



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE DATOS METEOROLÓGICOS
OBTENIDOS DE DOS FUENTES: PÁGINA WEB WORLDCLIM Y LA
ESTACIÓN METEOROLÓGICA M0004 RUMIPAMBA-SALCEDO, EN
EL PERIODO 2010-2021.”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título
de Ingeniera Agrónoma.

Autora:

Pruna Ocampo Katherine Odalis

Tutor:

Carrera Molina David Santiago

LATACUNGA – ECUADOR

Febrero 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Pruna Ocampo Katherine Odalis, con cédula de ciudadanía No. 1754822961, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE DATOS METEOROLÓGICOS OBTENIDOS DE DOS FUENTES: PÁGINA WEB WORLDCLIM Y LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA M0004 RUMIPAMBA-SALCEDO, EN EL PERIODO 2010-2021.", siendo el Ingeniero David Santiago Carrea Molina, Mg. Tutor del presente trabajo, y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 18 de febrero del 2025



Katherine Odalis Pruna Ocampo
C.C: 1754822961
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **PRUNA OCAMPO KATHERINE ODALIS** identificada con cédula de ciudadanía **1754822961** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE** y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguiente

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**ANÁLISIS COMPARATIVO DE DATOS METEOROLÓGICOS OBTENIDOS DE DOS FUENTES: PÁGINA WEB WORLDCLIM Y LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA M0004 RUMIPAMBA-SALCEDO, EN EL PERIODO 2010-2021.**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2020 – Marzo 2021

Finalización de la carrera: Octubre 2024 – Marzo 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 12 de diciembre del 2024 Tutor:

Ing. David Santiago Carrera Molina, Mg.

Tema: “**ANÁLISIS COMPARATIVO DE DATOS METEOROLÓGICOS OBTENIDOS DE DOS FUENTES: PÁGINA WEB WORLDCLIM Y LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA M0004 RUMIPAMBA-SALCEDO, EN EL PERIODO 2010-2021.**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonio

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que LA CESIONARIA no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido LA CEDENTE declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de LA CESIONARIA el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo LA CEDENTE podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de LA CEDENTE en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 14 días del mes de agosto del 2024.



Katherine Odalis Pruna Ocampo
LA CEDENTE

Dra. Ildilia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE DATOS METEOROLÓGICOS OBTENIDOS DE DOS FUENTES: PÁGINA WEB WORLDCLIM Y LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA M0004 RUMIPAMBA-SALCEDO, EN EL PERIODO 2010-2021", de Pruna Ocampo Katherine Odalis, de la carrera de Agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 18 de febrero del 2025



Ing. David Santiago Carrera Molina, Mg.

C.C: 0502663180


DOCENTE TUTOR


AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

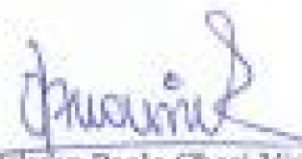
En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Pruna Ocampo Katherine Odalis, con el título del Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE DATOS METEOROLÓGICOS OBTENIDOS DE DOS FUENTES: PÁGINA WEB WORLDCLIM Y LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA M0004 RUMIPAMBA-SALCEDO, EN EL PERIODO 2010-2021", ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 18 de febrero del 2025


Ing. Mery L. Jiray Y., PhD.
C.E. 0604147900
LECTOR 1 (PRESIDENTE)


Ing. Clever Castillo de la Guerra, Mg.
C.C. 0501715494
LECTOR 2 (MIEMBRO)


Ing. Wilman Paolo Chasi Vizcete, Mg.
CC. 0502409725
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis queridos padres por su constante esfuerzo, apoyo, amor y preocupación hacia mi futuro. A mis queridos abuelitos, por su apoyo constante en los peores momentos, por sus palabras de aliento y consejos. Gracias por su sabia guía, confianza en mí y, sobre todo, por todo su cariño y preocupación.

A la persona que apareció sin previo aviso haciendo mis días más felices, a la persona que me escucho hablar de las dificultades en este trayecto. Te agradezco por el apoyo, amor y paciencia que me has tenido a lo largo de este corto, pero complicado viaje. También, te agradezco por ser mi fortaleza en días oscuros y estar a mi lado, ayudándome a construir un nuevo camino. Gracias

A mi entrañable amiga de toda la vida, Carolina por los innumerables momentos de apoyo y alegría que hicieron de esta travesía una instancia más llevadera, este logro nos pertenece a ambas.

Katherine Odalis Pruna Ocampo.

DEDICATORIA

A mis amados padres, Rodrigo Fabian y María Elena, por su sacrificio infinito. Su confianza y fe en mí han sido mi mayor fortaleza, el ancla que me sostuvo en los momentos más difíciles de este proceso. Sus sueños y perseverancia han moldeado mi camino y definido mi destino. Cada logro alcanzado en este viaje académico lleva impresa su dedicación, esfuerzo y amor incondicional. Este trabajo está dedicado a ustedes, mi mayor orgullo y el reflejo del amor más puro y desinteresado.

A mis queridos abuelitos, Ernesto y Albina, por su apoyo inquebrantable, sus sabias palabras y el cariño inmenso con el que me han acompañado en esta travesía. A mi amado hermano, por estar a mi lado en las largas noches de desvelo, compartiendo silencios y aliento cuando más lo necesitaba. Y a aquella persona que nunca soltó mi mano, sin importar las circunstancias, gracias por ser mi refugio y mi fuerza en este camino.

Katherine Odalis Pruna Ocampo.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

TÍTULO: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE DATOS METEOROLÓGICOS OBTENIDOS DE DOS FUENTES: PÁGINA WEB WORLDCLIM Y LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA M0004 RUMIPAMBA-SALCEDO, EN EL PERIODO 2010-2021”.

Autora:
Pruna Ocampo Katherine Odalis

RESUMEN

El acceso a datos meteorológicos confiables es fundamental para la gestión ambiental y la planificación agrícola. En este estudio, se llevó a cabo un análisis comparativo entre los datos climáticos de la estación meteorológica M0004 Rumipamba-Salcedo y la base de datos global WorldClim en el período de 2010 a 2021, con el objetivo de evaluar la confiabilidad de ambas fuentes. Para ello, se aplicaron técnicas estadísticas como el error cuadrático medio (RMSE) y la prueba de chi cuadrado, que permitieron cuantificar las diferencias en las variables de temperatura y precipitación. Los resultados revelaron discrepancias significativas en la precipitación entre ambas fuentes, evidenciadas por valores de RMSE elevados y diferencias significativas en varios meses del año ($p \leq 0,05$). En contraste, los datos de temperatura mostraron una alta concordancia, con valores de RMSE bajos y diferencias estadísticas no significativas. Estos hallazgos sugieren que, aunque WorldClim puede ser una alternativa confiable para la temperatura, presenta limitaciones en la estimación de presión a escala local. La investigación proporciona información valiosa para la validación de modelos climáticos y la toma de decisiones en sectores como la agricultura, la gestión de recursos hídricos y proyectos territoriales.

Palabras clave: datos meteorológicos, validación, WorldClim, estación meteorológica, análisis comparativo.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL
RESOURCES

THEME: “COMPARATIVE ANALYSIS OF METEOROLOGICAL DATA OBTAINED FROM TWO SOURCES: WORLDCLIM WEBSITE AND THE M0004 RUMIPAMBA-SALCEDO METEOROLOGICAL STATION, IN THE PERIOD 2010-2021”

Author:
Pruna Ocampo Katherine Odalis

ABSTRACT

Access to reliable meteorological data is essential for environmental management and agricultural planning. In this study, a comparative analysis was carried out between the climate data from the M0004 Rumipamba-Salcedo meteorological station and the global database WorldClim in the period from 2010 to 2021, with the objective of evaluating the reliability of both sources. To do this, statistical techniques such as the root mean square error (RMSE) and the chi-square test were applied, which made it possible to quantify the differences in the temperature and precipitation variables. The results revealed significant discrepancies in precipitation between both sources, evidenced by high RMSE values and significant differences in several months of the year ($p \leq 0.05$). In contrast, the temperature data showed high agreement, with low RMSE values and non-significant statistical differences. These findings suggest that although WorldClim may be a reliable alternative for temperature, it has limitations in estimating pressure at a local scale. The research provides valuable information for the validation of climate models and decision making in sectors such as agriculture, water resources management and territorial projects.

Keywords: Meteorological data, validation, WorldClim, weather station, comparative analysis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN	ix

ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
1	
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	1
1	
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	2
2	
3.1. Beneficiarios directos.....	2
2	
3.2. Beneficiarios	3
3	indirectos
4. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	3
3	
5. OBJETIVOS:	4
4	
5.1. Objetivo General	4
4	
5.2. Objetivos Específicos.....	4
4	
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	4
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	5
5	
7.1. Importancia de la precisión en los datos meteorológicos	6
6	
7.2. Variables meteorológicas	6
6	
7.2.1. Climatología	6
7.2.2. Precipitación	7
7.2.3. Temperatura.....	7
7.2.3.1. Temperatura máxima	8
8	
7.2.3.2. Temperatura mínima.....	8
7.2.3.3. Temperatura media	9
9	
7.3. Datos climáticos	9
9	

7.4.	Modelos Estadísticos	10
7.5.	Validación de Datos	10
7.6.	Herramientas tecnológicas	11
7.6.1.	ArcGis	11
7.7.	Influencia de la topografía en la precisión de los datos climáticos.	12
7.7.1.	Factores topográficos que afectan los datos climáticos	12
7.7.1.1.	Altitud	12
7.8.	Métodos estadísticos para el análisis y validación de datos climáticos	13
	7.8.2. Métodos estadísticos Temperatura mínima	13
7.8.2.1.	Error de raíz cuadrada media (RMSE)	13
7.8.2.2.	Error cuadrático medio (MSE)	14
7.8.2.3.	Prueba de ajuste de bondad (Chi cuadrado)	15
7.9.	Tendencias climáticas y variabilidad temporal (2010-2021)	15
7.9.1.	Factores que afectan la variabilidad climática Temperatura mínima	16
7.9.1.1.	Ciclo ENSO (fenómeno del El Niño y La Niña)	16
7.9.1.1.1.	Fenómeno del Niño	16
7.9.1.1.2.	Fenómeno de La Niña	17
7.9.2.	Efectos del cambio climático en Cotopaxi	17
7.9.2.1.	Aumento de temperaturas Temperatura mínima	17
7.9.2.2.	Alteraciones en la precipitación Temperatura mínima	18
8.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS	18
9.	METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	18
9.1.	Área de Estudio	18
9.2.	Tipo de Investigación	19
9.2.1.	Descriptiva	19
9.2.2.	Cualitativo	20
9.3.	Instrumentos de investigación Área de Estudio	20

