UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

POSGRADO

Tema: Análisis comparativo entre metodologías clásicas y el software Climatol para la estimación de series pluviométricas en la cuenca del río Paute

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Cuarto Nivel de Magíster con mención Obras Hidráulicas

Modalidad del Trabajo de Titulación: Proyecto de Titulación con Componentes de Investigación Aplicada y/o de Desarrollo

Autor: Ing. Carlos David López Cáceres

Director: Ing. Fidel Alberto Castro Solórzano Mg.

Ambato – Ecuador

2025

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por: Ing. Santiago Cabrera Mg. , e integrado por los señores: *Ing. Mayra Alexandra Viscaino Cuzco Mg. , Ing. María Gabriela Soria Pugo Mg.*, designados por la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados de la Universidad Técnica de Ambato, para receptar el Trabajo de Titulación con el tema: *"Análisis comparativo entre metodologías clásicas y el software Climatol para la estimación de series pluviométricas en la cuenca del río Paute"* elaborado y presentado por el *señor Ing. Carlos David López Cáceres* para optar por el Titulo de cuarto nivel de Magíster con mención en Obras Hidráulicas; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Santiago Paúl Cabrera Anda Mg.
Presidente y Miembro del Tribunal

Ing. Mayra Alexandra Viscaino Cuzco Mg
Miembro del Tribunal

Ing. María Gabriela Soria Pugo Mg.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: *"Análisis comparativo entre metodologías clásicas y el software Climatol para la estimación de series pluviométricas en la cuenca del río Paute"*, le corresponde exclusivamente a: Ing. Carlos David López Cáceres, Autor bajo la Dirección de Ing. Fidel Alberto Castro Solórzano Mg., Director del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Carlos David López Cáceres

C.C.:1722386677

AUTOR

Ing. Fidel Alberto Castro Solórzano Mg.

C.C.: 1802604684

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.



Ing. Carlos David López Cáceres

C.C.:1722386677

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA i
A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad/Centro ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii
DERECHOS DE AUTOR iv
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS v
ÍNDICE DE TABLAS vii
ÍNDICE DE FIGURAS viii
AGRADECIMIENTO ix
DEDICATORIA x
RESUMEN EJECUTIVO xi
ABSTRACT xii
CAPÍTULO I 1
EL PROBLEMA DE INVESTIFACIÓN 1
1.1. Introducción 1
1.2. Justificación 2
1.3. Objetivos 3
1.3.1. Objetivo general 3
1.3.2. Objetivos específicos 3
CAPITULO II 4
MARCO TEORICO 4
2.1. Antecedentes investigativos 4
2.2. Fundamentación científica 6
a. Levantamiento de datos pluviométricos 8
b. Métodos clásicos (manuales) para estimación de datos faltantes 8
c. Aplicación de CLIMATOL 12
a. Comparación y validación de datos obtenidos 14
b. Determinación de error porcentual 16
3.1. Tipo de investigación 19
3.2. Población o muestra 19
3.3. Prueba de Hipótesis - pregunta científica – idea a defender 19

3.4. Recolección de información 20
3.5. Procesamiento de la información y análisis estadístico 21
CAPITULO IV 22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 22
4.1. Resultados 22
I. MÉTODOS CLÁSICOS 23
II. MÉTODO CLIMATOL 26
III. CÁLCULO DE ERROR 27
IV. ESTIMACIÓN DE SERIES CON EL MÉTODO ÓPTIMO 31
a. M0031 – Cañar 31
b. M0041 – Sangay 32
c. M0141- El Labrado 34
d. M1040 – Macas 35
e. M1095 – Ingenio Astra 36
f. M1111 - Chanlud 38
V. VALIDACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LOS DATOS 39
a. Validación 39
b. Fiabilidad 39
4.2. Discusión de resultados 41
CAPÍTULO V 44
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA, ANEXOS. 44
5.1. Conclusiones 44
5.2. Recomendaciones 45
5.3. Bibliografía 46
5.4. Anexos 50
I. SOLICITUD DE REQUERIMEINTO DE INFORMACIÓN INAMHI 50
CAPÍTULO VI 65
PROPUESTA 65
6.1. Título 65
6.2. Descripción 65
6.3. Desarrollo de la propuesta 65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estaciones en estudio de la cuenca del Río Paute 20
Tabla 2. Característica de los datos obtenidos. 9
Tabla 3. Característica de los métodos empleados para la validación de datos. 14
Tabla 4. Resultados y Criterios por "T de Student" de la generación de Ecuaciones mediante Regresión Lineal 25
Tabla 5. Disposición de los valores aleatorios obtenidos. 27
Tabla 7. Resumen de métricas obtenidas para cada alternativa de cálculo 29
Tabla 8. Resumen de métricas y establecimiento de métodos óptimos 30
Tabla 9. Resumen de Métodos de Validación y Fiabilidad de datos. 39

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Subcuencas y distribución fluvial de la cuenca del Río Paute. 6
Ilustración 2. Localización de Estaciones Estudiadas, respecto a la Cuenca del Río Paute 7
Ilustración 3. Volumen de datos vacíos Vs. Datos Totales 22
Ilustración 4. Evaluación cualitativa de los métodos empleados 26
Ilustración 5. Dispersión de valores - M0031 32
Ilustración 6. Dispersión de valores - M0041 33
Ilustración 7. Dispersión de valores - M0141 34
Ilustración 8. Dispersión de valores - M1040 36
Ilustración 9. Dispersión de valores - M1095 37
Ilustración 10. Dispersión de valores - M1111 38

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que se han presentado durante este proceso. A Dios, a mis padres y hermanos, a mis amigos de Pregrado, y a mis amigos de Posgrado, quienes como saben, este proceso no hubiese sido posible de no haberlos tenido a mi lado cuando los necesitaba.

Al Ing. Fidel Alberto Castro Solórzano quien me apoyó durante el proceso de revisión y dirección de la tesis, con su amplia experiencia y conocimientos supo enseñarme a que los problemas se deben abordar por todas sus aristas y que los matices que uno puede darle a una situación pueden marcar el éxito o fracaso en cualquier proyecto

Al Ing. Andrés Sebastián Hidalgo Velastegui Mg., quién por azares de la vida no pudo dirigir este trabajo que fue asistido casi en su totalidad por su tutela. Ing. Andrés, de todo corazón le quedo agradecido por haberme iluminado y apoyado con el desarrollo en la fase preliminar del presente trabajo, en la penumbra de un fracaso me tendió la mano al brindarme la guía para seleccionar un tema idóneo a la situación, fue la luz guía que bondadosamente me acompaño durante este proceso.

A la Ing. Mayra Alexandra Viscaino Cuzco, Mg. y la Ing. Mg. María Gabriela Soria Pugo, quienes con paciencia y comprensión entendieron y apoyaron la situación en la que me encontraba durante la culminación y revisión del presente trabajo.

Un especial agradecimiento a todos los docentes que durante el desarrollo de clases hicieron que este proceso sea agradable y satisfactorio, y hayan inculcado en los futuros profesionales de cuarto nivel, la semilla de generar un cambio y aportar a favor del desarrollo para su comunidad, y sobre ello, para su país.

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios, a mi familia y amigos.

A Dios, por esta bendición que se me ha concedido a través del esfuerzo de mis padres y mi persona, que me han llevado a alcanzar un paso decisivo en mi vida, el cual me permitirá expandir mis horizontes de una forma extraordinaria.

A mi padre que, con su amistad, mano dura y compresión, me sigue enseñando los principios de la humildad, valor y responsabilidad acordes a la rama de la Ingeniería; a mi madre que con la dulzura, carácter y tolerancia ha sabido mostrarme diferentes panoramas en la vida; a mis hermanos, por ser el motor base y la razón por la que no tengo que fallar como estudiante, profesional y sobre todo como ser humano. Es a ustedes que me han acompañado y tolerado a quienes les quedo eternamente agradecido por poner su hombro en esta etapa de mi vida.

A mis amigos, quienes con su actuar me ayudaron a ver que la vida no solo está compuesta de personas y momentos poco agradables, sino que aún persisten los valores, humanidad, y gente que puede representar un cambio verdadero en la vida de cualquier persona. A ustedes a quienes tengo el pleno orgullo de llamar amigos, tengan la seguridad de que mientras la vida me lo permita les estaré agradecido.

El logro, los conocimientos, los valores, entre otros serán por y para mejorar el futuro y desarrollo del país.

RESUMEN EJECUTIVO

La presente tesis desarrolla un análisis comparativo entre metodologías clásicas y el software CLIMATOL para la estimación de datos faltantes en series pluviométricas, centrado en la cuenca del río Paute. El estudio evalúa cuatro métodos tradicionales ampliamente utilizados en hidrología: el método Aritmético, Interpolación, Regresión Lineal y Razón Normal, contrastándolos con el desempeño de la metodología CLIMATOL como un software alternativo, una técnica moderna para estas operaciones.

La metodología consistió en aplicar cada uno de los métodos a datos históricos con valores faltantes simulados, comparando la precisión de las estimaciones generadas mediante métricas estadísticas como el error cuadrático medio (RMSE) y el coeficiente de determinación (R^2). Los resultados evidencian que la aplicación de CLIMATOL supera a los métodos clásicos en términos de precisión y adaptabilidad, mostrando un mejor desempeño especialmente en escenarios con patrones complejos de variabilidad climática.

No obstante, se concluye que, si bien el software CLIMATOL presenta ventajas técnicas significativas, su aplicación requiere una cuidadosa consideración del comportamiento climático y geográfico de la zona de estudio. Factores como la estacionalidad, altitud y distribución espacial de las estaciones pluviométricas influyen directamente en la calidad de las estimaciones. Por tanto, se recomienda utilizar el paquete de CLIMATOL como complemento de los métodos clásicos, integrando conocimiento experto del contexto hidrológico local.

DESCRIPTORES: *CLIMATOL, MÉTRICAS ESTADÍSTICAS, PRECIPITACIÓN MÁXIMA MENSUAL, RÍO PAUTE, SERIES PLUVIOMÉTRICAS*

ABSTRACT

This thesis presents a comparative analysis between classical estimation methods and a computational software package named as CLIMATOL for filling missing rainfall data, with a focus on the Paute River basin. The study evaluates four conventional techniques commonly used in hydrology—Arithmetic Mean, Interpolation, Linear Regression, and Normal Ratio—comparing their performance against that of a software used to determine the precipitation CLIMATOL.

The core methodology involved applying each technique to datasets with simulated missing values and comparing the resulting estimations using statistical metrics such as Root Mean Square Error (RMSE) and the Coefficient of Determination (R^2). The results demonstrate that CLIMATOL outperform classical methods in terms of accuracy and adaptability, particularly in scenarios characterized by complex patterns of climatic variability.

Nevertheless, the study concludes that, although CLIMATOL show significant advantages, their application requires careful consideration of the climatic and geographical characteristics of the study area. Factors such as seasonality, relative altitude, and the spatial distribution of meteorological stations directly influence the quality of the estimations. Therefore, it is recommended to use CLIMATOL as a complement to classical methods, integrating expert knowledge of the local hydrological context.

KEYWORDS: *CLIMATOL, STATISTICAL METRCIS, MONTHLY MÁXIMUM PRECIPITATION, PAUTE RIVER, RAINFALL TIME SERIES*

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIFACIÓN

1.1. Introducción

El presente trabajo de investigación desarrolla un **análisis comparativo entre metodologías clásicas y el software CLIMATOL** para la estimación de datos faltantes en series pluviométricas, tomando como referencia la **cuenca del río Paute**, una de las más importantes del Ecuador por su relevancia en la generación hidroeléctrica y la gestión de recursos hídricos. La disponibilidad de registros completos y confiables de precipitación constituye un elemento esencial en la modelación hidrológica, la evaluación de disponibilidad de agua y la planificación de obras hidráulicas. Sin embargo, la presencia de datos ausentes o inconsistentes en las series históricas de lluvia sigue siendo un desafío frecuente en la investigación y gestión climática.

La metodología aplicada contempla la evaluación de **cuatro métodos tradicionales** de estimación —Aritmético, Interpolación, Regresión Lineal y Razón Normal— frente al desempeño del **software CLIMATOL**, una herramienta moderna diseñada para el control de calidad y homogeneización de datos climatológicos. Para ello, se utilizaron registros históricos a los que se incorporaron valores faltantes simulados, permitiendo comparar la precisión de las estimaciones mediante indicadores estadísticos como el **error cuadrático medio (RMSE)** y el **coeficiente de determinación (R^2)**.

El desarrollo del trabajo se estructura en capítulos que abordan, en primer lugar, los fundamentos teóricos de los métodos empleados, seguidos por la descripción del área de estudio y de las bases de datos utilizadas. Posteriormente, se expone el procedimiento metodológico aplicado, los resultados obtenidos y su análisis comparativo, culminando con las conclusiones y recomendaciones finales.

Entre las principales limitaciones se identifican la **distribución irregular de las estaciones pluviométricas**, la **variabilidad espacial y temporal de la precipitación**, y la **dependencia del software CLIMATOL** respecto a la calidad de los datos de entrada. A pesar de ello, el estudio demuestra que la integración de herramientas modernas con métodos clásicos contribuye significativamente a mejorar la confiabilidad y precisión en la estimación de información hidrológica

1.2. Justificación

Los datos pluviométricos constituyen un insumo esencial para el desarrollo y la gestión de proyectos en diversos ámbitos, ya que permiten comprender el comportamiento de las precipitaciones y sus efectos en el entorno. Su adecuada recopilación y análisis es clave para la toma de decisiones técnicas, económicas y ambientales en múltiples sectores.

En el ámbito hidráulico, las series pluviométricas posibilitan proyectar caudales de diseño tanto para obras de abastecimiento (captación y distribución) como para sistemas de drenaje (pluvial y sanitario). Estos datos permiten dimensionar adecuadamente las infraestructuras considerando los escenarios más críticos propios de cada proyecto, evitando errores que podrían traducirse en soluciones alejadas de la realidad. [1].

En el sector agrícola, los datos normalizados definen los periodos húmedos y secos de cada zona, lo que incide directamente en el tipo de cultivo, el método de siembra y los sistemas de riego a implementar. Esta información es vital para los macro productores, que planifican sus calendarios de trabajo según los reportes oficiales de lluvias emitidos por las instituciones gubernamentales. [2].

Desde la perspectiva ambiental, disponer de registros confiables facilita la gestión de cuerpos de agua como lagunas y embalses, previniendo que alcancen niveles críticos que puedan afectar tanto su ecosistema inmediato como las zonas aguas abajo. Además, permiten enfrentar los nuevos retos climáticos de manera informada y sostenible. [3].

En el contexto **energético**, la cuenca del río Paute destaca por su gran relevancia, al aportar cerca del 38 % de la energía que consume el Ecuador. Sus principales afluentes —Tomebamba, Yanuncay, Machángara, entre otros— alimentan centrales estratégicamente ubicadas como Molino, Mazar, Sopladora y Saymirín [4], [5], [6], [7]. La información pluviométrica resulta fundamental para garantizar la operación continua de estas infraestructuras, especialmente frente a eventos de estiaje extremo, como los registrados en los meses previos a este estudio.

De igual forma, la **soberanía alimentaria** planteada en la Constitución del Ecuador depende en gran medida del manejo integral de esta cuenca, que concentra aproximadamente 200 000 hectáreas de cultivos y aporta significativamente a la producción regional. [8], [9].

Por último, la **preservación de ecosistemas** y la protección de flora y fauna endémica se sustentan en el conocimiento detallado de la dinámica hidrológica. Las subcuencas que conforman la zona de estudio abarcan pisos climáticos que van desde los páramos hasta

bosques amazónicos, convirtiendo a la cuenca en un espacio de alto valor ecológico y productivo [10].

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

a) Realizar un análisis comparativo entre metodologías clásicas como método Aritmético, Interpolación, Regresión Lineal y Razón Normal y el software CLIMATOL, para la estimación de series pluviométricas en las estaciones M0031, M0041, M0141, M1040, M1095 y M1111 cuenca alta del Río Paute.

1.3.2. Objetivos específicos

a) Calcular los valores faltantes con cada metodología para verificar la calidad y fiabilidad de los datos en las precipitaciones máximas de estaciones M0031, M0041, M0141, M1040, M1095 y M1111 de la cuenca del Río Paute.

b) Determinar los grados de error presentes en los métodos aritmético, interpolación, razón normal, regresión lineal y CLIMATOL, con relación a series pluviométricas hasta diciembre de 2013.

c) Presentar los valores obtenidos por el método con mejor desempeño a través de tablas y gráficos, de las estaciones M0031, M0041, M0141, M1040, M1095 y M1111.

CAPITULO II
MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes investigativos

La tarea de completar datos de series pluviométricas tiene trayectoria y diversos métodos han sido presentados, la Organización Mundial Meteorológica sugiere tomar en cuenta que al realizar este procedimiento se llegue a obtener valores rigurosamente tratados, sin alejarse de situaciones reales a la zona analizada. De los métodos existentes, se plantean como más viables los de Regresiones Correlación entre variables y Razón Normal; para contrastar estos valores se usan métodos estadísticos como Interpolación y Promedio Aritmético. [11], [12], [13], [14].

Los métodos estadísticos obedecen al tratamiento de datos sin considerar factores físicos, únicamente se centra en atender a datos en bruto, no obstante, se aplican siempre y cuando las variaciones en las precipitaciones no sean de todo significativas. El método se desarrolla al utilizar el valor de la precipitación promedio del mes, durante el periodo en estudio y ocuparlo en los espacios donde no se han registrado datos. El método es sencillo y rápido en su aplicación, pero esto no representa de la mejor manera la realidad del sitio de estudio. [15].

El método de interpolación de valores ofrece una alternativa estadística ligeramente real ya que permite que los datos sean tomados en relación los valores medios anuales no solo en sentido de un mes y periodo, sino que considera el valor promedio multianual (media por cada año) en relación con el valor faltante. [16].

Conjuntamente, la razón normal representa aún más una alternativa fiable para la deducción de datos faltantes. Este relaciona más específicamente los valores. Al tomar en cuenta puntualmente los valores existentes en cada mes y en cada año, se presenta un valor que relaciona las estaciones adyacentes (o presentes en la cuenca) y la estudiada; además este método ocupa únicamente estaciones con datos completos en el mes y año de estudio, sesgando mucho más el error presente en el método.[16].

Finalmente, el método de regresión lineal simple busca establecer una ecuación de primer grado que establezca la relación más optima entre los datos de las estaciones aledañas al sitio de estudio. De igual forma al anterior método, toma en cuenta que las estaciones aledañas se encuentren dentro de la misma cuenca, y aparte de ello permite una discretización aún mayor de la cantidad de datos utilizada para establecer la ecuación característica del modelo de la estación objetivo.[16], [17].

La aplicabilidad de varias metodologías que precisan un manejo de un mayor número de variables y una cantidad considerable de iteraciones, se ve ligeramente opacada por el tiempo que toma desarrollarlas hasta alcanzar los valores correspondientes y el grado de precisión que se desea

alcanzar, sobre todo el factor humano que puede presentarse en momentos clave de este proceso puede llegar incluso a corromper una corrida completa de datos; con el fin de evitar este volumen de fallas y ambigüedades presentes en los modelos realizados de forma clásica, se pretende trasladar este procedimiento a metodologías vanguardistas como el uso del paquete de Software en R llamado CLIMATOL.

Estableciendo una metodología vanguardista y sobre todo práctica, CLIMATOL ha abarcado una gran parte en el territorio de tratamiento de gigantescos volúmenes de datos, al ser Paquete fácil de instalar y correr en computadoras que no precisan de poseer una gran capacidad de procesamiento, sin mencionar que se ajusta a cualquier medida en base a los criterios que sean establecidos, pueden llegar a discretizar desde procesos de homogeneización de series de precipitación, temperatura, entre otras, permitiendo aumentar en 5 hasta 10% la efectividad puede llegar a traducirse en miles o millones de dólares en el tratamiento de estos datos. Volcándose nuevamente en el tema central del trabajo, CLIMATOL se plantea como una herramienta eficaz en tratamientos de datos ahora ya de carácter ambiental y atmosférico atendiendo a los retos medioambientales y de gestión de recursos hídricos actuales, para así fomentar el estudio de estos sin requerir de tiempos extensos a la par de obtener información confiable. Al tener esta brecha de estiajes, que marca por completo un antes en cuanto a la situación actual de Ecuador se deben tratar con mucho más cuidado las predicciones de datos, y mejor aún si estos se pueden obtener con tiempos reducidos (relativamente) y confiabilidad en el desarrollo de estos. [18], [19]

El paquete de software otorga un mayor grado de confiabilidad en el tratamiento de estos datos, sin embargo, eso no garantiza el ahorrar un volumen de tiempo significativo. Al plantear un código preestablecido y siguiendo adecuadamente los instructivos se puede generar un ajuste poco a poco a partir de criterios básicos, permitiendo al usuario realizar cambios o ajustes en los ficheros correspondientes en función de las necesidades que presente el modelo. Dicho esto, el usar esta metodología oferta el poder contar con un abanico de posibilidades en cuanto al campo referente a CLIMATOL compete. [18].

Aplicando la metodología planteada por [18], se busca rellenar datos para el caso de estudio de la Cuenca del Río Paute, esta al poseer pocas estaciones que aporten directamente a la lectura y almacenamiento de datos pluviométricos, requiere que la precisión sea mucho más precisa, en contraste al menor volumen de datos conseguidos. [20], [21].

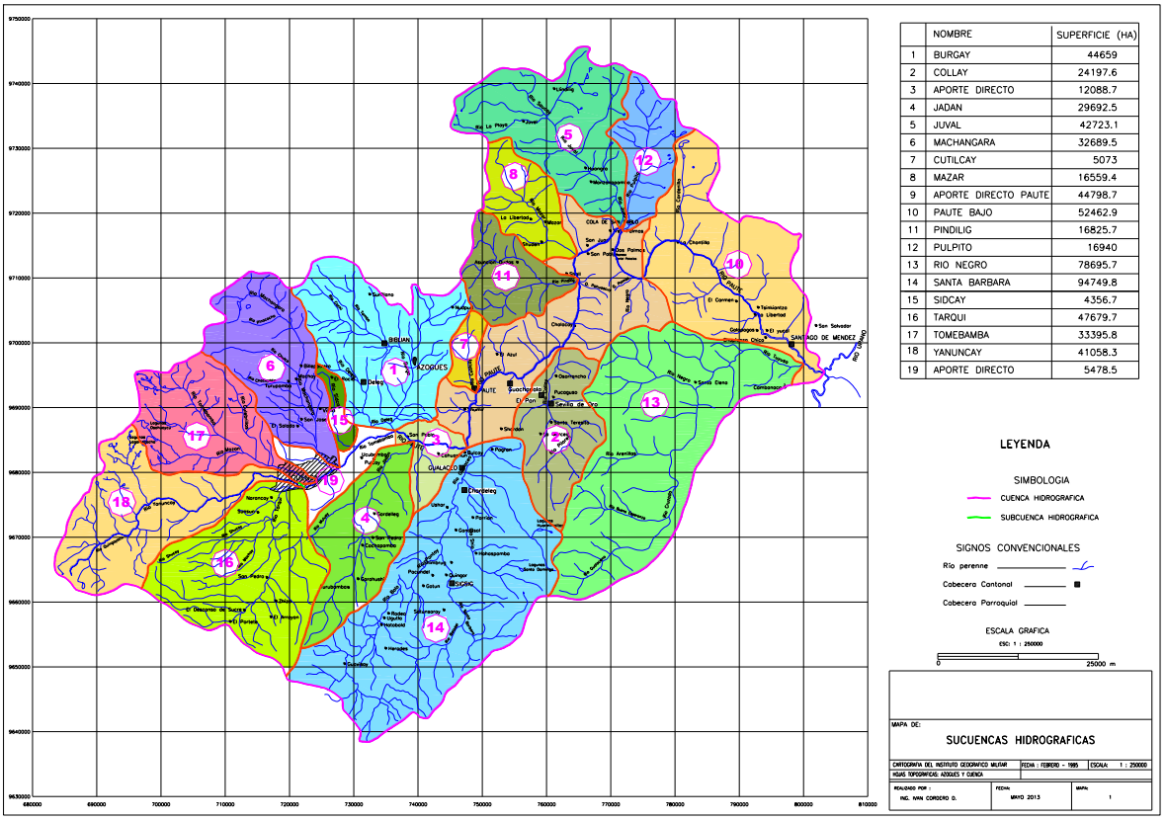
Para establecer un criterio de factibilidad en las metodologías empleadas se propone el uso de Métodos de comprobación de errores; la Prueba de rachas se emplea para verificar que los datos de un conjunto tengan aleatoriedad en su obtención. Conjuntamente las curvas de doble masa se emplearían con un enfoque evaluativo a la calidad de homogeneización de datos, en dónde se presenten coeficientes de correlación de datos cercanos a la unidad. [14].

2.2. Fundamentación científica

2.2.1. Área de influencia

Al no estar delimitada por límites políticos, la extensión de la cuenca del Río Paute se encuentra repartida en 3 provincias del Ecuador: Cañar, Azuay y Morona Santiago. Esta cuenca tiene una extensión total de 6 436 km2, abarcando diversos cantones como Paute, Guachapala, y otros. Esta formación cobra importancia por la captación de 18 subcuencas como se aprecia en la Figura 1 alimentando a una de las principales estaciones de producción energética nacional, siendo una fuente del 35% del total de energía eléctrica de Ecuador. En esta zona se pueden observar varias zonas y áreas protegidas con sus respectivos ecosistemas únicos; con 2 parques Nacionales bajo observación continua como El Cajas y Sangay, es una zona rica en flora y fauna, cuya biodiversidad resulta atractiva a particulares y académicos.

