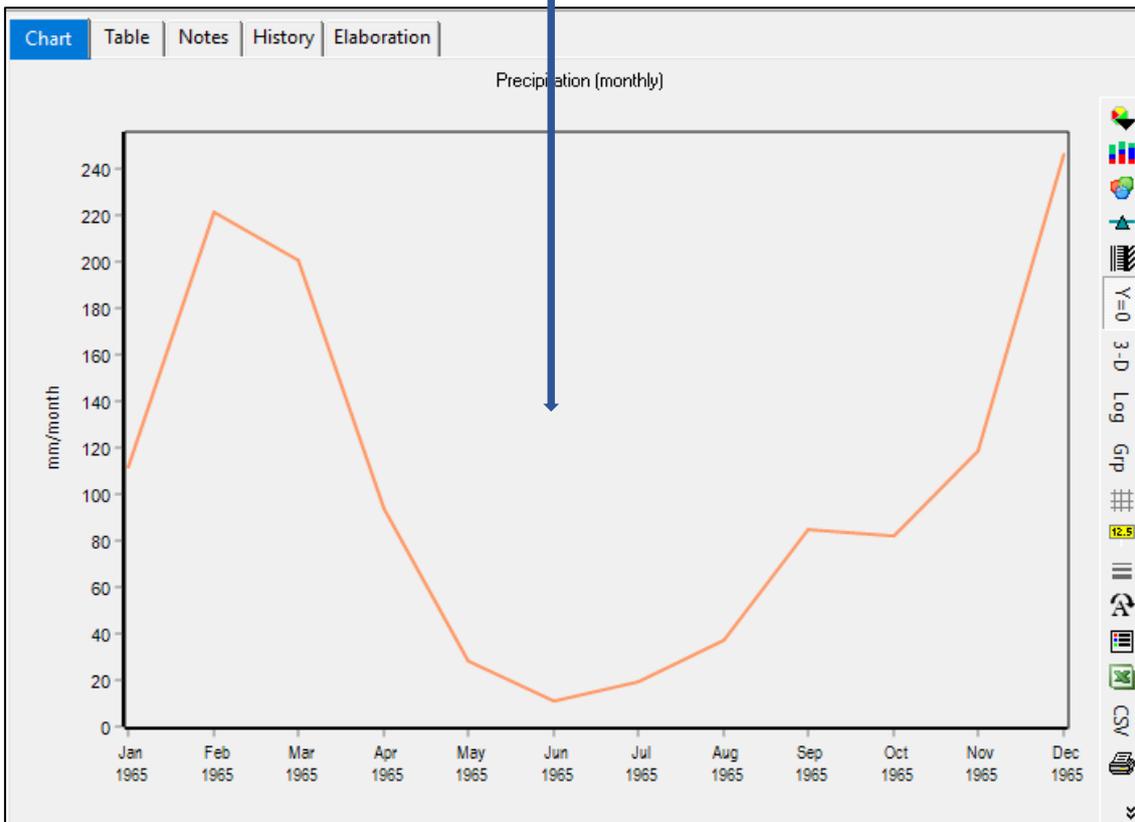
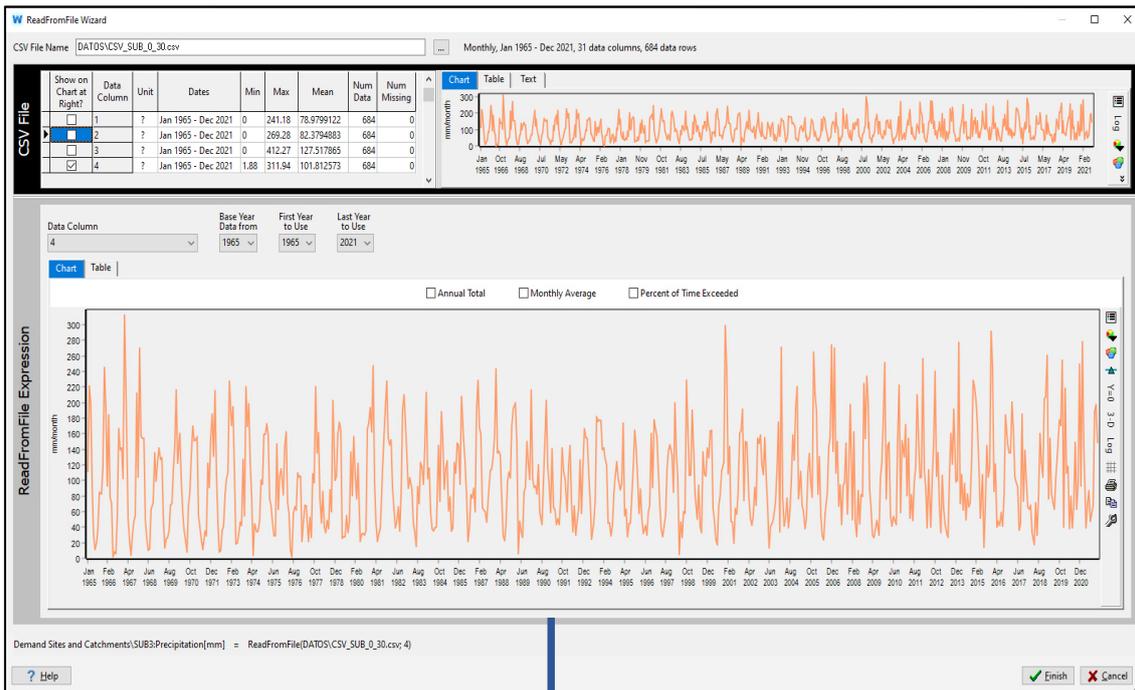
- Subcuenca 1



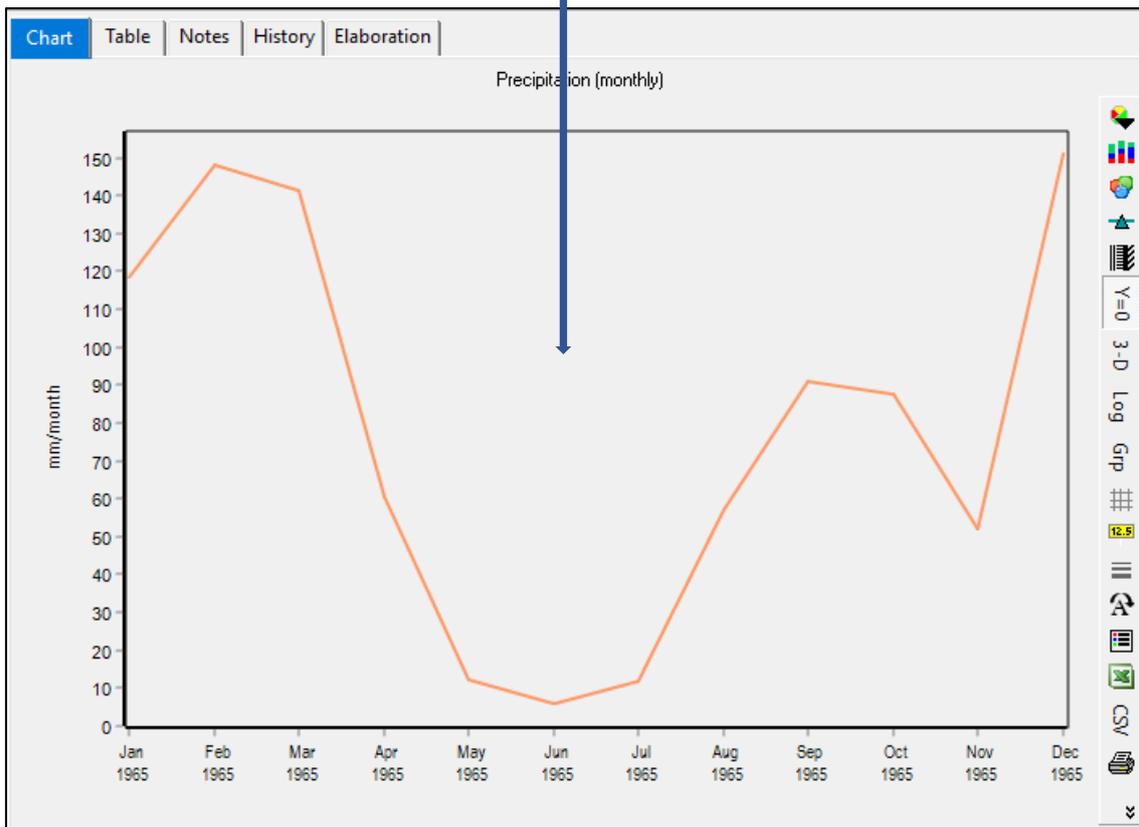
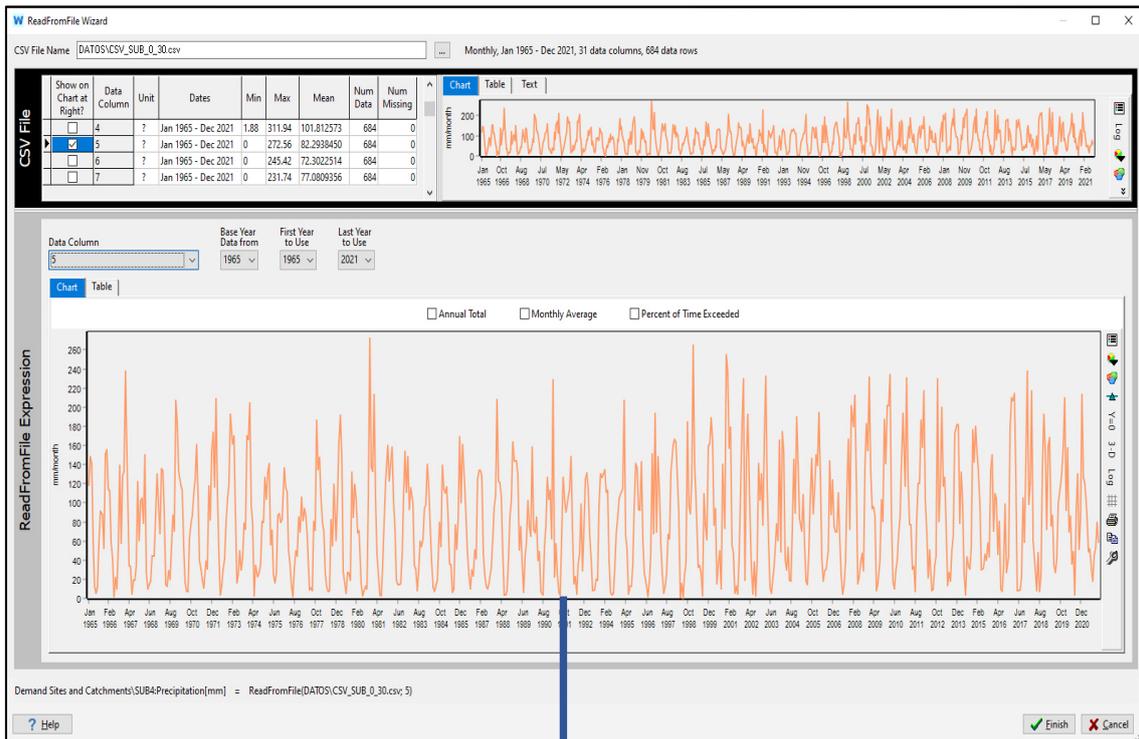
- Subcuenca 2



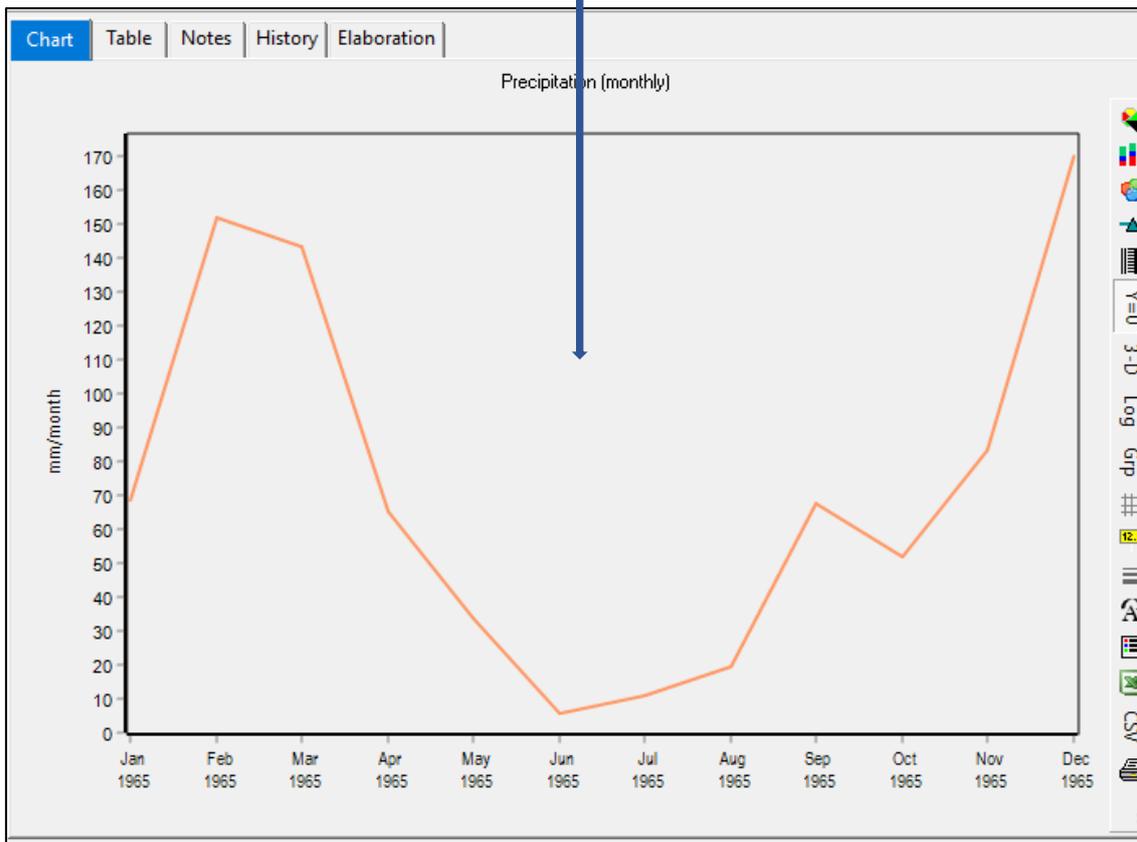
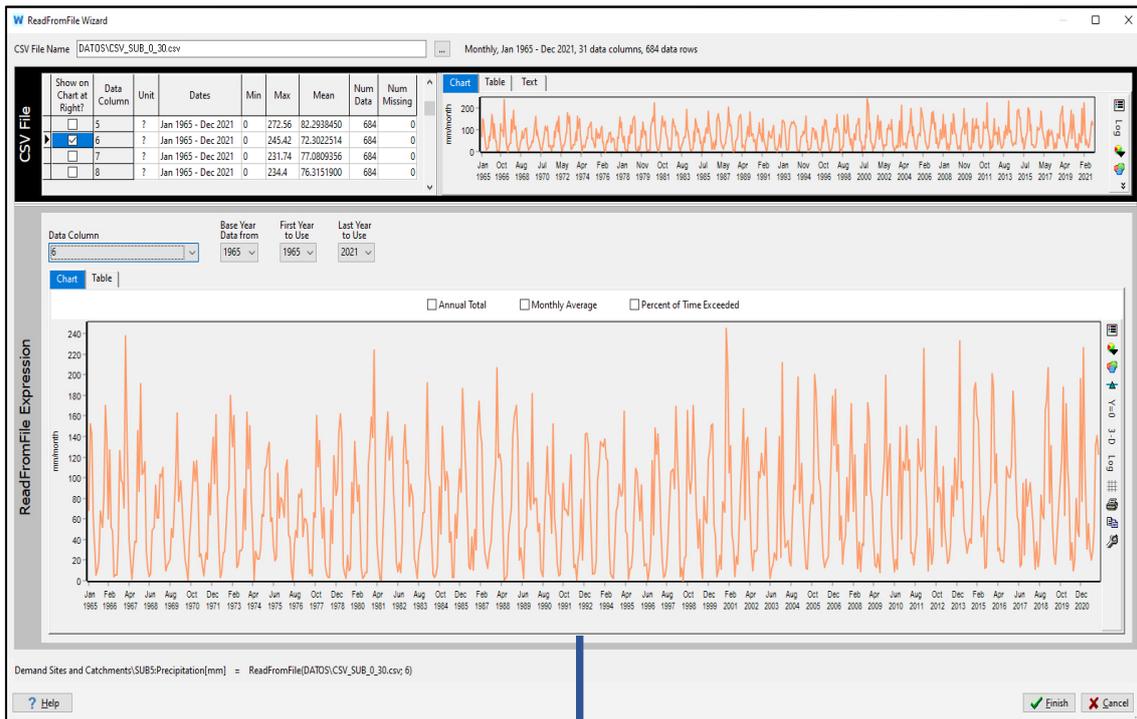
- Subcuenca 3



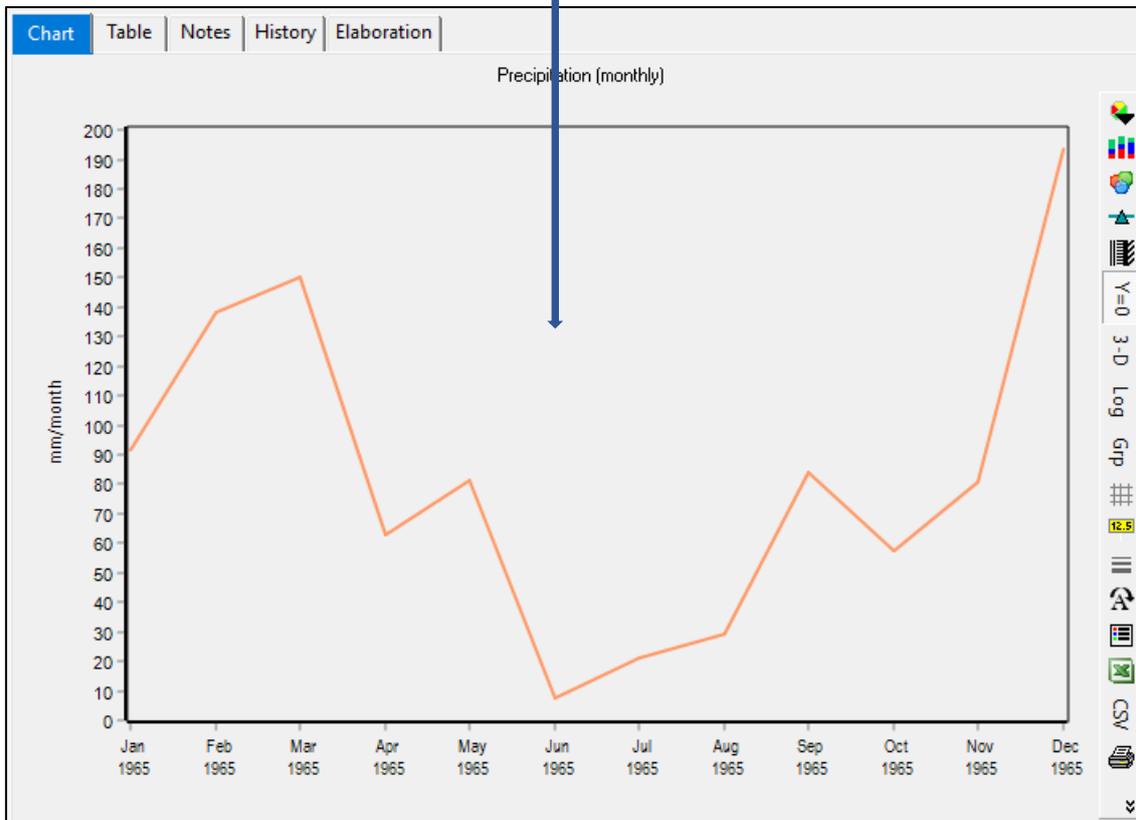
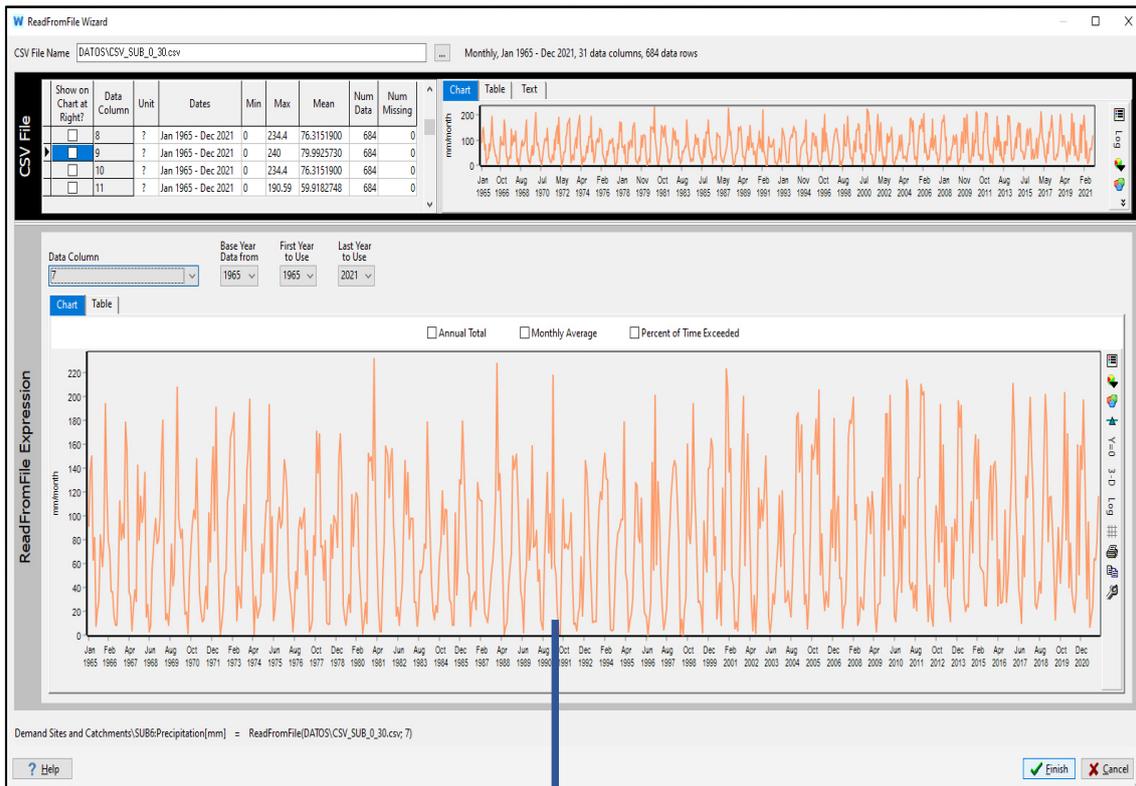
- Subcuenca 4



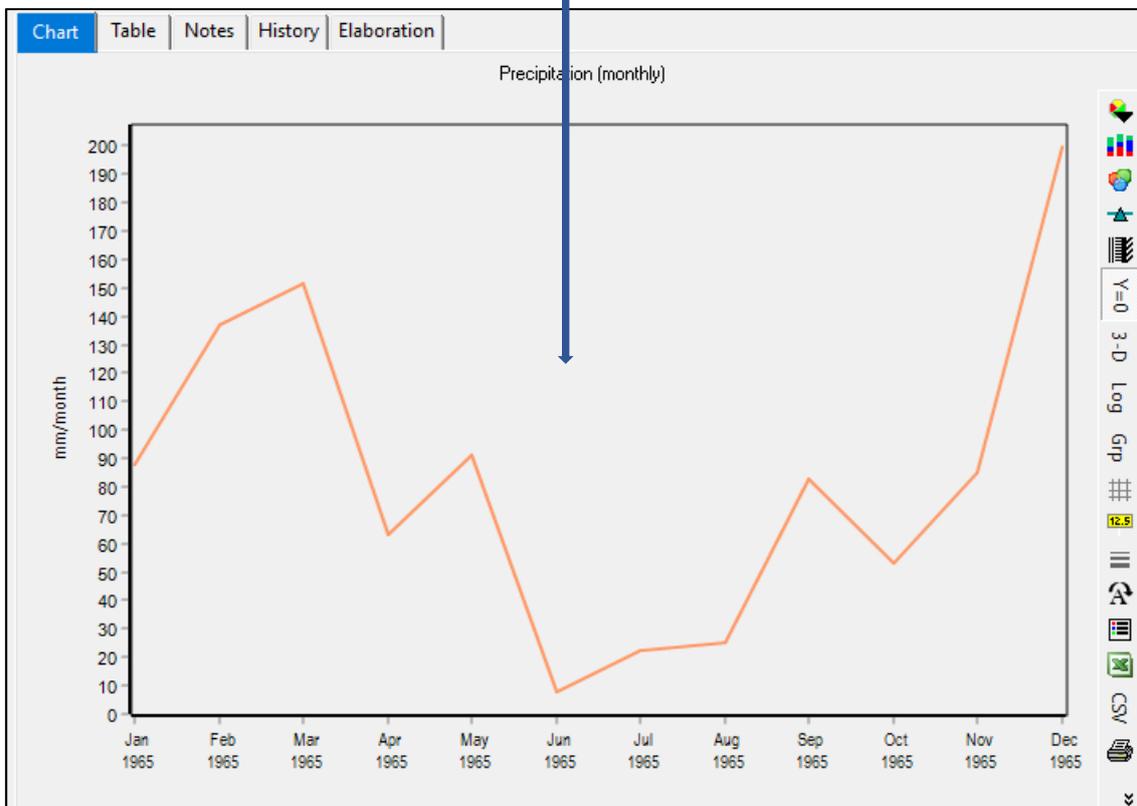
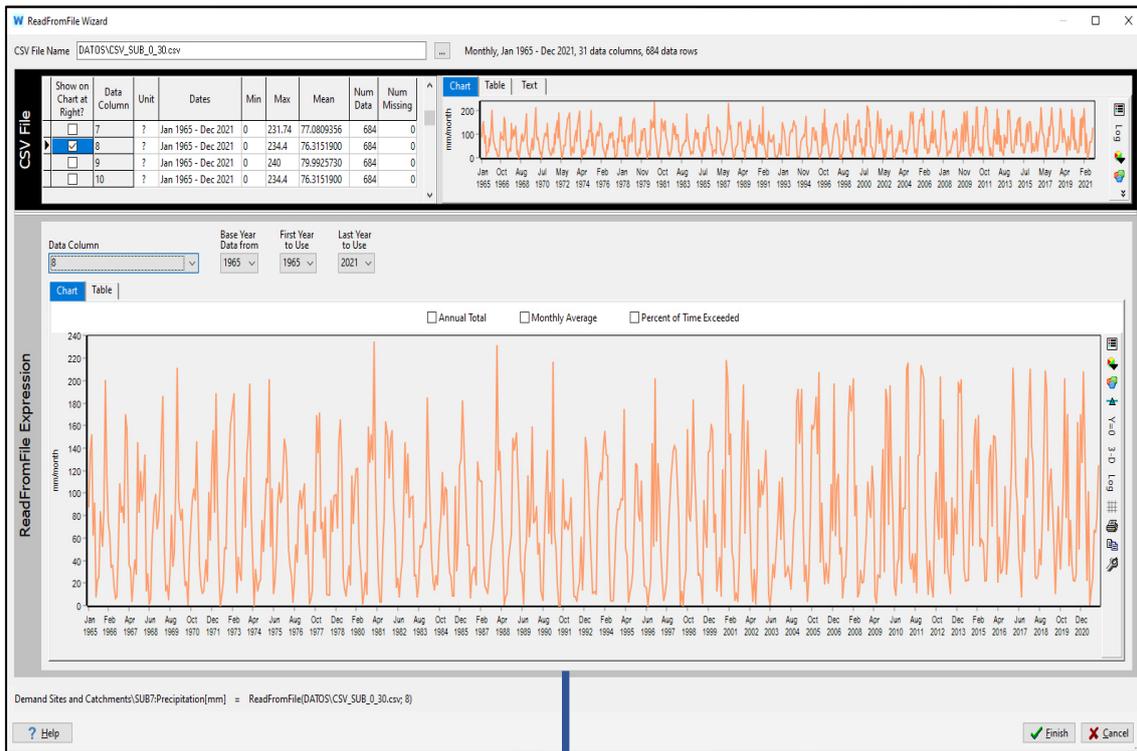
- Subcuenca 5



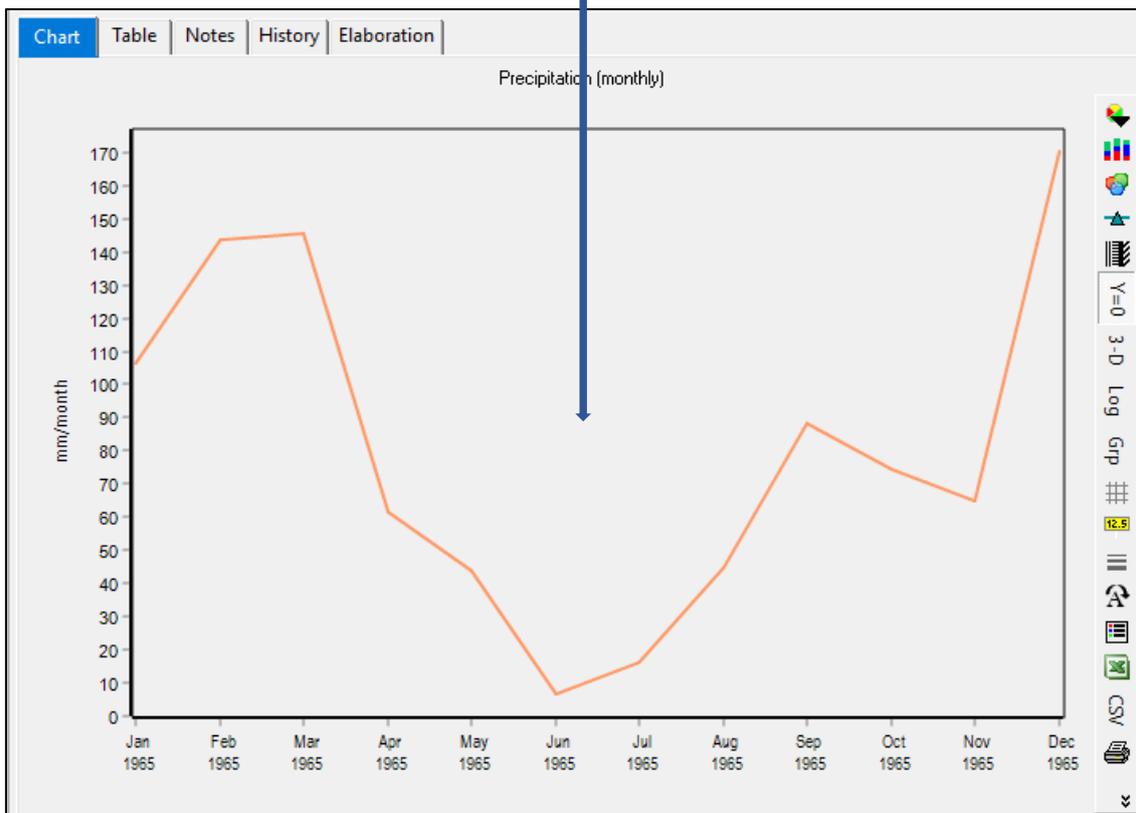
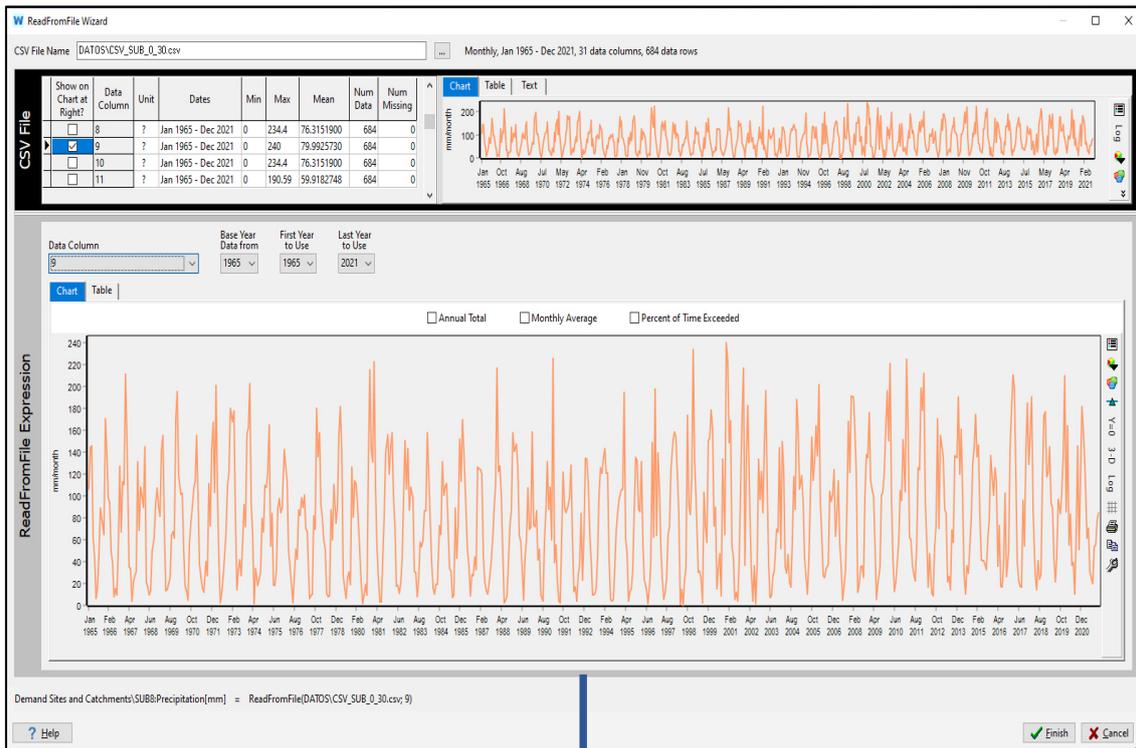
- Subcuenca 6



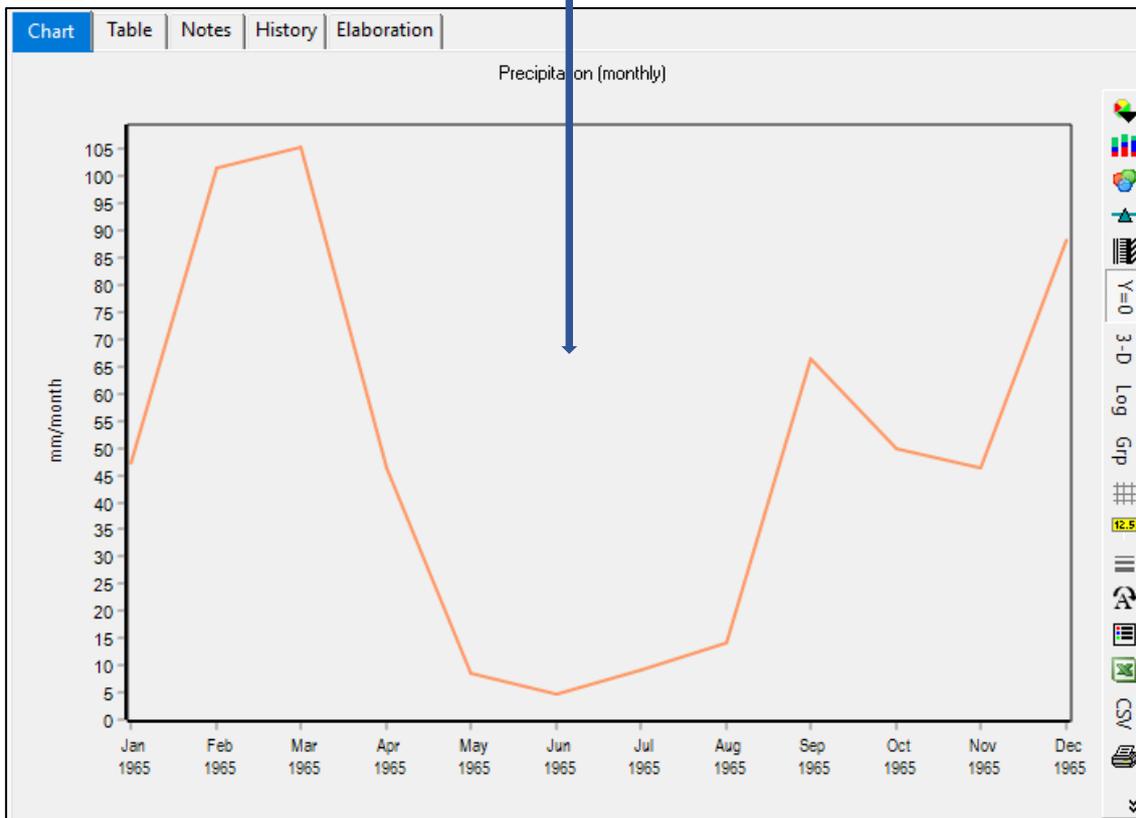
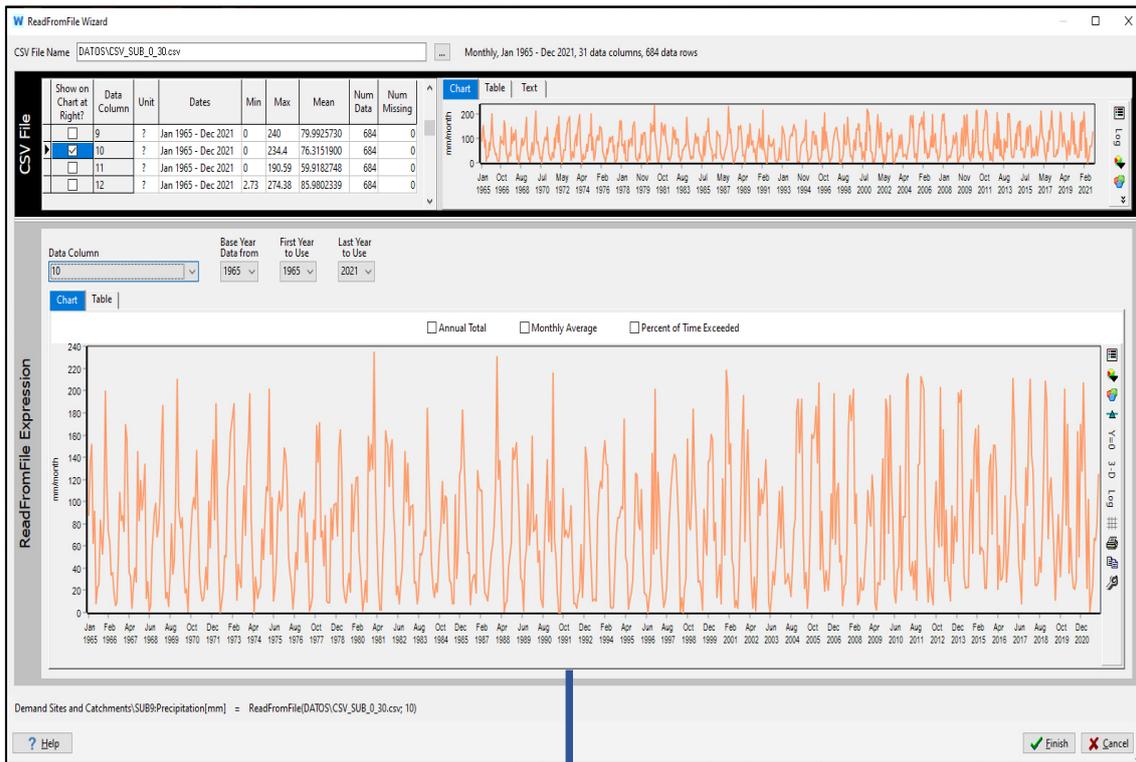
- Subcuenca 7



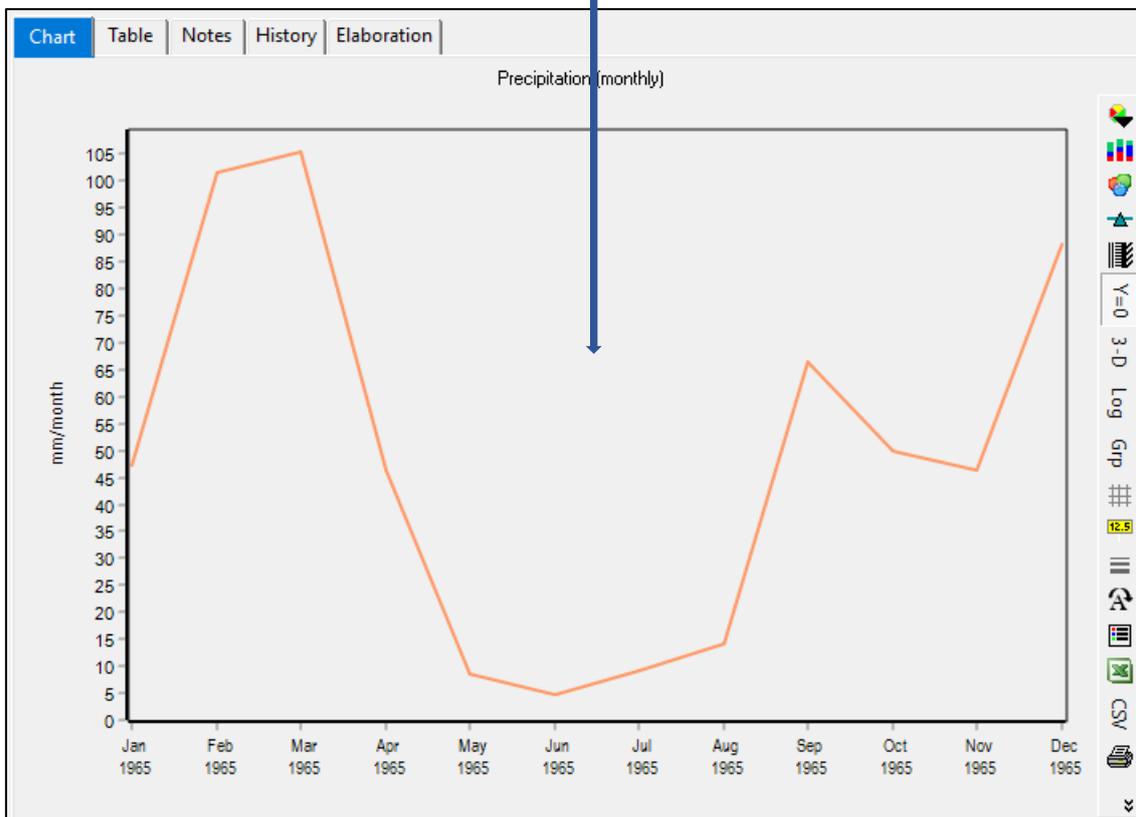
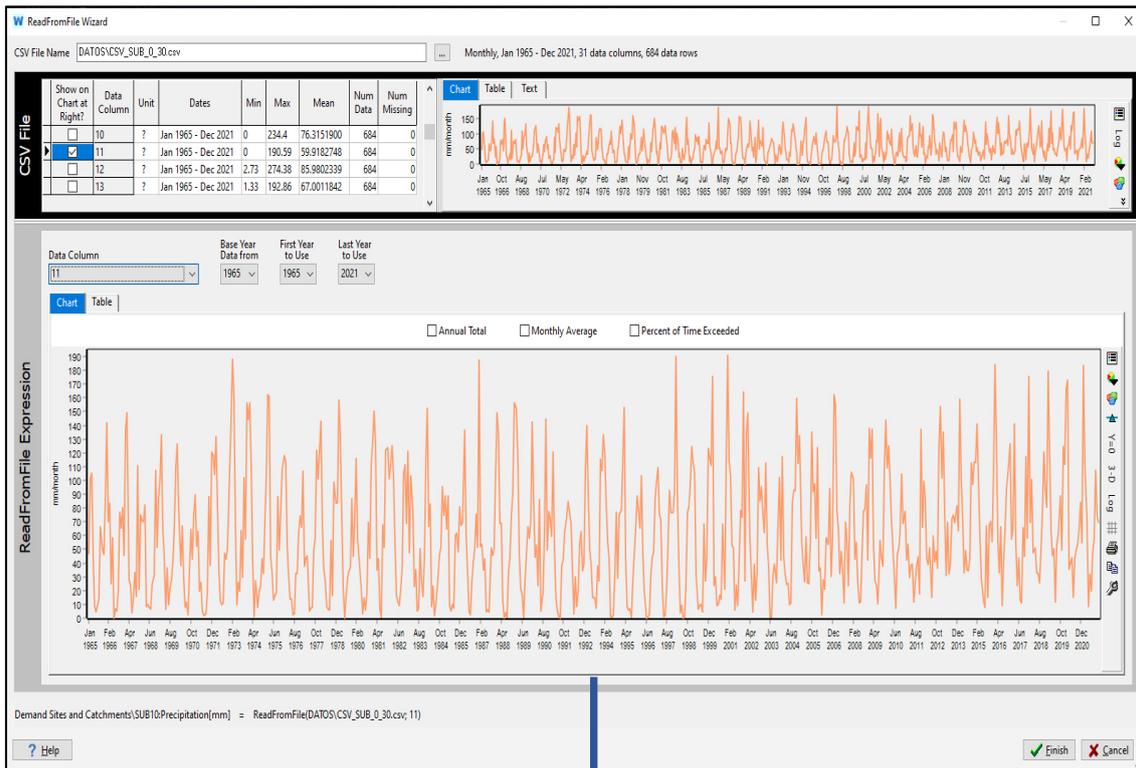
- Subcuenca 8



