



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

Título

ANÁLISIS DE VARIABILIDAD DE PRECIPITACIÓN, TEMPERATURA Y
EVAPOTRANSPIRACIÓN EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO, PERÍODO
1960-2021.

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Ambiental.

Autores:

Marcelo Roberpierre Cevallos Barragán
Julissa Estefanía Yagchirema Diaz

Tutor:

PhD. Benito Mendoza Trujillo

Riobamba, Ecuador. 2023

DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros **Cevallos Barragán Marcelo Roberpierre**, con cédula de ciudadanía **0201822715** y **Yagchirema Diaz Julissa Estefanía**, con cédula de ciudadanía **1850302348**, autores del trabajo de investigación titulado: **Análisis de variabilidad de precipitación, temperatura y evapotranspiración en la subcuenca del río Chambo, período 1960-2021**, certificamos que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedimos a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, serán de nuestra entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 2 de mayo de 2023.



Julissa Estefanía Yagchirema Diaz
ESTUDIANTE
C.I. 185030234-8



Marcelo Roberpierre Cevallos Barragán
ESTUDIANTE
C.I.020182271-5

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL;

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **Análisis de variabilidad de precipitación, temperatura y evapotranspiración en la subcuenca del río Chambo, periodo 1960-2021** por **Cevallos Barragán Marcelo Roberpierre**, con cédula de ciudadanía **0201822715** y **Yagchirema Diaz Julissa Estefanía** con cédula de ciudadanía **1850302348**, certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de éste con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de sus autores; no teniendo más nada que observar. De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 2 de mayo de 2023.

Carla Fernanda Silva Padilla, Mgs
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Marcel Paredes, Mgs
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Iván Ríos, PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Benito Mendoza, PhD.
TUTOR



Firma

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **Análisis de variabilidad de precipitación, temperatura y evapotranspiración en la subcuenca del río Chambo, periodo 1960-2021** por **Cevallos Barragán Marcelo Roberpierre**, con cédula de ciudadanía **0201822715** y **Yagchirema Diaz Julissa Estefanía** con cédula de ciudadanía **1850302348**, bajo la tutoría de PhD. Benito Mendoza; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de sus autores; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 2 de mayo de 2023.

Carla Fernanda Silva Padilla, Mgs
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Marcel Paredes, Mgs
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Iván Ríos, PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-02.20
VERSIÓN 02: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **YAGCHIREMA DIAZ JULISSA ESTEFANIA** con CC: **1850302348**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"ANÁLISIS DE VARIABILIDAD DE PRECIPITACIÓN, TEMPERATURA Y EVAPOTRANSPIRACIÓN EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO, PERIODO 1960-2021"**, cumple con el **N 1%**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 19 de abril de 2023



Firma electrónica por:
BENITO GUILLERMO
MENDOZA TRUJILLO

PhD. Benito Mendoza
TUTOR(A) TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DEDICATORIA

A mis padres Nercy y Marcelo, mentores de este éxito. A mis hermanas Emma y Danna, cuyo apoyo incondicional fue un estímulo para lograr este objetivo. A mis sobrinos Cayetana y Martín, para quienes seré un ejemplo.

Marcelo Roberpierre Cevallos Barragán

Este trabajo de investigación dedico a mis padres Rosario y Ángel pilares fundamentales en mi vida, quienes me brindaron su apoyo incondicional para cumplir todas mis metas y objetivos. A mis hermanas Lorena y Paola quienes me brindaron su amor y sus consejos para no rendirme. Mis sobrinos Doménica y Mateo quienes son mi gran adoración. Finalmente, a mi cuñado Ramiro quien desde pequeña me vio crecer y por cada consejo que me brindo. Lo dedico a mi familia ya que sin el apoyo de ellos no lo hubiera logrado.

Julissa Estefanía Yagchirema Diaz

AGRADECIMIENTO

Al culminar esta etapa académica, que por cierto no será la última porque creo en la educación continua y soy hombre universitario dejo constancia de mi gratitud a quienes hicieron posible mi éxito con su apoyo permanente a costa de su propio sacrificio, a mis padres Marcelo y Nercy y a mis hermanas Danna Alejandra y Emma Esthepania. Además, reconozco el apoyo que he recibido de mis amigas Kiara, Yessenia, Nicol y a mi compañera de tesis Julissa.

Por los valores académicos y el refuerzo ético y moral a mi Alma Mater, la Universidad Nacional de Chimborazo.

Marcelo Roberpierre Cevallos Barragán

Agradezco a Dios por darme salud y vida, por cuidar siempre de mis padres en cada paso que dan. A mis padres por siempre apoyarme en cada paso que doy, por guiarme con sus consejos y amor. A mis hermanas por siempre estar conmigo en los buenos y malos momentos de mi vida. Gracias por enseñarme que la vida no es fácil siempre un logro hay que trabajar mucho. A mi amigo y compañero de tesis Marcelo, por los buenos y malos momentos que pasamos para poder lograr el objetivo que nos propusimos en la Universidad. Y finalmente amigos que en esta etapa de mi vida fue muy grata conocerlos porque estuvieron ahí compartiendo sus enseñanzas.

Julissa Estefanía Yagchirema Diaz.

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	3
DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DEL TRIBUNAL	4
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	5
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	6
DEDICATORIA	7
AGRADECIMIENTO	8
ÍNDICE GENERAL	9
ÍNDICE DE TABLAS.....	12
ÍNDICE DE FIGURAS.....	13
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
CAPÍTULO I.	16
1. INTRODUCCION.....	16
1.1 Planteamiento del Problema.....	17
1.2 Justificación.....	18
1.3 OBJETIVOS.....	20
1.3.1 Objetivo General.....	20
1.3.2 Objetivos Específicos.....	20
CAPÍTULO II.	21
2. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1 Estado del Arte.....	21

2.2	Marco Teórico.....	23
CAPÍTULO III.....		29
3.	METODOLOGÍA.....	29
3.1	Caracterización de la zona de estudio.....	29
3.2	Obtención de la información climática.....	30
3.3	Determinación de los datos faltantes.....	30
3.4	Evapotranspiración.....	32
3.5	Interpolación de datos.....	33
CAPÍTULO IV.....		36
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1	Conformación de la base de datos.....	36
4.1.1	Precipitación.....	36
4.1.2	Temperatura.....	37
4.1.3	Base de datos.....	40
4.2	Cálculo de la Evapotranspiración.....	40
4.3	Variabilidad temporal y espacial de los parámetros.....	42
4.3.1	Análisis por anomalías.....	45
CAPÍTULO V.....		56
5.	CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES.....	56
5.1	Conclusiones.....	56
5.2	Recomendaciones.....	57
BIBLIOGRAFÍA.....		58
ANEXOS.....		61
	Anexo A: Software de datos Satelitales.....	61

Anexo B: Datos Incompletos y Relleno de datos	62
Anexo C: Cálculo de la Evapotranspiración.....	72
Anexo D: Mapas de interpolación	79

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Estaciones meteorológicas aptas para el desarrollo del tema de investigación.	30
Tabla 2. Estaciones utilizadas para la interpolación de datos.	34
Tabla 3. Resumen de los datos obtenidos de precipitación.	36
Tabla 4. Resumen de datos obtenidos del parámetro de temperatura.	37
Tabla 5. Coeficiente de correlación de datos Precipitación	38
Tabla 6. Correlación de datos de Temperatura	38
Tabla 7. Coeficiente de R^2 de precipitación.	39
Tabla 8. Coeficiente R^2 de temperatura	39
Tabla 9. Correlación de las variables precipitación y temperatura.	40
Tabla 10. Análisis de ETP de cada estación meteorológicas (mm)	41
Tabla 11. Registro de datos incompletos estación Baños	62
Tabla 12. Registro de datos incompletos estación Guaslán	63
Tabla 13. Registro de datos incompletos estación Huambalo	64
Tabla 14. Registro de datos incompletos estación Cebadas	64
Tabla 15. Registro de datos incompletos estación Alao	65
Tabla 16. Registro de datos incompletos estación ESPOCH.	66
Tabla 17. Registro de datos incompletos estación ESPOCH-Temperatura	66
Tabla 18.	68
Tabla 19. Registro de datos incompletos estación Guaslán -Temperatura	69
Tabla 20. Radiación solar extraterrestre en (mm/día)	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la subcuenca del río Chambo.	29
Figura 2.Análisis de datos obtenidos de ETP por el método de Thornthwaite.....	42
Figura 3. Comparación de interpolación de datos con 6 estaciones vs 10 estaciones	43
Figura 4.Mapas temáticos de validación de datos obtenidos	44
Figura 5. Precipitación mensual de todas las estaciones periodo 1960-2021	45
Figura 6.Temperatura mensual de todas las estaciones periodo 1960-2021.....	47
Figura 7.ETP mensual de todas las estaciones periodo 1960-2021.....	48
Figura 8. Variabilidad de precipitación por décadas periodo 1960-2021.....	50
Figura 9. Variabilidad de temperatura por décadas periodo 1960-2021.....	52
Figura 10. Variabilidad de ETP por décadas periodo 1960 -2021.....	54
Figura 11. Obtención de datos en la aplicación. Google Heart Pro	61
Figura 12.Obtención de datos en la página de NASA POWER	61
Figura 13.Página del Gobierno Provincial de Tungurahua.....	62
Figura 14.Método aplicado para el relleno de datos precipitación y Temperatura.....	70
Figura 15.Cálculo de la Etp por el método de Thornthwaite	78
Figura 16.Mapas de interpolación Precipitación	79
Figura 17.Mapas de Interpolación Temperatura.....	80
Figura 18.Mapas de Interpolación de ETP	81
Figura 19.Anomalías de precipitación mensual periodo 1960-2021	82
Figura 20.Anomalías de Temperatura mensual periodo 1960-2021.....	85
Figura 21.Anomalías de ETP mensual periodo 1960-2021	88

RESUMEN

El estudio se enfoca en el análisis de la variabilidad de precipitación, temperatura y evapotranspiración de la subcuenca del río Chambo periodo 1960-2021. El objetivo de esta investigación es obtener datos de estaciones meteorológicas tomando en cuenta que la mayoría de las estaciones tuvieron datos faltantes, para lo cual, mediante técnicas de rellenos de datos, a partir de datos satelitales de las aplicaciones de Google Earth Pro y NASA POWER. Para la confiabilidad de los datos rellenos se realizó un análisis de correlación y del coeficiente de determinación R^2 , una vez que cumplen con los criterios de aceptación de los coeficientes se estructuró una base de datos con información de temperatura, precipitación y evapotranspiración, la que se obtuvo con el método de Thornthwaite. Además, se realizó el análisis multitemporal espacial de las variables de la base de datos, esto mediante análisis de anomalías por medio de gráficos de tendencia, para luego mediante el método geostatístico kriging generar los mapas temáticos mensuales de cada año de estudio. Entre los resultados obtenidos se identificó que los datos satelitales son muy confiables y representan muy bien la realidad de los parámetros en la zona de estudio. En este contexto, en la década de los ochenta se observó un incremento en los valores de todos los parámetros debido al fenómeno “El Niño” según los datos analizados; en cambio, en el año 2005 hubo un cambio brusco y los parámetros disminuyen por la presencia del fenómeno “La Niña”.

Palabras claves: Variabilidad, interpolación, parámetro, fenómeno, correlación y análisis.

ABSTRACT

The study focuses on the analysis of the variability of precipitation, temperature and evapotranspiration of the Chambo river sub-basin, period 1960-2021. The objective of this research is to obtain data from meteorological stations taking into account that most of the stations had missing data, because of that, it was used data filling techniques from satellite data of the Google Earth Pro and NASA POWER applications. For the reliability of the filled data, a correlation and determination coefficient R2 analysis were carried out, once they meet the criteria for acceptance of the coefficients, a database was structured with information on temperature, precipitation and evapotranspiration, which was obtained with the Thornthwaite method. In addition, the spatial multitemporal analysis of the database variables was carried out, this through anomaly analysis through trend graphs, and then through the kriging geostatistical method to generate the monthly thematic maps for each year of study. Among the results obtained, it was identified that the satellite data are very reliable and represents very well the reality of the parameters in the study area. In this context, in the eighties an increase in the values of all parameters was observed due to the "El Niño" phenomenon according to the data analyzed; on the other hand, in 2005 there was a sudden change and the parameters decreased due to the presence of the "La Niña" phenomenon.

Keywords: Variability, interpolation, parameter, phenomenon, correlation and analysis.



Forma de identificación por:
GABRIELA MARÍA DE
LA CRUZ FERNANDEZ

Reviewed by:
Gabriela de la Cruz F. Msc
ENGLISH PROFESSOR
C.C. 0603467929

CAPÍTULO I.

1. INTRODUCCION.

Ecuador está ubicado en el paralelo cero, siendo afectado de manera continua por diferentes sistemas sinópticos que ocurren durante el año, regulando el clima y generando variabilidad climática en el país, la manifestación principal es evidencia en la alteración de la precipitación y la temperatura. El gran volumen de precipitación acumulada sobre el Ecuador, especialmente en la costa, es el resultado de los cambios positivos de las temperaturas que ocurren en la superficie del Océano Pacífico en los diferentes meses del año (Hidalgo, 2017).

El cambio climático y el aumento de su variabilidad ponen en riesgo el bienestar de las poblaciones, debido a aspectos como: posibles olas de calor asociados a un clima cambiante, extremos de temperaturas persistentes durante varios días, razón por la cual, la adquisición del conocimiento científico del clima es de suma importancia para el ser humano, pues permite establecer que áreas se acondicionan a una o varias actividades productivas, que favorecen el desarrollo y crecimiento socio-económico del país, incorporando el riesgo climático dentro de sus estrategias nacionales (IDEAM & UNAL, 2018).

La información climatológica pone en evidencia el aumento o disminución en la cantidad de lluvias del país según en la región que se la estudie, principalmente por la variabilidad climática interanual que se relaciona con la Oscilación del Sur (ENOS), durante su fase caliente llamada “El Niño” o en la fría denominada “La Niña”; ésta ha sido estudiada mundialmente, debido a que sus consecuencias y repercusiones son a escala Ecuatorial, generando alteraciones climáticas que se registran en diferentes lugares en la región Andina y por supuesto en Ecuador (Hidalgo, 2017).

Por lo tanto, la precipitación es uno de los elementos climáticos de mayor importancia para el hombre, influyendo en el ambiente y también regulando las actividades humanas; la temperatura es el parámetro de gran importancia para el cultivo, desarrollo de las plantas y la evapotranspiración indica la cantidad de agua evaporada por la superficie del suelo (Molina, 2013).

Las líneas de investigación sobre la dinámica de los factores atmosféricos como la precipitación, temperatura y evapotranspiración tratan de analizar, comprender y relacionar como es el comportamiento de estos; sin embargo, es importante poner atención y considerar que las actividades antrópicas afectan directa o indirectamente a la evolución de estos

factores en un área determinada y, por ende, estos cambios acarrearán problemas socioeconómicos (Molina, 2013).

En este contexto, la investigación se enfoca en el análisis de variabilidad de precipitación, temperatura y evapotranspiración en la subcuenta del río Chambo, con el objetivo de analizar su cambio a través del tiempo. Utilizando datos meteorológicos del Instituto encargado en suministrar información del tiempo, clima, y los recursos hídricos del pasado, presente y futuro del Ecuador, que es el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

El Ecuador no tiene estaciones automatizadas para la recolección de datos en diferentes estaciones meteorológicas. En la zona de estudio no existe una base de datos confiable, ya que la ausencia de datos se debe a situaciones que afectan la calidad, como el movimiento de los instrumentos, transformación del espacio físico del entorno donde se encuentra la estación o no registrar el dato en la hora acordada. Por esta razón ha sido necesario generar datos a partir de información existente e información satelital.

1.1 Planteamiento del Problema

En las últimas décadas la variación de los parámetros atmosféricos a causa de la contaminación ha sido uno de los problemas que más ha afectado a la población en todas las regiones existentes de nuestro planeta, como una de las mayores amenazas, convirtiéndose en un importante desafío ambiental en el desarrollo y bienestar (IDEAM & UNAL, 2018).

En las estaciones meteorológicas es normal que los registros de un período determinado estén incompletos, debido a la ausencia o sustitución del operador, fallas del aparato registrador o negligencia del operante, lo que limita la realización de estudios agroclimáticos e hidrológicos cuyos resultados permiten aumentar la productividad, optimizar los recursos, reducir el riesgo de pérdida de cultivos, planificar la infraestructura de riesgo y drenaje de manera integrada y realizar pronósticos meteorológicos (Gallegos & Arteaga, 2020).

En Ecuador, el nivel de reporte sobre los diferentes parámetros hidrológicos presenta problemas fundamentales por el estado obsoleto de sus estaciones e instrumentos, provocando la dispersión de información, la complejidad del formato de registro y la falta de composición de los datos. El mayor patrimonio para el análisis del ciclo hidrológico es la formación meteorológica; bajo este argumento surge la problemática para el análisis de datos respecto a las variables precipitación, temperatura y evapotranspiración, que se atienden a la ausencia de una base de datos que posea información para precisar sus cambios (Castro, 2014).

En la subcuenca del río Chambo existen estaciones meteorológicas que no contienen información completa de precipitación, temperatura y evapotranspiración, porque varias de las estaciones son de tipo manual en las cuales los operadores no han registrado los datos. Además, las estaciones automáticas en ciertos lapsos de tiempo han dejado de emitir información, lo que implica que no se haya registrado y exista vacíos de información climática para el desarrollo de estudios en la zona de influencia de la subcuenca (Gallegos & Arteaga, 2020).

1.2 Justificación

Ecuador y el mundo se encuentran sufriendo una serie de cambios en los factores ambientales, la variación de uno de los factores atmosféricos determina las características del clima y los efectos de este sobre los seres vivos y los seres humanos (Alzate, Rojas, Moaquera, & Ramón, 2015).

El estudio de las precipitaciones y la temperatura es de vital importancia en la evaluación y predicción de la amenaza natural del área de estudio ya que, este factor puede provocar procesos de erosión, desbordamientos e inundaciones (Armenta, 2016). Los datos climáticos precisos son de vital importancia para el manejo de recursos hídricos; sin embargo, son difíciles de estimar sobre todo en regiones donde la precipitación tiene una alta variabilidad espacial y las redes de pluviómetros son escasas, como es el caso de Ecuador (Alzate, Rojas, Moaquera, & Ramón, 2015). Es importante contar con los datos herramientas y metodologías necesarias para poder abarcar esta problemática identificando qué zona de estudio se debe considerar para planificar estrategias de adaptación (Barrios, 2018).

En la subcuenca del río Chambo no se cuenta con una base de datos idónea, donde se pueda evidenciar como los factores ambientales atmosféricos han variado por la influencia del cambio climático respecto al tiempo (Suárez, 2018). Para el desarrollo del análisis temporal y espacial esta desinformación genera una escasa comprensión de cómo han cambiado los factores mencionados, tampoco nos permite establecer una relación adecuada entre las mismas y no se podría estimar su comportamiento a futuro. Los resultados de esta investigación generan una base de datos importante para entender como estas variables mencionadas han evolucionado a lo largo del tiempo por causa del cambio climático que, si bien se puede sentir y evidenciar sus efectos no se tiene un registro de su comportamiento y de la relación entre los mismos (Colcha, 2022). Por tal motivo se han desarrollado metodologías para el tratamiento y análisis de datos climáticos las cuales nos ayudan a mitigar los problemas mencionados anteriormente (Armenta, 2016). Además, la necesidad de contar con estos datos por parte del proyecto de investigación “**CARACTERIZACIÓN**

DE LA OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL ACUÍFERO DEL CHAMBO”, con el fin de realizar el Balance hídrico de la subcuenca y del acuífero.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Analizar la variabilidad de los parámetros de precipitación, temperatura y evapotranspiración en la subcuenca del río Chambo, periodo 1960-2021.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Estructurar una base de datos para el análisis estadístico descriptivo de precipitación y temperatura en el área de estudio.
- Calcular la evapotranspiración utilizando el método Thornthwaite
- Analizar la variabilidad temporal y espacial de los parámetros, precipitación, temperatura y evapotranspiración, mediante procedimientos geoestadísticos de interpolación.

CAPÍTULO II.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 Estado del Arte

Desde hace unos años se ha estudiado la variabilidad climática de los parámetros de precipitación, temperatura y evapotranspiración tanto a nivel nacional como mundial, a continuación, se presentan varias investigaciones que están relacionadas con la problemática de la presente investigación.

El análisis de este trabajo se realizó por un grupo de estudiantes en la Universidad de Córdoba –Colombia, en el Departamento de Física y Electrónica, titulado: Análisis de la variabilidad climática de la temperatura del aire y de la ETP para una zona del Caribe Colombiano. En la investigación se analiza la variabilidad climática en una escala local de gran parte de la cuenca media y baja del río Sinu en Colombia, la metodología planteada se enfoca en seleccionar una serie de datos; es decir, promedios mensuales de la temperatura en el período de 1968 a 2011 de cuatro estaciones meteorológicas, las cuales fueron analizadas de manera estadística y climática. Para la evapotranspiración se utilizó el método de Thornthwaite para el período de estudio (Gónima & Pérez, 2014).

Como resultado, los fenómenos de “El Niño” y “La Niña” tuvieron influencia en la variación del clima, así también el aumento de la temperatura y evapotranspiración desde el año 1968. Se encontraron aumentos de temperatura de 0.75 °C equivalente al 0.17% por cada año. El aumento de evapotranspiración fue de 144mm que en porcentaje equivale a un 9.2 %. En cuanto a los años 1991-2000 se determinó a partir del análisis de tendencia que el clima fue más caliente (Gónima & Pérez, 2014).

El documento se realizó en el año 2016 titulado: Análisis de tendencia y eventos climáticos extremos para Ecuador. En dicha investigación se efectuó un control de calidad a 478 estaciones, después del análisis para el estudio se utilizaron 125 estaciones con datos de precipitación y temperaturas tanto máximas y mínimas, iniciaron con la investigación a través de índices climáticos y aplicaron la metodología del programa RCLimdex para obtener el análisis del total de las estaciones mencionadas anteriormente y 17 índices.

En cuanto a los resultados la temperatura tuvo un incremento de 0.1°C por cada año de estudio, este cambio afectó a los días y noches. La precipitación tuvo un incremento en la región Sierra y una disminución en la región Costa y Amazonia (Armenta, 2016).

La presente investigación se realizó en el año 2020, por la Universidad Andina Simón Bolívar, titulada: Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios período 2006-2018, en el distrito Metropolitano de Quito. La metodología aplicada en el estudio es la recopilación de datos de las estaciones meteorológicas del INAMHI, del cual se obtuvo 52 estaciones, para la matriz se realizó un control de calidad y un tratamiento de regularización de forma compatible con el programa Climdex, ejecutado con ayuda del programa R-Studio. Los resultados arrojaron que los valores de temperatura y precipitación son buenos alcanzando un 90% de seguridad (Venegas, 2020).

El presente trabajo, se realizó en el año 2015 por un grupo de estudiantes, titulado: Cambio y variabilidad climática para el período 1981-2010 en las cuencas de los ríos Zulia y Pamplonita norte, Santander, Colombia. La investigación inicia con la identificación de la relación que existe entre el cambio y la variabilidad climáticos a través de la detección y cuantificación de tendencias de cambio, en las series de tiempo de temperatura y precipitación registradas por las estaciones, para cuantificar las tendencias detectadas sobre la variabilidad climática se utilizó la estadística no paramétrica y un proceso de interpolación con el IDW (Alzate, Rojas, Moquera, & Ramón, 2015). Como resultado la temperatura ha cambiado entre 0.7 y 0.4 °C y la precipitación ha aumentado de 0 a 250 mm por cada década en cada caso (Alzate, Rojas, Moquera, & Ramón, 2015).