Ilustración 1. Subcuencas y distribución fluvial de la cuenca del Río Paute.

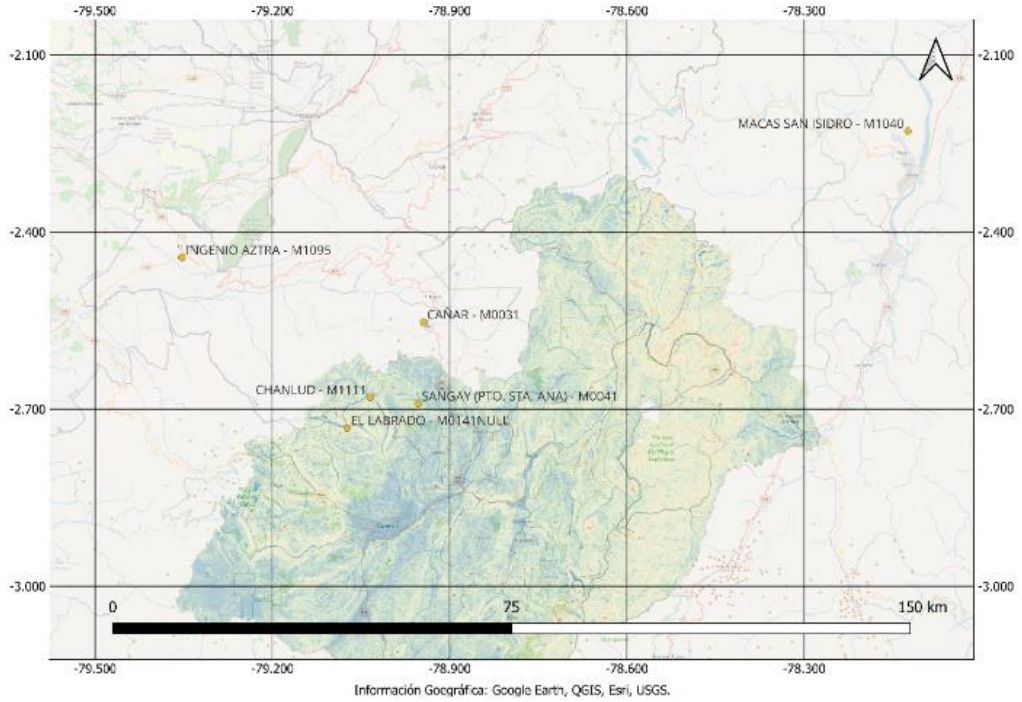


A través de la ilustración se denotan la estructura fluvial de la cuenca del río Paute, además de la subdivisión que existe en esta zona. Esta información es imperativa para comprender el volumen de cuerpos hídricos que confluyen al río Paute.

***Fuente:** [22].*

Al obtener los datos oficiales del total de estaciones existentes en la cuenca, y sobre todo que se encuentren activas, se procede a geolocalizar cada una para confirmar su presencia dentro de la cuenca del Río Pute. En caso de encontrarse alejadas del foco de estudio, se procede a establecer criterios de selección para dicha estación. Se aprecia en la Ilustración 2. que la distancia entre las estaciones M0031, M0041, M0141, M1095 y M1111 no es representativa, más lo es con la estación M1040.

Ilustración 2. Localización de Estaciones Estudiadas, respecto a la Cuenca del Río Pute



La ilustración muestra la distribución geográfica de las estaciones involucradas en el estudio, esto permite notar la cobertura espacial respecto a la cuenca del Río Paute. Hacer esto es fundamental para validar que el muestreo abarque las diferentes zonas que forman parte de esta región.

Fuente: Autor

Con el fin de ocupar toda la muestra, se va a despreciar el criterio de Distancia, ya que de acuerdo con la solicitud realizada al INAMHI, se detalla explícitamente que se entreguen las estaciones activas y que dispongan lecturas desde el año 1996 hasta el 2013 en la Cuenca del Río Paute.

a. Levantamiento de datos pluviométricos

Para el desarrollo del trabajo se precisó un banco de datos de la zona de estudio, estos fueron solicitados mediante el trámite correspondiente por los medios oficiales al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), entidad gubernamental que toma y almacena este tipo de información a nivel nacional. Esta entidad permite su visualización y tratamiento a nivel público dependiendo de la escala requerida, es decir, la información llega a ser gratuita y de interés común si esta es requerida en una escala mensual, mas no diaria. [23]

A través de una solicitud escrita y firmada, se realizó el requerimiento de los datos pluviométricos mensuales, con una corrida mínima de 15 años continuos de las estaciones ubicadas en la cuenca del Río Paute (Revisar Anexo 1), las cuales se indicaron en la Tabla 1.

Al existir un cierto número de fuentes en la red, se procedió a una búsqueda con el fin de verificar si se poseen más estaciones en la cuenca analizada; en vista de que se apreciaron anomalías por errores de digitación en las geolocalizaciones, arrojando zonas alejadas considerablemente de los límites geológicos del área focalizada para el estudio, precipitaciones trianuales, entre otros y alegando a estos problemas, bajo un muestreo intencional debido a razones cómo:

- Volumen y calidad de datos
- Temporalidad en funcionamiento
- Juicio de experto (INAMHI),

se decidió únicamente tomar como datos oficiales los compartidos por el INAMHI a través de un “Bloc de notas”, el cuál fue depurado y convertido a un documento de tipo “.xlsx” para Microsoft Excel, formato acorde para el desarrollo de las siguientes etapas.[24].

b. Métodos clásicos (manuales) para estimación de datos faltantes

Al establecer la condición de fiabilidad en la malla de datos, basándose en que la fuente de estos es directamente del INAMHI, se puede declarar que el registro compartido puede ser utilizado sin verificaciones previas para resaltar su validez; más aún, cabe remarcar que pese a tener un registro de más de 10 años de lecturas, este banco de información posee vacíos en distintos meses y años. Las primeras impresiones de los datos obtenidos revelan que no existe un volumen significativo de información faltante, por lo que el

enfoque del trabajo es: Identificar qué metodología es la más acertada al estimar datos faltantes.

Al haber obtenido la totalidad de datos revisada y aceptada para su tratamiento se escogieron los métodos clásicos para completar el volumen faltante; las metodologías empleadas van a ser 4. Dos de ellas de carácter estadístico y las otras serán las más aplicadas a nivel país (se resalta que los métodos empleados obedecen a cálculos, estos se resumen en la Tabla No. 2 donde se remarcarán sus características principales, así como sus ventajas y desventajas.[18], [25], [26].

Tabla 1. Características, ventajas y desventajas de los métodos clásicos aplicados.

MÉTODO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
MÉTODO ARITMÉTICO	- Se obtiene del promedio simple de las precipitaciones en todas las estaciones de la zona. - Se sugiere utilizarla cuando las estaciones poseen una distribución parciamente uniforme.	- Es rápido y sencillo al aplicarlo. - La facilidad con la que se aplica hace que este método no precise software especializado.	- Su precisión se ve reducida en zonas con una considerable variabilidad climática o topográfica. - Al funcionar únicamente con un valor estadístico, no considera la topografía de la zona. - El uso de valores promedios puede dar valores atípicos.
MÉTODO DE INTERPOLACIÓN	- Utiliza un método confiable de la matemática para interpretar datos. - Es fundamentada por la proximidad de las estaciones, siempre y cuando tengan datos. - Su utilidad cobra relevancia en modelos Georreferenciados o mapas.	- El grado de confiabilidad es mayor que el método aritmético. - Permite representar la variabilidad geográfica de la precipitación. - Si se posee información de tipo DEM (Digital Elevation Model) se pueden llegar a tener mejores resultados	- En el caso de usar herramientas SIG y software especializado se vuelve un proceso más largo y complejo. - Puede generar errores si el volumen de datos es bajo. - Si la calidad de datos no es aceptable, se llegan a presentar inconsistencias en el modelo.
MÉTODO DE LA RAZÓN NORMAL	- Se obtiene del cálculo que utiliza las precipitaciones por cada mes y año con relación al dato faltante. - El cálculo está fundamentado en los promedios de precipitaciones. - Aplica factores de corrección	- La topografía no resulta problemática para este método. - Al igual que la topografía, la diversidad climática no se presenta como un problema al tener los coeficientes factores de corrección. - Al ser un método que no	- Al depender enteramente de datos históricos, también es propenso a provocar anomalías de acuerdo con la calidad y volumen de datos con la que se realicen los cálculos. - Su precisión se ve afectada, si y solo si la región en estudio

	(Precipitación media de la estación) para mejorar la precisión.	enfatiza las brechas de topografía y clima, precisa mayormente datos históricos para su desarrollo.	posee climas sumamente cambiantes.
MÉTODO DE REGRESIÓN LINEAL	- Resulta de relacionar linealmente las precipitaciones entre estaciones, dónde al menos una de estas debe tener datos completos. - La correlación entre estaciones ayuda a llegar a tener una mayor precisión. - La inclusión de variables adicionales para el cálculo es aceptada.	- La precisión de los resultados aumenta en función de la correlación entre estaciones. - Aunque los registros estén incompletos, se puede generar un modelo de predicción. - La versatilidad de este método se aprecia en su aplicabilidad en el poder ocupar modelos de otras zonas para comprobar valores.	- En el caso de no existir relación entre variables, los grados de erros se disparan. - Al evaluar los modelos generados se puede o no tomar los resultados como aceptables.

Fuente: Autor / [15], [27]

i. Método Aritmético (MAR)

El método aritmético contempla el uso de los valores promedios de precipitación por una corrida completa del periodo analizado, en el mes donde se encuentre el dato faltante; es decir, los datos faltantes serán rellenados con el valor de la precipitación promedio del mes correspondiente.

$$\boldsymbol{P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \cdots P_n}{n}} \qquad \textit{Ec. 1}$$

Dónde:

- *Pn= Precipitación promedio para cada mes en cada año, hasta "n" años.*
- *n= Cantidad de años con datos completos*
- *P= Valor de la precipitación a llenar*

ii. Método de Interpolación (MIN)

El método de interpolación consiste en calcular valores a partir de datos referenciales. El método se ha aplicado desde la obtención de parámetros cuya función resulta conocida, o a su vez, los valores están establecidos como teorema o principio de cálculo. La

metodología involucra valores máximos y mínimos tanto en la media anual como en los valores del mes de estudio.

$$\boldsymbol{y_X = y_0 + \left[\left(\frac{x - x_0}{x_1 - x_0}\right) * (y_1 - y_0)\right]} \qquad \textit{Ec. 2}$$

Dónde:

- *Valores de "x" = Valor máximo (x1), mínimo (x0) y promedio de ambos (x) en las medias anuales.*
- *Valores de "y" = Valor máximo (y1), mínimo (y0) y valor buscado (y) de los valores en el mes estudiado.*

iii. Método de la razón Normal (MRN)

La razón normal es un método ampliamente aplicado en el área de la determinación de valores faltantes en series pluviométricas. Relaciona los valores de precipitación puntualmente en los meses y años dónde se posee el valor faltante. Al realizar una suma de los productos sucesivos, y establecer relación entre el valor promedio de la estación objetivo con las precipitaciones de las estaciones aledañas, se obtiene un valor discretizado, y tomando en cuenta solo valores existentes.

$$\boldsymbol{h_{pa} = \frac{1}{n} * \left[\frac{P_A}{P_B} * h_{pb} + \frac{P_A}{P_C} * h_{pc} + \frac{P_A}{P_D} * h_{pd} + \cdots + \frac{P_A}{P_n} * h_{pn}\right]} \qquad \textit{Ec. 3}$$

Dónde:

- *hpa = Dato de Precipitación Faltante.*
- *PA = Valor multianual en la estación "A" (Estación del dato faltante).*
- *Pn = Valor multianual en la estación "n" – Estación/es de referencia.*
- *hpn = Valor de precipitación del mismo mes y del mismo año en la estación de referencia "n".*
- *n = Número / Cantidad de estaciones de referencia*.

iv. Método de Regresión Lineal (MRL)

Es el método más utilizado en el Ecuador ya que permite establecer ecuaciones características para modelos de lluvia en diferentes periodos, y utilizar estas para la predicción y modelamiento de escenarios en función de proyectar obras de carácter hidráulico. El método de regresión lineal simple busca llegar a una ecuación de tipo

"lineal", cuyos coeficientes se ven definidos en base a las precipitaciones de las estaciones aledañas; utilizando los valores de precipitación en un periodo completo de estudio, para un solo mes, se pueden definir los valores para la conformación de esta ecuación de primer grado. Se remarca que este método precisa de una verificación de consistencia en función de no generar una función cuyo dominio sea incorrecto.

$$\boldsymbol{y = a + bx} \qquad \textit{Ec. 4}$$

Dónde:

- y = Dato de Precipitación Faltante.
- x = Precipitación de una estación similar en la misma coordenada "Y" (Año y mes).
- a = Coeficiente de regresión obtenido
- b = Por definición resulta como la el intercepto con "Y" si "x" = 0

Una vez descritas las diferentes metodologías, es indispensable comprender el funcionamiento de *Climatol*, dado que de su correcta aplicación depende la calidad y consistencia de los resultados obtenidos. Posteriormente, se dará prioridad al foco del trabajo dónde se realizará la comparación entre los resultados generados con *Climatol* y los obtenidos mediante los métodos previamente descritos, con el fin de evaluar su consistencia y pertinencia en el contexto del estudio.

c. Aplicación de CLIMATOL

i. Método CLIMATOL (MC)

Se propone el uso del código elaborado por [20], en el que se detalla la metodología implementada en el lenguaje *R* mediante el paquete *Climatol*, ejecutado en el entorno *RStudio*. Conceptualmente, este procedimiento se basa en la función *homogen()*, la cual utiliza datos de estaciones aledañas para completar valores faltantes de acuerdo con un modelo base, homogenizando las series temporales y mejorando su consistencia. De esta forma, se obtiene un ajuste estadísticamente adecuado que permite una interpretación confiable de los resultados.

Para aplicar esta metodología, es necesario preparar dos archivos de entrada:

- **Archivo. est**: contiene la información de las estaciones en el siguiente orden: latitud, longitud, elevación, código de estación y nombre de estación.
- **Archivo .dat**: contiene la serie de datos climáticos de todas las estaciones, organizada de manera secuencial por mes y año. Debe existir una columna por

estación y los valores faltantes deben registrarse como NA. En el presente estudio se utilizaron 216 datos por estación, correspondientes al producto entre el número de meses por año y los años de registro disponibles.

Una vez preparados los archivos, se ejecuta el procedimiento en *RStudio* siguiendo los pasos que se detallan a continuación:

a. Instalación de librerías necesarias para el procesamiento de datos:

```
install.packages("climatol")
install.packages("readxl")
install.packages("maps")
install.packages("mapdata")
```

b. Carga de las librerías en el entorno de trabajo:

```
library(climatol)
library(readxl)
library(maps)
library(mapdata)
```

c. Definición del directorio de trabajo que contiene los archivos previamente preparados:

```
setwd("C:/Ruta/Carpeta")
```

d. Conversión de archivos a los formatos requeridos por Climatol:

```
write.table(dat, "prec_1996-2013.dat", row.names=FALSE, col.names=FALSE)
write.table(est.c, "prec_1996-2013.est", row.names=FALSE, col.names=FALSE)
```

Nota: el archivo .est contendrá la información de las estaciones y el .dat incluirá los datos de precipitación. Es fundamental que ambos compartan el mismo prefijo en el nombre para que el paquete los identifique como parte de un mismo proyecto.

e. Ejecución de la función principal de homogenización:

```
homogen("prec", 1996, 2013)
```

f. Extracción de los resultados para su análisis posterior:

```
dahstat("prec", 1996, 2013, stat="series")
```

Este flujo de trabajo asegura la correcta preparación, procesamiento y análisis de las series temporales, permitiendo detectar y corregir in-homogeneidades, así como obtener datos confiables para su aplicación en estudios hidrológicos, agrícolas y ambientales.

Una vez completado el proceso de homogenización y obtenidas las series depuradas, se procede a la etapa de análisis comparativo. En esta fase se contrastan los resultados generados mediante el paquete *Climatol* con aquellos obtenidos a partir de métodos tradicionales, con el propósito de evaluar la coherencia de las series, cuantificar las mejoras en la calidad de los datos y sustentar la elección metodológica empleada en el presente estudio.

a. Comparación y validación de datos obtenidos

Al proponer los diferentes métodos se precisa establecer si estos cumplen criterio de aceptación para ello se emplearán métodos que permitan verificar si los datos obtenidos son fiables y cumplan un estándar para generar una comparativa admisible.

Al tener todas las series pluviométricas completadas por los métodos listados, se procede a evaluar cada una por diversos procedimientos con el fin de definir el grado de validez que posee cada uno y conocer si los valores generados pueden ser tolerados. Se aplicarán criterios como: Método de Rachas, Curvas de Doble masa, Coeficiente (R2), y Método de Kolmogorov-Smirnov. El aplicar estos métodos permiten verificar si la hipótesis llega a cumplirse, y además de ello establecer cuál metodología es más aceptable al momento de rellenar series pluviométricas para el área de estudio. Para identificar sus bondades y defectos, se aprecia la Tabla 3.

Tabla 2. Métodos empleados para la validación de datos.

Método	Características	Ventajas	Desventajas
Método de Rachas	- Evaluación de aleatoriedad: Determina si la secuencia de datos presenta un patrón sistemático o si las observaciones ocurren de forma aleatoria, lo cual es clave para garantizar la calidad de series temporales. - Identificación de tendencias ocultas: Permite detectar agrupamientos no aleatorios o cambios en la estructura de los datos, los cuales podrían indicar errores de medición o efectos externos no considerados.	- La distribución normal de datos no precisa ser supuesta por el autor. - Su rapidez es considerable al identificar tendencias en datos.	- No permite identificar la magnitud de los errores. -Es limitado cuando se trata de un patrón de datos estable. -Si el conjunto de datos no tiene una distribución adecuada, no es recomendable.
Curva de Doble Masa	- Detección de in-homogeneidades en series temporales: Permite identificar cambios en la consistencia de los datos (por ejemplo, alteraciones en los	-Los cambios en sistemas de datos son mucho más evidentes en este modelo.	-El necesitar un volumen alto de datos, hace que los errores puntuales puedan presentarse.

	patrones de precipitación debidos a cambios en el entorno de la estación, instrumentos o procedimientos de medición). - Validación gráfica y sencilla: Su interpretación se basa en la linealidad de la curva; desviaciones significativas de la pendiente indican posibles errores o rupturas en la serie.	-Simple de interpretar y reproducir -Permite identificar errores de manera más sencilla	-La interdependencia entre los datos referenciales puede ser un problema -No es un método cuantitativo, más si cualitativo.
Coeficiente R^2	- Medida de ajuste: Indica qué proporción de la variabilidad de los datos observados es explicada por el modelo o por los valores estimados, permitiendo cuantificar la precisión del ajuste. - Interpretación directa: Su valor varía entre 0 y 1; mientras más cercano a 1, mayor es la concordancia entre los datos observados y los estimados, lo que valida la consistencia de los resultados obtenidos.	-La interpretación es rápida y sencilla al tener un valor entre 0 a 1. -Práctico en la comparación de modelos -Su aplicación en el área estadística es sumamente utilizada.	-No indica si el modelo es apto para la zona. - En el caso de existir valores anormales, el modelo puede presentar fallas. - Los modelos no lineales de carácter complejo no llegan a ofrecer valores aceptables.
Kolmogorov-Smirnov	- Comparación de distribuciones: Permite verificar si dos series de datos provienen de la misma distribución estadística, siendo útil para confirmar la homogeneidad después de un proceso de corrección. - Prueba no paramétrica: No asume una distribución específica de los datos, lo que lo convierte en una herramienta robusta para validar resultados incluso en series con comportamientos no normales.	-No pretende usar modelos supuesto de distribuciones. -El modelo puede indicar si la forma en la distribución no es normal. - Las distribuciones continuas permiten un criterio mejor.	- Mientras mayor sea el volumen de datos, la alternativa es más aceptada. - Es el método más complejo que se puede emplear.

Fuente: *[16], [28]*

Teniendo un grupo sumamente diferenciado de métodos los cuales permiten definir parámetros cualitativos y cuantitativos, se pueden establecer criterios que permitan identificar anomalías, estando estas muy aparte del error que pueden presentar los diferentes métodos empleados.

b. Determinación de error porcentual

Es un parámetro que conjugado con el anterior dictará cuán alejados están los valores de la media de una serie de datos. El evaluar este parámetro permite, además de verificar la validez de los datos, dar un criterio en el cual se dictamine cuál modelo; en paralelo, llega a tener validez, o no alcanza a tener datos que se alejan a una media, la cual, a su vez, tiende a representar el comportamiento de la zona.[29]

Para el desarrollo de este proceso se deben tener dos grupos de datos, el primero cuyo volumen de datos sea completo, y otro dónde se apliquen las metodologías de relleno. Al tener una sábana de datos considerable, se pretende utilizar los mismos en los meses que contienen datos ya establecidos, eliminando estos a través de un muestreo aleatorio simple aplicando Microsoft Excel, se tabulan los datos y se aplica la función "ALEATORIO". [30], [31]

El sesgo de eliminación mínima es del 10% atendiendo al volumen y calidad de información obtenida, y este será aplicado a todas las estaciones para todos los métodos. Al aplicar la función en Excel, se determinaron un total de 23 datos para las estaciones cuyo volumen de información sea de 18 años continuos, la coordenada de los valores eliminados [Año; Mes] se replicará para todos los casos con el fin de tener un muestreo aleatorio homogéneo, lo que posteriormente permitirá realizar las comparativas necesarias. [32]

Al tener un volumen considerable de datos, la verificación por cada uno de ellos contemplaría el analizar más de 8000 datos, en virtud de establecer este criterio. Para facilitar el proceso se enfatizó el uso de las precipitaciones medias para cada año y para cada mes por todo el periodo estudiado, es decir, se evaluarán 24 datos por cada estación y por cada método, dando un volumen 720 datos separados en los grupos mencionados.

Las métricas que determinan estos grados de error son las siguientes:

i. MAE (Mean Absolute Error – Error absoluto medio)

El MAE es una métrica que cuantifica el promedio de los errores absolutos entre los valores reales y los valores predichos por un modelo. Su cálculo se basa en la media de las diferencias absolutas, sin considerar la dirección del error. Esta característica lo convierte en una medida intuitiva y de fácil interpretación, ya que indica la magnitud promedio del error cometido por el modelo. Valores más bajos de MAE reflejan un mejor desempeño del modelo en términos de precisión.[33].

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|Y_i - Y_e|$$

Ec. 5

Dónde:

- *Yi= Valores real (Leído)*
- *n= Cantidad de datos de la serie tiempo*
- *Ye= Valor calculado por los métodos*
- *i=Dato de la serie en el tiempo*

ii. RMSE (Root Mean Square Error – Error Cuadrático Medio)

El RMSE mide la magnitud promedio del error, pero a diferencia del MAE, penaliza con mayor intensidad los errores de mayor magnitud, ya que eleva al cuadrado las diferencias antes de promediarlas y posteriormente les extrae la raíz cuadrada. Esta métrica es especialmente útil cuando se desea que el modelo sea más sensible a grandes desviaciones. Al igual que el MAE, valores más bajos de RMSE indican una mayor precisión en las predicciones.

$$RMSE = \sqrt{MSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Y_i - Y_e)^2}}$$

Ec. 6

Dónde:

- *Yi= Valores real (Leído)*
- *n= Cantidad de datos de la serie tiempo*
- *Ye= Valor calculado por los métodos*
- *i=Dato de la serie en el tiempo*

iii. MAPE (Mean Absolute Percentage Error – Error Porcentual Absoluto Medio)

El MAPE expresa el error promedio como un porcentaje en relación con los valores reales, lo que permite una interpretación relativa del desempeño del modelo. Es particularmente útil para comparar el rendimiento entre modelos aplicados a diferentes escalas o conjuntos de datos. No obstante, presenta limitaciones cuando los valores reales

se acercan a cero, ya que puede distorsionar el resultado. Un valor bajo de MAPE indica una mayor exactitud en las predicciones del modelo. [34], [35], [36]

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{Y_i - Y_i}{Y_i}\right| * 100\%$$

Ec. 7

Dónde:

- *Yi= Valores real (Leído)*
- *n= Cantidad de datos de la serie tiempo*
- *Ye= Valor calculado por los métodos*
- *i=Dato de la serie en el tiempo*

CAPITULO III
MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

Se empleará una investigación analítica, se utiliza para analizar un fenómeno o situación, con el fin de explicar las causas o relaciones entre las variables. Es útil para obtener información detallada sobre un tema y permite establecer una base de datos para investigaciones futuras. Para llevarla a cabo, es necesaria la selección de una muestra donde se obtengan los resultados, y se sustenta en fundamentos racionales y hechos
comprobables. Además, es importante que se verifiquen los datos utilizando técnicas de medición empírica. Este tipo de investigación tiene la capacidad de corregir, durante el proceso, algunos elementos cuando la situación lo amerite o al contar con evidencias que avalen un nuevo objetivo. Por último, los resultados son definitivos en ciertos aspectos, aunque existe un margen en el que otros estudios puedan plantear hipótesis contrarias, las cuales son tan válidas como las iniciales

3.2. Población o muestra

La muestra corresponde a los datos pluviométricos de las estaciones que recolectan esta información a nivel de la cuenca del río Paute. Al tener un volumen considerable de estaciones se redujo el espectro de búsqueda a través de la petición directa al instituto encargado en la recolección de estos datos INAMHI; una vez realizada la petición por escrito (en dónde se estipularon parámetros necesarios para un trabajo adecuado), la información fue compartida siguiendo los lineamientos solicitados.