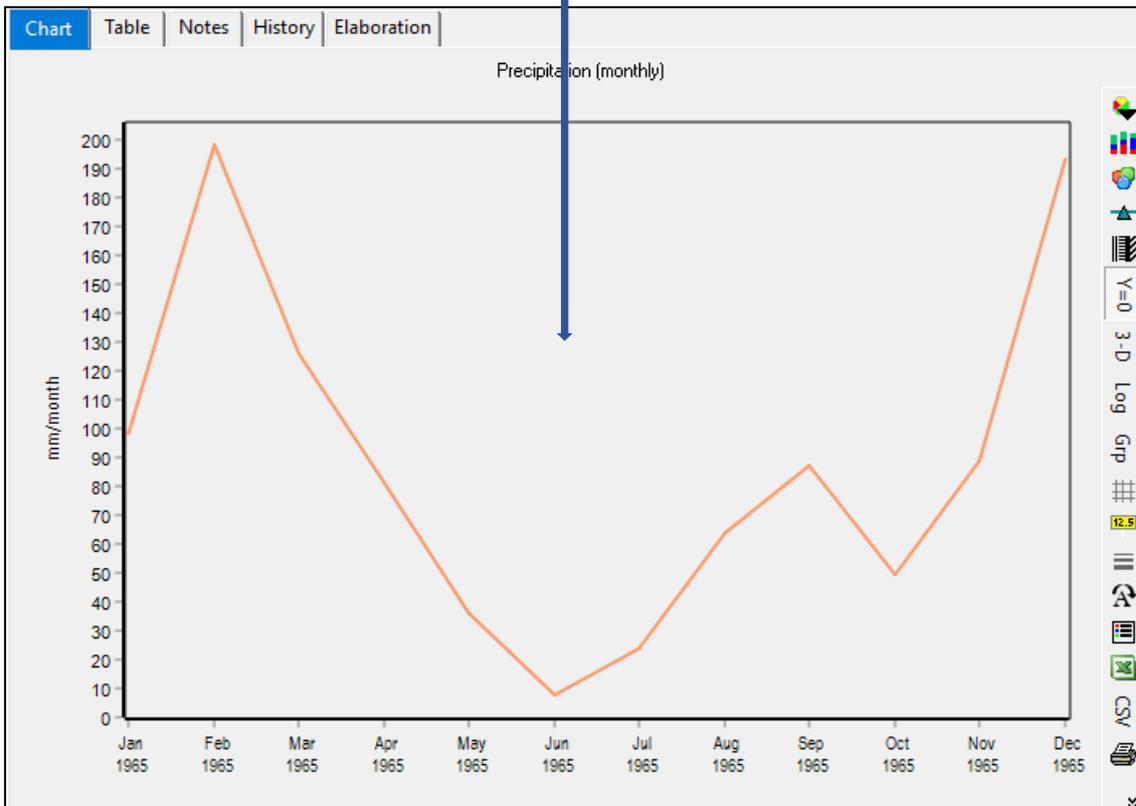
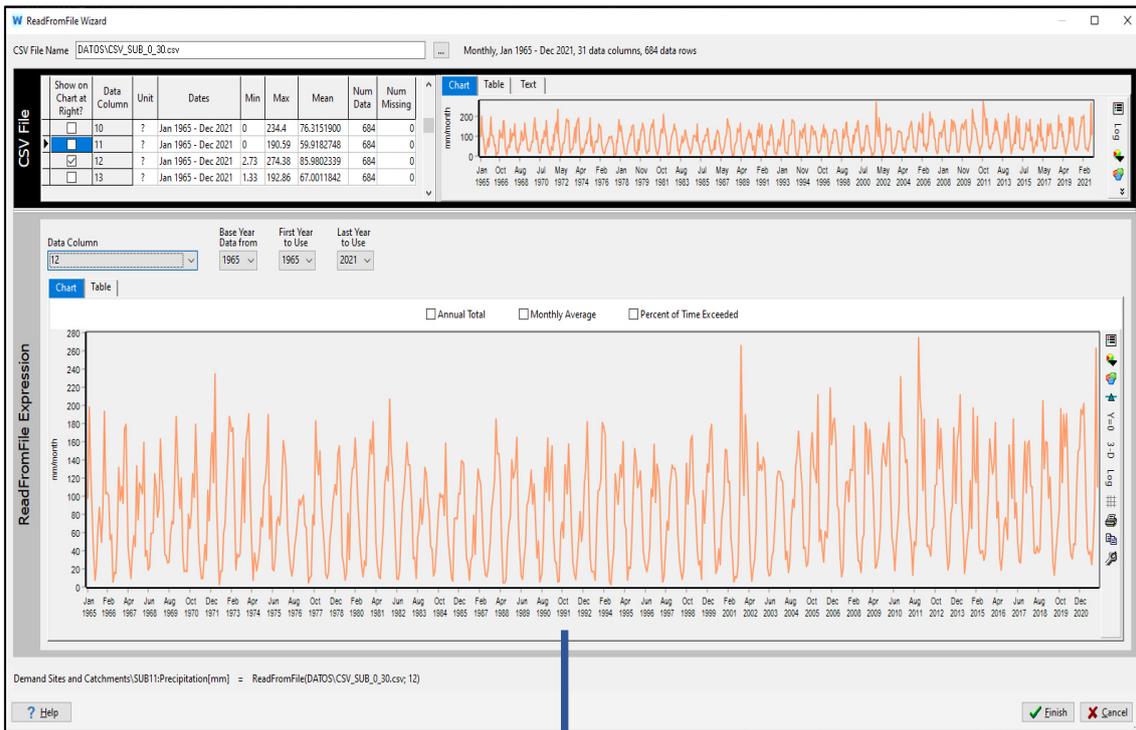
- Subcuenca 9



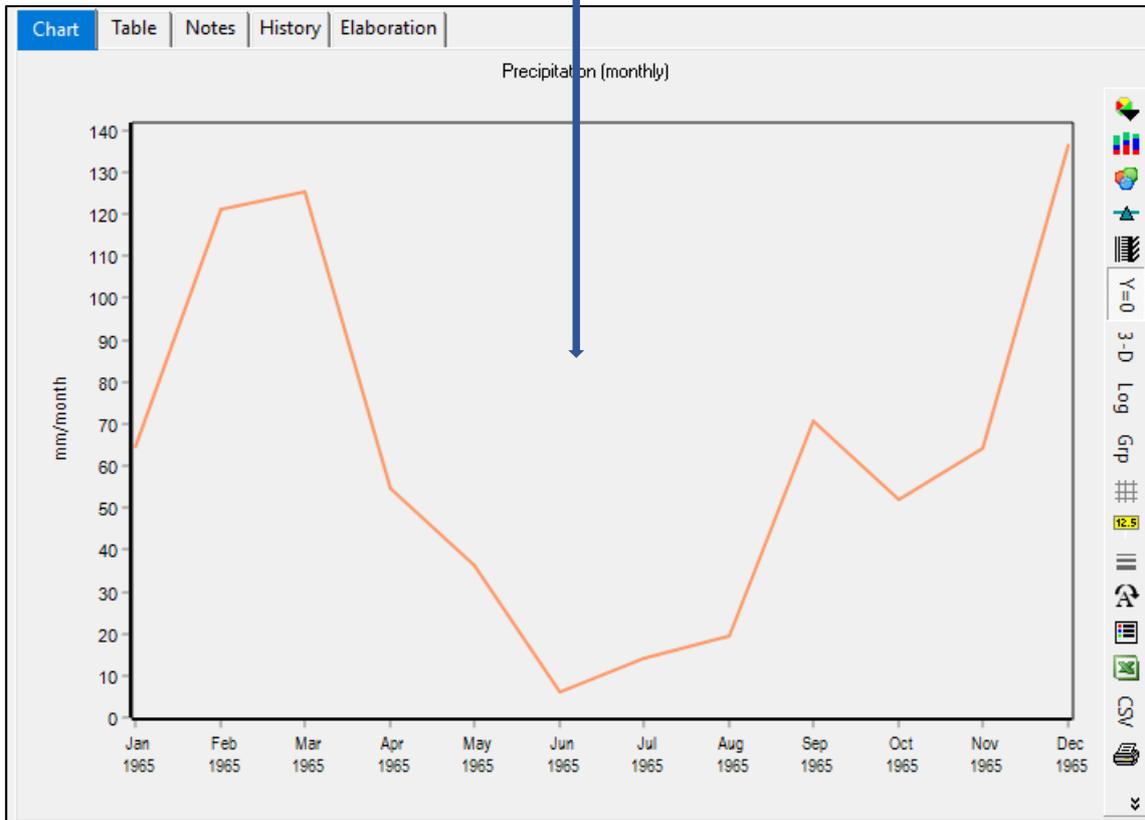
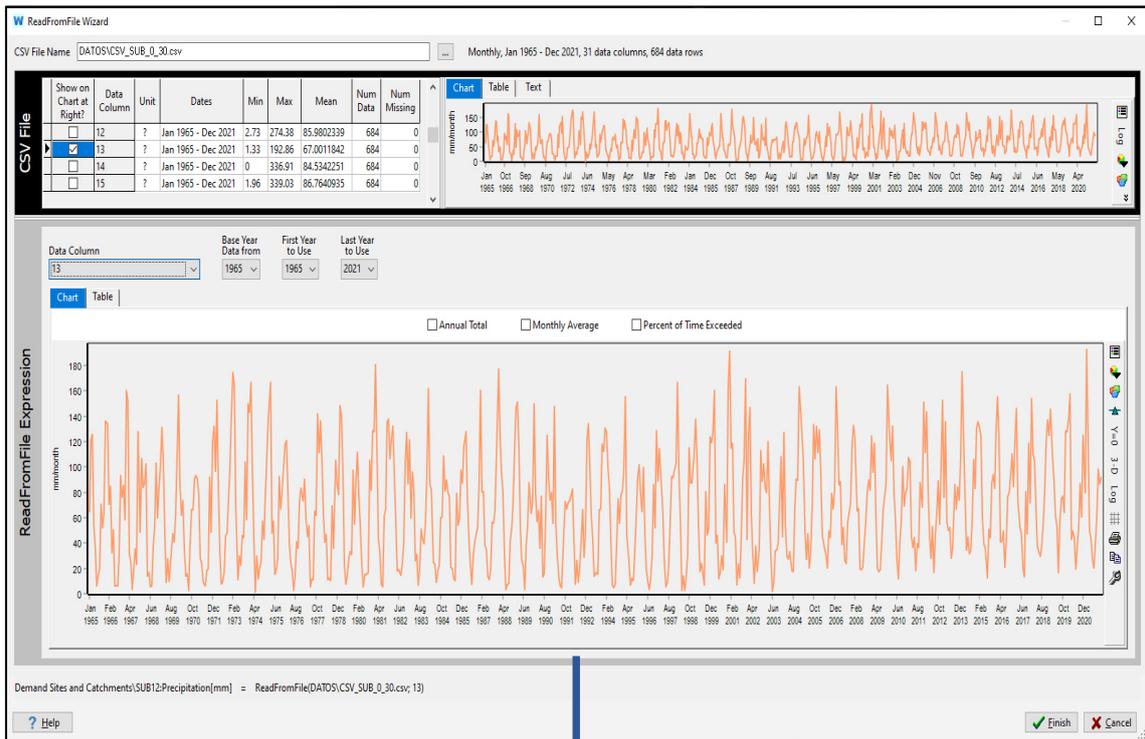
- Subcuenca 10



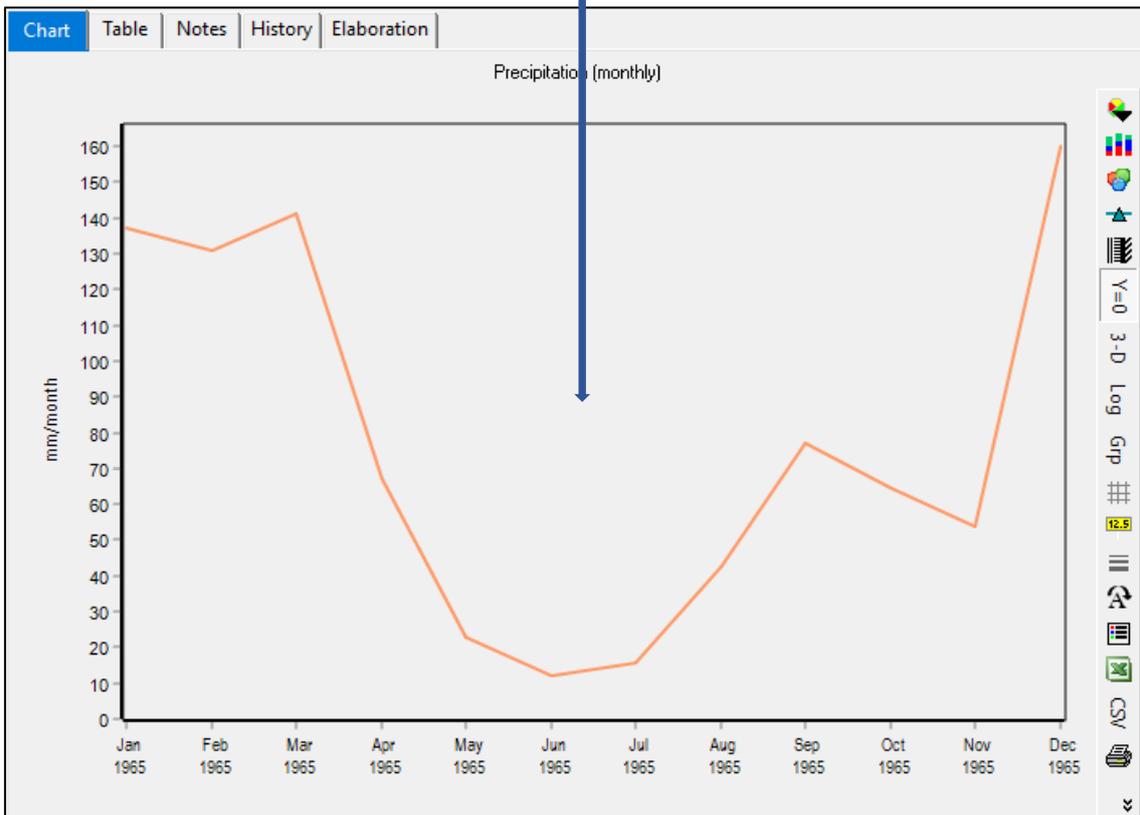
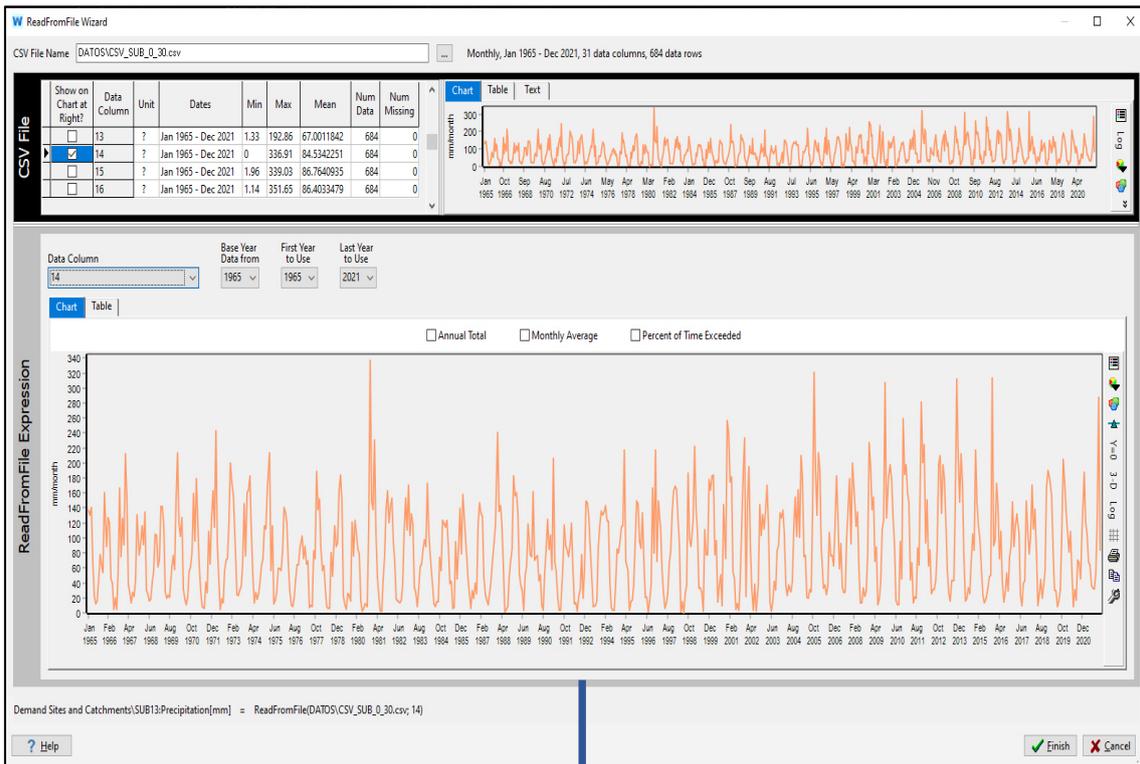
- Subcuenca 11



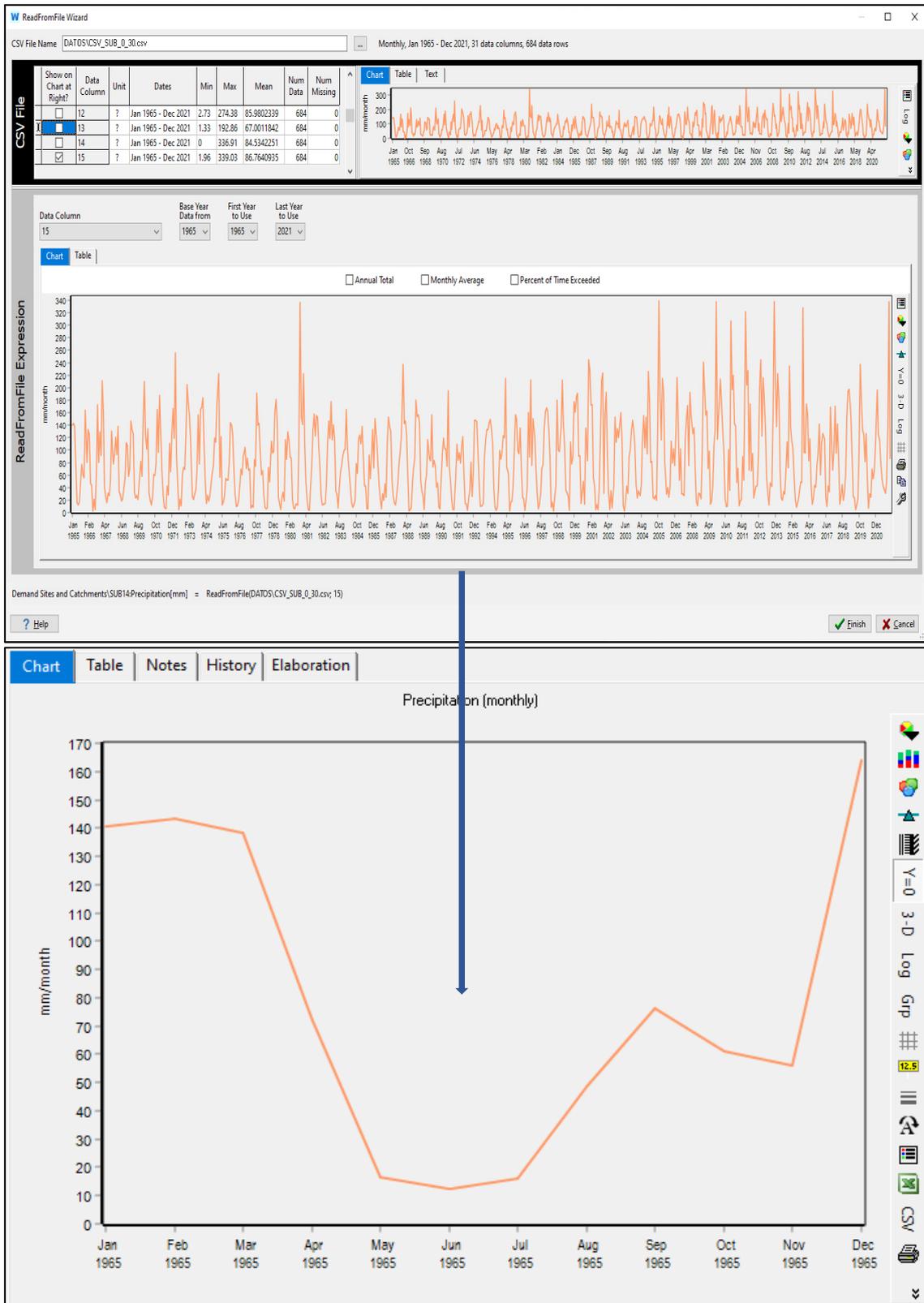
- Subcuenca 12



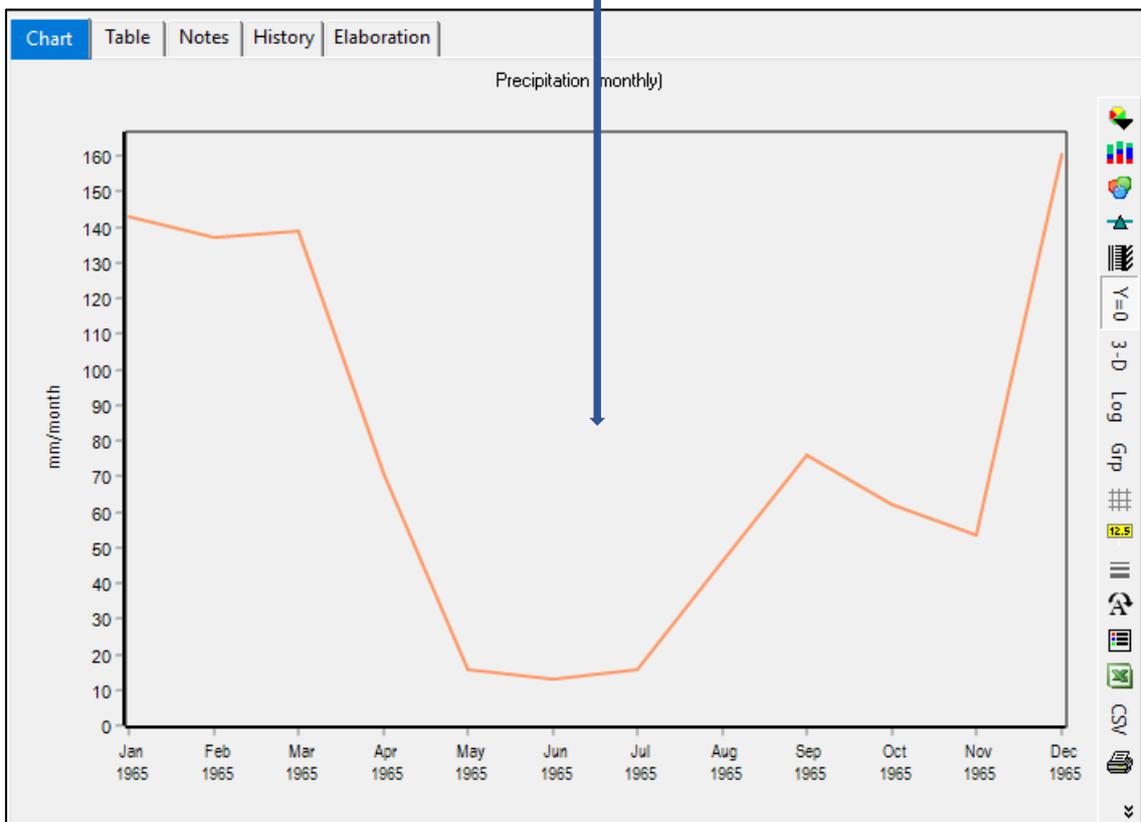
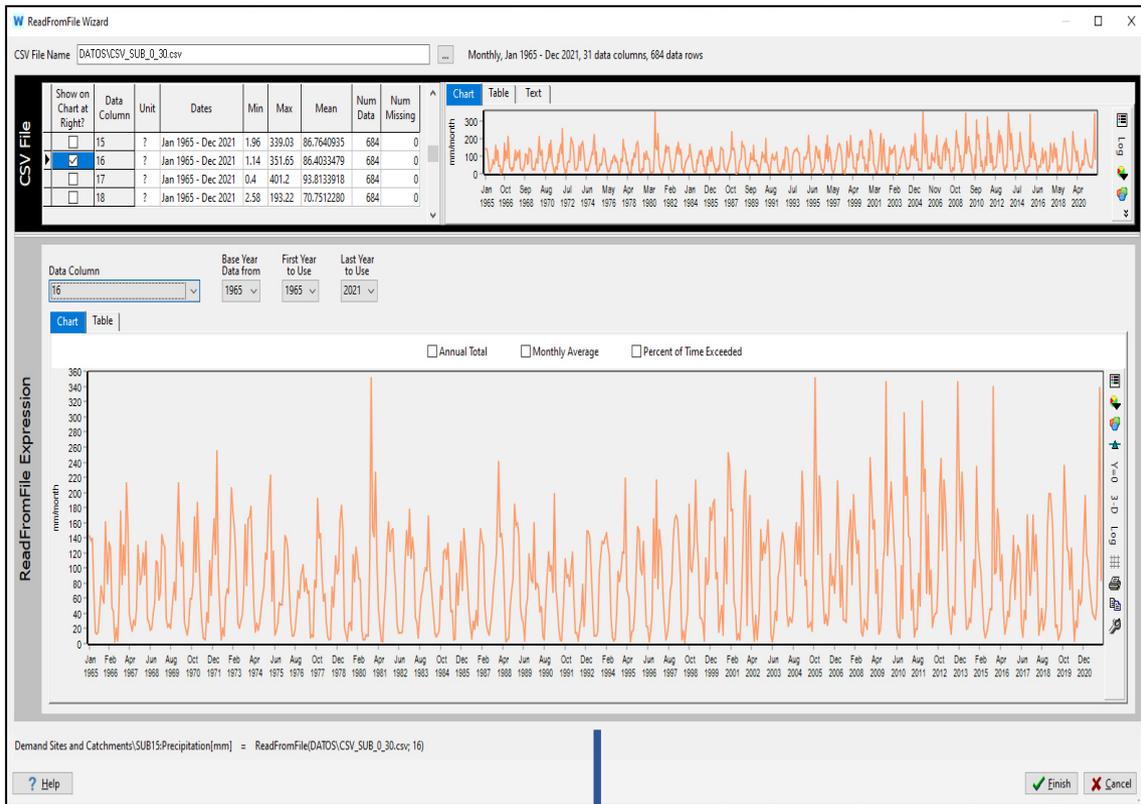
- Subcuenca 13



- Subcuenca 14



- Subcuenca 15



- Subcuenca 16

ReadFromFile Wizard

CSV File Name: DATOS\CSV\_SUB\_0\_30.csv Monthly, Jan 1965 - Dec 2021, 31 data columns, 684 data rows

Show on Chart at Right?	Data Column	Unit	Dates	Min	Max	Mean	Num Data	Num Missing
<input type="checkbox"/>	15	?	Jan 1965 - Dec 2021	1.96	339.03	86.7640935	684	0
<input checked="" type="checkbox"/>	16	?	Jan 1965 - Dec 2021	1.14	351.65	86.4033479	684	0
<input checked="" type="checkbox"/>	17	?	Jan 1965 - Dec 2021	0.4	401.2	93.8133918	684	0
<input type="checkbox"/>	18	?	Jan 1965 - Dec 2021	2.58	193.22	70.7512280	684	0

Data Column: 17 Base Year Data from: 1965 First Year to Use: 1965 Last Year to Use: 2021

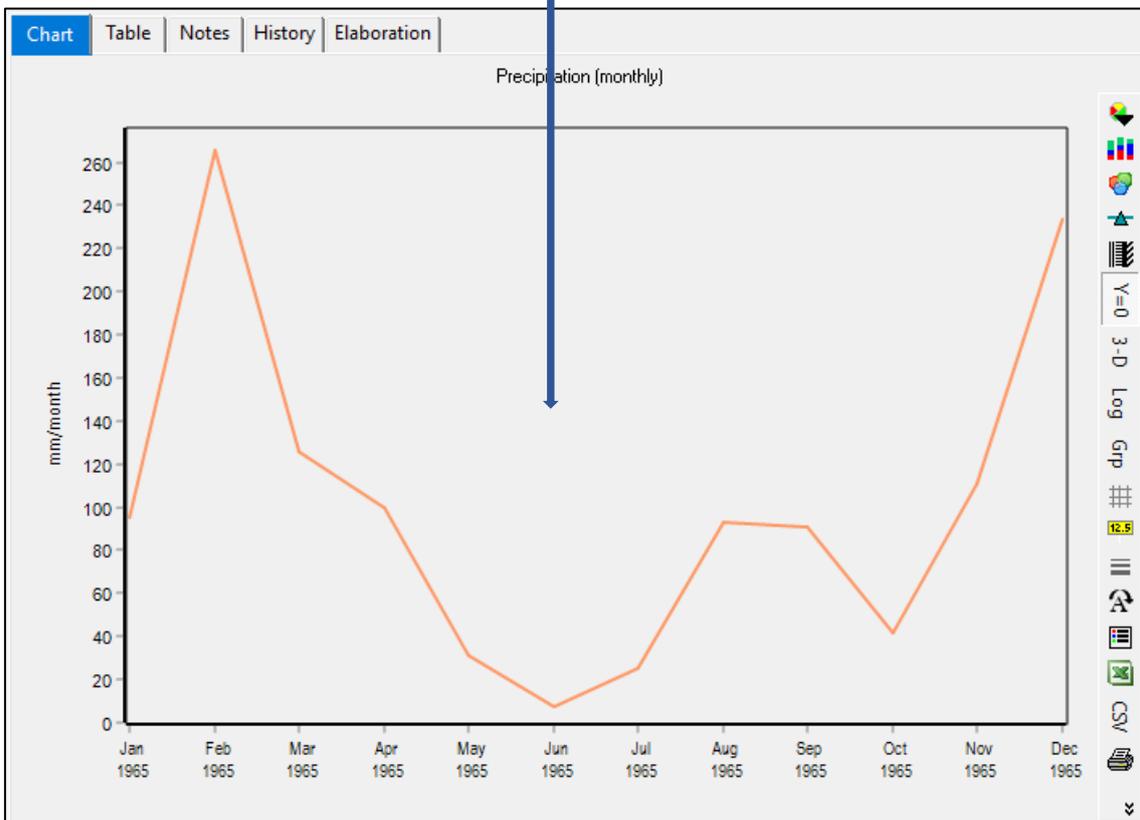
Chart Table

Annual Total  Monthly Average  Percent of Time Exceeded

ReadFromFile Expression

Demand Sites and Catchments\SUB16\Precipitation[mm] = ReadFromFile(DATOS\CSV\_SUB\_0\_30.csv;17)

Finish Cancel



- Subcuenca 17

ReadFromFile Wizard

CSV File Name: DATOS\CSV\_SUB\_0\_30.csv Monthly, Jan 1965 - Dec 2021, 31 data columns, 684 data rows

Show on Chart at Right?	Data Column	Unit	Dates	Min	Max	Mean	Num Data	Num Missing
<input type="checkbox"/>	17	?	Jan 1965 - Dec 2021	0.4	401.2	93.8133918	684	0
<input checked="" type="checkbox"/>	18	?	Jan 1965 - Dec 2021	2.38	193.22	70.7512280	684	0
<input type="checkbox"/>	19	?	Jan 1965 - Dec 2021	2.38	251.03	85.6617690	684	0
<input type="checkbox"/>	20	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	233	70.7963058	684	0

Data Column: 18 Base Year Data from: 1965 First Year to Use: 1965 Last Year to Use: 2021

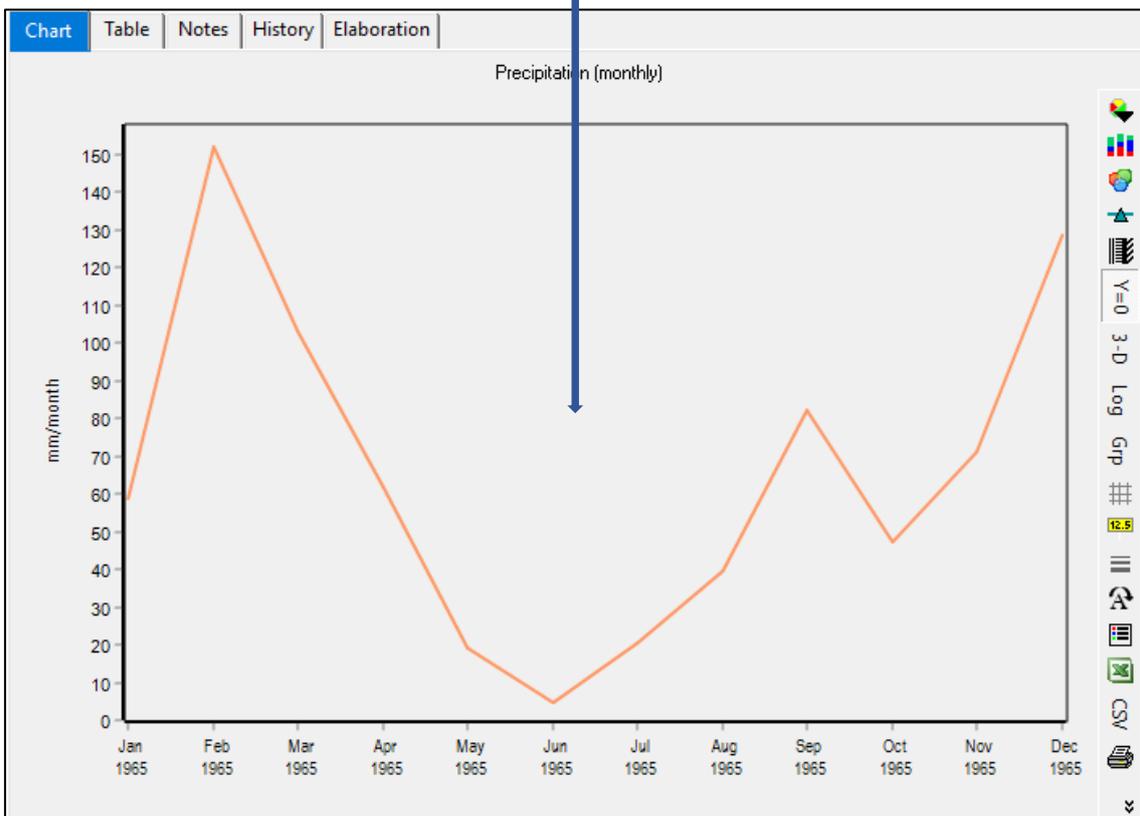
Chart Table

Annual Total  Monthly Average  Percent of Time Exceeded

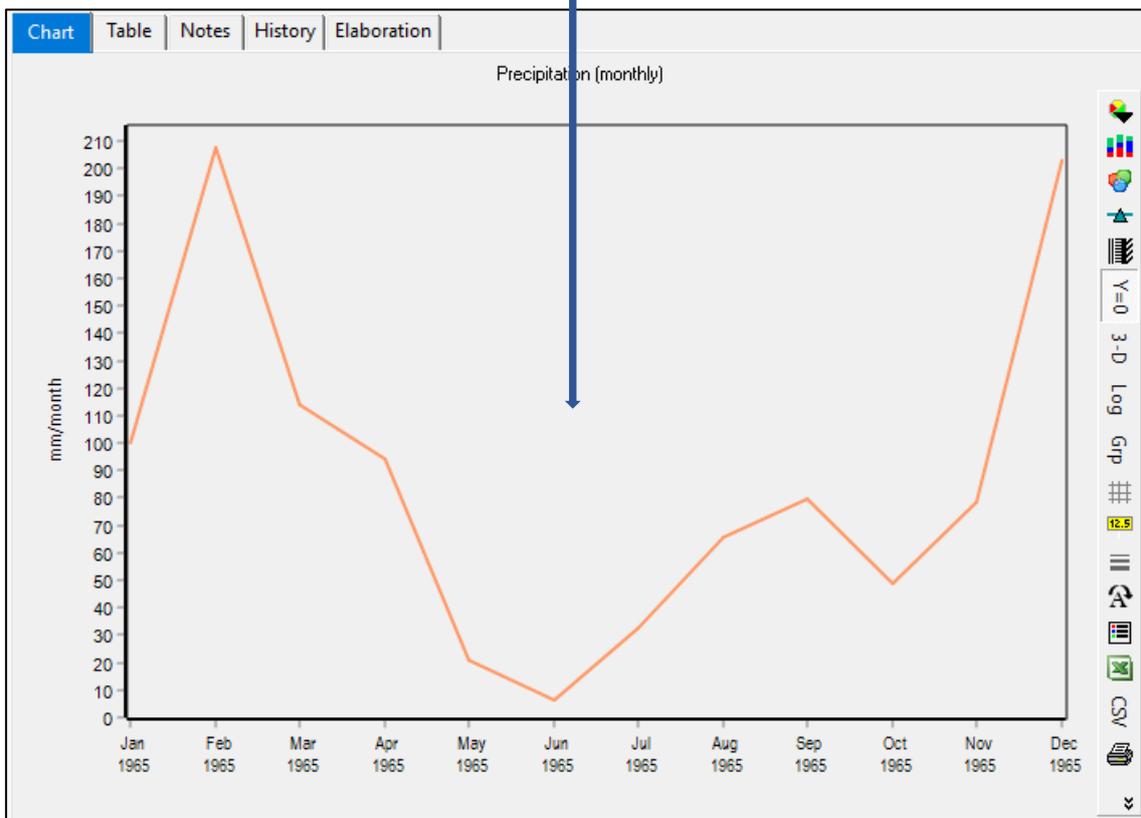
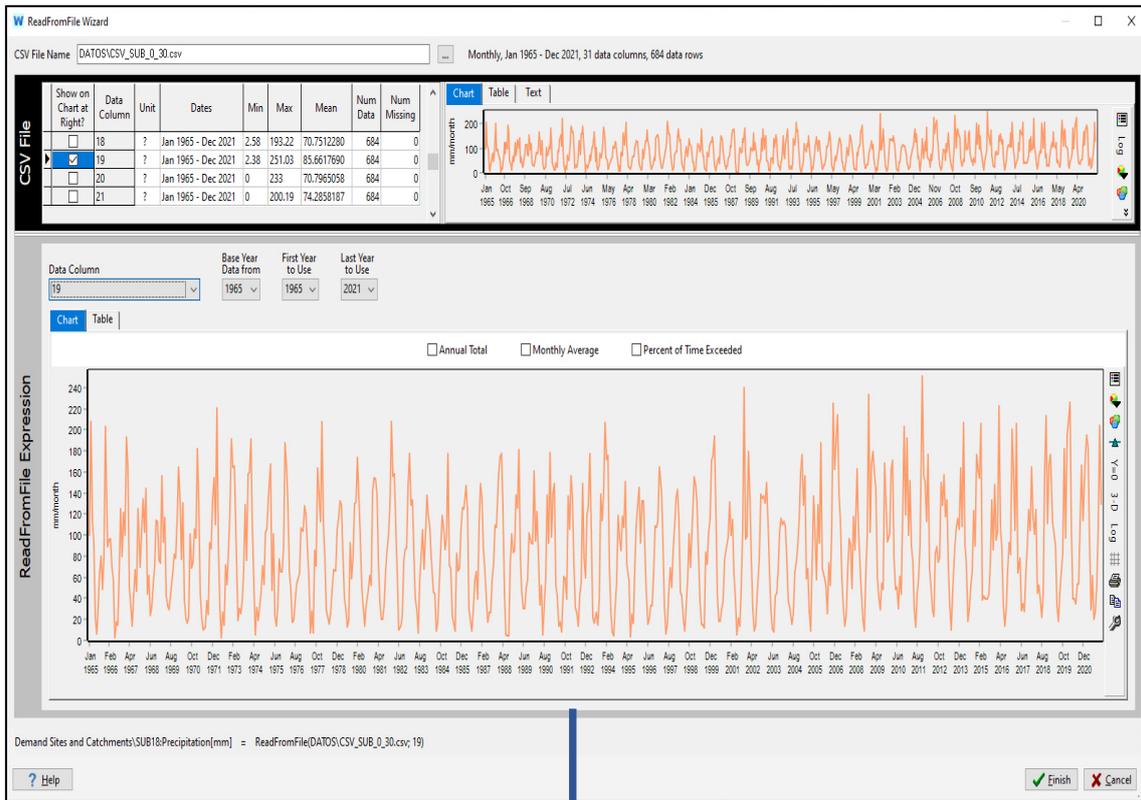
ReadFromFile Expression

Demand Sites and Catchments\SUB17\Precipitation[mm] = ReadFromFile(DATOS\CSV\_SUB\_0\_30.csv; 18)

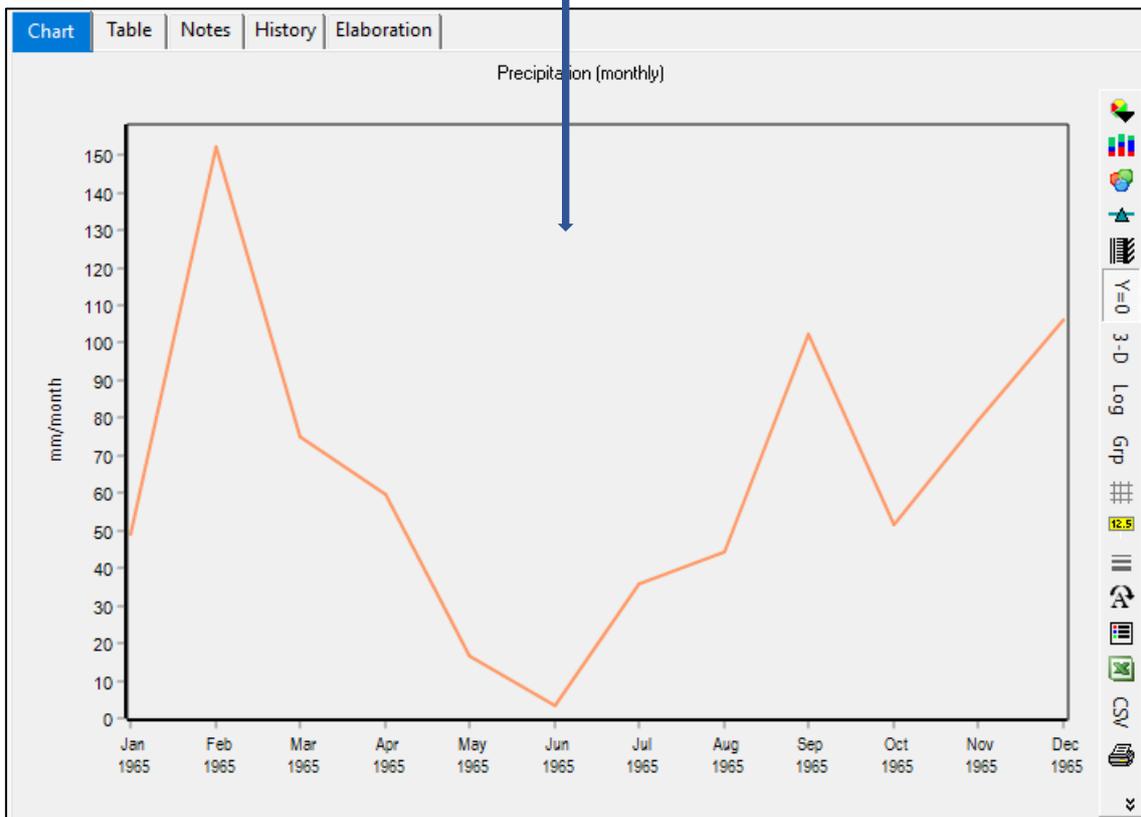
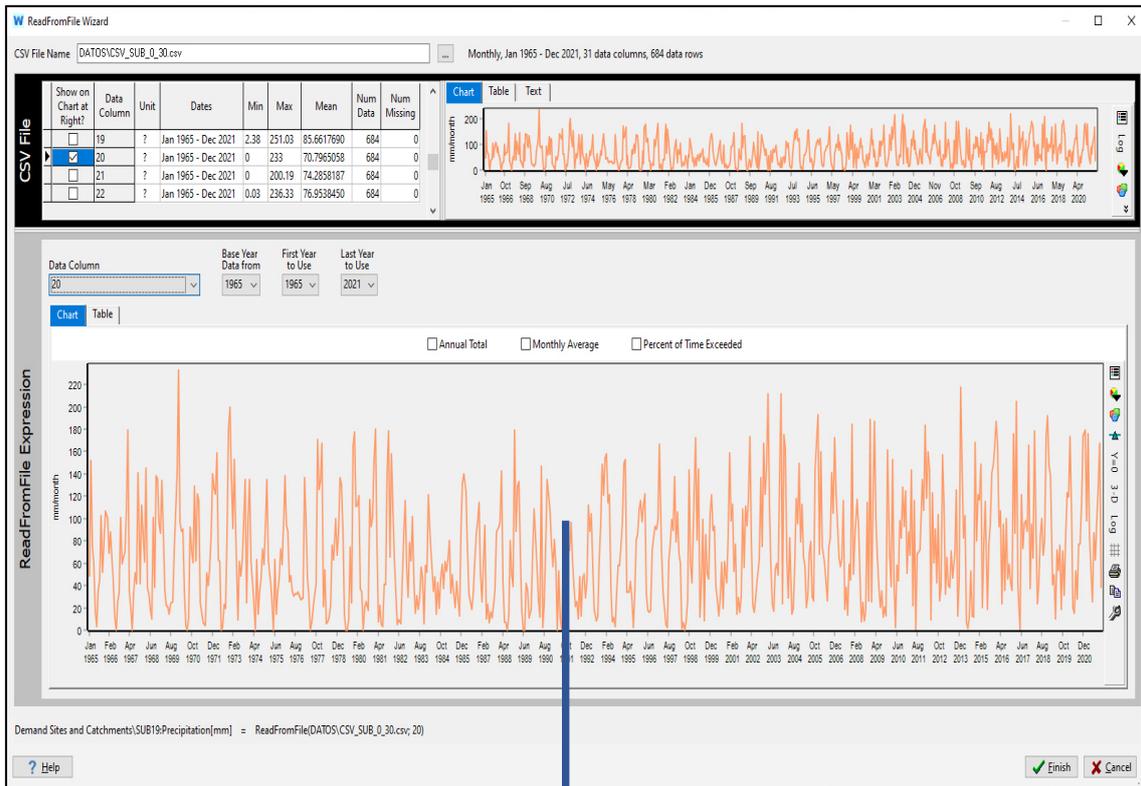
Finish Cancel