9.4.	Recolección de datos	21
9.4.1.	Datos obtenidos de WorldClim	21
9.4.2.	Recopilación de datos de la Estación Meteorológica	21
9.5.	Procesamiento de datos de WorldClim en ArcMap	22
9.6.	Validación de datos meteorológicos	22
9.7.	Análisis del error en los datos.	22
10.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	23
10.1.	DISCREPANCIAS DE PRECIPITACIÓN ENTRE LOS DATOS DE LA ESTACIÓN M0004 Y WORLDCLIM.	23
10.1.1.	Precipitación	23
10.2.1.1.	2010	23
10.2.1.1.1.	Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	24
10.2.1.2.	2011	25
10.2.1.2.1.	Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado	26
10.1.1.3.	2012	27
10.1.1.1.1.	Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado	28
10.1.1.4.	2013	29
10.1.1.4.1.	Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	30
10.2.1.5.	2014	31
10.2.1.5.1.	Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	32
10.2.1.6.	2015	33
10.2.1.6.1.	Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado	34
10.2.1.7.	2016	35
10.2.1.7.1.	Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado	36
10.2.1.8.	2017	37
10.2.1.8.1.	Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	38
10.2.1.9.	2018	39

10.2.1.9.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	40
10.2.1.10. 2019	41
10.2.1.10.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	42
10.2.1.11. 2020	43
10.2.1.11.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	44
10.2.1.12. 2021	45
10.2.1.12.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	46
10.3. RESULTADOS DE PRECIPITACIÓN ANUAL.	47
10.3.1. VALIDACIÓN DE DATOS Y CUANTIFICACIÓN DEL ERROR CON LA PRUEBA DE CHI CUADRADO ANUAL.	48
10.3. DISCREPANCIAS DE TEMPERATURA ENTRE LOS DATOS DE LA ESTACIÓN M0004 Y WORLDCLIM.	50
10.3.1. Temperatura	50
10.1.1.2. 2010	50
10.1.1.2.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	51
10.1.1.3. 2011	52
10.1.1.3.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	53
10.1.1.4. 2012	54
10.1.1.4.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	55
10.1.1.5. 2013	56
10.1.1.5.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	57
10.1.1.6. 2014	58
10.1.1.6.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	59
10.1.1.7. 2015	60
10.1.1.7.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	61
10.1.1.8. 2016	62

10.1.1.8.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	63
10.1.1.9. 2017	63
10.1.1.9.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	64
10.1.1.10. 2018	65
10.1.1.10.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	66
10.1.1.11. 2019	66
10.1.1.11.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	67
10.1.1.12. 2020	68
10.1.1.12.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	69
10.1.1.13. 2021	70
10.1.1.13.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.	71
10.4. RESULTADOS DE PRECIPITACIÓN ANUAL.	71
10.4.1. VALIDACIÓN DE DATOS Y CUANTIFICACIÓN DEL ERROR CON LA PRUEBA DE CHI CUADRADO ANUAL.	73
11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	74
11.1. Impactos Técnicos	74
11.2. Impactos ambientales	74
12. CONCLUSIONES	75
13. RECOMENDACIONES	75
14. BIBLIOGRAFÍA	76
15. ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Actividades y Sistema de tareas en relación a los objetivos planteado</i>	4
<i>Tabla 2. Ubicación del proyecto</i>	19
<i>Tabla 3. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2010</i>	25

<i>Tabla 4. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2011.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 5. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2012.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 6. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2013.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 7. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2014.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 8. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2015.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 9. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2016.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 10. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2017.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 11. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2018.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 12. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2019.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 13. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2020.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 14. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2021.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 15. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo anual</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 16. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2010.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 17. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2011.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 18. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2012.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 19. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2013.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 20. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2014.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 21. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2015.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 22. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2016.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 23. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2017.....</i>	<i>63</i>

<i>Tabla 24. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2018.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 25. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2019.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 26. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2020.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 27. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2021.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 28. Temperatura media anual de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo</i>	<i>71</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ubicación del Centro de Experimentación Salache CEASA</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2. Precipitación total 2010 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 3. Precipitación total 2011 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 4. Precipitación total 2012 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	<i>27</i>
<i>Figura 5. Precipitación total 2013 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 6. Precipitación total 2014 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	<i>31</i>
<i>Figura 7. Precipitación total 2015 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 8. Precipitación mensual 2016 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 9. Precipitación total 2017 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 10. Precipitación total 2018 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 11. Precipitación total 2019 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	<i>41</i>

<i>Figura 12. Precipitación total 20 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	43
<i>Figura 13. Precipitación total 2021 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	45
<i>Figura 14. Precipitación total anual de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	48
<i>Figura 15. Temperatura media 2010 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	51
<i>Figura 16. Temperatura media 2011 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	52
<i>Figura 17. Temperatura media 2012 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	54
<i>Figura 18. Temperatura media 2013 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	56
<i>Figura 19. Temperatura media 2014 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo</i>	58
<i>Figura 20. Temperatura media 2015 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	60
<i>Figura 21. Temperatura media 2016 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo</i>	62
<i>Figura 22. Temperatura media 2017 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	64
<i>Figura 23. Temperatura media 2018 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	65
<i>Figura 24. Temperatura media 2019 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	67
<i>Figura 25. Temperatura media 2020 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	68
<i>Figura 26. Temperatura media 2021 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.</i>	70
<i>Figura 27. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo anual.</i>	72

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Análisis comparativo de datos meteorológicos obtenidos de dos fuentes: página web WorldClim y la estación meteorológica M0004 Rumipamba-Salcedo, en el periodo 2010-2021.

Fecha de inicio: 14 de octubre del 2024 **Fecha**

de finalización: 31 de enero del 2025

Lugar de ejecución:

Campus Universitario Salache

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales **Carrera**

que auspicia:

Carrera de Agronomía **Equipo**

de Trabajo:

Tutor: Ing. Carrera Molina David Santiago, Mg **Coordinador**

del Proyecto:

Nombre: Pruna Ocampo Katherine Odalis

Teléfonos: 0979074448

Correo electrónico: katherine.pruna2961@utc.edu.ec **Área**

de Conocimiento:

Agricultura, Silvicultura y Pesca.

Línea de investigación:

Meteorología, hidrología, mecánica de fluidos sistemas y obras hidráulicas.

Sublíneas de la investigación de la carrera: Tecnologías para la agricultura.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La exactitud de los datos climáticos es crucial para diversas aplicaciones de investigación y gestión del medio ambiente. Específicamente en el Campus Universitario Salache carece de una estación meteorológica precisa que

proporcione información confiable para llevar a cabo estudios sobre el clima local. Aunque hay una estación meteorológica en la zona en cuestión, no refleja fielmente las condiciones climáticas actuales debido a errores en la recolección de datos o a la falta de mantenimiento de los equipos utilizados. Este dilema impactaría de lleno la credibilidad de las investigaciones que confían en datos climatológicos exactos. Esto supondría un obstáculo para la evolución de iniciativas vinculadas a la agricultura sostenible y al planeamiento urbano (Méndez et al., 2020 y García et al., 2018).

A nivel mundial, las bases de datos climáticos proporcionadas por plataformas como WorldClim ofrecen una alternativa valiosa para la obtención de datos climáticos de alta resolución. (Fick & Hijmans, 2017). Mencionado esto los datos servirán para evaluar la coincidencia de la estación fija M0004 Rumipamba-Salcedo, y, en caso de presentar discrepancias, se podrá identificar posibles causas y soluciones. Por otro lado, (Hijmans et al., 2005) menciona que WorldClim es ampliamente utilizado en investigaciones sobre biogeografía, ecología y cambio climático debido a la calidad y resolución de sus datos.

Sin embargo, es fundamental realizar un análisis comparativo entre los datos obtenidos de WorldClim y los de la estación meteorológica mencionada para determinar la compatibilidad de estos datos a nivel del Campus universitario Salache. Este estudio no solo tiene un impacto directo sobre la confiabilidad de datos climáticos a nivel local, sino también puede ser capaz de intervenir en la toma de decisiones relacionadas con la gestión de recursos naturales y la planificación de la agricultura.

Una mejor comprensión de las condiciones climáticas locales permitirá la implementación de estrategias más eficientes en la gestión del territorio y la prevención de riesgos naturales (Solomon, 2007).

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1. Beneficiarios directos

Los beneficiarios Los beneficiarios directos de la investigación es la Universidad Técnica de Cotopaxi

3.2. Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos de la investigación son docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC) y estudiantes de la carrera de Agronomía en la enseñanza formativa y los agricultores del Campus Salache.

4. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

El acceso a datos climáticos confiables es fundamental para la toma de decisiones en sectores como la agricultura, la gestión ambiental y la planificación territorial. Sin embargo, la información meteorológica proviene de diferentes fuentes, como estaciones locales y plataformas globales, que pueden presentar discrepancias en sus registros debido a diferencias en la metodología de recolección y procesamiento de datos (Grupo de Trabajo de Cambio Climático y Riesgos Naturales, n.d.).

En la región de estudio, la estación meteorológica M0004 Rumipamba-Salcedo y la base de datos global WorldClim son dos fuentes utilizadas para obtener información climática. Sin embargo, la falta de un análisis comparativo detallado entre ambas genera incertidumbre sobre su confiabilidad. La principal problemática radica en que las discrepancias entre estas fuentes pueden afectar a los usuarios que dependen de esta información, ya que no pueden determinar con certeza qué datos son más precisos o adecuados para su aplicación.