3.3. Prueba de Hipótesis - pregunta científica – idea a defender

En el presente estudio se plantea la siguiente hipótesis: *"El uso del software Climatol para la estimación de series pluviométricas en la cuenca del río Paute proporciona resultados más precisos y consistentes en la homogenización y completación de datos climáticos, en comparación con las metodologías clásicas, debido a su capacidad para manejar series incompletas y detectar inhomogeneidades de manera automatizada."*

Esta hipótesis surge a partir de la siguiente **pregunta científica**: ¿El software Climatol mejora significativamente la calidad y consistencia de las series pluviométricas en la cuenca del río Paute en comparación con las metodologías clásicas de estimación?

La idea para defender en esta investigación es que la implementación de herramientas computacionales especializadas, como Climatol, permite una estimación más eficiente y precisa

de series pluviométricas, superando las limitaciones de las metodologías tradicionales en cuanto a la detección de inhomogeneidades y el tratamiento de datos faltantes.

Para comprobar esta hipótesis, se aplicó una **prueba comparativa cuantitativa** entre los resultados obtenidos mediante metodologías clásicas (como el método de los vecinos más cercanos, regresión lineal múltiple y el método de la media aritmética) y los generados por el software Climatol. El análisis se centró en los siguientes aspectos:

- **Análisis estadístico de errores**, con métrcias MAE, MAPE y RMSE además del coeficiente de determinación (R^2), con el fin de evaluar la precisión de las estimaciones.
- **Validación cruzada**, eliminando datos conocidos de las series para evaluar la capacidad de reconstrucción de cada metodología con alternativas como Método de Rachas, Kolmogorov Smirnov y Curva de doble masa.

3.4. Recolección de información

Al tener un volumen considerable de estaciones se redujo el espectro de búsqueda a través de la petición directa al instituto encargado en la recolección de estos datos INAMHI; una vez realizada la petición por escrito (en dónde se estipularon parámetros necesarios para un trabajo adecuado), la información fue compartida siguiendo los lineamientos solicitados cómo:

- Las estaciones deben pertenecer a la cuenca del río Paute
- Los datos deben tener al menos 5 años de lecturas continuas
- La información deberá tener una corrida máxima de 20 años.
- Los datos deben de ser de carácter pluviométrico.

Se utilizaron las estaciones y sus datos pluviométricos, más específicamente, las precipitaciones máximas registradas mensualmente (Datos proporcionados por el INAMHI), teniendo las estaciones presentes en la Tabla 1.

Tabla 3: Estaciones en estudio de la cuenca del Río Paute

No.	Nombre	Código	Longitud	Latitud	Elevación (m.s.n.m.)	Activa	Periodo
1	Cañar	M0031	78G 56' 42.70"W	2G 33' 07.95" S	3083,00	SI	1996 - 2013
2	Sangay (p. Sta. Ana)	M0041	77G 57' 31" W	1G 41' 27" S	880,00	SI	1996 - 2013
3	El Labrado	M0141	79G 4' 23" W	2G 43' 58" S	3335,00	SI	1996 - 2013
4	Macas - San Isidro - Domono	M1040	78G 7' 30.02" W	2G 13' 47.35" S	1110,00	SI	2008 - 2013

5	Ingenio Aztra (La Troncal)	M1095	79G 21' 9.19"W	2G 26' 35.76"S	50,00	SI	1996 - 2013
6	Chanlud	M1111	79G 2' 2.23" W	2G 40' 48.23" S	3336,00	SI	2000 - 2013

Fuente: Autor/ INHAMI 2025

3.5. Procesamiento de la información y análisis estadístico

Para el procesamiento de los datos en el análisis comparativo entre metodologías clásicas y el software Climatol en la estimación de series pluviométricas en la cuenca del río Paute, se aplicó un modelo estadístico cuantitativo basado en la evaluación de la precisión y consistencia de las estimaciones. El diseño experimental consistió en la selección de estaciones meteorológicas con registros históricos de precipitación, sobre los cuales se aplicaron tanto métodos tradicionales (media aritmética, regresión lineal múltiple, vecinos más cercanos) como el software Climatol. Para evaluar el desempeño de cada metodología, se utilizaron métricas estadísticas como el Error Absoluto Medio (MAE), el Error Cuadrático Medio (RMSE) y el Porcentaje de Error Absoluto Medio (MAPE), permitiendo cuantificar la precisión de las estimaciones respecto a los datos observados. Adicionalmente, con el fin de validar la homogeneidad y consistencia de las series temporales, se aplicaron pruebas estadísticas como el Método de Rachas, la prueba de Kolmogorov-Smirnov y el análisis mediante la Curva de Doble Masa. Estas herramientas permitieron identificar posibles inhomogeneidades, cambios estructurales y evaluar la estabilidad de las series en el tiempo. Aunque no se aplicaron pruebas de rangos múltiples como Tukey o Duncan, debido a la naturaleza no experimental del estudio, el enfoque estadístico adoptado permitió una comparación robusta entre los métodos evaluados, confirmando la validez de los resultados obtenidos.

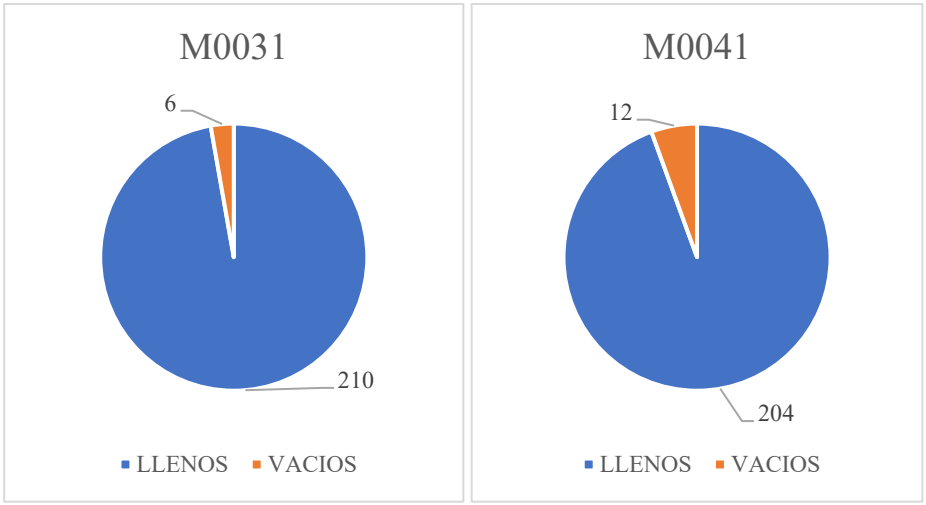
CAPITULO IV

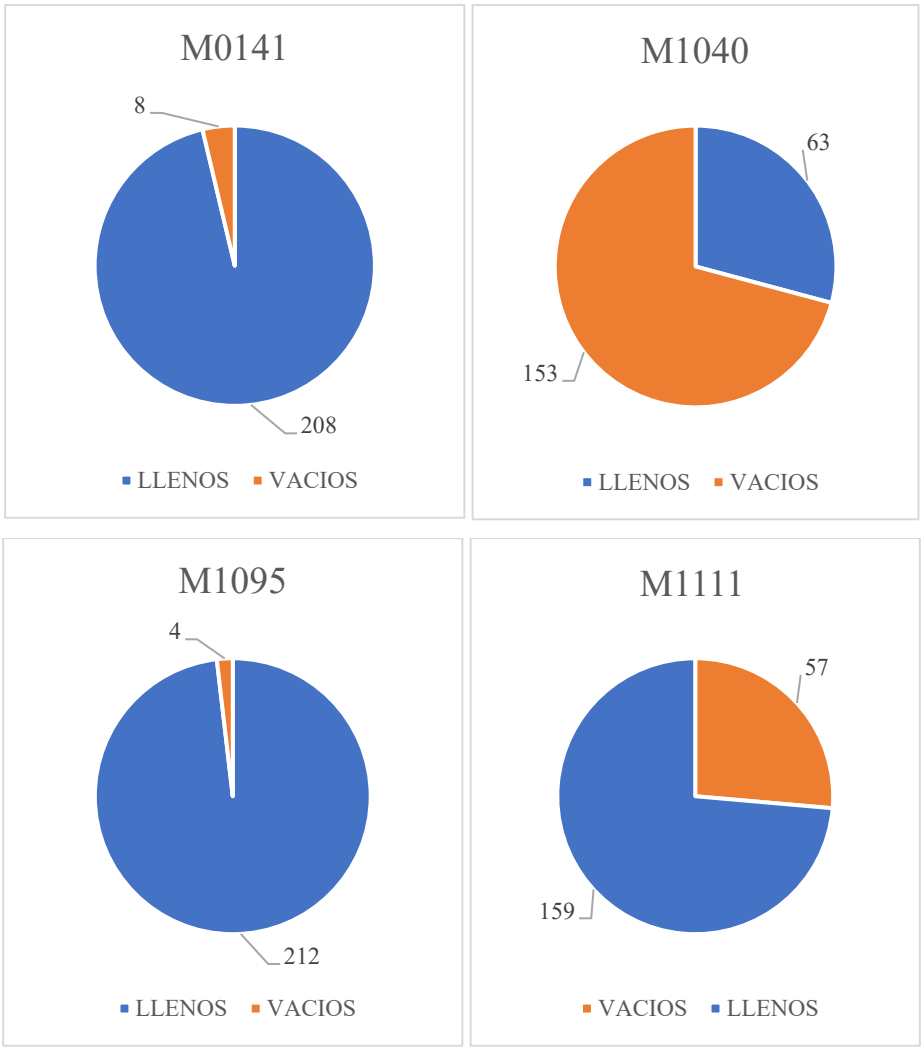
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

El porcentaje de vacíos existentes es de un 18.51% en toda la muestra (datos pluviométricos de las estaciones facilitadas por el INAMHI en el rango desde 1996 hasta 2013, con un total de 1296 datos esperados, y un total de 1056 lecturas completas y 240 vacías), a diferencia de otros proyectos cómo [37] (Tesis realizada en la Cuenca del Río Pastaza en un periodo similar, el foco del trabajo es similar, sin embargo emplea el uso de Python y Redes Neuronales Artificiales para la obtención y homogenización de series pluviométricas) donde el porcentaje de vacíos rodea valores cercanos al 15%, se resalta una gestión inadecuada con relación a una de las cuencas de mayor importancia a nivel país, además para la toma de datos como se indicó en la tabla No. 1 el volumen de datos se aprecia como directamente proporcional a los años cuya lectura ha sido realizada, por lo que se apreciará una menor cantidad de datos a diferencia de las estaciones M1040 y M1111.

Ilustración 3. Volumen de datos vacíos Vs. Datos Totales





El tener una representación gráfica del volumen de datos faltantes aporta a interpretar más rápidamente las lecturas y volumen de información disponible para el estudio.

Fuente: Autor

I. MÉTODOS CLÁSICOS

El tiempo reflejado al emplear estos métodos comprende una parte esencial al momento de tomar en cuenta cuán eficiente es cada uno, mas no en el error que estos puede presentar.

Con respecto al MAR es considerablemente el más sencillo de ejecutar al únicamente rellenar los espacios faltantes con el valor promedial mensual, no se precisan consideraciones extra al momento de ejecutar este método ya que cada estación depende únicamente de ella misma. Juntamente con la alternativa Aritmética, el MIN considera tomar los valores máximos y mínimo, tanto en el mes de estudio como en la precipitación promedio anual; al relacionar estas dos variables se obtiene un resultado que aparentemente llega a tener un mejor grado de validez basándose en un fundamento estadístico, ya que no se replica un valor, si no que llega a tener

ciertas variaciones, caso que se asemeja al comportamiento real de la zona (ningún valor se repite).

En su contraparte, para el MRN, comprende el realizar un relleno de datos cuyo resultado depende de otras estaciones aledañas, representando una mayor complejidad al tomar datos externos a la estación objetivo y utilizarlos para generar un solo valor. Esto permite analizar las diferencias que existen entre cada estación y su comportamiento; previamente se estableció que se tomarán todas las estaciones como útiles para esta evaluación, no se rechazarán estos datos omitiendo en cierta manera el criterio de "cercanía" entre áreas de estudio. El desarrollo comprendió utilizar los valores por cada mes y por cada año correspondientes a los valores faltantes; ciertos inconvenientes se presentaron durante el desarrollo, uno de ellos mostraba la existencia de un porcentaje moderado de coincidencia en los meses dónde había ausencia de información, es ahí donde el método muestra su versatilidad frente a estos imprevistos [14].

Aplicando el MRL, el cuál llegó a precisar una mayor cantidad de datos para poder emplear y desarrollar una ecuación que muestre el comportamiento de cada mes que posea datos faltantes. Este proceso al igual que la MRN llega a tener un mejor desempeño si la cantidad de vacíos es mínima, situación favorable en los meses diferentes a diciembre (mes con mayor cantidad de datos faltantes en todas las estaciones).

Para establecer un criterio de fiabilidad en las ecuaciones generadas, se aplicó el método de significación "t de Student" con el cual se aprecia si la "ecuación" puede o no ser aceptada para la generación de estos datos; en función de esta prueba se determinó que la mayoría de las ecuaciones generadas para los mese ajenos a diciembre, eran aceptables en un gran porcentaje. En contraste con el mes de más vacíos, existió una ecuación para la estación M1095 (Ingenio Astra) cuya aceptación fue nula como se aprecia en la Tabla. No.4.

Para cada mes y estación se verificó si la ecuación de regresión obtenida representaba de manera confiable la relación entre las variables. Para ello se planteó la siguiente hipótesis:

- **Hipótesis nula (H_0):** La pendiente de la recta es igual a cero, lo que significaría que no existe una relación lineal significativa entre las variables.
- **Hipótesis alternativa (H_1):** La pendiente de la recta es diferente de cero, lo que indica que sí existe una relación lineal significativa.

Con estas hipótesis se aplicó la prueba **t de Student** para cada pendiente. Se calculó el valor del estadístico *"t"* dividiendo el valor de la pendiente entre su error estándar, y luego se comparó con el valor crítico correspondiente al nivel de significancia del 5 %.

- Si el valor calculado de *"t"* fue mayor en valor absoluto que el valor crítico, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó que la ecuación describe adecuadamente la relación (criterio "ACEPTADA").

- Si el valor calculado de *"t"* no superó el valor crítico, se aceptó la hipótesis nula y la ecuación se consideró no significativa (criterio "RECHAZADA").

En la tabla se muestran, para cada mes, la ecuación de regresión, el resultado de la prueba y el valor del estadístico *"t"* correspondiente.

Tabla 4. Resultados y Criterios por "T de Student" de la generación de Ecuaciones mediante Regresión Lineal

ESTACION	MES	ECUACION	CRITERIO	PRUEBA DE SIGNIFICACION "t" DE STUDENT
M0031	DICIEMBRE	Y= 40.55 + 0.03057 * x	ACEPTADA	2.6976
M041	AGOSTO	y=-51,312 + 3,126 * x	RECHAZADA	1.21642
	SEPTIEMBRE	y=-54,96 + 3,126 * x	RECHAZADA	8.9755
	OCTUBRE	y=323,298 + -0,171 * x	ACEPTADA	0.01966
	NOVIEMBRE	y=256,384 + 0,5 * x	ACEPTADA	1.36602
	DICIEMBRE	y=253,193 + 0,467 * x	ACEPTADA	1.098025
M0141	NOVIEMBRE	y=-6,844 + 0,866 * x	RECHAZADA	1.36602
	DICIEMBRE	y=84,448 + 0,142 * x	ACEPTADA	0.53822
M1040	MAYO	y=52.896 + 1.418 * x	ACEPTADA	1.95387
	JUNIO	y=-87.602 + 2.643 * x	ACEPTADA	2.18262
	JULIO	y=210.518 + 0.188 * x	ACEPTADA	0.19640
	AGOSTO	y=-8,5 + 2,221 * x	ACEPTADA	4.13959
	SEPTIEMBRE	y=18,815 + 1,65 * x	ACEPTADA	2.38500
	OCTUBRE	y=-327,593 + 4,607 * x	RECHAZADA	4.35289
	NOVIEMBRE	y=-47,8 + 2,184 * x	ACEPTADA	1.50857
	DICIEMBRE	y=77,217 + 0,316 * x	ACEPTADA	1.07891
M1095	DICIEMBRE	y=-127,502 + 1,469 * x	RECHAZADA	2.42496
M1111	AGOSTO	y=54,802 + 0,367 * x	ACEPTADA	2.08384
	SEPTIEMBRE	y=9,135 + 0,899 * x	ACEPTADA	3.74313
	OCTUBRE	y=27,141 + 0,631 * x	ACEPTADA	2.57308
	NOVIEMBRE	y=46,227 + 0,637 * x	ACEPTADA	1.78503
	DICIEMBRE	y=70,869 + 0,249 * x	ACEPTADA	2.42496

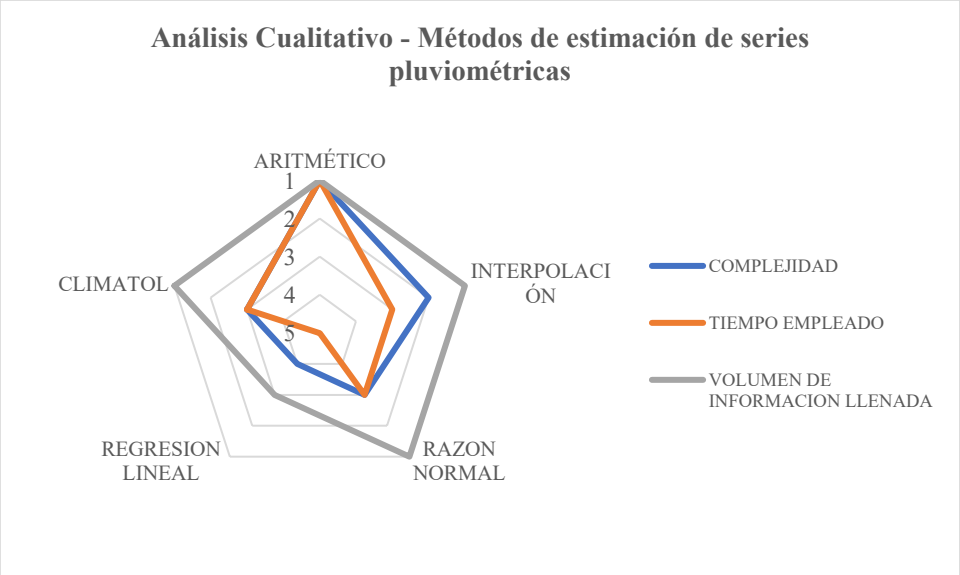
***Fuente**: Autor*

Apelando favorablemente a los métodos clásicos se resalta su capacidad de llenar todos y cada uno de los datos, indistintamente del mes y año, este factor en ciertos puntos puede llegar a ser determinante durante el proceso de selección de alternativas de estimación.

Con el fin de plantear un criterio comparativo cualitativo se indica que una vez aplicados los métodos clásicos se tiene como resultados el tiempo que toma realizar cada uno de ellos, la complejidad presentada al momento de emplear cada alternativa y el volumen de datos requerido;

en una escala de 1 a 5, siendo 1 la que menor cantidad/complejidad represente y 5 la que mayormente lo haga.

Ilustración 4. Evaluación cualitativa de los métodos empleados



El análisis cualitativo se aplica para establecer una relación directa entre cada método contrapuesto con los diferentes métodos. Al emplear una ayuda gráfica el lector tiene la facilidad en su toma de decisiones.

Fuente: Autor

Este volumen de datos calculados a través de las distintas alternativas se encuentra sintetizado en la Tabla 6 y en el caso de precisar la sábana completa de cálculo, se recomienda remitirse al Anexo 5.

II. MÉTODO CLIMATOL

Según el proceso sugerido por el autor del método empleado [19] esta alternativa sugiere una forma segura y validada a nivel Europeo y por diversos autores [18], [19], [20], [21], [25], [26] , en la cual se presentan formas simples de llegar a homogenizar valores sin requerir de un conocimiento pleno y profundo en programación lo que la hace amigable con los nuevos usuarios. La ventaja que este método representa es poder abarcar la totalidad de las estaciones y generar un archivo cuyo volumen de información vacía sea sanado por completo, sin embargo, si existieron ciertos criterios que se apreciaron al momento de realizar los cálculos para la determinación de las métricas de Error. Se logró visualizar que el paquete CLIMATOL requiere que no exista una coincidencia total en la coordenada de la información faltante en cada estación, es decir que para el cálculo de las métricas MAE, RMSE y MAPE, se debió proceder de una forma distinta en virtud de que, al ingresar los ficheros con esta particularidad, el programa arrojaba un error solicitando que al menos exista un valor en cualquier estación para poder efectuar el cálculo. Por ende, no existieron estaciones principales para el cálculo de cada métrica ya que todas se sometieron a este proceso de la siguiente forma:

- Se seleccionó la estación objetivo, en la que se debían eliminar los datos seleccionados aleatoriamente en las coordenadas calculadas y solamente estas debían tener dichas coordenadas con un vació, lo que permitía que el proceso de homogenización ejecutad por CLIMATOL se aprecie de mejor manera y en un ambiente mucho más parecido a la realidad.

Con la metodología a seguir clara, se generaron diferentes libros atacando a cada estación por separado para ser sometidos al código obteniendo resultados de una forma eficiente.

III. CÁLCULO DE ERROR

El establecer cuál de los métodos posee el menor error representa la parte fundamental del proyecto. A través del muestreo aleatorio simple y conjuntamente las métricas mencionadas (MAE, RMSE, MAPE) se establecieron estos valores para cada método y para cada estación
A través de un muestreo aleatorio simple, con un sesgo de eliminación del 10%, los datos originales de las estaciones fueron borrados remarcando estos como un "dato vacío a ser rellenado". Estos fueron seleccionados a través del muestreo, para determinar correctamente las métricas que permitirán discernir criterios y para ello se siguen las siguientes condiciones:

- Cada uno de los datos poseen una ubicación/coordenada (Año, Mes), esta debe repetirse para todas las estaciones, para todos los métodos, así se garantiza un resultado comparable entre estaciones.
- Si la coordenada de eliminación coincide con un espacio no leído (dato faltante) por la institución que otorga los datos (INAMHI), no se considerará para el cálculo.
- Los datos eliminados aleatoriamente deberán representar al menos el 10% del sesgo de eliminación, en proporción al volumen de datos por cada estación, este aspecto no debe afectar a la ubicación de los datos eliminados aleatoriamente.

Tabla 5. Disposición de los valores aleatorios obtenidos.

FALSO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1996	52.10	98.60	60.10	75.90	35.80	35.70	32.70	8.30	29.00	29.66	39.50	32.20
1997	50.60	19.00	101.40	41.10	74.61	23.00	23.80	11.90	19.90	91.50	75.13	43.40
1998	11.50	91.30	76.79	50.20	99.50	17.60	34.68	9.90	45.60	19.60	11.00	
1999	74.90	74.33	67.15	76.80	68.10	27.10	17.60	28.70	87.80	30.00	14.20	85.60
2000	41.90	64.60	82.70	69.70	70.73	6.30	17.50	45.40	8.70	6.30	47.40	
2001	48.70	21.90	76.80	43.42	42.42	37.70	9.70	22.70	24.00	3.30	51.50	77.30
2002	6.20	32.30	94.90	39.40	44.58	11.10	2.80	7.90	61.60	59.00	25.30	
2003	14.60	34.30	44.40	49.80	36.90	23.70	7.20	29.95	6.50	25.60	26.48	
2004	64.60	27.90	62.13	64.30	24.80	23.10	16.40	5.10	66.20	29.20	66.10	28.10
2005	23.80	34.20	172.60	66.30	110.50	33.20	4.10	8.60	15.90	37.30	48.80	

2006	24.80	44.30	65.93	89.10	12.70	20.70	2.20	12.00	7.30	20.60	58.10	
2007	59.28	11.90	89.70	94.60	60.30	53.00	30.39	38.80	18.40	35.80	55.40	50.60
2008	48.30	130.40	94.20	59.64	116.90	33.70	37.60	23.30	22.50	55.30	59.70	23.20
2009	80.90	40.80	60.70	29.50	21.30	46.90	17.90	15.00	30.14	32.10	20.70	37.40
2010	12.20	82.70	47.30	64.85	54.50	42.40	60.60	19.50	13.80	13.00	30.00	56.10
2011	43.40	99.00	49.00	122.10	47.60	32.80	50.90	12.30	44.60	33.40	62.10	57.50
2012	100.90	73.92	44.30	75.20	19.60	19.60	19.20	15.30	14.50	48.60	105.40	23.10
2013	23.00	77.70	51.00	12.30	95.10	21.80	29.80	24.30	10.80	55.80	24.70	24.00

Fuente: Autor

Un ejemplo de coordenada para esta estación sería (ENE, 2007) de esta forma se replicarán estas en todas las estaciones para que el cálculo sea representativo.