La investigación se realizó en el año 2018 en la Universidad Nacional de Chimborazo por el estudiante Suárez Marlon, titulada: Análisis multitemporal de la variabilidad climática en el cantón Chambo. Este análisis se basa en la creación de una base de datos adecuada, donde se analice la variabilidad de los factores climáticos, para ello se creó una base de datos respecto a precipitación, temperatura y evapotranspiración, el problema es que los datos no estaban completos, para ello se utilizó técnicas de relleno como la de regresión normalizada y la de regresión lineal para la precipitación y temperatura, para la evapotranspiración se aplicó el método de Thornthwaite (Suárez, 2018).

Como resultado se obtuvo que la precipitación presentó ciclos anuales levemente irregulares, en la temperatura se observó que es un factor que posee leves fluctuaciones, en la evapotranspiración se notó irregularidades principalmente por que los datos reales y potenciales variaban dependiendo la estación. Otra de las características notada es que, en los años de 1997, 1998 y 1999 se presentan anomalías más grandes en cuanto a la precipitación (Suárez, 2018).

2.2 Marco Teórico

Subcuenca

Una subcuenca es considerada como una parte integrada de una cuenca, donde los escurrimientos superficiales de las aguas son captadas y conducidas por un afluente o río secundario, que según su posición tiene régimen hídrico dentro del área misma (Vásconez, y otros, 2019).

Variabilidad de los parámetros climáticos

La variabilidad de los parámetros climáticos son los cambios elevados de las condiciones de una zona, es una de las problemáticas que se ha dado en los últimos tiempos a nivel global, en la zona de estudio específicamente estos parámetros se ven afectados por la prescencia de las corrientes marinas y actividades antrópicas que se genera a nivel mundial y nacional (Perira, 2021).

Parámetros sujetos al análisis en el proyecto de investigación.

Temperatura

La temperatura es una de las variables básicas del clima, se refiere al grado de calor específico del aire en un lugar determinado y momentos específicos, este fenómeno se puede dar de forma temporal y espacial en distintas zonas ya sea de manera mundial o nacional, por otro lado, es el elemento meteorológico importante en la delimitación de los diferentes tiempos climáticos (Gámez, 2020).

Precipitación

La precipitación es una de las variables de gran importancia en el ciclo hidrológico, ya que la cantidad de agua cae a la superficie terrestre y provee de agua dulce para el desarrollo de la vida. Este parámetro cuando se evapora se condensa y cae a la superficie terrestre formando la lluvia (Naranjo, 2013).

Evapotranspiración

La evapotranspiración es uno de los factores que se da con la mezcla de evaporación y transpiración de las plantas. La evaporación es el proceso físico que sufre el agua del estado

líquido al estado gaseoso. También la transpiración es el proceso biológico donde las plantas pierden agua que va a la atmósfera, ya que las plantas liberan el agua a través de estomas que se encuentran en las hojas de las plantas (Quishpe, 2017).

Estaciones Meteorológicas

Las estaciones meteorológicas son instalaciones donde se encuentran los instrumentos que miden variables meteorológicas diariamente, son de importancia atmosférica y climática, también recopilan los datos de medición de los variables de una determinada región (Villaltra, 2013).

Base de datos meteorológicos

Es una serie de datos que contienen información sobre las variables climatológicas de toda la región, algunas bases de datos poseen información sobre variables de temperatura, precipitación, evapotranspiración, etc. Otras bases de datos contienen la información de los lugares de donde fue registrada la información climática, como es la localidad y coordenadas geográficas. La información climática es generada con la ayuda de los varios instrumentos que son aptos para la medición de las variables (Quishpe, 2017).

Programas para la obtención de datos e imágenes satelitales

NASA POWER

El POWER Data Access Viewer es un programa que nos ayuda con la accesibilidad de la información creado para la comunidad, tiene tres áreas de enfoque como el desarrollo de energía renovable, eficiencia energética de edificios y aplicaciones de agroclimatología. Esta plataforma puede ayudar a las comunidades a ser resilientes en medio de la variabilidad climática, observada a través del acceso a datos solares y meteorológicos con una variedad de métodos de acceso. Los datos que posee esta plataforma vienen de tres satélites TRMM (misión para medir las precipitaciones tropicales), QSCAT (misión que mide velocidad y dirección del viento), GOES (satélite geostacionario de operación ambiental). Gracias a éstos se obtienen datos de una serie de tiempo diaria que abarca más de 40 años, para la meteorología disponible desde 1981 y los parámetros basados en la energía solar comienzan en 1984 (Stackhouse, 2020).

Google Earth Pro

Google Earth Pro es una herramienta innovadora, que permite realizar análisis geoespaciales usando procesamiento y acervos de datos en la nube. De este modo, se convierte en una opción interesante para solucionar el rezago tecnológico, y así poder examinar las grandes bases de imágenes satelitales provenientes de satélites como el Landsat 8. Desde hace décadas se están produciendo imágenes satelitales para el mundo entero. Sin embargo, ha habido un retraso tecnológico que ha impedido poder analizar la extensa cantidad de información satelital disponible. Hasta fechas recientes la mayoría de los estudios se enfocaban en regiones relativamente reducidas y períodos cortos. No obstante, el potencial de esas imágenes permite afrontar problemas a escalas globales y abarca períodos largos (Carut & Zappettini, 2016).

Variabilidad Temporal

La variabilidad temporal se refiere a la relación que tienen los factores como el movimiento de rotación y traslación de la tierra, esta variabilidad se puede ordenar diaria, mensual, estacional, anual o en intervalos temporales (Castro, 2014).

Variabilidad espacial

Explica las diferencias regionales de los climas sobre la superficie terrestre, porque está determinada por la influencia de los elementos, factores astronómicos y geográficos como la altitud, latitud, efecto marítimo o continental y corrientes marinas (Sanchez, Rodriguez, & Montenegro, 2020).

Evaluación de datos de precipitación faltantes

Los estudios que se relacionan con la variabilidad climática o en investigaciones relacionadas con el medio ambiente, el parámetro que se utiliza es la precipitación. Para poder estudiar el comportamiento y la forma en que se puede evaluar dicho parámetro es de suma importancia. En la evaluación de la precipitación cuando se da la falta de datos, existe varios métodos que nos ayudan con este problema que se presenta, éstos pueden ser de tecnologías avanzadas como el uso de satélites, programas estadísticos, modelación hidrológica, entre otras (Barrios, 2018).

Métodos para la estimación de registros anuales y mensuales faltantes

Existen métodos para efectuar el relleno de datos faltantes los cuales son

- Método de los promedios
- Método de la recta de región lineal
- Método de regresión lineal simple
- Método del promedio aritmético
- Método de regresión normalizada

Regresión lineal Simple

Este método consiste en el cálculo de los valores inexistentes entre dos estaciones por el ajuste, donde el dato estimado es el dato lleno que proporciona la variable independiente de la cual depende la anterior. Para completar registros anuales, mensuales y diarios en uno o más años, seguidos o intercalados se utiliza este método (Forero & Rodriguez, 2016). La Ecuación sería de gran importancia para el relleno de datos.

Análisis de homogeneidad

Es el análisis de la información disponible, mediante criterios físicos y métodos estadísticos que permitan identificar, evaluar, y eliminar los posibles errores sistemáticos que ha podido ocurrir, sea por causas naturales u ocasiones por la intervención de la mano del hombre (Forero & Rodriguez, 2016).

Una prueba estadística de homogeneidad presenta una hipótesis nula y una regla para aceptarla o rechazarla en base a su probabilidad de ocurrencia. Si dicha probabilidad es pequeña, se concluye que la serie es no homogénea, si es grande, se dice que la serie no es homogénea (Carut & Zappettini, 2016).

Correlación de datos

La correlación es una cuantificación de la fuerza de la relación lineal entre dos variables cuantitativas, se estudia por medio del cálculo del coeficiente de correlación de Pearson. Dicho coeficiente oscila entre -1 y +1. Un valor -1 indica que no hay relación lineal entre las dos variables. Un coeficiente de valor reducido no indica necesariamente que no existe correlación ya que las variables pueden presentar una relación no lineal (Fallas, 2012).

Coefficiente de determinación R^2 .

Es una medida del grado de fiabilidad o exactitud del ajuste del modelo a dos conjuntos de datos, si el valor obtenido de la constante es alto se considera que los datos alcanzados representan adecuadamente una relación existente entre éstas, conociendo que el

ajuste entre los valores es válido, los valores del coeficiente van de 0 a 1 expresados normalmente como tasas de 0% al 100%, un R^2 igual a 1 igual al 100% quiere decir que las variables comparadas tienen una excelente relación, coincidencia o predicción, si el valor es menor a 1 la confianza de los datos comparados ira bajando con respecto al resultado.

Métodos para calcular la evapotranspiración

- ✓ Thornthwaite
- ✓ Jensen-Hiese
- ✓ Hargreaves
- ✓ Blanney-Criddle
- ✓ Turc
- ✓ Pemman

Evapotranspiración Potencial por el método de Thornthwaite

La ecuación para determinar el valor de evapotranspiración potencial considera la temperatura media y un índice de calor anual, donde RTP es igual a evapotranspiración en cm por mes^{-1} , T_a que significa Temperatura media mensual del aire en $^{\circ}\text{C}$ y por último la I que trata del índice anual de calor (Gómez & Cadena, 2017)

Interpolación de datos climáticos (Geoestadística)

La interpolación de los datos climáticos es una rama de gran importancia dentro de los sistemas de información, en los que se usa datos con su respectiva información geográfica y características fisiográficas para obtener datos visuales de una variable, esta metodología numérica se ha ido estudiando a gran escala en todas partes del mundo, para este tipo de estudio se utilizan distintas técnicas que pueden ayudar a determinar las variables climáticas como la temperatura, precipitación y evapotranspiración (Dressler, 2020).

Kriging

El kriging es una técnica de interpolación que se basa en el análisis de la estructura geoestadística de la variable estudiada. El comportamiento de la precipitación, temperatura y la evapotranspiración, cumplen con esta premisa, por lo que es posible aplicar esta técnica de obtención de campos espaciales a partir de series de datos puntuales (Garces, 2012).

Semivariogramas

El semivariograma proporciona información sobre la autocorrelación espacial de datos. Sin embargo, no suministra información para todas las direcciones y distancias posibles. Por esta razón, y para asegurar que las predicciones de kriging tengan varianzas de kriging positivas, es necesario ajustar un modelo, al semivariograma empírico. En resumen, esto es similar al análisis de regresión, en el que se ajusta una línea o curva continua a los puntos de datos (Montaña, 2020).

Histograma

Es la representación gráfica en forma de barras que se obtiene a través de una base de datos que se crea a partir de una variable, esta presenta dos ejes, uno vertical en el que se visualiza las frecuencias y el horizontal que tiene los valores de las variables, en el cual se obtiene el valor de curtosis necesario para el análisis de dispersión de datos, que nos hace saber si los valores son menores a 0 la dispersión es grande, pero cuando los valores son mayores que 0 significa que los datos están mejor distribuidos con tendencia hacia la media (Gutierrez & Cintas, 2013).

Anomalías entre estaciones.

Las anomalías nos ayudan con el análisis entre variables de estaciones meteorológicas, representan unidades estandarizadas que en este caso tienen una media que se ha obtenido de datos diarios, comparando la información en intervalos de tiempo a través de gráficos (Suárez, 2018).

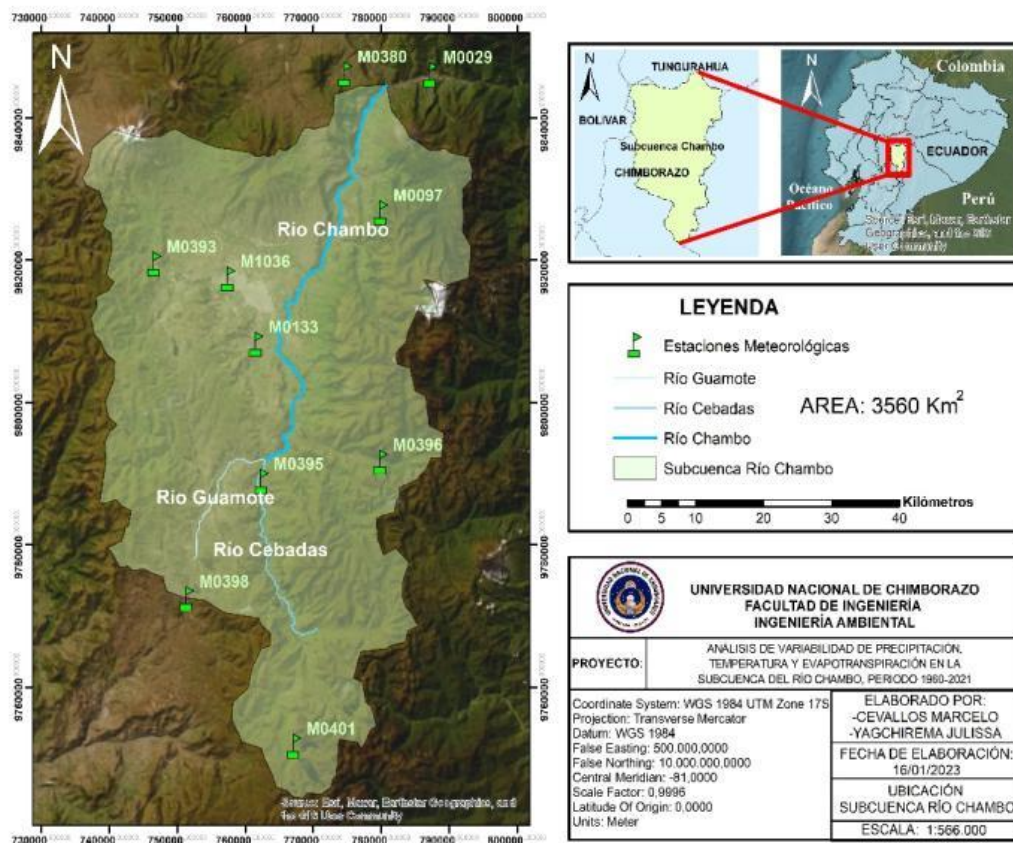
CAPÍTULO III.

3. METODOLOGÍA.

3.1 Caracterización de la zona de estudio

La subcuenca del río Chambo se encuentra ubicada en la provincia de Chimborazo limitada al norte con la provincia de Tungurahua, cubre una superficie aproximada de 3560 km², en donde se encuentran 33 ríos de tamaño muy variable (Colcha, 2022). En área de estudio se encuentran 21 microcuencas, dentro de las cuales las más importantes son las microcuencas de los ríos Cebadas, Guamote, Chibunga, Guano, Puela, Alao, Blanco y Uldán. Las elevaciones de la subcuenca del río Chambo, varían desde 1800 msnm en la desembocadura del río Chambo, hasta los 6280 msnm en el nevado Chimborazo (Naranjo, 2013).

Figura 1. Mapa de ubicación de la subcuenca del río Chambo.



Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022).

Tabla 1. Estaciones meteorológicas aptas para el desarrollo del tema de investigación.

ESTACIÓN	CÓDIGO	LONGITUD2	LATITUD2	ALTITUD
BAÑOS	M0029	787319.4278	9846052.142	1820
GUASLÁN	M0133	761698.2639	9808174.622	2850
HUAMBALÓ	M0380	774750.4350	9846139.360	2880
CEBADAS	M0395	762446.1490	9788952.501	2930
ALAO	M0396	779982.1836	9791632.147	3700
ESPOCH	M1036	757541.9715	9817382.874	2754

Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022)

3.2 Obtención de la información climática

Con información del INAMHI obtuvimos los datos de las estaciones meteorológicas que se encuentran dentro de la provincia de Chimborazo y Tungurahua, tomando en cuenta el nombre, la latitud y longitud, se analizó la cercanía y cuáles son útiles para su estudio. En la tabla 1 se especifican las estaciones aptas para el estudio y son: Baños, Guaslán, Huambaló, Cebadas, Alao y ESPOCH.

Estas estaciones fueron seleccionadas en función de 2 aspectos principales:

- Ubicación en el área de estudio
- Disponibilidad de datos de los parámetros de estudio

Para la obtención de información se visitó la página del Gobierno Provincial de Tungurahua donde se obtuvo datos de precipitación y temperatura de las estaciones Baños y Huambaló. Por otro lado, se indagó datos de anuarios meteorológicos controlados por el INAMHI obteniendo resultados de las demás estaciones meteorológicas.

Se utilizaron las plataformas de NASA POWER y Google Earth Pro para la obtención de datos a partir de imágenes satelitales que tienen influencia sobre la subcuenca del río Chambo. Obteniendo a través del software de Google datos mensuales desde el año 1960 al 1980 y en POWER Data Access Viewer se obtuvieron datos diarios del período 1981 al 2021. La información climática que se analiza está contemplada desde el año 1960 al 2021.

3.3 Determinación de los datos faltantes

Después de haber conformado una base de datos partiendo de la búsqueda y obtención de información con ayuda del INAMHI, se identificó los datos faltantes en las estaciones meteorológicas aplicando un formato condicional (pintar de color las celdas sin información), Tablas 11-19.

Para rellenar los espacios sin información, se emplearon técnicas basadas en modelos estadísticos para generar un rango menor de error. Después de una revisión bibliográfica y el análisis de los datos, se utilizó el método de regresión lineal simple, para el relleno de los parámetros (precipitación y temperatura) debido al gran número de celdas de color (sin información), este método nos ayuda a obtener los datos faltantes según (Forero & Rodriguez, 2016) ,la ecuación está formada por:

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon,$$

(1)

Donde

α = es la ordenada en el origen (el valor que toma Y cuando X vale 0)

β = es la pendiente de la recta (e indica cómo cambia Y al incrementar X en una unidad)

ε = una variable que incluye un conjunto grande de factores.

Para el relleno en el caso de la precipitación en las estaciones de Guaslán, Huambaló, Cebadas, Alao y ESPOCH se utilizó la estación de Baños, ya que posee mayor información y además fue rellenada hasta el último año de estudio con la ayuda de datos provenientes de la Estación Meteorológica del Parque de la Familia en Baños.

En el caso de la temperatura se utilizó la estación de Baños para rellenar la estación de ESPOCH y Guaslán; mientras que Alao, Huambaló y Cebadas se rellenó con información de los satélites por la falta de datos y la distancia a las otras estaciones.

Hay que tomar en cuenta que lo mencionado se realizó para el período 1981-2021, en cuanto al período 1960-1980 se realizó el relleno de datos mensuales tomando como referencia los datos satelitales.

– **Base de datos**

La base de datos se construirá a partir de la información con relleno, tomando en cuenta el nombre, código, altura, longitud y latitud de cada estación, realizado para las variables de temperatura, precipitación y luego se añade a este conjunto los datos de evapotranspiración.

– **Establecimiento de correlación de datos y R^2**

La correlación se estableció con datos sin rellenar versus datos rellenados, desde el año 1960 hasta el 2021, de las estaciones Baños, Guaslán, Huambaló, Cebadas, Alao y ESPOCH mediante el análisis de correlación cuya ecuación es:

$$r_{xy} = \text{correl}(\text{matriz } 1 \text{ } x; \text{matriz } 2 \text{ } y) \quad (2)$$

x= es igual a la variable número uno
y= pertenece a la variable número dos
r_{xy}= valor de la correlación

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{\text{res}}}{SS_{\text{tot}}} \quad (3)$$

SS_{res}= suma de cuadrados residuales

SS_{tot}= suma de cuadrados totales

R²= valor del coeficiente

Para generar el coeficiente de determinación R^2 se utilizan los datos de estaciones versus los datos satelitales obteniendo valores de 0 a 1 en el cual podemos verificar la efectividad del pronóstico de datos satelitales en comparación a los datos reales calculados. Además, se realiza la correlación de la variable de precipitación versus la de temperatura con datos mensuales, con las estaciones Baños, Guaslán, Huambaló, Cebadas, Alao y ESPOCH.

3.4 Evapotranspiración

Para la generación de información respecto a la evapotranspiración de la zona de estudio se aplicó el método de Thornthwaite, según (Gómez & Cadena, 2017), la ecuación esta expresada de la siguiente manera:

Ecuación Thornthwaite

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

$$I = \sum_{12_1} i$$

$$a=675*10^{-9}*I^3-771*10^{-7}*I^2-1792*10^{-5}*I+0.49239$$

$$ETo = \frac{N}{12} * \frac{d}{30} * 16 * \left(\frac{10 * t}{I} \right)$$

(4)

Donde

Eto= Evapotranspiración potencial (mm/mes)

i= índice térmico mensual

I= índice térmico anual

t=temperatura mensual del mes en °C

a= parámetro dependiente de I

N=número máximo de horas sol para el mes considerado según latitud

d=número de días en el mes

Consiste primero en obtener el “índice de calor mensual” a partir de la temperatura media mensual. Calculamos el “índice de calor anual”. Se obtiene (a) con el índice (I). La ETP Teórica en la cual tenemos dos supuestos, el primero, es que el mes va a tener una duración de 30 días y el segundo es que cada día tendrá 12 horas de sol. luego calculamos el factor de corrección donde (N) es el número de horas de sol que se calcula para cada estación según su latitud, pero en formato de coordenadas geográficas y con la ayuda de la tabla 20 que se encuentra en anexos. El factor de reducción se obtiene con la fracción N/12. Se calcula (d) sabiendo que por cada mes debían ser 30 días, entonces los días del mes se dividen para 30. Ahora se calcula la ETP potencial mensual multiplicando la (ETP teórica) con (f) multiplicado con (d). finalmente se calcula la ETP Anual sumando los datos mensuales.

3.5 Interpolación de datos

Para obtener imágenes espaciales con datos obtenidos, se añadió 4 estaciones a la base de datos que se encuentra en la tabla 1, para que la interpolación sea mejor distribuida, tomando en cuenta que estas estaciones fueron incorporadas con los datos satelitales mensuales obtenidos de Google Earth Pro y NASA POWER.

Tabla 2. Estaciones utilizadas para la interpolación de datos.

ESTACIÓN	CÓDIGO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
SAN JUAN	M0393	746696.140	9819450.821	3220
PALMIRA	M0398	751509.536	9772435.932	3180
OZOGOCHE	M0401	767243.995	9751762.089	3715
BAYUSHIG	M0097	780028.538	9826667.605	3350

Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022)

Este proceso se divide según la variable de estudio por lo que se genera un kriging mensual de cada parámetro, temperatura, precipitación y evapotranspiración para el período 1960 al 2021.

El kriging ordinario es el método de interpolación seleccionado para las tres variables tomadas en cuenta para el estudio, según (Montaña, 2020) la ecuación de kriging similar a la de IDW viene expresada por la siguiente ecuación:

$$Z(x_o) = \sum_{i=1}^N \gamma_i z(x_i) \tag{5}$$

Donde

Z(Xi)= Corresponde al valor medido en la ubicación i.

λi= correspondiente a una ponderación desconocida para el valor medido en la ubicación i.

Xo= correspondiente a la ubicación de la predicción.

N= correspondiente a la cantidad de valores medidos.

– **Mapas temáticos.**

Se genera representaciones gráficas para las tres variables de estudio a partir de los kriging realizados, en los cuales se caracteriza de diferente manera según la variable:

- **Precipitación:** el gráfico tiene una clasificación de 10, representada por diferentes tonos de azul según su intensidad, que van de azul oscuro muy intensa hasta azul claro poco intensa.
- **Temperatura:** el gráfico tiene una clasificación de 15, representada por tonos que van de rojo, crema y azul, siendo el rojo muy intenso, crema media intensidad a azul baja intensidad.
- **Evapotranspiración:** el gráfico tiene una clasificación de 15, representada por tonos que van de azul, crema a rojo, siendo el azul muy intenso, crema moderada intensidad y rojo poca intensidad.

Se insertan los semivariogramas e histogramas de la variabilidad espacial de cada parámetro para verificar si los datos poseen dispersión o si están ajustados con la línea de tendencia igual a cero.