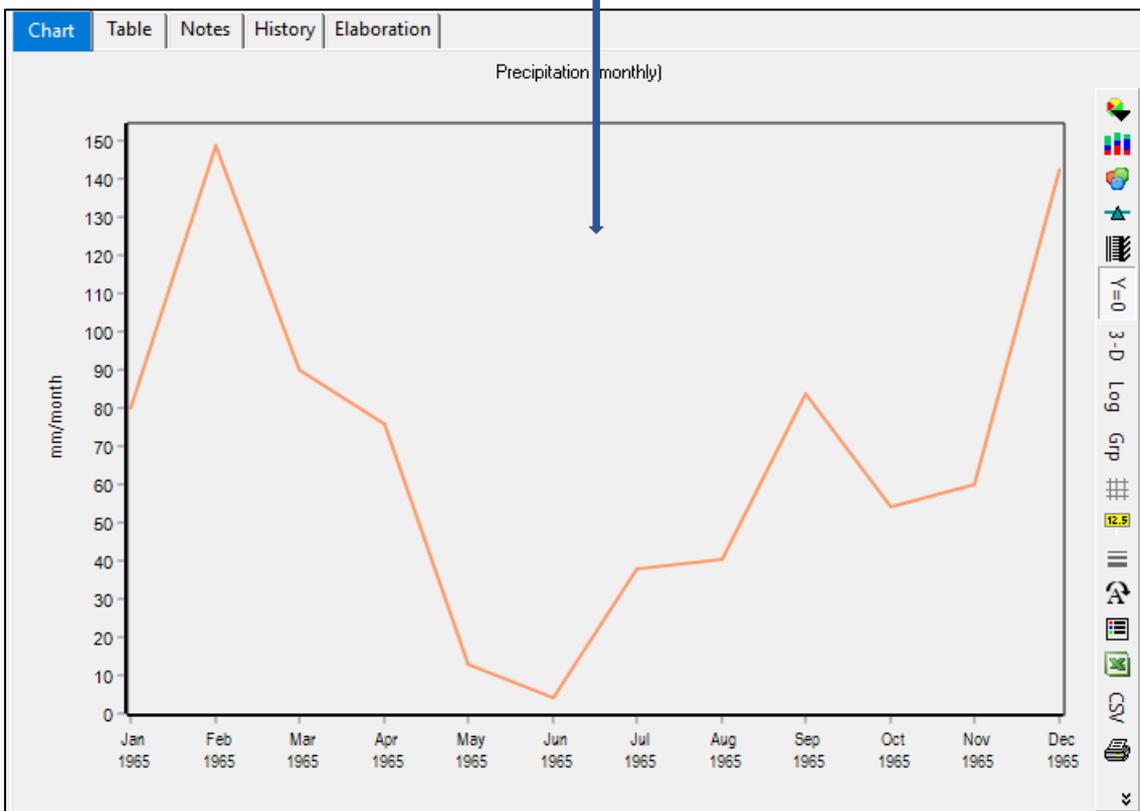
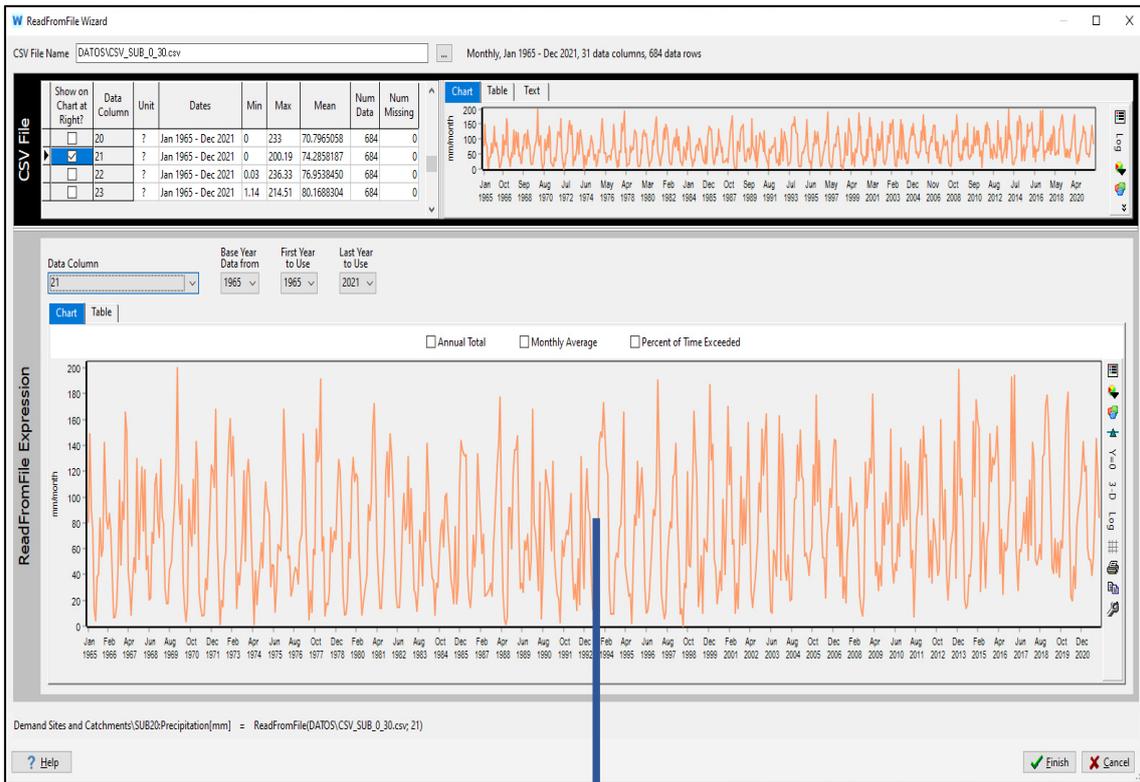
- Subcuenca 18



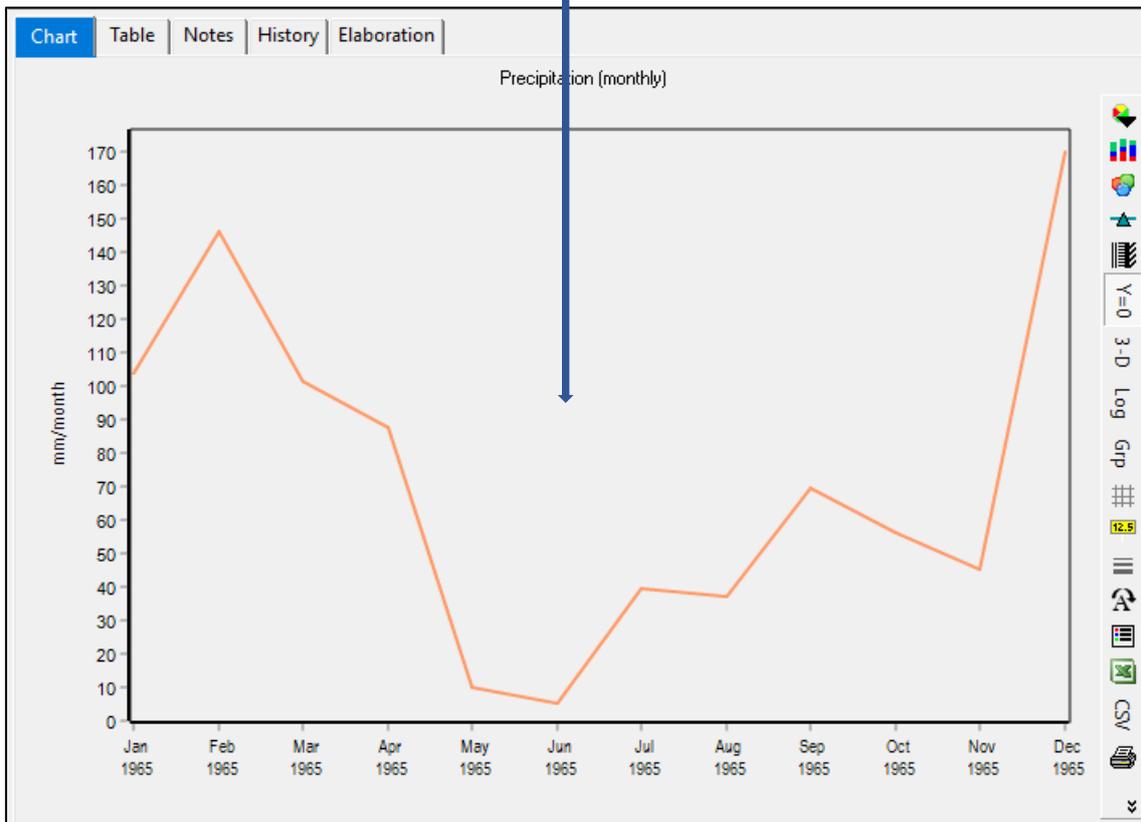
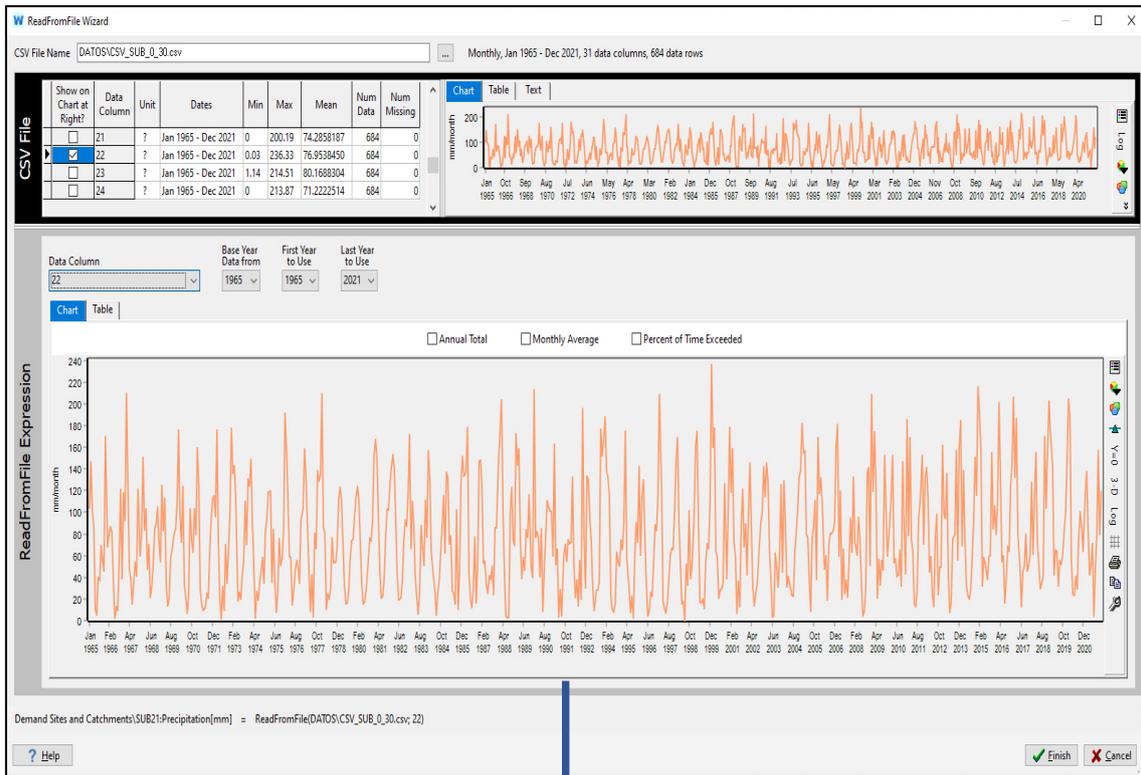
- Subcuenca 19



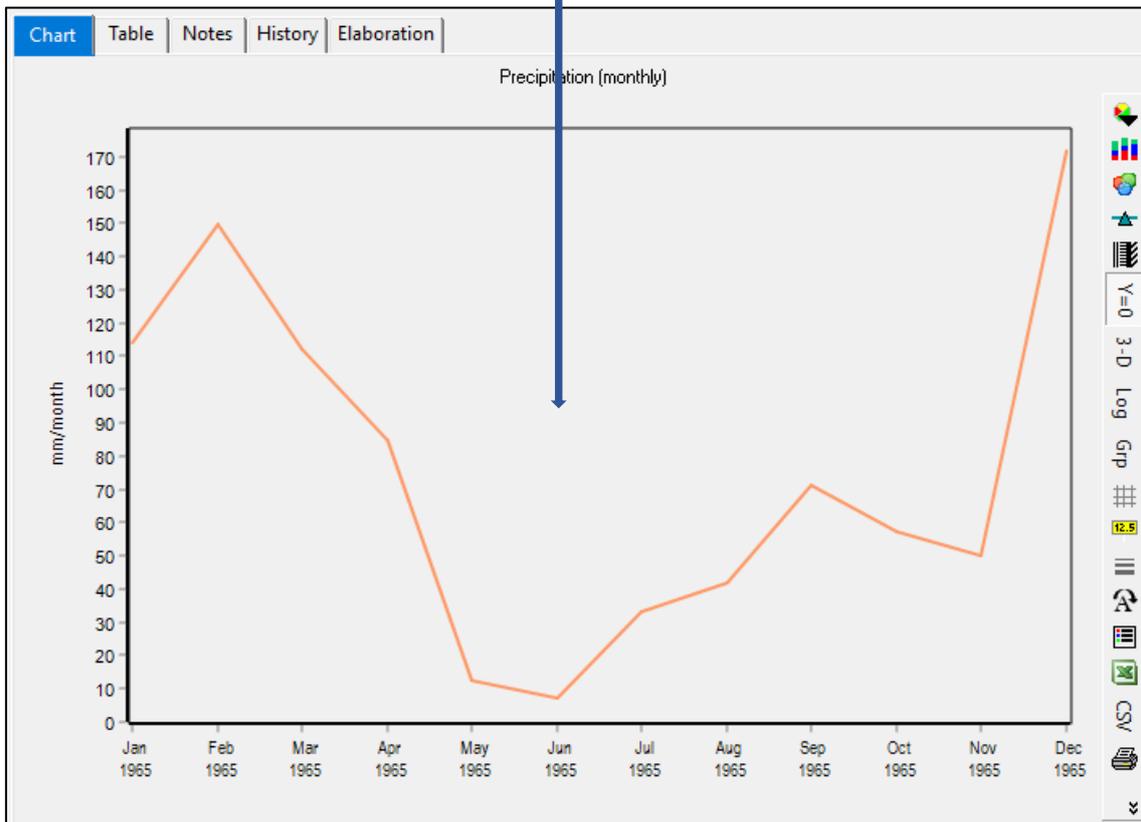
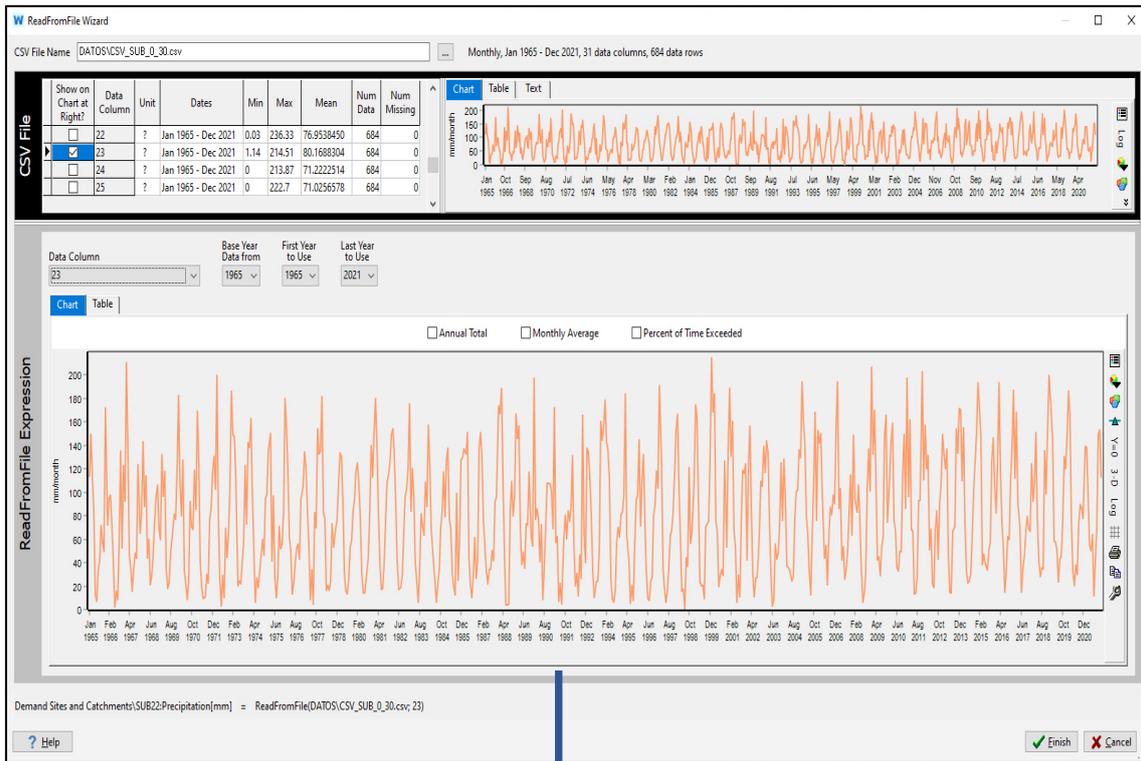
- Subcuenca 20



- Subcuenca 21



- Subcuenca 22



- Subcuenca 23

ReadFromFile Wizard

CSV File Name: DATOS\CSV\_SUB\_0\_30.csv Monthly, Jan 1965 - Dec 2021, 31 data columns, 684 data rows

Show on Chart at Right?	Data Column	Unit	Dates	Min	Max	Mean	Num Data	Num Missing
<input type="checkbox"/>	23	?	Jan 1965 - Dec 2021	1.14	214.51	80.1688304	684	0
<input checked="" type="checkbox"/>	24	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	213.87	71.2222514	684	0
<input type="checkbox"/>	25	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	222.7	71.0256578	684	0
<input type="checkbox"/>	26	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	206.2	71.8965304	684	0

ReadFromFile Expression

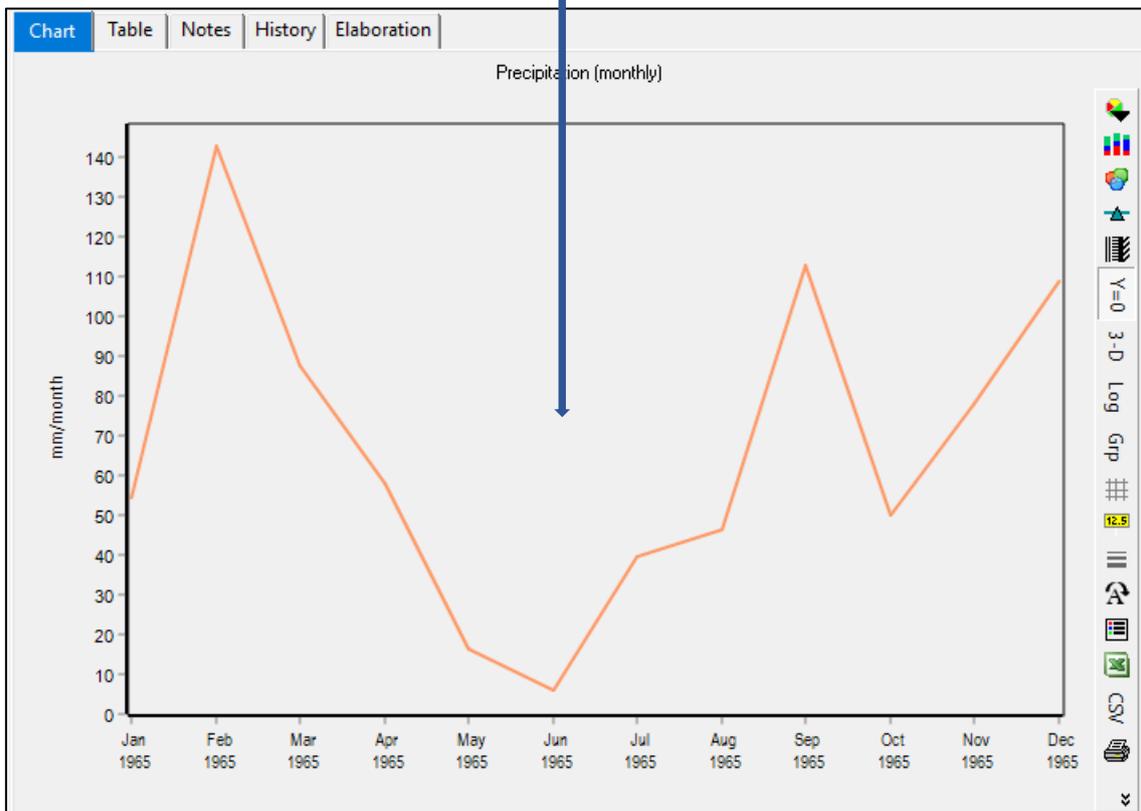
Data Column: 24 Base Year Data from: 1965 First Year to Use: 1965 Last Year to Use: 2021

Chart Table

Annual Total  Monthly Average  Percent of Time Exceeded

Demand Sites and Catchments\SUB23\Precipitation[mm] = ReadFromFile(DATOS\CSV\_SUB\_0\_30.csv; 24)

Finish Cancel



- Subcuenca 24

ReadFromFile Wizard

CSV File Name: DATOS\CSV\_SUB\_0\_30.csv Monthly, Jan 1965 - Dec 2021, 31 data columns, 684 data rows

Show on Chart at Right?	Data Column	Unit	Dates	Min	Max	Mean	Num Data	Num Missing
<input checked="" type="checkbox"/>	25	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	222.7	71.0256578	684	0
<input type="checkbox"/>	26	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	206.2	71.8965204	684	0
<input type="checkbox"/>	27	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	208.3	72.1653818	684	0
<input type="checkbox"/>	28	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	231.11	76.6888450	684	0

Data Column: 25 Base Year Data from: 1965 First Year to Use: 1965 Last Year to Use: 2021

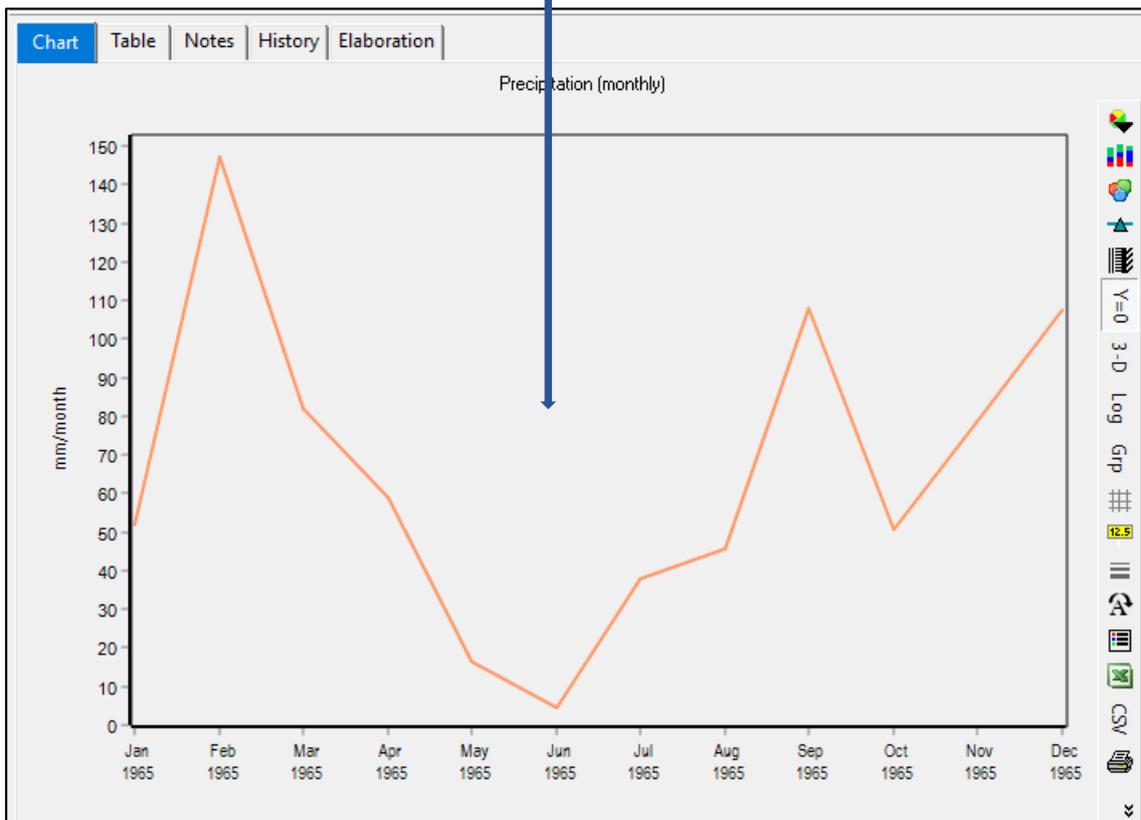
Chart | Table

Annual Total  Monthly Average  Percent of Time Exceeded

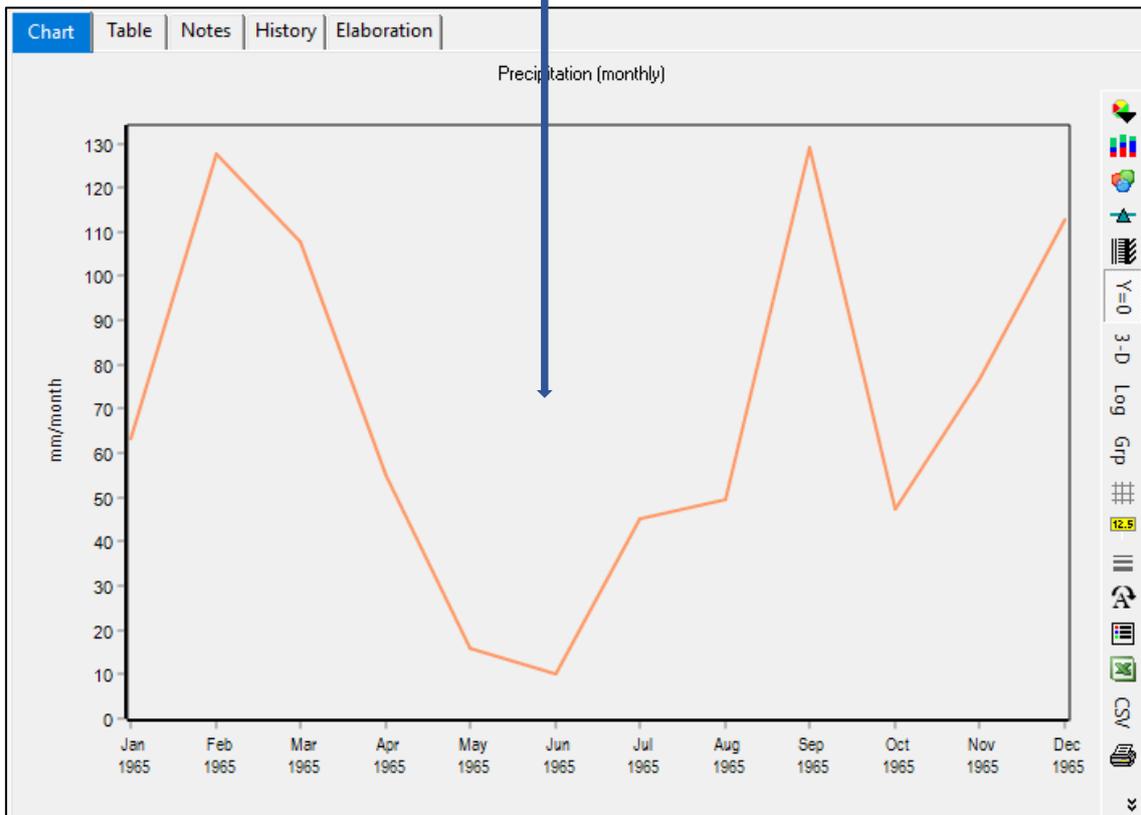
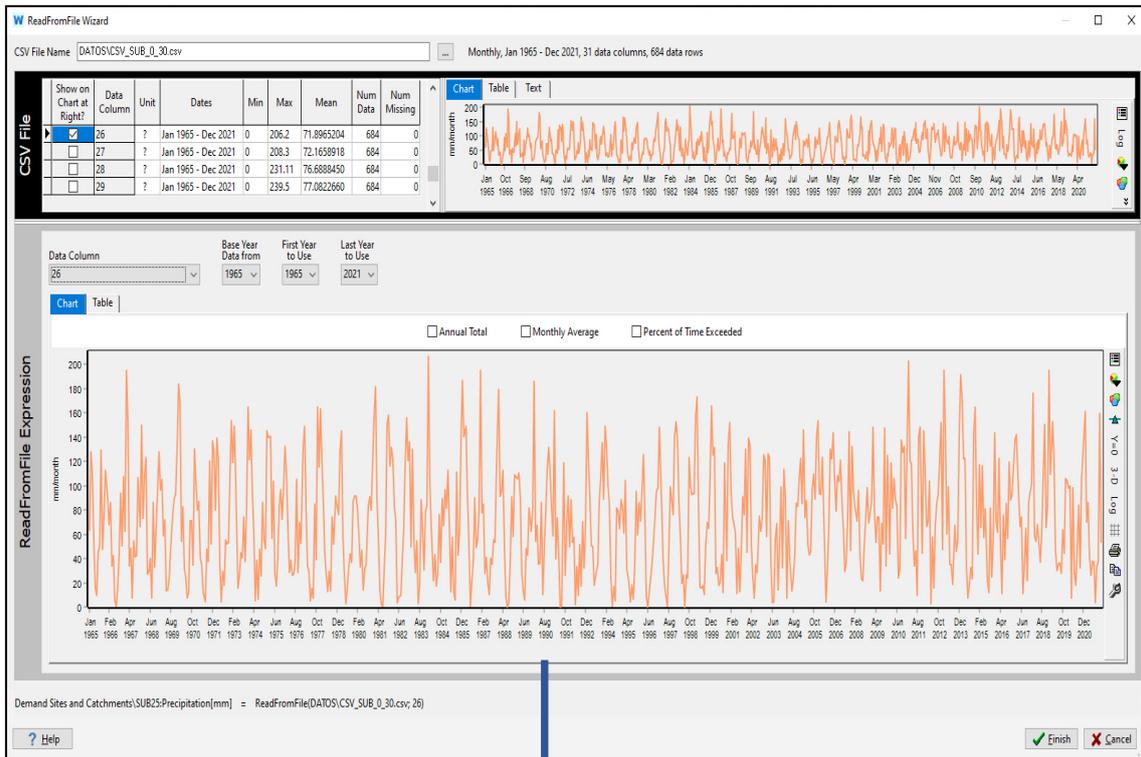
ReadFromFile Expression

Demand Sites and Catchments\SUB24\Precipitation[mm] = ReadFromFile(DATOS\CSV\_SUB\_0\_30.csv; 25)

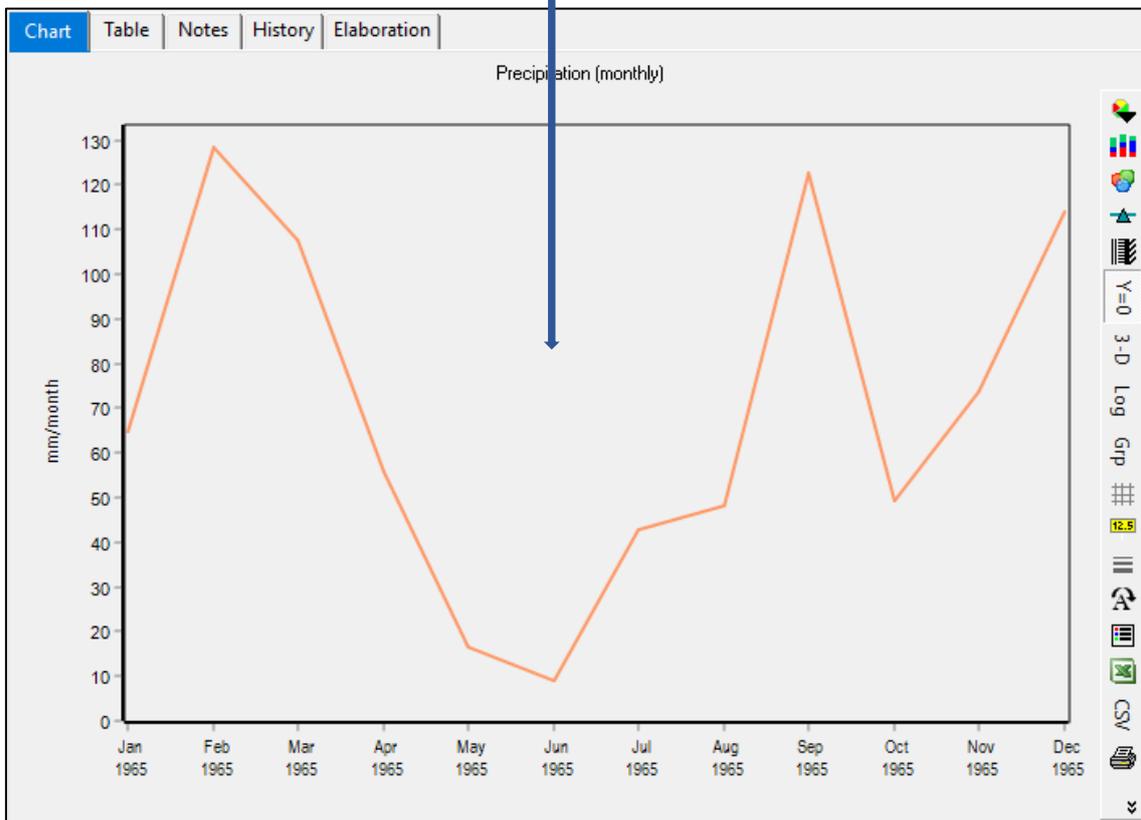
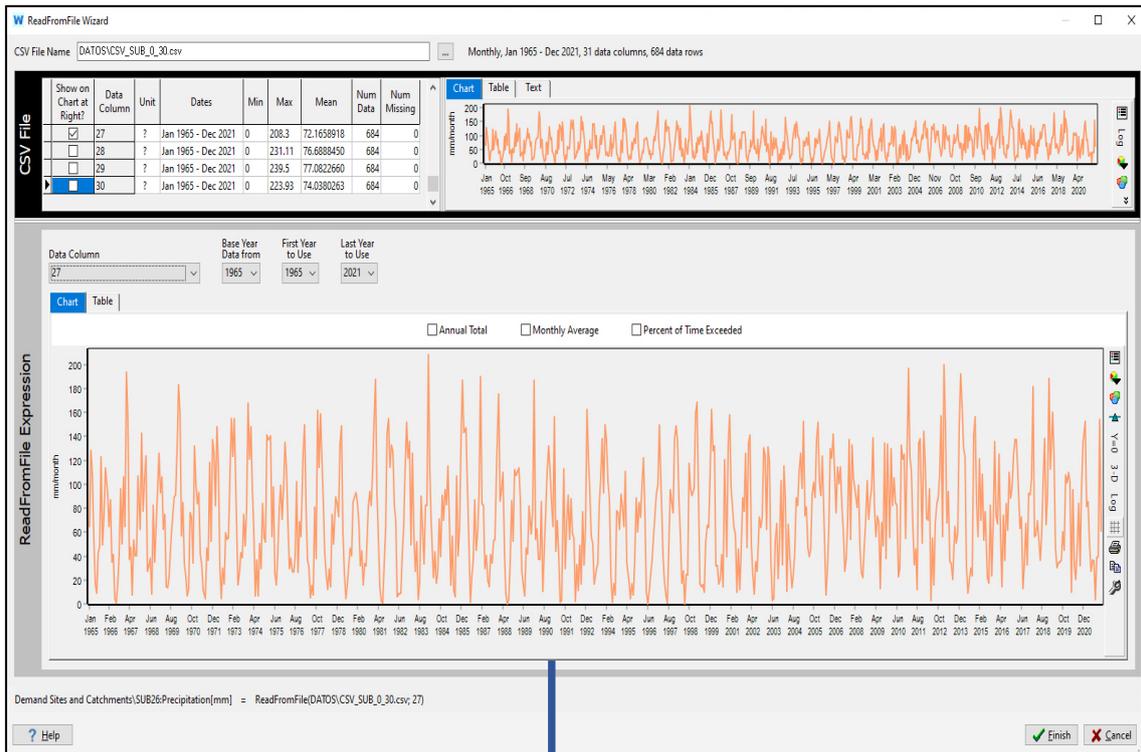
[? Help](#) Finish Cancel



- Subcuenca 25



- Subcuenca 26



- Subcuenca 27

ReadFromFile Wizard

CSV File Name: DATOS\CSV\_SUB\_0\_30.csv Monthly, Jan 1965 - Dec 2021, 31 data columns, 684 data rows

Show on Chart at Right?	Data Column	Unit	Dates	Min	Max	Mean	Num Data	Num Missing
<input type="checkbox"/>	27	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	208.3	72.1658918	684	0
<input checked="" type="checkbox"/>	28	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	231.11	76.6888450	684	0
<input type="checkbox"/>	29	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	239.5	77.0822660	684	0
<input type="checkbox"/>	30	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	223.93	74.0380263	684	0

Data Column: 28 Base Year Data from: 1965 First Year to Use: 1965 Last Year to Use: 2021

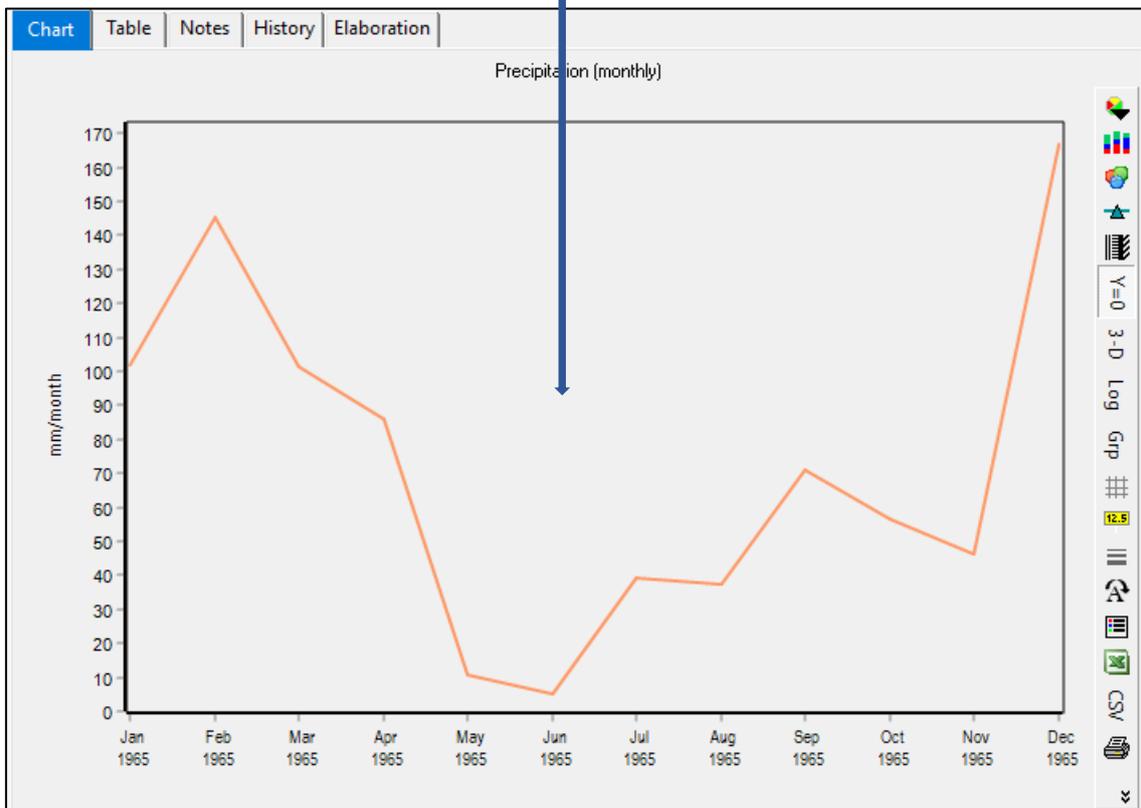
Chart: Table | Text

ReadFromFile Expression

Annual Total  Monthly Average  Percent of Time Exceeded

Demand Sites and Catchments\SUB27\Precipitation[mm] = ReadFromFile(DATOS\CSV\_SUB\_0\_30.csv; 28)

Buttons: ? Help, Finish, Cancel



- Subcuenca 28

ReadFromFile Wizard

CSV File Name: DATOS\CSV\_SUB\_0\_30.csv Monthly, Jan 1965 - Dec 2021, 31 data columns, 684 data rows

Show on Chart at Right?	Data Column	Unit	Dates	Min	Max	Mean	Num Data	Num Missing
<input type="checkbox"/>	28	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	231.11	76.6888450	684	0
<input checked="" type="checkbox"/>	29	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	239.5	77.0822660	684	0
<input type="checkbox"/>	30	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	223.93	74.0380263	684	0
<input type="checkbox"/>	31	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	212.94	76.3514035	684	0

Data Column: 29 Base Year Data from: 1965 First Year to Use: 1965 Last Year to Use: 2021