Este estudio busca evaluar la confiabilidad de los datos de temperatura y precipitación obtenidos de la estación M0004 rumipamba-salcedo y la plataforma WorldClim en el período 2010-2021. Se pretende determinar en qué medida los datos de la estación meteorológica (M0004 Rumipamba) y los datos de la página (WorldClim) confiables y se podrán utilizar en la planificación agrícola, la gestión de recursos hídricos y proyectos territoriales. Los resultados permitirán identificar si los datos analizados son confiables para las variables en estudio o si existen discrepancias entre sí.

5. OBJETIVOS:

5.1. Objetivo General

Analizar datos meteorológicos obtenidos de dos fuentes: página web WorldClim y la estación meteorológica M0004 Rumipamba-Salcedo, el periodo 2010-2021.

5.2. Objetivos Específicos

- Identificar las diferencias entre los datos obtenidos de la estación meteorológica M0004 y los datos de la página WorldClim para el campus Salache, mediante la recopilación y comparación de los dos conjuntos de datos
- Cuantificar el error entre los datos climáticos analizados de la estación M0004 y de WorldClim, utilizando la prueba de cuadrado para evaluar la compatibilidad.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Actividades y Sistema de tareas en relación a los objetivos planteado.

OBJETIVO 1	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Identificar las diferencias entre los datos obtenidos de la estación meteorológica M0004 y los datos de la página WorldClim para el campus Salache, mediante la recopilación y comparación de los	Recolección de datos climáticos históricos	<ul style="list-style-type: none"> • Descargar de datos de la plataforma WorldClim. • Recopilación de los datos de la estación meteorológica M0004 en el periodo 2010-2021 	Base de datos meteorológicos de la estación meteorológica estructurada.
	Procesamiento de datos meteorológicos de WorldClim en ArcGIS.	<ul style="list-style-type: none"> • Delimitación el área de estudio. • Extracción los datos de las variables climáticas en formato tabular. 	Base de datos meteorológicas de WorldClim estructurada.
	Análisis estadístico de la viabilidad	Organización y estructuración de los datos en hojas de cálculo en excel, para identificar si valores	Conjunto de datos listos para su comparación estadística.

dos conjuntos de datos	de los datos de WorldClim	atípicos mediante análisis estadístico RMSE.	
OBJETIVO 2	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Cuantificar el error entre los datos climáticos analizados de la estación M0004 y de WorldClim, utilizando la prueba de cuadrado para evaluar la compatibilidad	Análisis descriptivo de las variables climáticas.	Calcular las desviaciones estándar de las variables climáticas en ambos conjuntos. Visualización mediante gráficos.	Visualizaciones de los gráficos de las desviaciones de las variables temperatura y precipitación.
	Análisis estadístico para evaluar la compatibilidad de los datos de las dos fuentes.	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de la prueba de bondad de chi cuadrado para determinar el grado de congruencias datos de la estación M0004 y worldclim. • Identificación de los patrones de error recurrentes 	Tabla con la cuantificación del error de la variable precipitación y temperatura

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

El análisis de datos climáticos históricos desde 2010 hasta 2021 es fundamental para comprender la evolución de las variables meteorológicas en un periodo significativo. Este tipo de estudios permite identificar tendencias a largo plazo, evaluar el impacto del cambio climático y proponer estrategias adaptativas (Zhao et al., 2020). Además, la comparación entre datos locales, como los proporcionados por la estación meteorológica M0004, y los modelos globales de plataformas como WorldClim contribuye a validar la calidad de estas herramientas en contextos específicos, mejorando su aplicabilidad en regiones con topografía compleja (Fick & Hijmans, 2017). Este enfoque no solo fortalece la base científica para la toma de decisiones informadas, sino que también

proporciona un marco sólido para investigaciones futuras que busquen correlacionar datos climáticos con fenómenos locales, como la productividad agrícola o la gestión de recursos naturales (McVicar et al., 2022).

La presente investigación se fundamenta en principios teóricos, técnicos y metodológicos que abordan áreas clave como la climatología, precipitación, temperaturas máximas, mínimas y medias, datos climáticos, los modelos estadísticos y la validación de datos. Este enfoque integral permite sustentar el estudio sobre la comparación de datos entre la plataforma global WorldClim y la estación meteorológica local M0004 Rumipamba-Salcedo.

7.1. Importancia de la precisión en los datos meteorológicos

La precisión en los datos meteorológicos es crucial para garantizar decisiones informadas en áreas como la agricultura, la gestión del agua y la planificación urbana. En el campus Salache, la falta de una estación meteorológica confiable ha generado incertidumbre en la interpretación de fenómenos locales. Aunque la estación M0004 ofrece datos puntuales, estos a menudo carecen de consistencia debido a problemas en su manejo y registro.

Por ello, esta investigación tiene como objetivo principal evaluar si los datos de WorldClim pueden complementar o superar la precisión de la estación local. Esto no solo contribuirá a resolver problemas inmediatos, sino que también sentará las bases para futuros estudios climáticos en contextos locales específicos, optimizando el uso de herramientas tecnológicas y métodos estadísticos avanzados.

7.2. Variables meteorológicas

7.2.1. Climatología

La climatología, como ciencia que estudia los patrones y variaciones atmosféricas, proporciona las bases teóricas esenciales para comprender los fenómenos climáticos tanto a nivel local como global. De acuerdo con (Trewin, 2021), esta disciplina es fundamental para interpretar cómo las condiciones atmosféricas impactan en sectores como la agricultura, la gestión de recursos

hídricos y la biodiversidad. La relevancia de la climatología se intensifica en regiones como el campus Salache, donde la falta de datos meteorológicos consistentes limita la capacidad de realizar análisis locales precisos.

En este contexto, las estaciones meteorológicas, como la M0004 RumipambaSalcedo, cumplen un papel crucial al registrar datos en tiempo real. Sin embargo, (McVicar, Roderick y Donohue, 2022) subrayan que dichas estaciones pueden presentar errores debido a fallas técnicas o humanas, destacando la necesidad de complementar estas mediciones con modelos climáticos globales como los proporcionados por WorldClim. Estos modelos integran datos de estaciones meteorológicas, sensores remotos y algoritmos avanzados para generar estimaciones confiables (Fick & Hijmans, 2017).

7.2.2. Precipitación

La precipitación, como componente clave del ciclo hidrológico, juega un papel determinante en el equilibrio ecológico y la disponibilidad de recursos hídricos. Es una variable que impacta de manera directa en la agricultura, los recursos hídricos y la biodiversidad (Hijmans et al., 2005). Las mediciones locales de precipitación, como las de la estación M0004, pueden ser afectadas por errores sistemáticos o condiciones específicas del lugar, lo que genera incertidumbre en los análisis.

WorldClim proporciona datos interpolados que incluyen estimaciones de precipitación mensual y anual, lo cual permite evaluar tendencias y anomalías climáticas en regiones específicas (Fick & Hijmans, 2017). En este proyecto, se realizará un análisis comparativo para identificar diferencias significativas entre las mediciones locales y los datos globales. Según (Zhao, Chen y Zhang, 2020), la validación de datos de precipitación a través de métodos estadísticos es crucial para garantizar la precisión en estudios regionales.

7.2.3. Temperatura

La temperatura es una magnitud física escalar que cuantifica el calor o el frío del ambiente, el calor es una medida de la cantidad de energía dentro de un

objeto, en el contexto de la temperatura del aire, las moléculas de aire se mueven más rápido y tiene más energía cuando esta más caliente. En pocas palabras la temperatura es un indicador esencial del clima y afecta una amplia gama de procesos ecológicos y socioeconómicos. Su monitorización permite evaluar cambios térmicos y tendencias de calentamiento que pueden impactar en sectores como la agricultura y la salud humana (Liu, 2020).

En este estudio, la temperatura se analiza como un conjunto de variables que incluyen a la temperatura máxima, mínima y media las cuales serán explicadas una por una en el contexto de la investigación.

7.2.3.1. Temperatura máxima

La temperatura máxima representa el valor térmico más alto registrado durante un periodo determinado, este indicador es crucial para identificar eventos extremos como olas de calor, que tienen efectos significativos en la productividad agrícola, la salud de los ecosistemas y el bienestar humano. Según estudios de (Zhao, 2020), las temperaturas extremas pueden alterar los ciclos fenológicos de las plantas y aumentar el riesgo de enfermedades relacionadas con el calor en humanos y animales.

En el contexto del campus universitario Salache, el análisis de la temperatura máxima permite evaluar el impacto potencial de estos eventos en las actividades locales como la agricultura y la ganadería para poder proponer estrategias de adaptación.

7.2.3.2. Temperatura mínima

La temperatura mínima indica los valores térmicos más bajos registrados, siendo un parámetro clave para monitorear las condiciones de frío extremo y heladas. Estas condiciones pueden afectar negativamente el desarrollo de cultivos sensibles y causar daños en infraestructuras agrícolas. (McVicar, 2022) destacan que las heladas recurrentes impactan de manera crítica en la economía agrícola, especialmente en regiones de alta altitud como Cotopaxi.

La identificación de patrones de temperatura mínima permite diseñar medidas preventivas para mitigar los efectos adversos en la producción agrícola, debido a que la baja de las temperaturas puede llegar a quemar los cultivos lo que genera pérdidas significativas a las personas que se dedican a las actividades agrícolas.

7.2.3.3. Temperatura media

La temperatura media proporciona un valor promedio de las condiciones térmicas diarias, siendo una medida representativa del clima de una región. Este indicador es esencial para evaluar tendencias de calentamiento global y su relación con fenómenos como el cambio climático. De acuerdo con (Fick & Hijmans, 2017), la temperatura media es un parámetro fundamental para modelar procesos biológicos y evaluar la adaptabilidad de especies vegetales y animales a condiciones cambiantes. En el ámbito local, su análisis permite correlacionar datos climáticos con fenómenos agrícolas y ecológicos, facilitando la toma de decisiones informadas.