Para el análisis temporal se realizó un estudio de anomalías a través de gráficos que representan datos en décadas para el período 1960-2021 en las que los datos se distribuyen de diferente manera según la variable, en precipitación y evapotranspiración se realiza una sumatoria y en cuanto a la temperatura se promedian los datos mensuales, obteniendo datos anuales los cuales se dividen en décadas.

CAPÍTULO IV.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Conformación de la base de datos

4.1.1 Precipitación

Para el parámetro de precipitación se obtuvieron 6 estaciones tabla 1, las cuales presentaban ausencia de datos mayormente en los años 1960 a 1980 (mensuales) y del 2015 al 2021 (diarios), los cuales se rellenaron por el método mencionado, para explicarlo tenemos en los casilleros con color los datos a rellenar Tabla 11-19, después se aplicó el método regresión lineal simple figura 14 y se obtiene la base de datos de precipitación completa.

En la tabla 3 tenemos el total de datos obtenidos, los datos que se deben rellenar y, por último, el total de datos en periodos mensuales y diarios.

Tabla 3. *Resumen de los datos obtenidos de precipitación.*

Estación	Datos obtenidos		Datos a rellenar		Total de datos	
	<i>Mensual</i>	<i>Diario</i>	<i>Mensual</i>	<i>Diario</i>	<i>Mensual</i>	<i>Diario</i>
	<i>1960-1980</i>	<i>1981-2021</i>	<i>1960-1980</i>	<i>1981-2021</i>	<i>1960-2021</i>	<i>1981-2021</i>
Baños	0	13140	252	1825	744	14965
Guaslán	0	10950	252	4015	744	14965
Huambaló	0	12410	250	2555	744	14965
Cebadas	0	12045	252	2920	744	14965
Alao	0	11315	252	3650	744	14965
ESPOCH	0	9490	252	5475	744	14965
Total	0	69350	1512	20440	4464	89790

Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022)

Se determino a partir de los datos obtenidos que todas las estaciones no contaban con información correspondiente al período 1960-1980 y en el período de 1981-2021 las estaciones con más datos diarios fueron Baños, Huambaló y Cebadas.

Por consiguiente, se realizaron promedios mensuales para todas las estaciones y finalmente se obtuvo un total de 4464 datos correspondientes a las 6 estaciones durante los 62 años de estudio.

4.1.2 Temperatura

Para el parámetro de temperatura se obtuvieron 6 estaciones tabla 1 de las cuales 3 de ellas Huambaló, Cebadas y Alao presentaron ausencia total de datos, rellenas con los datos satelitales, en síntesis, se tomaron en cuenta las estaciones de Baños, Guaslán y ESPOCH ya que tenían datos, aunque intermitentes, desde el año 1989 tabla 17-19, por lo que el método de regresión lineal simple se aplicó solamente a estas tres estaciones Figura 14.

Tabla 4. *Resumen de datos obtenidos del parámetro de temperatura.*

Estación	Datos obtenidos		Datos a rellenar		Total de datos	
	<i>Mensual 1960-1980</i>	<i>Diario 1981-2021</i>	<i>Mensual 1960-1980</i>	<i>Diario 1981-2021</i>	<i>Mensual 1960-2021</i>	<i>Diario 1981-2021</i>
Baños	0	12965	252	2000	744	14965
Guaslán	0	12775	252	2190	744	14965
Huambaló	0	0	250	14965	744	14965
Cebadas	0	0	252	14965	744	14965
Alao	0	0	252	14965	744	14965
ESPOCH	0	10965	252	4000	744	14965
Total	0	36705	1512	20805	4464	89790

Elaborada por: Cevallos y Yagchirema (2022)

La información de temperatura fue más compleja de conseguir por lo que Huambaló, Cebadas y Alao fueron rellenas con datos satelitales, pero tomamos en cuenta el resultado del coeficiente de R^2 obtenido en precipitación, dándonos la confianza para realizar este proceso.

Por consiguiente, se realizaron promedios mensuales para todas las estaciones y finalmente se obtuvo un total de 4464 datos correspondientes a las 6 estaciones durante los 62 años de estudio.

– **Coefficiente de correlación**

En la tabla 5 podemos observar los resultados de la correlación entre los datos sin relleno y los datos rellenos, se evidencia que la estación de Baños presenta una correlación casi perfecta de 0,97, ya que fue la estación con menor déficit de información, en cambio la estación de la ESPOCH que fue la de menor información tuvo una correlación inversa de -0,17 y las demás estaciones tuvieron una correlación directa ya que se encuentran entre 0 y 1.

Tabla 5. *Coefficiente de correlación de datos Precipitación*

ESTACIÓN	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN
	DATOS: SIN RELLENO VS RELLENADOS
BAÑOS	0,97
GUASLÁN	0,08
HUAMBALÓ	0,06
CEBADAS	0,11
ALAO	0,11
ESPOCH	-0,17

Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022)

Como se puede observar en la tabla 6, se realizó la correlación de tres estaciones debido a que las otras presentaban total déficit de datos, por ello no se les tomo en cuenta para esta relación.

Gracias a los valores evidenciamos que las estaciones tienen una correlación directa casi perfecta, siendo Guaslán la que tiene una correlación más fuerte y ESPOCH con una correlación menor, pero no por eso deja de ser buena.

Tabla 6. *Correlación de datos de Temperatura*

ESTACIÓN	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN
	DATOS: SIN RELLENO VS RELLENADOS
Baños	0,98
Guaslán	0,99
ESPOCH	0,95

Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022)

– **Constante R²**

Con los datos completos de las estaciones, entendimos que la información del procesamiento de los satélites tiene una buena predicción, datos leales a la realidad.

Tabla 7. *Coficiente de R² de precipitación*

ESTACIÓN	R²
BAÑOS	0,68
GUASLÁN	0,72
HUAMBALÓ	0,55
CEBADAS	0,68
ALAO	0,77
ESPOCH	0,80

Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022)

En la tabla 7 observamos que la eficiencia según el coeficiente R² en las estaciones es buena, porque su relación supera el 50% de confiabilidad, en la estación de ESPOCH obtuvimos un valor de 80% el más preciso entre todas las estaciones.

Tabla 8. *Coficiente R² de temperatura*

ESTACIÓN	R²
BAÑOS	0,94
GUASLÁN	0,85
HUAMBALÓ	1
CEBADAS	1
ALAO	1
ESPOCH	0,954

Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022).

Podemos observar según el coeficiente R² que el parámetro de temperatura tuvo una mejor fiabilidad de datos por parte de los satélites, solamente tomando en cuenta los resultados de las tres estaciones de las que se realizó el relleno, en cuanto a las otras estaciones es normal que llegue al 100% de fiabilidad porque se utilizó los mismos datos para esperar la predicción. Aun así, el valor obtenido en el cálculo del coeficiente va del 80% al 96% tomando en cuenta que la temperatura es una variable mejor predicha por los satélites.

– **Correlación entre variables**

Se realizó con las bases de datos de precipitación versus temperatura, mostrando valores que si tienen algún tipo de conexión entre sí, los cuales fueron analizados con la siguiente tabla:

Tabla 9. *Correlación de las variables precipitación y temperatura*

ESTACIÓN	COEFICIENTE "R"	RESULTADO
Baños	0,97	Si
Guaslán	0,79	Si
Huambaló	0,82	Si
Cebadas	0,84	Si
Alao	0,81	si
ESPOCH	0,75	Si

Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022)

En la tabla 9, observamos que, todas las estaciones tienen una correlación directa, y es casi perfecta en baños debido a que fue la estación con mayor dato antes del relleno, por otro lado, ESPOCH tiene la relación más baja con un 0.75 debido a que fue la estación con menos datos antes del relleno.

4.1.3 Base de datos

Para los parámetros de precipitación, temperatura y evapotranspiración la base de datos cuenta con 6 estaciones de las cuales resulta un total de 4464 datos mensuales para cada parámetro.

En la base de datos se consideró aspectos como el nombre de la estación, código, longitud, latitud, altitud, años, datos mensuales y datos anuales, creando un archivo de Excel que contempla esta información. En cambio, para la interpolación “kriging”, se agregó 4 estaciones, generando otra base de datos con 7440 datos cuya estructura contiene información de los aspectos nombre de la estación, código, longitud, latitud, altitud y años divididos en datos mensuales.

Se creó una Geodatabase Personal, dentro de ésta encontramos las bases de datos clasificados según los parámetros de estudio que fueron divididos en diferentes archivos.

4.2 Cálculo de la Evapotranspiración

La evapotranspiración propuesta por Thornthwaite está definida por condiciones establecidas entre regiones. Para este caso la metodología es aceptable porque en la zona de estudio se encuentra un humedal alto andino que fue sujeto a investigación en el mismo

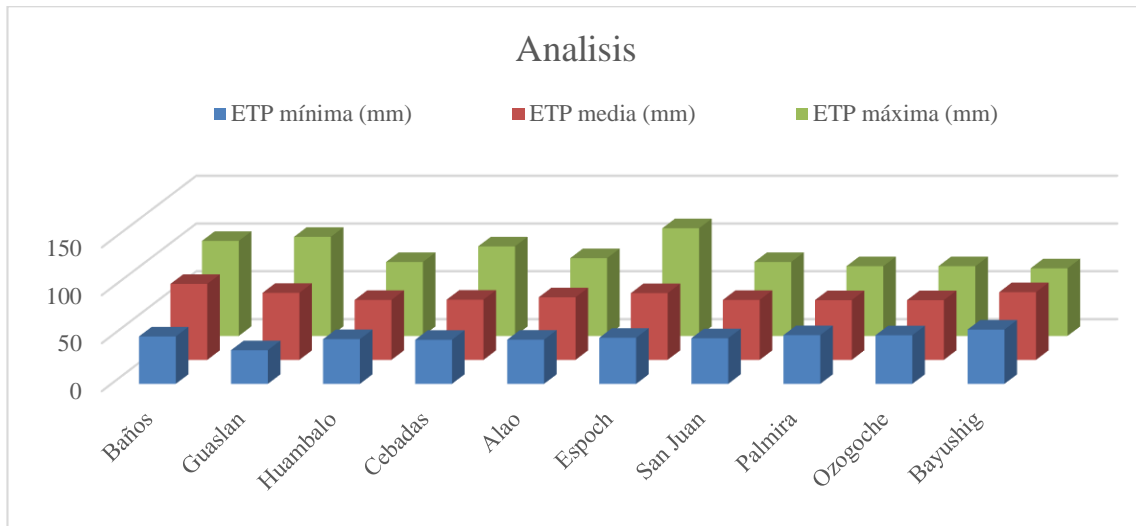
período de desarrollo de la presente investigación. Los datos ETP presentan las siguientes características:

Tabla 10. *Análisis de ETP (mm) de cada estación meteorológica 1960-2021*

Estación	ETP mínima (mm)	ETP media (mm)	ETP máxima (mm)
Baños	49,36	79,24	99,28
Guaslán	35,09	69,83	103,54
Huambaló	46,61	62,46	77,20
Cebadas	45,90	62,79	93,52
Alao	46,05	65,25	81,24
ESPOCH	48	69,54	112,52
San Juan	47,51	62,51	77,20
Palmira	50,77	62,28	72,79
Ozogoche	50,67	62,28	72,79
Bayushig	56,57	70,58	70,58

Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022).

Figura 2. Análisis de datos obtenidos de ETP por el método de Thornthwaite.



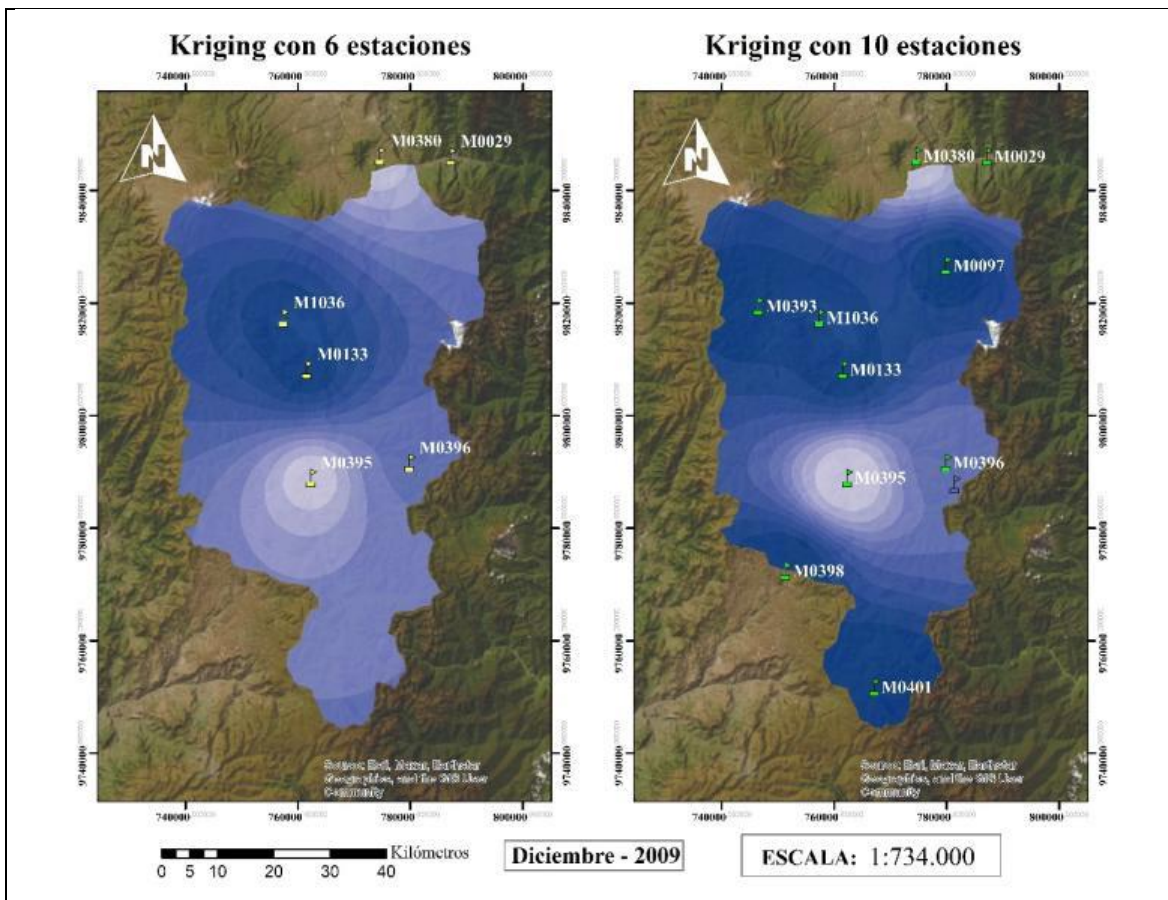
Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022)

La ETP tiene más incidencia en las estaciones de Baños, Guaslán y ESPOCH, zona sur de la subcuenca del río Chambo. En el apartado de Anexos figura 15 se encuentra el proceso del cálculo de Evapotranspiración.

4.3 Variabilidad temporal y espacial de los parámetros

Mediante la interpolación se identificó que, con 6 estaciones establecidas para el análisis, la representación no era confiable debido a la alta dispersión de datos, por lo que se agregaron 4 estaciones ubicadas en zonas específicas, para que el cálculo de interpolación se vea mejor distribuido en el área de estudio, tomando en cuenta que estos datos agregados se obtuvieron a partir de información Satelital.

Figura 3. Comparación de interpolación de datos con 6 estaciones vs 10 estaciones

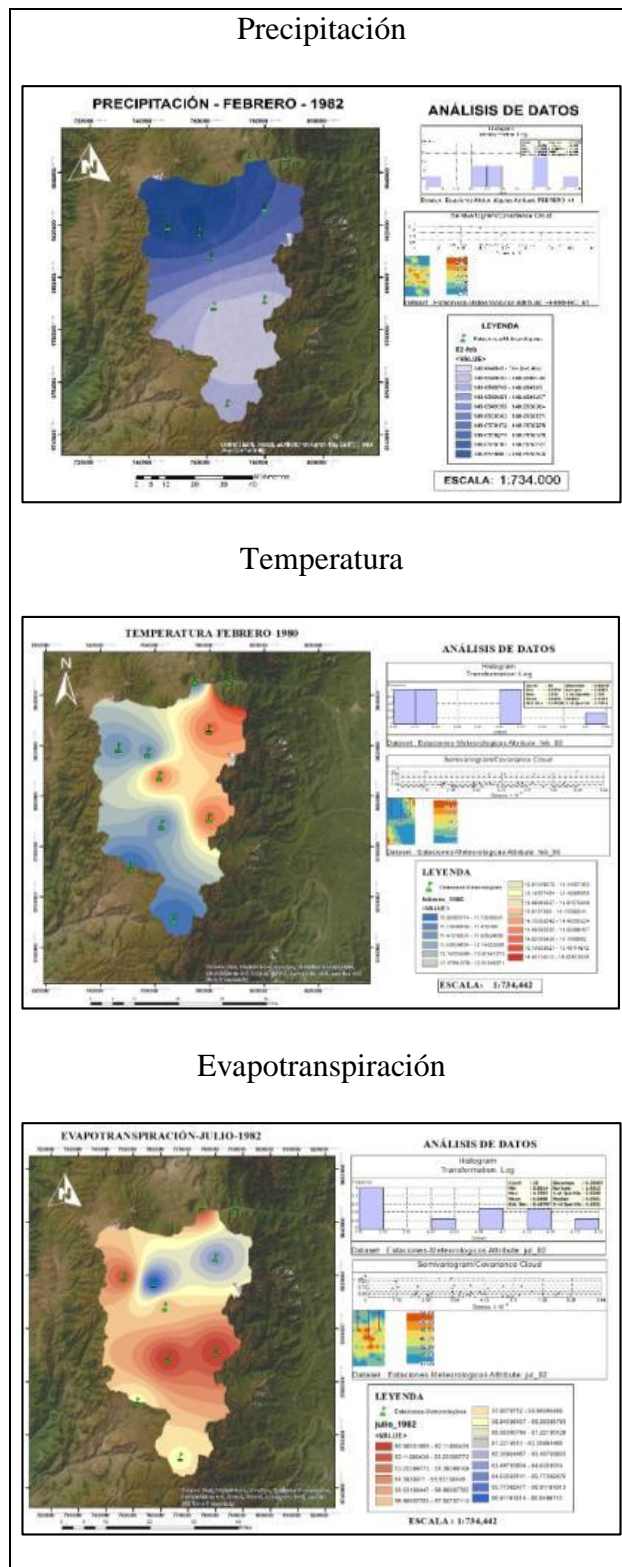


Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022)

En la figura 3 se identificó que, con 10 estaciones la interpolación de los datos tiene mejor distribución a lo largo de la subcuenca.

Para validar la información se realizaron mapas mensuales de cada parámetro correspondientes a los 62 años de estudio figura 4, obteniendo un total de 2232 mapas que contienen histogramas y semivariogramas, constatando que los datos no tienen mucha dispersión y con una buena distribución, se clasifica con 10 en precipitación, 15 en Temperatura y ETP, los mapas realizados se encuentran en el apartado de Anexos figuras 16-18.

Figura 4. Mapas temáticos de validación de datos obtenidos



Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022).

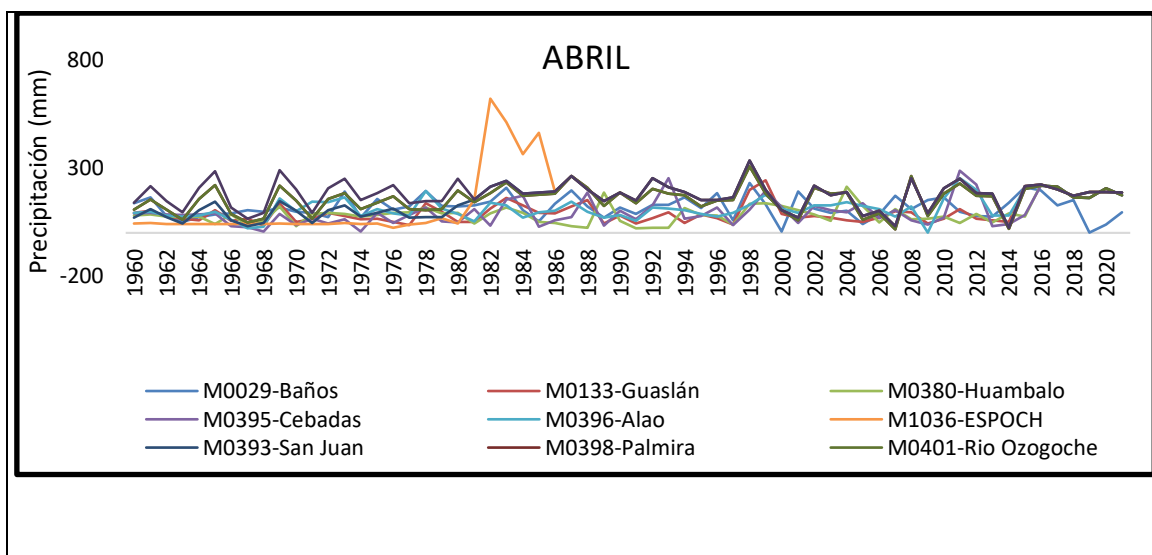
4.3.1 Análisis por anomalías

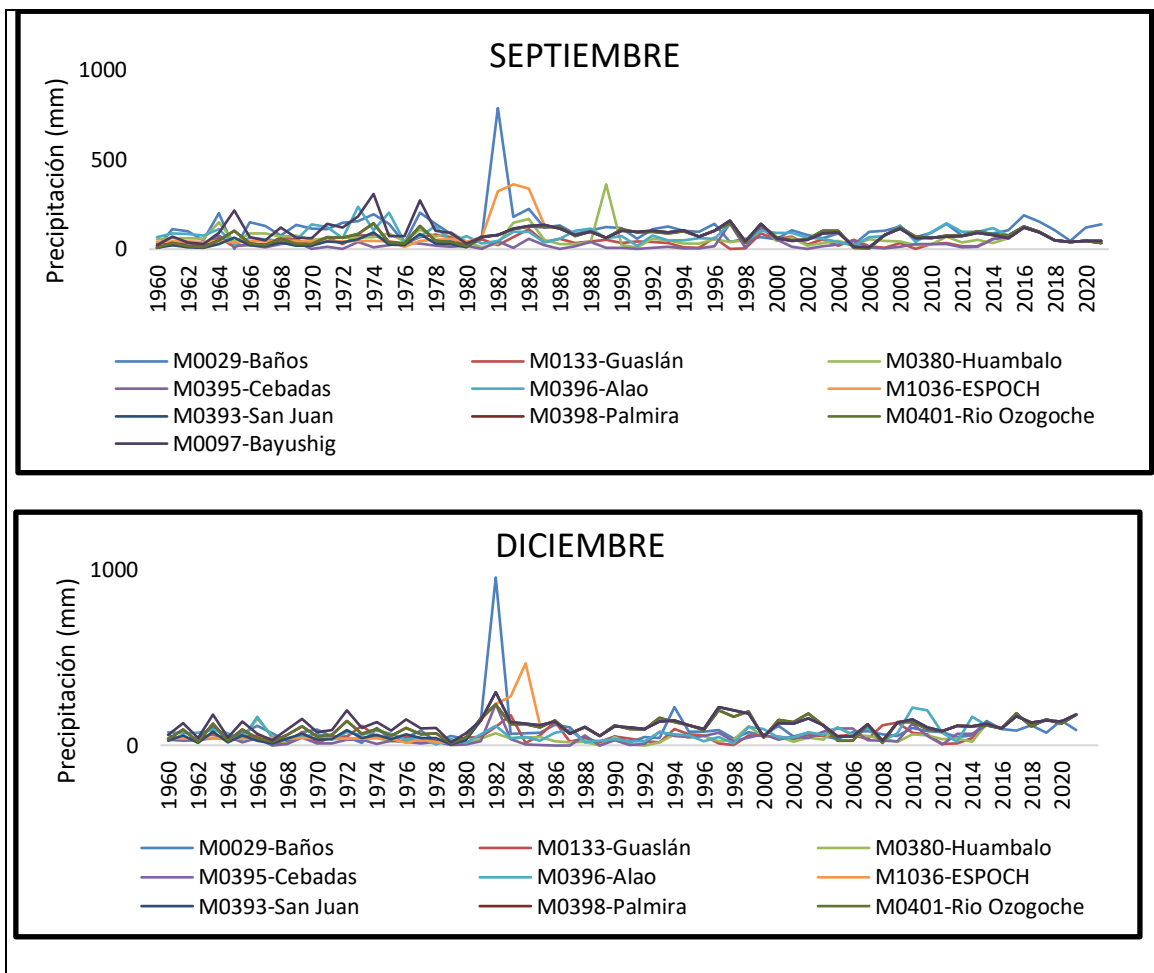
Para sintetizar de mejor forma los datos obtenidos a lo largo del estudio, hacemos un análisis mensual del período 1960-2021 anexos figura 19-21, para cada parámetro, tomamos en cuenta los más importantes, donde los datos cambian de forma un poco agresiva como se observa en los siguientes gráficos:

4.3.1.1 Precipitación

En la figura 5 tenemos 3 meses que sufren una variación importante de precipitación a lo largo del estudio; son abril, agosto y noviembre, estas anomalías se presentaron en los sectores (ESPOCH, San Juan y Huambaló), con mayor intensidad en los años 1982, 1983, 1996 y 1997, lo que podemos explicar gracias a datos históricos y de diferentes publicaciones, que el fenómeno de ENOS en su versión cálida conocida como “El Niño” ha tenido un gran efecto en el comportamiento hídrico, causando un incremento de las lluvias en estos períodos, por otro lado, observamos que en el año 2010 existe un aumento de precipitación en la zona de Alao y desde ese año la precipitación se incremento hasta el 2021.