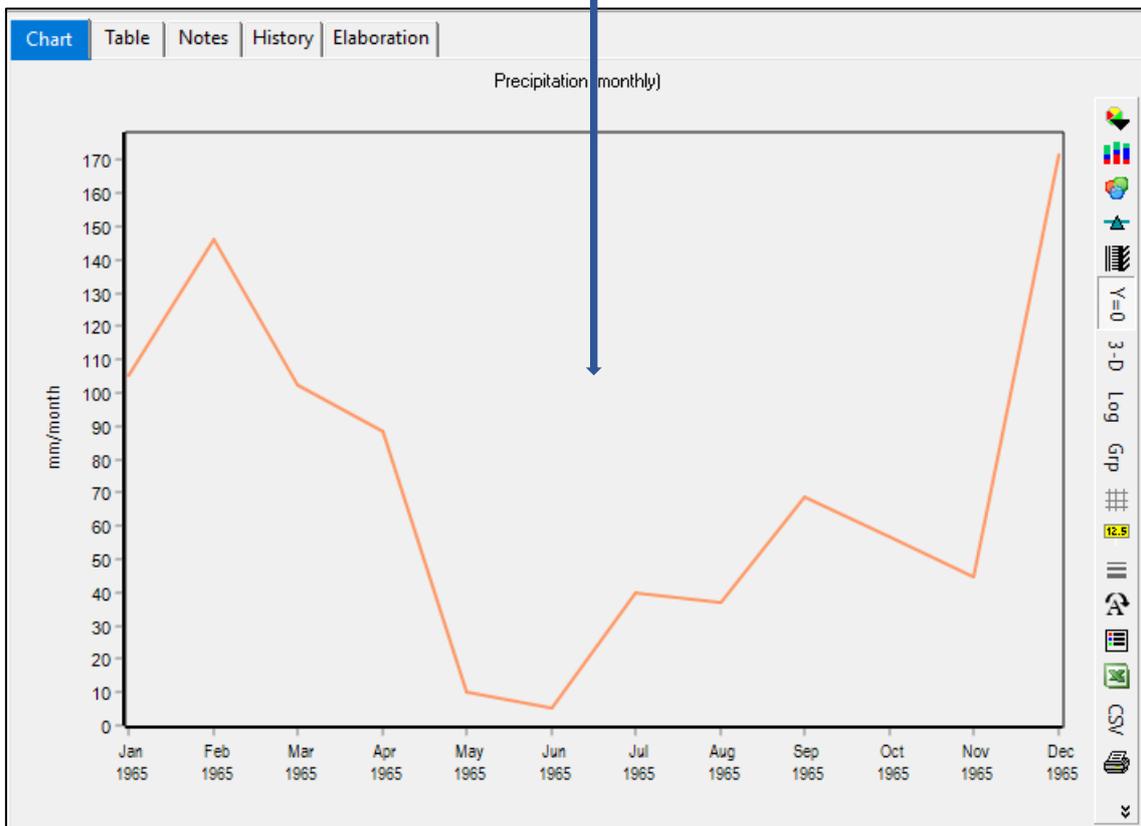
Chart Table

Annual Total  Monthly Average  Percent of Time Exceeded

ReadFromFile Expression

Demand Sites and Catchments\SUB28\Precipitation[mm] = ReadFromFile(DATOS\CSV\_SUB\_0\_30.csv; 29)

Help Finish Cancel



- Subcuenca 29

ReadFromFile Wizard

CSV File Name: DATOS\CSV\_SUB\_0\_30.csv Monthly, Jan 1965 - Dec 2021, 31 data columns, 684 data rows

Show on Chart at Right?	Data Column	Unit	Dates	Min	Max	Mean	Num Data	Num Missing
<input type="checkbox"/>	28	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	231.11	76.6888450	684	0
<input type="checkbox"/>	29	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	239.5	77.0822660	684	0
<input checked="" type="checkbox"/>	30	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	223.93	74.0380263	684	0
<input type="checkbox"/>	31	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	212.94	76.3514035	684	0

Data Column: 30 Base Year Data from: 1965 First Year to Use: 1965 Last Year to Use: 2021

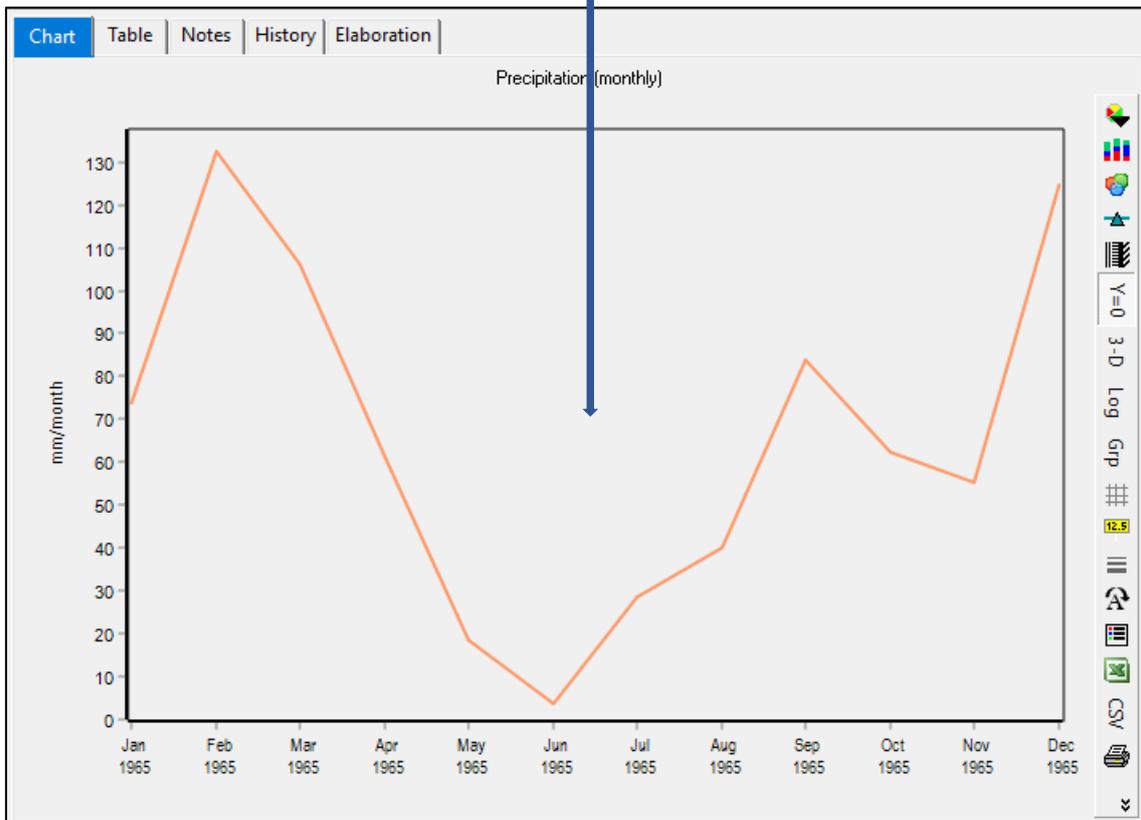
Chart Table

Annual Total  Monthly Average  Percent of Time Exceeded

ReadFromFile Expression

Demand Sites and Catchments\SUB29\Precipitation[mm] = ReadFromFile(DATOS\CSV\_SUB\_0\_30.csv; 30)

Finish Cancel



- Subcuenca 30

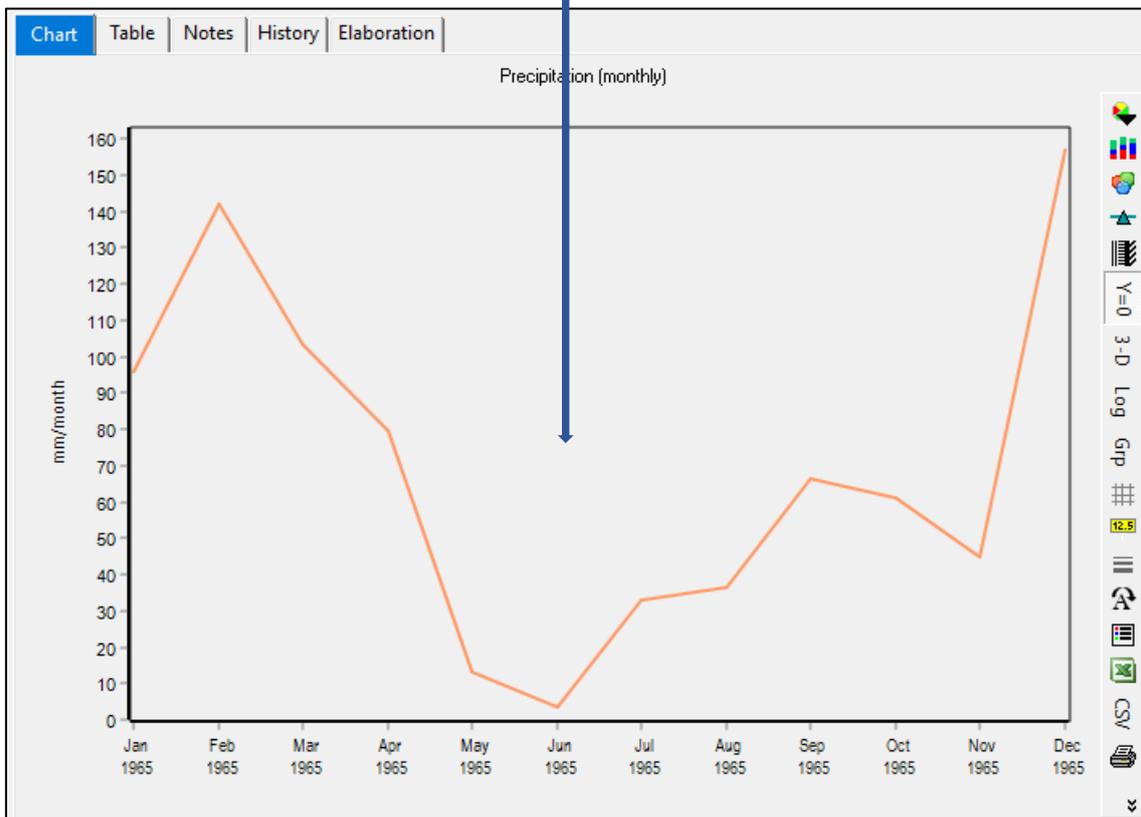
ReadFromFile Wizard

CSV File Name: DATOS\CSV\_SUB\_0\_30.csv Monthly, Jan 1965 - Dec 2021, 31 data columns, 684 data rows

Show on Chart at Right?	Data Column	Unit	Dates	Min	Max	Mean	Num Data	Num Missing
<input type="checkbox"/>	28	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	231.11	76.6888450	684	0
<input type="checkbox"/>	29	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	239.5	77.0822660	684	0
<input type="checkbox"/>	30	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	223.93	74.0380263	684	0
<input checked="" type="checkbox"/>	31	?	Jan 1965 - Dec 2021	0	212.94	76.3514035	684	0

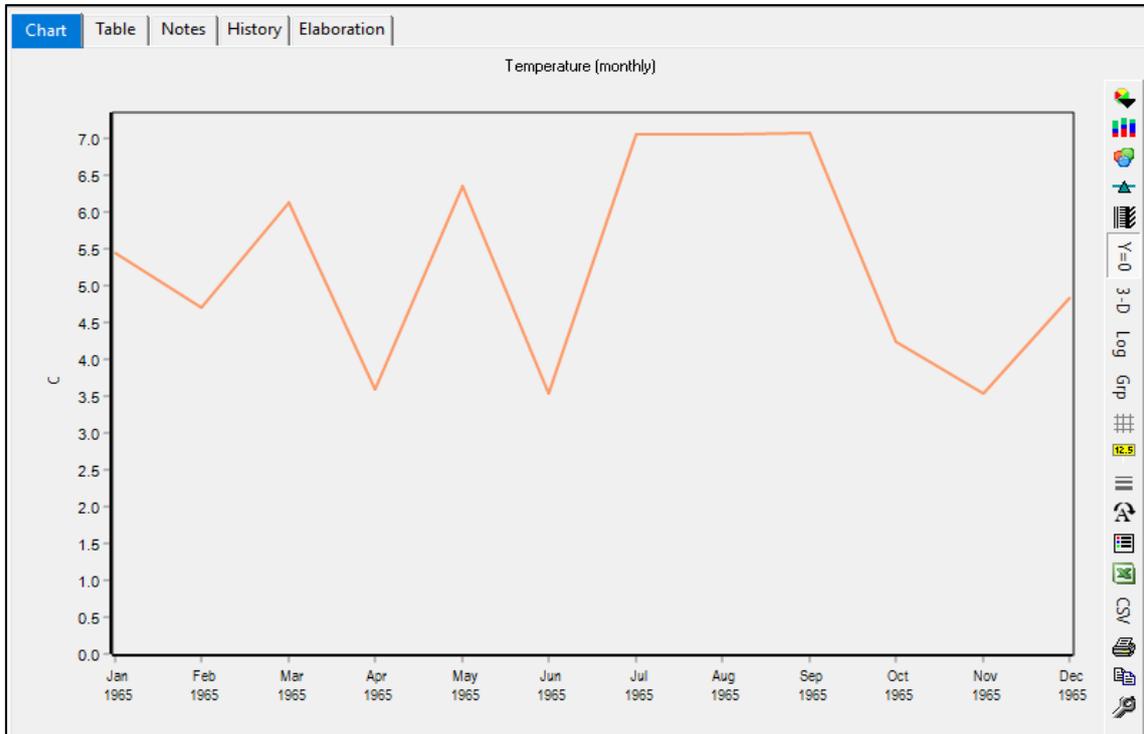
Data Column: 31 Base Year Data from: 1965 First Year to Use: 1965 Last Year to Use: 2021

ReadFromFile Expression: Demand Sites and Catchments\SUB30\Precipitation[mm] = ReadFromFile(DATOS\CSV\_SUB\_0\_30.csv; 31)