Las discrepancias entre las mediciones locales de la estación M0004 y los datos interpolados de WorldClim se observarán para determinar la aplicabilidad de estos últimos en el área de estudio, este enfoque permitirá identificar patrones específicos y proponer ajustes en la utilización de datos para la toma de decisiones locales.

7.3. Datos climáticos

El manejo y análisis de datos climáticos es crucial para evaluar tendencias, identificar anomalías y validar predicciones. WorldClim, una plataforma global reconocida, genera datos interpolados con alta resolución espacial a partir de estaciones meteorológicas, sensores remotos y modelos matemáticos avanzados. Este enfoque permite llenar vacíos de información y proporcionar estimaciones fiables en áreas donde las estaciones locales no son suficientes. (Fick & Hijmans, 2017)

Según (Liu, 2020), los datos climáticos deben someterse a procesos rigurosos de validación para garantizar su calidad y utilidad en la toma de decisiones. En este

estudio, se analizarán tanto los datos locales obtenidos por la estación M0004 como los datos de WorldClim, lo que permitirá identificar discrepancias, errores sistemáticos y posibles limitaciones en su uso para estudios locales.

7.4. Modelos Estadísticos

Los modelos estadísticos son herramientas esenciales para observar y validar datos climáticos. En este proyecto, se utilizará RMSE y la prueba de chi cuadrado, una metodología robusta para comparar frecuencias observadas y esperadas en conjuntos de datos (Zar, 2021). Esta técnica permite identificar patrones y evaluar la coherencia de los datos, asegurando que las discrepancias observadas sean atribuibles a variaciones naturales o errores sistemáticos.

Según (Matthews, Bennett y Jones, 2023), el uso de modelos estadísticos en estudios climáticos contribuye significativamente a mejorar la comprensión de las limitaciones de los modelos y a ajustar sus parámetros para mejorar su aplicabilidad. Además, la prueba de chi cuadrado ha demostrado ser eficaz para validar datos climáticos en áreas con topografía compleja, como la provincia de Cotopaxi.

7.5. Validación de Datos

La validación de datos climáticos implica comparar las predicciones de modelos con datos observados para determinar su precisión y confiabilidad. Este proceso es esencial en el contexto de los modelos globales, que dependen de algoritmos avanzados para generar estimaciones espaciales y temporales. En este proyecto, la validación se centrará en evaluar la concordancia entre los datos de WorldClim y la estación M0004 mediante indicadores como el error absoluto medio y el análisis gráfico de dispersión. (Baxter y Anderson, 2020), destacan que la validación de datos no solo mejora la comprensión de las limitaciones de los modelos, sino que también proporciona información valiosa para ajustar sus parámetros y mejorar su aplicabilidad en contextos específicos.

En este sentido, el análisis de errores y la validación se realizará mediante indicadores como el error absoluto medio y análisis gráficos de dispersión,

proporcionando una base sólida para evaluar la utilidad de los datos de WorldClim en el ámbito local.

7.6. Herramientas tecnológicas

7.6.1. ArcGis

ArcGIS es una plataforma integral de sistemas de información geográfica (SIG) desarrollada por Esri. Proporciona herramientas avanzadas para recopilar, organizar, analizar y visualizar datos geoespaciales. La plataforma incluye diversas aplicaciones, como **ArcGIS Pro**, orientada al análisis de escritorio, y **ArcGIS Online**, que ofrece soluciones basadas en la nube. Estas herramientas permiten a los usuarios comprender mejor las relaciones espaciales y los patrones en sus datos mediante representaciones cartográficas y análisis detallados (Esri, s.f.).

ArcGIS tiene múltiples aplicaciones, destacando:

- **Creación de mapas interactivos:** Permite visualizar datos geográficos en formato cartográfico, facilitando la interpretación de patrones espaciales (Esri, s.f.).
- **Análisis espacial:** Ofrece herramientas avanzadas para estudiar tendencias geográficas, identificar relaciones y realizar proyecciones (Esri, s.f.).
- **Gestión de datos espaciales:** Ayuda a recopilar y organizar grandes volúmenes de datos en distintos formatos, optimizando su manejo (Esri, s.f.).
- **Colaboración y difusión de información:** ArcGIS Online permite compartir mapas y proyectos con otros usuarios, promoviendo la colaboración eficiente (Esri, s.f.).

En la investigación, ArcGIS desempeñó un papel crucial al permitir delimitar con precisión el área de estudio, definiendo el área del campus Salache y generando mapas detallados de la zona. Además, facilitó el análisis comparativo de los datos climáticos, ayudando a visualizar las discrepancias entre los datos de WorldClim y los obtenidos de la estación meteorológica M0004

Rumipamba-Salcedo.

7.7. Influencia de la topografía en la precisión de los datos climáticos.

La topografía es esencial para la precisión de datos climáticos, ya que las variaciones en la elevación, pendiente y orientación del terreno las cuales pueden afectar de manera significativa en variables como la temperatura, precipitación y velocidad del viento. Estudios han demostrado que áreas con topografía compleja presentan desafíos para la interpolación de datos climáticos y la precisión de los modelos meteorológicos.

Por ejemplo, (Fick & Hijmans, 2017) subraya la importancia de tener en cuenta la topografía al generar datos climáticos interpolados, especialmente en regiones montañosas. En estas áreas, las diferencias en altura y la complejidad del terreno pueden crear microclimas, por eso, el hecho de incluir datos topográficos en los modelos climáticos puede mejorar de manera significativa su precisión y aplicabilidad.

7.7.1. Factores topográficos que afectan los datos climáticos

7.7.1.1. Altitud

La altitud es la distancia vertical de un punto de la tierra con respecto al nivel del mar, la medición de la altitud es importante en la meteorología debido a que a mayor altitud las condiciones de la presión atmosférica, temperatura y la disponibilidad de oxígeno varían, generalmente las condiciones cambian y pueden presentarse variaciones climáticas.

En este contexto mencionado (Portilla, 2018) menciona que la altitud es el factor que más contribuye a modificar el clima, si se considera que partiendo del nivel del mar la temperatura desciende un grado por cada 200 metros de altura, el clima tiene una fluctuación de aproximadamente 31 grados, ya que el nivel de sus tierras va desde 0 metros al nivel del mar hasta 6 310 metros que es su máxima altura en las cumbres del Chimborazo. De esta manera, el país goza del privilegio de poseer todos los tipos de clima, desde el cálido del Litoral hasta el glacial de las alturas andinas. La altura y la dirección norte sur de las cordilleras Occidental y Oriental del sistema montañoso de los Andes impide la penetración

de los vientos cálidos y húmedos del Occidente y del Oriente al interior de las hoyas o valles andinos, que quedan caracterizadas específicamente por este factor.

Esto quiere decir que la esta investigación altitud es el principal elemento que influye en la variación climática, se estima que a partir del nivel del mar, la temperatura disminuye un grado por cada 200 metros, lo que provoca una oscilación térmica de aproximadamente 31 grados, dado que la geografía del Ecuador abraza desde los 0 metros en la costa y los 6130 metros en la cima del volcán Chimborazo, debido a esto existe diversidad altitudinal y el territorio ecuatoriano cuenta con una diversidad de climas desde lo cálido de la región litoral hasta el frío de las cordilleras andinas. Además, la altura y orientación entre norte-sur de las cordilleras Occidental y Oriental de los Andes actúan como una barrera natural, impidiendo que los vientos cálidos y húmedos que provienen del oeste y del este ingresen a los valles andinos.

7.8. Métodos estadísticos para el análisis y validación de datos climáticos

El análisis y validación de datos climáticos requiere la aplicación de métodos estadísticos rigurosos que garanticen la calidad y la confiabilidad de la información que se está proporcionando. Las técnicas como el error de la raíz cuadrada media, error cuadrático medio y la prueba de ajuste de bondad (Chi cuadrado) son utilizados para comparar conjunto de datos y evaluar su consistencia.

La estadística depende de la matemática, misma que se hace cargo de presentar y analizar datos recogidos de uno o más experimentos. En general, la estadística se divide en dos partes la primera corresponde a la Estadística descriptiva que se encarga de ordenar información en términos de variables para luego analizarla en función de gráficos, la segunda corresponde a la Estadística inferencial que permite la estimación e inferencia de medidas. (Amador, 2018)

7.8.2. Métodos estadísticos Temperatura mínima

7.8.2.1. Error de raíz cuadrada media (RMSE)

El error de raíz cuadrada media (RMSE) cabe mencionar que es una medida de error absoluto entre valores observados y simulados, el índice deriva de 0 a infinito, siendo los valores más pequeños los que presentan mejores resultados de simulación.

La raíz del error cuadrático medio o RMSE por sus siglas en inglés, mide el valor medio cuadrático del error. Es presentado por (Hyndman & Koehler, 2006; Bergmeir & Benítez, 2012) y usado en (Liu et al., 2010; Karamirad et al., 2013; Gaiser et al., 2010; Wu et al., 2008). Éste índice es el más usado para la validación de modelos de sistemas físicos en la literatura revisada. Su resultado tiene las unidades de la variable medida y pondera los pronósticos que están más alejados del valor medido. (Tecnológico Metropolitano Colombia Camarillo-Peñaranda, 2013)

$$RMSE = \sqrt{(1/n) \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

Si el modelo de regresión estimado tiene intercepto 0, pendiente 1,0 (lo que se ha llamado la línea 1:1 o identidad) y el RMSE es 0, entonces se tiene el ajuste ideal y, por tanto, la precisión para simular del modelo, es perfecto. En el mundo real nada es perfecto, y aunque el RMSE fuera 0, la línea de ajuste puede no ser la identidad; por otro lado, aun teniendo una línea de ajuste 1:1 el RMSE podría ser muy alto, y, por ende, los datos suministrados por la simulación no serían confiables. (Soto-Bravo & González-Lutz, 2019)

7.8.2.2. Error cuadrático medio (MSE)

El error cuadrático medio (MSE) mide el promedio de los errores al cuadrado, siendo el error el valor de la diferencia entre los pronósticos modelos (estación meteorológica M0004) y los valores de las observaciones (WorldClim).