Figura 5. Precipitación mensual de todas las estaciones período 1960-2021



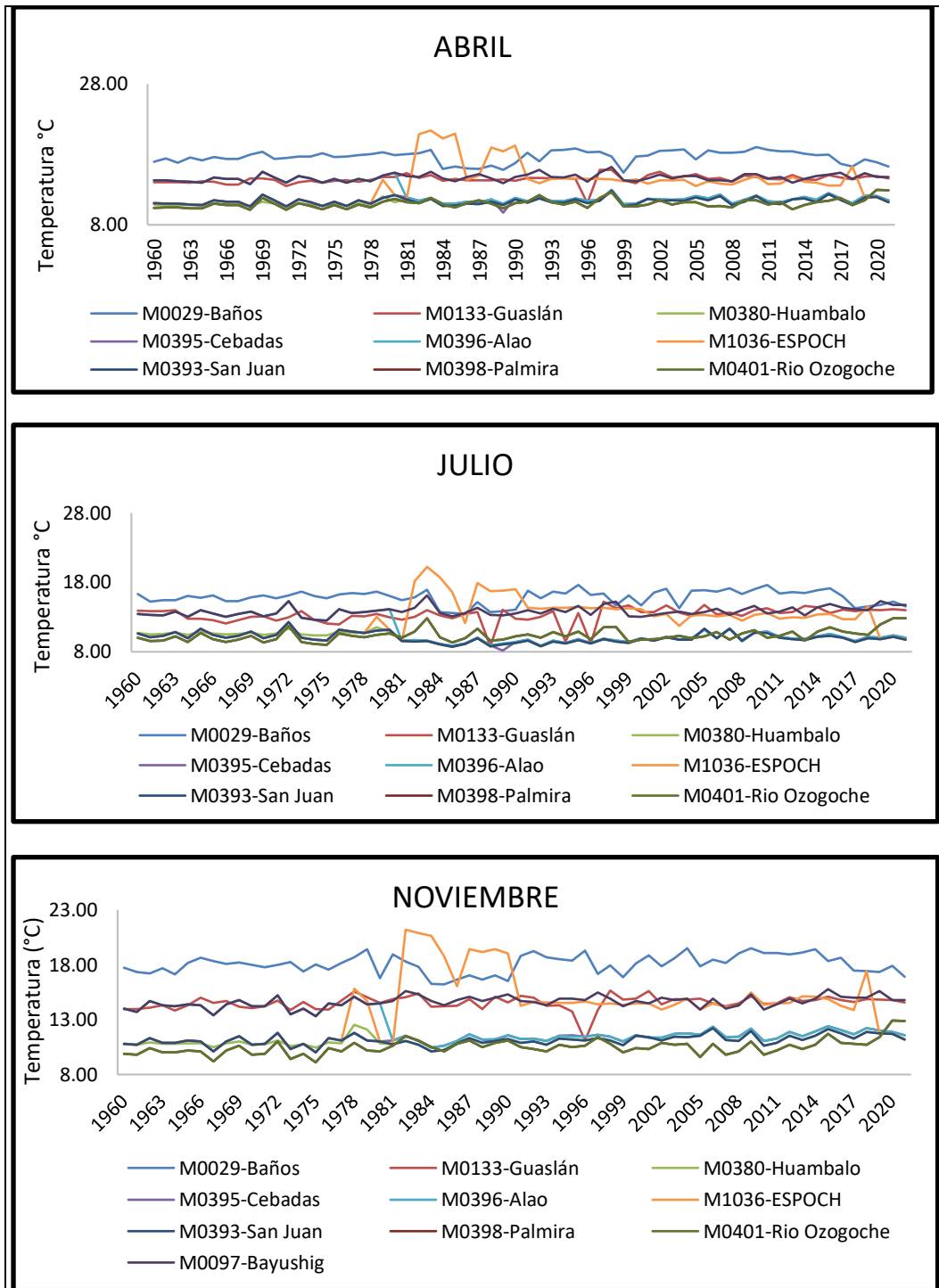


Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022).

4.3.1.2 Temperatura

En la figura 6 respecto a la temperatura no se ven fluctuaciones de gran proporción debido a que este parámetro es constante en comparación con los demás, pero debemos tomar en cuenta las diferentes altitudes que presenta cada estación o zona de estudio, ya que la altura influye en la diferencia de temperatura de la subcuenca siendo las estaciones de Alao, Ozogoche y San Juan las más frías y con una altura mayor a los 3000 msnm, por otro lado la zona con más temperatura es siempre la de Baños con una altura aproximada a los 1800 msnm.

Figura 6. Temperatura mensual de todas las estaciones período 1960-2021

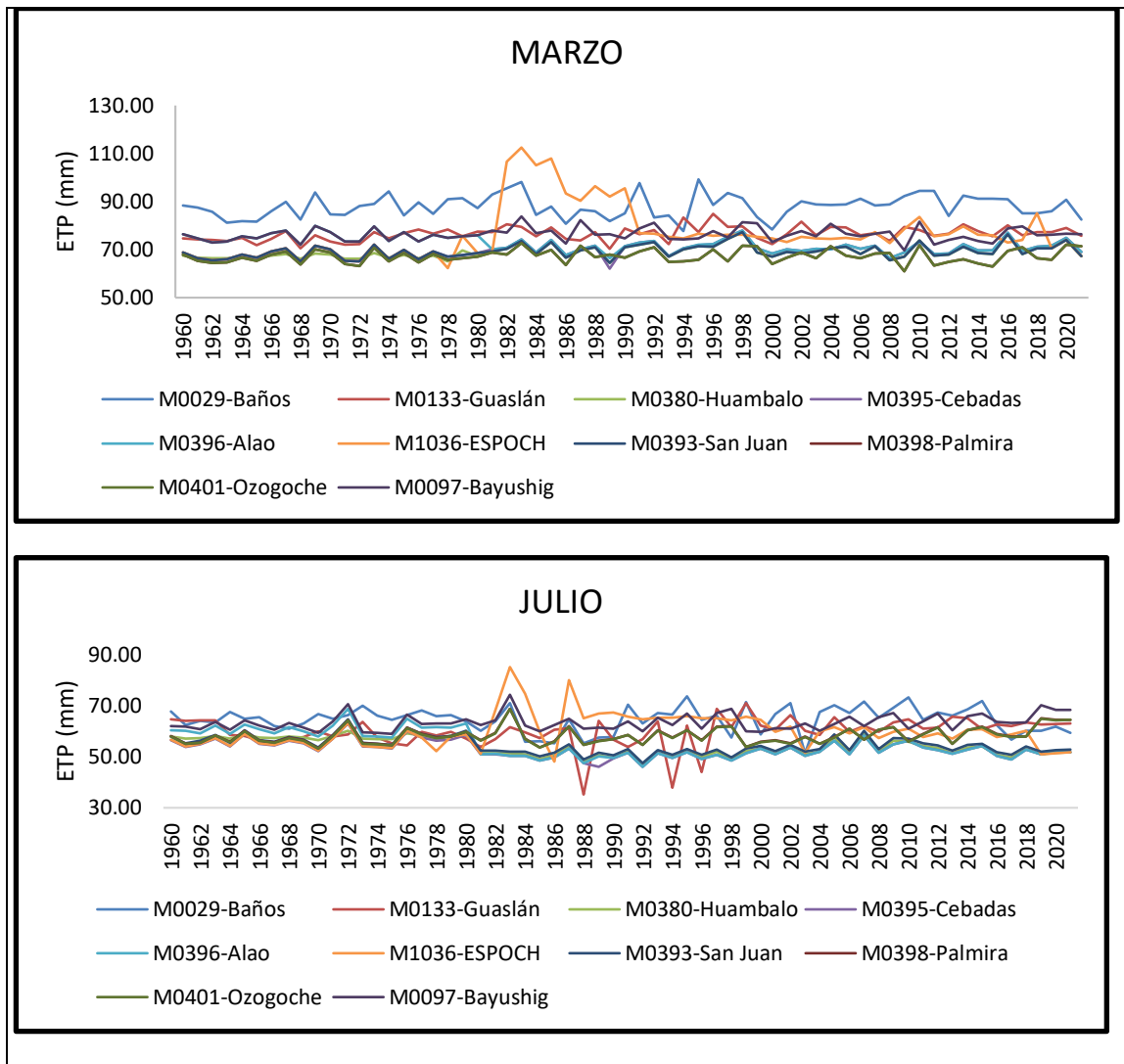


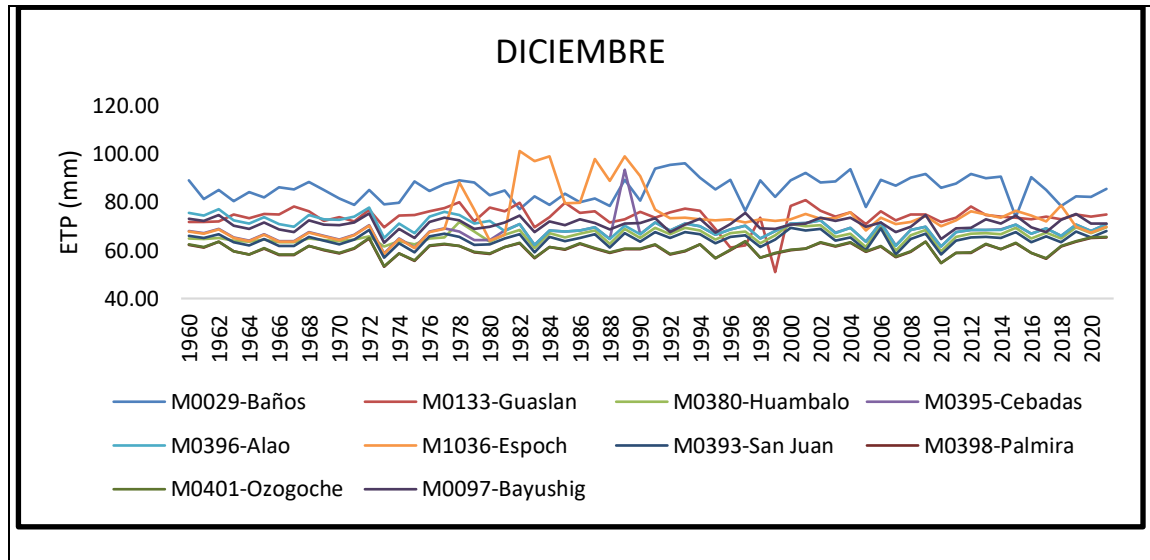
Elaborada por: Cevallos y Yagchirema (2022).

4.3.1.3 Evapotranspiración

Los valores de ETP fluctúan unos 5mm cada 3 a 5 años, además, existen valores semejantes en aquellos sectores de igual altura porque el comportamiento del parámetro depende de la elevación de cada estación y su temperatura, en la figura 7 observamos anomalías interesantes en la estación de Guaslán, ESPOCH y Baños, en especial en las décadas de los 80's y 90's, observando un incremento en sus picos desde el año 1982 hasta 1987 cuyos valores presentan una oscilación variada.

Figura 7.ETP mensual de todas las estaciones período 1960-2021.

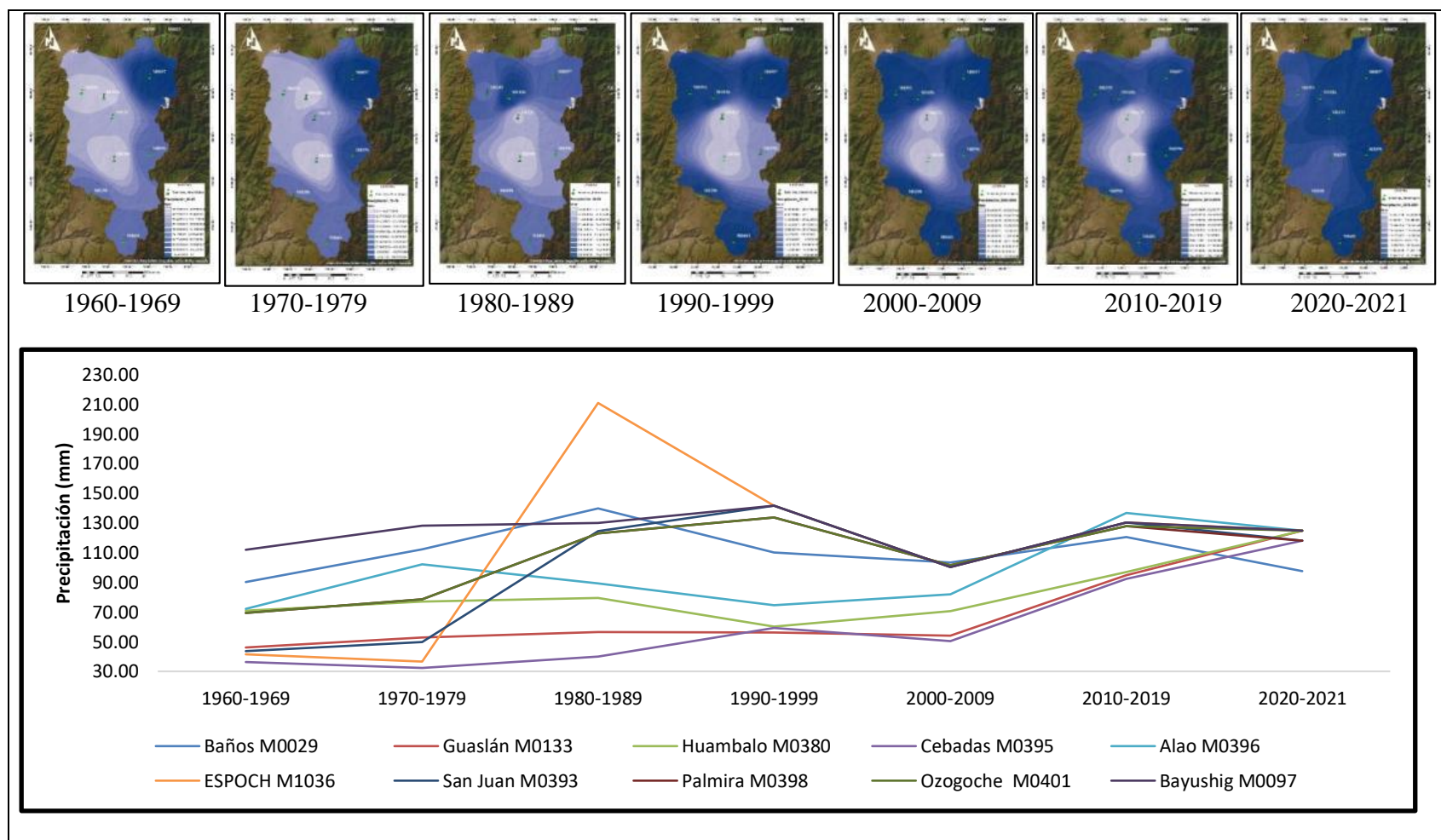




Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022)

En el análisis en períodos de 10 años para poder diferenciar las anomalías de datos entre las estaciones y por medio de mapas analizar la variabilidad espacial en el área de estudio.

Figura 8. Variabilidad de precipitación por décadas período 1960-2021.



Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022)

En la figura 8, la precipitación en el período 1960-2021 presenta datos intermitentes en las diferentes zonas de la subcuenca del río Chambo. En este sentido, a partir de 1965 en adelante existe un incremento de la precipitación, esto hasta la década de los setenta, de acuerdo con el análisis espacial existe mayor precipitación en la parte Noreste en los sectores de Alao, Huambaló y Baños.

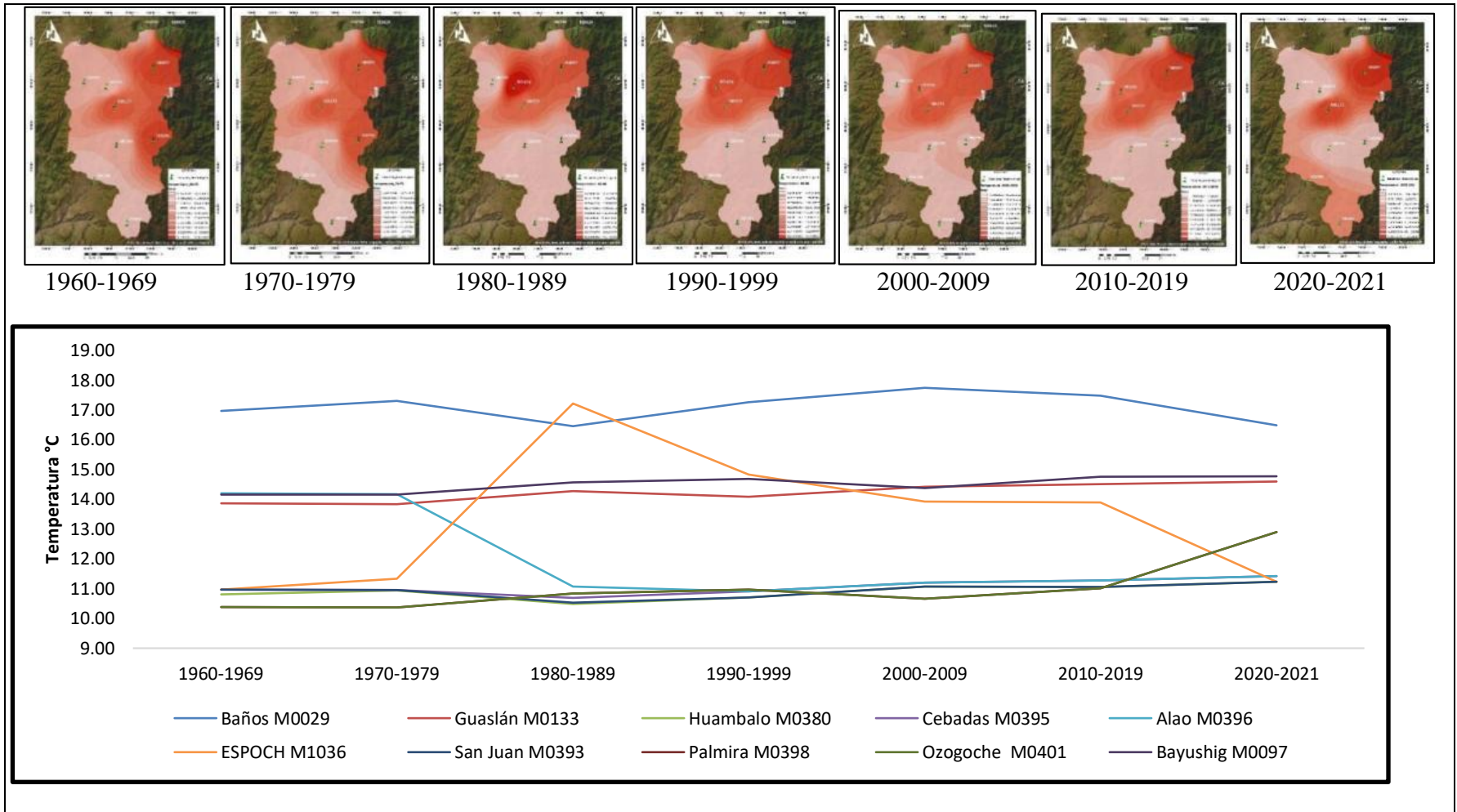
En la década de los ochenta la precipitación comienza a subir de forma accidentada llegando a tener en la zona sur central, específicamente en ESPOCH – Riobamba, niveles de lluvia más altos que Baños, lo cual nos hizo ver un fenómeno de variabilidad muy raro ya que las lluvias con índices más altos siempre están más al sur-este de la subcuenca, las lluvias incrementan durante 5 años hasta 1984, para después reducir su intensidad de forma regular hasta el fin del período, en el que sobresale la zona de Ozogoché que presentó un incremento de lluvias hasta 1989.

Desde 1990 la precipitación se intensificó en los extremos norte y sur del área de la subcuenca manteniendo un aumento hasta el año 1999 a excepción de las zonas de Alao y Huambaló donde las lluvias fluctuaron de forma positiva hasta 1997.

Del 2000 al 2004 toda la subcuenca presenta un rango alto de lluvias y en 2005 cesa el fenómeno, reduciendo el volumen de precipitación en los extremos de la subcuenca, después de esta anomalía la intensidad del parámetro vuelve a incrementar hasta 2009.

A partir del 2010 la lluvia tuvo menos intensidad en la zona norte de la subcuenca, por otra parte; en la zona centro, hacia el sur, desde Huambaló, Guaslán, San Juan y Cebadas hasta Palmira, podemos observar una variabilidad positiva de los niveles de precipitación que se elevan en gran porcentaje hasta el año 2019, en comparación con los anteriores años estas zonas no presentaban mayor cambio hasta el año 2021, en donde Cebadas, Guaslán y Huambaló incrementaron su precipitación, haciendo que, al finalizar el análisis nos demos cuenta que en los últimos años la precipitación en la subcuenca se ha ido distribuyendo de manera uniforme por todo su territorio como se puede observar desde el año 2010 hasta 2021.

Figura 9. Variabilidad de temperatura por décadas período 1960-2021.



Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022)

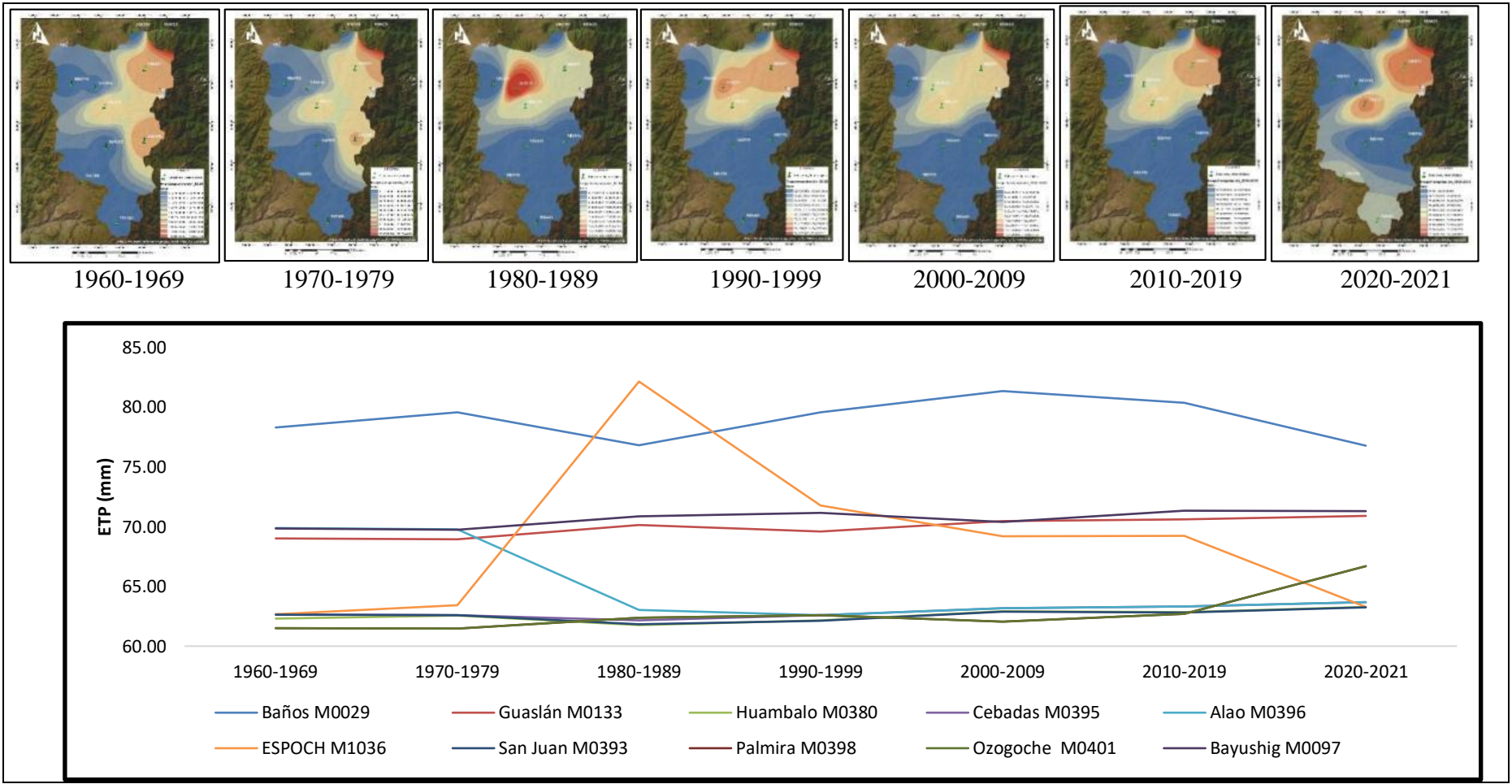
Con la figura 9, determinamos que, en la década de los sesenta los datos se mantienen sin cambios en la subcuenca del río Chambo, solo en el Norte sector de Baños la temperatura presenta niveles más altos, debido a que la estación tiene menor elevación.

En la década de los setenta se puede evidenciar un pequeño aumento de temperatura en las estaciones de Guaslán y Cebadas, zona centro de la subcuenca a excepción de Alao que baja su temperatura aproximadamente 3 °C.

En la década de los ochenta la temperatura no cambia en casi todas las estaciones, solamente en ESPOCH tenemos una anomalía considerable aumentando casi 8°C en menos de 3 años, teniendo un pico en el año 1982 y a partir del cual este fenómeno se va reduciendo hasta 1990 al igual que la estación de Guaslán perdiendo de manera leve un porcentaje mínimo de temperatura, manteniéndose números constantes hasta el año 2000 a partir del cual la temperatura de algunas estaciones del sur empiezan a disminuir, tomando a ESPOCH como principal variable en toda la subcuenca que hasta el año 2017 el parámetro se reduce hasta menos de los 12 °C.

En los años de 2015 a 2021 en las zonas de ESPOCH y Baños la temperatura disminuye, esta anomalía se debe al fenómeno “La Niña” que produce olas de frío las cuales han incidido a partir del año 2020. Culminando el análisis se observó en los últimos 12 años que Palmira junto con Ozogoche tienen un incremento de casi 3 °C, esta variabilidad se ve plasmada en los mapas.

Figura 10. Variabilidad de ETP por décadas período 1960 -2021



Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022)

Con el método de Thornthwaite se observó las variabilidades de la evapotranspiración desde el año 1960, desde el cual podemos asumir que en Baños zona norte de la Subcuenca la ETP es mayor e incrementa unos 2mm hasta el año 1970, mientras que las demás estaciones se ven sin variabilidad importante.

A partir de 1970 en el sureste de la subcuenca los datos comienzan a disminuir, esta anomalía se extiende hasta el sector de Cebadas. A partir de 1980 se produce un incremento de ETP en la zona norte específicamente en ESPOCH donde los datos se vuelven intensos aumentando unos 20 mm de ETP, esto hasta abril de 1982 donde su intensidad disminuye de forma leve mes a mes y año tras año hasta el 2000. Por otro lado, en Baños tenemos lo contrario ya que a partir de 1980 hasta el 2000 las cifras aumentan casi hasta los 10 mm de ETP.

A partir del 2000 los datos en el área de estudio son constantes hasta el año 2009, después podemos observar 3 anomalías importantes 2 pertenecen a la zona de Baños y ESPOCH cuyas cifras disminuyen en un rango de 7 a 10 mm de ETP hasta el 2020, con respecto a la zona de Ozogoche, presenta una anomalía positiva de casi 10 mm de ETP por década. En el último año de estudio el incremento del parámetro se da en todas las estaciones aumentando sus niveles en unos 5 mm cada una.

CAPÍTULO V.

5. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se obtuvo una base de datos adecuada para los parámetros de precipitación y temperatura en la zona de estudio, gracias a los datos satelitales y ecuaciones aplicadas para el relleno de datos, se pudo verificar que, a partir de las estaciones con ausencia de datos y el relleno de las mismas; la aplicación de la metodología fue muy eficiente, debido a que se realizó una correlación de datos arrojando un 80 a 90% de confiabilidad en los parámetros de precipitación y temperatura.
- El método de Thornthwaite pese a sus limitaciones en la zona de estudio fue de gran importancia para el análisis, obteniendo que la estación de Baños tuvo mayor evapotranspiración y la estación ESPOCH presenta una mayor variabilidad.
- Mediante los mapas mensuales pudimos evidenciar que los datos obtenidos no son tan dispersos y la precipitación es el factor más sensible, en el análisis de los gráficos se pudo evidenciar que en la década del ochenta existió una gran variabilidad en todos los parámetros de estudio, en especial en las zonas de ESPOCH, Baños y Bayushig.

5.2 Recomendaciones

- Para desarrollar este tipo de investigaciones es importante contar con una base de datos adecuada en las estaciones meteorológicas, estos registros deben ser concisos y de prioridad completos.
- Detallar de forma correcta los factores que intervienen en el proceso de la evapotranspiración para poder realizar de mejor manera el análisis de la zona de estudio.
- Es primordial el análisis sobre la variabilidad climática, por lo que la creación de un sistema para generar datos meteorológicos es de suma importancia para nuestro país, lo que nos ayudaría a establecer un estudio climático completo en el futuro, haciendo que los fenómenos causados por parámetros atmosféricos puedan ser detallados de forma precisa para la prevención de riesgos.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R., Pereira, L., & D.Raes y Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration - Guidelines for*. EStados Unidos: FAO Irrigation and drainage paper.
- Alzate, D., Rojas, E., Moaquera, J., & Ramón, J. (2015). Cambio y variabilidad climática para el periodo 1981-2010 en las cuencas de los Ríos Zulia Y Pamplonita norte, Santander, Colombia. *Luna Azul*(40), 128-153.
- Armenta, G. (2016). *Análisis de tendencia y eventos climáticos extremos para Ecuador*.
- Barrios, M. (2018). Estimación de datos faltantes de lluvia mensual a través de la asimilación de información satelital y pluviométrica en una cuenca andina tropical. *IDESIA*, 36(3), 1.
- Carut, B., & Zappettini, M. (2016). Google Earth una herramienta para la enseñanza. *Centro de Investigaciones Geográficas - Departamento de Geografía*, 5.
- Castro, E. (2014). Evaluación de Imágenes Satelitales de Precipitaciones (TRMM 3B43 mensual) en Región Costa, Sierra y el Oriente del Ecuador. (*Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero*). Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Colcha, P. (2022). CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO. *Polo del conocimiento*, 500.
- Dressler, K. (2020). Geostatistical interpolation of point-measured SWE in the Colorado River Basin. EOS Transactions, American Geophysical Union, Fall Meet. Suppl. *Scielo*, 81-48.
- Fallas, J. (2012). *Coefficiente de Pearson*. Universidad de Bogotá, Bogotá.
- Forero, J., & Rodriguez, M. (2016). *Evaluación de métodos convencionales para estimación de datos*. Universidad de La Salle, Bogotá.
- Gallegos, J., & Arteaga, R. (2020). Estimación de registros diarios faltantes de precipitación y temperatura máxima y mínima en San Luis Potosí. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 2(1), 3.

- Gómez, R. (2020). *¿Qué es la Temperatura?* Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Garces, J. &. (2012). Aplicación de tecnologías de información geográfica para el estudio de la variabilidad climática en la cuenca alta del río Cauca. 7.
- Gómez, J., & Cadena, M. (2017). *VALIDACIÓN DE LAS FÓRMULAS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ETo) PARA COLOMBIA*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, Colombia.
- Gónima, L., & Pérez, M. (2014). *Análisis de la variabilidad de la temperatura del aire y de la ETP para una zona del Caribe Colombiano*. Universidad de Córdoba, Colombia, Colombia.
- Gutiérrez, B., & Cintas, G. (2013). El histograma como un instrumento para la comprensión de las funciones de densidad de probabilidad. *Actas de las Jornadas Virtuales*. Universidad del Valle, Barcelona.
- Hidalgo, M. (2017). Variabilidad climática interanual sobre el Ecuador asociada a ENOS. *CienciaAmérica*, 6, 2.
- IDEAM, & UNAL. (2018). *La variabilidad climática y cambio climático en Colombia*. Bogotá D.C.
- Molina, G. (2013). Análisis multitemporal y de la estructura horizontal de la cobertura de la tierra: Parque Nacional Yacambú, estado Lara, Venezuela. *Revista Colombiana de Geografía*, 22(1).
- Montaña, A. (2020). Métodos de interpolación utilizando datos de precipitación CHIRPS, para el departamento de Norte de Santander. *RPubs*, 1.
- Naranjo, L. (2013). *CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO. (Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el Título de Ingeniero en geología)*. Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Perira, K. (08 de 01 de 2021). Variabilidad climática. *Periodico anal*, pág. 1.
- Quishpe, A. (2017). Caracterización hidrometeorológica y estimación del balance hídrico de la Cuenca del Río Chambo. *Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniera civil*. Escuela Politécnica Nacional, Quito.

- Sanchez, C., Rodriguez, M., & Montenegro, M. (2020). La relevancia de la variabilidad climática en la formulación de políticas públicas agrarias en los países tropicales. *Revista Espacios*, 41(8), 11.
- Stackhoise, P. (2020). Obtenido de Nasa Power data Methodology: <https://power.larc.nasa.gov/docs/methodology/>
- Suárez, M. (2018). Análisis multitemporal de la variabilidad climática en el cantón Chambo. *Trabajo de grado previo a la obtención de título de:Ingeniero Ambiental*. Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.
- Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuencas Higráficas*. Quito: Abya-Yala.
- Venegas, J. (2020). Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios periodo 2006-2018, en el distrito Metropolitano de Quito. *Maestría Profesional en Cambio Climático y Negociación Ambiental*. Universidad Andina Simón Bolívar, Quito.
- Villaltra, H. (2013). Implementación de una estación meteorológica. *Para optar al título de Ingeniero Electricista*. Universidad del Salvador, Salvador.

ANEXOS

Anexo A: Software de datos Satelitales

Figura 11. Obtención de datos en la aplicación. Google Heart Pro

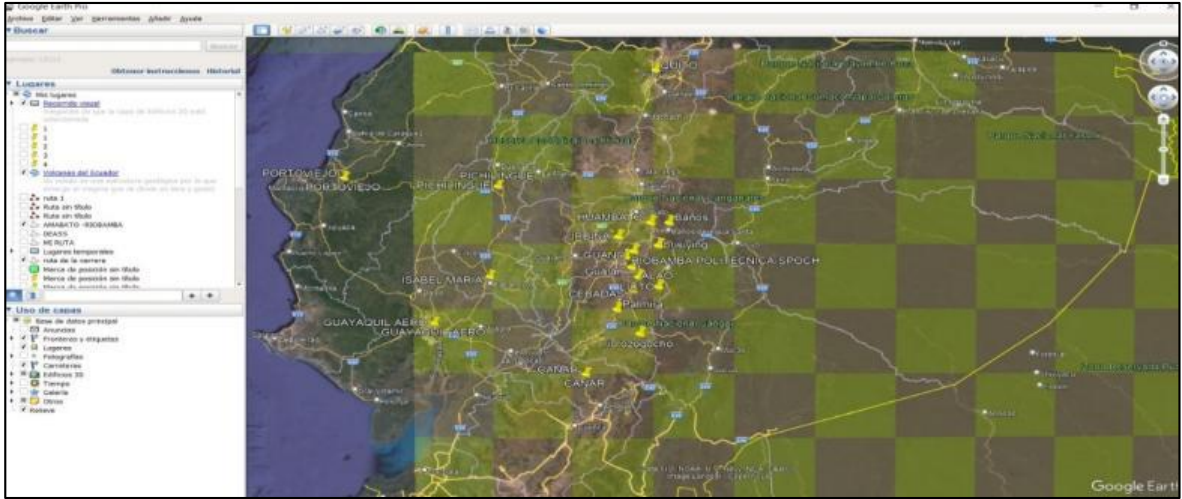


Figura 12. Obtención de datos en la página de NASA POWER

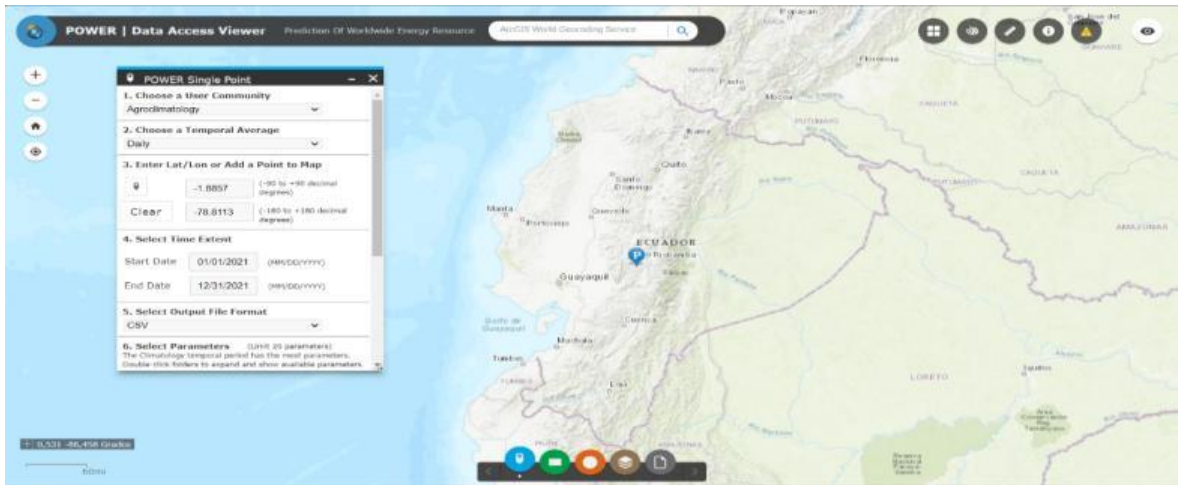


Figura 13. *Página del Gobierno Provincial de Tungurahua*

Red Hidrometeorológica de Tungurahua

Parque de la Familia Baños Promedios horarios, diarios y mensuales

Información Parque de la Familia Baños

Ficha 1961 Datos Descargar Datos

Formulario de descarga de datos

Información Personal

Nombres * Marcelo
Apellidos * Cevallos
Institución * estudiante
Ciudad * San Miguel
Correo * marcelocevallos17@gmail.com

Configuración de descarga

* Límite de meses para datos instantáneos de 1 minuto: 3 meses para archivos de excel y 12 meses para CSV

Frecuencia * Promedios diarios
Formato de archivo * Archivo de excel (xlsx)
Desde * 01/01/2015
Hasta * 31/12/2021

Anexo B: Datos Incompletos y Relleno de datos

Precipitación

Tabla 11. *Registro de datos incompletos estación Baños*

ESTACION	AÑO	MES / DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
BAÑOS	2005	ENERO											
		FEBRERO	0,7	0,9	9,2	2,3	2	0,8	16,9	2,9	14,9	0,7	
		MARZO	0,9	1,2	14,5	16,9	0,7	0	16,3	0	9,7	2,7	
		ABRIL											
		MAYO											
		JUNIO											
		JULIO											
		AGOSTO	0	3,3	2	2,1	0	0	4,5	6,5	1,8	0	
		SEPTIEMBRE											
		OCTUBRE											
		NOVIEMBRE											
DICIEMBRE													
BAÑOS	2006	ENERO	0	0	0	0	0	0	8,1	0	0	0	

		FEBRERO	1,1	6,8	6,7	1,5	0,4	26,8	0	0	0	3,4
		MARZO	2,7	0,6	1	0,7	0,3	2,1	0,6	9,8	2	17,1
		ABRIL	0	0,6	0	3,6	1,2	7,7	2,6	0	0	0
		MAYO	7,8	3,1	2,5	0	10	12,5	31,9	1,9	3	0

Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022).

Tabla 12. Registro de datos incompletos estación Guaslán

ESTACION	AÑO	MES	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Guaslán	2013	AGOSTO	0	0	0	0	0	4,5	1	0	0	0	
		SEPTIEMBRE	0	0	2,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0,5
		OCTUBRE	0	0	0	0	2,4	3,2	12,8	15	2,6	15,2	
		NOVIEMBRE					1,2	3,2	0	0	0	0	
		DICIEMBRE	0	2,2	1,9	0	0	0	0	0	0	0	1,4
Guaslán	2014	ENERO	20	6,6	1,6	0,3	0,4	0	0,3	0	0	0	
		FEBRERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		MARZO	0	15,6	0	16,6	0	1,8	0	0	3,5	0	
		ABRIL	0,9	0	0	0	0	0,4	1,6	7,4	0	6,4	
		MAYO											
		JUNIO											
		JULIO	0	0	0,2	2,8	0	0	0	0,9	0,2	0,3	
		AGOSTO											
		SEPTIEMBRE											
		OCTUBRE											
		NOVIEMBRE											
		DICIEMBRE	12,2	2,5	0,3	0,6	0	0	0	0	0	0	0

Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022).

Tabla 13. Registro de datos incompletos estación Huambaló

ESTACIÓN	AÑO	MES	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
HUAMBALÓ	2014	OCTUBRE	0	2,7	1	0	3,3	0	0	0	0	11,8	
		NOVIEMBRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,9	
		DICIEMBRE	0	0	0	0,5	1,8	0	0	0	0	1	0,3
HUAMBALÓ	2015	ENERO	0	2	0	7,8	2,2	0	1	0	10	3	
		FEBRERO	0,8	6	0	0	0	0	0	0	0	1,3	0
		MARZO	3	6	0	2,8	13,6	6	6	4	10	0	1,2
		ABRIL	0	2,1	0	6,7	0	0	0	0	4,7	10,4	5
		MAYO	0,2	3,8	0	8,8	1,7	0	0	2,7	0	5,6	0
		JUNIO	0,5	0	15	15,4	3	15	6,4	7	2,2	0	0
		JULIO	0	0	1,3	4,5	14	10,3	5,3	1,3	14,9	35	
		AGOSTO											
		SEPTIEMBRE											
		OCTUBRE											
		NOVIEMBRE											
		DICIEMBRE											

Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022)

Tabla 14. Registro de datos incompletos estación Cebadas

ESTACIÓN	AÑO	MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CEBADAS	1986	JUNIO										
		JULIO										
		AGOSTO										
		SEPTIEMBRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		OCTUBRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		NOVIEMBRE										
		DICIEMBRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CEBADAS	1987	ENERO	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	
		FEBRERO											
		MARZO	0	0	0	5,2	0	6,6	0,6	5	0	0	
		ABRIL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		MAYO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		JUNIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		JULIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		AGOSTO	0	0	0	0	0	0	0	0	2,3	0	0
		SEPTIEMBRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		OCTUBRE	0	0	0	0	0,5	2,5	3	5,1	0	16,7	
		NOVIEMBRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		DICIEMBRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022)

Tabla 15. Registro de datos incompletos estación Alao

ESTACIÓN	AÑO	MES	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
ALAO	2006	ENERO	0	0	0	0	10,9	10,8	2,3	2,4	3,5	1,7	
		FEBRERO	0	1	0,2	0	0	3,2	0,4	1,7	8,1	0,8	
		MARZO	0	0	0	0	0	10,1	2,3	6,2	0	0	
		ABRIL	0	8,3	4,1	2	0	0	0	0	0,2	0,1	
		MAYO	0	0	0	0	5,8	0	0,8	1,2	0	7,4	
		JUNIO	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	
		JULIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		AGOSTO											
		SEPTIEMBRE											
		OCTUBRE											
		NOVIEMBRE											
		DICIEMBRE											
ALAO	2007	ENERO											
		FEBRERO											
		MARZO											

Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022).

Tabla 16. Registro de datos incompletos estación ESPOCH

ESTACION	AÑO	MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ESPOCH	1985	ENERO	2,2	0	0,7	14,2	8,3	0,1	0	0,1	0	0	
		FEBRERO	0	0	0	0	0	0,4	5,3	9,5	0	6,2	
		MARZO	6,9	14,2	14,2	8,5	20,6	0	7,1	32,5	0	0	
		ABRIL	10,2	9,3	95,5	0	4	0	3	67,4	7,6	5,6	
		MAYO	4,7	34,9	1,5	0	0	0	0	34,1	0	15,3	
		JUNIO	4	3,7	3	31,1	27	26,8	7,5	32,8	5,6	0	
		JULIO											
		AGOSTO	68,9	18,4	1	0	0	3,8	63	41,3	109,5	0	
		SEPTIEMBRE	11,7	16,6	26,8	1,2	3,1	0	0	0	0	3	
		OCTUBRE											
		NOVIEMBRE	23	0,6	6,2	33,2	1,5	1,2	0	0	0	24,3	
		DICIEMBRE	0	0	1,8	0,7	0	2,1	0,5	0,1			
ESPOCH	1986	ENERO											
		FEBRERO											
		MARZO											
		ABRIL											
		MAYO											

Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022).