Durante el proceso de determinación de los valores aleatorios, se presentó una circunstancia favorable en donde ninguno de los valores a eliminar coincidía con el mes de diciembre, por lo que los cálculos del error abarcan desde Enero a Noviembre para todos los años, para todas las estaciones.

Una vez realizado el cálculo de los valores faltantes para cada uno de los métodos y estaciones se obtuvo la sábana de datos mostrada en el Anexo V

Para resumir brevemente la tabla, en esta se colocaron los valores eliminados bajo el muestreo aleatorio, cada uno fue calculado bajo cada método planteado y en base a ellos se generó la base para el cálculo de las métricas. Estas métricas se diferenciarán por ser calculadas para cada alternativa de cálculo en función de mostrar los grados de falla en cada sistema.

Tabla 6. Resumen de métricas obtenidas para cada alternativa de cálculo

ESTACIÓN	MÉTODO ARITMÉTICO			MÉTODO DE INTERPOLACIÓN			MÉTODO DE LA RAZÓN NORMAL			MÉTODO DE REGRESIÓN LINEAL			MÉTODO CLIMATOL		
	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE
M0031	25.14	29.68	83.33%	28.55	34.24	122.77%	19.31	25.03	67.17%	33.74	44.74	66.98%	20.13	26.72	59.94%
M0041	80.12	133.69	21.89%	92.61	136.24	28.72%	209.06	268.05	61.90%	229.43	319.90	86.26%	104.61	144.63	29.05%
M0141	44.19	58.83	39.47%	40.46	50.47	44.73%	40.84	46.38	33.87%	53.84	71.90	42.93%	33.54	44.80	27.68%
M1040	19.16	51.91	59.35%	22.33	59.35	59.35%	39.25	99.85	67.70%	25.89	67.63	114.89%	28.17	73.26	56.18%
M1095	126.14	203.18	173.85%	159.65	213.17	460.91%	208.06	240.95	568.92%	238.74	324.77	690.10%	192.63	232.72	514.95%
M1111	24.25	42.59	44.64%	27.74	46.45	55.98%	29.17	45.33	32.61%	35.84	58.48	68.84%	17.90	33.07	28.71%

Fuente: Autor

Como se aprecia en la tabla No. 7, cada uno de los métodos utilizados presenta un comportamiento distinto de acuerdo con la estación en donde este sea aplicado, generando desde errores minúsculos hasta algunos que sobrepasan las expectativas. En cumplimiento del objetivo, del trabajo se establece un cuadro donde se muestren los métodos más adecuados para la estimación de series pluviométricas.

Tabla 7. Resumen de métricas y establecimiento de métodos óptimos

ESTACIÓN	MAE			
	MIN	**MÉTODO**	**MAX**	**MÉTODO**
M0031	19.31	MRN	33.74	MRL
M0041	80.12	MAR	229.43	MRL
M0141	33.54	MC	53.84	MRL
M1040	19.16	MAR	39.25	MRN
M1095	126.14	MAR	238.74	MRL
M1111	17.90	MC	35.84	MRL
ESTACIÓN	**RMSE**			
	MIN	**MÉTODO**	**MAX**	**MÉTODO**
M0031	25.03	MRN	44.74	MRL
M0041	133.69	MAR	319.90	MRL
M0141	44.80	MC	71.90	MRL
M1040	51.91	MAR	99.85	MRN
M1095	203.18	MAR	324.77	MRL
M1111	33.07	MC	58.48	MRL
ESTACIÓN	**MAPE**			
	MIN	**MÉTODO**	**MAX**	**MÉTODO**
M0031	59.9%	MC	122.8%	MIN
M0041	21.9%	MAR	86.3%	MRL
M0141	27.7%	MC	44.7%	MIN
M1040	56.2%	MC	114.9%	MRL
M1095	173.8%	MAR	690.1%	MRL
M1111	28.7%	MC	68.8%	MRL

Fuente: Autor

Además del MC (Climatol) y MAR (Aritmético) se hacen presentes en la mayoría de las métricas favorablemente, pero queda por definir si estos métodos aún pueden llegar a ser considerados como un error aceptable, para reconocerlos como válidos.

Atendiendo a cada una de las métricas:

- El cálculo del MAE indica que las desviaciones, aunque se presenten como mínimas llegan a ser significativas, sin embargo, al tener en cuenta que estas zonas poseen niveles elevados de precipitación, el error puede ser discutido de acuerdo con cada una de las estaciones, ya que, en relación con las precipitaciones máximas registradas, la desviación puede ser asumida como aceptable [38].

- Por otra parte, RMSE no llega a ser muy diferente con respecto a la métrica MAE, pero tiene la particularidad que debido a su naturaleza llega a ejercer mayor presión ante los valores que presenten un error, ayudando a identificar valores inconsistentes [39].
- MAPE, se asume como válido un porcentaje del error menor al 30%, varios autores indican que estos porcentajes se estratifican en rangos [39] [40], pero la mayoría concluye que un valor se puede considerar razonable hasta un 30-50% de error. Relacionando este precedente con los datos obtenidos se tiene tanto el MAR como el MC llegan a encajar a la perfección con estos rangos, muy aparte los errores "menores" presentados para las estaciones M0031, M1040 y M1095, sobrepasan el valor más alto para ser considerado aceptable [41].

Cada caso será atendido particularmente en el siguiente apartado.

IV. ESTIMACIÓN DE SERIES CON EL MÉTODO ÓPTIMO

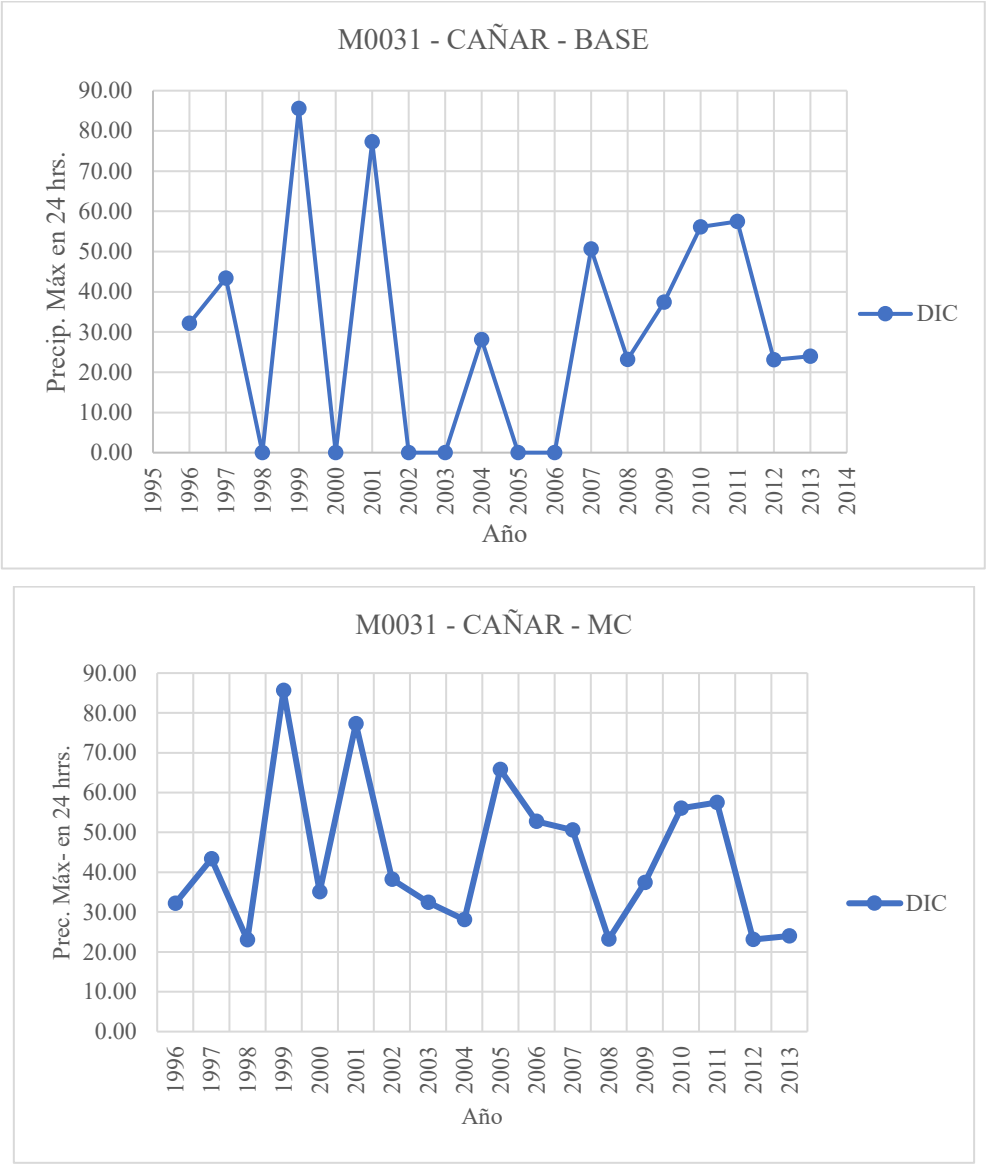
Al haber calculado las métricas que dan la pauta para definir cuál metodología presenta un mejor desempeño se aplica cada una en función de completar los datos faltantes que originalmente se hallaron en el documento base compartido por el INAMHI.

a. M0031 – Cañar

De acuerdo con la Tabla No. 8, el mejor método cuya métrica MAPE es la mínima en comparación al resto, es el MC (Método CLIMATOL). Existen ventajas frente a otras estaciones ya que esta es una de las zonas de estudio que presenta la menor ausencia de datos en toda la muestra analizada, con 6 vacíos y todos coincidentes en el mismo mes; dicha ventaja llega a ser representativa al momento de ejecutar la homogenización de valores en el paquete de Software ya que el curado de datos obliga a alinear los meses por cada año y por cada estación, lo que indica que en las otras estaciones poseen datos que permitieron llegar a ese error, aun así, la diferencia notable en los volúmenes registrados para cada estación hacen que el error no pueda llegar a ser aceptable.

Lastimosamente, el 59.90% hace que el modelo no sea aceptable, sin embargo, se presentarán los resultados obtenidos aludiendo a uno de los objetivos presentados[41].

Ilustración 5. Dispersión de valores - M0031



La ilustración muestra la variación que existe entre las curvas de Precipitación Vs. Tiempo. En la primera imagen se muestra la forma base, en la segunda la generada con el método con mejor desempeño.

Fuente: Autor

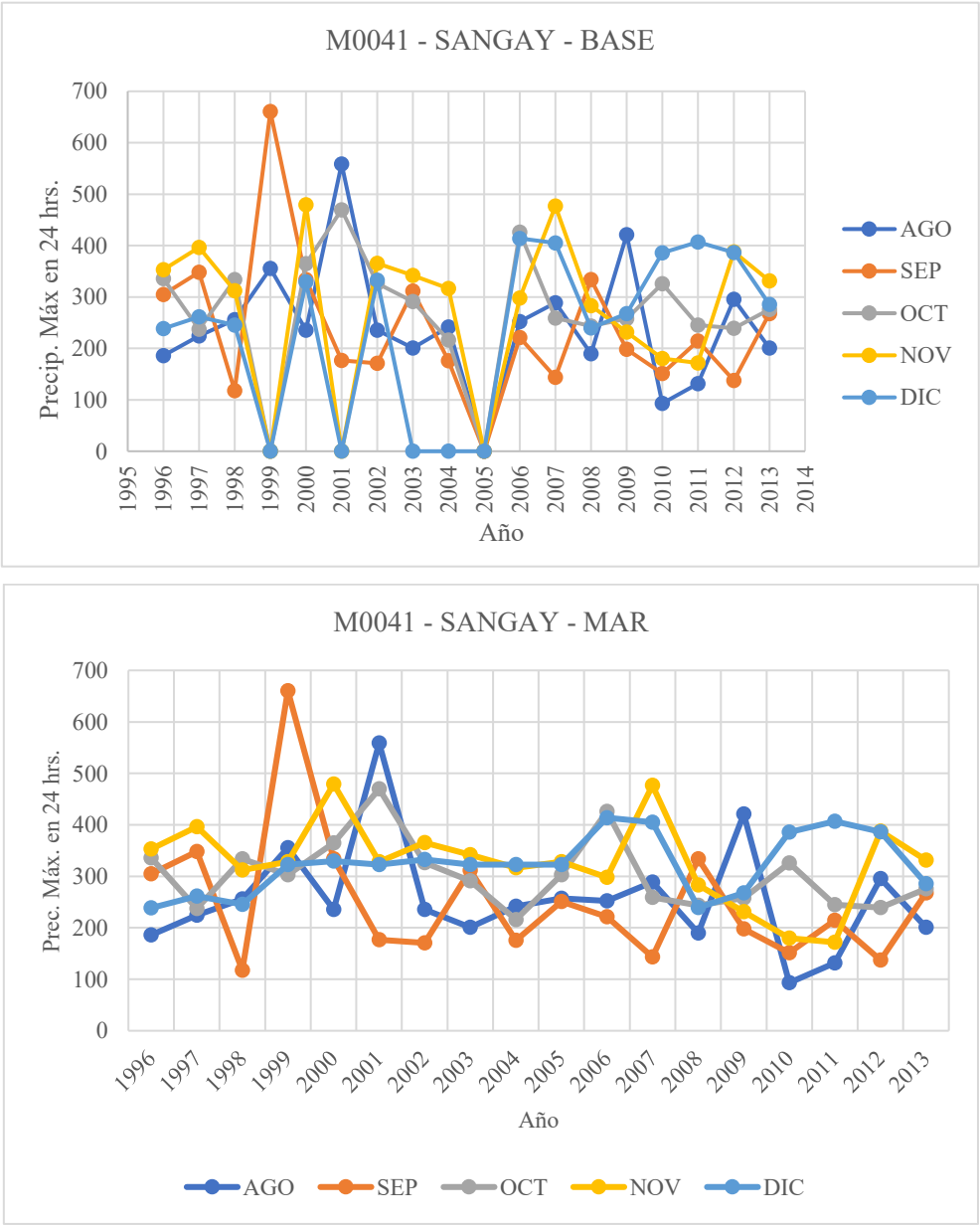
b. <u>M0041 – Sangay</u>

Para la estación de Sangay, el método óptimo de acuerdo con la métrica MAPE es el MAR (Método Aritmético).

El método empleado presenta un mejor ajuste principalmente por la estrecha relación entre valores del mismo mes en general, esto a su vez muestra que el comportamiento de esta estación pese a ser descartado como un conjunto con tendencia, llegar a mostrar que su característica de Consistencia llego

a definir el método de homogenización óptimo. Por otra parte, los datos reflejados por las métricas MAPE, más las métricas MAE y RMSE atienden a una desviación de datos notable, por lo que el método es acertado (por MAPE) pero tiene unas ligeras deficiencias con algunos valores (por MAE y RMSE). Es por ello por lo que esta metodología se puede asumir como un método que depende enteramente de las estaciones de referencia y de la consistencia de datos que tenga el mes para el volumen de años empleados, pudiendo ocasionar resultados óptimos, así como resultados poco aceptables, caso presente en esta estación con la Ilustración 6 dónde los datos favorecidos zona aquellos en dónde si existe un valor en las estaciones de referencia (Ago – Nov). Atendiendo a [40], esta estación con el MAR llega a arrojar resultados aceptables, con una métrica MAPE menos al 30%.

Ilustración 6. Dispersión de valores - M0041



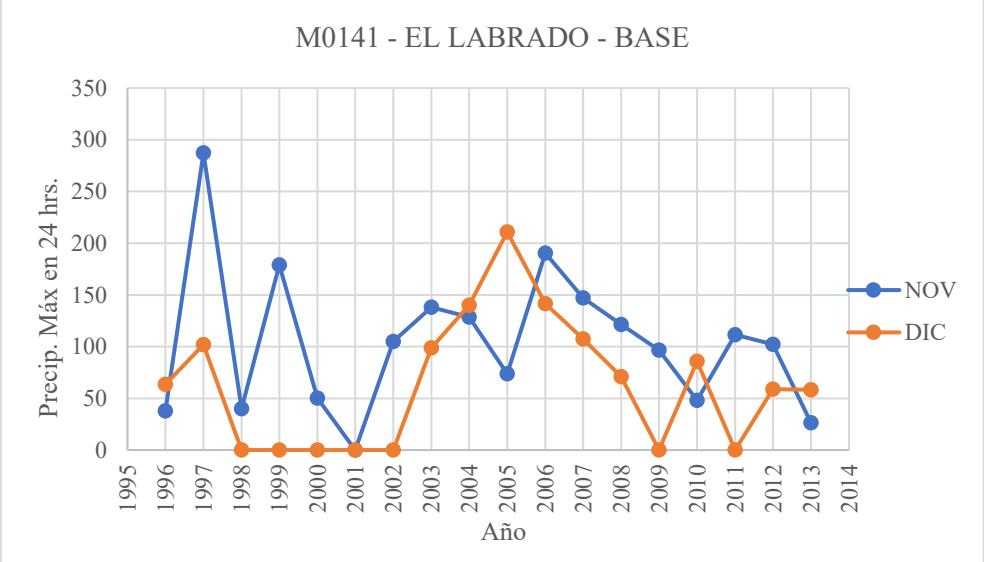
La ilustración muestra la variación que existe entre las curvas de Precipitación Vs. Tiempo. En la primera imagen se muestra la forma base, en la segunda la generada con el método con mejor desempeño.

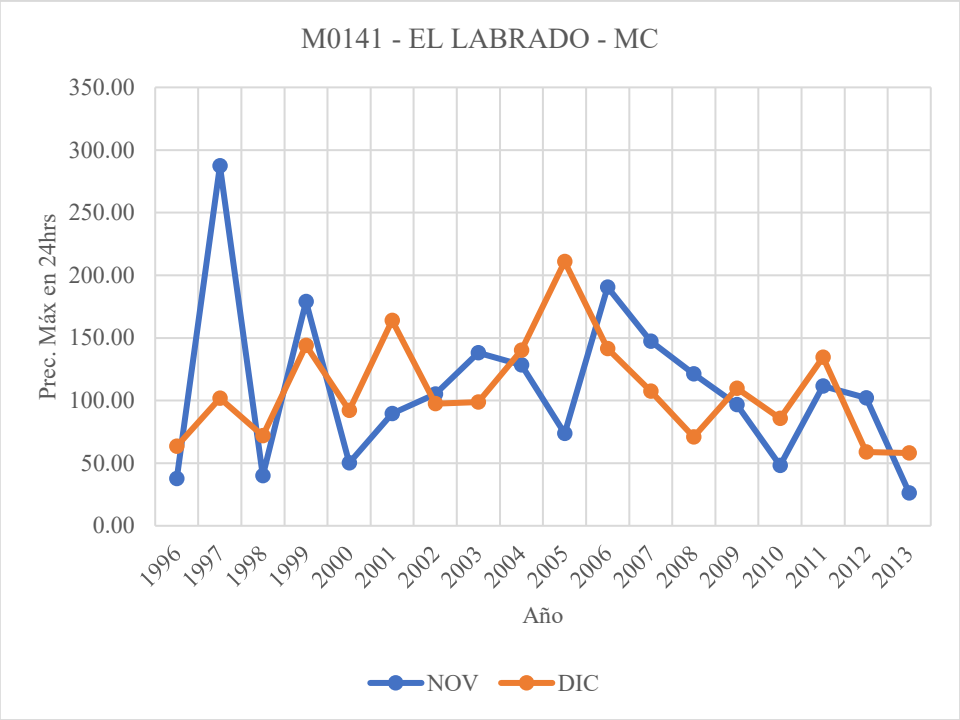
Fuente: Autor

c. M0141- El Labrado

Con respecto a la estación de El Labrado – M0141, se comparte una gran similitud con respecto a la estación M0031 en cuanto respecta a calidad de datos respecta. Pero se posee un MAPE aceptable dentro de los rangos establecidos por [40], además, con respecto a la métrica MAE, la diferencia llega a ser claramente baja (relativa a las precipitaciones de la estación). Otra ventaja que se presenta es que los meses dónde se busca completar los datos, se presentan en años dónde las estaciones de referencia poseen datos, marcando una diferencia sustancial en un amplio espectro de datos (desde 1998 a 2002 en el mes de diciembre). Con esto se demuestra nuevamente que el software arroja valores aceptables para las métricas calculadas MAE, RMSE y MAPE, lo que cataloga al MC como uno de los que mejor desempeño tiene con respecto al comportamiento de la estación.

Ilustración 7. Dispersión de valores - M0141





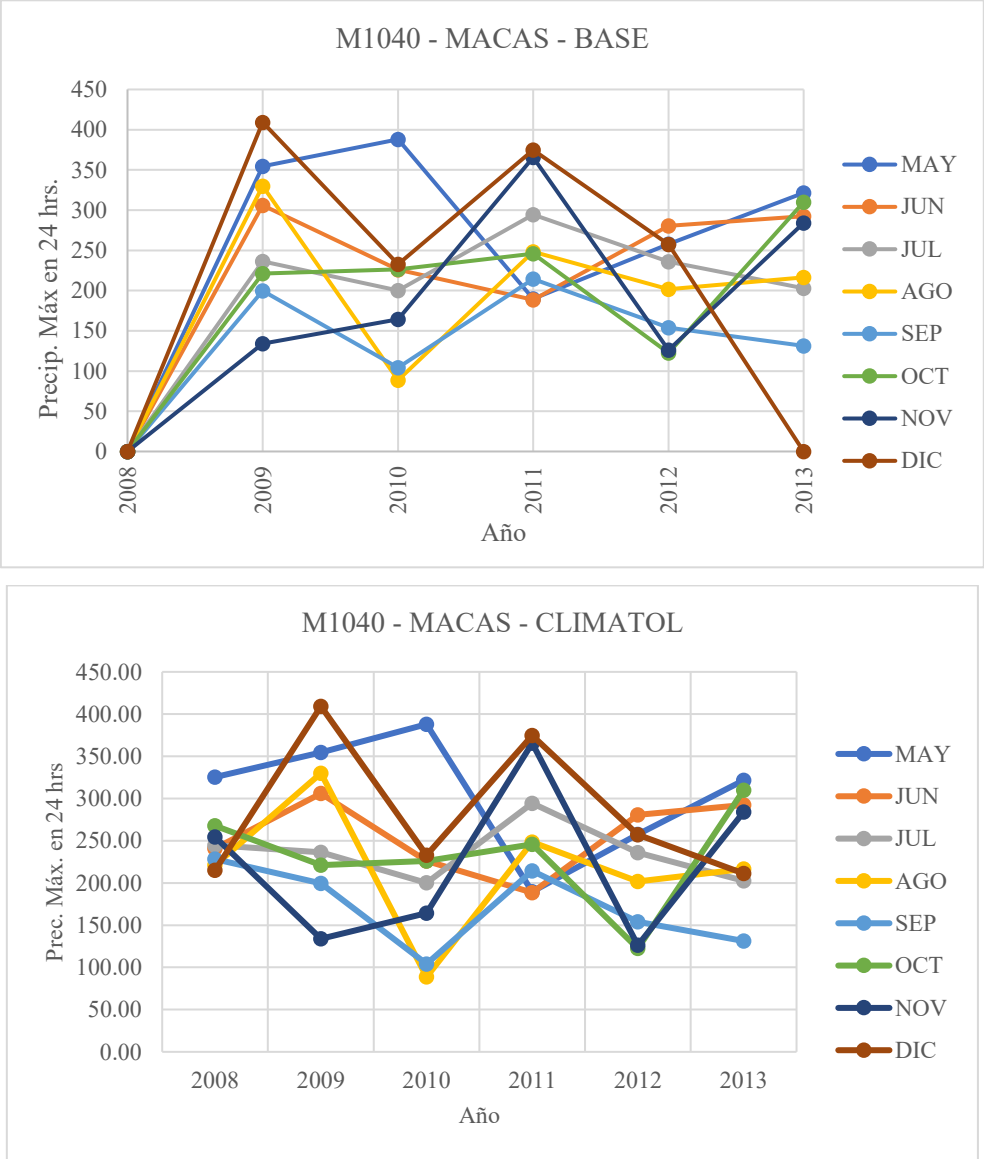
La ilustración muestra la variación que existe entre las curvas de Precipitación Vs. Tiempo. En la primera imagen se muestra la forma base, en la segunda la generada con el método con mejor desempeño.

Fuente: Autor

d. <u>M1040 – Macas</u>

El caso de la estación M1040 es mucho más peculiar que el resto de todas las estaciones puesto que sus lecturas son las de menor cantidad de años en continuo funcionamiento y lecturas, es por lo mismo que el analizar estos datos tiende a ser más complejo en función del método calculado como óptimo; contrario a esto, la métrica MAPE indica un error mayor al 56.2% justificando la nula aceptación del modelo construido. La razón base se justifica por la falta de datos, y en contraste a ello, el aplicar un método que depende del comportamiento de las otras estaciones ayuda a un relleno de información favorece a la muestra calculada. En su contraparte el valor MAE arroja una de las diferencias mínimas con relación al resto de estaciones, pero se remarca que el tener un número bajo de datos para emplear el MC, influye ampliamente.