## Anexo 8: Temperatura

- Subcuenca 1



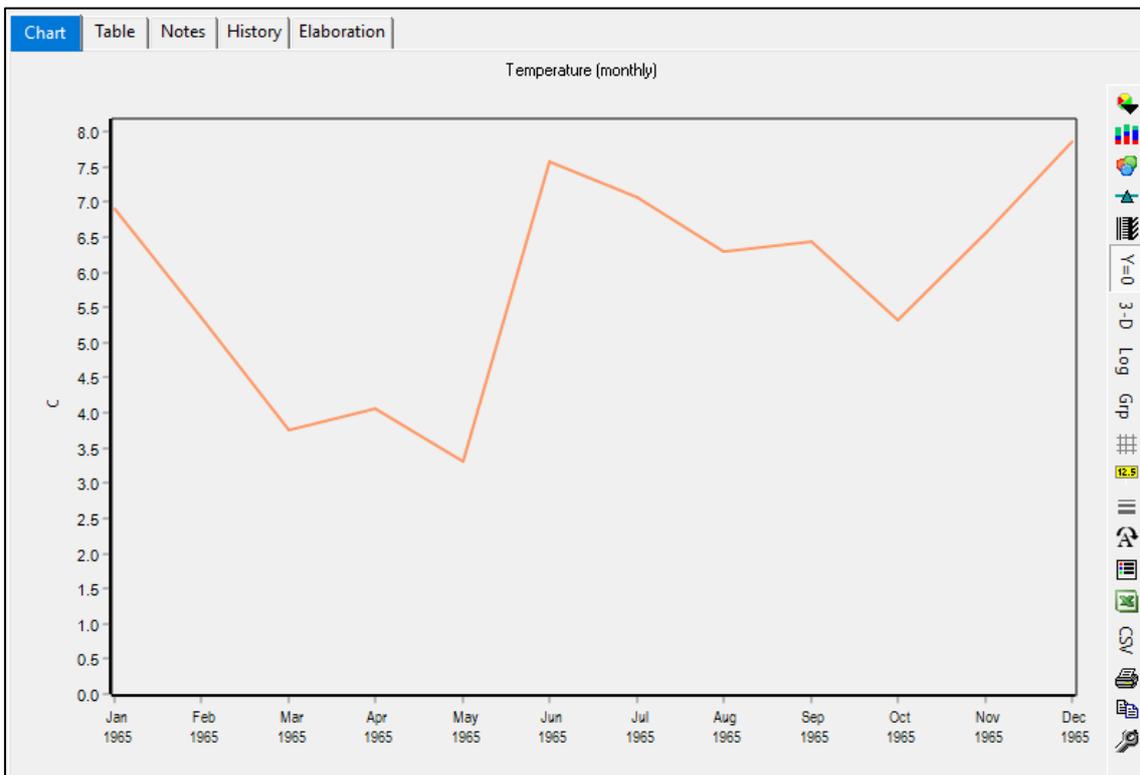
- Subcuenca 2



- Subcuenca 3



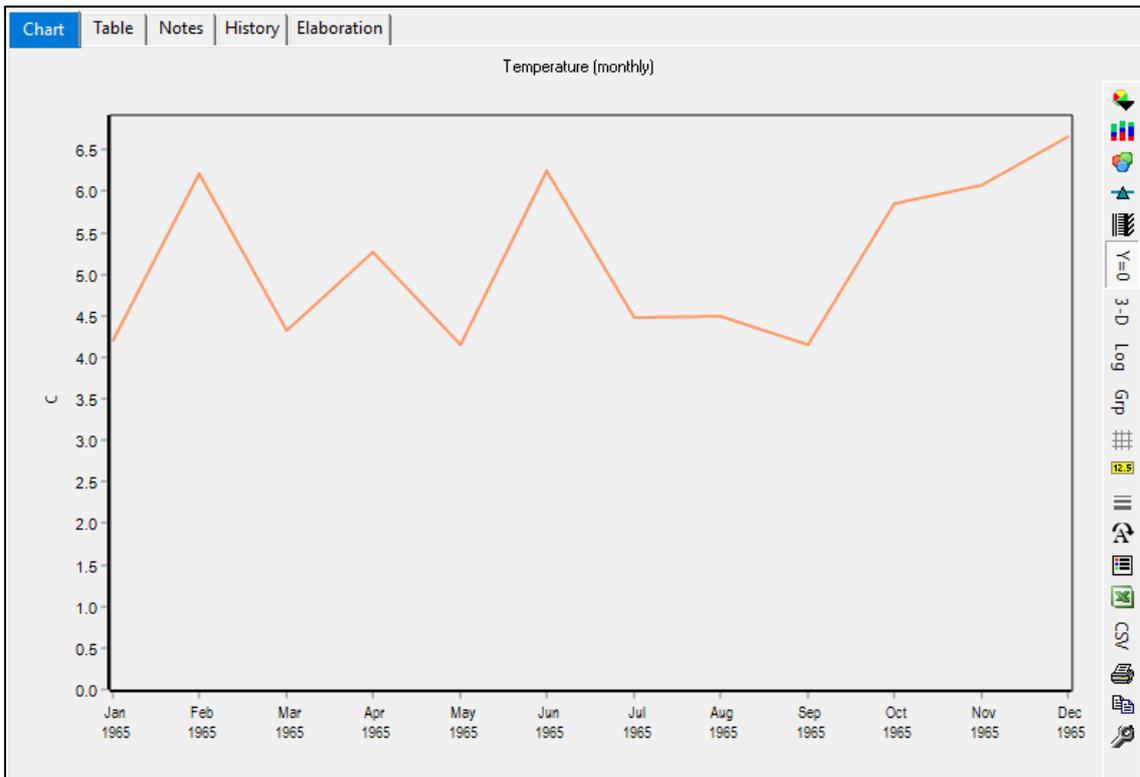
- Subcuenca 4



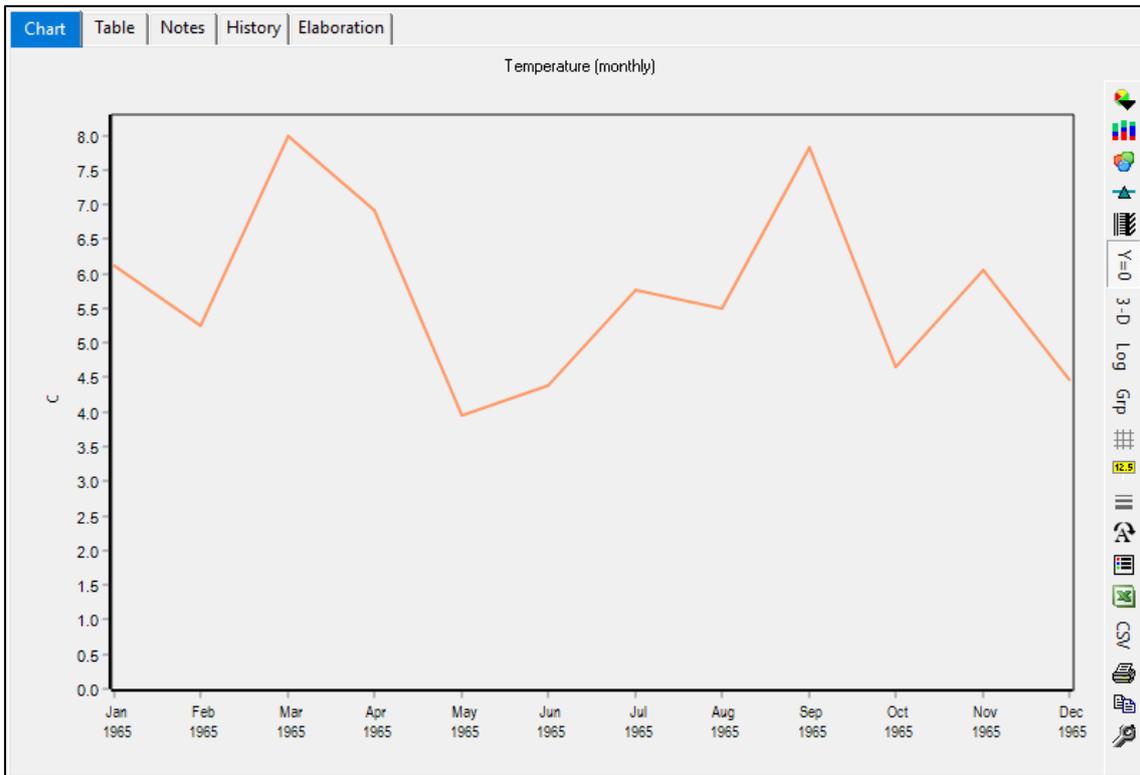
- Subcuenca 5



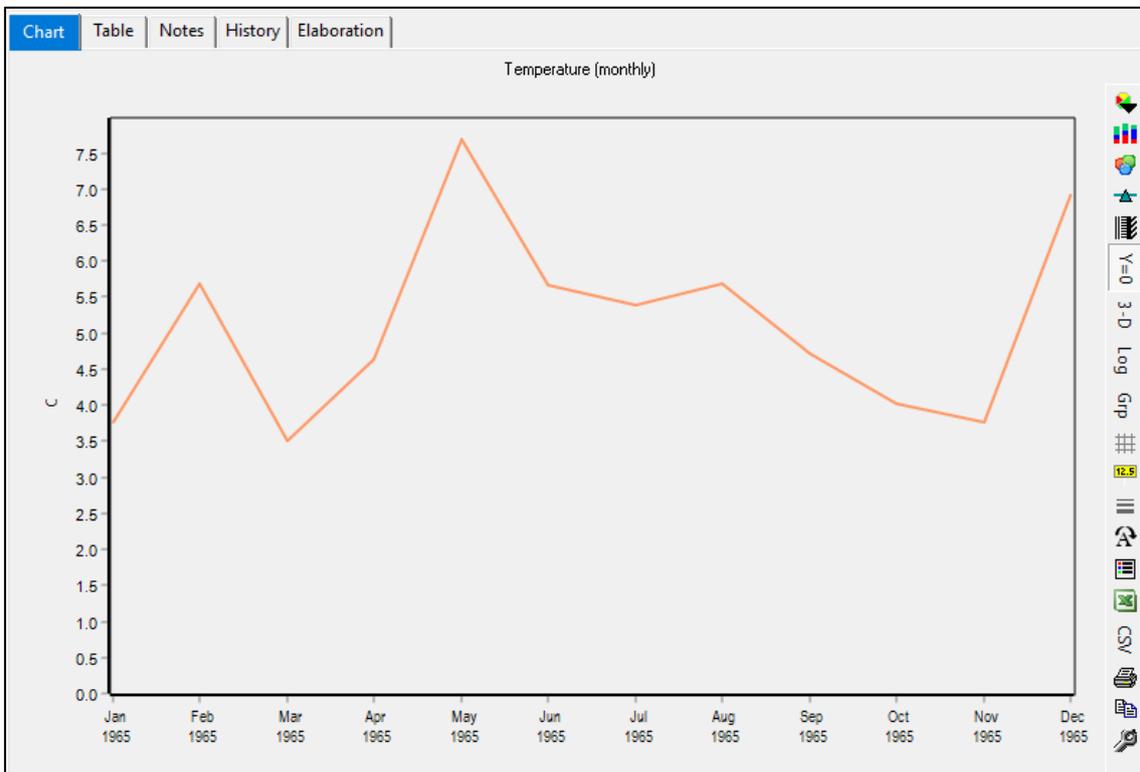
- Subcuenca 6



- Subcuenca 7



- Subcuenca 8



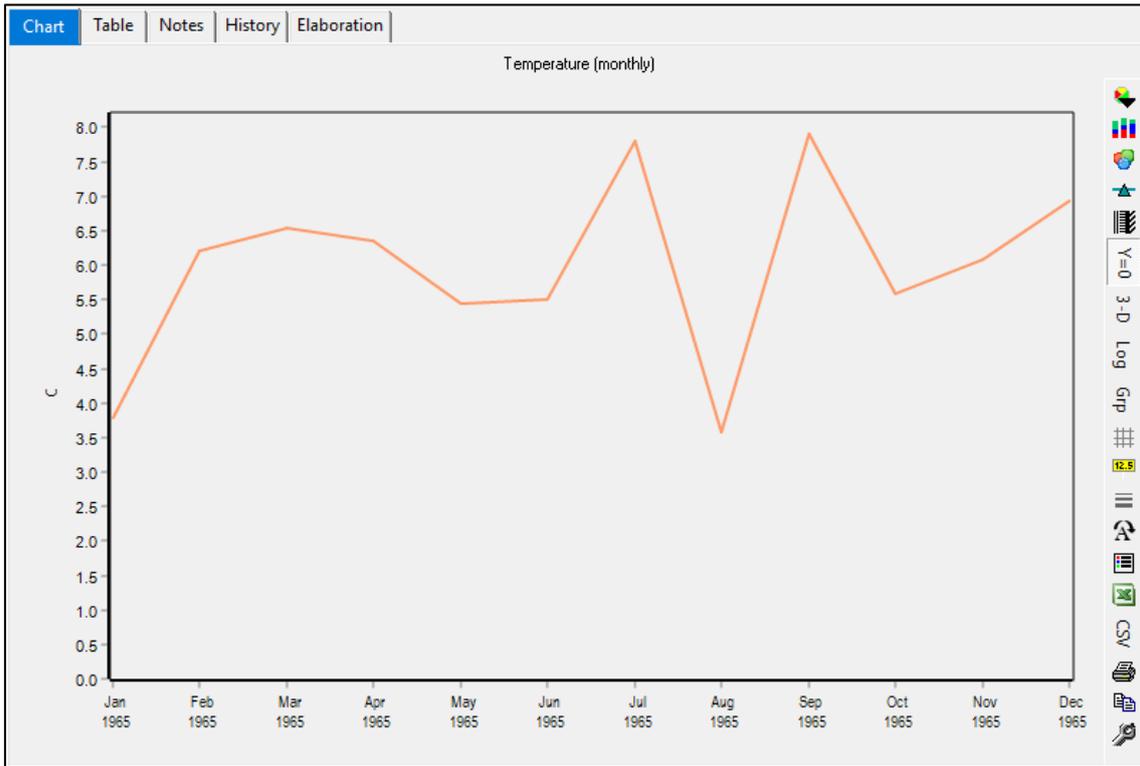
- Subcuenca 9



- Subcuenca 10



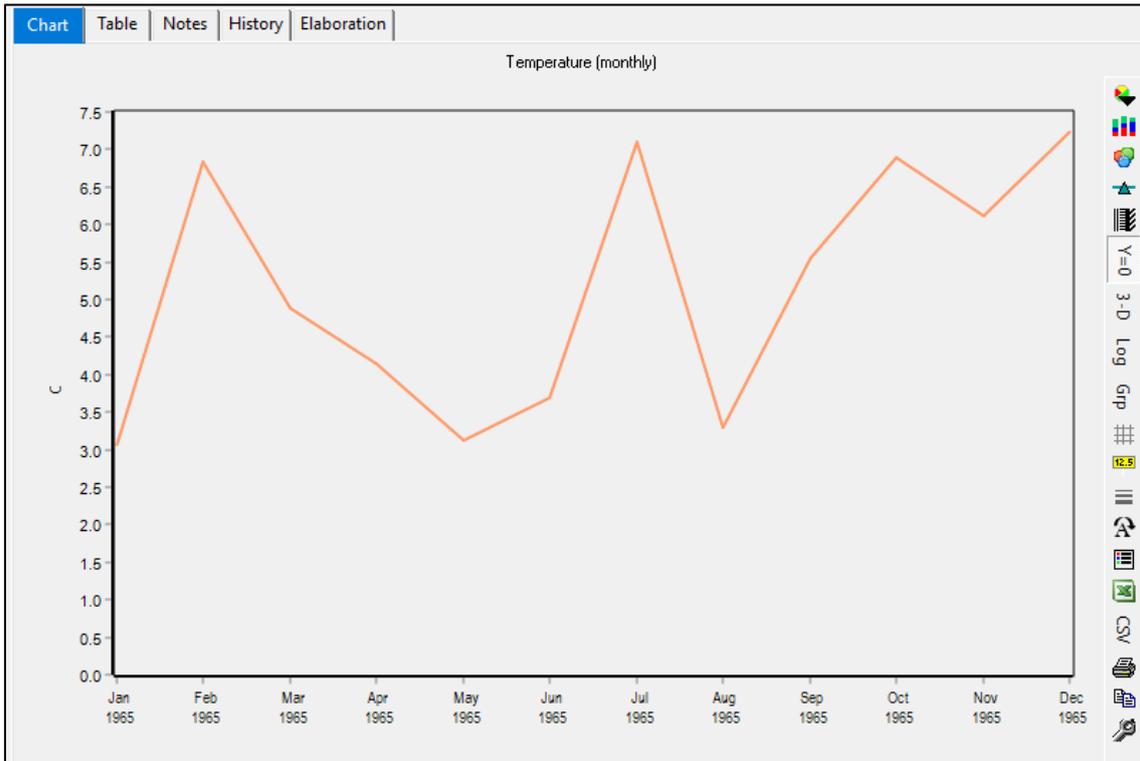
- Subcuenca 11



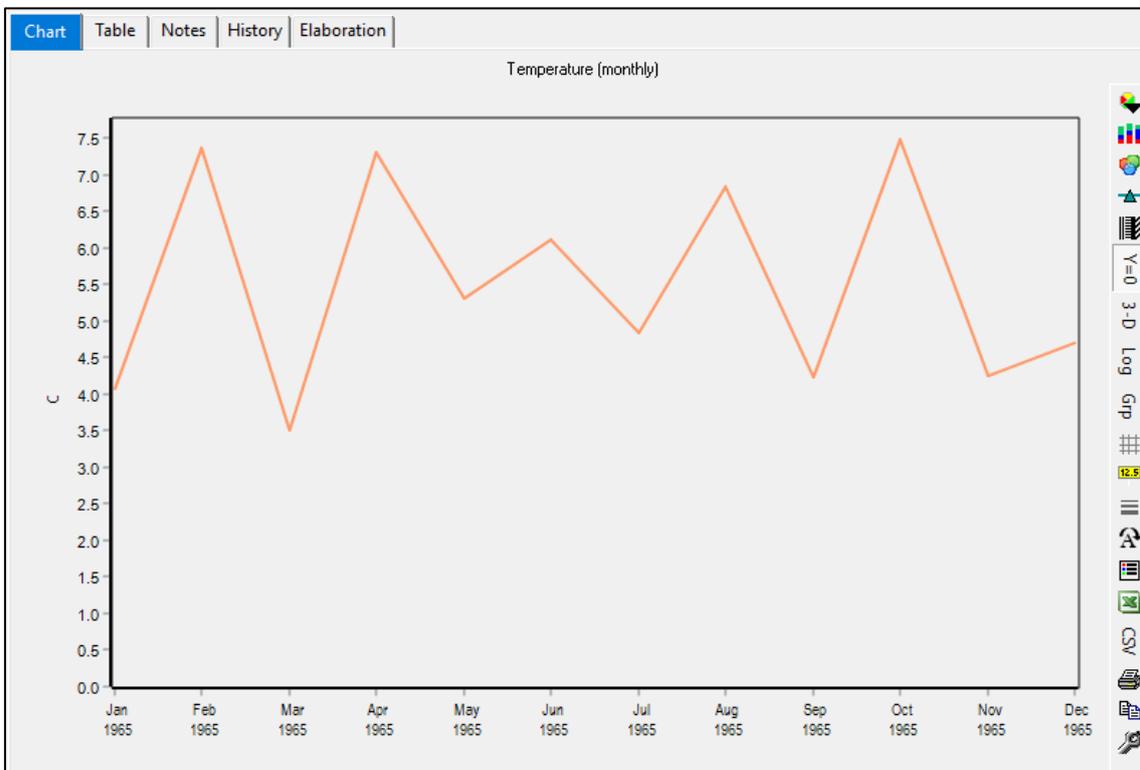
- Subcuenca 12



- Subcuenca 13



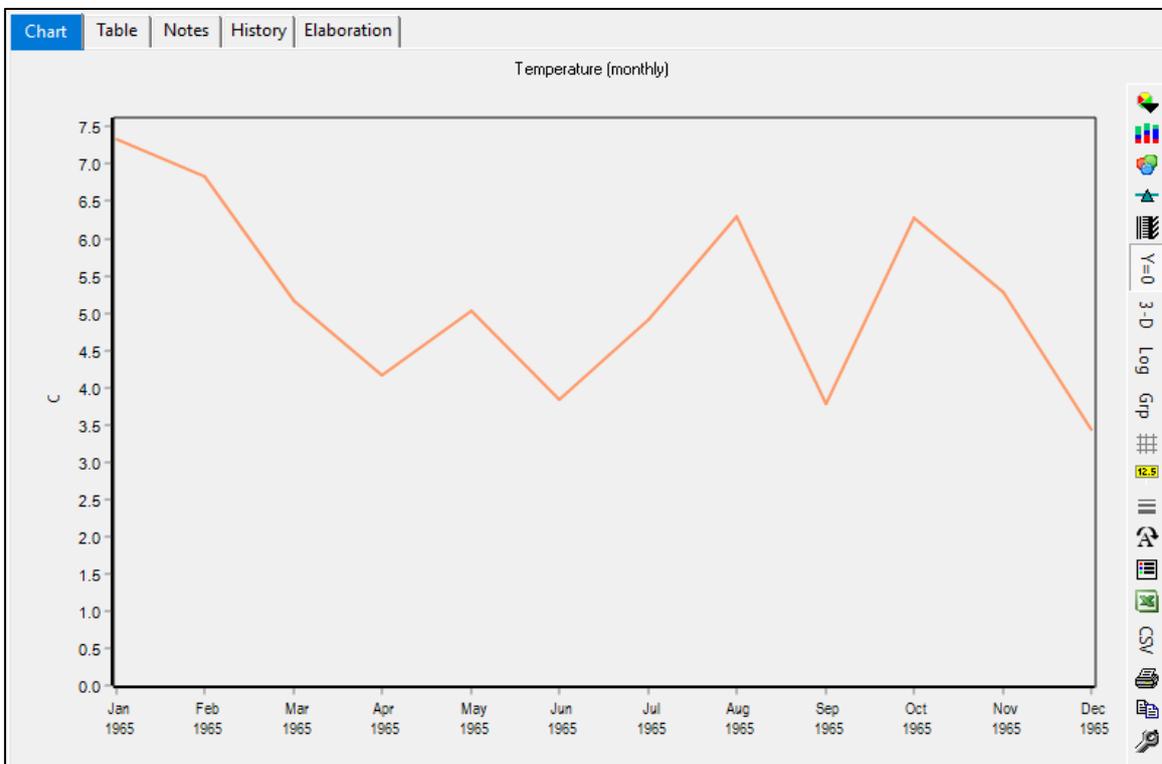
- Subcuenca 14



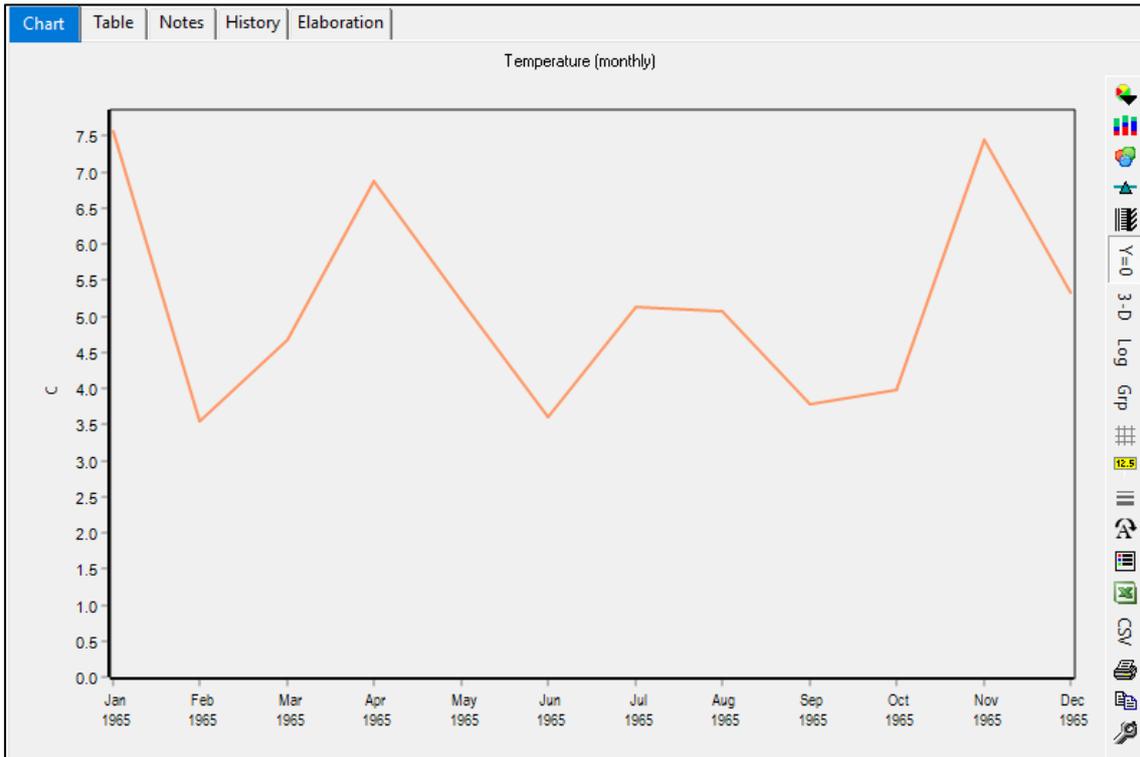
- Subcuenca 15



- Subcuenca 16



- Subcuenca 17



- Subcuenca 18



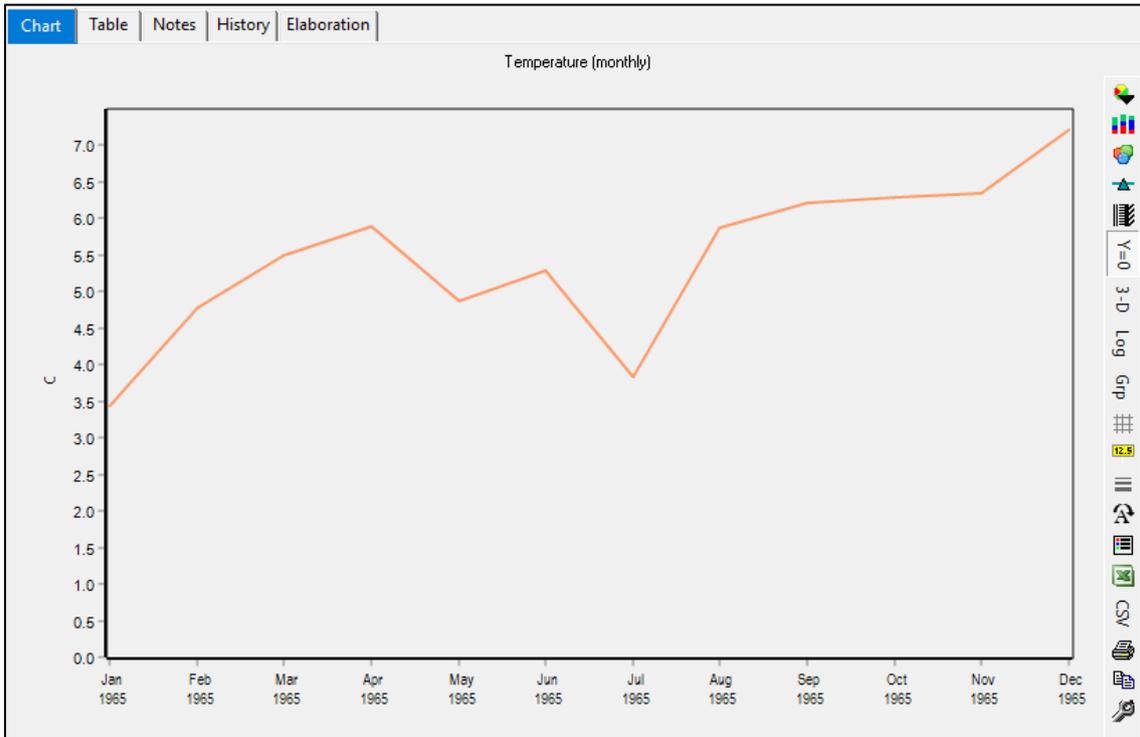
- Subcuenca 19



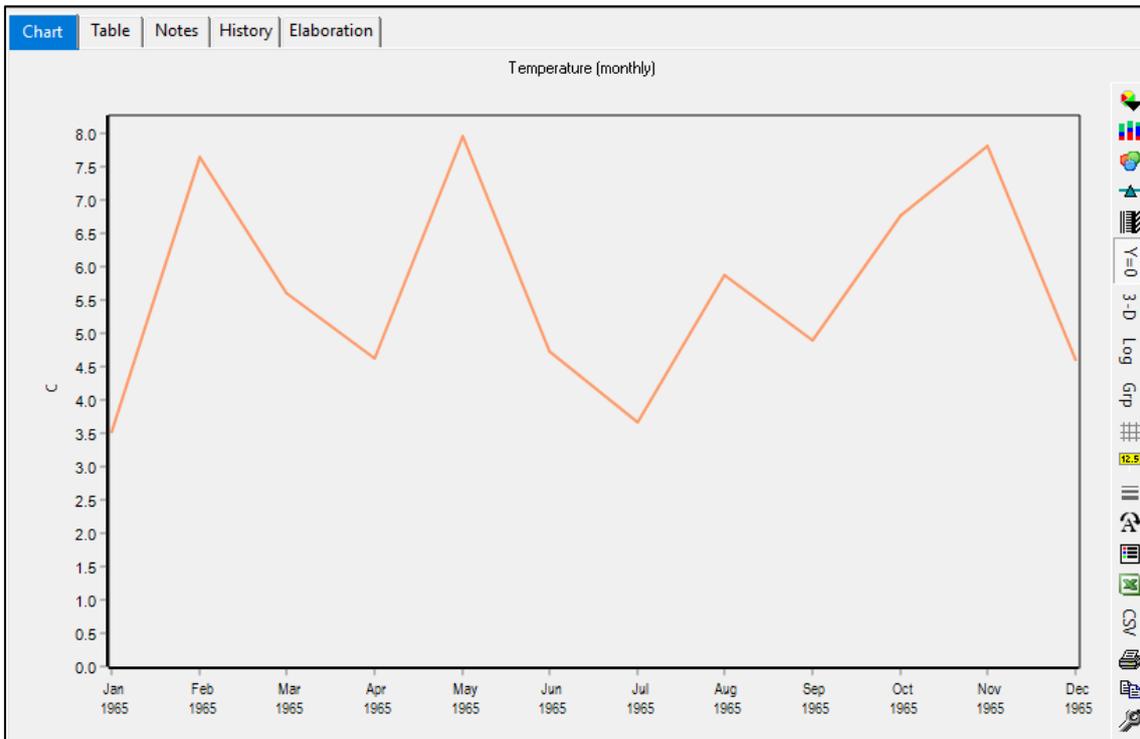
- Subcuenca 20



- Subcuenca 21



- Subcuenca 22



- Subcuenca 23



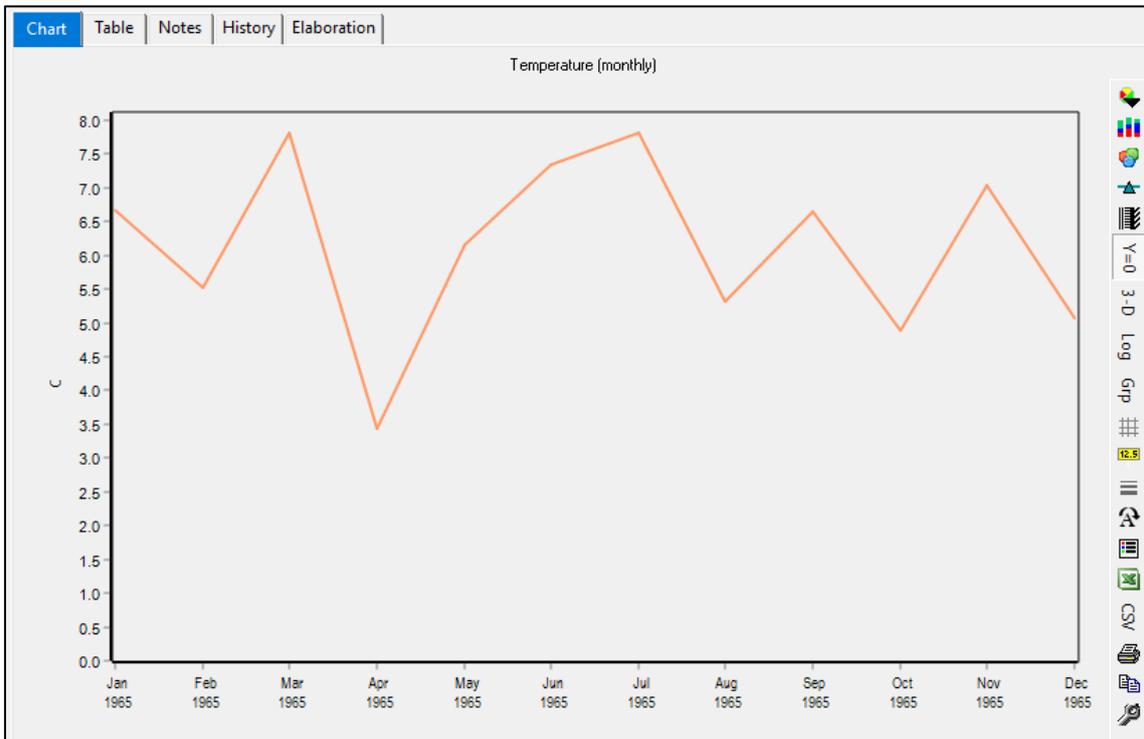
- Subcuenca 24



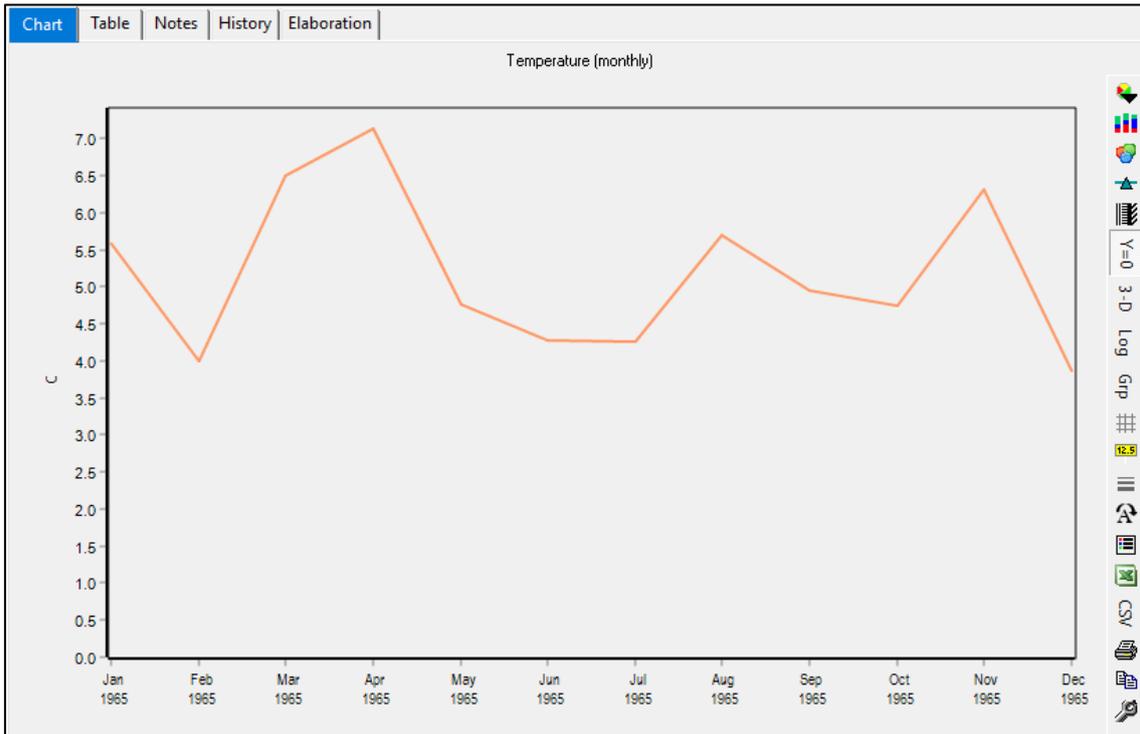
- Subcuenca 25



- Subcuenca 26



- Subcuenca 27



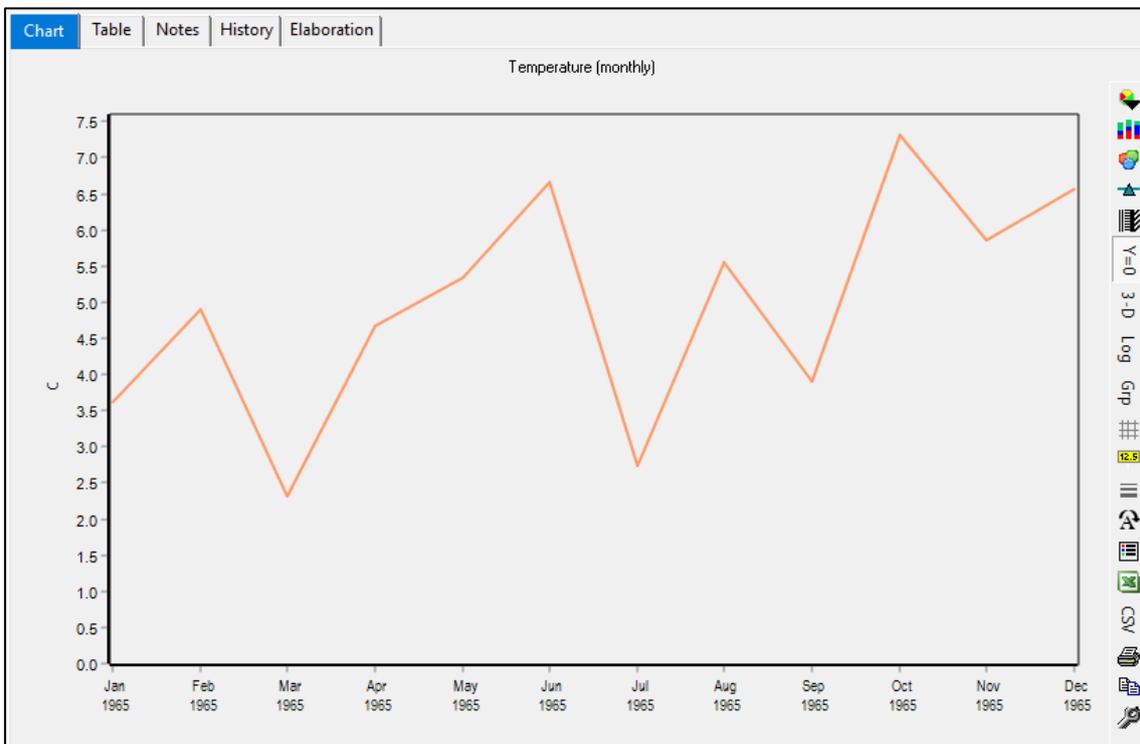
- Subcuenca 28



- Subcuenca 29

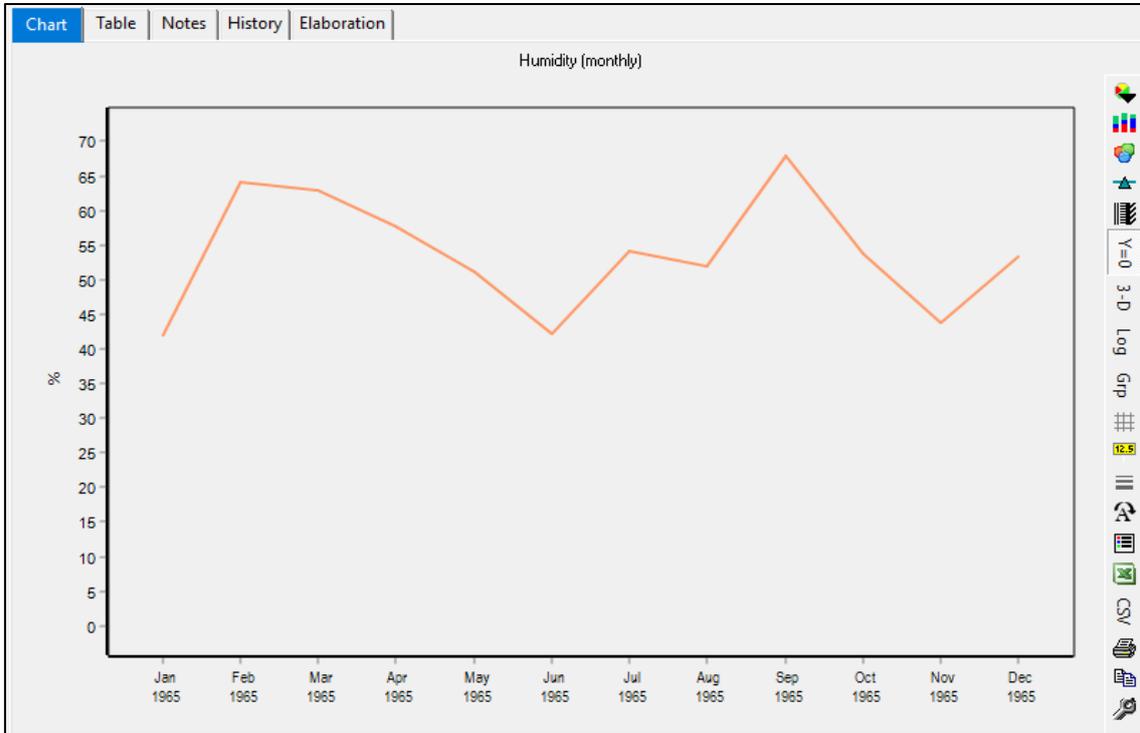


- Subcuenca 30

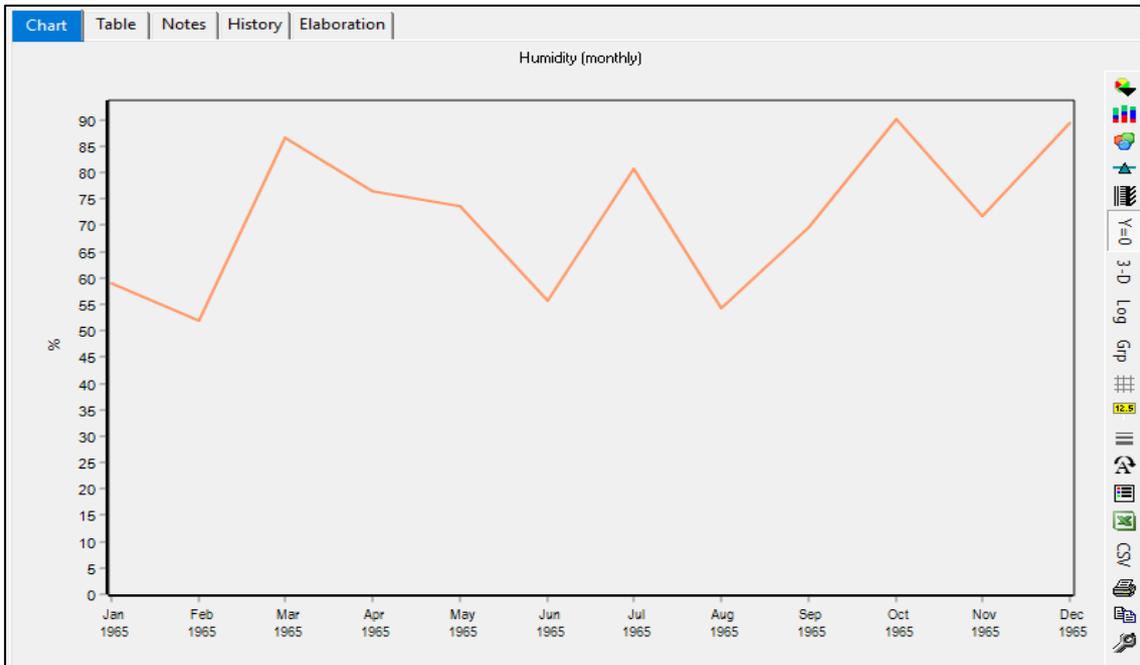


### Anexo 9: Humedad relativa

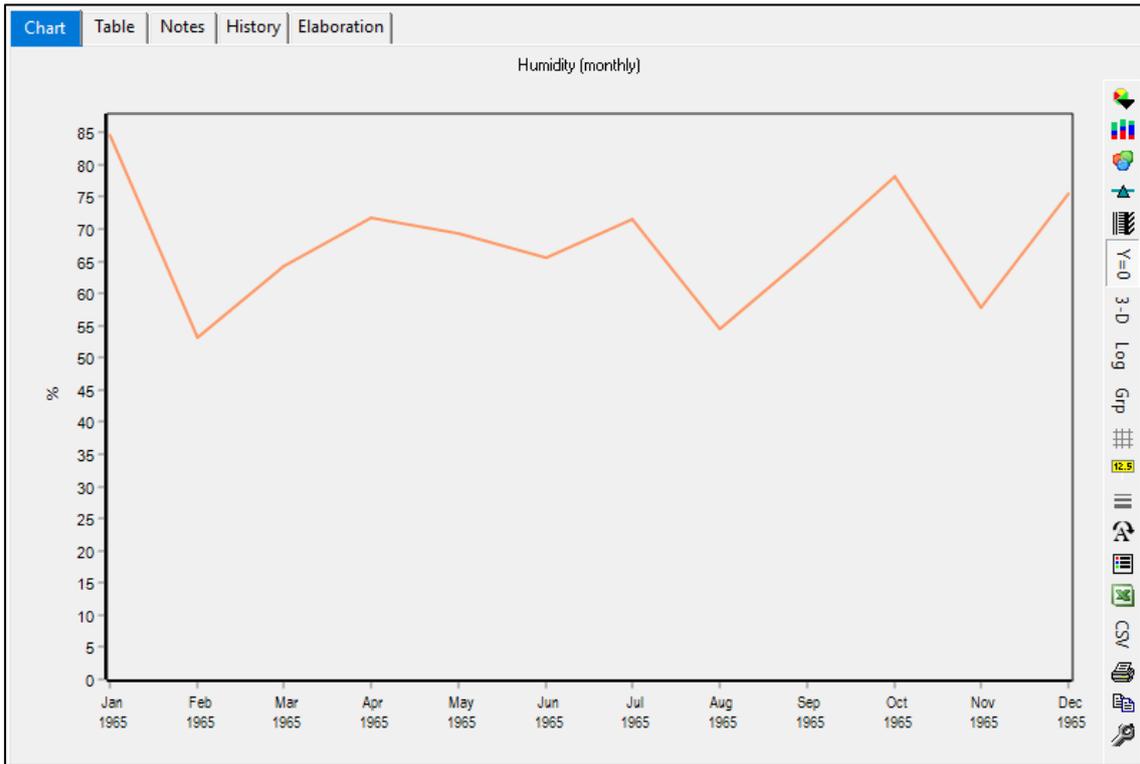
- Subcuenca 1



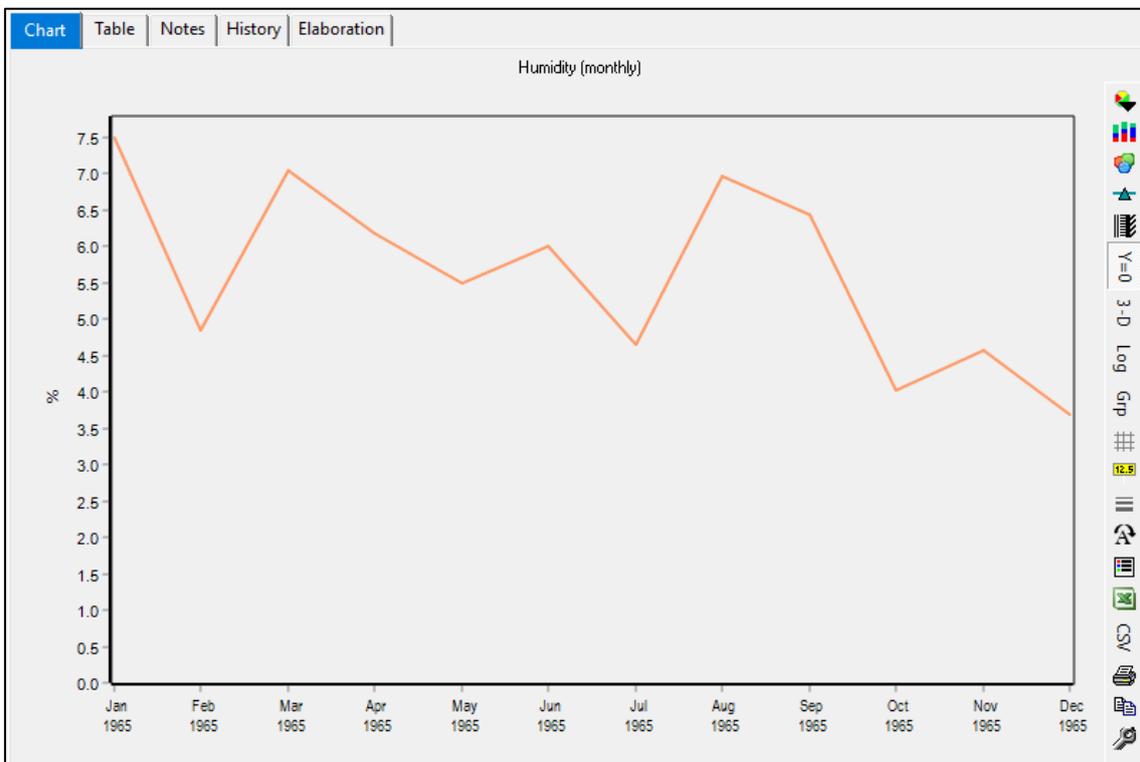
- Subcuenca 2



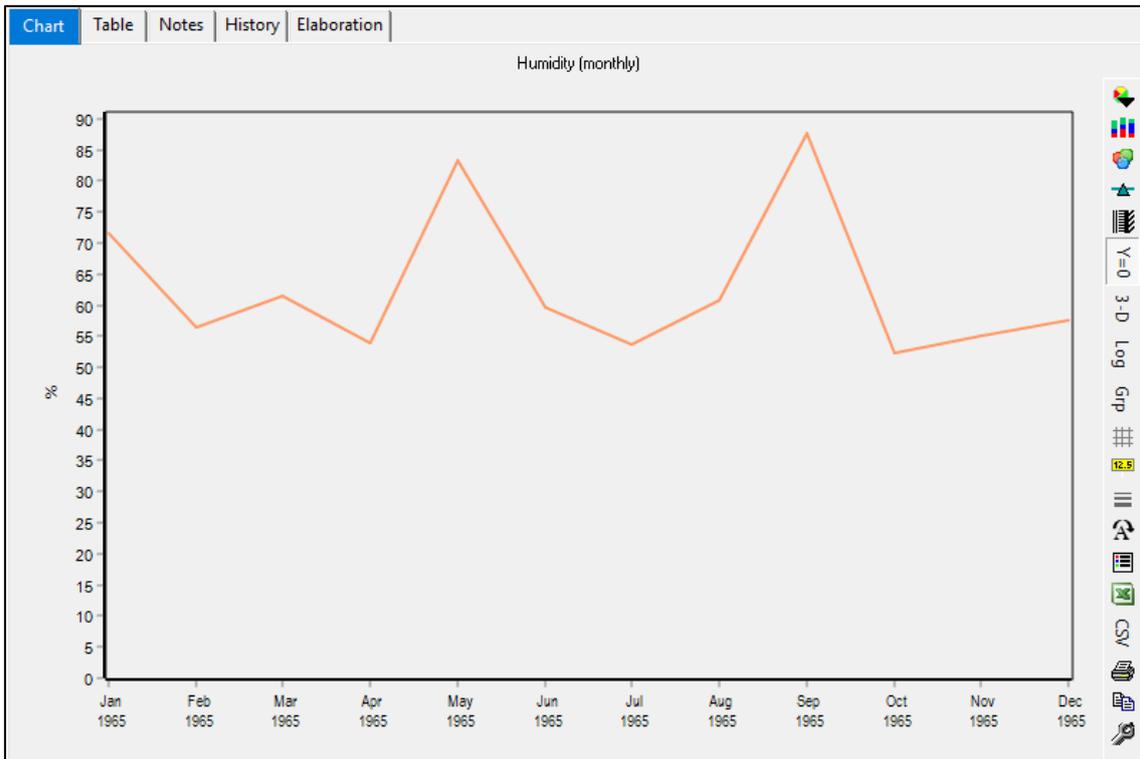
- Subcuenca 3



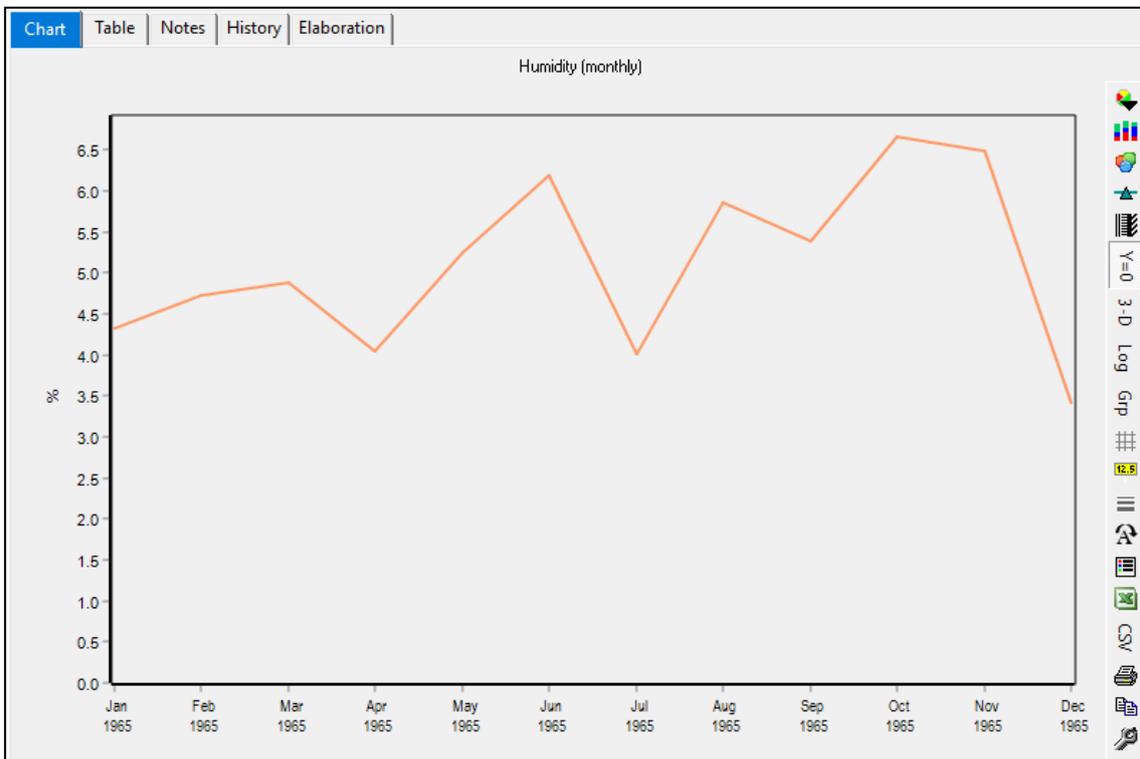
- Subcuenca 4



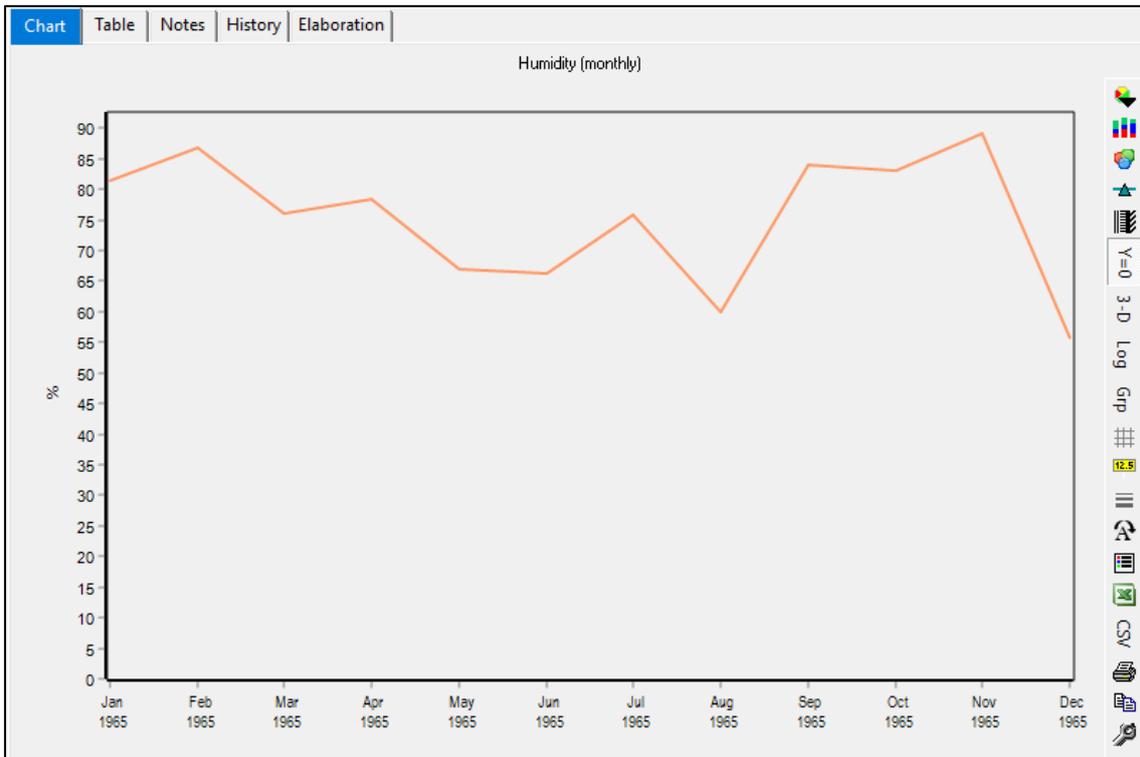
- Subcuenca 5



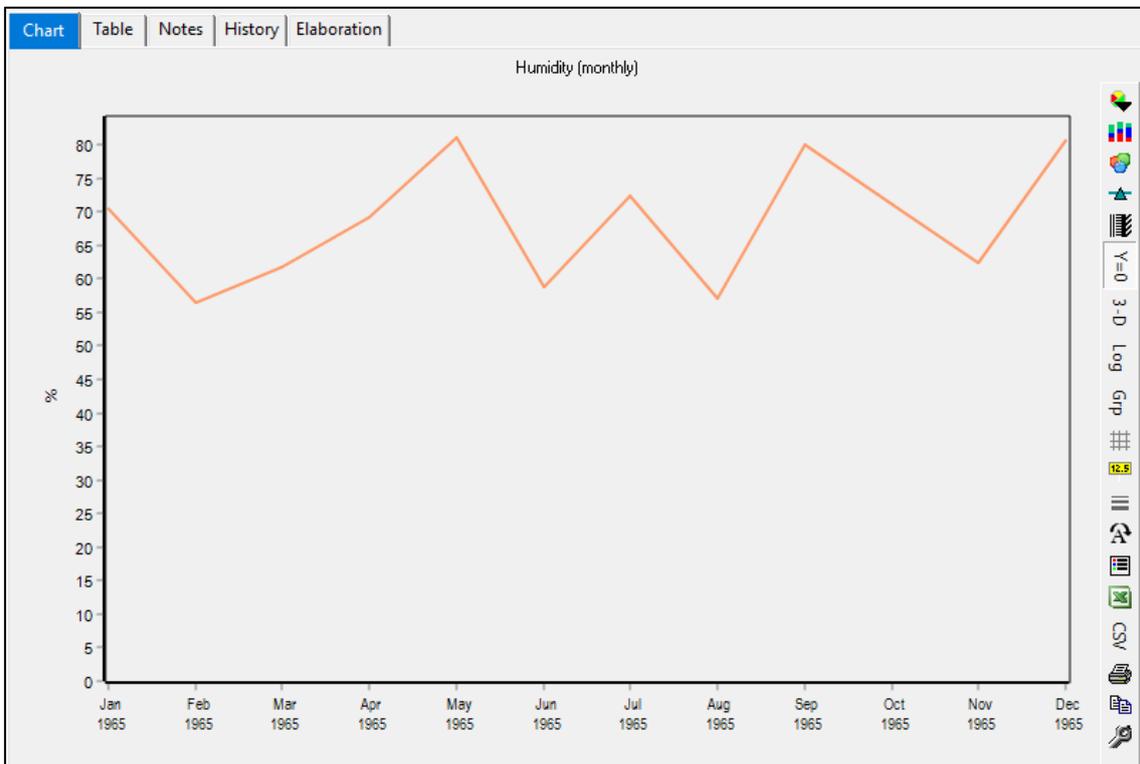
- Subcuenca 6



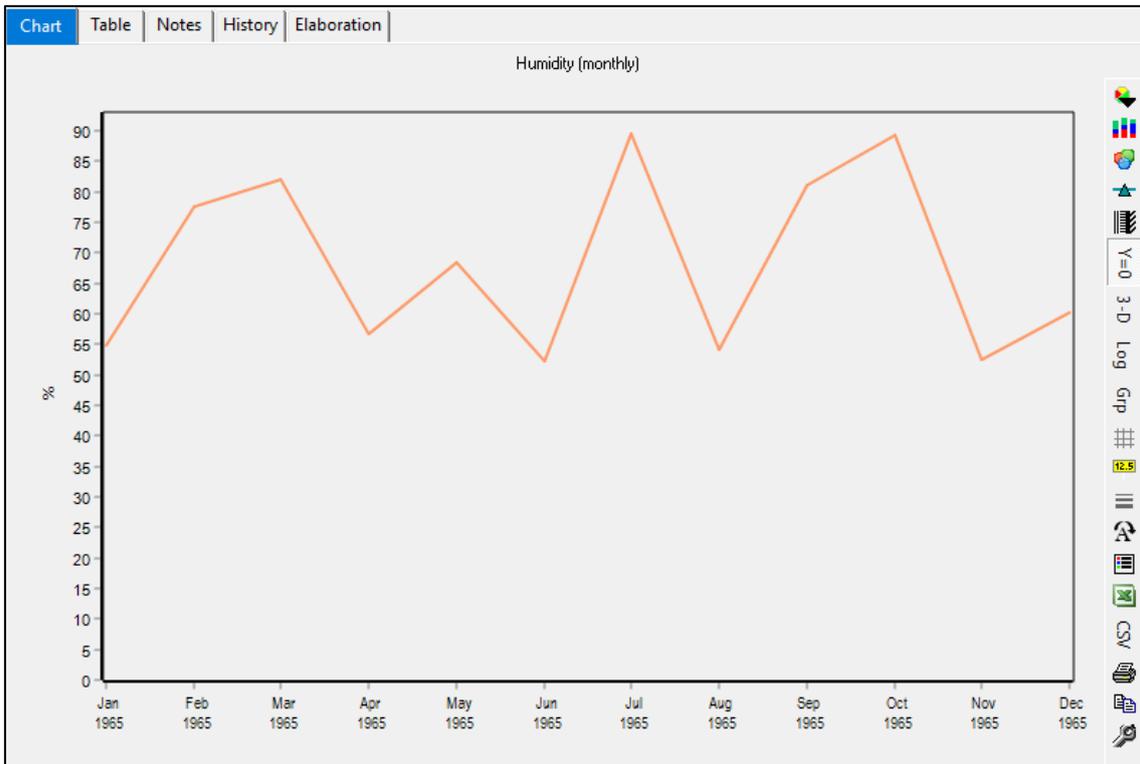
- Subcuenca 7



- Subcuenca 8



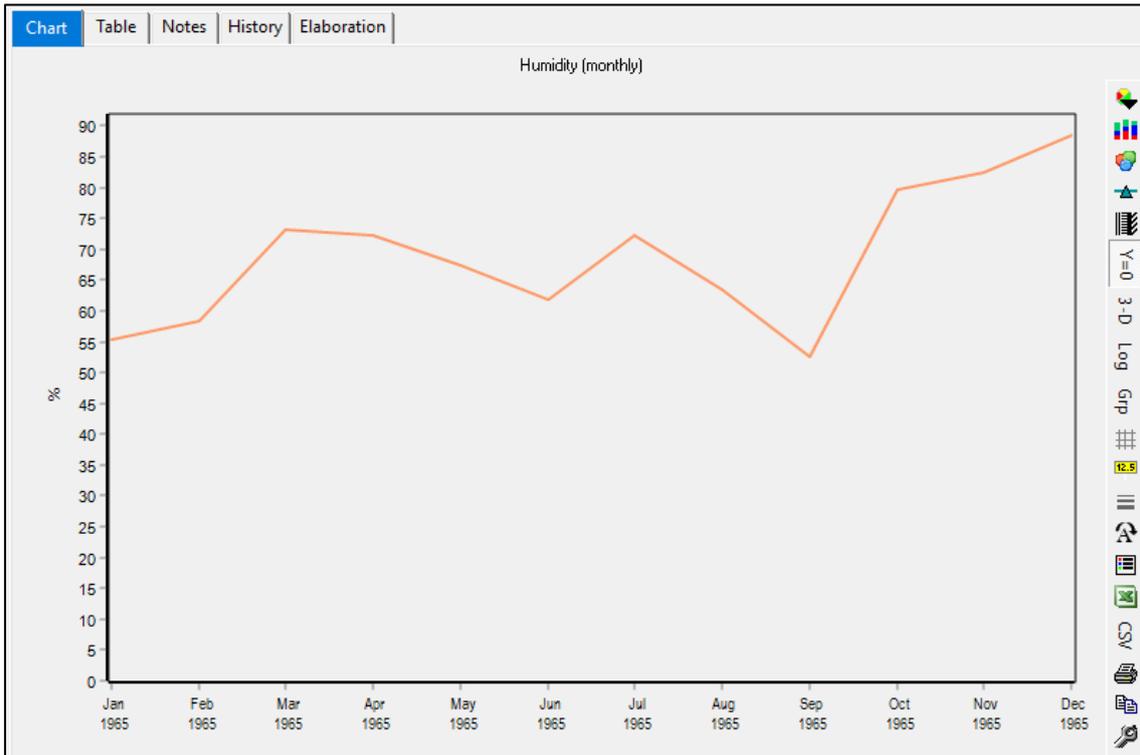
- Subcuenca 9



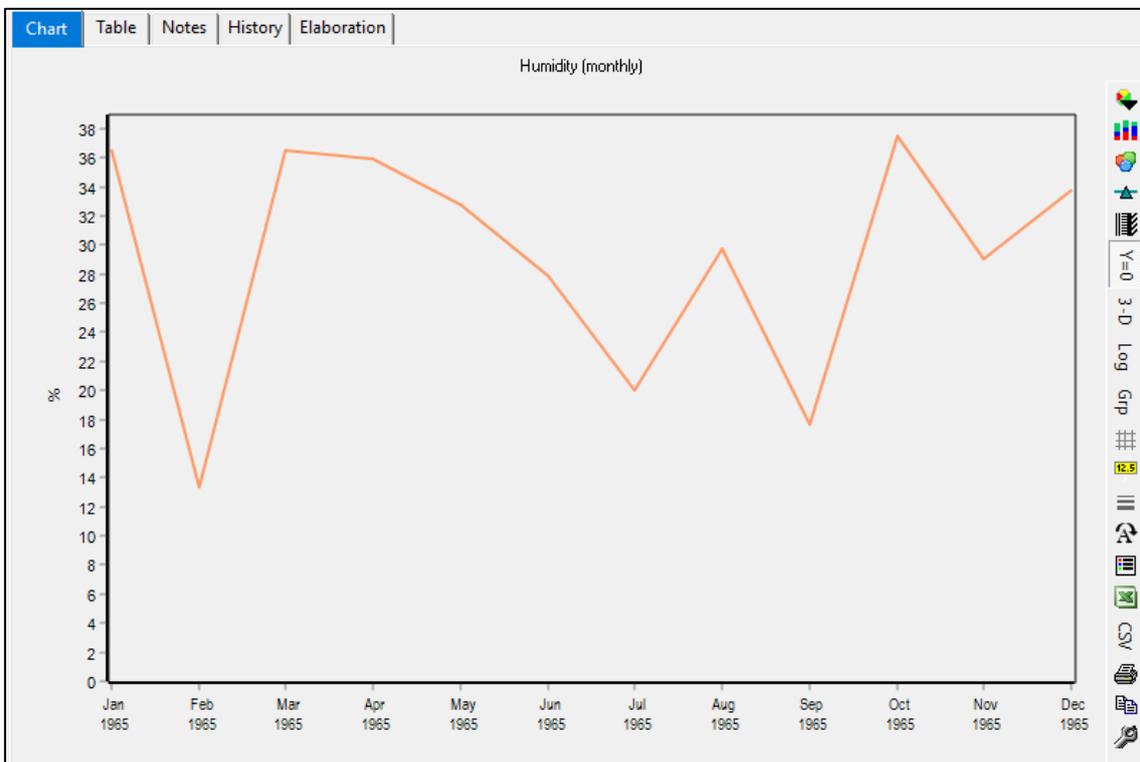
- Subcuenca 10



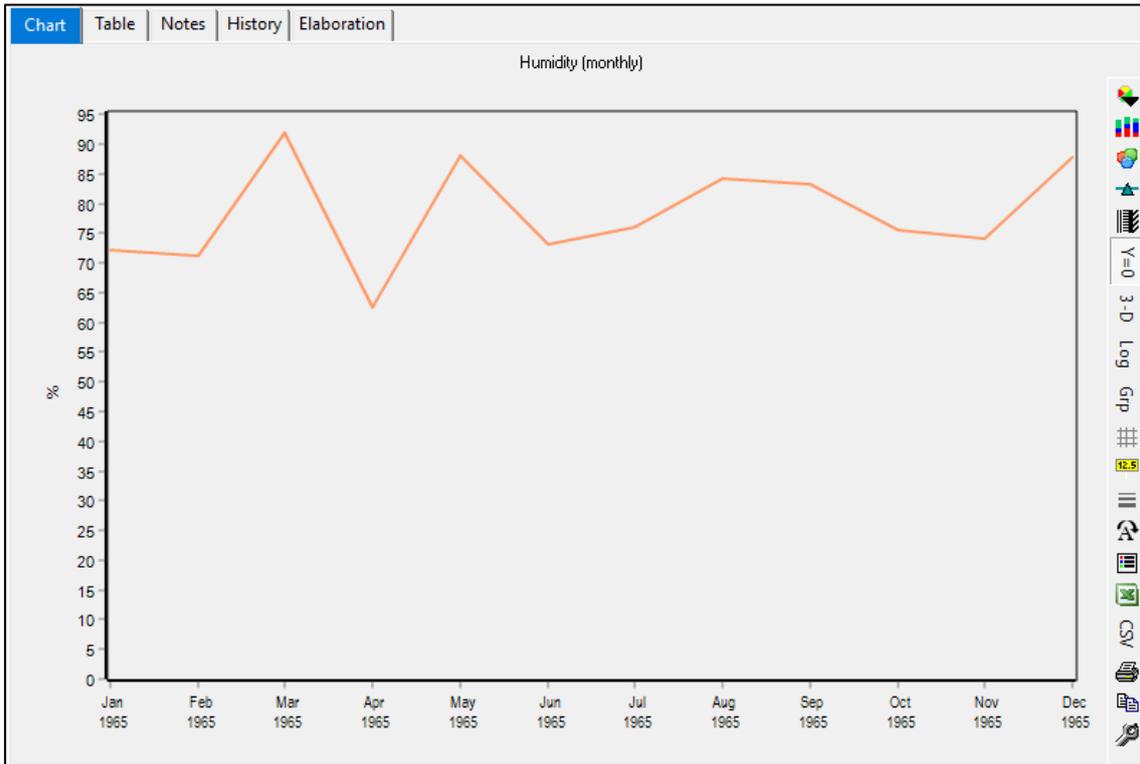
- Subcuenca 11



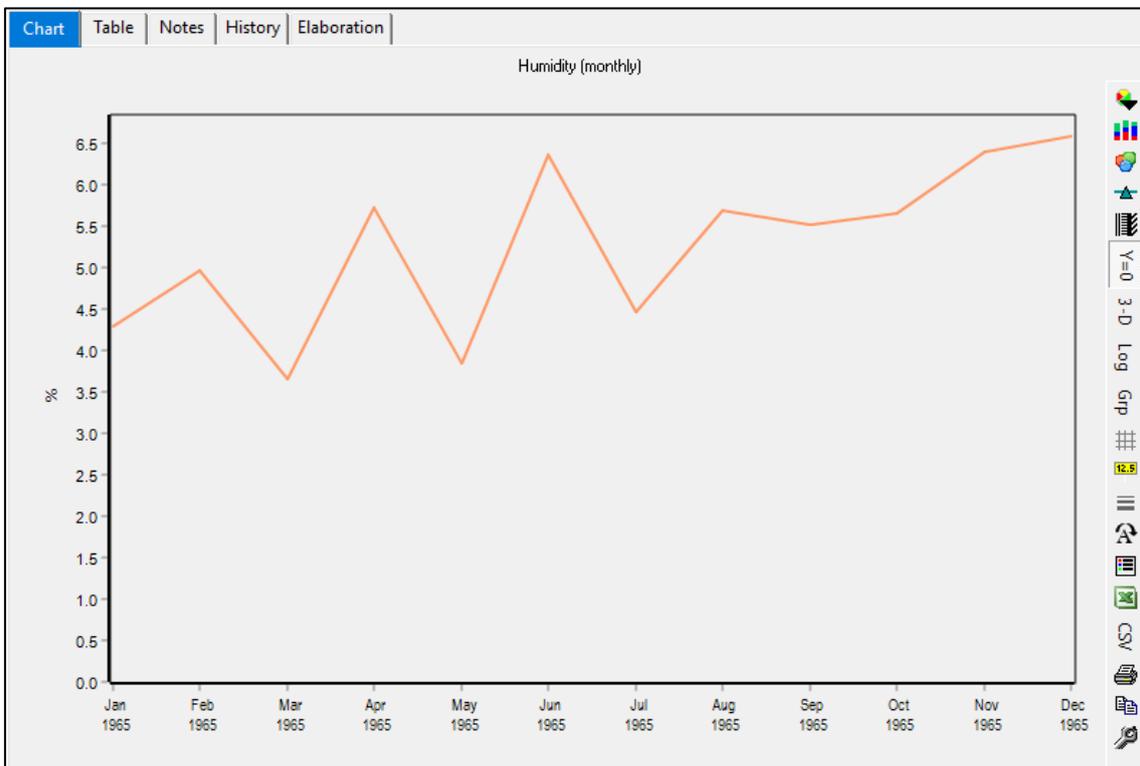
- Subcuenca 12



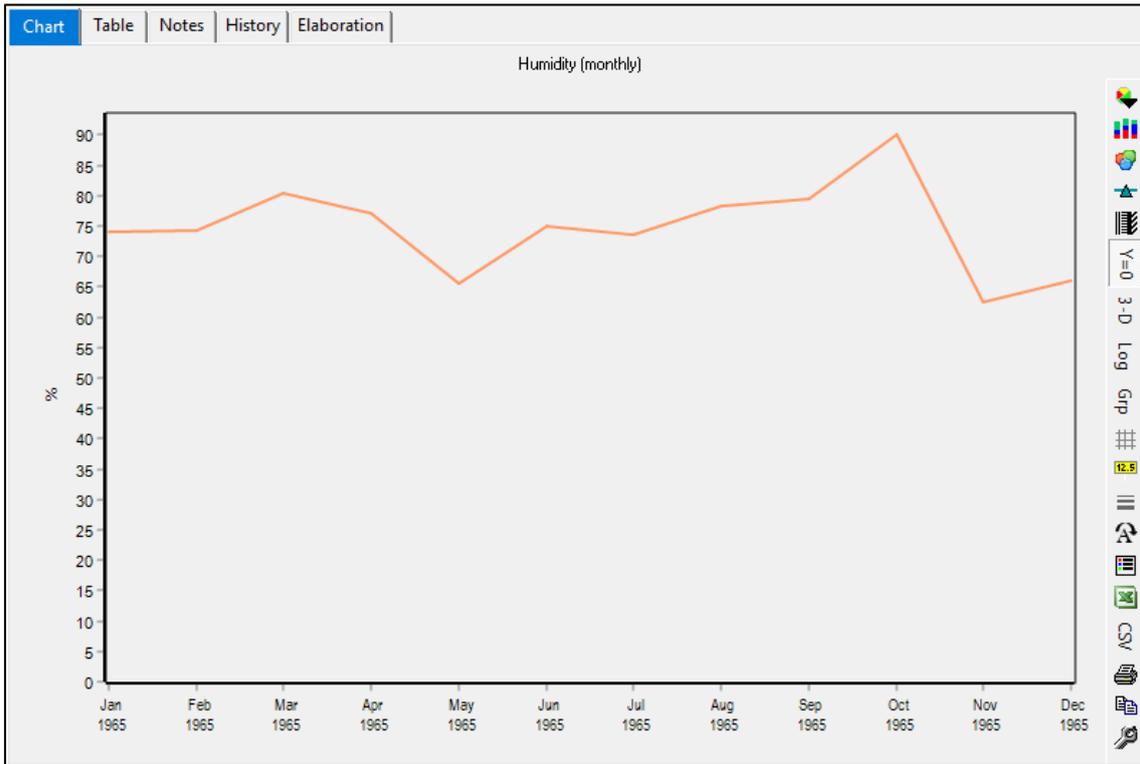
- Subcuenca 13



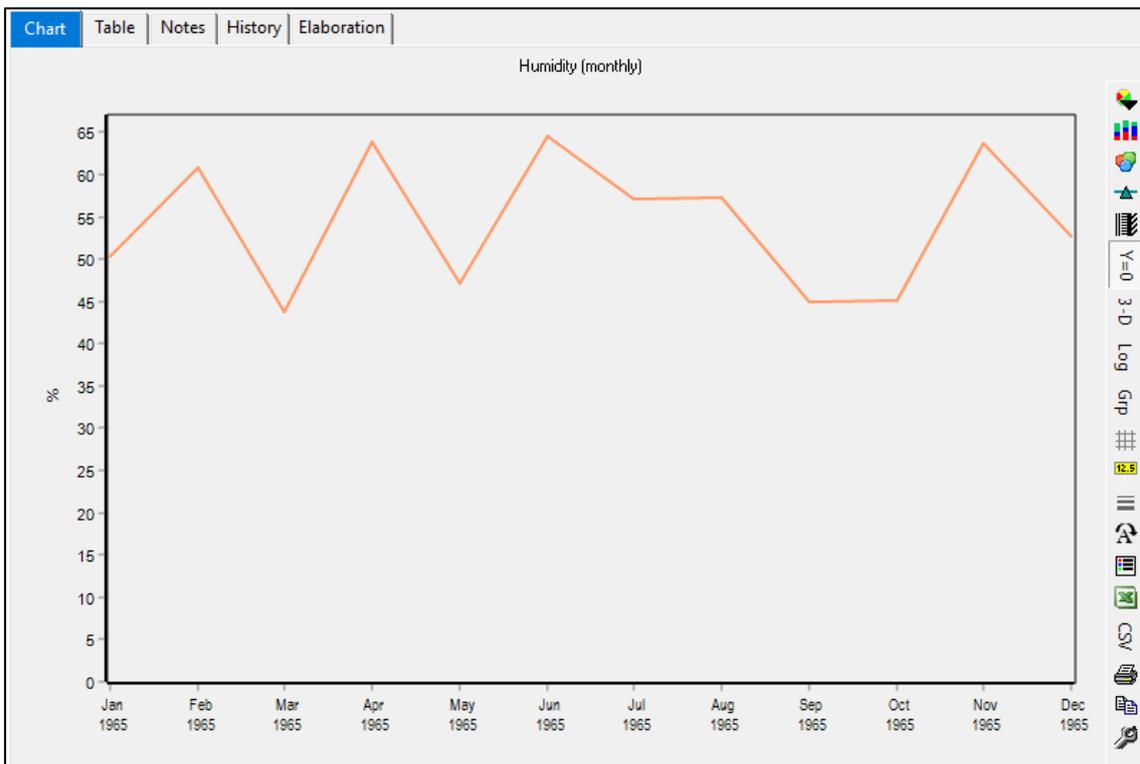
- Subcuenca 14



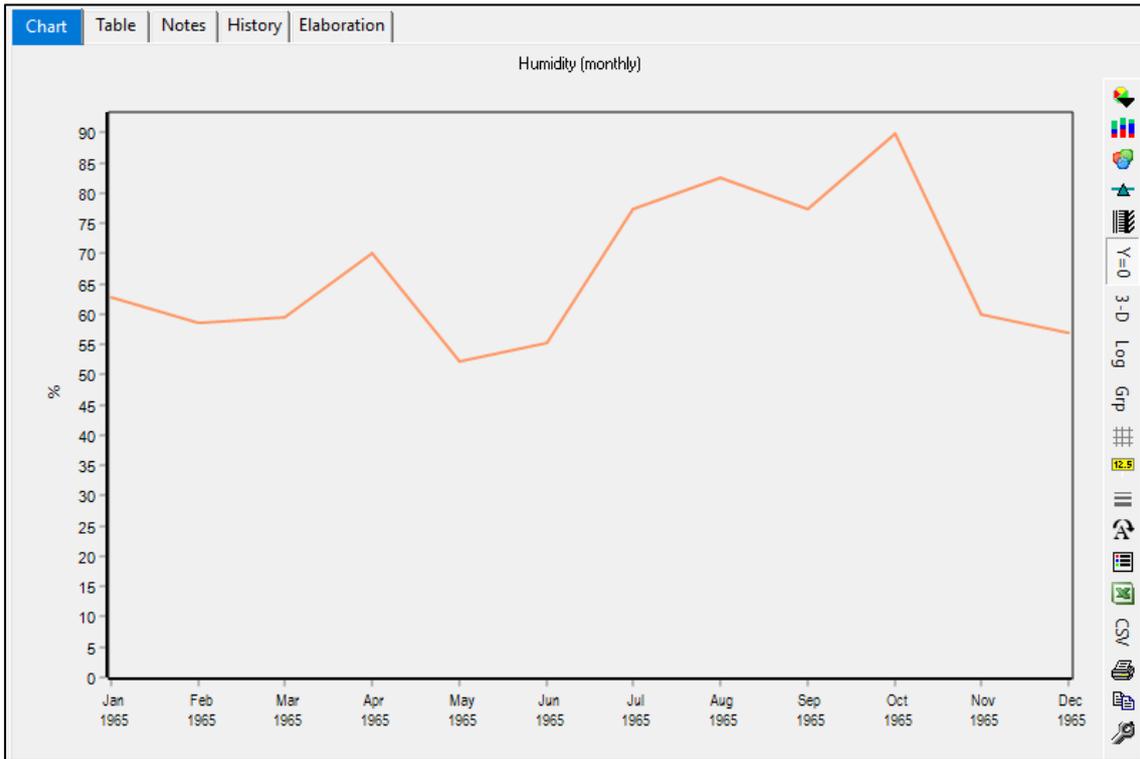
- Subcuenca 15



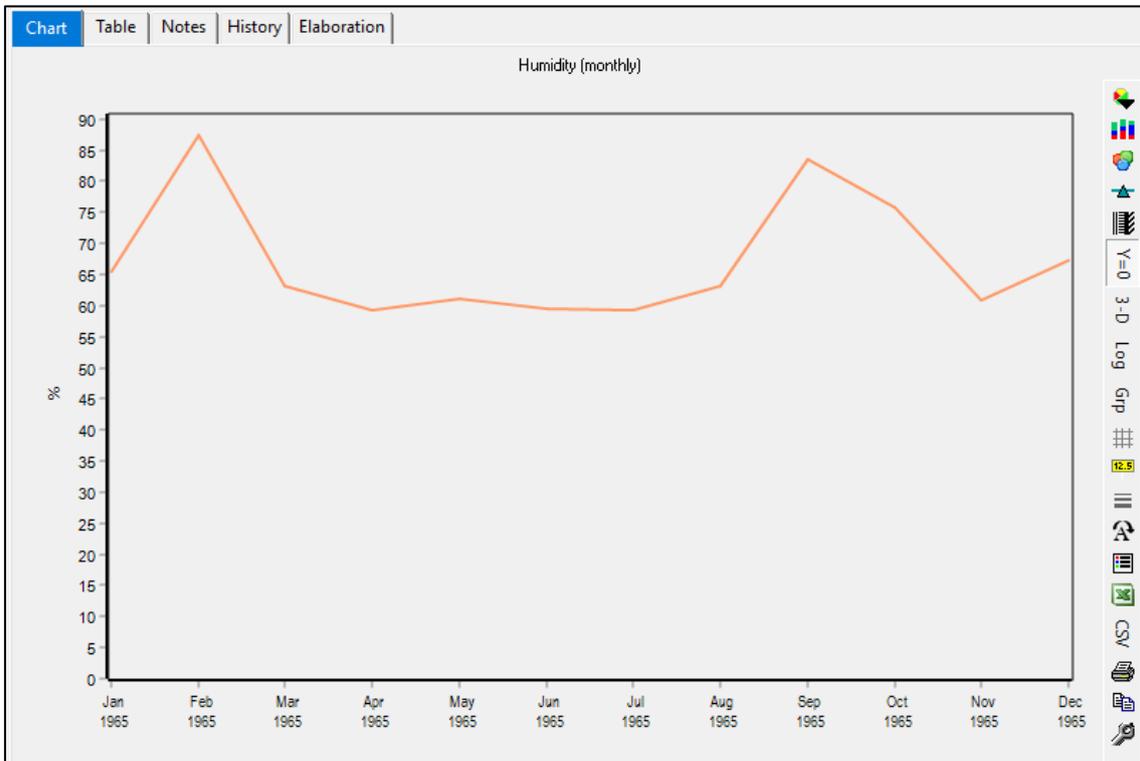
- Subcuenca 16



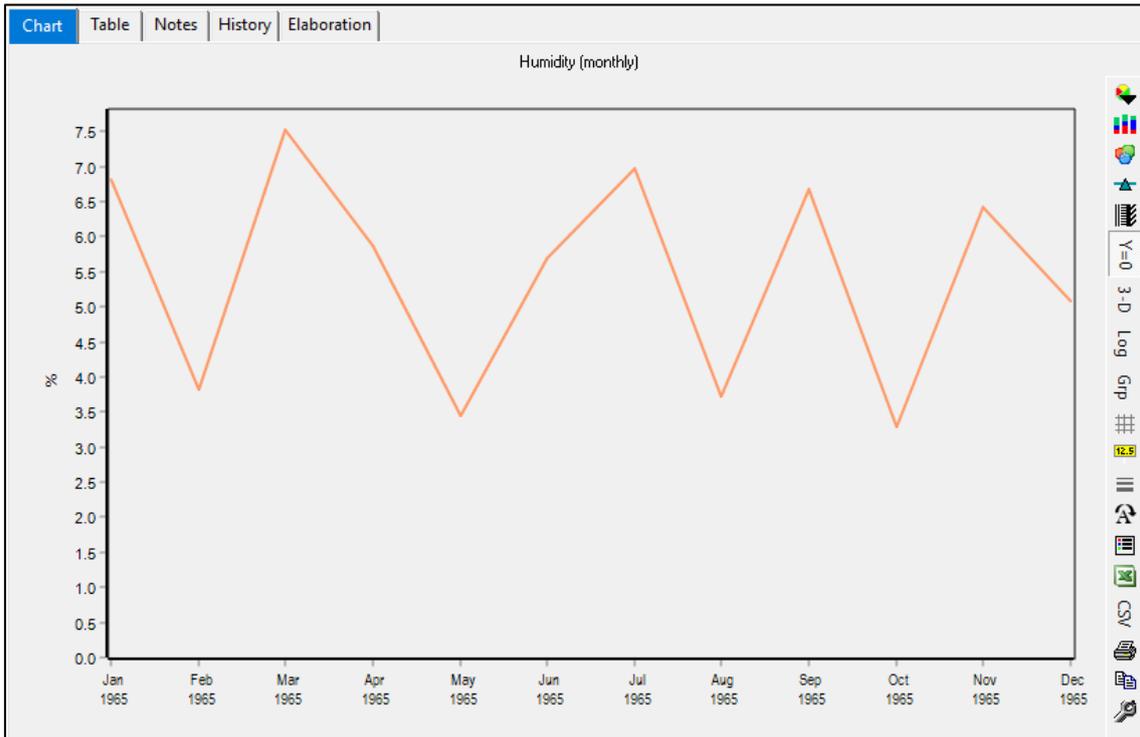
- Subcuenca 17



- Subcuenca 18



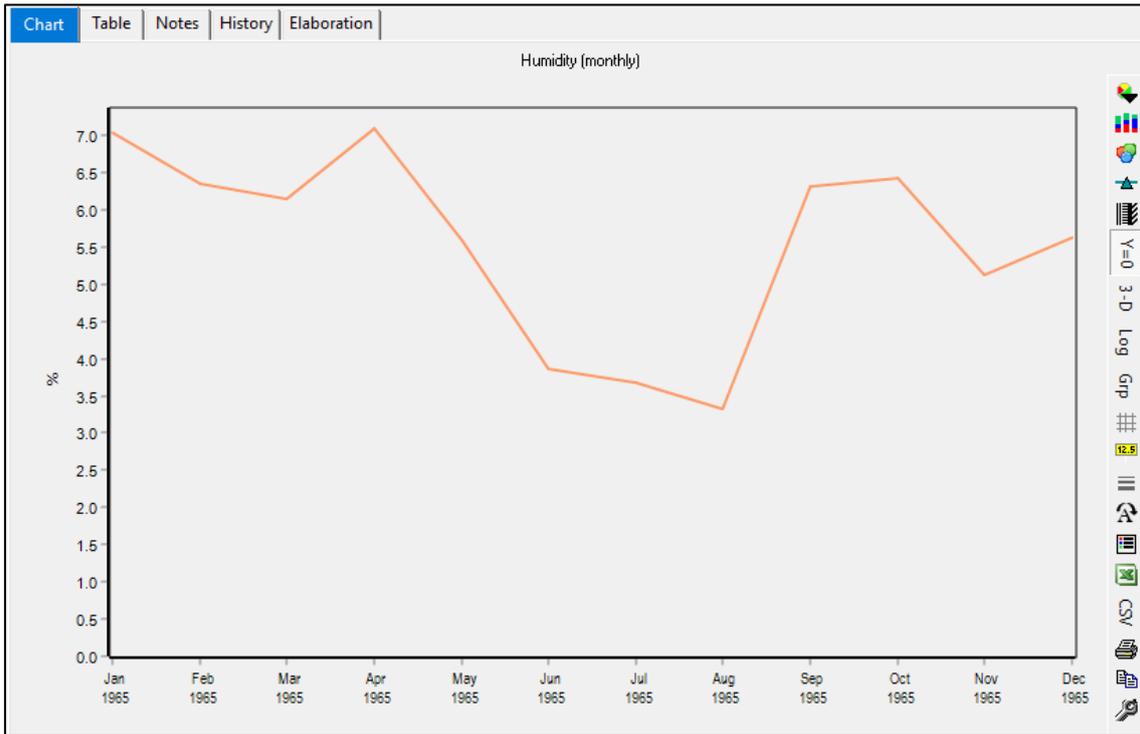
- Subcuenca 19



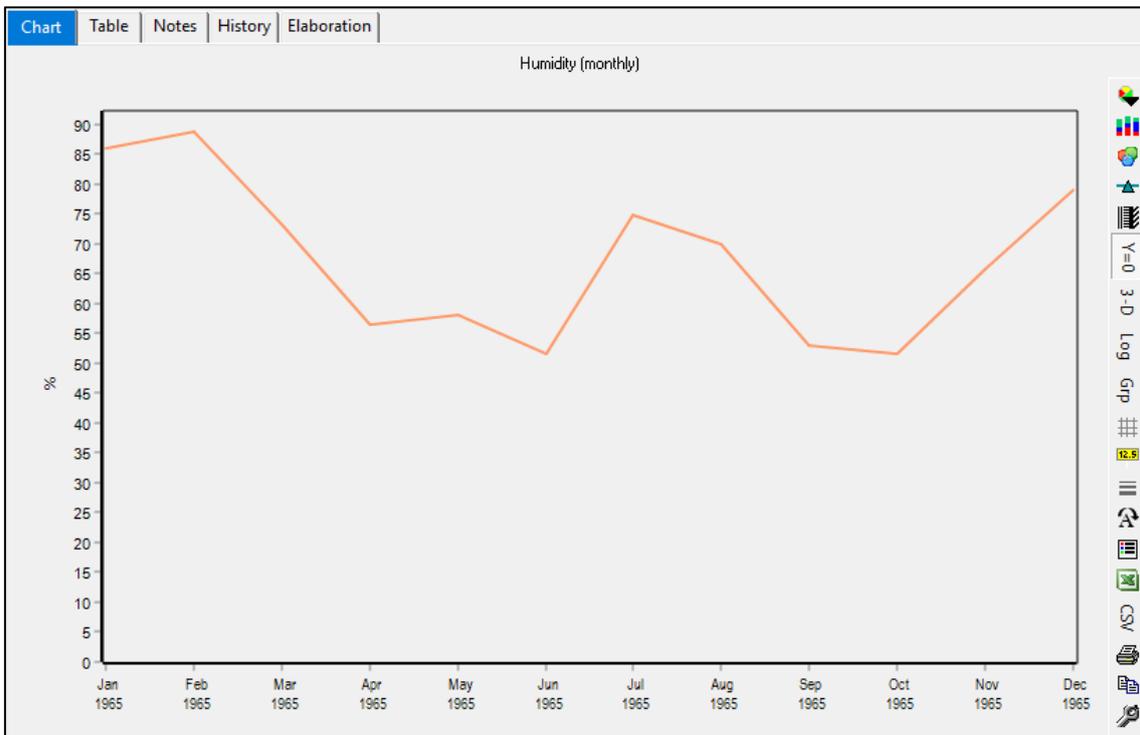
- Subcuenca 20



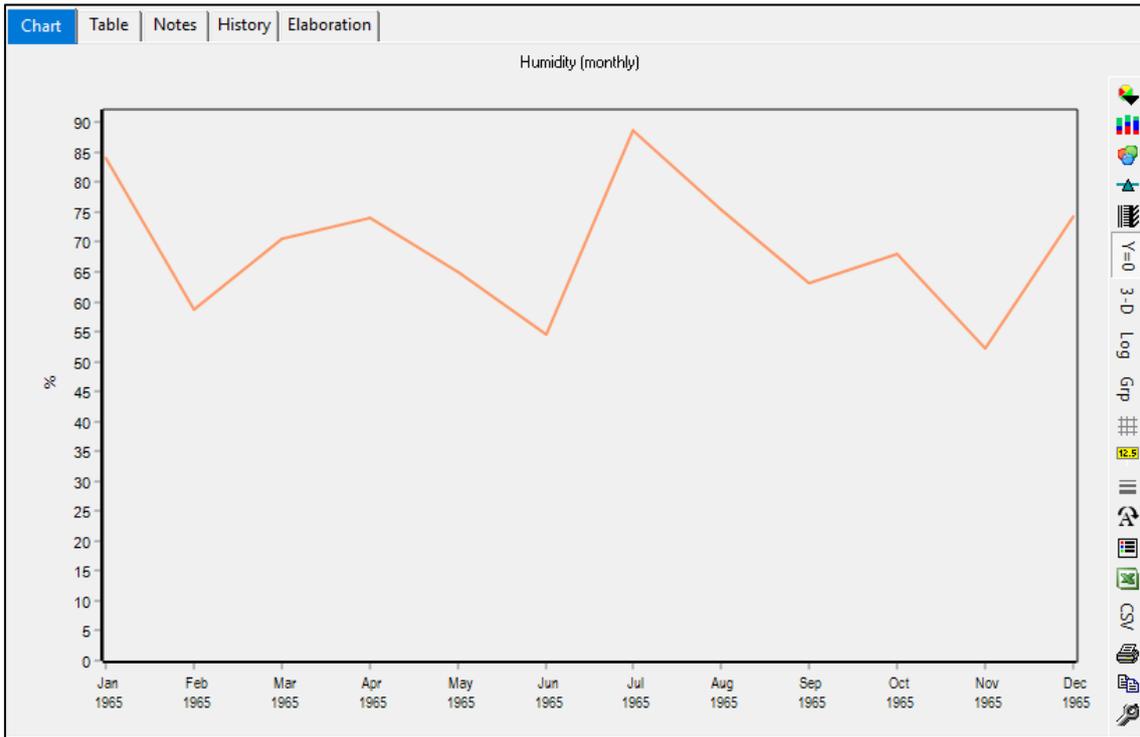
- Subcuenca 21



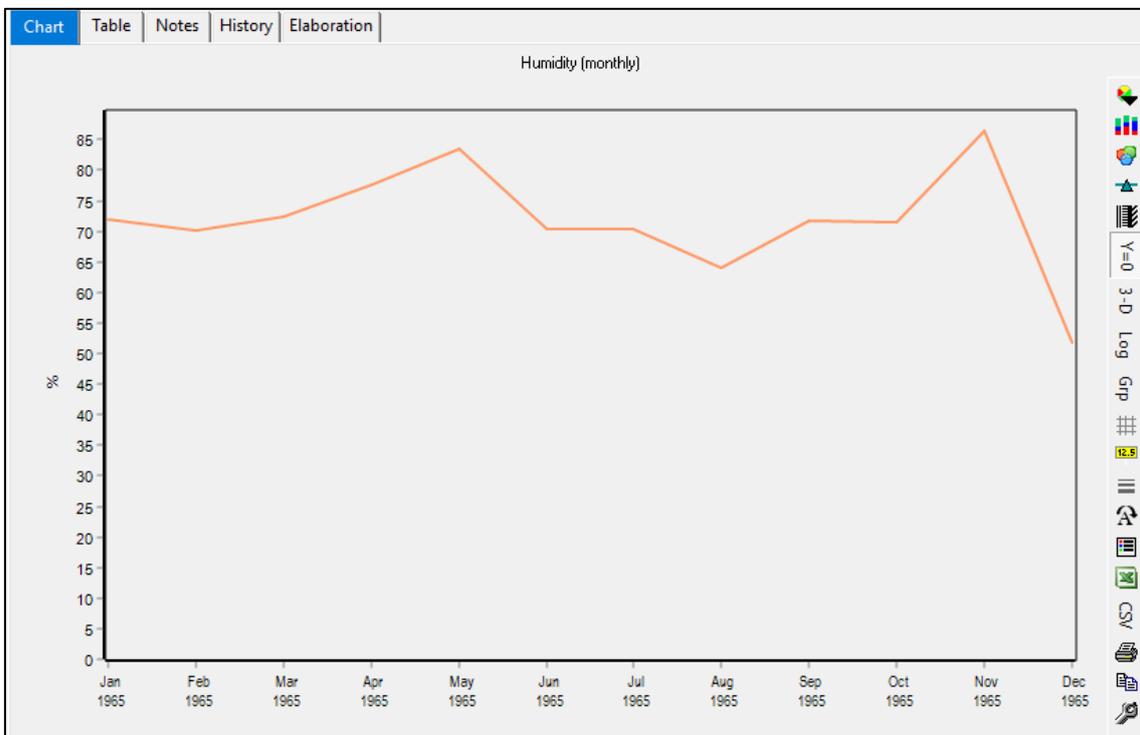
- Subcuenca 22



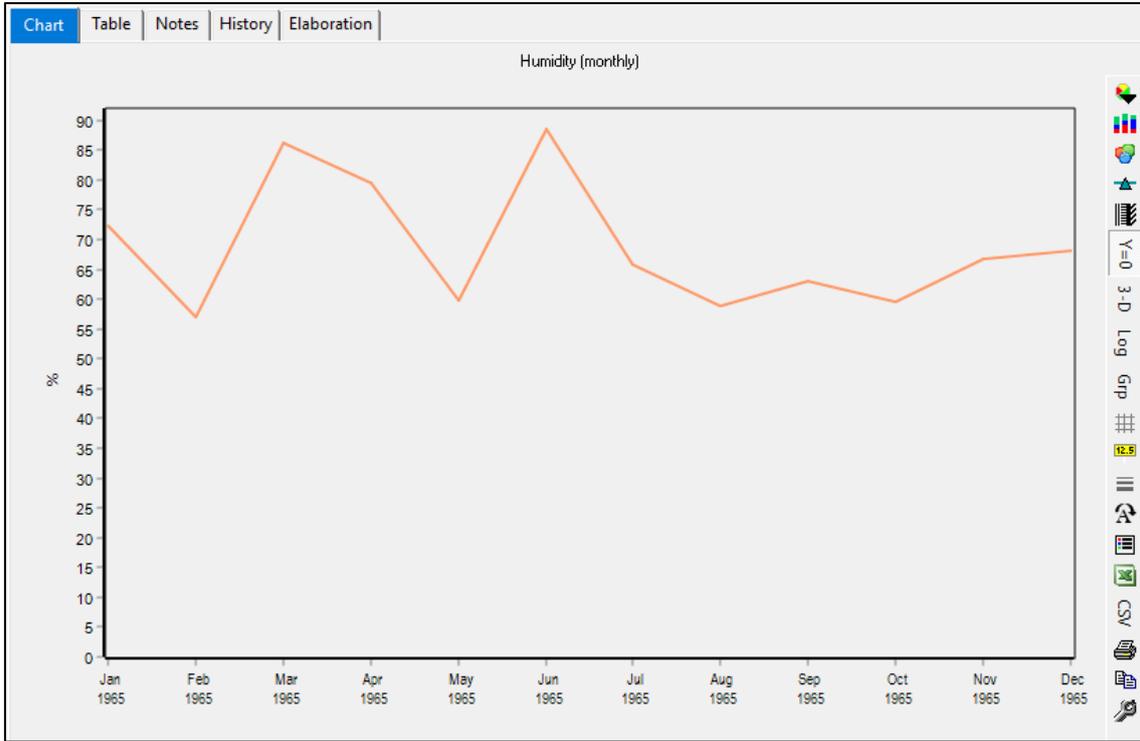
- Subcuenca 23



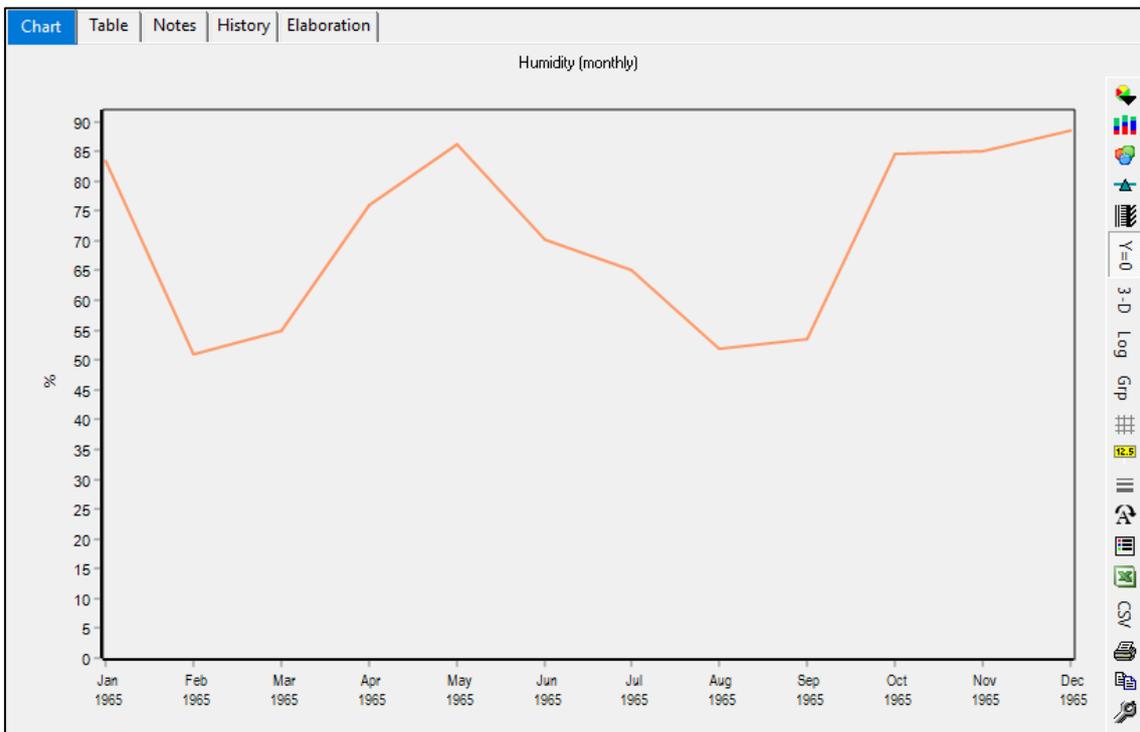
- Subcuenca 24



- Subcuenca 25



- Subcuenca 26



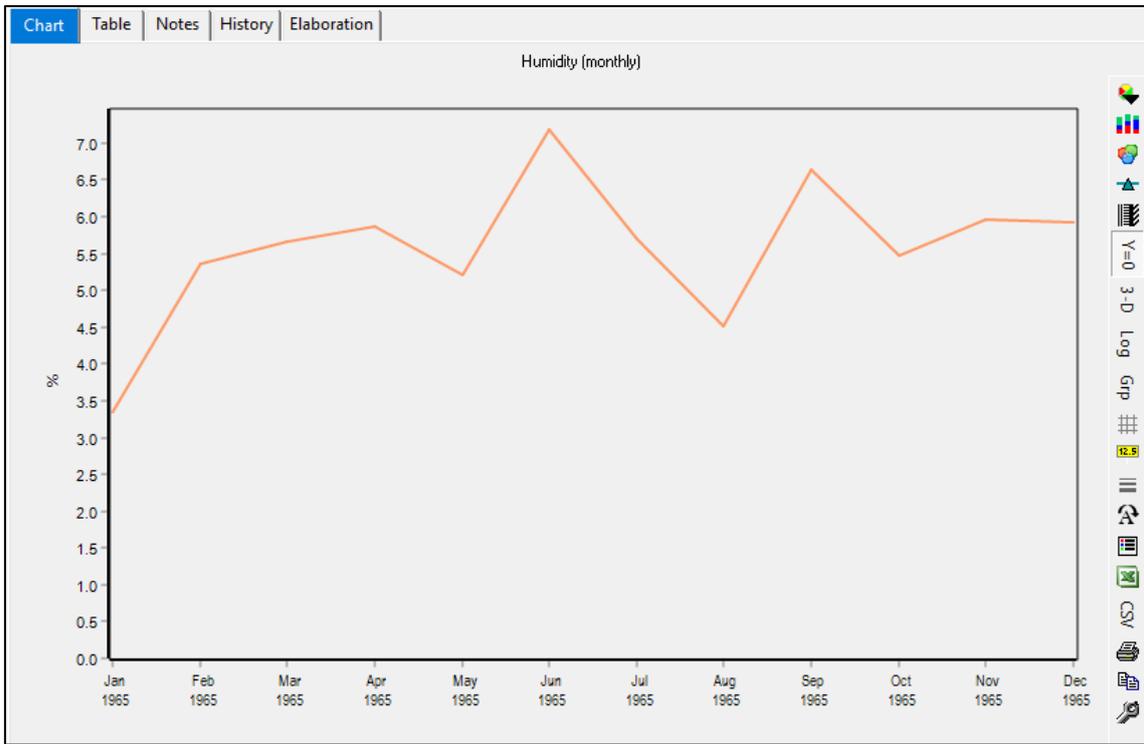
- Subcuenca 27



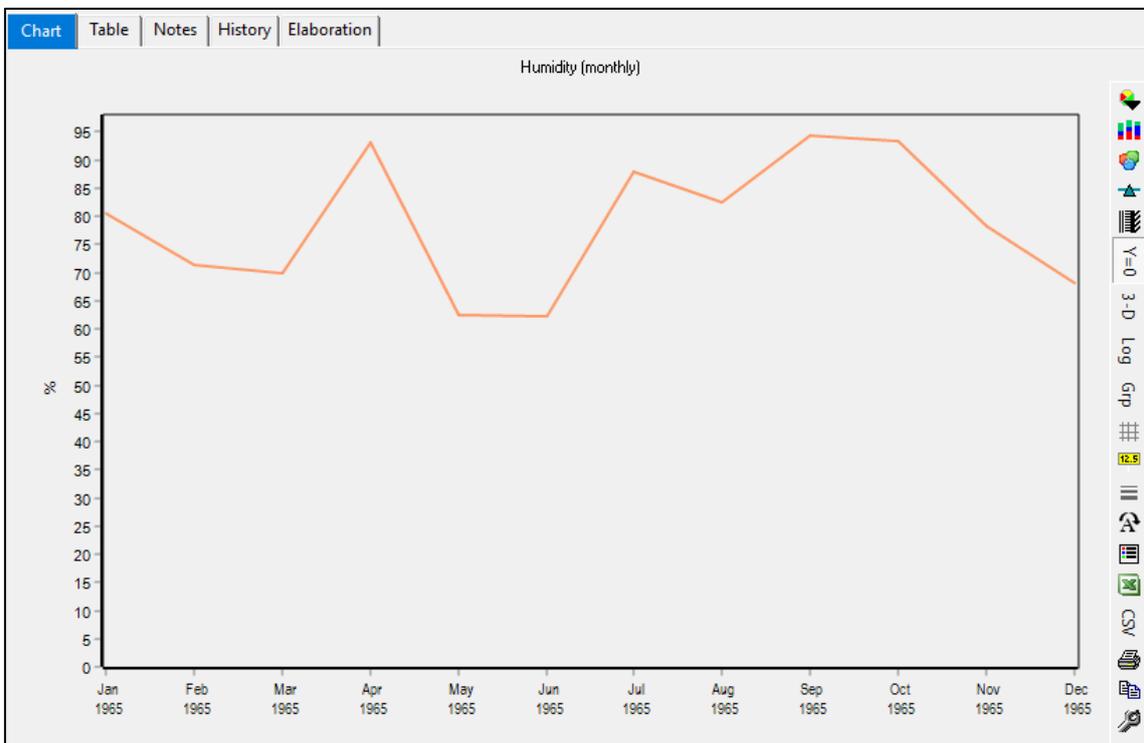
- Subcuenca 28



- Subcuenca 29

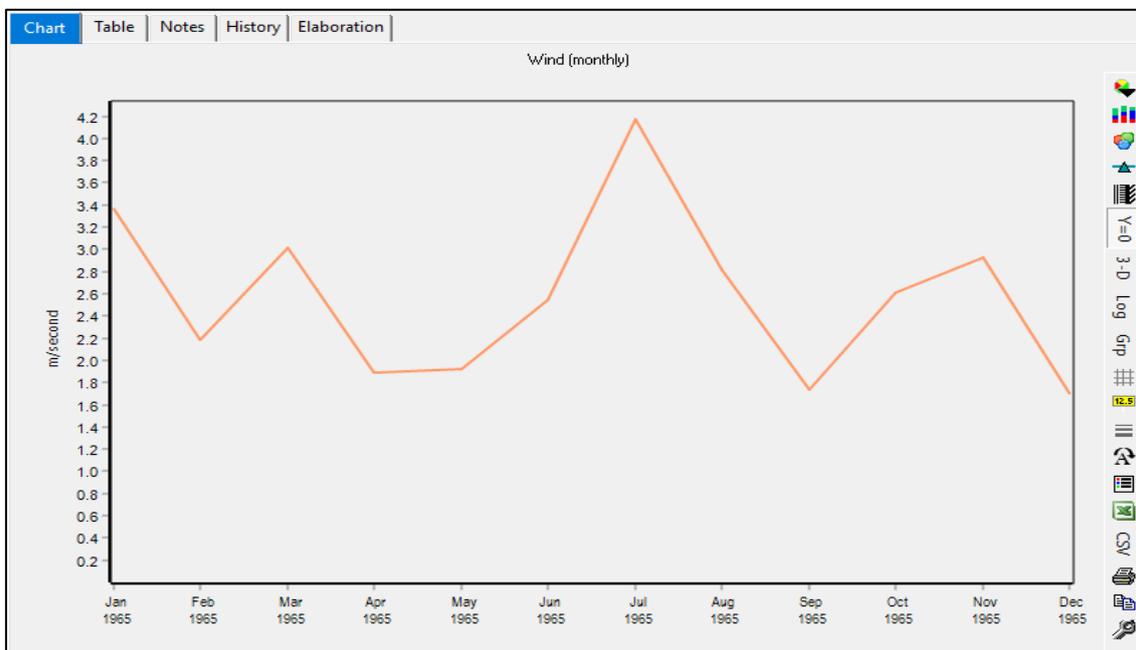


- Subcuenca 30



## Anexo 10: Velocidad de vientos

- Subcuenca 1



- Subcuenca 2



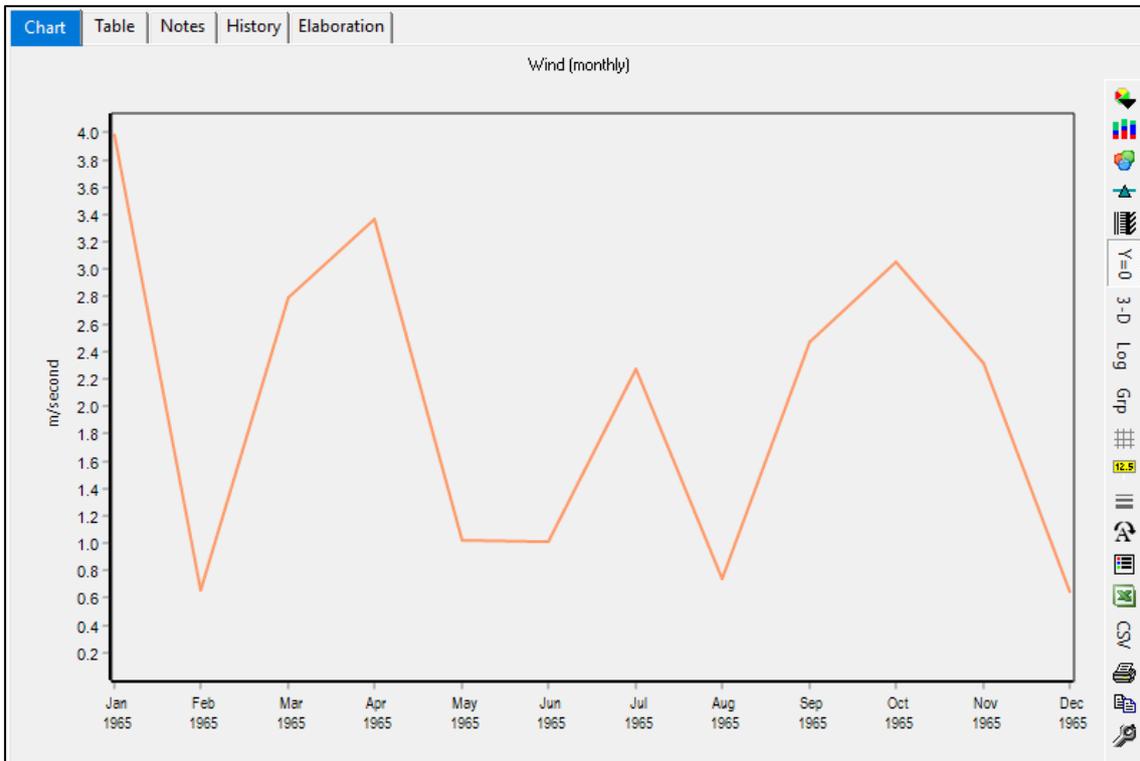
- Subcuenca 3



- Subcuenca 4



- Subcuenca 5



- Subcuenca 6



- Subcuenca 7



- Subcuenca 8



- Subcuenca 9



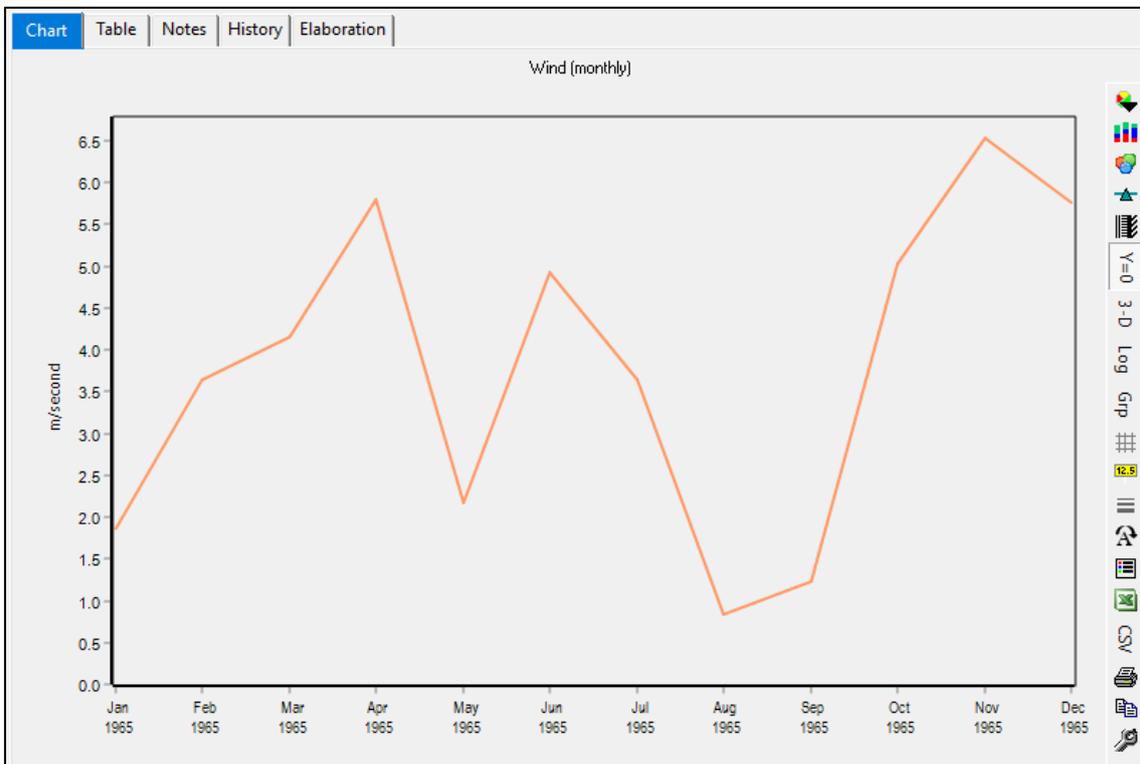
- Subcuenca 10



- Subcuenca 11



- Subcuenca 12



- Subcuenca 13



- Subcuenca 14



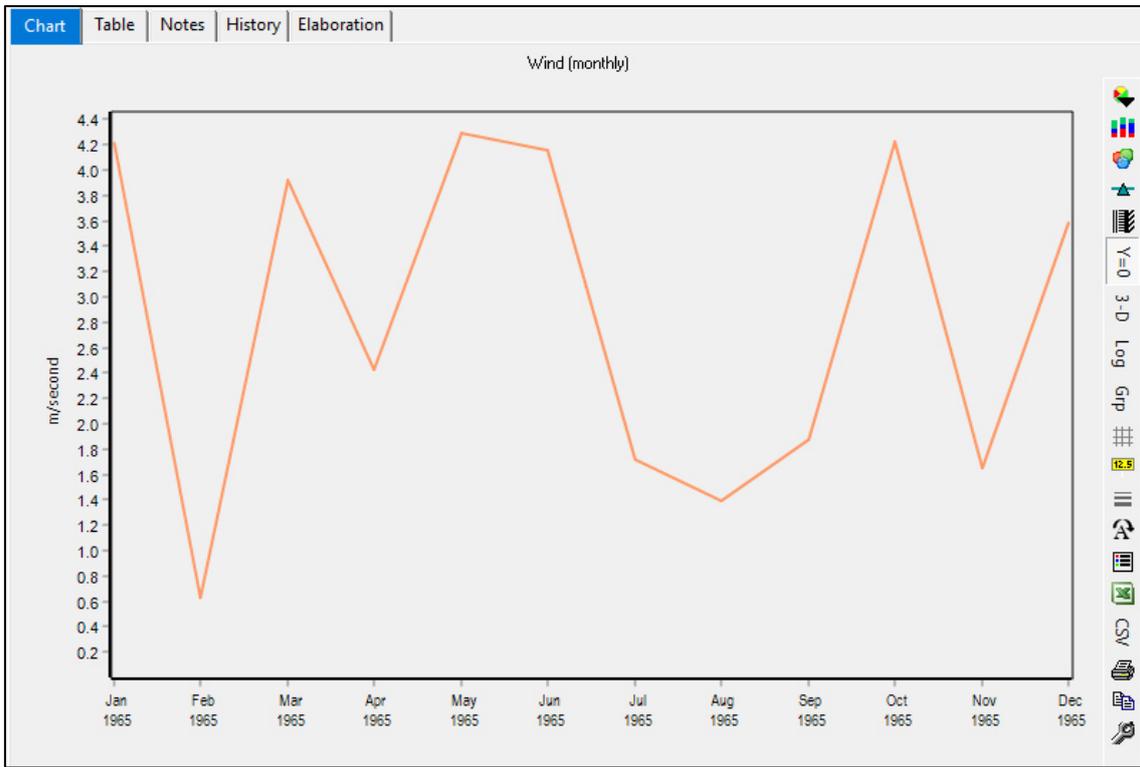
- Subcuenca 15



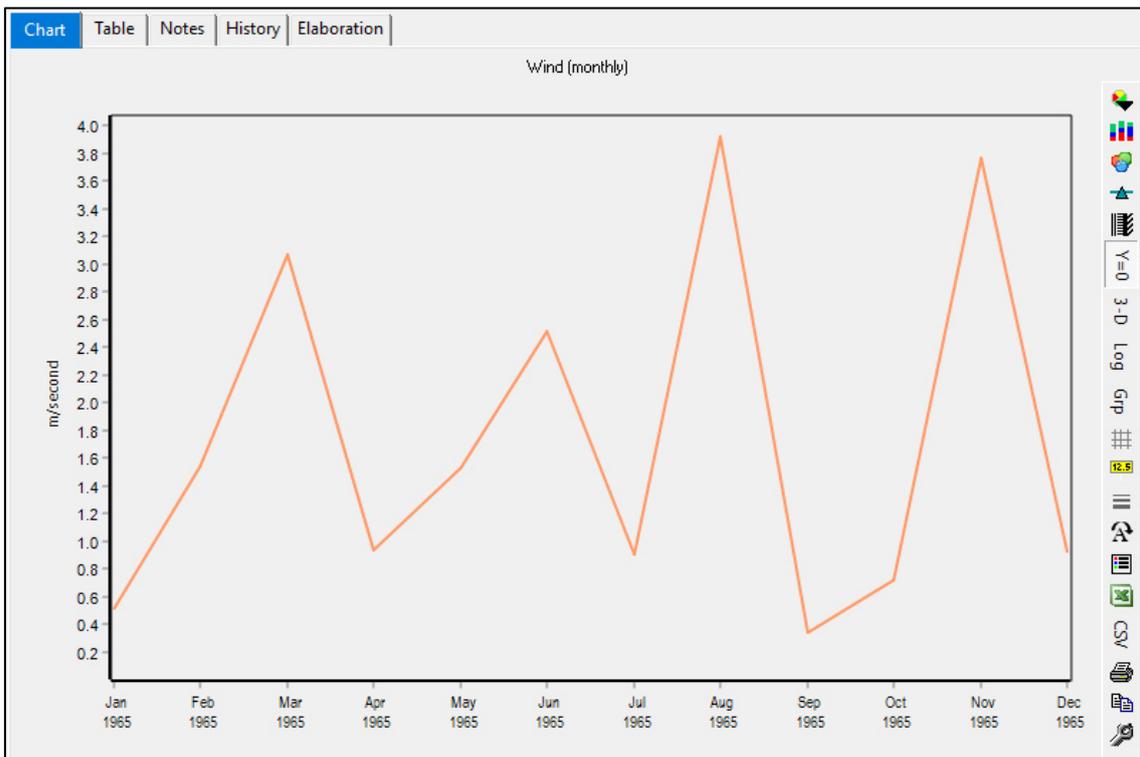
- Subcuenca 16



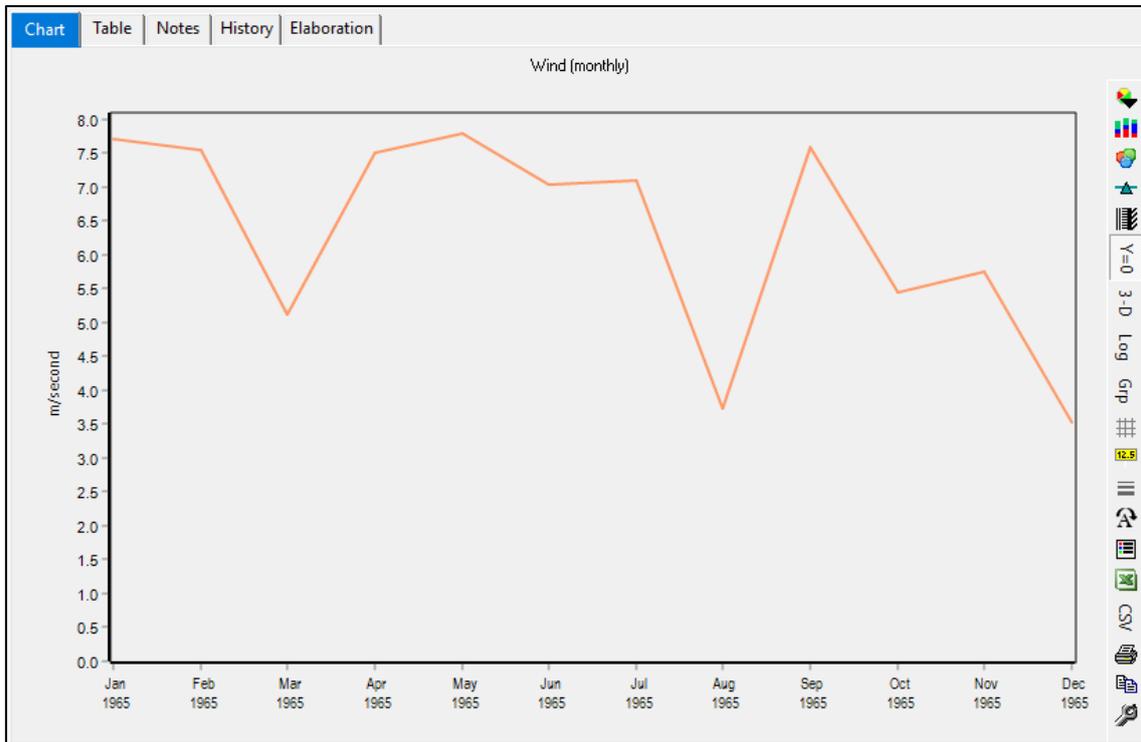
- Subcuenca 17



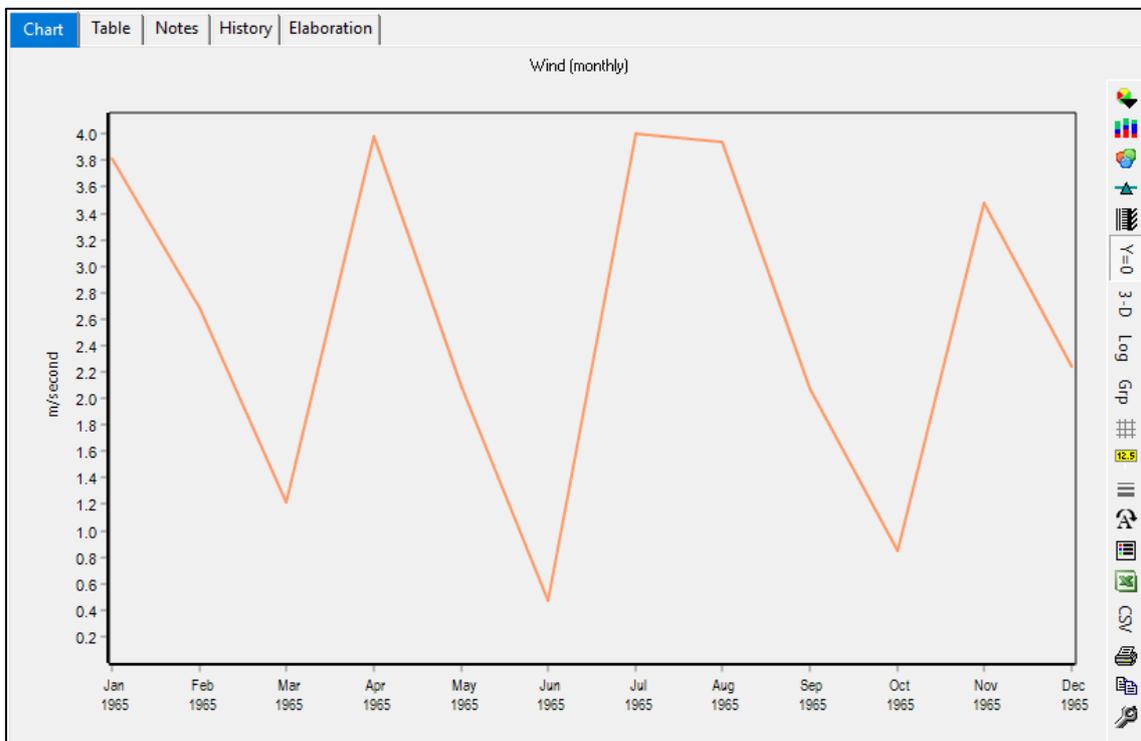
- Subcuenca 18



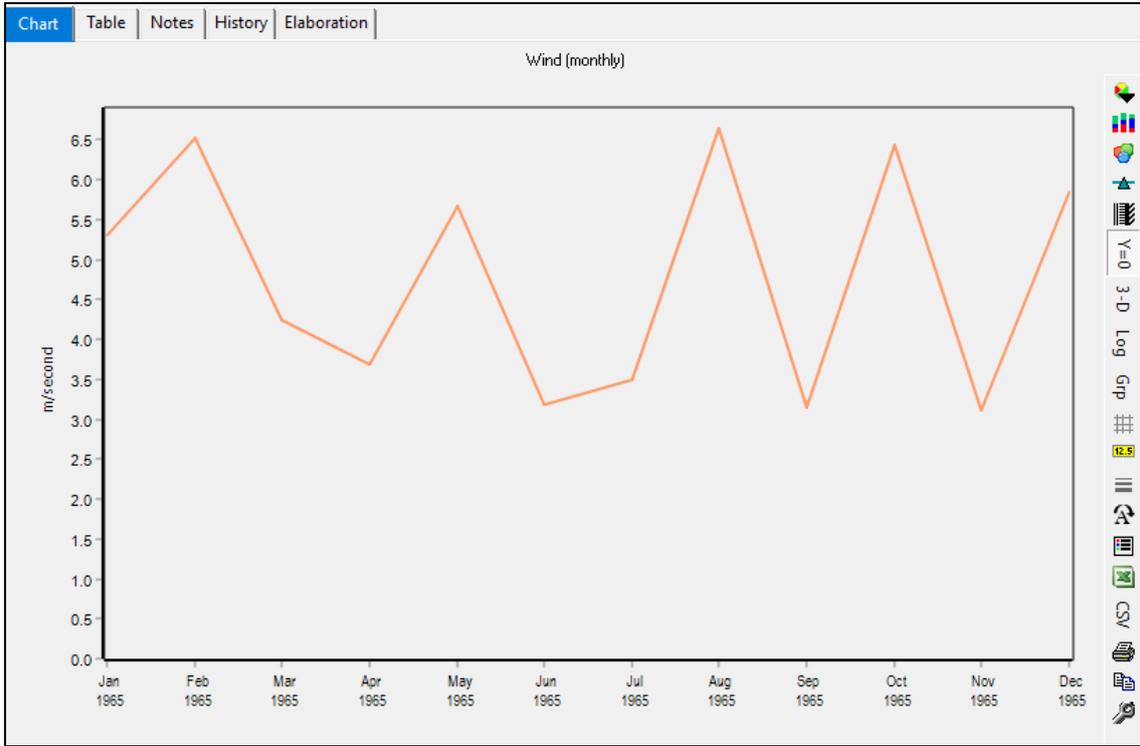
- Subcuenca 19



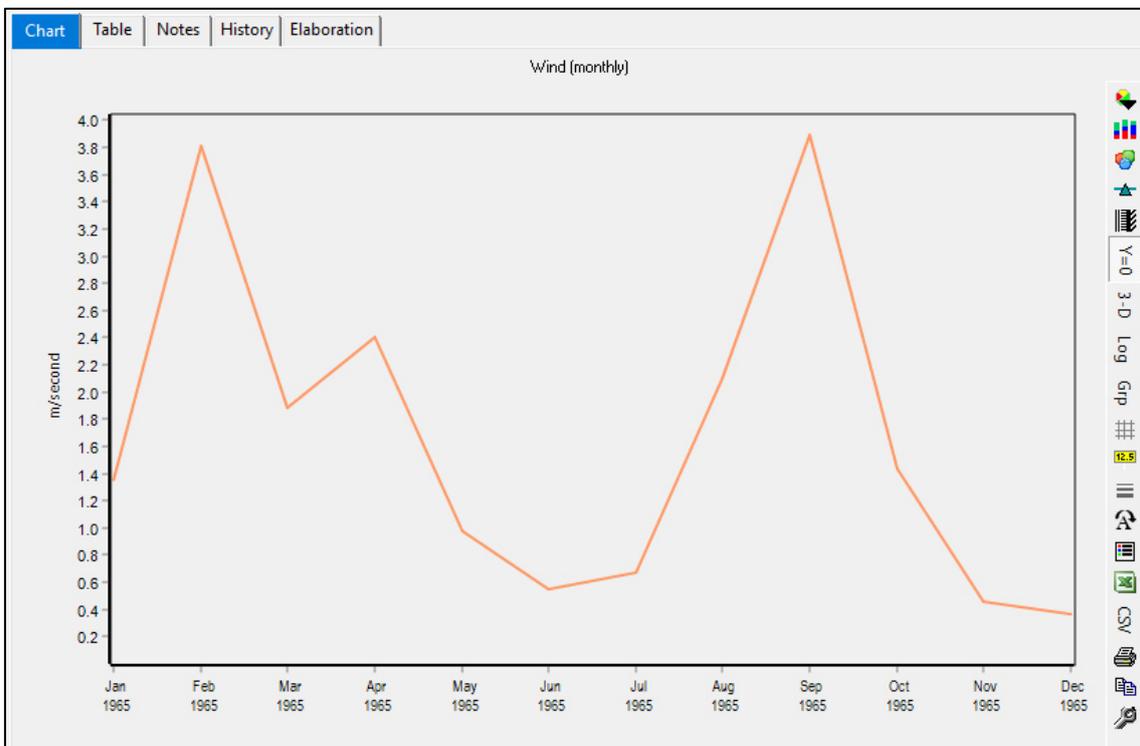
- Subcuenca 20



- Subcuenca 21



- Subcuenca 22



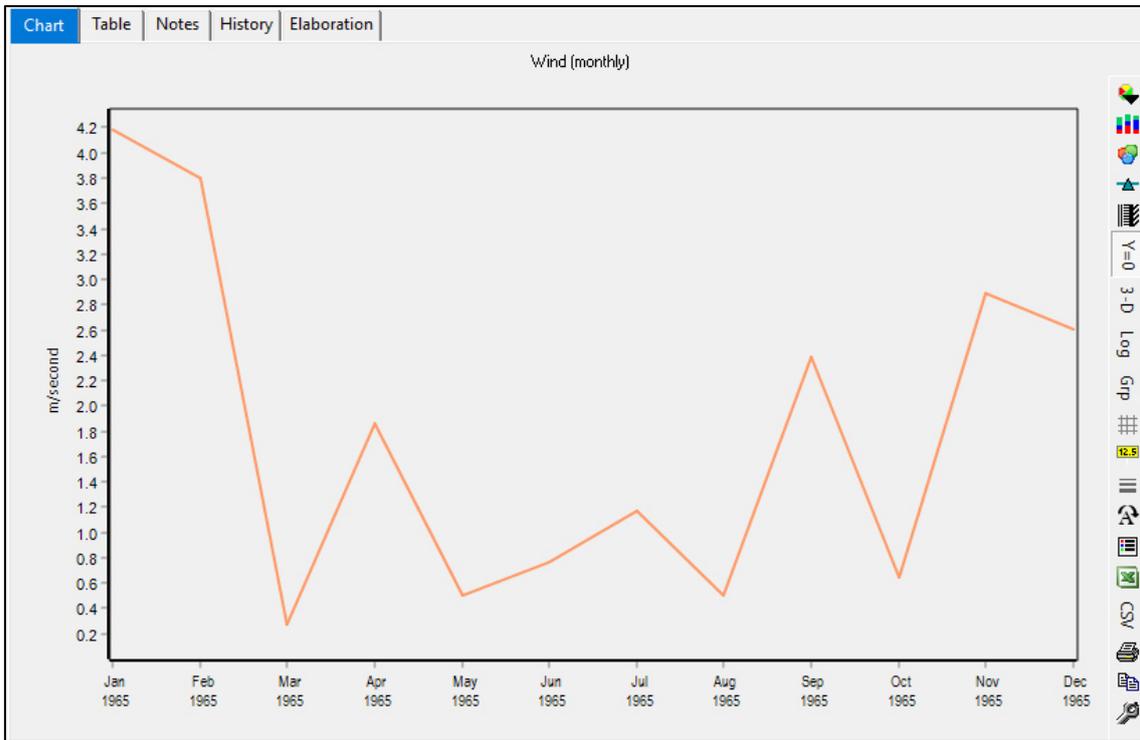
- Subcuenca 23



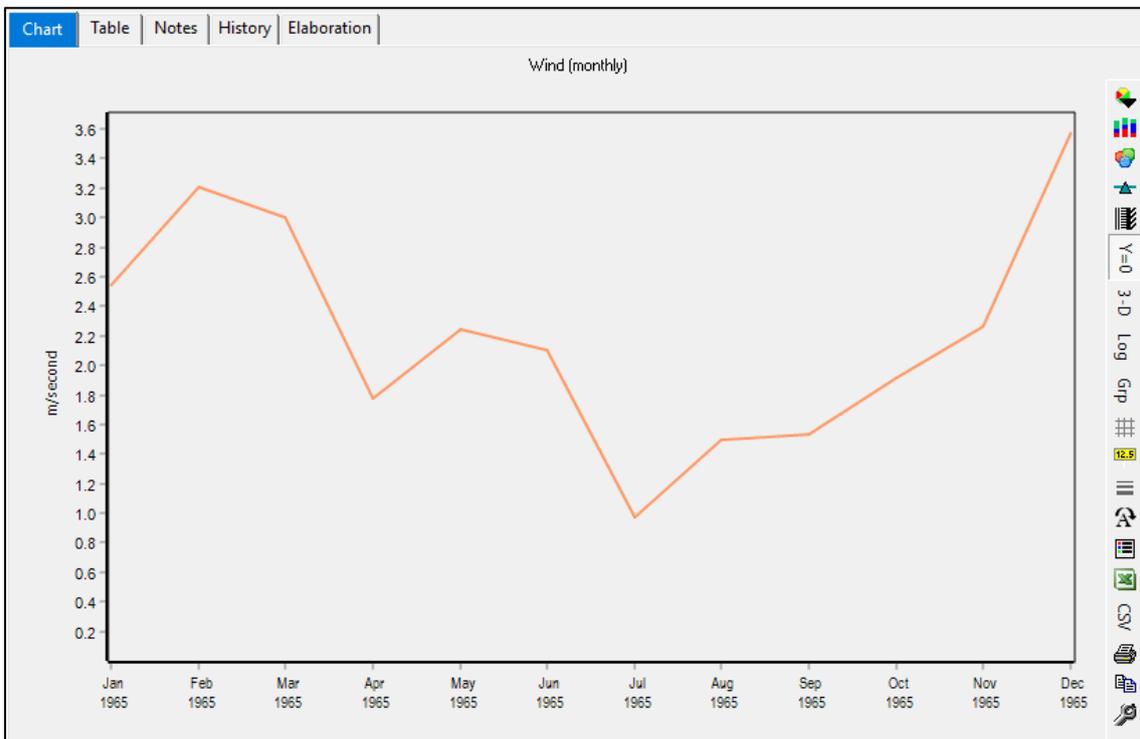
- Subcuenca 24



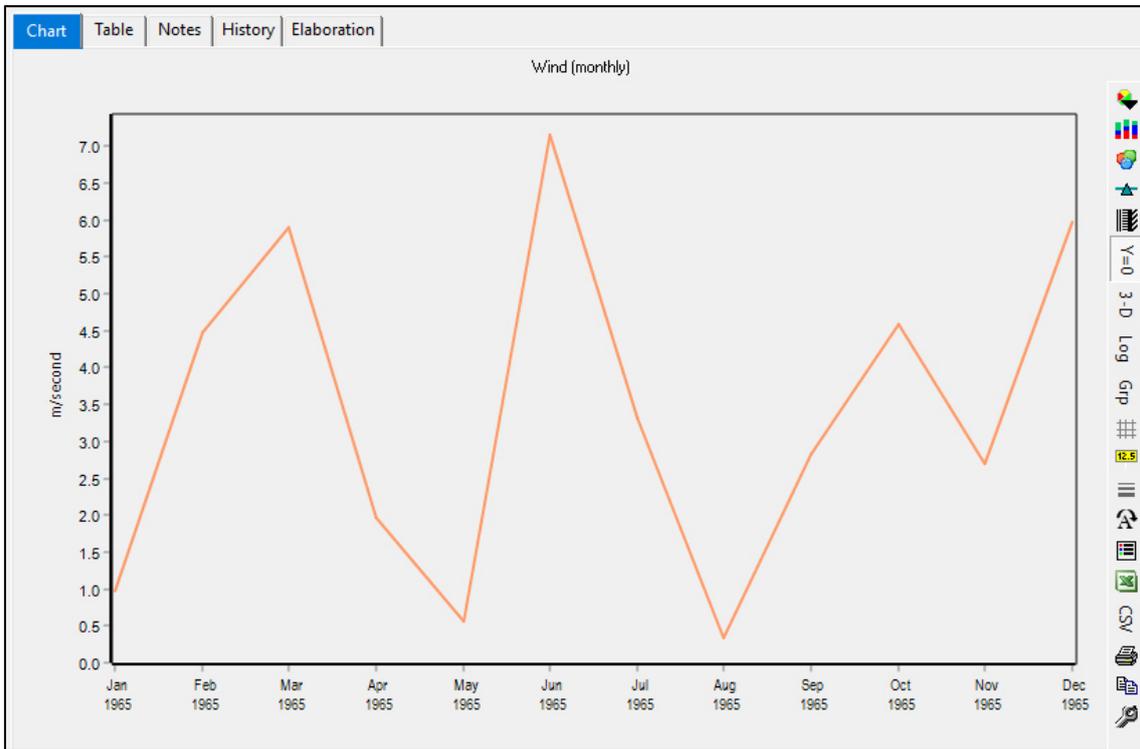
- Subcuenca 25



- Subcuenca 26



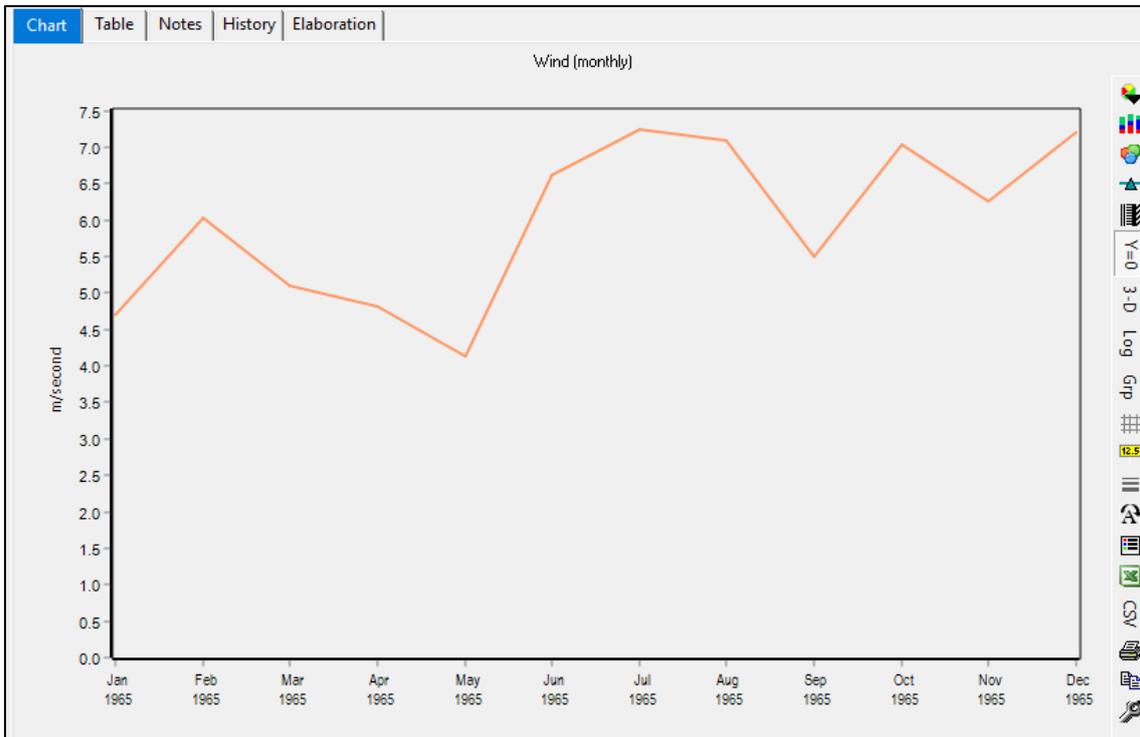
- Subcuenca 27



- Subcuenca 28



- Subcuenca 29

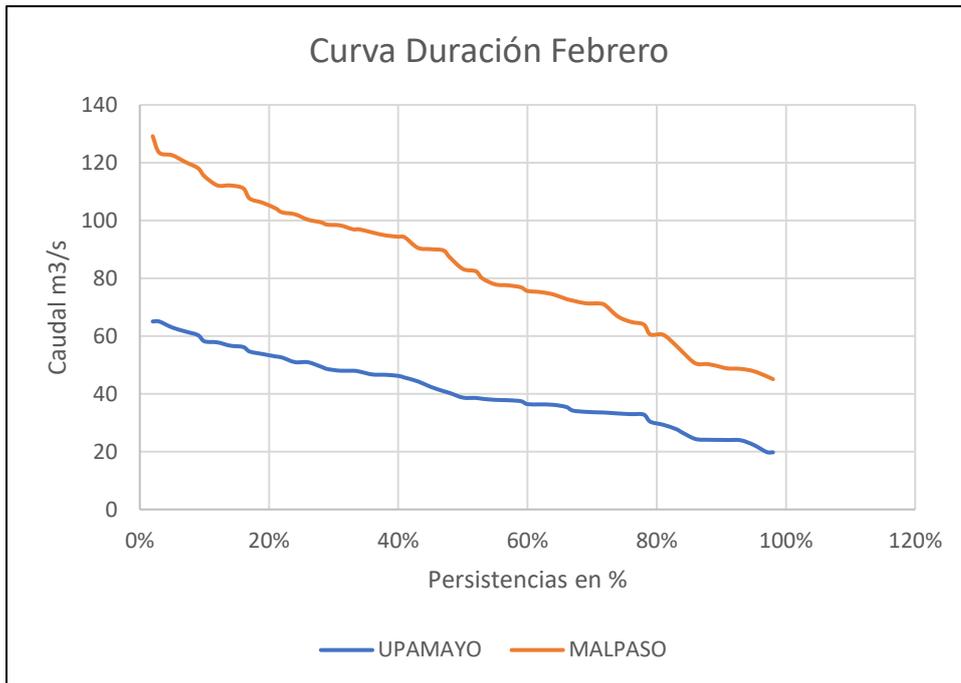


- Subcuenca 30

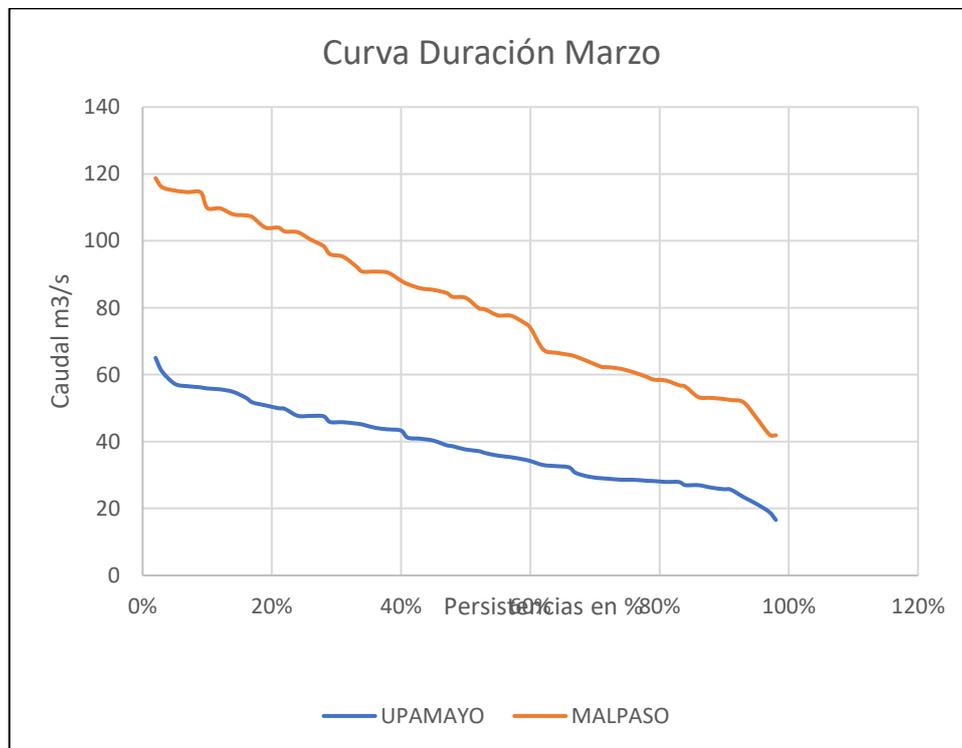


### Anexo 11: Curvas de Duración

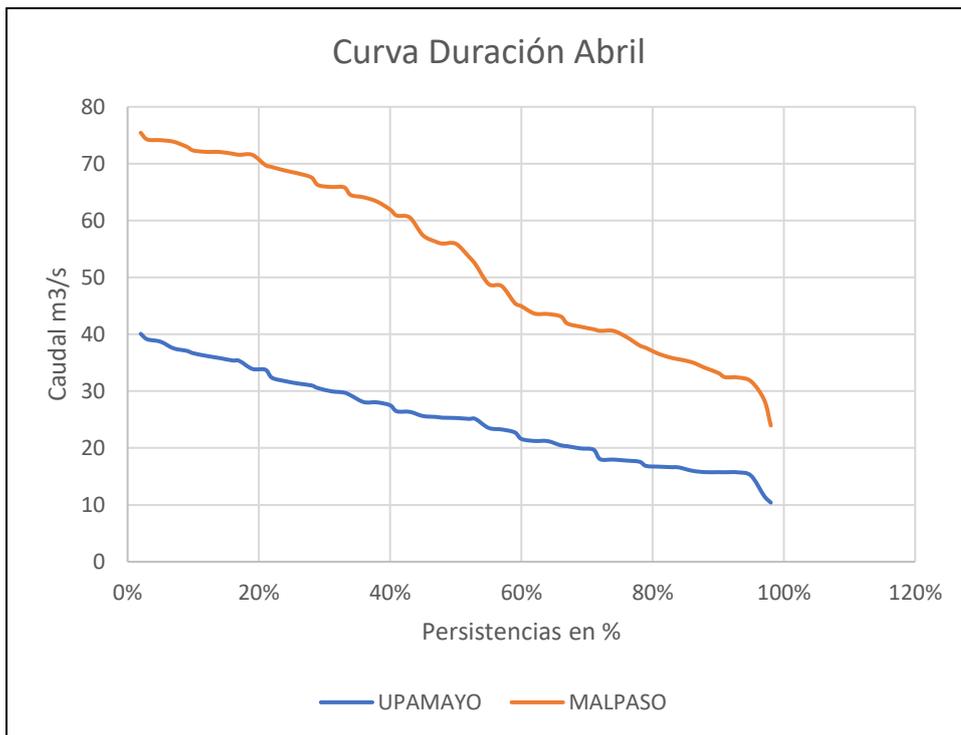
- Curva de duración Febrero



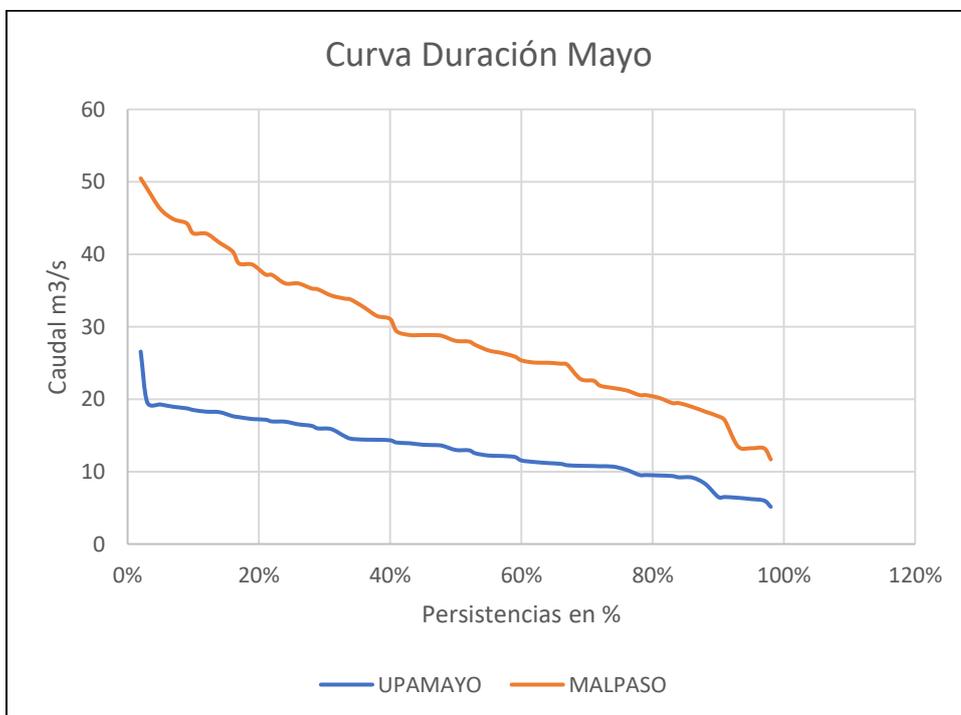
- Curva de duración Marzo



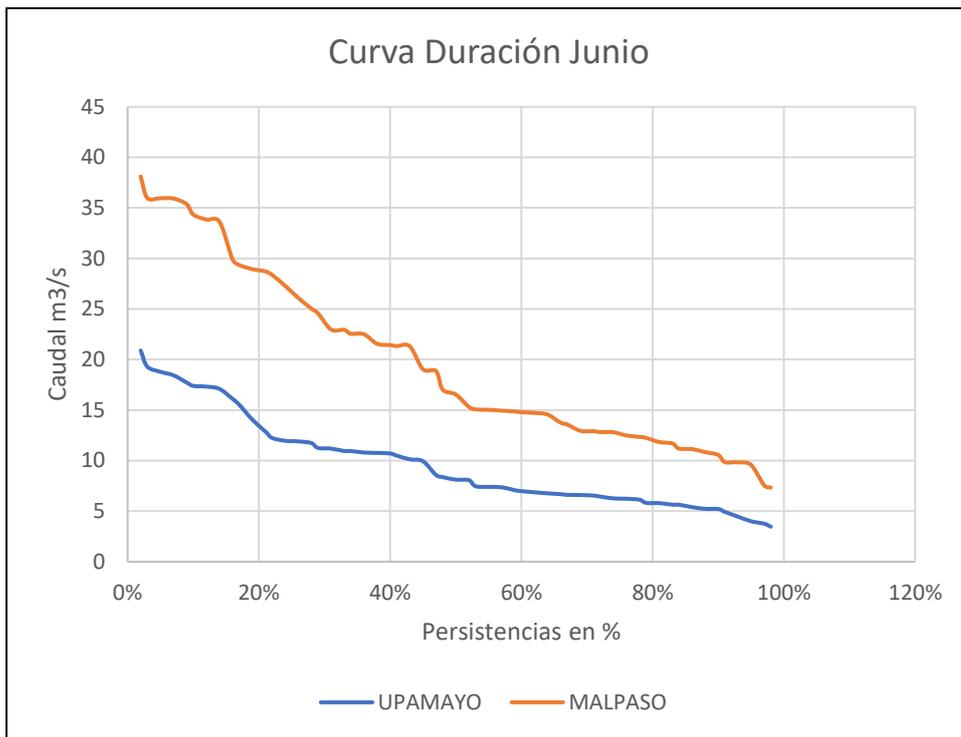
- Curva de duración Abril



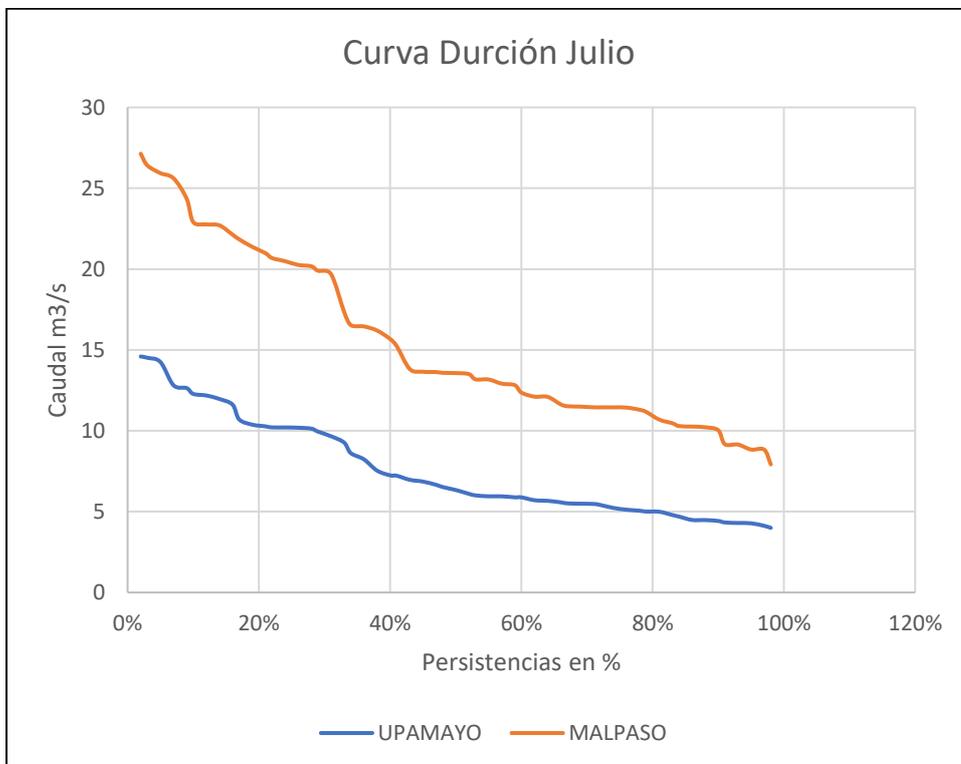
- Curva de duración Mayo



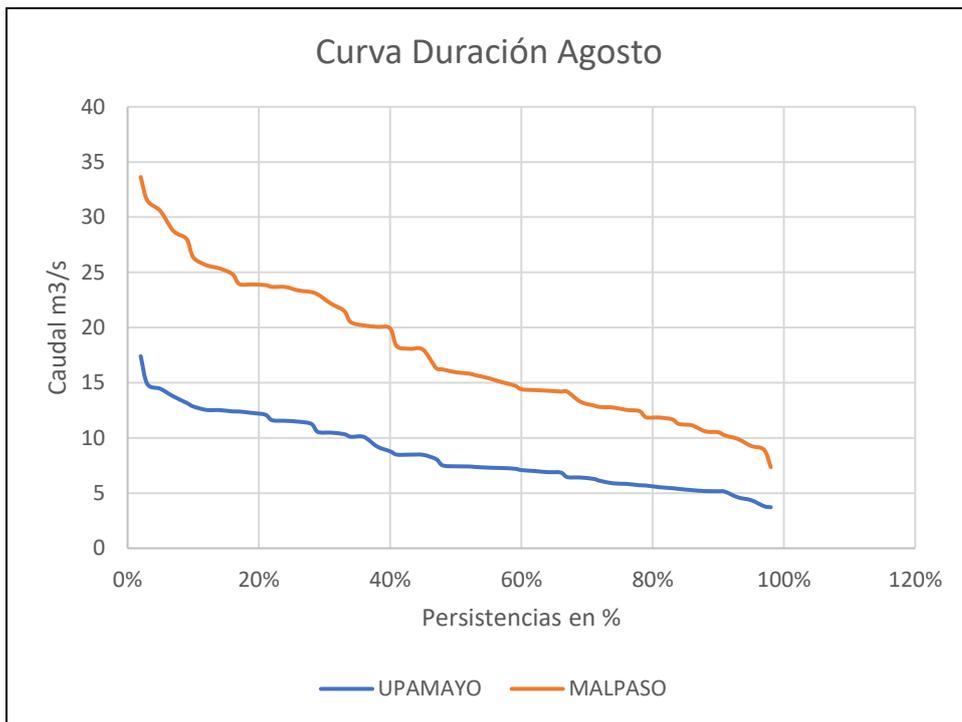
- Curva de duración Junio



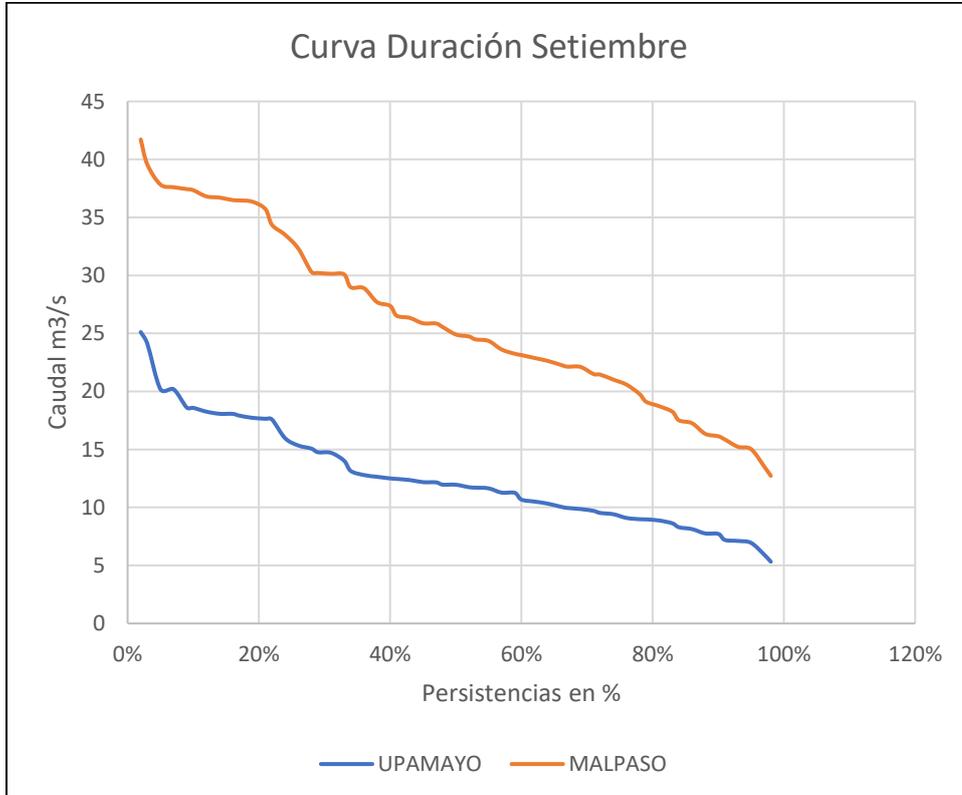
- Curva de duración Julio



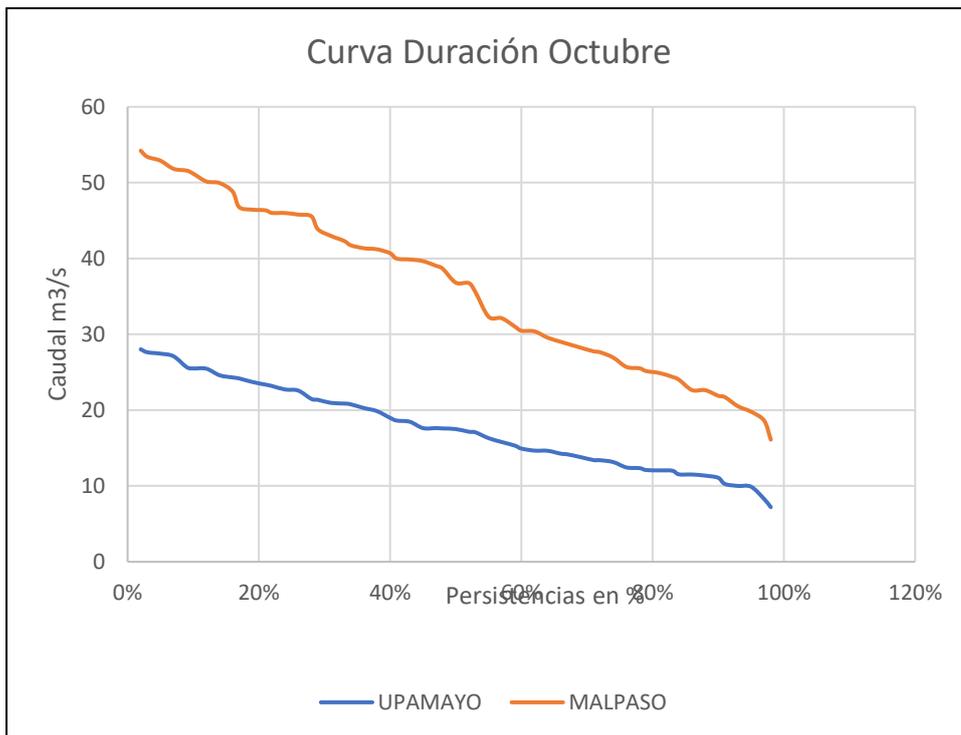
- Curva de duración Agosto



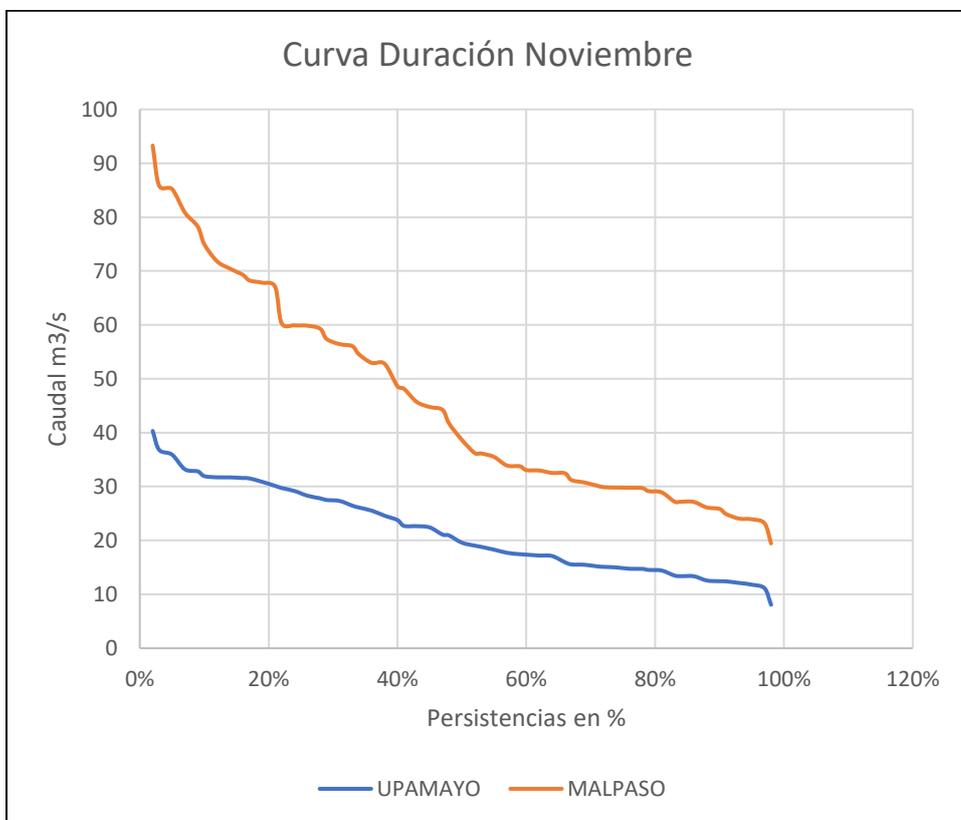
- Curva de duración Setiembre



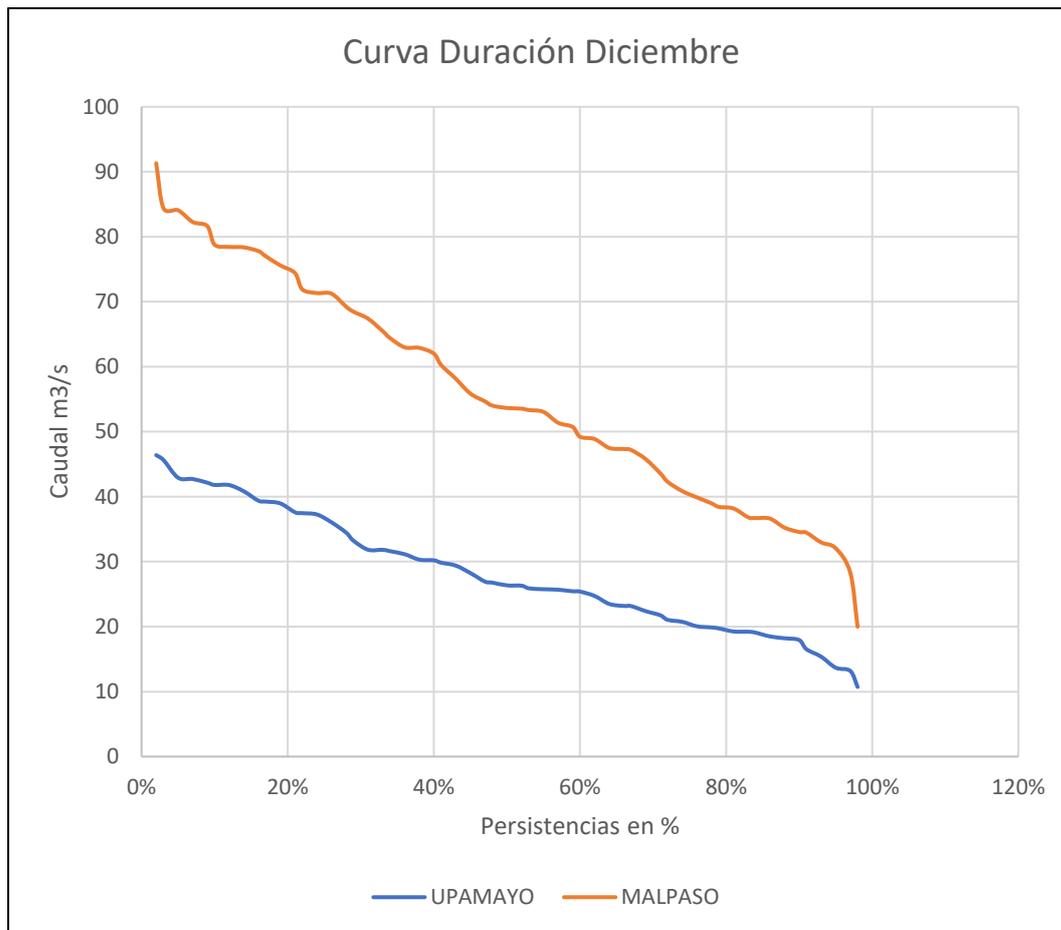
- Curva de duración Octubre



- Curva de duración Noviembre



- Curva de duración Diciembre



## Anexo 12: Pruebas T y F

- Estación Corpacancha

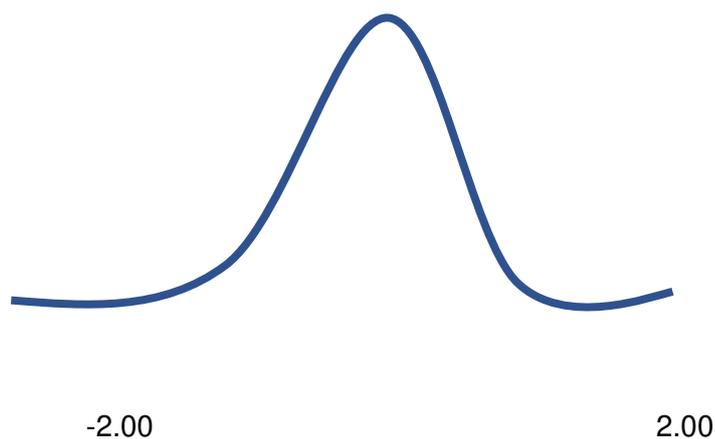
ESTACIÓN CORPACANCHA		
	AÑO	PROMEDIO ANUAL
PERÍODO 1	1965	72.93
	1966	59.42
	1967	77.45
	1968	75.81
	1969	70.51
	1970	74.82
	1971	61.66
	1972	65.24
	1973	86.85
	1974	60.05
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	1999	73.82
2000	90.33	
2001	84.22	
2002	72.88	
2003	68.06	
2004	65.96	
PERÍODO 2	2005	78.39
	2006	103.55
	2007	79.93
	2008	96.78
	2009	91.83
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
2018	69.65	
2019	82.44	
2020	92.99	
2021	87.39	

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>PERÍODO 1</i>	<i>PERÍODO 2</i>
Media	73.39729167	85.30723592
Varianza	93.63320651	84.085675
Observaciones	40	17
Varianza agrupada	90.8557428	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	55	
Estadístico t	-4.315693221	
P(T<=t) una cola	3.34005E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1.673033965	
P(T<=t) dos colas	6.6801E-05	
Valor crítico de t (dos colas)	2.004044783	

Prueba F para varianzas de dos muestras

	<i>PERIODO 1</i>	<i>PERIODO 2</i>
Media	73.39729167	85.30723592
Varianza	93.63320651	84.085675
Observaciones	40	17
Grados de libertad	39	16
F	1.11354528	
P(F<=f) una cola	0.423545787	
Valor crítico para F (una cola)	2.154088573	



- Estación Hacienda Huanca

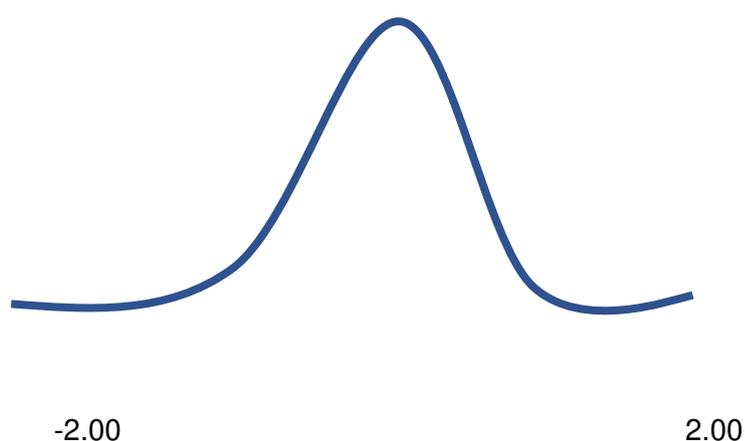
ESTACIÓN HACIENDA HUANCA		
	AÑO	PROMEDIO ANUAL
<b>PERIODO 1</b>	1965	90.16
	1966	61.03
	1967	73.63
	1968	87.65
	1969	65.56
	1970	92.28
	1971	80.43
	1972	71.28
	1973	64.06
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	2000	69.53
	2001	82.43
2002	83.78	
2003	76.92	
2004	73.09	
<b>PERIODO 2</b>	2005	90.32
	2006	77.10
	2007	88.87
	2008	68.63
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	2017	78.56
2018	86.72	
2019	113.75	
2020	91.54	
2021	96.20	

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>PERIODO 1</i>	<i>PERIODO 2</i>
Media	77.28791667	87.35146132
Varianza	96.32487518	120.3323759
Observaciones	40	17
Varianza agrupada	103.3088754	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	55	
Estadístico t	-3.419788044	
P(T<=t) una cola	0.000593852	
Valor crítico de t (una cola)	1.673033965	
P(T<=t) dos colas	0.001187704	
Valor crítico de t (dos colas)	2.004044783	

Prueba F para varianzas de dos muestras

	<i>PERIODO 1</i>	<i>PERIODO 2</i>
Media	77.28791667	87.35146132
Varianza	96.32487518	120.3323759
Observaciones	40	17
Grados de libertad	39	16
F	0.800490096	
P(F<=f) una cola	0.277121684	
Valor crítico para F (una cola)	0.523379994	



- Estación Malpaso

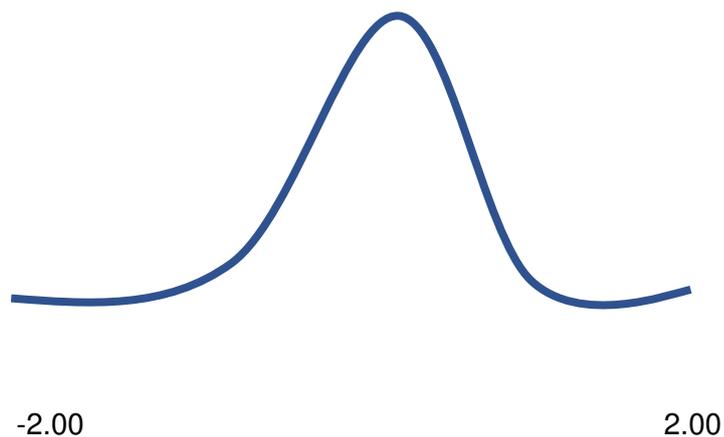
ESTACIÓN MALPASO		
	AÑO	PROMEDIO ANUAL
PERIODO 1	1965	70.03
	1966	53.17
	1967	80.25
	1968	68.03
	1969	68.24
	1970	72.57
	1971	62.88
	1972	68.50
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	1981	84.49
2000	72.29	
2001	71.98	
2002	66.70	
2003	63.73	
2004	59.27	
PERIODO 2	2005	90.89
	2006	93.07
	2007	85.56
	2008	67.07
	2009	79.51
	2010	85.76
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
2019	80.40	
2020	71.13	
2021	62.22	

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>PERIODO 1</i>	<i>PERIODO 2</i>
Media	68.15541667	80.6988433
Varianza	82.2698417	105.729208