El error cuadrático medio o MSE por sus siglas en inglés, pondera las estimaciones que están más alejadas del valor medido. Es usado por Karamirad et al. (2013). Su resultado está en unidades al cuadrado de la variable medida. (Tecnológico Metropolitano Colombia Camarillo-Peñaranda, 2013)

$$MSE = (1/n) \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

7.8.2.3. Prueba de ajuste de bondad (Chi cuadrado)

La prueba de chi cuadrado por ajuste de bondad son pruebas de hipótesis que permiten comparar frecuencias que entregan los datos de la muestra (frecuencias observadas) con las frecuencias esperadas.

El test chi2 consiste en tomar una muestra y observar si hay diferencias significativas entre las frecuencias observadas y las especificadas por la ley teórica del modelo que se contrasta, también denominadas “frecuencias esperadas”. O sea, el test o prueba chi2, compara dos tablas, una observada (de frecuencias obtenidas en nuestro estudio), con otra teórica (de frecuencias esperadas y calculadas teóricamente). (M Romero, 2011) Fue Karl Pearson quien propuso el siguiente estadístico:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde:

O_i: Frecuencias observadas. Es el número de casos observados clasificados en una determina celda de la tabla de contingencia.

E_i: Frecuencias esperadas o teóricas. Es el número de casos esperados correspondientes a cada celda de la tabla de contingencia. Se puede definir como aquella frecuencia que se observaría si ambas variables fuesen independientes. (M Romero, 2011)

7.9. Tendencias climáticas y variabilidad temporal (2010-2021)

Analizar las tendencias climáticas y las variabilidades temporales en el periodo 2010-2021 es esencial para entender los cambios en el clima local y global, diferentes estudiad han empleado modelos espacio-temporales para identificar eventos de temperatura y evaluar tendencias a largo plazo.

La variabilidad temporal, que puede ser de orden diario, mensual, estacional, anual, o en intervalos temporales más largos (décadas, centurias, milenios). La variabilidad temporal se relaciona con los factores cósmicos: movimientos de rotación y traslación de la Tierra, su posición con respecto del sol, desplazamiento estacional de los grandes sistemas de presión y flujos de aires, entre otros.(Emilia Pérez, n.d.)

Esto quiere decir que la variabilidad temporal son los cambios en el clima durante periodos de tiempo ya puede ser días, meses, estaciones del año, años o incluso periodos más largos como décadas, siglos y milenios, estos cambios están influenciados por factores cósmicos como por ejemplo los movimientos de rotación y traslación de la tierra, si posición con respecto al sol y el desplazamiento estacional de grandes sistemas de presión y del fulo del aire.

7.9.1. Factores que afectan la variabilidad climática Temperatura mínima

7.9.1.1.Ciclo ENSO (fenómeno del El Niño y La Niña)

7.9.1.1.1. Fenómeno del Niño

El fenómeno de El Niño conocida como la fase cálida del ciclo ENSO es un evento climático de origen natural el cual se produce cuando la temperatura del mar en la superficie del océano Pacífico central y oriental se calienta más de lo normal, lo cual afecta al Ecuador y a Perú con lluvias muy intensas, sequias, inundaciones, deslave y oleajes.

Cada cierto tiempo y en los primeros meses del año, El Niño está asociado a la invasión de aguas superficiales más cálidas y menos salinas (Espinoza, 1996). Provoca torrenciales lluvias, particularmente en Perú y Ecuador, países donde el fenómeno suele estar relacionado con devastaciones en varios pueblos y ciudades, cada seis años aproximadamente y durante un periodo entre 12 a 18 meses (Glantz, 2001).

Esto quiere decir que cada cierto tiempo el fenómeno de El Niño causa la llegada de aguas superficiales más calida y con menor salinidad, lo que provoca lluvias torrenciales especialmente en países como Perú y Ecuador, donde el fenómeno suele causar devastaciones en varias localidades, por último,

este evento ocurre aproximadamente cada seis años y durante un periodo de 12 y 18 meses.

7.9.1.2.Fenómeno de La Niña

El fenómeno climático de La Niña conocida como la fase fría del ciclo ENOS, normalmente se asocia a las temperaturas más bajas, esto ocurre cuando las aguas del océano Pacífico central y oriental se enfrían durante un periodo de aproximadamente uno a tres años, lo que genera fuertes lluvias en algunas áreas y en otras genera sequías extremas.

La Niña es el término popular con el cual se conoce la fase fría del ENOS. Es el enfriamiento anormal de las aguas ecuatoriales del Océano Pacífico Tropical. Este fenómeno influye considerablemente las condiciones del tiempo en muchas partes del mundo, aunque de manera distinta, y en algunas ocasiones opuesta, a como lo hace El Niño (La, n.d.).

Nos menciona que es la fase fría del fenómeno climático conocido como ENOS, la cual se caracteriza por el enfriamiento anormal de las aguas ecuatoriales del océano pacífico, este fenómeno influye notablemente en el clima de muchas partes del mundo, pero de manera diferente y a veces opuesta, a como lo hace El Niño.

7.9.2. Efectos del cambio climático en Cotopaxi

7.9.2.1.Aumento de temperaturas Temperatura mínima

El aumento de la temperatura es un cambio en la temperatura media de la Tierra, que es comúnmente conocida como calentamiento global, lo que quiere decir que la energía solar es absorbida por la Tierra, y debido a esto desprende calor a la atmósfera en forma de rayos infrarrojos. El calentamiento global es consecuencia de la emisión de gases de efecto invernadero como el CO₂, metano y óxido nítrico, dichas emisiones son consecuencias de las actividades que realizan los seres humanos.

De acuerdo con González en el 2010 el calentamiento global y el aumento del nivel del mar son causados por las actividades humanas, persistirán durante

muchos años, incluso si logremos estabilizar los gases de efecto invernadero. “Si este calentamiento se prolonga durante muchos siglos podría provocar el derretimiento total del casquete polar de Groenlandia, lo que haría aumentar el nivel del mar unos 7,2 metros” (González, 2010)

7.9.2.2. Alteraciones en la precipitación Temperatura mínima

Las alteraciones de precipitación son los cambios en los patrones de lluvia, lo que puede ser provocado por el cambio climático, estos cambios afectan de diferentes formas ya sea dependiendo de la climatología y las características geográficas de la región en la que se está realizando el estudio.

Investigar la variabilidad de las precipitaciones a escala regional es esencial para comprender los posibles impactos en los seres humanos y el medio ambiente natural. Circulación atmosférica, la topografía, el uso de la tierra y otras características regionales modifican los cambios globales para producir patrones únicos de cambio a escala regional. (León Baque et al., 2021)

Estudiar como varían las precipitaciones a nivel regional es fundamental para entender cómo pueden afectar a las personas y al entorno natural, factores como la circulación atmosférica, la topografía, el uso del suelo y otras características específicas de cada región pueden alterar los cambios globales y generar patrones de variación únicos en cada área.

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS

¿Qué tan confiables son los datos climáticos de la estación meteorológica M0004 Rumipamba-Salcedo y los datos proporcionados por la base de datos global WorldClim para el área del campus universitario Salcedo durante el periodo 2010-2021.?

9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1. Área de Estudio

La investigación se desarrollará en los alrededores de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache y la Estación Meteorológica Rumipamba-Salcedo que se encuentra cerca del campus.

Tabla 2. Ubicación del proyecto

Provincia	Cotopaxi
Cantón	Latacunga
Parroquia	Eloy Alfaro
Latitud	00° 59' 57" S
Longitud	78° 37' 14" O
Altitud	2747 m.s.n.m.

Figura 1. Ubicación del Centro de Experimentación Salache CEASA



Nota: Tomado de Google Earth 2025 **Elaborado**

por: Pruna, K. (2025)

9.2. Tipo de Investigación

9.2.1. Descriptiva

La investigación descriptiva se lleva a cabo cuando se busca describir, en todos sus componentes principales, una realidad (Guevara, Verdesoto, & Castro, 2020). En este caso, se utilizó este tipo de investigación para analizar los datos

meteorológicos de precipitación, temperatura media recopilados en la página WorldClim, y compararlos con los datos obtenidos por la estación meteorológica Rumipamba, ubicada en Salcedo, durante el período 2010-2021.

La descripción de los resultados obtenidos tras la tabulación de los datos permitió identificar patrones clave y elaborar mapas que ilustran la diferencia entre las variables meteorológicas y la diferencia entre las dos páginas. Además, se calculó el porcentaje de error entre las estimaciones de la página WorldClim y las mediciones de la estación meteorológica, proporcionando una base sólida para el análisis. La comparación de la precipitación y la temperatura media entre ambas fuentes de datos permitió comprender los márgenes de error existentes, facilitando el análisis y la discusión en función de los objetivos planteados.

9.2.2. Cualitativo

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo, que se basa en la recopilación y análisis de datos meteorológicos de precipitación y temperatura media, obtenidos de dos fuentes: WorldClim y la estación meteorológica M0004, durante un período de 11 años (2010-2021). Se utiliza un análisis comparativo y correlacional para reconocer las diferencias y semejanzas entre ambas bases de datos empleando técnicas estadísticas. Los datos serán organizados, limpiados y analizados mediante procedimientos descriptivos e inferenciales, utilizando herramientas como Excel, con el fin de evaluar la concordancia y variabilidad entre las mediciones.

9.3. Instrumentos de investigación Área de Estudio

Los instrumentos utilizados en la investigación incluyen bases de datos generados a partir de diferentes fuentes y procesadas con herramientas especializadas. En primer lugar, se procesaron los archivos TIF proporcionados por WorldClim utilizando el software ArcGIS, lo que permitió extraer información relevante sobre variables climáticas como precipitación y temperaturas máximas, mínimas y medias. Posteriormente, los datos obtenidos fueron organizados en tablas mediante el software Microsoft Excel, facilitando su análisis y comparación.