Temperatura

Tabla 17. Registro de datos incompletos estación ESPOCH-Temperatura

Estación	AÑO	MES / DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ESPOCH	1985	ENERO	20,10	21,30	21,10		21,10	21,10		21,30	22,20	22,20
		FEBRERO	23,30		22,20		20,70	19,40	18,70			

		MARZO	19,9 0	19,3 0	19,0 0	19,1 0	19,3 0	19,9 0		19,9 0	18,5 0	22,1 0		
		ABRIL		21,2 0	21,8 0	20,9 0	20,3 0	21,6 0	22,0 0		19,1 0	20,2 0		
		MAYO	21,1 0	20,7 0		19,3 0	20,3 0	20,5 0			20,9 0	21,2 0	21,4 0	
		JUNIO		19,3 0	20,2 0	20,6 0	18,7 0	18,5 0						
		JULIO												
		AGOSTO	19,4 0	18,1 0	18,1 0	20,1 0	20,3 0	20,8 0	20,3 0				20,1 0	
		SEPTIEMBRE	20,2 0		19,0 0	20,3 0	20,3 0	20,7 0	21,5 0			22,6 0	20,5 0	
		OCTUBRE		20,9 0					22,3 0	22,9 0	21,4 0	21,3 0		
		NOVIEMBRE												
		DICIEMBRE			13,8 0	15,4 0	13,9 0		14,2 0	13,4 0				
		ESPOCH	1986	ENERO										
				FEBRERO										
MARZO														
ABRIL	14,1 0			13,9 0	15,4 0	14,1 0	13,6 0	15,1 0		12,7 0	14,1 0	13,7 0		
MAYO	12,9 0			13,6 0	14,3 0	13,8 0	13,0 0	14,8 0		15,2 0	15,3 0	14,6 0		
JUNIO				12,8 0	12,7 0	14,5 0	13,7 0	13,8 0	13,1 0	13,8 0	12,5 0	12,9 0		
JULIO	12,3 0			13,3 0	11,4 0	12,3 0	12,1 0	12,0 0	11,4 0	11,8 0	12,5 0	11,4 0		
AGOSTO	11,9 0			11,7 0	12,7 0	13,5 0	13,2 0	13,3 0	12,0 0	12,5 0	12,9 0	13,5 0		
SEPTIEMBRE	12,1 0			12,5 0	10,5 0	13,5 0	13,3 0	12,8 0	13,5 0	12,8 0	12,1 0	11,8 0		
OCTUBRE	13,5 0			14,9 0		12,8 0	12,3 0	13,0 0	15,2 0	14,9 0		14,4 0		
NOVIEMBRE	12,4 0			12,0 0	13,3 0	14,8 0	13,3 0	14,2 0	11,6 0	13,2 0	14,0 0	13,7 0		
DICIEMBRE						14,9 0	14,9 0	14,5 0	14,5 0	15,0 0	15,0 0	14,0 0		

Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022).

Tabla 18. Registro de datos incompletos estación Alao-Temperatura

Estación	AÑO	MES / DIA	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
ALAO	1982	ENERO					11,18						
		FEBRERO					10,83	11,69	11,75	11,55	10,64	10,93	
		MARZO					11,16	12,04	12,40				
		ABRIL							11,58				
		MAYO	10,78	11,30	10,96	11,05				11,51			
		JUNIO	10,63	10,88	10,56	10,52	10,90	10,19	10,25	10,19	11,03	10,81	
		JULIO	10,36	10,35	10,41	9,85	9,83	10,02	9,05	9,31	9,45	9,22	
		AGOSTO	9,54	9,40	8,44	8,93	9,79	9,51	8,93	9,19	9,83	9,89	
		SEPTIEMBRE			10,44	10,60	10,99	11,61	11,87	11,34	11,14	11,19	
		OCTUBRE											11,16
		NOVIEMBRE			11,47	11,62	11,91	11,50	11,58	11,66	12,15	11,77	
DICIEMBRE	12,19	11,41	12,18	12,40									
ALAO	1983	ENERO		12,79	13,50	13,18	13,04	12,26	12,34	12,62	12,22	12,08	
		FEBRERO		12,47									
		MARZO	12,58	12,10									
		ABRIL		12,16	12,87	12,40	11,38	11,05	10,77	11,34	11,98	11,51	
		MAYO	11,26	11,14	11,61	11,54	11,94						
		JUNIO			10,42	10,75	10,12						
		JULIO	9,19	8,96	9,30	9,68	9,66						
		AGOSTO	9,84			9,24	9,57	8,99	9,02	9,30	9,59	9,55	

		SEPTIEMBRE	9,30			9,86				10,01	9,28	8,83
		OCTUBRE	11,53			11,08				9,76	10,24	11,02
		NOVIEMBRE	10,98			11,80	11,47	11,32	11,41	11,13	10,72	11,19
		DICIEMBRE	9,70	9,98	10,20	10,30						

Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022).

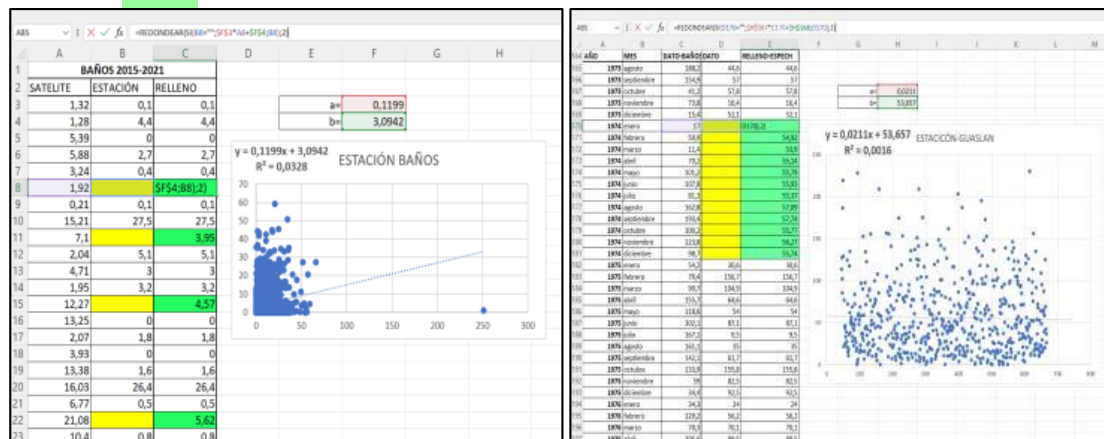
Tabla 19. Registro de datos incompletos estación Guaslán -Temperatura

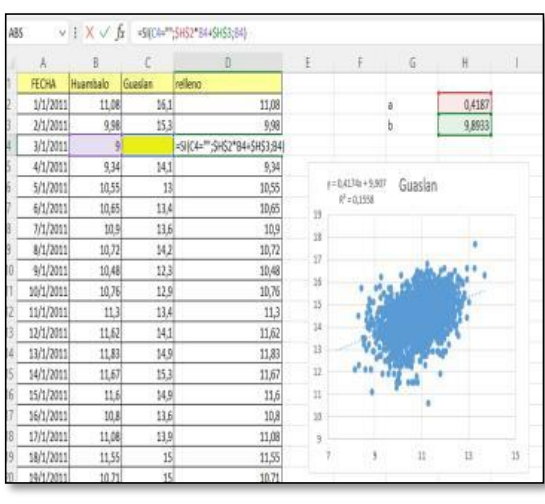
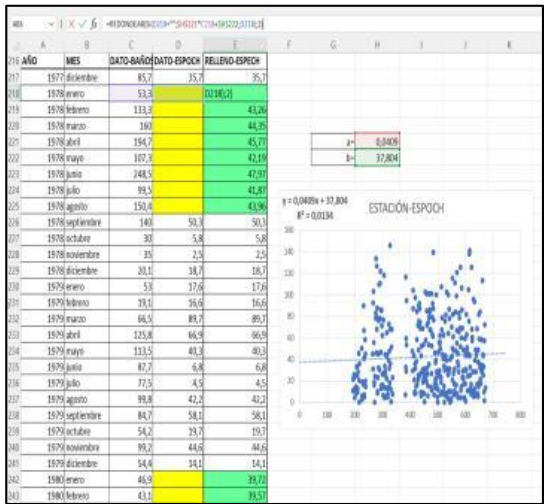
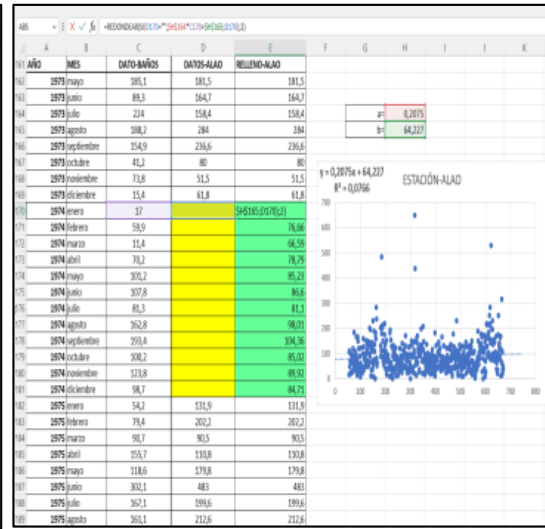
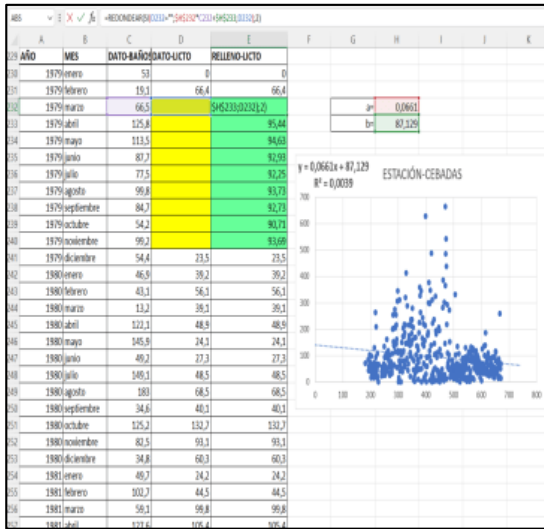
Estación	AÑO	MES / DIA	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Guaslán	2004	ENERO	16,21	15,94	15,89	16,11	15,57	15,09	15,17	15,17	15,68	14,92
		FEBRERO	15,18	15,09	15,48	15,17	15,06	15,27	15,27	15,20	13,82	14,15
		MARZO	14,33	14,49	14,31	14,71	14,72		15,33	15,63	15,12	14,68
		ABRIL	14,92	15,68	15,00		14,16	14,66	15,55	14,25	15,09	15,57
		MAYO		15,35	15,48	15,35	14,20	13,40			13,10	13,50
		JUNIO	13,20		12,90	12,60	13,10	12,50	13,30	13,90	13,90	13,10
		JULIO	13,70	13,30	13,40	12,50	13,10	12,30	12,00	12,80	13,00	12,80
		AGOSTO	12,40	10,90	10,90	13,70	14,30	15,70	13,20	13,10	13,00	12,80
		SEPTIEMBRE		11,70	12,90	13,90	13,70	13,50	13,30	13,50	12,90	13,50
		OCTUBRE	15,70	15,10	15,60	15,90	14,20	15,50	15,30	16,00	15,50	14,90
		NOVIEMBRE										
		DICIEMBRE										
Guaslán	2005	ENERO	15,52	15,49	15,58	14,90	15,02	15,18	14,94	15,35	15,12	14,56

FEBRERO	15,5 9		15,4 0	15,6 1	14,9 9	15,2 2	15,6 8	15,6 1	15,6 6	15,7 6
MARZO	15,3 5	15,6 2	15,5 5	15,1 9	15,6 3	15,2 3	15,6 3	15,7 6	15,3 7	14,3 2
ABRIL	15,1 6	15,4 8	15,0 9	15,1 9	15,6 7	15,4 4	15,2 0		16,0 1	15,7 2
MAYO	15,5 4	15,5 9	15,3 4	15,3 2	15,4 3	14,9 1		15,5 8	15,2 9	15,5 3
JUNIO	15,2 9	15,7 3	15,5 5	15,3 7	14,8 9		15,2 7	15,4 5	15,0 4	14,4 3
JULIO	14,4 3	14,4 0	14,6 1	15,1 6	15,4 5	15,1 8	15,0 7	14,5 7		14,5 8
AGOSTO	14,5 4	14,7 8	14,7 4	15,0 9	15,0 6	14,7 1	14,5 7	14,9 1	14,4 9	14,6 1
SEPTIEMBRE	15,6 8		15,1 4	15,5 3	15,5 0	15,6 3	15,7 1			
OCTUBRE	15,0 7	15,5 0	15,6 0		14,6 2	14,3 3				
NOVIEMBRE										
DICIEMBRE	14,9 6	15,4 3	14,8 9	14,5 8	14,7 1	14,8 9	15,0 6	14,5 3	14,2 3	14,5 6

Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022).

Figura 14. Método aplicado para el relleno de datos precipitación y Temperatura





Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022).

Anexo C: Cálculo de la Evapotranspiración

Tabla 20. Radiación solar extraterrestre en (mm/día)

RADIACIÓN SOLAR EXTRATERRESTRE PARA EL HEMISFERIO NORTE Y SUR																								
LA T.	HEMISFERIO NORTE												HEMISFERIO SUR											
	EN E	FE B	MA R	AB R	MA Y	JU N	JU L	AG O	SE P	OC T	NO V	DI C	ENE	FE B	MA Y	AB R	MA Y	JU N	JU L	AG O	SE P	OC T	NO V	DI C
70	0.0 0	1.1	4.2	9.4	14. 4	17. 3	16. 1	11. 4	6.1	2	0	0	16. 9	11. 7	6.4	2	0.1	0	0	0.9	4.4	9.6	15. 2	18. 5
68	0	1.5	4.8	9.8	14. 4	17. 1	15. 9	11. 7	6.6	2.4	0.3	0	16. 7	12	6.9	2.4	0.3	0	0	1.3	4.9	10	15. 3	18. 2

66	0.2	2	5.3	10.1	14.5	16.9	15.8	12	7.1	2.9	0.6	0	16.7	12.2	7.4	2.9	0.6	0	0.2	1.7	5.3	10.4	15.3	18
64	0.6	2.4	5.8	10.5	14.7	16.8	15.8	12	7.5	3.5	1	0.2	16.7	12.6	7.9	3.4	1	0.2	0.5	2.2	5.9	10.7	15.5	17.9
62	0.9	2.9	6.3	10.9	14.8	16.8	15.9	12.5	8	4	1.4	0.5	16.8	12.9	8.3	3.9	1.4	0.5	0.8	2.6	6.3	11.1	15.6	17.9
60	1.3	3.4	6.8	11.2	14.9	16.8	16	12.8	8.4	4.4	1.8	0.9	16.9	13.2	8.8	4.4	1.8	0.8	1.2	3.1	6.8	11.5	15.8	17.9
58	1.8	3.9	7.2	11.6	15.1	16.9	16.1	13.1	8.9	4.9	2.2	1.3	17	13.5	9.2	4.9	2.2	1.2	1.6	3.6	7.3	11.8	16	18
56	2.2	4.4	7.7	11.9	15.3	16.9	16.2	13.3	9.3	5.4	2.7	1.7	17.1	13.8	9.6	5.4	2.7	1.6	2	4	7.8	12.2	16.1	18
54	2.7	4.9	8.2	12.2	15.4	16.9	16.2	13.6	9.7	5.9	3.2	2.1	17.2	14	10	5.9	3.1	2	2.4	4.5	8.2	12.5	16.3	18.1

52	3.1	5.4	8.6	12.6	15.6	17	16.4	13.8	10.1	6.4	3.7	2.6	17.3	14.3	10.4	6.4	3.6	2.4	2.9	5	8.7	12.8	16.4	18.1
50	3.6	5.9	9.1	12.9	15.7	17	16.4	14	10.5	6.9	4.2	3.1	17.4	14.5	10.9	6.8	4.1	2.9	3.3	5.5	9.1	13.1	16.6	18.2
48	4.1	6.4	9.5	13.1	13.8	17.1	16.5	14.2	10.9	7.4	4.7	3.6	17.5	14.8	11.2	7.3	4.5	3.3	3.8	6	9.5	13.4	16.7	18.2
46	46.1	6.9	9.9	13.4	16	17.1	16.6	14.4	11.2	7.8	5.1	4	17.6	15	11.6	7.8	5	3.8	4.2	6.4	9.9	13.7	16.8	18.2
44	5.1	7.3	10.3	13.7	16	17.1	16.6	14.7	11.6	8.3	5.7	4.5	17.6	15.2	12	8.2	5.5	4.3	4.7	6.9	10.3	13.9	16.9	18.2
42	5.6	7.8	10.7	13.9	16.1	17.1	16.7	14.8	11.9	8.7	6.2	5.1	17.7	15.4	12.3	8.7	6	4.7	5.2	7.3	10.7	14.2	17	18.2
40	6.1	8.3	11.1	14.2	16.2	17.1	16.7	15	12.2	9.2	6.7	5.6	17.7	15.6	12.6	9.1	6.4	5.2	5.7	7.8	11.1	14.4	17.1	18.2

38	6.6	8.8	11.5	14.4	16.3	17.1	16.7	15.1	12.5	9.6	7.1	6	17.7	15.7	12.9	9.5	6.9	5.7	6.2	8.2	11.4	14.6	17.1	18.2
36	7.1	9.2	11.8	14.6	16.3	17	16.7	15.3	12.9	10	7.6	6.6	17.7	15.9	13.2	9.9	7.4	6.2	6.6	8.7	11.8	14.8	17.1	18.1
34	7.6	9.7	12.2	14.7	16.3	17	16.7	15.3	13.1	10.4	8.1	7.1	17.7	16	13.5	10.3	7.8	6.6	7.1	9.1	12.1	15	17.1	18.1
32	8.1	10.1	12.5	14.5	16.3	16.9	16.6	15.5	13.4	10.9	8.6	7.6	17.7	16.1	13.8	10.7	8.3	7.1	7.6	9.5	12.4	15.1	17.1	18
30	8.6	10.5	12.8	15	16.3	16.8	16.6	15.5	13.6	11.3	9.1	8.1	17.6	16.2	14	11.1	8.7	7.6	8	9.9	12.7	15.3	17.1	17.9
28	9.1	10.9	13.1	15.1	16.3	16.7	16.5	15.6	13.8	11.6	9.5	8.6	17.6	16.2	14.2	11.5	9.2	8	8.4	10.3	13	15.4	17.1	17.8
26	9.6	11.3	13.4	15.3	16.3	16.6	16.4	15.6	14.1	12	10	9.1	17.5	16.3	14.4	11.8	9.6	8.5	8.9	10.7	13.3	15.5	17.1	17.7

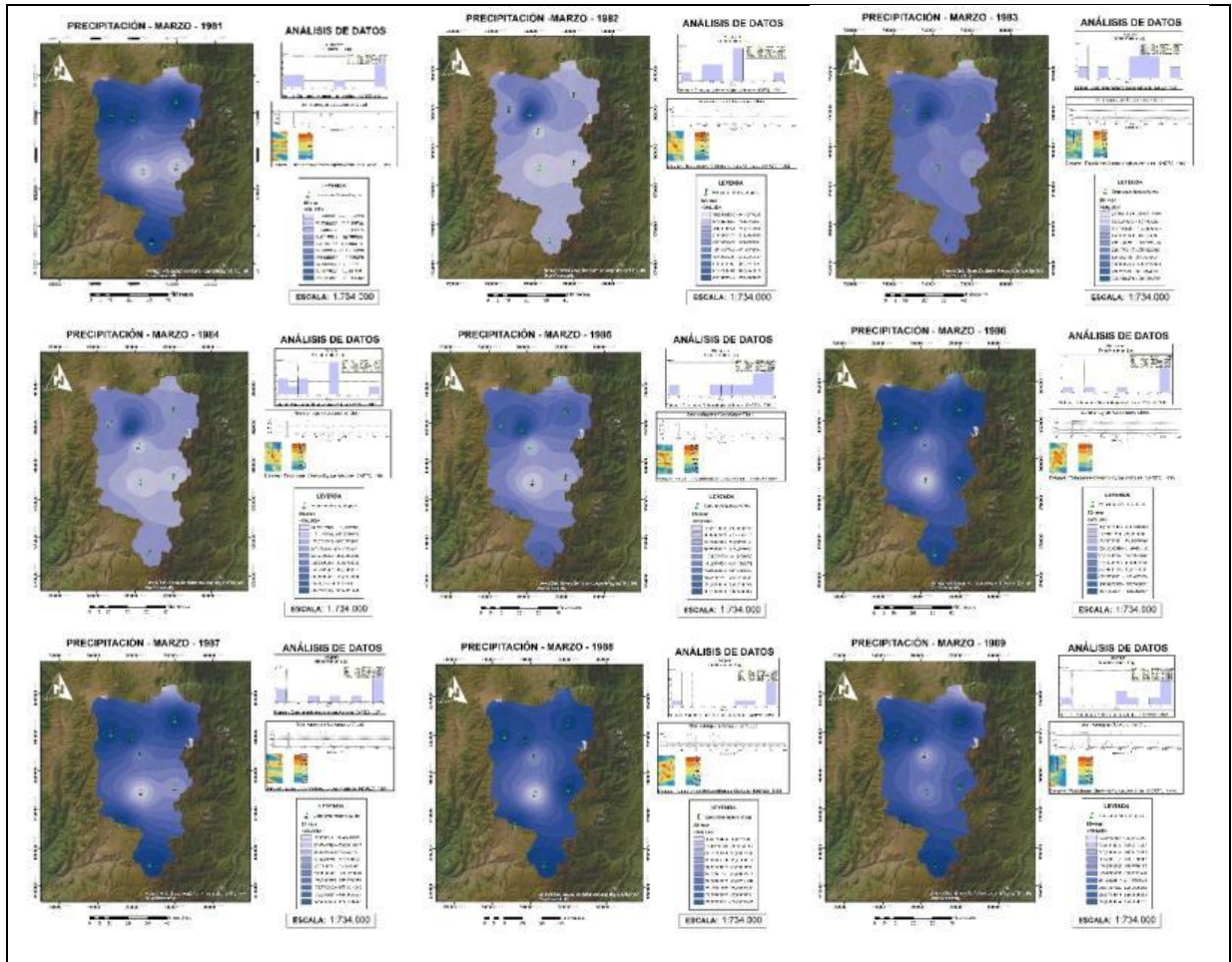
24	10	11. 8	13. 7	15. 3	16. 2	16. 4	16. 3	15. 6	14. 2	12. 3	10. 4	9.5	17. 3	16. 3	14. 6	12. 2	10	8.9	9.3	11. 1	13. 5	15. 6	17	17. 6
22	10. 5	12. 1	13. 9	15. 4	16. 1	16. 3	16. 2	15. 7	14. 4	12. 7	10. 9	10	17. 2	16. 4	14. 8	12. 5	10. 4	9.4	9.8	11. 5	13. 8	15. 7	16. 9	17. 4
20	10. 9	12. 5	14. 2	15. 5	16	16. 1	61	15. 6	14. 6	13	11. 3	10. 4	17. 1	16. 3	14. 9	12. 8	10. 9	9.8	10. 2	11. 8	14	15. 8	16. 8	17. 2
18	11. 4	12. 9	14. 4	15. 5	15. 9	16	16	15. 6	14. 7	13. 3	11. 7	10. 9	16. 9	16. 3	15. 1	13. 1	11. 2	10. 2	10. 6	12. 2	14. 2	15. 8	16. 7	17
16	11. 8	13. 2	14. 6	15. 6	15. 8	15. 8	15. 9	15. 6	14. 9	13. 6	12. 1	11. 4	16. 8	16. 3	15. 2	13. 4	11. 6	10. 7	11	12. 5	14. 4	15. 8	16. 6	16. 8
14	12. 2	13. 5	14. 7	15. 6	15. 7	15. 6	15. 7	15. 5	15	13. 8	12. 5	11. 8	16. 6	16. 2	15. 3	13. 6	12	11. 1	11. 4	12. 8	14. 5	15. 8	16. 4	16. 6
12	12. 6	13. 8	14. 9	15. 5	15. 5	15. 3	15. 3	15. 4	15. 1	14. 1	12. 9	12. 2	16. 4	16. 2	15. 4	13. 9	12. 3	11. 5	11. 8	13. 1	14. 7	15. 8	16. 2	16. 3