Observaciones	40	17
Varianza agrupada	89.09438475	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	55	
Estadístico t	-4.589951079	
P(T<=t) una cola	1.30754E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1.673033965	
P(T<=t) dos colas	2.61509E-05	
Valor crítico de t (dos colas)	2.004044783	

Prueba F para varianzas de dos muestras

	<i>PERIODO 1</i>	<i>PERIODO 2</i>
Media	68.15541667	80.6988433
Varianza	82.2698417	105.729208
Observaciones	40	17
Grados de libertad	39	16
F	0.778118392	
P(F<=f) una cola	0.254529471	
Valor crítico para F (una cola)	0.523379994	



- Estación Morococha

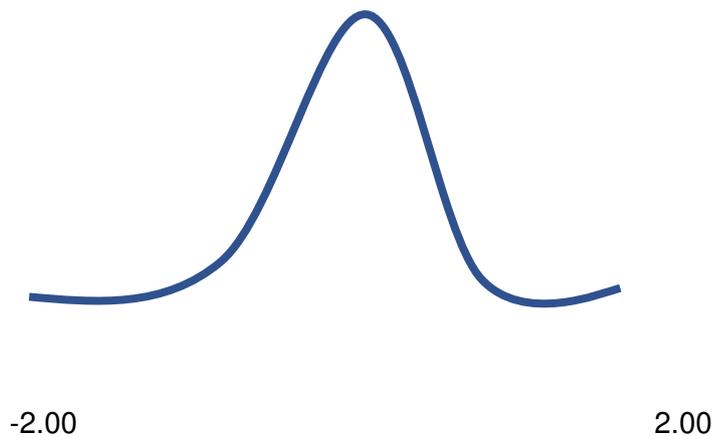
		ESTACIÓN MOROCOCHA	
		AÑO	PROMEDIO ANUAL
<b>PERIODO 1</b>		1965	62.97
		1966	52.65
		1967	69.98
		1968	68.68
		1969	69.25
		1970	77.62
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		1979	71.85
		1980	70.36
		1981	85.28
		2000	76.68
	2001	70.02	
	2002	73.21	
	2003	73.61	
	2004	66.23	
<b>PERIODO 2</b>		2005	76.93
		2006	88.41
		2007	86.69
		2008	69.24
		2009	92.12
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		2018	93.59
	2019	57.15	
	2020	90.12	
	2021	92.11	

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>PERIODO 1</i>	<i>PERIODO 2</i>
Media	69.55270833	83.75561283
Varianza	127.526344	124.5071103
Observaciones	40	17
Varianza agrupada	126.6480215	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	55	
Estadístico t	-4.359081517	
P(T<=t) una cola	2.8839E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1.673033965	
P(T<=t) dos colas	5.7678E-05	
Valor crítico de t (dos colas)	2.004044783	

Prueba F para varianzas de dos muestras

	<i>PERIODO 1</i>	<i>PERIODO 2</i>
Media	69.55270833	83.75561283
Varianza	127.526344	124.5071103
Observaciones	40	17
Grados de libertad	39	16
F	1.024249488	
P(F<=f) una cola	0.500980563	
Valor crítico para F (una cola)	2.154088573	



- Estación Paragsha

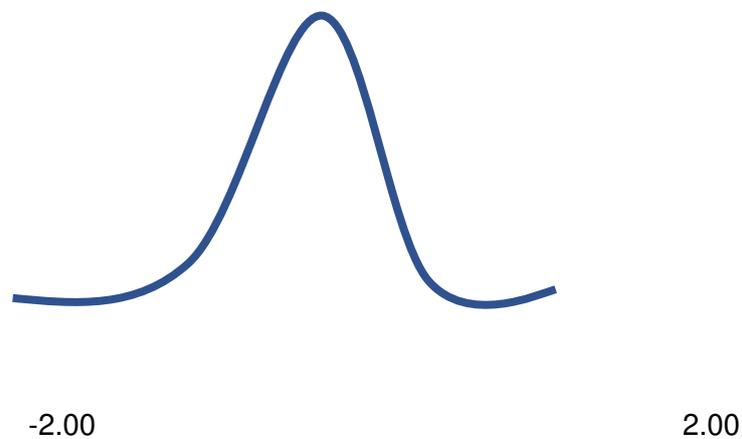
		ESTACIÓN PARAGSHA	
		AÑO	PROMEDIO ANUAL
<b>PERIODO 1</b>		1965	72.18
		1966	56.44
		1967	84.90
		1968	63.30
		1969	59.55
		1970	65.10
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		1979	73.89
		1980	72.52
		1981	78.50
		2000	80.88
		2001	87.90
	2002	97.12	
	2003	81.78	
	2004	75.84	
<b>PERIODO 2</b>		2005	65.83
		2006	84.50
		2007	79.66
		2008	96.05
		2009	91.43
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		2018	61.38
	2019	97.05	
	2020	88.48	
	2021	82.29	

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>PERIODO</i> <i>1</i>	<i>PERIODO</i> <i>2</i>
Media	73.75479167	79.21207131
Varianza	105.8787318	169.9941253
Observaciones	40	17
Varianza agrupada	124.5304826	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	55	
Estadístico t	-1.689100153	
P(T<=t) una cola	0.048431202	
Valor crítico de t (una cola)	1.673033965	
P(T<=t) dos colas	0.096862403	
Valor crítico de t (dos colas)	2.004044783	

Prueba F para varianzas de dos muestras

	<i>PERIODO</i> <i>1</i>	<i>PERIODO</i> <i>2</i>
Media	73.75479167	79.21207131
Varianza	105.8787318	169.9941253
Observaciones	40	17
Grados de libertad	39	16
F	0.622837593	
P(F<=f) una cola	0.113411778	
Valor crítico para F (una cola)	0.523379994	



- Estación San Blas

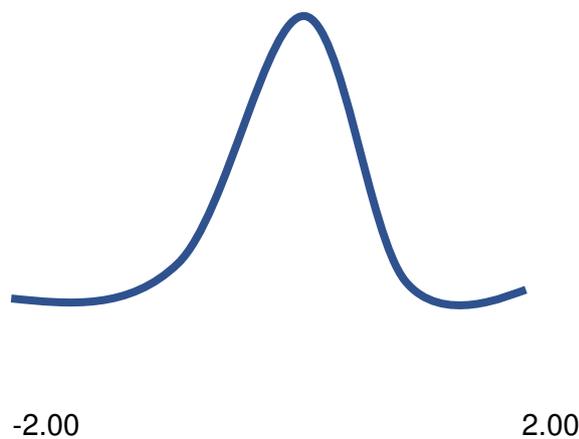
		ESTACIÓN SAN BLAS	
		AÑO	PROMEDIO ANUAL
<b>PERIODO 1</b>		1965	101.55
		1966	78.33
		1967	90.46
		1968	85.74
		1969	83.54
		1970	84.53
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		1979	89.85
		1980	78.73
		1981	105.38
		2000	102.26
		2001	98.13
	2002	85.93	
	2003	84.76	
	2004	81.10	
<b>PERIODO 2</b>		2005	98.15
		2006	119.60
		2007	101.12
		2008	132.39
		2009	101.14
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		.	.
		2018	100.26
	2019	103.72	
	2020	135.68	
	2021	140.72	

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>PERIODO</i> 1	<i>PERIODO</i> 2
Media	86.72541667	113.9409568
Varianza	88.57397062	271.9936788
Observaciones	40	17
Varianza agrupada	141.9324312	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	55	
Estadístico t	-7.89029364	
P(T<=t) una cola	6.58291E-11	
Valor crítico de t (una cola)	1.673033965	
P(T<=t) dos colas	1.31658E-10	
Valor crítico de t (dos colas)	2.004044783	

Prueba F para varianzas de dos muestras

	<i>PERIODO</i> 1	<i>PERIODO</i> 2
Media	86.72541667	112.2671293
Varianza	88.57397062	239.3224559
Observaciones	40	16
Grados de libertad	39	15
F	0.370103049	
P(F<=f) una cola	0.00643176	
Valor crítico para F (una cola)	0.517778679	



- Estación Shelby

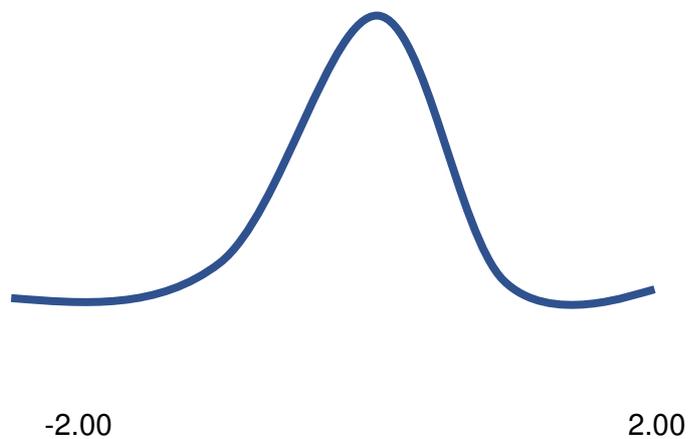
		ESTACIÓN SHELBY	
		AÑO	PROMEDIO ANUAL
<b>PERIODO 1</b>	1965		70.17
	1966		70.26
	1967		89.23
	1968		55.48
	1969		53.92
	1970		63.68
	.		.
	.		.
	.		.
	.		.
	.		.
	.		.
	.		.
	.		.
	1979		61.66
	1980		69.10
	1981		86.24
	2000		78.12
2001		80.88	
2002		68.23	
2003		63.08	
2004		69.61	
<b>PERIODO 2</b>	2005		82.66
	2006		88.00
	2007		81.05
	2008		96.83
	2009		78.51
	.		.
	.		.
	.		.
	.		.
	.		.
	.		.
	.		.
	.		.
	2018		84.96
2019		99.36	
2020		65.67	
2021		63.05	

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>PERIODO</i> 1	<i>PERIODO</i> 2
Media	67.33935417	78.31349287
Varianza	127.668387	121.1342644
Observaciones	40	17
Varianza agrupada	125.7675513	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	55	
	-	
Estadístico t	3.379894705	
P(T<=t) una cola	0.000669786	
Valor crítico de t (una cola)	1.673033965	
P(T<=t) dos colas	0.001339572	
Valor crítico de t (dos colas)	2.004044783	

Prueba F para varianzas de dos muestras

	<i>PERIODO</i> 1	<i>PERIODO</i> 2
Media	67.33935417	78.31349287
Varianza	127.668387	121.1342644
Observaciones	40	17
Grados de libertad	39	16
F	1.053941159	
P(F<=f) una cola	0.474257929	
Valor crítico para F (una cola)	2.154088573	



- Estación Upamayo

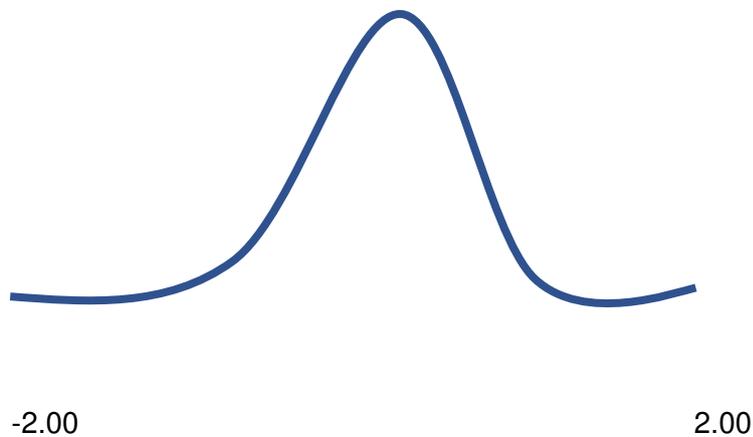
ESTACIÓN UPAMAYO		
	AÑO	PROMEDIO ANUAL
PERIODO 1	1965	83.88
	1966	57.08
	1967	75.97
	1968	64.51
	1969	69.65
	1970	72.10
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	1979	68.37
	1980	76.73
	1981	93.48
	2000	90.50
2001	90.08	
2002	70.17	
2003	64.78	
2004	62.89	
PERIODO 2	2005	63.58
	2006	76.92
	2007	92.13
	2008	90.25
	2009	105.06
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	2018	90.04
2019	86.42	
2020	86.73	
2021	70.97	

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>PERIODO 1</i>	<i>PERIODO 2</i>
Media	71.945	82.20688781
Varianza	110.5521717	109.1148077
Observaciones	40	17
Varianza agrupada	110.1340294	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	55	
Estadístico t	-3.377407991	
P(T<=t) una cola	0.000674812	
Valor crítico de t (una cola)	1.673033965	
P(T<=t) dos colas	0.001349624	
Valor crítico de t (dos colas)	2.004044783	

Prueba F para varianzas de dos muestras

	<i>PERIODO 1</i>	<i>PERIODO 2</i>
Media	71.945	82.20688781
Varianza	110.5521717	109.1148077
Observaciones	40	17
Grados de libertad	39	16
F	1.01317295	
P(F<=f) una cola	0.511182162	
Valor crítico para F (una cola)	2.154088573	



- Estación Punrun

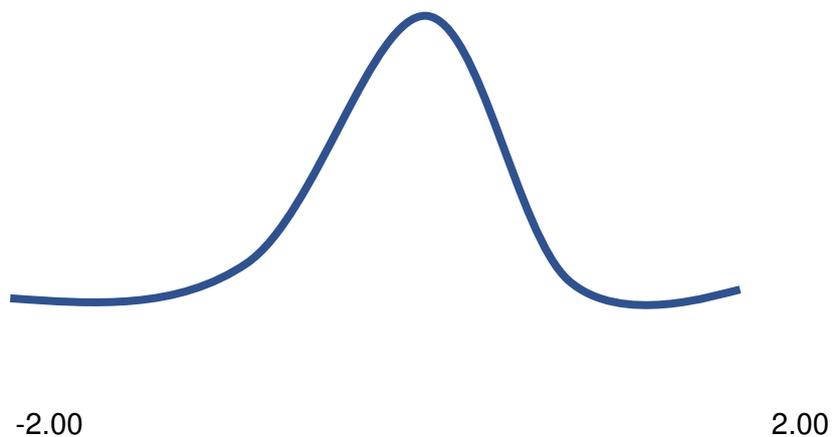
ESTACIÓN PUNRUN		
	AÑO	PROMEDIO ANUAL
<b>PERIODO 1</b>	1965	78.10
	1966	75.42
	1967	79.16
	1968	67.83
	1969	77.39
	1970	81.73
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	1979	79.68
	1980	77.43
	1981	87.40
	2000	106.50
	2001	106.80
2002	78.23	
2003	86.92	
2004	87.69	
<b>PERIODO 2</b>	2005	82.17
	2006	95.61
	2007	66.78
	2008	114.49
	2009	102.89
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
	.	.
2018	92.07	
2019	98.33	
2020	89.18	
2021	76.92	

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>PERIODO 1</i>	<i>PERIODO 2</i>
Media	78.59854167	92.40601604
Varianza	101.7602774	212.923573
Observaciones	40	17
Varianza agrupada	134.0986906	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	55	
Estadístico t	-4.118309726	
P(T<=t) una cola	6.4637E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1.673033965	
P(T<=t) dos colas	0.000129274	
Valor crítico de t (dos colas)	2.004044783	