Además, se recopiló la base de datos de la estación meteorológica Rumipamba, cuyos registros fueron igualmente tabulados en Excel. Este proceso de organización estructurada de datos fue fundamental para calcular el porcentaje de error existente entre las estimaciones de WorldClim y las mediciones directas de la estación meteorológica. Según (López y Martínez, 2021), la combinación de herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica) y software de análisis tabular es una estrategia eficaz para evaluar la precisión de datos climáticos provenientes de fuentes secundarias.

Este enfoque metodológico no solo permitió realizar un análisis cuantitativo riguroso, sino que también facilitó la visualización de discrepancias entre ambas fuentes, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos de la investigación.

9.4. Recolección de datos

9.4.1. Datos obtenidos de WorldClim

La información meteorológica correspondiente a la investigación se descargó de la página oficial de WorldClim, conocido proveedor de datos climáticos. En cada descarga se obtenía un archivo zip que contenía 120 archivos GeoTiff, correspondientes a cada mes del año (Enero = 1; diciembre = 12) durante un tiempo de 10 años. Estas piezas de información fueron bajadas con una resolución espacial de 2.5 minutos (~21 km² en la región ecuatorial) y las variables consideradas fueron la temperatura media mínima (°C), temperatura media máxima (°C) y la precipitación total (mm).

9.4.2. Recopilación de datos de la Estación Meteorológica

Para obtener los datos de la estación meteorológica, se envió un oficio al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) (Anexo 1), con el objetivo de solicitar los datos climatológicos de las variables de precipitación y temperatura media registrada en la estación meteorológica M0004 en el periodo 2010-2021. Al recibir la información solicitada, se organizó en una base de datos utilizando Microsoft Excel. Esto permitió clasificar y tabular los datos de una manera adecuada para posteriormente realizar su análisis estadístico y comparación con los datos obtenidos de la página WorldClim.

Según López y Rodríguez (2019), la organización y estructuración de datos meteorológicos en herramientas como Excel no solo facilita su manejo y análisis, sino que también contribuye a garantizar la calidad y consistencia de la información empleada en investigaciones climáticas. Este proceso fue clave para asegurar la integridad de los datos y su integración en los procedimientos analíticos posteriores.

9.5. Procesamiento de datos de WorldClim en ArcMap

Los archivos al estar comprimidos en un formato TIF, se procedió a descomprimir y a organizarlos por años para facilitar su procesamiento. Para este proceso se utilizó el programa ArcMap junto con algunas herramientas de ArcGIS. En primer lugar, se delimitó el área de estudio con la función de recorte (“Clip”).

Posteriormente, se utilizó la herramienta “Sample” de ArcToolbox para extraer los datos de las variables climáticas en formato tabular. De este modo, se pudo lograr una base de datos estructurada con la información requerida para la investigación.

Para Pérez y Martínez (2020), el análisis de datos climáticos espaciales hace un uso extensivo de ArcMap, que es un componente crítico para demarcar regiones de interés y adquirir detalles específicos. Este enfoque aseguró que los datos recolectados fueran representativos del área de estudio y cumplieran con los estándares requeridos para análisis posteriores.

9.6. Validación de datos meteorológicos.

Mediante el análisis estadístico de RMSE se validó los datos debido a que este método estadístico se mide el error absoluto que se tuvo entre los datos observados que en este caso son los datos obtenidos de la estación meteorológica M0004 y valores simulados que fueron obtenidos de la página WorldClim. Para verificar si los datos son verificables se debe tener en cuenta lo siguiente: el RMSE que mide el error debe ser 0 a 0,5, lo que significa que el modelo es ideal y simula perfectamente los datos.

9.7. Análisis del error en los datos.

Para el análisis del error en los datos y ver si son compatibles se utilizó la prueba de ajuste de bondad de chi cuadrado el cual nos menciona que si el resultado entre

el valor observado (estación meteorológica) y valores estimados (WorldClim) es $p > 0,05$ no existe diferencia significativa, sin embargo, si $p \leq 0,05$ existe diferencia significativa.

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. DISCREPANCIAS DE PRECIPITACIÓN ENTRE LOS DATOS DE LA ESTACIÓN M0004 Y WORLDCLIM.

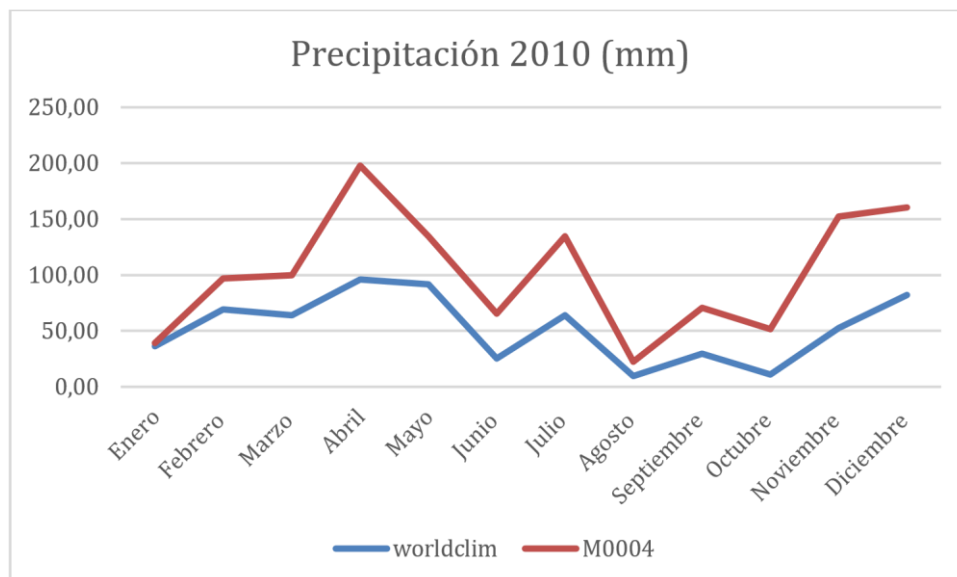
10.1.1. Precipitación

Al comparar los datos de precipitación mensual entre la estación meteorológica M0004 Rumipamba-Salcedo y los modelos de WorldClim para los años del 2010 al 2021, se identificaron discrepancias significativas en varios meses. Estas diferencias indican posibles inconsistencias entre los datos observados localmente y las estimaciones globales proporcionadas por WorldClim.

10.1.1.1. 2010

Al comparar la serie de datos de precipitación entre la estación meteorológica y WorldClim, se observa un alto grado de inconsistencia en los meses de enero, febrero, marzo, mayo, octubre y noviembre. Las mayores discrepancias se presentan en enero y febrero, siendo especialmente notorio el caso de enero, donde la estación meteorológica reporta 2,8 mm, mientras que WorldClim registra 36,5 mm. Esta diferencia representa una sobreestimación significativa en el modelo global y resalta la importancia de evaluar la precisión de las proyecciones de WorldClim en contextos locales. No obstante, en meses como abril, julio, agosto y diciembre, los valores muestran una mayor concordancia. Estas discrepancias podrían estar relacionadas con la escala espacial de los modelos globales, que no siempre logran capturar las particularidades climáticas de áreas específicas.

Figura 2. Precipitación total 2010 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.



10.1.1.1.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE de 28,45 un valor que es bastante alto, esto se debe a que los datos obtenidos de la página WorldClim tiene valores atípicos en referencia a los datos de la estación meteorológica lo que quiere decir que el modelo no es ideal o no es compatible con los datos de la estación. Por otro lado, el análisis del error por la prueba de bondad de ajuste de chi cuadrado revela diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en los meses de enero (405,6), febrero, marzo (64,92) y octubre (56,82), evidenciadas por valores elevados, esto indica discrepancias considerables entre las precipitaciones estimadas por WorldClim y las registradas por la estación M0004 RumipambaSalcedo durante esos meses.

Sin embargo, existen meses como abril y julio mostraron diferencias no significativas ($p > 0,05$), lo que sugiere una mayor coherencia entre ambas fuentes en dichos períodos. Este análisis subraya la importancia de considerar variaciones estacionales y posibles diferencias metodológicas al usar estos datos en modelos climáticos o decisiones agronómicas.

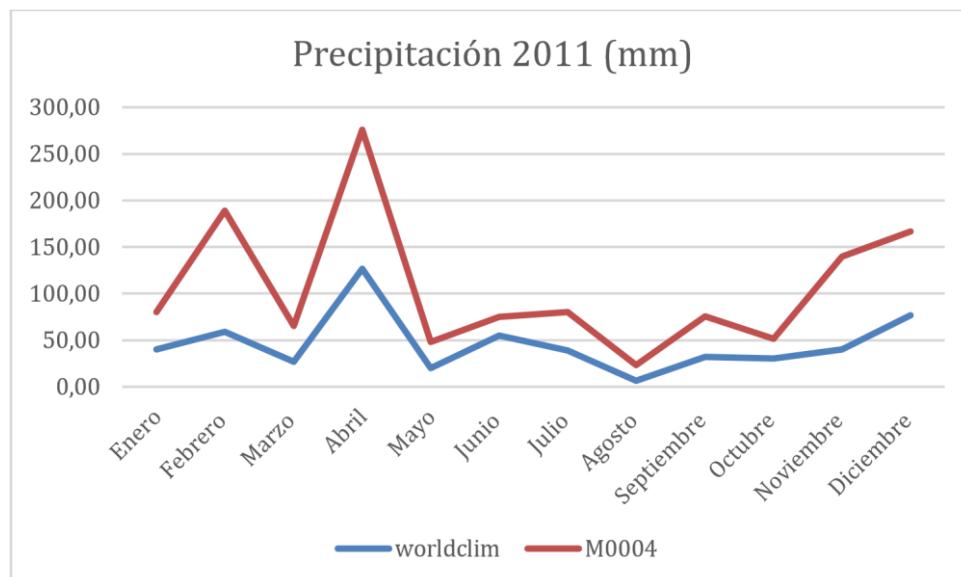
Tabla 3. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2010.