10	13	14. 1	15. 1	15. 5	15. 3	15. 1	15. 1	15. 3	15. 1	14. 3	13. 2	12. 7	16. 1	16	15. 4	14. 1	12. 7	11. 9	12. 2	13. 4	14. 8	15. 7	16	16. 1
8	13. 4	14. 4	15. 2	15. 4	15. 1	14. 8	14. 9	15. 2	15. 2	14. 5	13. 6	13. 1	15. 9	15. 9	15. 5	14. 3	13	12. 2	12. 5	13. 6	14. 9	15. 7	15. 8	15. 8
6	13. 8	14. 6	15. 3	15. 3	14. 9	14. 6	14. 9	15. 1	15. 2	14. 7	13. 9	13. 4	15. 6	15. 8	15. 5	14. 5	13. 3	12. 6	12. 9	13. 9	15	15. 6	15. 6	15. 5
4	14. 1	14. 9	15. 3	15. 3	14. 7	14. 3	14. 4	14. 9	15. 2	14. 9	14. 2	13. 8	15. 3	15. 6	15. 5	14. 7	13. 6	13	13. 2	14. 1	15. 1	15. 5	15. 3	15. 2
2	14. 4	15. 1	15. 4	15. 1	14. 4	14	14. 1	14. 7	15. 2	15. 1	14. 5	14. 2	15. 1	15. 5	15. 5	14. 9	13. 9	13. 3	13. 5	14. 4	15. 1	15. 4	15. 1	14. 9
0	14. 8	15. 3	15. 5	15	14. 2	13. 6	13. 8	14. 6	15. 2	15. 3	14. 8	14. 5	14. 8	15. 3	15. 5	15	14. 2	13. 6	13. 8	14. 6	15. 2	15. 3	14. 8	14. 5

Fuente: (Allen, Pereira, & D.Raes y Smith, 1998)

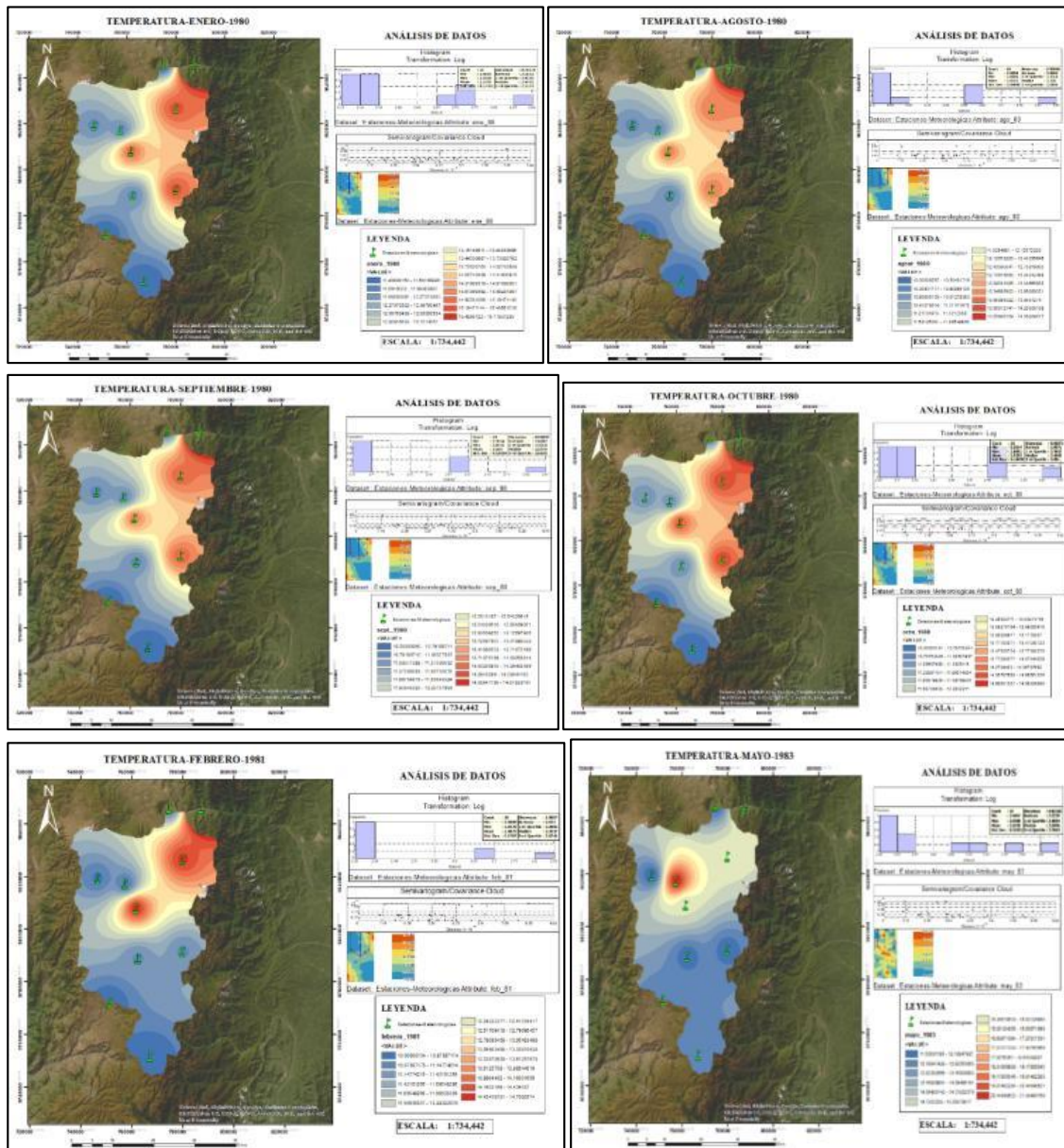
Anexo D: Mapas de interpolación

Figura 16. Mapas de interpolación Precipitación



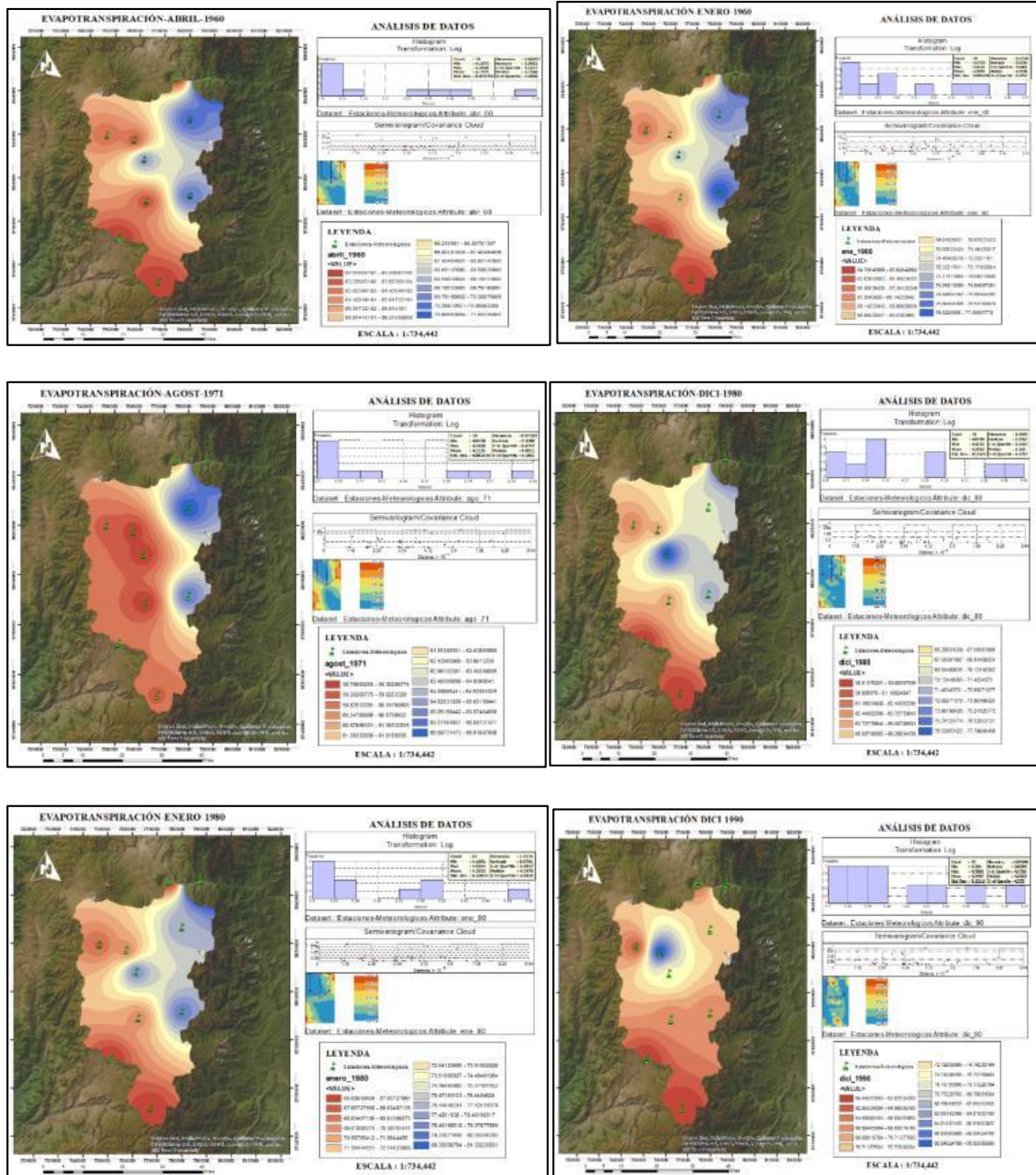
Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022).

Figura 17. Mapas de Interpolación Temperatura



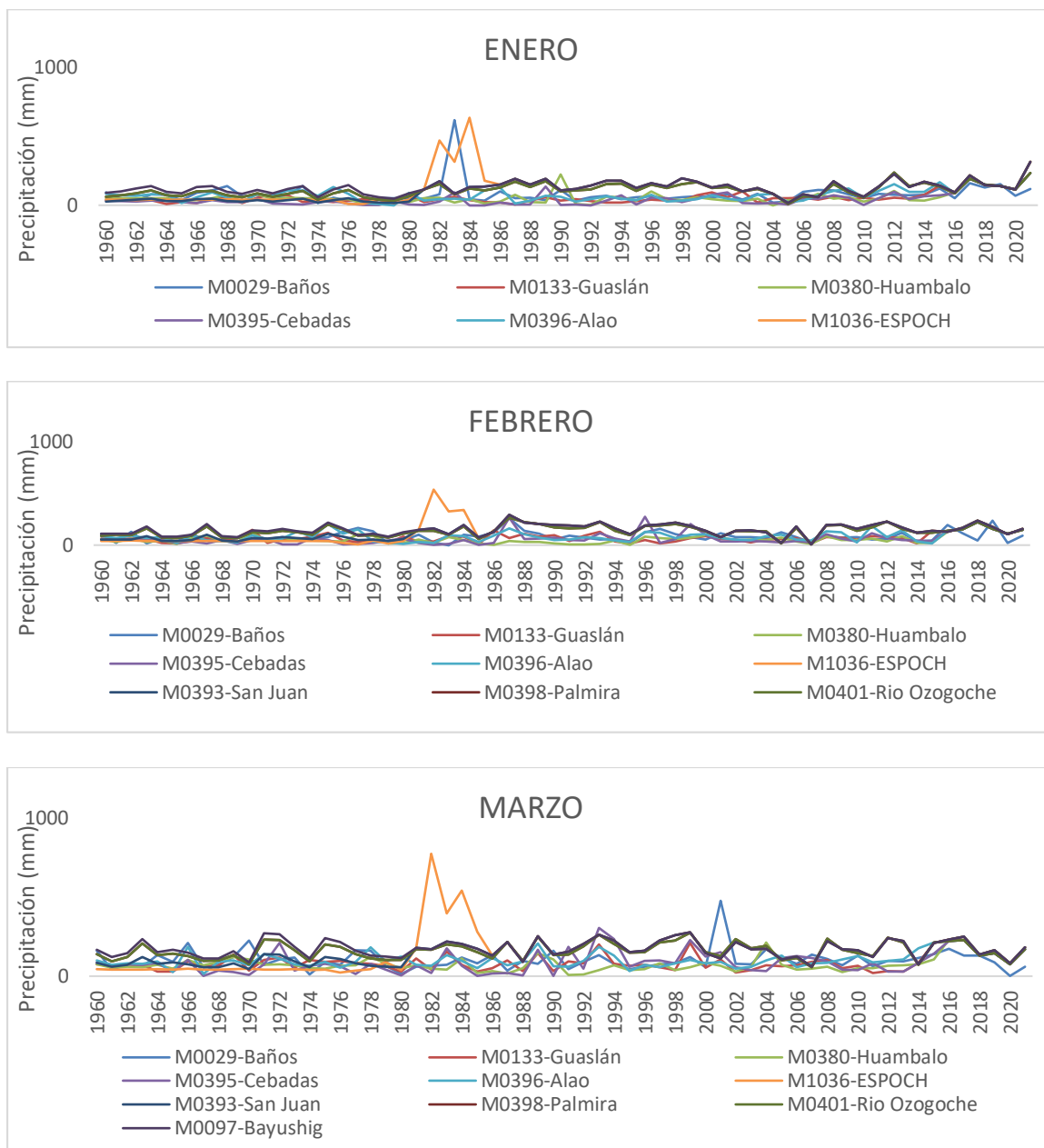
Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022).

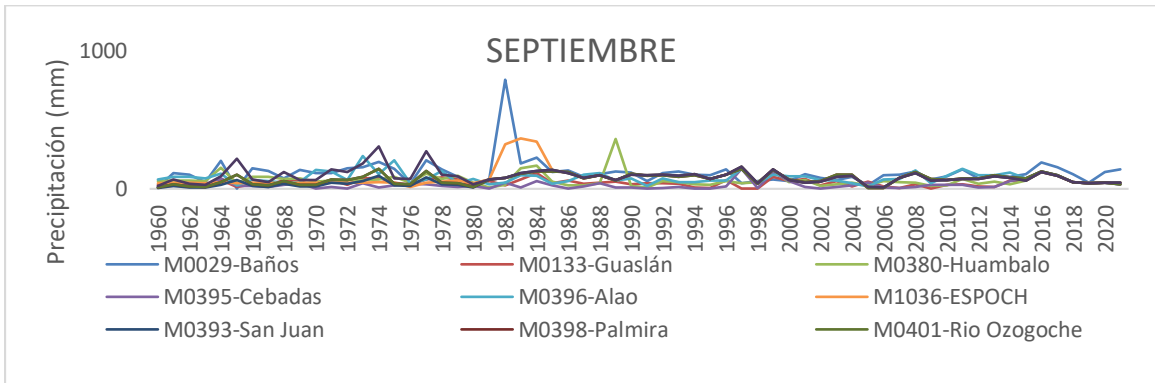
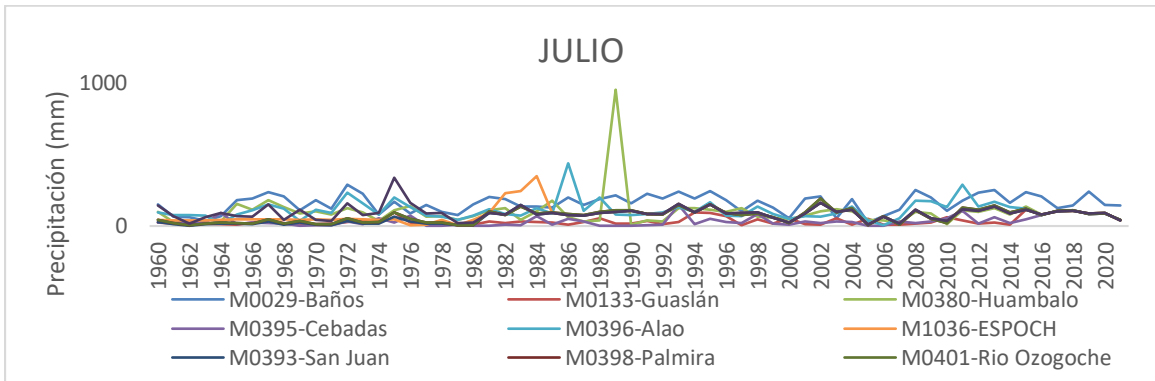
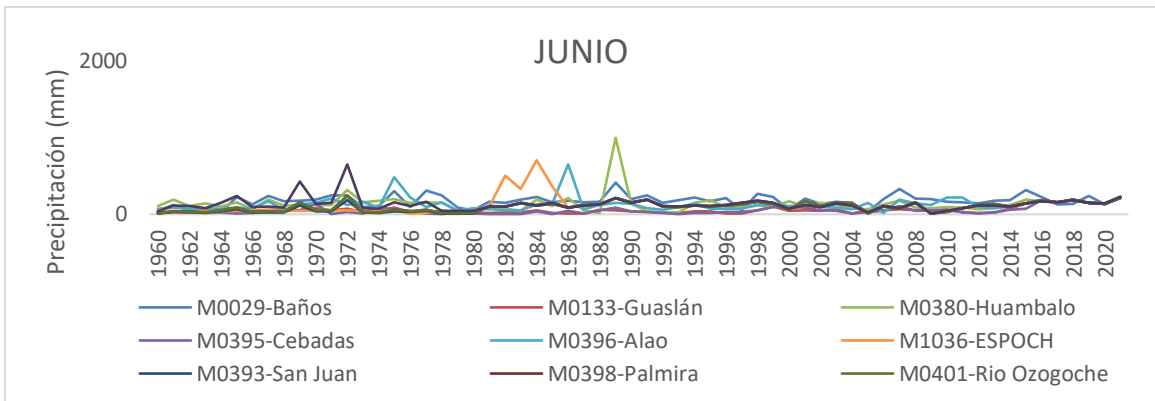
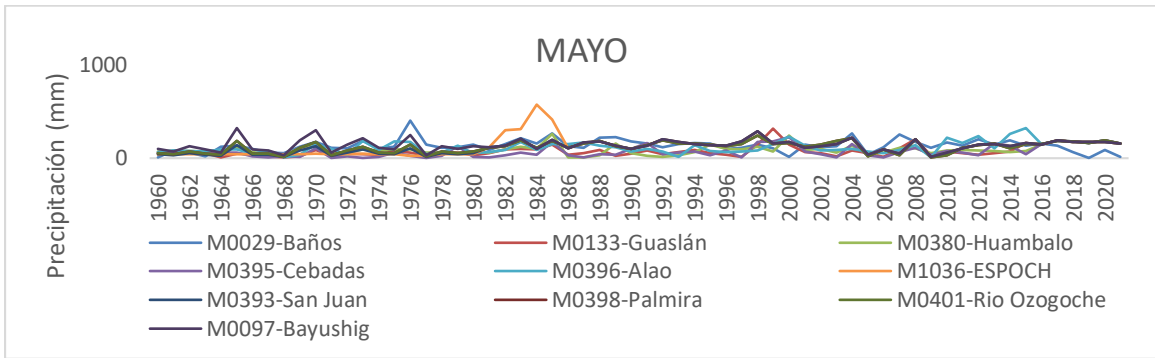
Figura 18. Mapas de Interpolación de ETP

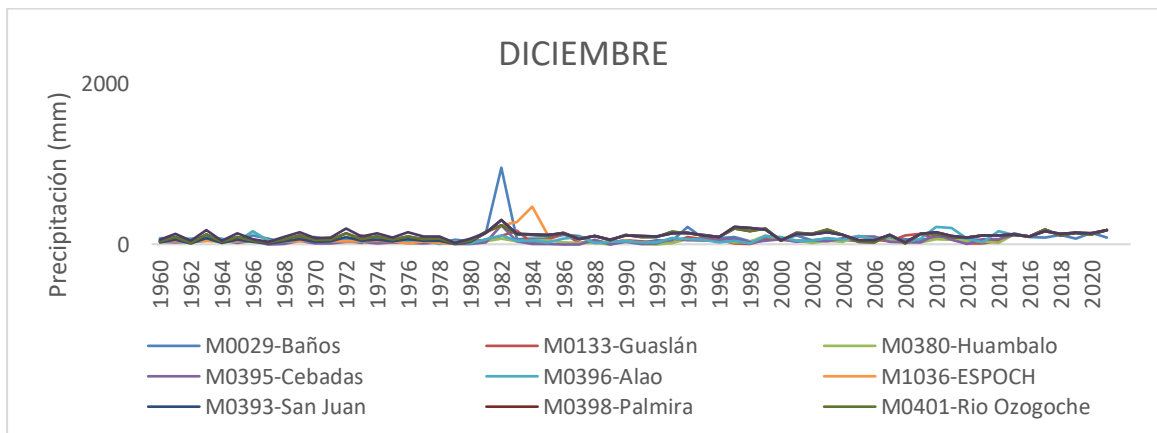
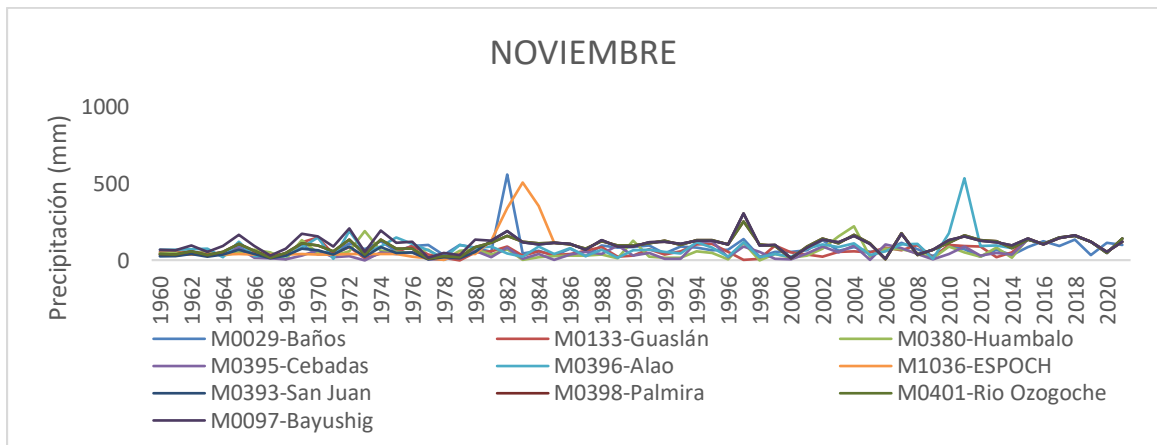
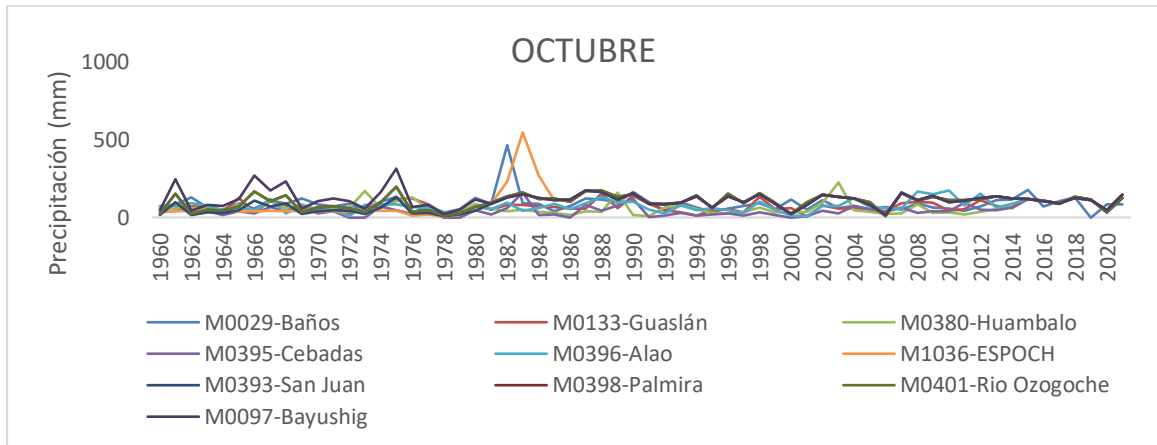


Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022).