Prueba F para varianzas de dos muestras

	<i>PERIODO 1</i>	<i>PERIODO 2</i>
Media	78.59854167	92.40601604
Varianza	101.7602774	212.923573
Observaciones	40	17
Grados de libertad	39	16
F	0.477919264	
P(F<=f) una cola	0.030406067	
Valor crítico para F (una cola)	0.523379994	



- Estación Huarón

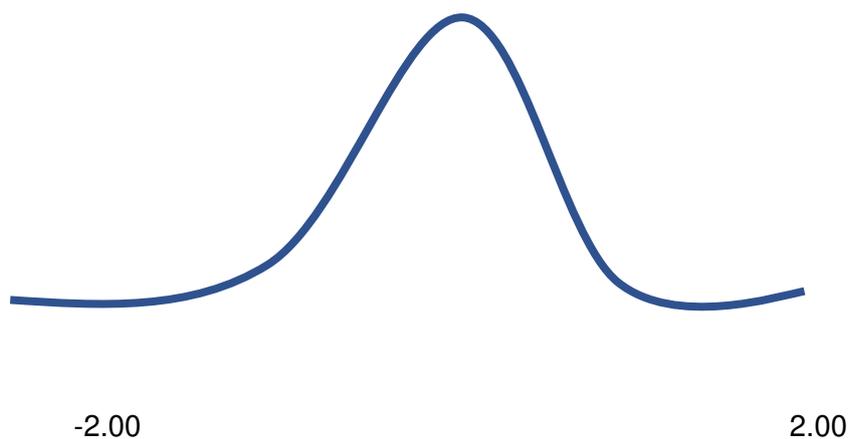
		ESTACIÓN HUARÓN	
		AÑO	PROMEDIO ANUAL
<b>PERIODO 1</b>	1965		76.017
	1966		74.642
	1967		77.758
	1968		66.767
	1969		76.542
	1970		85.325
	.		.
	.		.
	.		.
	.		.
	.		.
	.		.
	.		.
	1979		74.542
	1980		89.325
	1981		91.642
	2000		110.033
	2001		110.617
2002		80.067	
2003		80.308	
2004		93.058	
<b>PERIODO 2</b>	2005		121.402
	2006		89.702
	2007		103.466
	2008		91.168
	2009		121.959
	.		.
	.		.
	.		.
	.		.
	.		.
	.		.
	.		.
	2018		76.181
	2019		104.011
2020		65.624	
2021		73.770	

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>PERIODO 1</i>	<i>PERIODO 2</i>
Media	80.005	97.94453409
Varianza	164.029287	396.8807111
Observaciones	40	17
Varianza agrupada	231.7678831	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	55	
Estadístico t	-4.070067026	
P(T<=t) una cola	7.58011E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1.673033965	
P(T<=t) dos colas	0.000151602	
Valor crítico de t (dos colas)	2.004044783	

Prueba F para varianzas de dos muestras

	<i>PERIODO 1</i>	<i>PERIODO 2</i>
Media	80.005	97.94453409
Varianza	164.029287	396.8807111
Observaciones	40	17
Grados de libertad	39	16
F	0.413296193	
P(F<=f) una cola	0.012385937	
Valor crítico para F (una cola)	0.523379994	



### Anexo 13: Curvas de Nivel



## FUENTES DE INFORMACIÓN

### ELECTRÓNICAS

ANA (2010). *Evaluación de recursos hídricos superficiales de la cuenca del río Mantaro.*

<https://www.ana.gob.pe/publicaciones/evaluacion-de-recursos-hidricos-superficiales-en-la-cuenca-del-rio-mantaro>

ArcGIS. (s.f). *Environmental Systems Research Institute.* ESRI.  
<https://pro.arcgis.com/es/pro-app/2.8/tool-reference/spatial-analyst/exploring-digital-elevation-models.htm>

Arévalo, N. (2014). *Caudales de Diseño.*  
<https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/caudales-de-diseno>

Autoridad Nacional del Agua. (2009). *Ley de los Recursos Hídricos: Ley N° 29338*

<https://www.ana.gob.pe/publicaciones/ley-no-29338-ley-de-recursos-hidricos#:~:text=Contiene%20la%20Ley%20N%C2%BA%2029338,reglamento%20de%20la%20mencionada%20ley.>

Autoridad Nacional del Agua. (2015). *El agua es nuestro gran legado.*  
[//repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/2672/ANA0001374.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20nuestro%20es%20un%20pa%C3%ADs,los%20alrededores%20del%20Lago%20Titicaca.](https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/2672/ANA0001374.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20nuestro%20es%20un%20pa%C3%ADs,los%20alrededores%20del%20Lago%20Titicaca.)

Bouadi, Cordier, Moreau, Quiniou, Salmon-Monviola, & Gascuel-Odoux. (2017). *Un almacén de datos para explorar datos simulados multidimensionales de un modelo agro hidrológico distribuido espacialmente para mejorar la gestión del nitrógeno de la cuenca.*  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364815216305655>

Camarena, O., & Meza, S. (2020). *Evaluación de estrategias de gestión de recursos hídricos para enfrentar futuras situaciones de escasez, utilizando el modelo WEAP en la Subcuenca Blanco.* [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/653344>

Camino, M; Bó, M; Cionchi, J; Del Río, J.; López de Armentia, A & DeMarco, S. (2018). *Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires. Revista Universitaria de Geografía.*

<https://www.redalyc.org/journal/3832/383257036005/383257036005.pdf>

Córdova, G. J. (2016). *Determinación del volumen útil del embalse Purapa en la Subcuenca Vichaycocha.* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria la Molina].

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2493>

Chow, Maidment, & Mais. (1994). *Hidrología aplicada.*  
<https://es.scribd.com/document/434866328/1994-Libro-Hidrologia-Aplicada-V-Chow-D-Maidment-y-L-Mays>

Ciclo Hidrologico.com. (2016). *Ciclo Hidrológico.*  
[https://www.ciclohidrologico.com/precipitacin#:~:text=La%20precipitaci%C3%B3n%20es%20cualquier%20producto,\(es%20decir%20precipita\).](https://www.ciclohidrologico.com/precipitacin#:~:text=La%20precipitaci%C3%B3n%20es%20cualquier%20producto,(es%20decir%20precipita).)

Cisneros, G., & Ríos, P. (2021). *Modelación Hidrológica para El Pre-dimensionamiento de la Represa Milloc en la cuenca alta del Río Santa Eulalia – Provincia de Huarochirí - Departamento de Lima* [Tesis de grado, Universidad de San Martín de Porres].  
<https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/8850>

Danus del Pedregal, S. I. (2018). *Comportamiento del Modelo WEAP en la cuenca alta del río Cachapoal, Chile usando forzantes meteorológicas distribuidas.* [Tesis de grado, Universidad de Chile].  
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/167866/Comportamiento-del-modelo-Weap-en-la-cuenca-alta-del-r%C3%ADo-Cachapoal-Chile-usando-forzantes-meteorol%C3%B3gicas-distribuidas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Delgadillo M., F. (2020). *Análisis comparativo de caudales obtenidos mediante modelación hidrológica (HydroBID, WEAP) aplicando escenario de cambio climático, zona de estudio cuenca Katari y lago menor del Titicaca La Paz -*

Bolivia.

[https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/44077/TFM\\_Delgadillo\\_Montano\\_2020.pdf](https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/44077/TFM_Delgadillo_Montano_2020.pdf)

Departamento General de Irrigación. (2016). *Recursos Hídricos*.  
[http://aquabook.agua.gob.ar/378\\_0](http://aquabook.agua.gob.ar/378_0)

Gayathi, D.,; Ganasri, B & Dwarakish, G (2015). *International conference on water resources, coastal and ocean engineering. Una revisión de los modelos hidrológicos*.

[https://www.researchgate.net/publication/276885296\\_A\\_Review\\_on\\_](https://www.researchgate.net/publication/276885296_A_Review_on_)

Dourojeanni, A., Jouravlev, A., & Chavez, G. (2002). *Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica*.  
[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6407/1/S028593\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6407/1/S028593_es.pdf)

Electroperú. (2004). *Servicio de medición de la potencia efectiva del complejo hidroeléctrico del Mantaro. Centro de Conservación de Energía y del Ambiente, Lima*.

<http://www.electroperu.com.pe/ElectroWebPublica/PaginaExterna.aspx?id=14&modo=submenu3ero&idioma=ESPAÑOL>

Electroperú. (2014). *Cuenca hidrográfica*

[www.electroperu.com.pe/ElectroWebPublica/PaginaExterna.aspx?id=14&modo=submenu3ero&idioma=ESPAÑOL#:~:text=La%20Cuenca%20Hidrogr%C3%A1fica%20del%20Mantaro,estacional%20m%C3%A1s%20importante%20del%20pa%C3%ADs.](http://www.electroperu.com.pe/ElectroWebPublica/PaginaExterna.aspx?id=14&modo=submenu3ero&idioma=ESPAÑOL#:~:text=La%20Cuenca%20Hidrogr%C3%A1fica%20del%20Mantaro,estacional%20m%C3%A1s%20importante%20del%20pa%C3%ADs.)

Enciclopedia. (2009).

[http://enciclopedia.us.es/index.php/Caudal\\_de\\_un\\_r%C3%A0](http://enciclopedia.us.es/index.php/Caudal_de_un_r%C3%A0)

Escobar, M., Flores, F., & Clark, V. (2011). *Planificación de Energía, Agua y Clima para el Desarrollo sin Carbono en Latinoamérica y el Caribe. Planificación de Energía, Agua y Clima para el Desarrollo sin Carbono en Latinoamérica y el Caribe*. Stockholm Environment Institute, Somerville, Massachusetts. <https://1library.co/document/yr6g8ovy-planificaci%C3%B3n->

energ%C3%ADa-agua-clima-desarrollo-carbono-latinoam%C3%A9rica-caribe.html

Espinoza, M. (2013). *Responsabilidad social ambiental, caso proyecto de reciclaje*. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/9447/Disertaci%C3%B3n%20Final.pdf?sequence=1>