Fecha	PM0004	PWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERROR CUADRÁTICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2010	2,80	36,50	-33,70	1135,69	28,45	809,44	405,60
15/2/2010	27,30	69,40	-42,10	1772,41	28,45	809,44	64,92
15/3/2010	35,70	64,00	-28,30	800,89	28,45	809,44	22,43
15/4/2010	101,80	96,00	5,80	33,64	28,45	809,44	0,33
15/5/2010	42,60	91,80	-49,20	2420,64	28,45	809,44	56,82
15/6/2010	40,00	25,40	14,60	213,16	28,45	809,44	5,33
15/7/2010	70,70	64,10	6,60	43,56	28,45	809,44	0,62
15/8/2010	12,80	9,60	3,20	10,24	28,45	809,44	0,80
15/9/2010	41,20	29,70	11,50	132,25	28,45	809,44	3,21
15/10/2010	40,80	11,00	29,80	888,04	28,45	809,44	21,77
15/11/2010	99,90	52,50	47,40	2246,76	28,45	809,44	22,49
15/12/2010	78,30	82,30	-4,00	16,00	28,45	809,44	0,20

10.1.1.2. 2011

Al comparar la serie de datos de precipitación entre la estación meteorológica y WorldClim, se evidencia un alto grado de inconsistencia en los meses de febrero, junio y noviembre. En febrero, la estación meteorológica reporta 130 mm, mientras que WorldClim registra 59 mm; en junio, la estación reporta 20 mm, en contraste con los 54,9 mm de WorldClim; y en noviembre, los datos de la estación alcanzan 99,9 mm, frente a los 40,1 mm del modelo global. Estas discrepancias reflejan una sobreestimación y una subestimación significativa en las proyecciones de WorldClim y subrayan la necesidad de evaluar su precisión en contextos locales. Sin embargo, en meses como enero, marzo, abril, mayo, julio, agosto, septiembre, octubre y diciembre, los valores muestran una mayor concordancia. Estas diferencias podrían atribuirse a la escala espacial de los modelos globales, que no siempre logran capturar con precisión las características climáticas específicas de determinadas áreas.

Figura 3. Precipitación total 2011 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.



10.1.1.2.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE de 30,30 un valor que es bastante alto, esto se debe a que los datos obtenidos de la página WorldClim tiene valores atípicos en referencia a los datos de la estación meteorológica lo que quiere decir que el modelo no es ideal o no es compatible con los datos de la estación. Por otro lado, el análisis del error por la prueba de ajuste de bondad de chi cuadrado, evidenció diferencias significativas en meses como febrero (38,77), junio (60,9) y noviembre (35,8), donde $p \leq 0,05$, mientras que, en enero, con un valor de la prueba es de 0,002, las diferencias fueron no significativas ($p > 0,05$). Estos resultados subrayan que las discrepancias entre WorldClim y la estación meteorológica varían según el mes y la magnitud de la precipitación, destacando la importancia de validar las fuentes para un análisis climático más preciso.

Tabla 4. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2011.

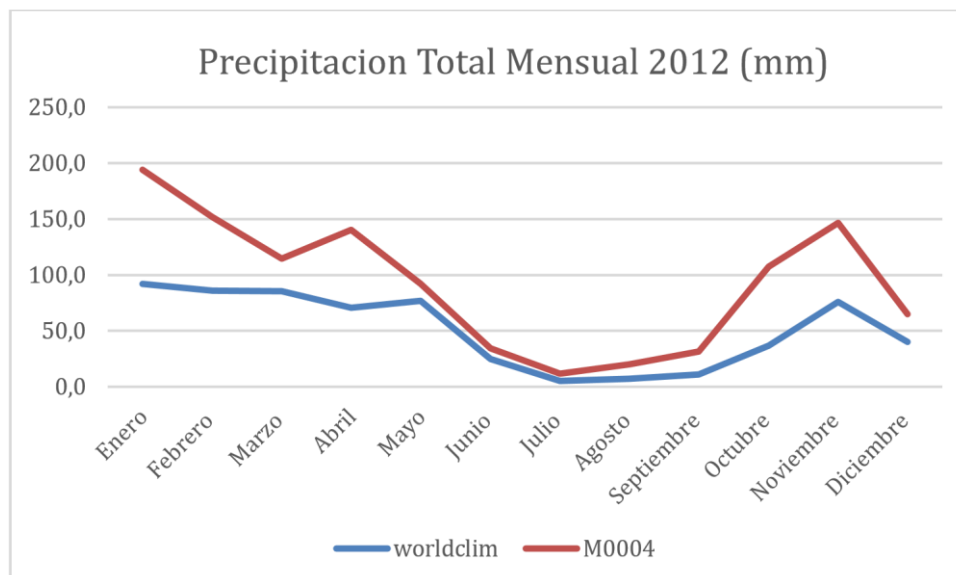
Fecha	PM0004	PWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERROR CUADRÁTICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2011	40,40	40,10	0,30	0,09	30,30	918,00	0,00
15/2/2011	130,00	59,00	71,00	5041,00	30,30	918,00	38,78
15/3/2011	38,30	27,20	11,10	123,21	30,30	918,00	3,22
15/4/2011	149,20	126,70	22,50	506,25	30,30	918,00	3,39

15/5/2011	28,30	20,00	8,30	68,89	30,30	918,00	2,43
15/6/2011	20,00	54,90	-34,90	1218,01	30,30	918,00	60,90
15/7/2011	41,40	39,00	2,40	5,76	30,30	918,00	0,14
15/8/2011	16,80	6,50	10,30	106,09	30,30	918,00	6,31
15/9/2011	43,60	32,00	11,60	134,56	30,30	918,00	3,09
15/10/2011	21,60	30,10	-8,50	72,25	30,30	918,00	3,34
15/11/2011	99,90	40,10	59,80	3576,04	30,30	918,00	35,80
15/12/2011	89,70	76,90	12,80	163,84	30,30	918,00	1,83

10.1.1.3. 2012

Al comparar la serie de datos de precipitación entre la estación meteorológica y WorldClim, se observa un alto grado de inconsistencia en los meses de marzo, mayo, junio y octubre. En marzo, la estación meteorológica reporta 29,1 mm, mientras que WorldClim registra 85,9 mm; en mayo, la estación reporta 15,1 mm, frente a los 76,9 mm de WorldClim; en junio, los datos de la estación son de 9,6 mm, en comparación con los 24,7 mm del modelo global. En octubre, sin embargo, la estación meteorológica refleja un valor superior de 70,5 mm, mientras que WorldClim registra solo 36,8 mm, indicando una subestimación significativa en el modelo global. Estas discrepancias resaltan la necesidad de evaluar la precisión de las proyecciones de WorldClim en contextos locales. No obstante, en meses como enero, febrero, abril, julio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre, los valores muestran una mayor concordancia. Estas diferencias podrían atribuirse a la escala espacial de los modelos globales, que no siempre logran capturar con exactitud las características climáticas particulares de áreas específicas.

Figura 4. Precipitación total 2012 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.



10.1.1.3.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE de 27,81 un valor que es bastante alto, esto se debe a que los datos obtenidos de la página WorldClim tiene valores atípicos en referencia a los datos de la estación meteorológica lo que quiere decir que el modelo no es ideal o no es compatible con los datos de la estación. Por otro lado, el análisis del error por la prueba de ajuste de bondad de chi cuadrado, evidenció diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en meses de meses de marzo (109,70), mayo (252,93) y octubre (16,11), lo que indica una notable discrepancia entre las estimaciones de WorldClim y los datos observados. Estas discrepancias pueden estar relacionadas con la variabilidad de las precipitaciones en esos meses. Por el contrario, los meses de abril (0,02) y junio (0,26) mostraron valores no significativos ($p > 0,05$), reflejando una mayor coherencia entre ambas fuentes.

Tabla 5. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2012.

Fecha	PM0004	PWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERROR CUADRÁTICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2012	102,1	92,0	10,10	102,01	27,81	773,33	1,00
15/2/2012	65,9	86,00	-20,10	404,01	27,81	773,33	6,13

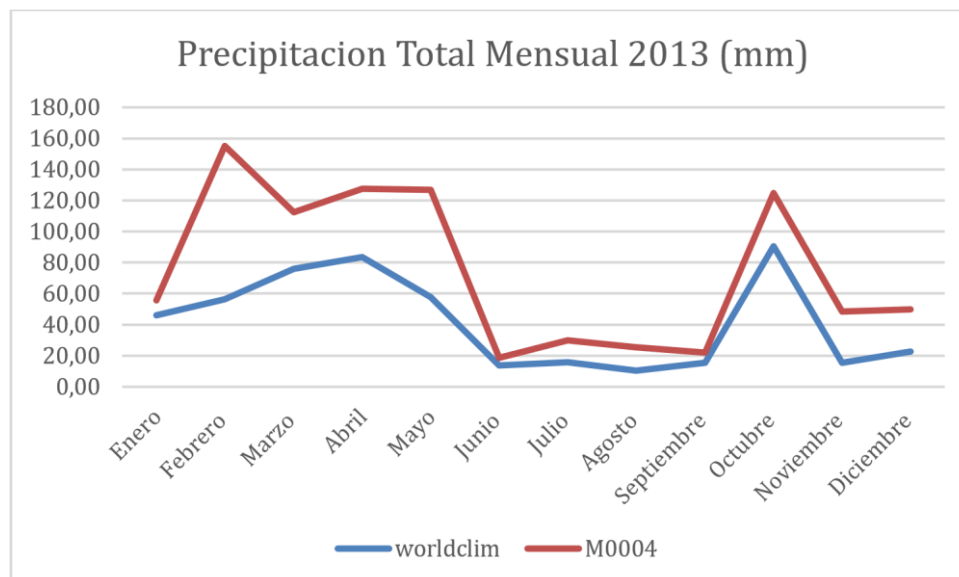
15/3/2012	29,1	85,60	-56,50	3192,25	27,81	773,33	109,70
15/4/2012	69,7	70,90	-1,20	1,44	27,81	773,33	0,02
15/5/2012	15,1	76,90	-61,80	3819,24	27,81	773,33	252,93
15/6/2012	9,6	24,70	-15,10	228,01	27,81	773,33	23,75
15/7/2012	6,5	5,20	1,30	1,69	27,81	773,33	0,26
15/8/2012	13,00	7,10	5,90	34,81	27,81	773,33	2,68
15/9/2012	20,50	11,00	9,50	90,25	27,81	773,33	4,40
15/10/2012	70,5	36,80	33,70	1135,69	27,81	773,33	16,11
15/11/2012	70,5	76,00	-5,50	30,25	27,81	773,33	0,43
15/12/2012	24,6	40,10	-15,50	240,25	27,81	773,33	9,77

10.1.1.4. 2013

Al comparar la serie de datos de precipitación entre la estación meteorológica y WorldClim, se observa un alto grado de inconsistencia en los meses de enero, febrero, marzo, abril, junio, septiembre y octubre. Las mayores discrepancias se presentan en enero y octubre. En enero, la estación meteorológica reporta 9,6 mm, mientras que WorldClim registra 46,1 mm, lo que evidencia una sobreestimación considerable en el modelo global. En contraste, en octubre, la estación refleja 34,4 mm, mientras que WorldClim reporta 90,5 mm, mostrando una subestimación por parte del modelo global. Estas discrepancias resaltan la necesidad de evaluar la precisión de las proyecciones de WorldClim en contextos locales, ya que las diferencias pueden manifestarse en ambas direcciones, dependiendo del mes analizado. No obstante, en meses como mayo, julio, agosto, noviembre y diciembre, los valores muestran una mayor concordancia. Estas diferencias podrían atribuirse a la escala espacial de los modelos globales, que no siempre logran capturar con exactitud las particularidades climáticas de áreas específicas.