Ilustración 8. Dispersión de valores - M1040



La ilustración muestra la variación que existe entre las curvas de Precipitación Vs. Tiempo. En la primera imagen se muestra la forma base, en la segunda la generada con el método con mejor desempeño.

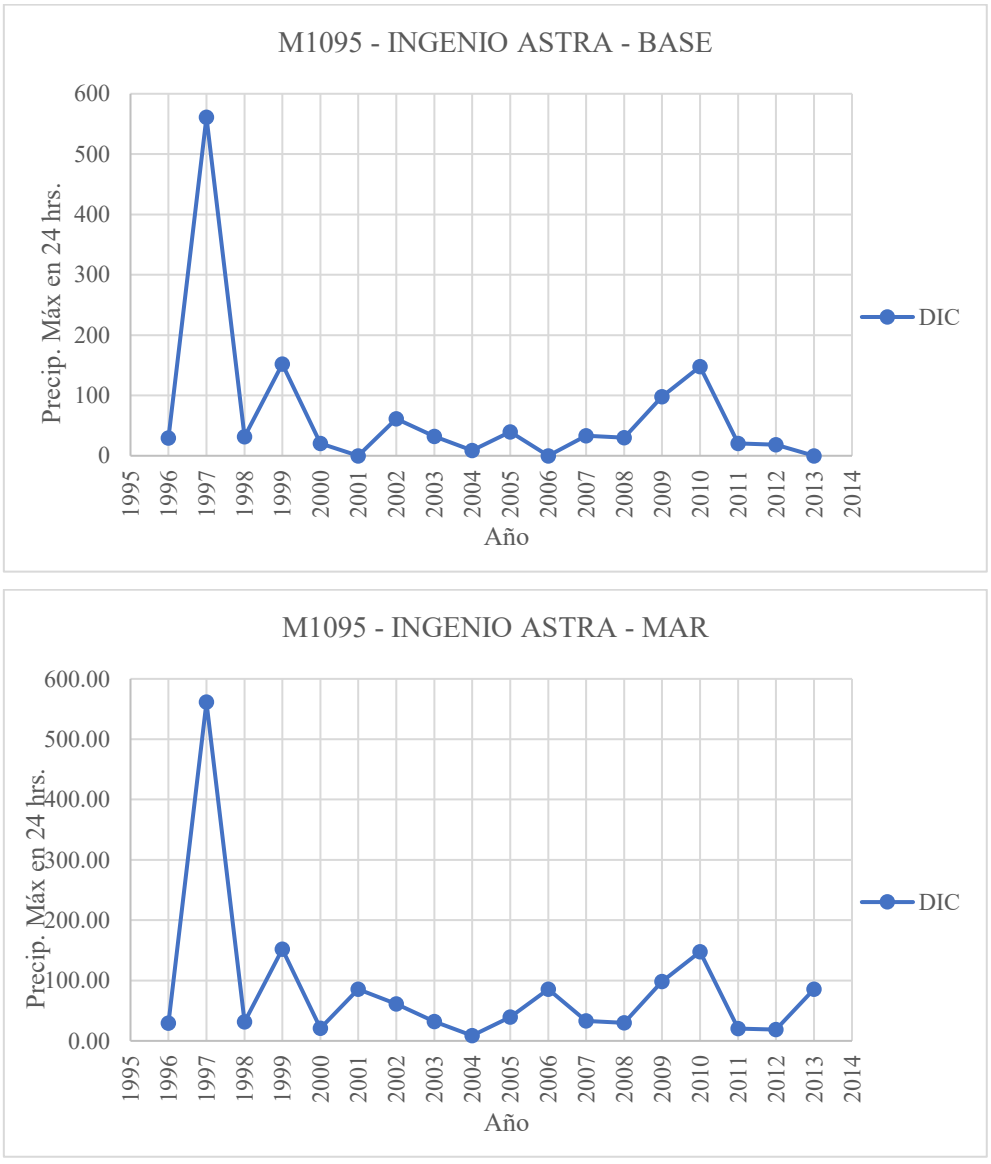
Fuente: Autor

e. <u>M1095 – Ingenio Astra</u>

Esta se presenta como una de las estaciones que ha mostrado el caso más particular entre todas las estaciones; esta se coloca como el mejor referente para el empleo de diversos métodos por su elevado número de datos y reducida cantidad de vacíos. Al momento de realizar el cálculo de las métricas, y a

través del muestro aleatorio se eliminó el valor de Mayo del 2001, en dónde la precipitación observada fue de 5.6mm, esto al evaluarlo acorde al método presentado, va a generar valores que sobrepasen este dato ya que tiende a ser un valor muy atípico con respecto a comportamiento de la zona en diferentes años. Es importante remarcar que este valor ha sido el causante de tener unas métricas que sobrepasan a todas las estaciones dando valores muy atípicos en la muestra. En el caso de que este valor no se tome en cuenta, ya que su naturaleza afecta en una escala mayor a lo esperado, los valores tanto en MAE, RMSE y MAPE, se verían reducidos hasta en más de la mitad.

Ilustración 9. Dispersión de valores - M1095



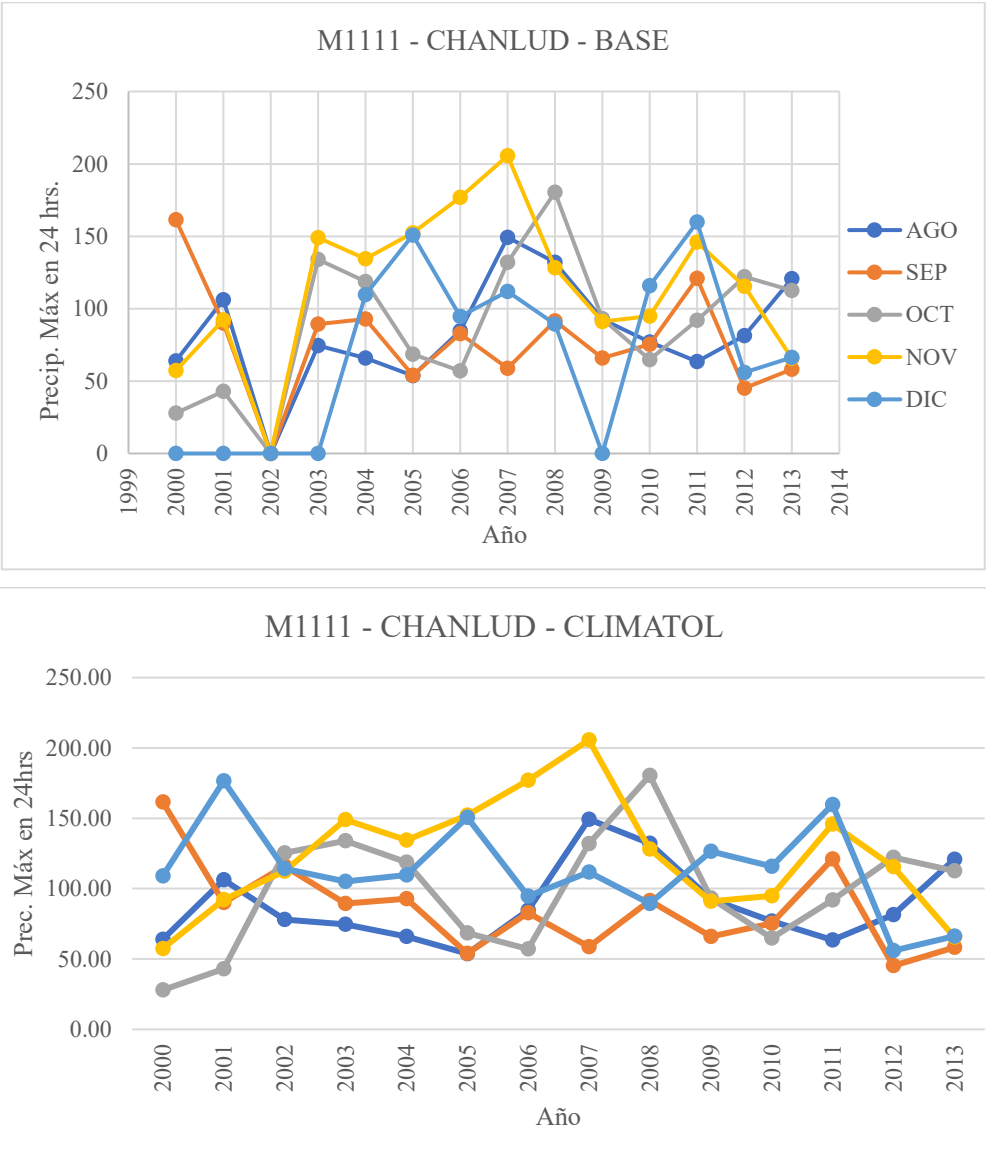
La ilustración muestra la variación que existe entre las curvas de Precipitación Vs. Tiempo. En la primera imagen se muestra la forma base, en la segunda la generada con el método con mejor desempeño.

Fuente: Autor

f. M1111 - Chanlud

Como colofón, la estación de Chanlud fue aquella que reflejó de mejor forma el comportamiento de la estación y se adaptó con mayor precisión al modelo del MC. Como se aprecia en la tabla 8 el MAPE refleja un modelo que cumple la condición de aceptación por un 2%. Este resultado se atribuye a que la calidad de datos para esta estación difiere tanto en criterios de Tendencia como de consistencia.

Ilustración 10. Dispersión de valores - M1111



La ilustración muestra la variación que existe entre las curvas de Precipitación Vs. Tiempo. En la primera imagen se muestra la forma base, en la segunda la generada con el método con mejor desempeño.

Fuente: Autor

V. VALIDACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LOS DATOS

a. Validación

i. Aleatoriedad de Datos (Método de Rachas): Este parámetro permite identificar si existen o no tendencias; al evaluar los datos por grupos de meses pretende verificar patrones existentes, de ser el caso, el conjunto de datos se califica como Datos con Tendencia o Aleatorios.

ii. Consistencia de Datos (Kolmogorov - Smirnov): Permite comprobar la consistencia del conjunto de datos, es decir, los datos no se alejan de una distribución normal y llegan a adquirir un criterio homogéneo, tanto que pueden ser tomados como válidos, sin mencionar que muestran la calidad de información que se dispone una vez generada a través de los diferentes métodos. [42]

b. Fiabilidad

i. Curva de Doble masa: Esta alternativa permite la identificación cuantitativa de los datos evaluados por los distintos métodos empleados. La grafica relaciona datos acumulados de una estación de referencia (Datos completos) y otra estación objetivo (datos buscados). Al generar una relación gráfica entre estos acumulados, se nota la consistencia del conjunto de datos a la par de si la ecuación generada por la curva llega a tener un coeficiente R2 de relevancia, siendo este un determinante para la aceptación de resultados y modelos de datos. [17]

Tabla 8. Resumen de Métodos de Validación y Fiabilidad de datos.

RESUMEN PARA VALIDACIÓN DE DATOS								
MÉTODO DE COMPLETACION DE DATOS	**MÉTODO DE VALIDACIÓN**	**M0031**	**M0041**		**M0141**	**M1040**	**M1095**	**M1111**
		DIC	**NOV**	**DIC**	**DIC**	**DIC**	DIC	
MÉTODO ARITMÉTICO	**No. DATOS**	6 / 18	3 / 18	5 / 18	7 /18	2/6	3 / 18	5 / 18
	PRUEBA DE RACHAS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS CON TENDENCIA	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS
	CURVA DOBLE MASA	0.9860	0.9748	0.9905	0.9816	0.9923	0.9883	0.9937
	PEARSON (R2)	0.9929	0.9873	0.9952	0.9907	0.9958	0.99412	0.99011
	KOLMOGOROV - SMIRNOV (K-S)	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO INCONSISTENTE DE DATOS
MÉTODO DE INTERPOLACIÓN	**PRUEBA DE RACHAS**	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS
	CURVA DOBLE MASA	0.9857	0.9939	0.976	0.9862	0.9922	0.9883	0.936
	PEARSON (R2)	0.9928	0.9969	0.9882	0.9931	0.9961	0.9941	0.9967

	KOLMOGOROV - SMIRNOV (K-S)	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO INCONSISTENTE DE DATOS
MÉTODO DE PROPORCIÓN NORMAL	**PRUEBA DE RACHAS**	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS
	CURVA DOBLE MASA	0.9455	0.976	0.976	0.9877	0.9903	0.9883	0.9953
	PEARSON (R2)	0.9724	0.9882	0.9882	0.938	0.9951	0.9941	0.9976
	KOLMOGOROV - SMIRNOV (K-S)	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO INCONSISTENTE DE DATOS
MÉTODO DE REGRESIÓN LINEAL	**PRUEBA DE RACHAS**	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS
	CURVA DOBLE MASA	0.9858	0.9754	0.9928	0.9839	0.9863	0.9883	0.9931
	PEARSON (R2)	0.9928	0.9876	0.9963	0.9919	0.9931	0.9941	0.9965
	KOLMOGOROV - SMIRNOV (K-S)	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO INCONSISTENTE DE DATOS
MÉTODO CLIMATOL	**PRUEBA DE RACHAS**	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS CON TENDENCIA	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS	DATOS ALEATORIOS
	CURVA DOBLE MASA	0.9956	0.9759	0.9861	0.983	0.9918	0.9883	0.9914
	PEARSON (R2)	0.9913	0.988	0.9931	0.9914	0.9975	0.9941	0.9908
	KOLMOGOROV - SMIRNOV (K-S)	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO CONSISTENTE DE DATOS	CONJUNTO INCONSISTENTE DE DATOS

Fuente: Autor

Se sometieron todos los métodos con cada una de las estaciones a estas pruebas de validación con la finalidad de establecer un filtro que permita verificar si los conjuntos de datos llegan a tener consistencia o presentar una tendencia, y conjuntamente evaluar si el conjunto es fiable por un método adicional, se establece la tabla No. 9. Para el apartado de conclusiones se tomarán en cuenta las estaciones con sus métodos de cálculo óptimos.

4.2. Discusión de resultados

Cada uno de los métodos utilizados fueron expuestos de forma explícita e imparcial, tratando de expresar en esencia su dificultad de ejecución, requisitos para poder realizarlo, y finalmente los datos que cada uno puede permitirse ofrecer. Globalmente, al menos en lo que a estimación de datos faltantes respecta, el cambio no se muestra significativo en la mayoría de las estaciones, sino hasta llegar al mes de diciembre, en dónde la variación por cada Alternativa de llenado óptima sale a relucir.

Los resultados de los métodos de validación muestran que:

ii. Para la estación M0031, los cálculos de las métricas indican que el modelo construido a partir del MC ofrece el mínimo error con respecto a los otros, sin embargo, teniendo en cuenta el porcentaje para un modelo aceptable, hace que el conjunto de datos estimados no sea apto. Por medio de la validación cualitativa este conjunto de valores se muestra como consistente y aleatorio, es decir, este conjunto de datos no presenta valores atípicos fuera de la media, y además la tendencia relativa que los modelos hidrológicos deberán tener en función de la teoría del ciclo hidrológico no aplica para esta estación, además su curva de doble masa indica un nivel de confiabilidad de 0.9956, dando concordancia al postulado de que el MC es el que mejor resultado ofrece con su línea de tendencia, pero es importante mencionar que esto aplica para los valores de un solo mes, por lo que se deberán explorar diferentes métodos para la estimación de datos en esta estación.

iii. Con respecto a la estación M0041 al tener un conjunto de datos con mejor distribución, se analizará caso por caso de los meses de Noviembre y Diciembre respetivamente; para el mes de Noviembre se debe tomar en cuenta que la desviación que existe entre los valores no excede un umbral elevado, teniendo la base de 81mm, esto muestra que pese a ser considerado un conjunto de datos aleatorios la consistencia de estos facilita su homogenización con métodos manuales y simples como el MAR, por otra parte y con un análisis similar el mes de Diciembre presenta una desviación de datos menor, con 80mm y con características similares, indica que para los dos casos es favorable emplear métodos simples como el Aritmético.

iv. En la estación M0141, la validación muestra resultados similares a la estación M0031. La validación cualitativa muestra que los datos no tienen una tendencia, pero tampoco llegan a presentar valores anómalos. Por otra parte, a la validación cuantitativa resalta a la conclusión otorgada por las métricas MAE, RMSE y MAPE, en dónde se declara al MC como la mejor alternativa para una estimación adecuada de esta zona.

v. En relación con la estación M1040 la valoración cuantitativa muestra que los coeficientes de la curva de Doble Masa son buenos llegando a 0.988, además de la evaluación cualitativa que muestra una clara consistencia de valores, así como el criterio de aleatoriedad imperan en esta muestra, factor determinante al momento de identificar el mejor método para homogenizar los datos. El problema con esta estación radica en sus métricas, ya que tanto MAE como RMSE, muestran valores que son aceptables con respecto a la desviación de la muestra; pese a ello, la métrica MAPE no posee la magnitud necesaria para tener credibilidad.

vi. Con la estación M1095 se logra apreciar que sus métricas desde un principio indican que el modelo resultante al emplear el MAR no podía ser aceptado bajo la condicionante de la MAPE, es ahí donde el contraste de los parámetros de validación muestran peculiaridades, si bien se aprecia a simple vista, el modelo llega a ser un modelo consistente de datos y presenta aleatoriedad, pero se deber recordar que estas validaciones se emplearon únicamente con los valores de los meses cuyo volumen de vacíos era significativo. Por lo tanto, se debería dar más peso a las métricas MAE, RMSE y MAPE, al momento de tomar en cuenta cuál modelo es mejor para la estimación de valores. A su vez una conclusión característica de esta zona llega a presentarse con esta resultante, y es que: se debe tener precaución con cada mes y con cada estación, puesto que su alta complejidad y aleatoriedad en materia de datos presenta un serio problema al emplear una sola metodología de cálculo; en la tabla 9, un parámetro de validación cuantitativo (Curva de Doble masa) llega a demostrar que el modelo es aceptable pero para un solo mes de estudio, (siendo este el que mayor volumen de vacíos representa), conjuntamente se contraponen las métricas, especialmente la MAPE, mostrando que bajo la metodología MAR no se llegan a obtener resultados favorables con respecto a los meses distintos a diciembre.

vii. Atendiendo el caso de la estación M1111, se presentan valores que difieren en cierta manera de los presentados anteriormente, principalmente en que la Validación K-S (Kolmogorov- Smirnov) señala que el conjunto de datos resulta ser inconsistente, remitiéndose al mes de diciembre, esto ayuda entender que la estación puede llegar a presentar valores atípicos en la zona. El cálculo de las métricas al igual que la curva de doble masa, ambos parámetros que precisan de evaluar cuantitativamente a la muestra, sugieren que el MC es el mejor método para la estimación de valores faltantes.

viii. El uso del paquete Climatol se destaca como el procedimiento más robusto para la homogenización y completado de series pluviométricas, especialmente en zonas con adecuada densidad de estaciones, ya que automatiza la detección de inhomogeneidades y permite reproducibilidad en los resultados. No obstante, su efectividad disminuye en áreas con escasa información, donde la representatividad espacial puede verse limitada. Métodos complementarios como la curva de doble masa y el test de Kolmogorov-Smirnov refuerzan el análisis al permitir identificar cambios en el régimen de datos y evaluar la consistencia estadística entre series, aunque su interpretación depende de la calidad de la serie de referencia y pueden ser sensibles a valores atípicos.

ix. De manera adicional, indicadores como el coeficiente de determinación (R^2) y el método de rachas aportan criterios de validación cuantitativos y cualitativos, respectivamente, facilitando la verificación de ajustes y la detección de sesgos en los datos. La integración de todos estos métodos de forma complementaria proporciona un análisis más sólido y confiable, permitiendo no solo completar series de manera objetiva sino también asegurar que las tendencias obtenidas representen adecuadamente el comportamiento climático de la región.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA, ANEXOS.

5.1. Conclusiones

- El paquete CLIMATOL es una herramienta vanguardista desarrollada y actualizada, con el objetivo de homogeneizar series climáticas o de precipitación. Su método se basa en comparar cada estación con una red de estaciones vecinas, utilizando diferencias normalizadas que permiten detectar y corregir cambios "artificiales" (generados mayormente por errores antropológicos) en los datos, como los causados por traslados de estaciones, cambios de instrumentos o errores sistemáticos. Además, emplea técnicas estadísticas como el Análisis de Componentes Principales (ACP), que identifica patrones regionales en las precipitaciones para mejorar la detección de anomalías y completar información faltante. Esta metodología no depende de una única estación de referencia y es altamente recomendada para tratar variables con tendencias frecuentes al cambio, un claro ejemplo, la precipitación. Aparenta ser complejo de entender, sin embargo, su lógica puede interpretarse como un proceso de comparación y corrección basado en el comportamiento conjunto de una red de estaciones. CLIMATOL es considerado un método de referencia en Europa y ha sido validado por instituciones científicas y meteorológicas como una herramienta eficaz y confiable.
- Se generó un análisis comparativo entre las metodologías clásicas y el Software CLIMATOL para la obtención de series pluviométricas en la Cuenca del Río Paute, en mérito a ello se establecieron criterios para seleccionar los métodos que aportan mejores resultados para las diferentes estaciones que cubren esta área de interés nacional.
- La estimación de series pluviométricas debe ser abordada desde los puntos de vista individual (como única estación, no como un conjunto), fundamentalmente este proceso se justifica al tomar en cuenta que cada una tiene un comportamiento diferente, por lo que pueden existir casos en los que la estación pueda llegar o no a seguir un criterio aleatorio similar, siendo un conjunto consistente o no de datos. El definir este parámetro dictará la pauta de considerar al sitio de estudio apto para el uso de cada una de las metodologías empleadas.
- De acuerdo con la información se establecieron las métricas como MAE, RMSE y MAPE correspondientes a todas las estaciones analizadas durante los periodos que posean lecturas. Estas presentan valores que al ser analizados indican que cada estación se ve afectada por el comportamiento natural de la zona y teniendo también como una prueba el volumen de datos presente; se puede apreciar de mejor manera al tener que la mayoría de datos revisados presenta un carácter aleatorio y consistente lo que refleja que no hay un ciclo hidrológico "definido" para

la cuenca del Río Paute, lo que resalta la importancia del análisis tanto en materia de recolección de datos pluviométricos como del campo meteorológico y su variación en el área de estudio.

- Se presentaron tablas y gráficos dónde se indica los diferentes resultados obtenidos por cada uno de los métodos empleados para el relleno de series pluviométricas. Cada una de las alternativas utilizadas tiene sus ventajas y desventajas una respecto a otra, ya sea por la dificultad de ejecución y obtención de resultados como por el gado de exactitud al que se busa llegar; dicho eso, el mejor método para el relleno de datos de series pluviométrica si se aborda un análisis mensual es el MC con 4 de 6 estaciones que ofrecen valores en la métrica MAPE relativamente aceptables (3 Valores aceptables, y 1 no adecuado) y cercanos al mínimo estipulado, en mérito a lo mencionado y por su rapidez de ejecución, enfatizando que no se busca un método que otorgue resultados con errores mínimos cercanos a cero, si no los métodos más efectivos se sugiere el MC como el método más apto para esta actividad.
- Uno de los aspectos más importantes a resaltar a favor del MC, es su versatilidad para rellenar valores de años cuya información es nula (caso de la estación M1040) en dónde el libro ".csv" generado por el código contenía los valores de los años 1996 al 2007, caso que no puedo ser resuelto por los métodos clásicos al ser ambiguos con respecto a las precipitaciones medias anuales (valor importante para los métodos MIN, MRN Y MRL), siendo factor determinante para la toma de decisiones.

5.2. Recomendaciones

a. Metodológicas

- Se recomienda complementar los métodos empleados con estudios adicionales que comparen los resultados obtenidos mediante el método climatológico (MC) frente a alternativas que no requieren información SIG o DEM.
- Es aconsejable incluir métricas comparativas, tales como MAE, RMSE y MAPE, particularmente en estaciones como M1040 y M1095, cuya falta de datos y comportamiento irregular pueden generar dificultades para establecer métodos robustos sin apoyo de software especializado.
- Si bien el uso de métricas como **MAE** y **RMSE** permite cuantificar el error absoluto y cuadrático de forma directa, el **MAPE** introduce un componente relativo que puede sobredimensionar el impacto de los errores en valores pequeños, condicionando la aceptación del método aun cuando los otros indicadores muestran un ajuste aceptable. Para garantizar

decisiones más consistentes, se recomienda **ponderar las métricas de manera conjunta**, asignando mayor peso a aquellas que reflejen mejor la magnitud absoluta del error en función del objetivo del estudio. Esta integración debe estar acompañada de una justificación clara del criterio adoptado, de modo que la selección del método de homogenización sea coherente y replicable en futuros análisis.

b. Operativas

- Dada la magnitud de los datos involucrados, se enfatiza la necesidad de emplear herramientas de programación que faciliten la automatización de procesos y la manipulación eficiente de grandes volúmenes de información.
- Se sugiere el uso de lenguajes de programación de nivel básico, como R, que permitan un flujo de trabajo reproducible y minimicen errores manuales.

c. Aplicativas

- Es imperativo verificar los resultados considerando los comportamientos históricos de cada estación.
- Se debe interpretar cada resultado de manera individual, ya que, aun compartiendo características hidrológicas o ubicación geográfica, cada estación presenta un sistema particular que puede afectar el desempeño de las metodologías empleadas.