ESRI. (2011). Environmental Systems Research Institute. *Arc Hydro tutorial p.189*. <http://downloads.esri.com/archydro/archydro/Tutorial/Doc/Arc%20Hydro%20Tools%202.0%20-%20Tutorial.pdf>

Fernández, Vela, & Castaño. (1997). *La utilización de modelos en hidrología p.14*. [https://www.researchgate.net/publication/277052432\\_La\\_utilizacion\\_de\\_modelos\\_en\\_hidrologia](https://www.researchgate.net/publication/277052432_La_utilizacion_de_modelos_en_hidrologia)

Guevara, A. (2008). *Derechos y conflictos de agua en el Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú*. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/175364>

Guía metodológica WEAP. (2009). *Modelación hidrológica y de recursos hídricos con el modelo WEAP. STOCKHOLM ENVIRONMENTAL INSTITUTE p.86*. [https://www.weap21.org/downloads/Guia\\_modelacion\\_WEAP\\_Espanol.pdf](https://www.weap21.org/downloads/Guia_modelacion_WEAP_Espanol.pdf)

Hervis, G. (2020). *Implementación del modelo WEAP como herramienta de planeación del agua para la producción agrícola, considerando escenarios de cambio climático*. [Tesis de grado, Universidad de Ciego de Ávila]. [https://www.weap21.org/downloads/Tesis\\_Guillermo\\_MRD.pdf](https://www.weap21.org/downloads/Tesis_Guillermo_MRD.pdf)

Hudiel, S. N. (2008). *Movimiento de tierra. Topografía II*: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/folleto-topografia-ii.pdf>

Hurtado, J. S. (2019). *Análisis hidrológico y estimación del balance hídrico para la presa de relaves Patáz-La Libertad*. [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2926/CIV\\_T030\\_466749](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2926/CIV_T030_466749)

05\_T%20%20%20HURTADO%20ASTO%20JENNYFER%20JESUS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

IBAL, S. (2009). *Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Microcuenca de las Quebradas Las Panelas y La Balsa*.  
<https://www.coursehero.com/file/62180386/22ASPECTOS-BIOFISICOSdocx/>

Ibáñez, Moreno, & Gisbert. (2011). *Morfología de las cuencas*. Universidad  
*politécnica de Valencia*:  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10782/Morfolog%C3%ADa%20de%20una%20cuenca.pdf>

Instituto de Medio Ambiente de Estocolmo. (2021).

<https://www.sei.org/aboutsei/>

Inter American Institute for Global Change Reserch. (2022). *Modelación Hidrológica* [http://lancis.ecologia.unam.mx/iai/modelacion\\_hidrologica](http://lancis.ecologia.unam.mx/iai/modelacion_hidrologica)

Janampa, M., & Quispe, E. (2021). *Modelamiento de la operación del reservorio Gallito Ciego para mejorar la gestión de los recursos hídricos*. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].  
[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/656779/Janampa\\_VM.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/656779/Janampa_VM.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Klemes. (1986). *Pruebas operativas de modelos de simulación hidrológica*.  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02626668609491024>

León, W. J. (2018). *Aplicación del modelo WEAP para determinar el balance hídrico superficial en la Cuenca Alta Del Río Pativilca, Aquia - Bolognesi - Ancash*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo].  
[http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2520/T033\\_46791286\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2520/T033_46791286_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Lobo, E. (2017). *Estudio hidrológico e hidráulico para la identificación de la vulnerabilidad a desbordes de la cuenca baja del Río Coata - Puno* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria la Molina].  
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3366/lobo-reyes-erik-vladimir.pdf?sequence=1>

- Ministerio de Ambiente (s.f). *Plataforma de información territorial ambiental*.  
<https://geoservidor.minam.gob.pe/>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2013). *Sector agrario, recursos de agua, uso y manejo de agua*.  
<https://www.midagri.gob.pe/portal/42-sector-agrario/recurso-agua/324-vertientes-y-disponibilidad-de-agua>
- National Geographic. (2013). *Medio Ambiente, Calentamiento Global, Energía Hidroeléctrica*.  
<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/energia-hidroelectrica>
- Palomino, H. (2015). *Efecto del cambio climático en la hidrología de la cuenca Chanca y- Huaral*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria la Molina].  
<https://core.ac.uk/download/pdf/162860887.pdf>
- Real Academia Española. (s.f). *Asociación de Academia de la Lengua Española*.  
<https://dle.rae.es/represa>
- Rinsema. (2014). *Comparison of rainfall runoff models for the Florentine*, [Tesis de pregrado, University of Tanzania].  
[https://essay.utwente.nl/66526/1/Rinsema\\_Jan\\_Gert.pdf](https://essay.utwente.nl/66526/1/Rinsema_Jan_Gert.pdf)
- Romero, A. (1987). *Morfometría de Redes Fluviales: Revisión crítica de los parámetros más utilizados y aplicación al Alto Guadalquivir*.  
<http://revistas.um.es/geografia/article/view/42391/40741>
- Sahukhal, R., & Bajracharya, T. R. (2019). *Modelado de recursos hídricos bajodemandas competitivas para el desarrollo sostenible: Un estudio de caso del proyecto hidroeléctrico Kaligandaki George en Nepal*. (Revista Water science and Engineerin, Institute of Engineering, Department of Mechanical).  
Revista Water science and Engineerin, 12, 19-26.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674237019300195>
- Senamhi (s.f). *Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional*  
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

Sitterson, Knightes, Parmar, Wolfe, Muche, & Avant. (2017). *An Overview of Rainfall-Runoff. An Overview of Rainfall-Runoff*, 17-30.  
<https://scholarsarchive.byu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3977&context=ie-mssconference>

Statkraft. (s.f). *Central Hidroeléctrica Malpaso*

<https://www.statkraft.com.pe/nuestra-energia/nuestras-centrales/central-hidroelectrica-malpaso/>

Suministros Energéticos Integrales. (2009). *Guía Metodológica Modelación Hidrológica y de Recursos Hídricos con el modelo WEAP*.  
[https://www.weap21.org/downloads/Guia\\_modelacion\\_WEAP\\_Espanol.pdf](https://www.weap21.org/downloads/Guia_modelacion_WEAP_Espanol.pdf)

Torres, J. E., & Aragón, J. A. (2018). *Investigación en hidrología general, isotópica y aplicada*.

<https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/15584>

Villón, M. (2005). *Hidrología. Libro de hidrología*

<https://civilarq.com/libro/hidrologia-maximo-villon-bejar/>

Zapana, A. J. (2019). *Estimación de caudales mediante la aplicación de modelos hidrológicos semi distribuidos con la plataforma RS MINERVE en la cuenca del río Ramis*, p. 33. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano de Puno].

[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13780/Zapana\\_Arpasi\\_Jhon\\_Alexander.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13780/Zapana_Arpasi_Jhon_Alexander.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Zhang, Gu, Lu & Wang. (2017). *Vulnerabilidad de la generación de energía hidroeléctrica en el río Yangtze en China bajo escenarios de cambio climático: análisis basado en el modelo WEAP* (Revista, Molecular Diversity Preservation International). 9, 11.

<https://www.mdpi.com/2071-1050/9/11/2085/htm>

## **BIBLIOGRAFICAS**

Aliaga, V. (1983). *Tratamiento de datos hidrometeorológicos*. En S. V.-A. Araujo, *Hidrología*. Lima.

De la Orden, J., Pérez, A., & López, J. (2006). *El análisis económico en la Directiva Marco del Agua: Incidencias e implicaciones para España*. España.: I. G. España, Ed.

López C. (1998). *Restauración Hidrológica Forestal de Cuencas y Control de Erosión*. En *M. d. Ambiente, Ingeniería medioambiental TRAGSATEC* (pág. pp 945). Madrid, España: Mundi Prensa.