Figura 19. Anomalías de precipitación mensual período 1960-2021

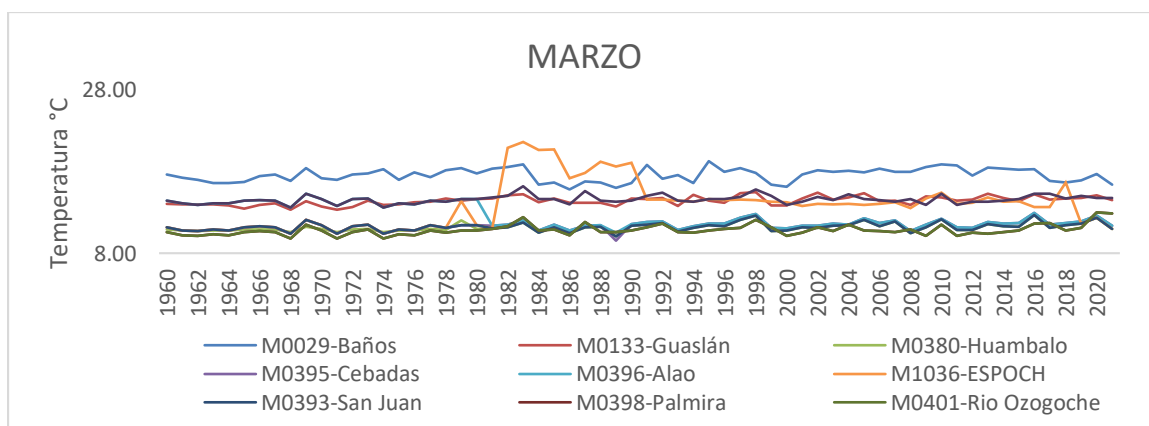
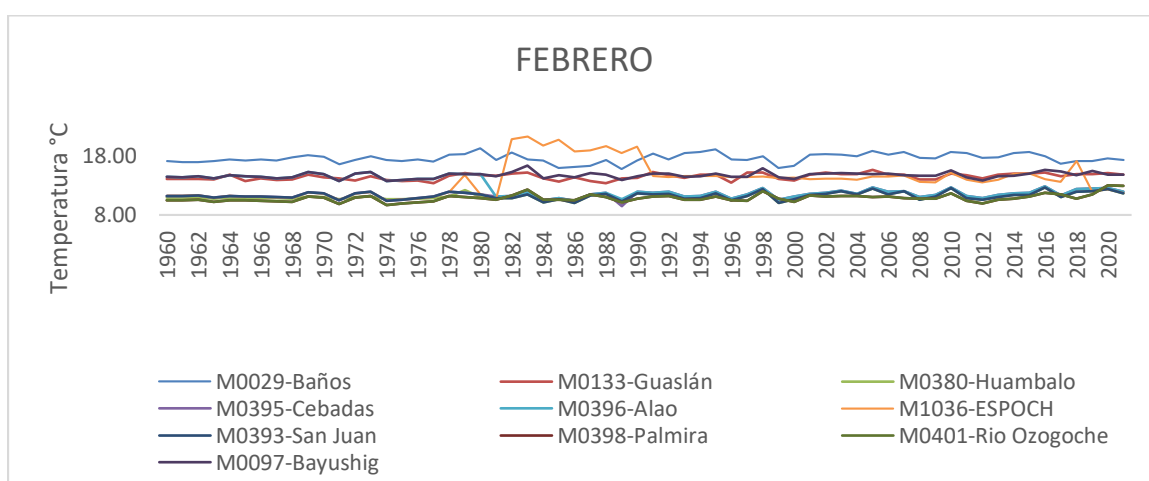
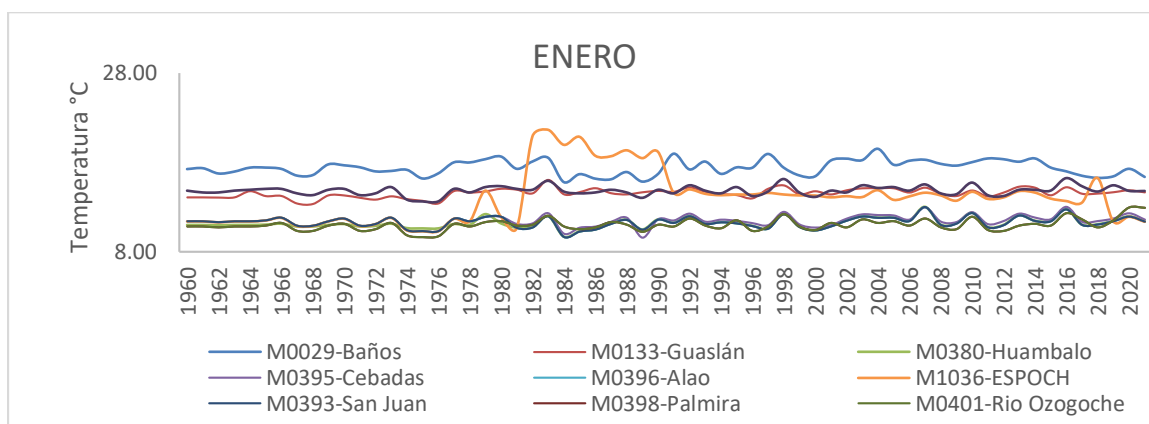


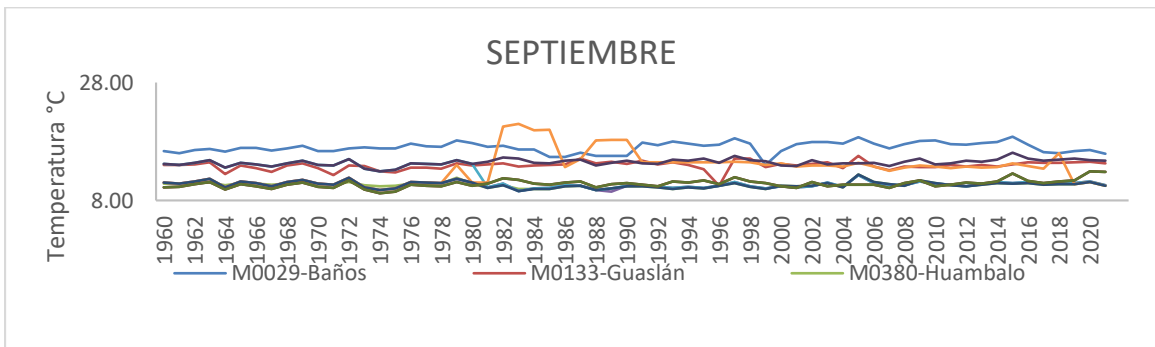
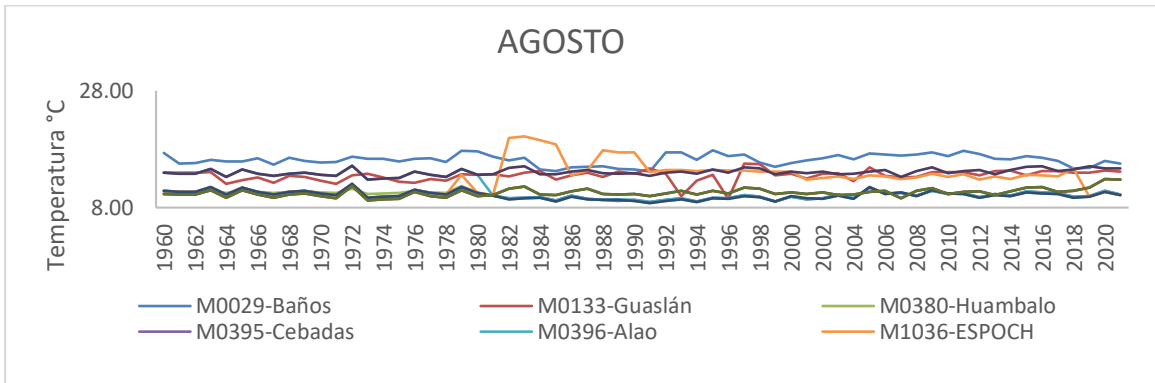
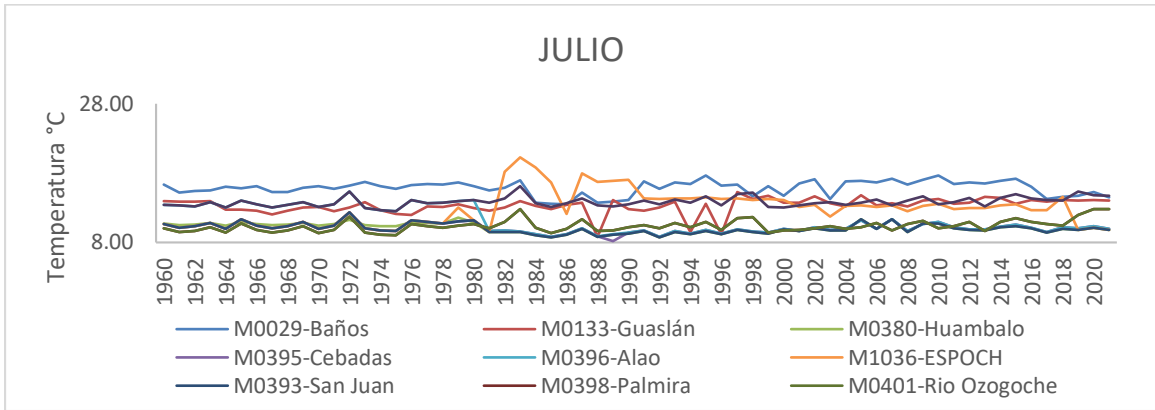
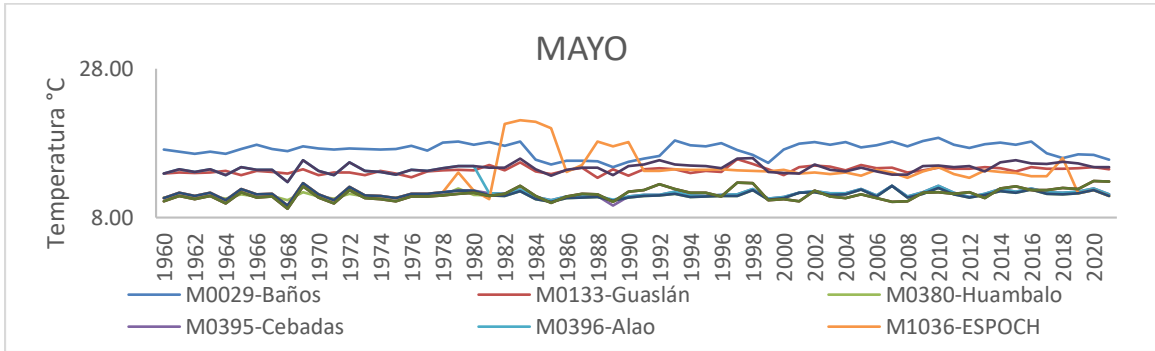


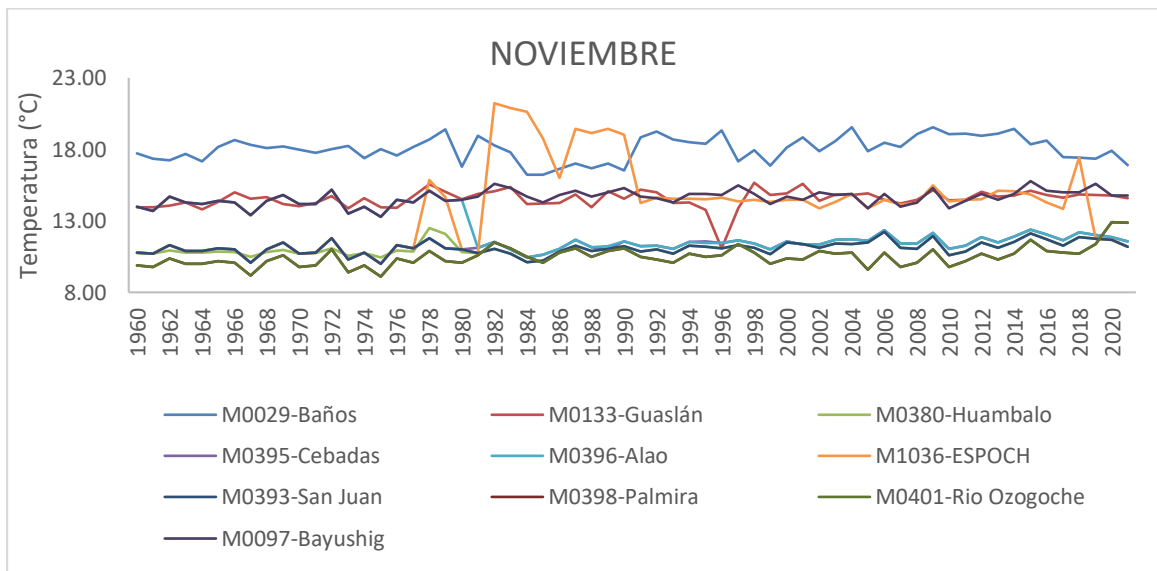
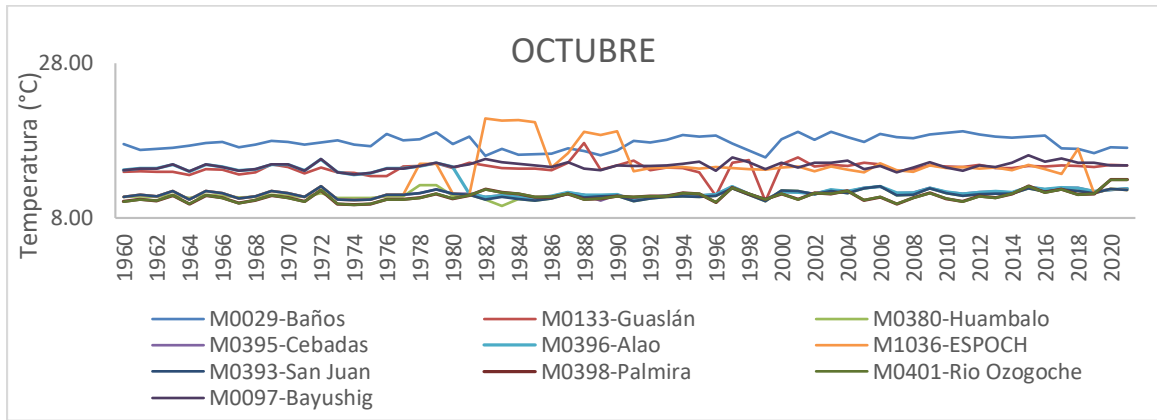


Elaborado por: Cevallos y Yagchirema (2022).

Figura 20. Anomalías de Temperatura mensual periodo 1960-2021

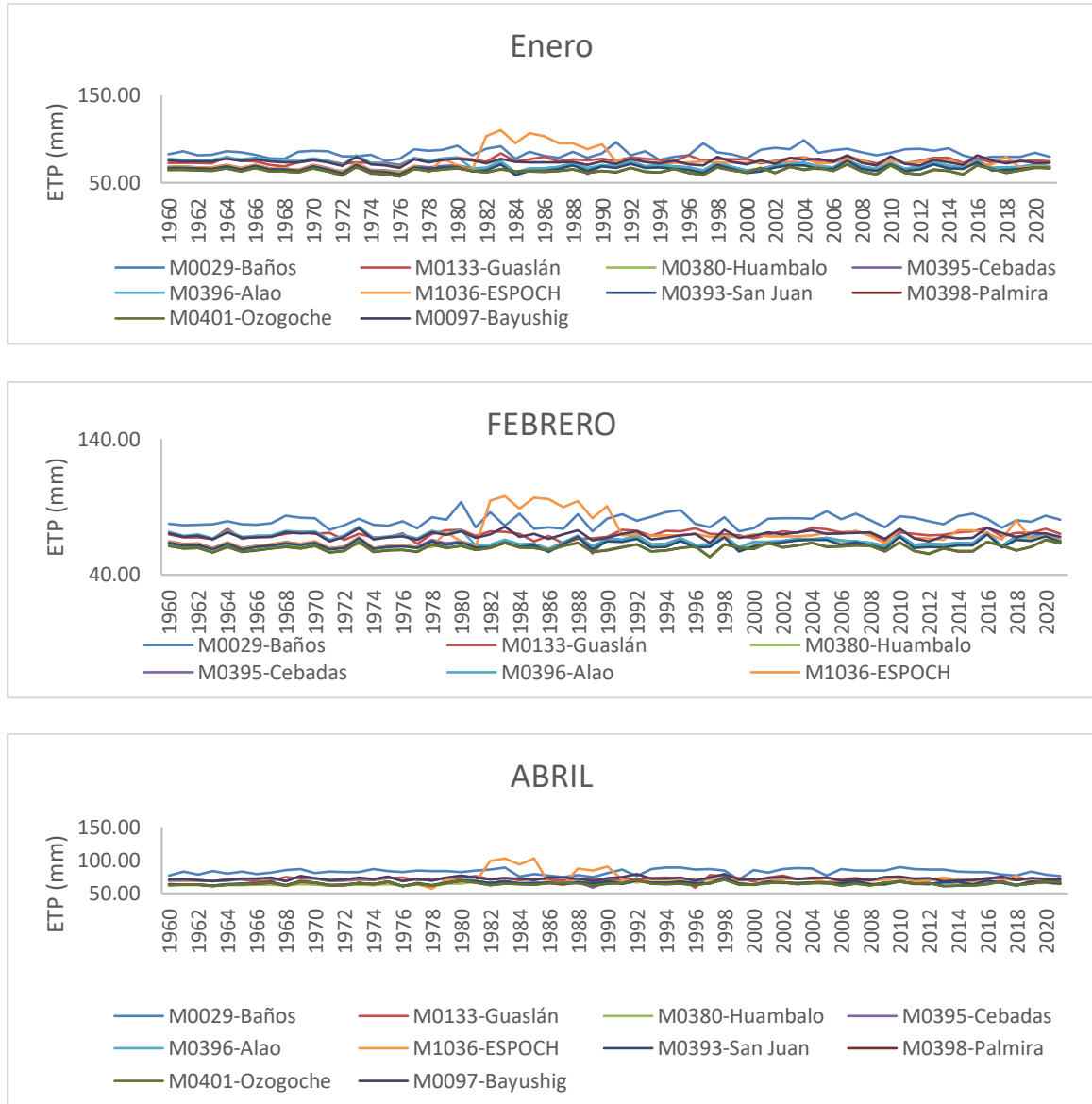


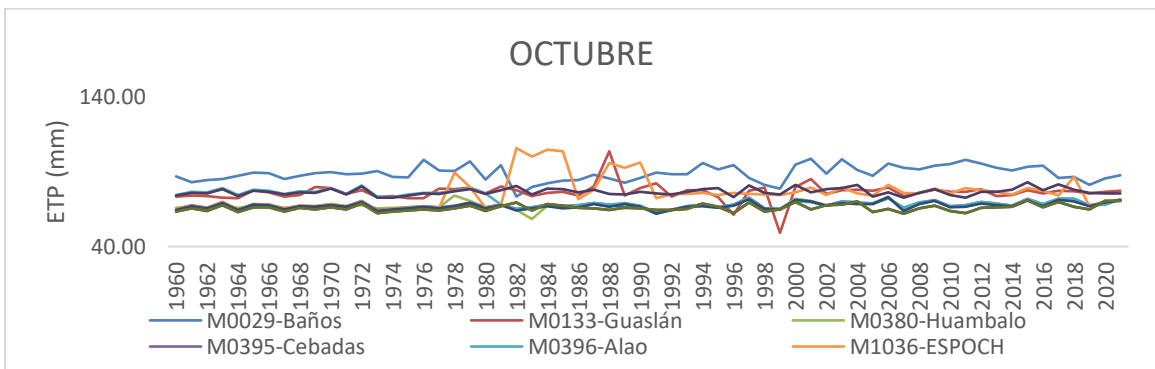
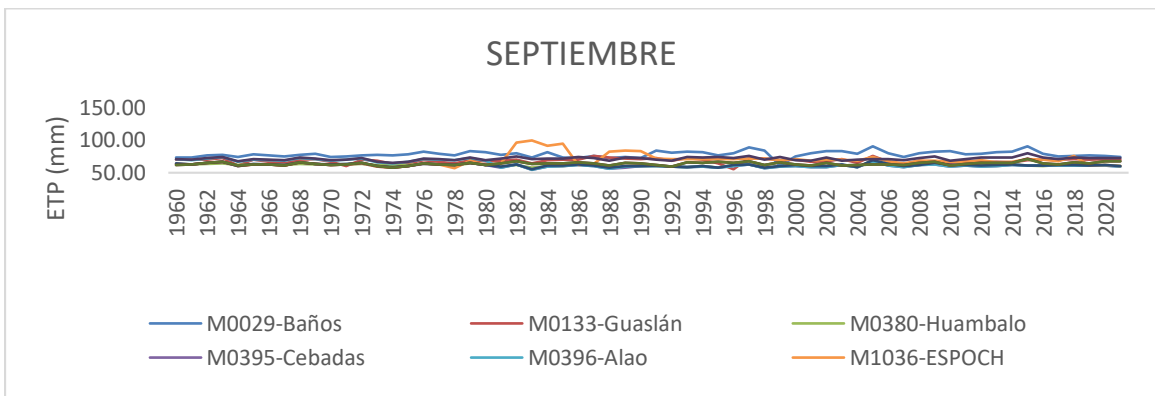
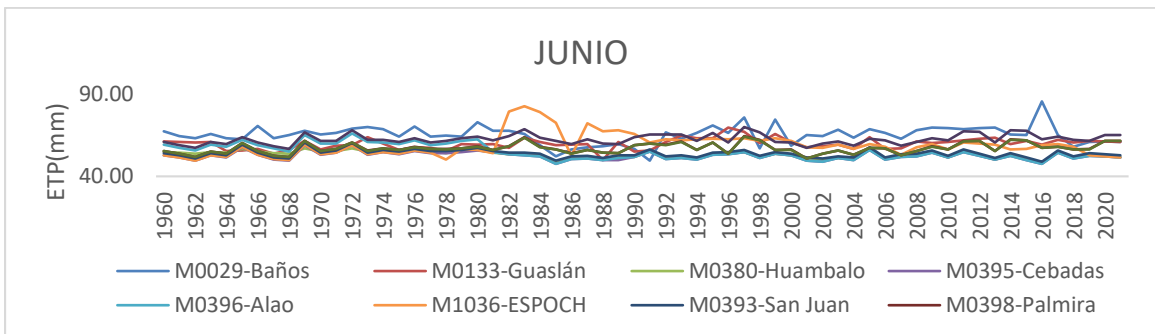
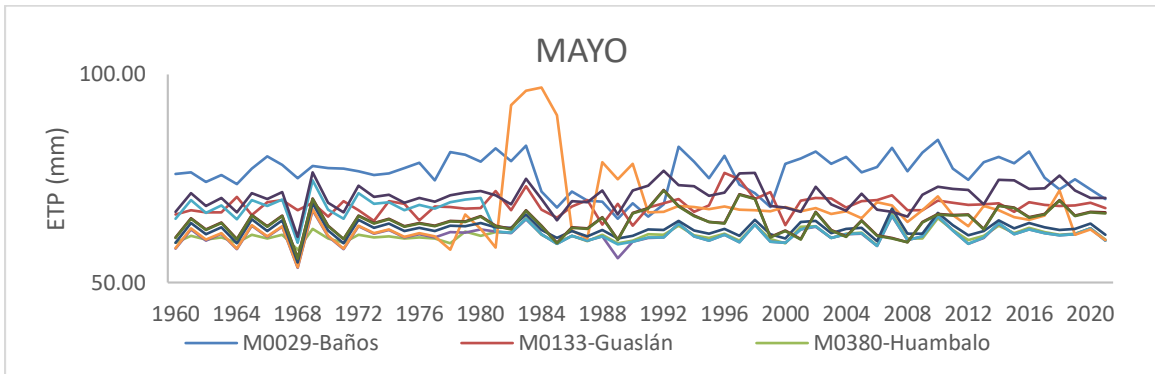




Elaborado por: Cevallos y Yagchirema(2022).

Figura 21. Anomalías de ETP mensual período 1960-2021





Elaborado por: Cevallos y Yagchirema(2022)