5.3. Bibliografía

[1] L. A. De Oliveira, "Análisis de la serie de tiempo de la precipitación mensual y eventos de sequía extrema en el municipio de Carmo do Paranaíba/MG-Brasil", *Revista de Climatología*, vol. 22, pp. 190–214, 2022.

[2] B. O. Olivares, "Tropical rainfall conditions in rainfed agriculture in Carabobo, Venezuela", *Granja*, vol. 27, núm. 1, pp. 86–102, mar. 2018, doi: 10.17163/lgr.n27.2018.07.

[3] J. E. Machado-Alba, M. A. Atehortúa-Otero, y D. A. Cortés-Mejía, "Modelos potenciales de distribución geográfica y climática del complejo Amblyomma cajennense (Acari: Ixodidae), potencial vector de Rickettsia rickettsii en Colombia", *Biomedica*, vol. 38, núm. 4, pp. 1–7, 2018, doi: 10.7705/BIOMEDICA.V38I4.3885.

[4] UNIVERSIDAD DEL AZUAY y IERSE, "MAPA BASE DE LA CUENCA HIDRPGRÁFICA DEL RIO PAUTE", Universidad del Azuay.

[5] M. D. Gonzalez, D. X. Zhina, A. Guanuchi-Quito, y A. Aviles-Anazco, “Comparison of methodologies for flow prediction through teleconnection indices. Case study: Paute river basin”, *Revista Tecnológica - ESPOL*, vol. 35, núm. 2, pp. 27–49, oct. 2023, doi: 10.37815/rte.v35n2.1028.

[6] Carolina Mella, “Apagones de ocho horas al día en Ecuador en medio de una crisis de seguridad”, *DIARIO EL PAIS*, GUAYAQUIL, el 18 de septiembre de 2024.

[7] CENACE, “Gestión de Operación del Sistema Nacional Interconectado ante la Salida de Servicio Programada de las Fases AB y C de la Central Paute”, *ARTICULO DE GESTION TECNOLOGICA*, vol. 12, pp. 6–14, ene. 2016, [En línea]. Disponible en: www.latindex.unam.mx

[8] Oscar Ipiales y Maritza Cuichán, “ENCUESTA DE SUERFICIE Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA CONTINUA”, abr. 2024.

[9] Asamblea Nacional Constituyente de la República del Ecuador, *CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR*, vol. 449, núm. 20. Ecuador: Defensa.gob.ec, 2008. [En línea]. Disponible en: www.lexis.com.ec

[10] Dra. Ana Barreno y Dr. Mario Donoso, “LA CUENCA DEL RÍO PAUTE: DIAGNOSTICO Y PROPUESTA DE MANEJO INTEGRAL. POLITICAS DE DESARROLLO AGROPECUARIO”, Universidad de Cuenca, Cuenca, 2002.

[11] F. Guerrero, D. Serpa, y D. Mora, “Evaluación de intensidades de precipitación influenciadas por oscilaciones decadales: Cuenca del Río Paute”, Cuenca, sep. 2017.

[12] D. E. Mora y P. Willems, “Decadal oscillations in rainfall and air temperature in the Paute River Basin-Southern Andes of Ecuador”, *Theor Appl Climatol*, vol. 108, núm. 1–2, pp. 267–282, 2012, doi: 10.1007/s00704-011-0527-4.

[13] OMM, “Guía de prácticas climatológicas”, *OMM-No. 100*, vol. 100, p. 34, 2011, Consultado: el 7 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.perrosalpinos.cl/imagenes/relatosdelosperros/andrade/meteorologia/Guia%20de%20Practicas%20Climatologicas%20-%202011.pdf

[14] D. Vinicio Carrera-Villacrés, P. Valeria Guevara-García, L. Carolina Tamayo-Bacacela, A. Lucía Balarezo-Aguilar, C. Alfonso Narváez-Rivera, y D. Rosa Morocho-López, “Relleno de series anuales de datos meteorológicos mediante métodos estadísticos en la zona costera e interandina del Ecuador, y cálculo de la precipitación media.”, Quito, may 2016.

[15] R. T. Pizarro, C. B. Ramirez, y J. V Pablo Flores, “Comparison analyses of five mean areal rainfall estimation methods in widely varying years”, pp. 31–8, abr. 2003.

[16] D. Montgomery y G. Runger, *Applied Statistics and Probability for Engineers*, Segunda Edición. México D.F.: LIMUSA WILEY, 2003.

[17] V. Te Chow, D. Maidment, y L. Mays, *Hidrología Aplicada*. Bogotá: McGRAW HILL, 1994.

[18] A. R. de Andrade, J. T. Nery, y B. H. C. Toledo, “Spatial concentration and variability of rainfall in the Iguaçu River Basin, State of Paraná−Brazil”, *Singap J Trop Geogr*, vol. 44, núm. 1, pp. 95–111, ene. 2023, doi: 10.1111/SJTG.12452.

[19] J. A. Guijarro, *Climatol: Climate tools (series homogenization and missing data estimation, Manual de usuario, versión 3.1]*. Universidad de las Islas Baleares, 2019.

[20] J. A. Guijarro *et al.*, “Homogenization of monthly series of temperature and precipitation: Benchmarking results of the MULTITEST project”, *International Journal of Climatology*, vol. 43, núm. 9, pp. 3994–4012, jul. 2023, doi: 10.1002/JOC.8069.

[21] O. E. Tveito, “The effect of homogenization when constructing long-term gridded monthly precipitation and temperature data”, *International Journal of Climatology*, vol. 43, núm. 16, pp. 7618–7632, dic. 2023, doi: 10.1002/JOC.8283.

[22] J. Cordero y J. Dominguez, “EVALUACION DE LA GESTIÓN TERRITORIAL DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE, ESTRATEGIAS Y LINEAS DE ACCIÓN PARA SUPERARLAS”, Universidad de Cuenca, Cuenca, 2013.

[23] Ministerio del Ambiente Agua y Transción Ecológica, “Plan Nacional De Riego y Drenaje 2021-2026”, *Maate*, p. 60, 2021.

[24] S. Hernández, L. Baptista, y F. Collado, *Metodología de la Investigación*, 7ma Edición. México D.F.: McGraw Hill, 2018.

[25] Y. Chanyour, O. El Achari, M. Hanchane, K. Obda, y R. Kessabi, “Monthly and Annual Precipitation in Arid Environment of the Daoura Watershed (South-Eastern Morocco) – Homogenization and Trend Analysis”, *Ecological Engineering and Environmental Technology*, vol. 25, núm. 4, pp. 125–142, 2024, doi: 10.12912/27197050/178530.

[26] R. Addou *et al.*, “Statistical Analysis for the Detection of Change Points and the Evaluation of Monthly Mean Temperature Trends of the Moulouya Basin (Morocco)”, *Advances in Meteorology*, vol. 2024, 2024, doi: 10.1155/2024/5027669.

[27] A. Barrera, “Técnicas de completado de series mensuales y aplicación al estudio de la influencia de la NAO en la distribución de la precipitación en España.”, jun. 2004, Consultado: el 26 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://zucaina.net/Publicaciones/barrera-dea.pdf

[28] M. C. Carrasco, C. Yarlequé, A. Posadas, E. Silvestre, A. Mejía, y R. Quiroz, “Reconstrucción de datos faltantes de precipitación pluvial diaria mediante la Transformada Wavelet”, 2010, [En línea]. Disponible en: www.senamhi.gob.pe

[29] J. R. García-González, P. A. Sánchez-Sánchez, M. Orozco, y S. Obredor, “Knowledge capture for the prediction and analysis of results of the quality test of higher education in Colombia”, *Formacion Universitaria*, vol. 12, núm. 4, pp. 55–62, 2019, doi: 10.4067/S0718-50062019000400055.

[30] Fernando. Medina y Marco. Galván, *Imputácion de datos : teoría y práctica*. Naciones Unidas, CEPAL, División de Estadística y Proyecciones Económicas, 2007.

[31] E. Carracedo - Martínez y A. FIgueiras, "Tratamiento estadístico de la falta de respuesta en estudios epidemiológicos transversal", *Salud Publica Mex*, vol. 28, ago. 2006, [En línea]. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi

[32] Mirás. Julio, "Elementos de muestreo para poblaciones finitas", 2000.

[33] A. A. Kurniawan, Sunardi, Hendarmawan, y I. Ridwansyah, "EVALUATION OF WATERSHED CARRYING CAPACITY ON FLOOD MANAGEMENT IN GREATER MALANG EAST JAVA INDONESIA", *Revista de Gestao Social e Ambiental*, vol. 18, núm. 3, 2024, doi: 10.24857/rgsa.v18n3-155.

[34] C. A. Pulzara Mora y J. D. Losada Losada, "Análisis de series temporales en estaciones meteorológicas para la predicción de la precipitación en la ciudad de Manizales, Colombia", *Revista de Climatología*, vol. 23, pp. 58–70, jul. 2023, doi: 10.59427/rcli/2023/v23.58-70.

[35] nombre Balaguer Beser, R. Fernández, y L. Ángel, "Selección de un modelo de regresión lineal múltiple para el cálculo de la precipitación media en verano", Universidad Politécnica de Valencia.

[36] N. Diodato y G. Bellocchi, ""Using historical precipitation patterns to forecast daily extremes of rainfall for the coming decades in naples (Italy)", *Geosciences (Switzerland)*, vol. 8, ago. 2018.

[37] A. Rogel, A. Hidalgo, F. Castro, F. Morales, D. Moya, y B. Paredes, "Aplicación de Redes Neuronales Artificiales para la Estimación de Precipitaciones : Caso de Estudio de la cuenca del Río Pastaza, Ecuador.", *Revista Científica de Ingeniería Industria y Arquitectura*, vol. 7, núm. 14, pp. 131–146, 2024.

[38] R. Hyndman y A. Koelher, *Another look at measures of forecast accuracy. International Journal of Forecasting*, vol. 4. 2006, pp. 679–688.

[39] C. Willmott y K. Matsuura, "Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. Climate Research", 2005.

[40] T. Chai y R. R. Draxler, "Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? – Arguments against avoiding RMSE in the literature", *Geosci Model Dev*, vol. 7, núm. 3, pp. 1247–1250, jun. 2014, doi: 10.5194/gmd-7-1247-2014.

[41] C. Lewis, *Industrial and Business Forecasting Methods*, vol. 1St. 1 St., 1982.

[42] C. T. Haan, *Statistical Methods in Hydrology*, 2nd Edition. Oklahoma: Oklahoma University, 2002.

5.4. Anexos

I. SOLICITUD DE REQUERIMEINTO DE INFORMACIÓN INAMHI

REPÚBLICA DEL ECUADOR

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI

Quito,07 de enero De 2024

Oficio

Doctor Bolívar Erazo

Director Ejecutivo

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

En su despacho.-

De mis consideraciones

Yo, **CARLOS DAVID LÓPEZ CÁCERES**, estudiante de la **MAESTRÍA EN HIDRÁULICA: MENCIÓN OBRAS HIDRÁULICAS – COHORTE 2023, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO,** solicito de la manera más comedida, autorice a quién corresponda facilitar los datos:

Diarios (....) Mensuales (X)

De los parámetros de **PRECIPITACIÓN** de la/s estación/es ubicadas en la **CUENCA DEL RÍO PAUTE**, correspondiente al sector **CAÑAR, AZUAY Y MORONA SANTIAGO**, Período: **DESDE EL AÑO 1996 HASTA EL 2013.**

Información que será aplicada en la elaboración de:

Estudio de Investigación (X)

Título **"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE METODOLOGÍAS CLÁSICAS Y LA APLICACIÓN DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES PARA LA OBTENCIÓN DE SERIES PLUVIOMÉTRICAS PARA LA CUENCA DEL RÍO PAUTE"**

Otros (....) Detalle

El suscrito se compromete a entregar un ejemplar del documento final sin costo al INAMHI.

Únicamente se precisan los datos de Precipitación, Estaciones con sus dato de georreferenciación y el año al que correspondan.

Con sentimientos de consideración y estima.

Atentamente,

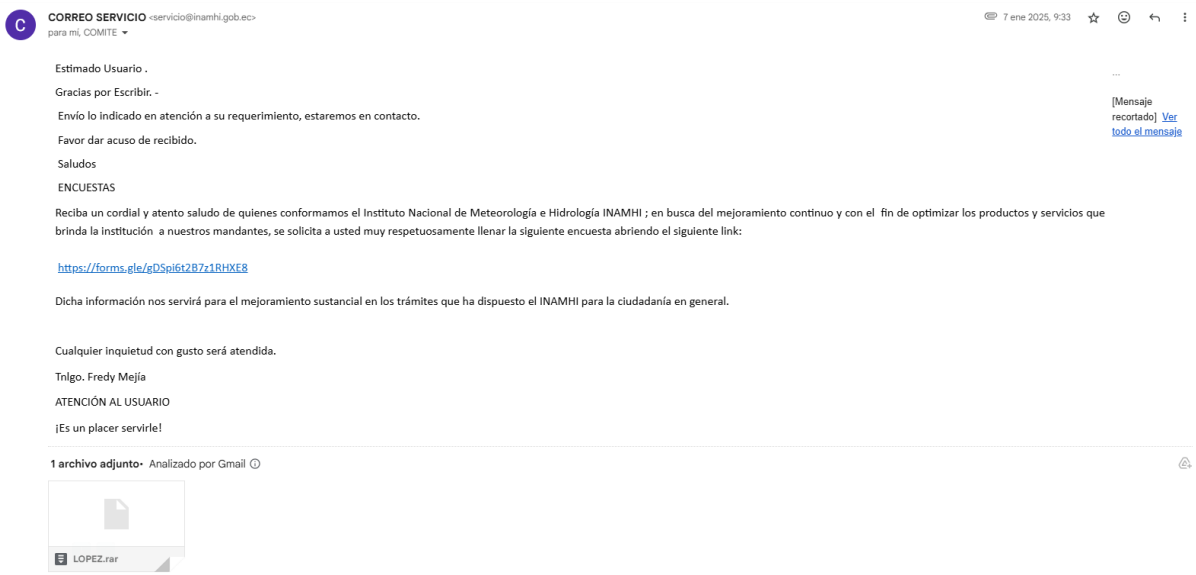
CARLOS DAVID LÓPEZ CÁCERES

ING. CARLOS DAVID LÓPEZ CÁCERES
ESTUDIANTE DE LA MAESTRÍA EN HIDRÁULICA: MENCIÓN OBRAS HIDRÁULICAS – COHORTE 2023
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
C.I.: 172238667-7
TELF.: 0984243254
CORREO: davidcarlitos99@gmail.com / clopez6677@uta.edu.ec

Dirección: Núñez de Vela N36-155 y Corea
Código postal: 170507 / Quito-Ecuador
Teléfono: +593-2 397 1100
www.inamhi.gob.ec

EL NUEVO ECUADOR

II. ENTREGA DE SÁBANA DE DATOS INAMHI



CORREO SERVICIO <servicio@inamhi.gob.ec>
para mí, COMITE

7 ene 2025, 9:33

Estimado Usuario .

Gracias por Escribir. -

Envío lo indicado en atención a su requerimiento, estaremos en contacto.

Favor dar acuso de recibido.

Saludos

ENCUESTAS

Reciba un cordial y atento saludo de quienes conformamos el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI ; en busca del mejoramiento continuo y con el fin de optimizar los productos y servicios que brinda la institución a nuestros mandantes, se solicita a usted muy respetuosamente llenar la siguiente encuesta abriendo el siguiente link:

https://forms.gle/gDSpi6t2B7z1RHXE8

Dicha información nos servirá para el mejoramiento sustancial en los trámites que ha dispuesto el INAMHI para la ciudadanía en general.

Cualquier inquietud con gusto será atendida.

Tnlgo. Fredy Mejía

ATENCIÓN AL USUARIO

¡Es un placer servirle!

[Mensaje recortado] Ver todo el mensaje

1 archivo adjunto · Analizado por Gmail

LOPEZ.rar

III. DATOS BASE ESTACIONES

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: SANGAY(P.SANTA ANA) CODIGO: M0041

PERIODO: 1996 - 2013 LATITUD: 1G 41' 27" S LONGITUD: 77G 57' 31" W ELEVACION: 880.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1996	299.3	334.9	279.5	391.6	296.5	343.5	182.7	186	304.8	335.9	353.1	238.5
1997	370.4	563.2	489.2	399.7	349.8	367.6	183.8	224.2	348.3	237.2	396.2	261.7
1998	234.3	252.7	260.6	523.6	266.2	420.8	241.6	256	117.7	333.8	312.3	245.4
1999	491.2	353.6	283	576	356.3	384.2	315.2	355.6	660.6	0	0	0
2000	410.4	319	356.9	511.6	835.9	484.5	346.2	235.6	333.7	364.8	479.2	329.7
2001	224.3	310.8	377.8	451	508	468.8	347.1	558.8	176.9	469.7	0	0
2002	405.5	305.3	319	364.4	292.3	333.7	450.4	235.5	170.9	326.6	365.3	332.6
2003	311.8	391.5	277.5	369	350.2	391.4	354	200.7	311.3	291	341.8	0
2004	266.3	137.6	375.8	507.2	425.4	301.6	376.4	241.6	175.8	216	316.8	0
2005	190.4	405.9	413.6	359.7	230.1	280.2	399.4	0	0	0	0	0
2006	339.8	447.5	365.7	587.2	175.4	334.4	207.9	252.4	221.3	425.8	297.7	413.9
2007	409.8	245	414.3	444.8	466.9	284.3	240.5	288.7	143.7	259.1	476.8	405.1
2008	303.2	298.8	314.9	390.2	288.5	312.9	214.5	189.7	334	243.5	283.1	239.5
2009	542	422.9	307.1	463.4	320	264.5	135.2	421.3	198	257.7	231.5	267.9
2010	230.9	322.7	283.4	274.4	553.9	226.2	258.3	93.2	151.3	325.7	180.1	386
2011	358.5	309.2	231.6	413.7	219.3	196.5	221.3	131.6	214.6	245.1	171.8	406.7
2012	450	383.5	612.6	466.2	228.8	231.6	219.4	295.4	137.4	239.1	387.4	386.2
2013	256.2	385.9	401.3	266.4	205.4	310.7	369.8	200.7	267.8	275.8	331.5	285.6
suma	6094.3	6190	6363.8	7760.1	6012.6	5273	4358.3	3251.9	4051.3	5551.6	5089.5	6387.1
media	338.57	343.89	353.54	431.12	353.83	329.86	281.32	242.61	237.12	269.27	273.59	233.27
minima	190.4	137.6	231.6	266.4	175.4	196.5	135.2	93.2	117.7	216	171.8	238.5
maxima	542	563.2	612.6	587.2	835.9	484.5	450.4	421.3	384.2	558.8	479.2	660.6

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: EL LABRADO CODIGO: M0141

PERIODO: 1996 - 2013 LATITUD: 2G 43' 58" S LONGITUD: 79G 4' 23" W ELEVACION: 3335.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1996	120.4	141.2	190.5	250.8	168.1	73.6	162	68.4	92.7	181.2	37.8	63.5
1997	118.1	117	165.8	203.6	104.6	52.6	116.4	68.6	50.2	82.7	287.3	101.8
1998	50.8	191.4	190	129.1	148	117.7	132.2	62.8	30.4	57.7	40.1	0
1999	139.4	196.4	170.5	227.1	189.1	113	95.7	127.7	63.4	43.9	179.1	0
2000	207	150.5	191	223.7	103.1	61.8	68.3	214.1	48.9	35.6	50.3	0
2001	151.1	87.1	165.8	123	107.6	139.8	94.9	89.3	65.3	39.3	0	0
2002	82.7	90.9	116.7	128	126.8	57.5	83.4	59.7	155.1	121.1	105.1	0
2003	37.5	46.8	87	138.5	135.3	96.6	71.9	30.9	59.6	85.2	138	98.7
2004	55.9	117.2	99.4	174.1	126.7	120.2	74.5	54.5	86	84	128.4	140.1
2005	59	146.6	219	115.8	91.3	125	40.6	35.7	43.9	55.8	73.6	210.9
2006	122.7	126.1	174.9	164.5	76.7	89.7	40.5	65.7	54.6	57	190.4	141.5
2007	106.8	36.3	167	170.8	107.5	209.3	35.3	104.7	58.7	115.4	147.2	107.5
2008	148.2	223.9	158.5	196.8	201.4	96.6	109.4	79.6	82.6	152.9	121.3	70.8
2009	169.3	110.5	106	127.9	74	100.5	81	60.5	97.2	77	96.7	0
2010	68.1	136.9	80	109.6	126.9	111	84	39.5	38.3	36.1	48.1	85.8
2011	115.3	83.3	75.6	215.9	112.1	135	53.6	81.5	101.6	122	111.5	0
2012	130.3	129.5	91.3	70.6	55.1	60.3	44.2	52.1	22.5	80.2	102.1	58.9
2013	69.1	85.1	69.7	36.8	148.7	107.6	101.9	41.5	32.8	71.5	26.3	58.1
suma	1744.7	2273.2	2478.2	2773.9	2323.6	1661.1	1582	1131.1	1140.9	1507.5	1757.8	1720.4
media	108.43	123.15	139.93	155.92	122.39	103.77	82.77	74.27	65.77	83.26	104.63	63.20
minima	37.5	36.3	69.7	36.8	55.1	52.6	35.3	30.9	22.5	36.1	26.3	40.1
maxima	169.3	223.9	219	250.8	223.7	209.3	162	104.7	214.1	181.2	287.3	210.9

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: EL LABRADO CODIGO: M0141

PERIODO: 1996 - 2013 LATITUD: 2G 43' 58" S LONGITUD: 79G 4' 23" W ELEVACION: 3335.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1996	120.4	141.2	190.5	250.8	168.1	73.6	162	68.4	92.7	181.2	37.8	63.5
1997	118.1	117	165.8	203.6	104.6	52.6	116.4	68.6	50.2	82.7	287.3	101.8
1998	50.8	191.4	190	129.1	148	117.7	132.2	62.8	30.4	57.7	40.1	0
1999	139.4	196.4	170.5	227.1	189.1	113	95.7	127.7	63.4	43.9	179.1	0
2000	207	150.5	191	223.7	103.1	61.8	68.3	214.1	48.9	35.6	50.3	0
2001	151.1	87.1	165.8	123	107.6	139.8	94.9	89.3	65.3	39.3	0	0
2002	82.7	90.9	116.7	128	126.8	57.5	83.4	59.7	155.1	121.1	105.1	0
2003	37.5	46.8	87	138.5	135.3	96.6	71.9	30.9	59.6	85.2	138	98.7
2004	55.9	117.2	99.4	174.1	126.7	120.2	74.5	54.5	86	84	128.4	140.1
2005	59	146.6	219	115.8	91.3	125	40.6	35.7	43.9	55.8	73.6	210.9
2006	122.7	126.1	174.9	164.5	76.7	89.7	40.5	65.7	54.6	57	190.4	141.5
2007	106.8	36.3	167	170.8	107.5	209.3	35.3	104.7	58.7	115.4	147.2	107.5
2008	148.2	223.9	158.5	196.8	201.4	96.6	109.4	79.6	82.6	152.9	121.3	70.8
2009	169.3	110.5	106	127.9	74	100.5	81	60.5	97.2	77	96.7	0
2010	68.1	136.9	80	109.6	126.9	111	84	39.5	38.3	36.1	48.1	85.8
2011	115.3	83.3	75.6	215.9	112.1	135	53.6	81.5	101.6	122	111.5	0
2012	130.3	129.5	91.3	70.6	55.1	60.3	44.2	52.1	22.5	80.2	102.1	58.9
2013	69.1	85.1	69.7	36.8	148.7	107.6	101.9	41.5	32.8	71.5	26.3	58.1
suma	1744.7	2273.2	2478.2	2773.9	2323.6	1661.1	1582	1131.1	1140.9	1507.5	1757.8	1720.4
media	108.43	123.15	139.93	155.92	122.39	103.77	82.77	74.27	65.77	83.26	104.63	63.20
minima	37.5	36.3	69.7	36.8	55.1	52.6	35.3	30.9	22.5	36.1	26.3	40.1
maxima	169.3	223.9	219	250.8	223.7	209.3	162	104.7	214.1	181.2	287.3	210.9

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: MACAS SAN ISIDRO-DOMONO CODIGO: M1040

PERIODO: 1996 - 2013 LATITUD: 2G 13' 47.35" S LONGITUD: 78G 7' 30.02" W ELEVACION: 1110.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2008	247	181.5	342.8	112.6	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	229.2	262.8	266.3	309.4	354.5	306	236.3	330	199.6	221.2	134	409.2
2010	202.8	190.3	276.1	277.5	388	226	200.1	88.7	104.1	226.2	164.4	232.9
2011	215.9	336.1	273.2	492.4	189.7	188.6	294.4	248.4	214.4	245.7	365.6	374.6
2012	337.1	185.6	376.6	301.3	257.7	280.6	235.9	201.7	153.9	122.4	126.2	257.2
2013	203.6	379.5	274.7	227.7	321.5	292.6	202.7	216.4	131.2	309.9	284.2	0
suma	1188.6	974.8	1571.7	1655.3	1417.6	1322.7	1259.3	1071.5	1135.4	1128.2	1442.9	1670.7
media	239.27	255.97	301.62	286.82	251.90	215.63	194.90	180.87	133.87	187.57	179.07	212.32
minima	202.8	185.6	266.3	274.7	189.7	188.6	200.1	88.7	104.1	122.4	126.2	112.6
maxima	337.1	336.1	379.5	492.4	388	321.5	294.4	330	247	245.7	365.6	409.2

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: INGENIO AZTRA (LA TRONCAL) CODIGO: M1095

PERIODO: 1996 - 2013 LATITUD: 2G 26' 35.76"S LONGITUD: 79G 21' 9.19"W ELEVACION: 50.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1996	295	594.6	585.4	74.1	20.7	6.1	4.7	4.7	9.5	9.1	17.6	29.5
1997	205.2	520.7	710.7	456.2	530.3	322.1	112.8	133.6	187.1	141.4	674.7	561.3
1998	586.9	1288.9	745	765.2	565.7	165.9	45.8	12.6	10.8	19.7	20.8	31.5
1999	147.7	513.9	527.3	359.9	141.4	8.4	14.5	3.6	24.8	18.8	18.2	151.8
2000	139.3	481.2	481.7	241.4	212.1	30.3	1.6	12.6	22.3	20.3	4	20.6
2001	402.9	689	248.9	71.1	5.6	6.4	4.6	6.3	9.9	18	22.1	0
2002	152.8	430.7	705	325.9	38	16.3	6.8	3.3	5.3	17.3	22	61.1
2003	261.2	206.6	217.7	90.2	34.4	10.2	9.1	6.4	6.9	13	8.9	32.2
2004	207.5	317	475.2	219.9	39.6	9.7	4.5	2.5	16.5	23.4	12.2	8.7
2005	85.3	142.5	263.9	133.4	4.5	5.3	3.7	5.7	8.9	16.1	14.3	39.5
2006	255.5	546	467.8	132.2	93.3	7.3	7.3	9	14.3	30.1	64.3	0
2007	263.1	288.6	426.8	207.5	70.2	19.3	5.6	8.7	8.7	15.5	13.3	33.2
2008	837.8	625.5	749	479.3	62.4	31.4	20.6	21.1	27.2	23.7	9.2	30
2009	531.2	496.9	448.9	146.1	86.2	16.1	4.6	7.8	11.2	13.9	14.1	98.1
2010	324	466.3	557.6	603.6	205.9	18.1	13.3	4.9	13.7	15.7	18.6	147.7
2011	236.6	465	224.7	687.7	24.7	16.6	27.6	5.3	12.3	7.3	17.5	20.4
2012	603.9	568.5	531.3	619.9	372.4	20	7.9	1.8	5.3	18.4	15	18.6
2013	327	458	375.8	0	33.7	11.1	4	2.2	17.9	20.6	25.1	0
suma	5460	8813.8	9182.8	5791.4	2606.6	719.8	300.8	248.2	379	415.7	949.1	1395.7
media	325.72	505.55	485.71	311.87	141.17	40.03	16.61	14.01	22.92	24.57	55.11	71.34
minima	85.3	142.5	217.7	0	4.5	5.3	1.6	1.8	2.2	7.3	4	8.7
maxima	837.8	1288.9	749	765.2	565.7	322.1	112.8	133.6	187.1	141.4	674.7	561.3

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: CHANLUD CODIGO: M1111

PERIODO: 1996 - 2013 LATITUD: 2G 40' 48.23" S LONGITUD: 79G 2' 2.23" W ELEVACION: 3336.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2000	102.5	213.8	177.6	194.4	306.1	156.3	84.7	64	161.5	27.9	57.4	0
2001	168.2	76.5	132.8	121.9	101.9	143.6	85.7	106.2	90	43	92.2	0
2002	79.9	131.7	84.9	37.1	127.2	106.1	79.5	0	0	0	0	0
2003	46.9	62.7	76.5	152	214.7	104.1	56.1	74.6	89.4	133.9	149.1	0
2004	47.6	67.9	135.4	170	146.3	172.9	107.9	66	92.8	118.8	134.5	109.7
2005	44.5	107.1	184.1	160.7	117.1	151.1	68	53.8	54	68.5	152.3	150.7
2006	171.4	87.2	140	164.5	84.8	112.4	73.5	84.7	82.8	57	177	94.7
2007	116.6	39.9	168.7	184.6	103	297	23.4	149.3	58.8	132	205.6	111.8
2008	87.8	181.8	154.7	138.7	240	130.6	168.7	132.1	91.5	180.4	128.2	89.4
2009	163	123.9	163.2	161.7	96.6	135	116.5	92.6	66	93.2	91.1	0
2010	57.3	160.5	85.2	140.9	144.6	141.2	138.2	77	75.4	64.9	94.8	115.9
2011	123.8	129.4	99.1	263.9	208.4	116.4	224.9	63.5	121	91.9	145.9	159.8
2012	181	156.6	182.7	157.6	96.2	113.4	97.5	81.5	45.2	122.1	115.5	55.9
2013	95.2	118.9	111.8	62.4	215.4	142.9	179.4	120.7	58.2	112.6	65.6	66.3
suma	1405.8	1526.2	1811.8	2073.3	2075.1	1996.8	1500.1	1232.4	1042.9	1273.8	1672.7	1331.3
media	106.12	118.42	135.48	150.74	157.31	144.50	107.43	83.29	77.61	89.01	114.94	68.16
minima	44.5	39.9	76.5	62.4	84.8	79.9	23.4	53.8	37.1	43	27.9	55.9
maxima	181	213.8	184.1	263.9	306.1	297	224.9	149.3	161.5	180.4	205.6	159.8

IV. DATOS PARA MUESTREO ALEATORIO SIMPLE

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: CAÑAR CODIGO: M0031

PERIODO: 1996 - 2013 LATITUD: 2G 33' 07.95" S LONGITUD: 78G 56' 42.70"W ELEVACION: 3083.00

FALSO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1996	52.10	98.60	60.10	75.90	35.80	35.70	32.70	8.30	29.00	101.70	39.50	32.20
1997	50.60	19.00	101.40	41.10	30.30	23.00	23.80	11.90	19.90	91.50	99.00	43.40
1998	11.50	91.30	69.00	50.20	99.50	17.60	41.10	9.90	45.60	19.60	11.00	0.00
1999	74.90	100.80	106.70	76.80	68.10	27.10	17.60	28.70	87.80	30.00	14.20	85.60
2000	41.90	64.60	82.70	69.70	32.10	6.30	17.50	45.40	8.70	6.30	47.40	0.00
2001	48.70	21.90	76.80	33.20	41.20	37.70	9.70	22.70	24.00	3.30	51.50	77.30
2002	6.20	32.30	94.90	39.40	33.00	11.10	2.80	7.90	61.60	59.00	25.30	0.00
2003	14.60	34.30	44.40	49.80	36.90	23.70	7.20	9.00	6.50	25.60	43.00	0.00
2004	64.60	27.90	39.10	64.30	24.80	23.10	16.40	5.10	66.20	29.20	66.10	28.10
2005	23.80	34.20	172.60	66.30	110.50	33.20	4.10	8.60	15.90	37.30	48.80	0.00
2006	24.80	44.30	97.00	89.10	12.70	20.70	2.20	12.00	7.30	20.60	58.10	0.00
2007	25.00	11.90	89.70	94.60	60.30	53.00	9.20	38.80	18.40	35.80	55.40	50.60
2008	48.30	130.40	94.20	99.60	116.90	28.50	37.60	23.30	22.50	55.30	59.70	23.20
2009	80.90	40.80	60.70	29.50	21.30	46.90	17.90	15.00	3.80	32.10	20.70	37.40
2010	12.20	82.70	47.30	77.10	54.50	42.40	60.60	19.50	13.80	13.00	30.00	56.10
2011	43.40	99.00	37.40	122.10	47.60	32.80	50.90	12.30	44.60	33.40	62.10	57.50
2012	100.90	74.70	44.30	75.20	19.60	19.60	19.20	15.30	14.50	48.60	105.40	23.10
2013	23.00	77.70	51.00	12.30	95.10	21.80	29.80	24.30	10.80	55.80	24.70	24.00
suma	747.4	1021.8	1351.2	1139.8	984.2	551.9	397.4	275.1	448.2	703.5	845.7	665.2
media	41.52	60.36	76.07	64.79	52.23	28.01	22.24	17.67	27.83	38.78	47.88	29.92
minima	6.2	11.9	37.4	12.3	12.7	17.6	2.2	2.8	3.8	3.3	6.3	11
maxima	100.9	130.4	172.6	122.1	116.9	53	60.6	38.8	87.8	101.7	105.4	85.6

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: SANGAY(P.SANTA ANA) CODIGO: M0041

PERIODO: 1996 - 2013 LATITUD: 1G 41' 27" S LONGITUD: 77G 57' 31" W ELEVACION: 880.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1996	299.3	334.9	279.5	391.6	296.5	343.5	182.7	186	304.8	335.9	353.1	238.5
1997	370.4	563.2	489.2	399.7	349.8	367.6	183.8	224.2	348.3	237.2	396.2	261.7
1998	234.3	252.7	260.6	523.6	266.2	420.8	241.6	256	117.7	333.8	312.3	245.4
1999	491.2	353.6	283	576	356.3	384.2	315.2	355.6	660.6	0	0	0
2000	410.4	319	356.9	511.6	835.9	484.5	346.2	235.6	333.7	364.8	479.2	329.7
2001	224.3	310.8	377.8	451	508	468.8	347.1	558.8	176.9	469.7	0	0
2002	405.5	305.3	319	364.4	292.3	333.7	450.4	235.5	170.9	326.6	365.3	332.6
2003	311.8	391.5	277.5	369	350.2	391.4	354	200.7	311.3	291	341.8	0
2004	266.3	137.6	375.8	507.2	425.4	301.6	376.4	241.6	175.8	216	316.8	0
2005	190.4	405.9	413.6	359.7	230.1	280.2	399.4	0	0	0	0	0
2006	339.8	447.5	365.7	587.2	175.4	334.4	207.9	252.4	221.3	425.8	297.7	413.9
2007	409.8	245	414.3	444.8	466.9	284.3	240.5	288.7	143.7	259.1	476.8	405.1
2008	303.2	298.8	314.9	390.2	288.5	312.9	214.5	189.7	334	243.5	283.1	239.5
2009	542	422.9	307.1	463.4	320	264.5	135.2	421.3	198	257.7	231.5	267.9
2010	230.9	322.7	283.4	274.4	553.9	226.2	258.3	93.2	151.3	325.7	180.1	386
2011	358.5	309.2	231.6	413.7	219.3	196.5	221.3	131.6	214.6	245.1	171.8	406.7
2012	450	383.5	612.6	466.2	228.8	231.6	219.4	295.4	137.4	239.1	387.4	386.2
2013	256.2	385.9	401.3	266.4	205.4	310.7	369.8	200.7	267.8	275.8	331.5	285.6
suma	6094.3	6190	6363.8	7760.1	6012.6	5273	4358.3	3251.9	4051.3	5551.6	5089.5	6387.1
media	338.57	343.89	353.54	431.12	353.83	329.86	281.32	242.61	237.12	269.27	273.59	233.27
minima	190.4	137.6	231.6	266.4	175.4	196.5	135.2	93.2	117.7	216	171.8	238.5
maxima	542	563.2	612.6	587.2	835.9	484.5	450.4	421.3	384.2	558.8	479.2	660.6

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: EL LABRADO CODIGO: M0141

PERIODO: 1996 - 2013 LATITUD: 2G 43' 58" S LONGITUD: 79G 4' 23" W ELEVACION: 3335.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1996	120.40	141.20	190.50	250.80	168.10	73.60	162.00	68.40	92.70	181.20	37.80	63.50
1997	118.10	117.00	165.80	203.60	104.60	52.60	116.40	68.60	50.20	82.70	287.30	101.80
1998	50.80	191.40	190.00	129.10	148.00	117.70	132.20	62.80	30.40	57.70	40.10	0.00
1999	139.40	196.40	170.50	227.10	189.10	113.00	95.70	127.70	63.40	43.90	179.10	0.00
2000	207.00	150.50	191.00	223.70	103.10	61.80	68.30	214.10	48.90	35.60	50.30	0.00
2001	151.10	87.10	165.80	123.00	107.60	139.80	94.90	89.30	65.30	39.30	0.00	0.00
2002	82.70	90.90	116.70	128.00	126.80	57.50	83.40	59.70	155.10	121.10	105.10	0.00
2003	37.50	46.80	87.00	138.50	135.30	96.60	71.90	30.90	59.60	85.20	138.00	98.70
2004	55.90	117.20	99.40	174.10	126.70	120.20	74.50	54.50	86.00	84.00	128.40	140.10
2005	59.00	146.60	219.00	115.80	91.30	125.00	40.60	35.70	43.90	55.80	73.60	210.90
2006	122.70	126.10	174.90	164.50	76.70	89.70	40.50	65.70	54.60	57.00	190.40	141.50
2007	106.80	36.30	167.00	170.80	107.50	209.30	35.30	104.70	58.70	115.40	147.20	107.50
2008	148.20	223.90	158.50	196.80	201.40	96.60	109.40	79.60	82.60	152.90	121.30	70.80
2009	169.30	110.50	106.00	127.90	74.00	100.50	81.00	60.50	97.20	77.00	96.70	0.00
2010	68.10	136.90	80.00	109.60	126.90	111.00	84.00	39.50	38.30	36.10	48.10	85.80
2011	115.30	83.30	75.60	215.90	112.10	135.00	53.60	81.50	101.60	122.00	111.50	0.00
2012	130.30	129.50	91.30	70.60	55.10	60.30	44.20	52.10	22.50	80.20	102.10	58.90
2013	69.10	85.10	69.70	36.80	148.70	107.60	101.90	41.50	32.80	71.50	26.30	58.10
suma	1744.7	2273.2	2478.2	2773.9	2323.6	1661.1	1582	1131.1	1140.9	1507.5	1757.8	1720.4
media	108.43	123.15	139.93	155.92	122.39	103.77	82.77	74.27	65.77	83.26	104.63	63.20
minima	37.5	36.3	69.7	36.8	55.1	52.6	35.3	30.9	22.5	36.1	26.3	40.1
maxima	169.3	223.9	219	250.8	223.7	209.3	162	104.7	214.1	181.2	287.3	210.9

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: MACAS SAN ISIDRO-DOMONO CODIGO: M1040

PERIODO: 1996 - 2013 LATITUD: 2G 13' 47.35" S LONGITUD: 78G 7' 30.02" W ELEVACION: 1110.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2008	247.00	181.50	342.80	112.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2009	229.20	262.80	266.30	309.40	354.50	306.00	236.30	330.00	199.60	221.20	134.00	409.20
2010	202.80	190.30	276.10	277.50	388.00	226.00	200.10	88.70	104.10	226.20	164.40	232.90
2011	215.90	336.10	273.20	492.40	189.70	188.60	294.40	248.40	214.40	245.70	365.60	374.60
2012	337.10	185.60	376.60	301.30	257.70	280.60	235.90	201.70	153.90	122.40	126.20	257.20
2013	203.60	379.50	274.70	227.70	321.50	292.60	202.70	216.40	131.20	309.90	284.20	0.00
suma	1188.6	974.8	1571.7	1655.3	1417.6	1322.7	1259.3	1071.5	1135.4	1128.2	1442.9	1670.7
media	239.27	255.97	301.62	286.82	251.90	215.63	194.90	180.87	133.87	187.57	179.07	212.32
minima	202.8	185.6	266.3	274.7	189.7	188.6	200.1	88.7	104.1	122.4	126.2	112.6
maxima	337.1	336.1	379.5	492.4	388	321.5	294.4	330	247	245.7	365.6	409.2

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: INGENIO AZTRA (LA TRONCAL) CODIGO: M1095

PERIODO: 1996 - 2013 LATITUD: 2G 26' 35.76"S LONGITUD: 79G 21' 9.19"W ELEVACION: 50.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1996	295.00	594.60	585.40	74.10	20.70	6.10	4.70	4.70	9.50	9.10	17.60	29.50
1997	205.20	520.70	710.70	456.20	530.30	322.10	112.80	133.60	187.10	141.40	674.70	561.30
1998	586.90	1288.90	745.00	765.20	565.70	165.90	45.80	12.60	10.80	19.70	20.80	31.50
1999	147.70	513.90	527.30	359.90	141.40	8.40	14.50	3.60	24.80	18.80	18.20	151.80
2000	139.30	481.20	481.70	241.40	212.10	30.30	1.60	12.60	22.30	20.30	4.00	20.60
2001	402.90	689.00	248.90	71.10	5.60	6.40	4.60	6.30	9.90	18.00	22.10	0.00
2002	152.80	430.70	705.00	325.90	38.00	16.30	6.80	3.30	5.30	17.30	22.00	61.10
2003	261.20	206.60	217.70	90.20	34.40	10.20	9.10	6.40	6.90	13.00	8.90	32.20
2004	207.50	317.00	475.20	219.90	39.60	9.70	4.50	2.50	16.50	23.40	12.20	8.70
2005	85.30	142.50	263.90	133.40	4.50	5.30	3.70	5.70	8.90	16.10	14.30	39.50
2006	255.50	546.00	467.80	132.20	93.30	7.30	7.30	9.00	14.30	30.10	64.30	0.00
2007	263.10	288.60	426.80	207.50	70.20	19.30	5.60	8.70	8.70	15.50	13.30	33.20
2008	837.80	625.50	749.00	479.30	62.40	31.40	20.60	21.10	27.20	23.70	9.20	30.00
2009	531.20	496.90	448.90	146.10	86.20	16.10	4.60	7.80	11.20	13.90	14.10	98.10
2010	324.00	466.30	557.60	603.60	205.90	18.10	13.30	4.90	13.70	15.70	18.60	147.70
2011	236.60	465.00	224.70	687.70	24.70	16.60	27.60	5.30	12.30	7.30	17.50	20.40
2012	603.90	568.50	531.30	619.90	372.40	20.00	7.90	1.80	5.30	18.40	15.00	18.60
2013	327.00	458.00	375.80	0.00	33.70	11.10	4.00	2.20	17.90	20.60	25.10	0.00
suma	5460	8813.8	9182.8	5791.4	2606.6	719.8	300.8	248.2	379	415.7	949.1	1395.7
media	325.72	505.55	485.71	311.87	141.17	40.03	16.61	14.01	22.92	24.57	55.11	71.34
minima	85.3	142.5	217.7	0	4.5	5.3	1.6	1.8	2.2	7.3	4	8.7
maxima	837.8	1288.9	749	765.2	565.7	322.1	112.8	133.6	187.1	141.4	674.7	561.3

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: CHANLUD CODIGO: M1111

PERIODO: 1996 - 2013 LATITUD: 2G 40' 48.23" S LONGITUD: 79G 2' 2.23" W ELEVACION: 3336.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2000	102.50	213.80	177.60	194.40	306.10	156.30	84.70	64.00	161.50	27.90	57.40	0.00
2001	168.20	76.50	132.80	121.90	101.90	143.60	85.70	106.20	90.00	43.00	92.20	0.00
2002	79.90	131.70	84.90	37.10	127.20	106.10	79.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2003	46.90	62.70	76.50	152.00	214.70	104.10	56.10	74.60	89.40	133.90	149.10	0.00
2004	47.60	67.90	135.40	170.00	146.30	172.90	107.90	66.00	92.80	118.80	134.50	109.70
2005	44.50	107.10	184.10	160.70	117.10	151.10	68.00	53.80	54.00	68.50	152.30	150.70
2006	171.40	87.20	140.00	164.50	84.80	112.40	73.50	84.70	82.80	57.00	177.00	94.70
2007	116.60	39.90	168.70	184.60	103.00	297.00	23.40	149.30	58.80	132.00	205.60	111.80
2008	87.80	181.80	154.70	138.70	240.00	130.60	168.70	132.10	91.50	180.40	128.20	89.40
2009	163.00	123.90	163.20	161.70	96.60	135.00	116.50	92.60	66.00	93.20	91.10	0.00
2010	57.30	160.50	85.20	140.90	144.60	141.20	138.20	77.00	75.40	64.90	94.80	115.90
2011	123.80	129.40	99.10	263.90	208.40	116.40	224.90	63.50	121.00	91.90	145.90	159.80
2012	181.00	156.60	182.70	157.60	96.20	113.40	97.50	81.50	45.20	122.10	115.50	55.90
2013	95.20	118.90	111.80	62.40	215.40	142.90	179.40	120.70	58.20	112.60	65.60	66.30
suma	1405.8	1526.2	1811.8	2073.3	2075.1	1996.8	1500.1	1232.4	1042.9	1273.8	1672.7	1331.3
media	106.12	118.42	135.48	150.74	157.31	144.50	107.43	83.29	77.61	89.01	114.94	68.16
minima	44.5	39.9	76.5	62.4	84.8	79.9	23.4	53.8	37.1	43	27.9	55.9
maxima	181	213.8	184.1	263.9	306.1	297	224.9	149.3	161.5	180.4	205.6	159.8

V. TABLA DE RESULTADOS PARA EL CÁLCULO DE MÉTRICAS

M0031- CAÑAR

MÉTODO ARITMÉTICO							MÉTODO INTERPOLACION				MÉTODO RAZON NORMAL				MÉTODO REGRESION LINEAL				MÉTODO CLIMATOL			
FECHA		OBS.	CALC.	MAE	RMSE	MAPE	CALC.	MAE	RMSE	MAPE	CALC.	MAE	RMSE	MAPE	CALC.	MAE	RMSE	MAPE	CALC.	MAE	RMSE	MAPE
ENE	2007	25.00	42.49	17.49	305.90	70%	53.55	28.55	815.10	114%	52.32	27.32	746.38	109%	0.00	25.00	625.00	100%	59.28	34.28	1174.78	137%
FEB	1999	100.80	56.93	43.87	1924.58	44%	71.15	29.65	879.12	29%	86.79	14.01	196.28	14%	13.24	87.56	7666.09	87%	74.33	26.47	700.57	26%
FEB	2012	74.70	56.93	17.77	315.77	24%	71.15	3.55	12.60	5%	67.99	6.71	45.02	9%	11.62	63.08	3979.55	84%	73.92	0.78	0.61	1%
MAR	1998	69.00	78.47	9.47	89.68	14%	108.45	39.45	1556.30	57%	101.50	32.50	1056.25	47%	35.93	33.07	1093.86	48%	76.79	7.79	60.75	11%
MAR	1999	106.70	78.47	28.23	796.93	26%	108.45	1.75	3.06	2%	81.21	25.49	649.74	24%	38.13	68.57	4701.72	64%	67.15	39.55	1564.39	37%
MAR	2004	39.10	78.47	39.37	1550.00	101%	108.45	69.35	4809.42	177%	65.74	26.64	709.69	68%	35.49	3.61	13.05	9%	62.13	23.03	530.29	59%
MAR	2006	97.00	78.47	18.53	343.36	19%	108.45	11.45	131.10	12%	73.11	23.89	570.73	25%	34.08	62.92	3959.54	65%	65.93	31.07	965.59	32%
MAR	2011	37.40	78.47	41.07	1686.74	110%	108.45	71.05	5048.10	190%	40.63	3.23	10.43	9%	38.92	1.52	2.32	4%	49.00	11.60	134.67	31%
ABR	2001	33.20	63.75	30.55	933.30	92%	67.20	34.00	1156.00	102%	43.54	10.34	106.92	31%	24.19	9.01	81.10	27%	43.42	10.22	104.42	31%
ABR	2008	99.60	63.75	35.85	1285.22	36%	67.20	32.40	1049.76	33%	65.32	34.28	1175.12	34%	28.34	71.26	5078.50	72%	59.64	39.96	1596.96	40%
ABR	2010	77.10	63.75	13.35	178.22	17%	67.20	9.90	98.01	13%	67.23	9.87	97.42	13%	24.58	52.52	2758.66	68%	64.85	12.25	150.15	16%
MAY	1997	30.30	57.40	27.10	734.41	89%	64.80	34.50	1190.25	114%	75.43	45.13	2036.72	149%	25.10	5.20	27.05	17%	74.61	44.31	1963.06	146%
MAY	2000	32.10	57.40	25.30	640.09	79%	64.80	32.70	1069.29	102%	80.33	48.23	2326.13	150%	24.31	7.79	60.71	24%	70.73	38.63	1491.93	120%
MAY	2001	41.20	57.40	16.20	262.44	39%	64.80	23.60	556.96	57%	37.85	3.35	11.22	8%	23.73	17.47	305.14	42%	42.42	1.22	1.49	3%
MAY	2002	33.00	57.40	24.40	595.36	74%	64.80	31.80	1011.24	96%	36.95	3.95	15.60	12%	23.12	9.88	97.54	30%	44.58	11.58	134.00	35%
JUN	2008	28.50	27.98	0.52	0.27	2%	29.65	1.15	1.32	4%	34.42	5.92	35.05	21%	22.82	5.68	32.28	20%	33.70	5.20	27.05	18%
JUL	1998	41.10	21.88	19.22	369.41	47%	31.40	9.70	94.09	24%	32.91	8.19	67.08	20%	0.00	41.10	1689.21	100%	34.68	6.42	41.20	16%
JUL	2007	9.20	21.88	12.68	160.78	138%	31.40	22.20	492.84	241%	14.23	5.03	25.30	55%	0.00	9.20	84.64	100%	30.39	21.19	448.86	230%
AGO	2003	9.00	18.18	9.18	84.27	102%	25.25	16.25	264.06	181%	17.16	8.16	66.59	91%	7.49	1.51	2.27	17%	29.95	20.95	438.81	233%
SEP	2009	3.80	29.24	25.44	647.19	669%	47.15	43.35	1879.22	1141 %	25.59	21.79	474.80	573%	16.71	12.91	166.67	340%	30.14	26.34	693.54	693%

M0041 - SANGAY

OCT	1996	101.70	35.08	66.62	4438.22	66%	47.40	54.30	2948.49	53%	40.72	60.98	3718.56	60%	19.06	82.64	6828.90	81%	29.66	72.04	5190.43	71%
NOV	1997	99.00	44.99	54.01	2917.08	55%	58.20	40.80	1664.64	41%	114.93	15.93	253.76	16%	21.01	77.99	6082.58	79%	75.13	23.87	570.01	24%
NOV	2003	43.00	44.99	1.99	3.96	5%	58.20	15.20	231.04	35%	39.90	3.10	9.61	7%	16.42	26.58	706.41	62%	26.48	16.52	273.00	38%
FECHA		**OBS.**	**CALC.**	**MAE**	**RMSE**	**MAPE**	**CALC.**	**MAE**	**RMSE**	**MAPE**	**CALC.**	**MAE**	**RMSE**	**MAPE**	**CALC.**	**MAE**	**RMSE**	**MAPE**	**CALC.**	**MAE**	**RMSE**	**MAPE**
ENE	2007	409.80	334.38	75.42	5688.18	18%	366.20	43.60	1900.96	11%	332.19	77.61	6023.31	19%	527.13	117.33	13767.11	29%	325.58	84.22	7093.11	21%
FEB	1999	353.60	340.81	12.79	163.58	4%	350.40	3.20	10.24	1%	775.49	421.89	177991.17	119%	383.01	29.41	864.75	8%	370.33	16.73	279.88	5%
FEB	2012	383.50	340.81	42.69	1822.44	11%	350.40	33.10	1095.61	9%	538.72	155.22	24093.25	40%	361.57	21.93	480.82	6%	368.65	14.85	220.54	4%
MAR	1998	260.60	372.85	112.25	12600.06	43%	422.05	161.45	26066.10	62%	837.02	576.42	332260.02	221%	414.05	153.45	23545.71	59%	373.69	113.09	12788.56	43%
MAR	1999	283.00	372.85	89.85	8073.02	32%	422.05	139.05	19334.90	49%	772.23	489.23	239345.99	173%	535.80	252.80	63909.10	89%	371.74	88.74	7875.64	31%
MAR	2004	375.80	372.85	2.95	8.70	1%	422.05	46.25	2139.06	12%	466.42	90.62	8211.98	24%	413.41	37.61	1414.58	10%	363.27	12.53	156.91	3%
MAR	2006	365.70	372.85	7.15	51.12	2%	422.05	56.35	3175.32	15%	631.07	265.37	70421.24	73%	450.55	84.85	7200.02	23%	368.10	2.40	5.78	1%
MAR	2011	231.60	372.85	141.25	19951.56	61%	422.05	190.45	36271.20	82%	310.97	79.37	6299.60	34%	383.57	151.97	23096.32	66%	332.12	100.52	10103.29	43%
ABR	2001	451.00	442.97	8.03	64.48	2%	426.80	24.20	585.64	5%	271.95	179.05	32058.90	40%	531.00	80.00	6400.62	18%	307.91	143.09	20474.58	32%
ABR	2008	390.20	442.97	52.77	2784.67	14%	426.80	36.60	1339.56	9%	554.49	164.29	26991.20	42%	468.40	78.20	6114.84	20%	368.89	21.31	454.23	5%
ABR	2010	274.40	442.97	168.57	28415.84	61%	426.80	152.40	23225.76	56%	558.43	284.03	80673.04	104%	470.42	196.02	38424.97	71%	370.05	95.65	9148.63	35%
MAY	1997	349.80	313.06	36.74	1349.83	11%	364.65	14.85	220.52	4%	518.07	168.27	28314.79	48%	495.10	145.30	21112.67	42%	364.13	14.33	205.25	4%
MAY	2000	835.90	313.06	522.84	273361.67	63%	364.65	471.25	222076.56	56%	446.66	389.24	151507.78	47%	530.40	305.50	93331.24	37%	325.49	510.41	260516.19	61%
MAY	2001	508.00	313.06	194.94	38001.60	38%	364.65	143.35	20549.22	28%	230.30	277.70	77117.29	55%	508.97	0.97	0.94	0%	306.75	201.25	40500.90	40%
MAY	2002	292.30	313.06	20.76	430.98	7%	364.65	72.35	5234.52	25%	262.31	29.99	899.40	10%	478.40	186.10	34633.93	64%	303.35	11.05	122.20	4%
JUN	2008	312.90	330.85	17.95	322.20	6%	340.50	27.60	761.76	9%	230.07	82.83	6860.81	26%	506.04	193.14	37303.27	62%	298.27	14.63	213.98	5%
JUL	1998	241.60	286.35	44.75	2002.56	19%	292.80	51.20	2621.44	21%	265.31	23.71	562.16	10%	565.98	324.38	105224.12	134%	311.96	70.36	4951.12	29%
JUL	2007	240.50	286.35	45.85	2102.22	19%	292.80	52.30	2735.29	22%	62.54	177.96	31669.76	74%	636.15	395.65	156536.72	165%	287.21	46.71	2181.39	19%
AGO	2003	200.70	260.38	59.68	3561.70	30%	326.00	125.30	15700.09	62%	93.88	106.82	11410.51	53%	1157.63	956.93	915718.86	477%	287.25	86.55	7490.59	43%
SEP	2009	198.00	254.37	56.37	3177.58	28%	389.15	191.15	36538.32	97%	155.96	42.04	1767.36	21%	949.10	751.10	564155.10	379%	287.77	89.77	8059.34	45%
OCT	1996	335.90	300.74	35.16	1236.23	10%	342.85	6.95	48.30	2%	441.80	105.90	11214.81	32%	177.09	158.81	25220.76	47%	364.76	28.86	833.13	9%

M0141 - EL LABRADO

NOV	1997	396.20	322.05	74.15	5498.22	19%	325.50	70.70	4998.49	18%	965.65	569.45	324273.30	144%	707.11	310.91	96664.84	78%	375.87	20.33	413.34	5%
NOV	2003	341.80	322.05	19.75	390.06	6%	325.50	16.30	265.69	5%	290.40	51.40	2641.96	15%	686.29	344.49	118671.69	101%	308.87	32.93	1084.27	10%
FECHA		**OBS.**	**CALC.**	**MAE**	**RMSE**	**MAPE**	**CALC.**	**MAE**	**RMSE**	**MAPE**	**CALC.**	**MAE**	**RMSE**	**MAPE**	**CALC.**	**MAE**	**RMSE**	**MAPE**	**CALC.**	**MAE**	**RMSE**	**MAPE**
ENE	2007	106.80	108.52	1.72	2.96	2%	122.25	15.45	238.70	14%	115.62	8.82	77.79	8%	78.07	28.73	825.68	27%	91.16	15.64	244.69	15%
FEB	1999	196.40	118.18	78.22	6118.37	40%	130.10	66.30	4395.69	34%	227.06	30.66	940.04	16%	78.67	117.73	13861.26	60%	160.65	35.75	1277.94	18%
FEB	2012	129.50	118.18	11.32	128.14	9%	130.10	0.60	0.36	0%	175.62	46.12	2127.05	36%	55.86	73.64	5423.35	57%	140.46	10.96	120.17	8%
MAR	1998	190.00	139.10	50.90	2590.81	27%	144.35	45.65	2083.92	24%	239.19	49.19	2419.66	26%	82.89	107.12	11473.62	56%	140.49	49.51	2451.51	26%
MAR	1999	170.50	139.10	31.40	985.96	18%	144.35	26.15	683.82	15%	226.92	56.42	3183.22	33%	95.50	75.00	5625.09	44%	166.77	3.73	13.92	2%
MAR	2004	99.40	139.10	39.70	1576.09	40%	144.35	44.95	2020.50	45%	158.64	59.24	3509.38	60%	87.29	12.11	146.62	12%	112.14	12.74	162.26	13%
MAR	2006	174.90	139.10	35.80	1281.64	20%	144.35	30.55	933.30	17%	192.85	17.95	322.20	10%	86.34	88.56	7842.35	51%	157.41	17.49	305.98	10%
MAR	2011	75.60	139.10	63.50	4032.25	84%	144.35	68.75	4726.56	91%	101.78	26.18	685.39	35%	89.75	14.15	200.15	19%	108.50	32.90	1082.52	44%
ABR	2001	123.00	158.48	35.48	1258.83	29%	143.80	20.80	432.64	17%	167.76	44.76	2003.46	36%	113.12	9.88	97.70	8%	97.67	25.33	641.36	21%
ABR	2008	196.80	158.48	38.32	1468.42	19%	143.80	53.00	2809.00	27%	167.76	29.04	843.32	15%	123.71	73.09	5342.76	37%	159.43	37.37	1396.73	19%
ABR	2010	109.60	158.48	48.88	2389.25	45%	143.80	34.20	1169.64	31%	178.91	69.31	4803.88	63%	104.04	5.56	30.88	5%	142.10	32.50	1055.99	30%
MAY	1997	104.60	125.78	21.18	448.59	20%	128.25	23.65	559.32	23%	172.95	68.35	4671.72	65%	106.84	2.24	5.01	2%	100.55	4.05	16.43	4%
MAY	2000	103.10	125.78	22.68	514.38	22%	128.25	25.15	632.52	24%	188.91	85.81	7363.36	83%	112.52	9.42	88.81	9%	100.92	2.18	4.77	2%
MAY	2001	107.60	125.78	18.18	330.51	17%	128.25	20.65	426.42	19%	90.10	17.50	306.25	16%	105.66	1.94	3.75	2%	103.20	4.40	19.38	4%
MAY	2002	126.80	125.78	1.02	1.04	1%	128.25	1.45	2.10	1%	78.12	48.68	2369.74	38%	104.34	22.46	504.38	18%	95.20	31.60	998.31	25%
JUN	2008	96.60	104.19	7.59	57.61	8%	130.95	34.35	1179.92	36%	76.80	19.80	392.04	20%	103.12	6.52	42.51	7%	89.18	7.42	55.06	8%
JUL	1998	132.20	82.64	49.56	2456.19	37%	98.65	33.55	1125.60	25%	69.18	63.02	3971.52	48%	79.07	53.13	2822.69	40%	105.77	26.43	698.39	20%
JUL	2007	35.30	82.64	47.34	2241.08	134%	98.65	63.35	4013.22	179%	31.34	3.96	15.68	11%	84.89	49.59	2458.68	140%	68.15	32.85	1079.04	93%
AGO	2003	30.90	76.82	45.92	2108.65	149%	122.50	91.60	8390.56	296%	39.45	8.55	73.10	28%	71.07	40.17	1613.64	130%	68.17	37.27	1389.01	121%
SEP	2009	97.20	63.92	33.28	1107.56	34%	88.80	8.40	70.56	9%	44.60	52.60	2766.76	54%	0.00	97.20	9447.84	100%	69.20	28.00	783.87	29%
OCT	1996	181.20	77.49	103.71	10755.76	57%	108.40	72.80	5299.84	40%	120.93	60.27	3632.47	33%	86.67	94.53	8935.58	52%	143.28	37.92	1438.03	21%
NOV	1997	287.30	97.30	190.00	36100.00	66%	156.80	130.50	17030.25	45%	263.68	23.62	557.90	8%	90.76	196.54	38628.07	68%	160.93	126.37	15968.76	44%

M1040 - MACAS

NOV	2003	138.00	97.30	40.70	1656.49	29%	156.80	18.80	353.44	14%	88.57	49.43	2443.32	36%	79.07	58.93	3472.54	43%	105.65	32.35	1046.45	23%
FECHA		OBS.	CALC.	MAE	RMSE	MAPE	CALC.	MAE	RMSE	MAPE	CALC.	MAE	RMSE	MAPE	CALC.	MAE	RMSE	MAPE	CALC.	MAE	RMSE	MAPE
ENE	2007	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
FEB	1999	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
FEB	2012	185.60	270.04	84.44	7130.11	45%	280.50	94.90	9006.01	45%	445.42	259.82	67506.43	51%	247.17	61.57	3791.09	140%	296.16	110.56	12224.49	33%
MAR	1998	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
MAR	1999	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
MAR	2004	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
MAR	2006	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
MAR	2011	273.20	307.30	34.10	1162.81	12%	321.45	48.25	2328.06	12%	225.27	47.93	2297.28	18%	342.22	69.02	4763.26	18%	249.83	23.37	546.28	25%
ABR	2001	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
ABR	2008	112.60	332.70	220.10	48444.01	195%	360.05	247.45	61231.50	195%	473.43	360.83	130198.29	220%	349.21	236.61	55983.72	320%	302.90	190.30	36214.98	210%
ABR	2010	277.50	332.70	55.20	3047.04	20%	360.05	82.55	6814.50	20%	425.38	147.88	21868.49	30%	306.06	28.56	815.90	53%	302.44	24.94	622.03	10%
MAY	1997	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
MAY	2000	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
MAY	2001	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
MAY	2002	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
JUN	2008	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
JUL	1998	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
JUL	2007	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
AGO	2003	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
SEP	2009	199.60	152.85	46.75	2185.56	23%	159.25	40.35	1628.12	23%	113.42	86.18	7426.99	20%	0.00	199.60	39840.16	43%	217.98	18.38	337.94	100%
OCT	1996	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
NOV	1997	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
NOV	2003	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	

M1095 - INGENIO AZTRA

FECHA		OBS.	CALC.	MAE	RMSE	MAPE	CALC.	MAE	RMSE	MAPE	CALC.	MAE	RMSE	MAPE	CALC.	MAE	RMSE	MAPE	CALC.	MAE	RMSE	MAPE
ENE	2007	263.10	329.40	66.30	4395.69	25%	461.55	198.45	39382.40	75%	162.45	100.65	10130.42	38%	109.38	153.72	23629.22	58%	125.11	137.99	19040.25	52%
FEB	1999	513.90	501.09	12.81	164.10	2%	715.70	201.80	40723.24	39%	297.80	216.10	46699.21	42%	65.17	448.73	201354.33	87%	403.96	109.94	12086.96	21%
FEB	2012	568.50	501.09	67.41	4544.11	12%	715.70	147.20	21667.84	26%	209.46	359.04	128909.72	63%	396.44	172.06	29604.06	30%	336.03	232.47	54043.35	41%
MAR	1998	745.00	484.82	260.18	67693.63	35%	483.35	261.65	68460.72	35%	236.79	508.21	258277.40	68%	979.15	234.15	54827.16	31%	276.65	468.35	219349.90	63%
MAR	1999	527.30	484.82	42.48	1804.55	8%	483.35	43.95	1931.60	8%	279.26	248.04	61523.84	47%	348.61	178.69	31929.78	34%	461.71	65.59	4302.03	12%
MAR	2004	475.20	484.82	9.62	92.54	2%	483.35	8.15	66.42	2%	175.45	299.75	89850.06	63%	322.71	152.49	23251.99	32%	145.80	329.40	108505.83	69%
MAR	2006	467.80	484.82	17.02	289.68	4%	483.35	15.55	241.80	3%	262.43	205.37	42176.84	44%	414.67	53.13	2822.28	11%	360.56	107.24	11499.58	23%
MAR	2011	224.70	484.82	260.12	67662.41	116%	483.35	258.65	66899.82	115%	142.51	82.19	6755.20	37%	469.30	244.60	59830.54	109%	148.20	76.50	5852.74	34%
ABR	2001	71.10	297.31	226.21	51170.96	318%	382.60	311.50	97032.25	438%	184.23	113.13	12798.40	159%	75.07	3.97	15.76	6%	171.30	100.20	10040.94	141%
ABR	2008	479.30	297.31	181.99	33120.36	38%	382.60	96.70	9350.89	20%	236.28	243.02	59058.72	51%	311.32	167.98	28217.31	35%	353.53	125.77	15819.05	26%
ABR	2010	603.60	297.31	306.29	93813.56	51%	382.60	221.00	48841.00	37%	201.33	402.27	161821.15	67%	91.60	512.00	262146.72	85%	268.87	334.73	112047.07	55%
MAY	1997	530.30	125.36	404.94	163976.40	76%	285.10	245.20	60123.04	46%	156.49	373.81	139733.92	70%	1078.82	548.52	300876.99	103%	148.93	381.37	145441.92	72%
MAY	2000	212.10	125.36	86.74	7523.83	41%	285.10	73.00	5329.00	34%	291.24	79.14	6263.14	37%	591.06	378.96	143614.09	179%	291.91	79.81	6369.78	38%
MAY	2001	5.60	125.36	119.76	14342.46	2139%	285.10	279.50	78120.25	4991%	186.21	180.61	32619.97	3225%	649.16	643.56	414167.69	11492%	196.88	191.28	36588.98	3416%
MAY	2002	38.00	125.36	87.36	7631.77	230%	285.10	247.10	61058.41	650%	166.61	128.61	16540.53	338%	654.73	616.73	380357.63	1623%	188.01	150.01	22502.84	395%
JUN	2008	31.40	40.54	9.14	83.54	29%	163.70	132.30	17503.29	421%	154.03	122.63	15038.12	391%	271.57	240.17	57681.58	765%	110.17	78.77	6204.43	251%
JUL	1998	45.80	15.48	30.32	919.30	66%	52.20	6.40	40.96	14%	166.34	120.54	14529.89	263%	41.43	4.37	19.11	10%	95.53	49.73	2473.06	109%
JUL	2007	5.60	15.48	9.88	97.61	176%	52.20	46.60	2171.56	832%	63.01	57.41	3295.91	1025%	15.29	9.69	93.89	173%	62.14	56.54	3196.57	1010%
AGO	2003	6.40	14.45	8.05	64.80	126%	67.70	61.30	3757.69	958%	74.04	67.64	4575.17	1057%	13.56	7.16	51.33	112%	73.40	67.00	4488.79	1047%
SEP	2009	11.20	23.61	12.41	154.01	111%	96.20	85.00	7225.00	759%	100.45	89.25	7965.56	797%	56.14	44.94	2019.72	401%	39.47	28.27	799.04	252%
OCT	1996	9.10	25.48	16.38	268.30	180%	74.35	65.25	4257.56	717%	287.74	278.64	77640.25	3062%	37.08	27.98	782.91	307%	416.46	407.36	165943.74	4477%
NOV	1997	674.70	19.27	655.43	429588.48	97%	34.15	640.55	410304.30	95%	351.50	323.20	104458.24	48%	35.47	639.23	408610.98	95%	376.15	298.55	89131.57	44%
NOV	2003	8.90	19.27	10.37	107.54	117%	34.15	25.25	637.56	284%	195.13	186.23	34681.61	2092%	17.20	8.30	68.86	93%	193.38	184.48	34031.25	2073%

M111 -

FECHA		OBS.	CALC.	MAE	RMSE	MAPE	CALC.	MAE	RMSE	MAPE	CALC.	MAE	RMSE	MAPE	CALC.	MAE	RMSE	MAPE	CALC.	MAE	RMSE	MAPE

ENE	2007	116.60	105.32	11.28	127.24	10%	112.75	3.85	14.82	3%	131.21	14.61	213.45	13%	83.03	33.57	1126.75	29%	91.37	25.23	636.46	22%
FEB	1999	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
FEB	2012	156.60	115.48	41.12	1690.85	26%	126.85	29.75	885.06	19%	195.75	39.15	1532.72	25%	49.76	106.84	11414.86	68%	148.98	7.62	58.09	5%
MAR	1998	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
MAR	1999	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
MAR	2004	135.40	138.38	2.98	8.88	2%	130.30	5.10	26.01	4%	172.90	37.50	1406.25	28%	70.17	65.23	4255.12	48%	110.50	24.90	619.87	18%
MAR	2006	140.00	138.38	1.62	2.62	1%	130.30	9.70	94.09	7%	231.57	91.57	8385.06	65%	68.10	71.90	5169.31	51%	162.78	22.78	518.98	16%
MAR	2011	99.10	138.38	39.28	1542.92	40%	130.30	31.20	973.44	31%	111.90	12.80	163.84	13%	89.46	9.64	92.89	10%	113.31	14.21	201.97	14%
ABR	2001	121.90	155.35	33.45	1118.90	27%	150.50	28.60	817.96	23%	111.46	10.44	108.99	9%	144.54	22.64	512.52	19%	115.26	6.64	44.10	5%
ABR	2008	138.70	155.35	16.65	277.22	12%	150.50	11.80	139.24	9%	205.64	66.94	4480.96	48%	172.69	33.99	1155.26	25%	165.02	26.32	692.69	19%
ABR	2010	140.90	155.35	14.45	208.80	10%	150.50	9.60	92.16	7%	198.11	57.21	3272.98	41%	145.06	4.16	17.26	3%	150.80	9.90	97.96	7%
MAY	1997	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
MAY	2000	306.10	151.55	154.55	23885.70	50%	162.40	143.70	20649.69	47%	165.38	140.72	19802.12	46%	139.45	166.65	27773.33	54%	105.64	200.46	40185.49	65%
MAY	2001	101.90	151.55	49.65	2465.12	49%	162.40	60.50	3660.25	59%	106.35	4.45	19.80	4%	132.19	30.29	917.65	30%	131.57	29.67	880.25	29%
MAY	2002	127.20	151.55	24.35	592.92	19%	162.40	35.20	1239.04	28%	91.94	35.26	1243.27	28%	125.69	1.51	2.27	1%	116.79	10.41	108.30	8%
JUN	2008	130.60	145.57	14.97	224.10	11%	200.55	69.95	4893.00	54%	81.10	49.50	2450.25	38%	168.77	38.17	1457.32	29%	110.05	20.55	422.38	16%
JUL	1998	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
JUL	2007	23.40	113.89	90.49	8188.44	387%	140.50	117.10	13712.41	500%	39.41	16.01	256.32	68%	170.64	147.24	21680.92	629%	82.39	58.99	3479.53	252%
AGO	2003	74.60	90.94	16.34	267.00	22%	101.55	26.95	726.30	36%	34.50	40.10	1608.01	54%	93.26	18.66	348.31	25%	82.08	7.48	55.92	10%
SEP	2009	66.00	85.05	19.05	362.90	29%	103.35	37.35	1395.02	57%	58.95	7.05	49.70	11%	102.36	36.36	1322.07	55%	77.94	11.94	142.57	18%
OCT	1996	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
NOV	1997	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
NOV	2003	149.10	121.68	27.42	751.86	18%	131.50	17.60	309.76	12%	101.40	47.70	2275.29	32%	111.52	37.58	1411.91	25%	134.23	14.87	221.11	10%

Fuente: Autor

CAPÍTULO VI
PROPUESTA

6.1. Título

"Evaluación del desempeño de métodos geoestadísticos y del software RClimDex en la detección de extremos climáticos en series de precipitación en la cuenca del río Paute"

6.2. Descripción

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar y comparar la eficacia de métodos geoestadísticos tradicionales (como Kriging y Co-Kriging) frente al software RClimDex en la detección y análisis de eventos extremos de precipitación en la cuenca del río Paute. La investigación se enfoca en la identificación de tendencias, anomalías y eventos extremos (como lluvias intensas o sequías prolongadas) a partir de series históricas de datos pluviométricos, considerando la variabilidad espacial y temporal de la región. RClimDex, desarrollado por la Organización Meteorológica Mundial, permite calcular índices climáticos estandarizados que facilitan el análisis de extremos, mientras que los métodos geoestadísticos permiten interpolar y modelar espacialmente los datos.

6.3. Desarrollo de la propuesta

Fase 1: Revisión bibliográfica y planteamiento del problema
- Revisión de literatura sobre métodos geoestadísticos y RClimDex.
- Definición del problema, objetivos e hipótesis.
- Selección de estaciones meteorológicas y variables.

Fase 2: Recolección y depuración de datos
- Obtención de series históricas de precipitación.
- Control de calidad y validación de datos (método de rachas, Kolmogorov-Smirnov, curva de doble masa).

Fase 3: Aplicación de métodos de análisis
- Cálculo de índices de extremos climáticos con RClimDex.
- Aplicación de interpolación geoestadística (Kriging, Co-Kriging).
- Análisis espacial y temporal de los resultados.

Fase 4: Evaluación y comparación de resultados
- Aplicación de métricas estadísticas (RMSE, MAE, índice de Willmott).
- Interpretación de resultados y validación de la hipótesis.

Fase 5: Redacción y presentación del informe final
- Elaboración del documento de tesis.
- Revisión, corrección y defensa del trabajo.

Planificación y cronograma tentativo (en meses):

Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Revisión bibliográfica	**X**	**X**				
Recolección y validación de datos		**X**	**X**			
Aplicación de RClimDex y métodos geoestadísticos			**X**	**X**		
Evaluación de resultados y validación				**X**	**X**	
Redacción del informe final					**X**	**X**
Revisión y defensa						**X**