Figura 5. Precipitación total 2013 de WorldClim y la estación M0004

Rumipamba-Salcedo.



10.1.1.4.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE de 28,96 un valor que es bastante alto, esto se debe a que los datos obtenidos de la página WorldClim tiene valores atípicos en referencia a los datos de la estación meteorológica lo que quiere decir que el modelo no es ideal o no es compatible con los datos de la estación. Por otro lado, el análisis del error por la prueba de ajuste de bondad de chi cuadrado, evidenció diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en los meses de enero (138,78), marzo (43,64), abril (35,28) y octubre (91,49) lo que sugiere que las estimaciones de WorldClim no reflejan con precisión las condiciones observadas durante esos periodos, posiblemente debido a la variabilidad extrema de las precipitaciones. No obstante, los meses de julio (0,26), agosto (1,36) y diciembre (0,71) presentaron diferencias no significativas ($p > 0,05$), reflejando una mayor concordancia entre los datos de la estación meteorológica y las estimaciones de WorldClim en dichos periodos.

Tabla 6. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2013.

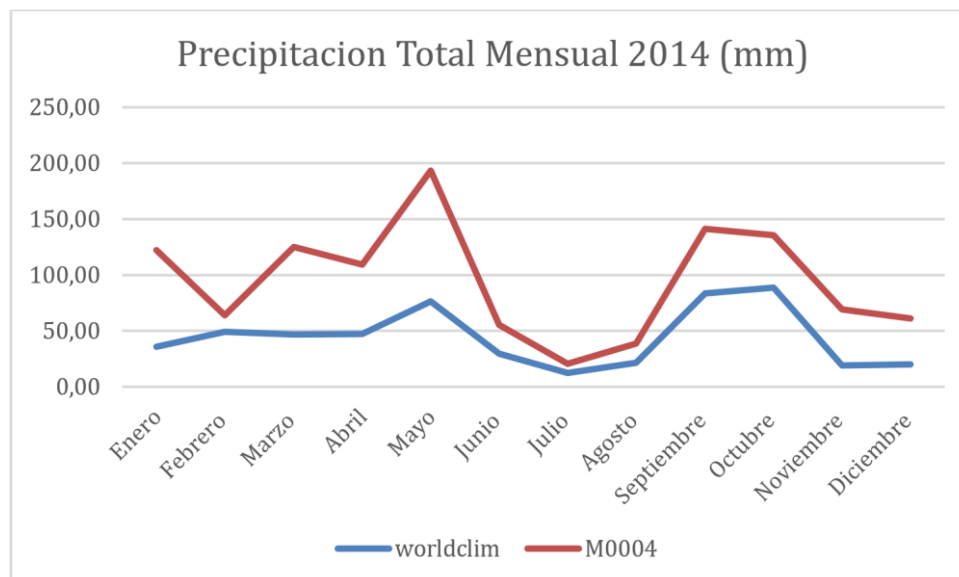
Fecha	PM0004	PWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERROR CUADRÁTICO MEDIO	CHI CUADRADO
Enero	55	45	138,78		28,96		
Febrero	155	55	43,64		28,96		
Marzo	110	75	35,28		28,96		
Abril	125	85	91,49		28,96		
Mayo	125	60			28,96		
Junio	15	15			28,96		
Julio	30	15	0,26		28,96		
Agosto	25	10	1,36		28,96		
Septiembre	20	15			28,96		
Octubre	125	90	91,49		28,96		
Noviembre	50	15			28,96		
Diciembre	50	20	0,71		28,96		

15/1/2013	9,6	46,10	-36,50	1332,25	28,96	838,73	138,78
15/2/2013	98,8	56,30	42,50	1806,25	28,96	838,73	18,28
15/3/2013	36,3	76,10	-39,80	1584,04	28,96	838,73	43,64
15/4/2013	44	83,40	-39,40	1552,36	28,96	838,73	35,28
15/5/2013	69,1	57,80	11,30	127,69	28,96	838,73	1,85
15/6/2013	4,8	13,90	-9,10	82,81	28,96	838,73	17,25
15/7/2013	14	15,90	-1,90	3,61	28,96	838,73	0,26
15/8/2013	14,9	10,40	4,50	20,25	28,96	838,73	1,36
15/9/2013	6,6	15,50	-8,90	79,21	28,96	838,73	12,00
15/10/2013	34,4	90,50	-56,10	3147,21	28,96	838,73	91,49
15/11/2013	33	15,40	17,60	309,76	28,96	838,73	9,39
15/12/2013	27,1	22,70	4,40	19,36	28,96	838,73	0,71

10.1.1.5. 2014

Al comparar la serie de datos de precipitación entre la estación meteorológica y WorldClim, se observa un alto grado de inconsistencia en los meses de enero, febrero, marzo, mayo, septiembre, octubre, noviembre y diciembre. Las mayores discrepancias se presentan en enero, febrero y octubre. En enero, la estación meteorológica M0004 reporta un valor elevado de 86,7 mm, mientras que WorldClim registra 35,6 mm, lo que evidencia una subestimación significativa del modelo global en este mes. En contraste, en febrero, la estación refleja 15,1 mm, mientras que WorldClim reporta 49,1 mm, mostrando una sobreestimación considerable del modelo global. Por su parte, en octubre, la estación reporta 46,8 mm, mientras que WorldClim registra 88,7 mm, destacando nuevamente una discrepancia importante. Estas diferencias subrayan la importancia de evaluar la precisión de las proyecciones de WorldClim en contextos locales, ya que las inconsistencias pueden variar en magnitud y dirección según el mes analizado. No obstante, en meses como abril, junio, julio y agosto, los valores muestran una mayor concordancia. Estas discrepancias podrían atribuirse a la escala espacial de los modelos globales, que no siempre logran capturar con precisión las particularidades climáticas de áreas específicas.

Figura 6. Precipitación total 2014 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.



10.1.1.5.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE de 29,56 un valor que es bastante alto, esto se debe a que los datos obtenidos de la página WorldClim tiene valores atípicos en referencia a los datos de la estación meteorológica lo que quiere decir que el modelo no es ideal o no es compatible con los datos de la estación. Por otro lado, el análisis del error por la prueba de ajuste de bondad de chi cuadrado, evidenció diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en los meses de febrero (76,56), octubre (37,51) y noviembre (19,52) lo que sugiere que las estimaciones de WorldClim no reflejan con precisión las condiciones observadas durante esos periodos, posiblemente debido a la variabilidad extrema de las precipitaciones. En cambio, meses como junio (0,50) y agosto (1,36) muestran diferencias mínimas, lo que sugiere una mayor concordancia. Este análisis resalta la importancia de considerar estas diferencias al emplear datos de WorldClim para fines locales.

Tabla 7. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2014.

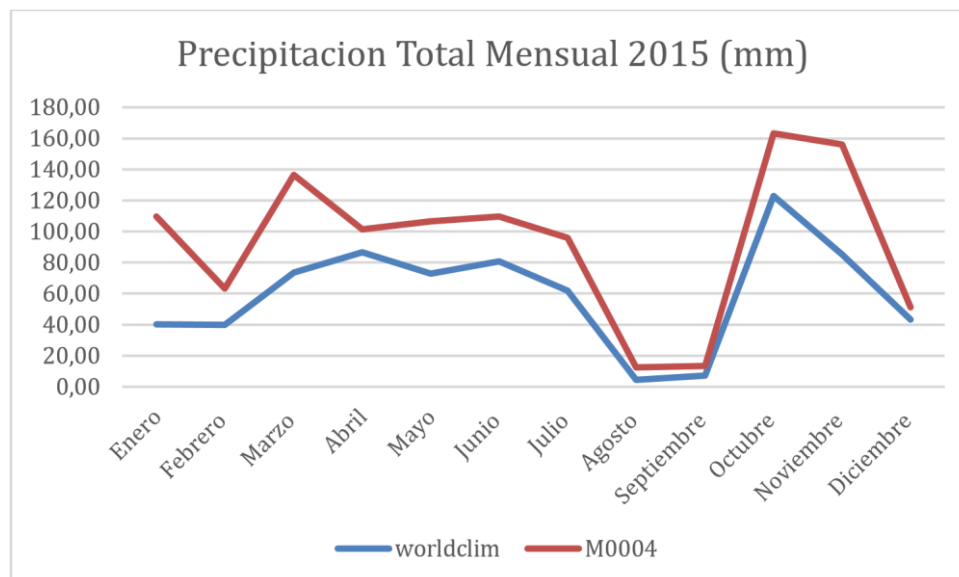
Fecha	PM0004	PWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERROR CUADRÁTICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2014	86,7	35,60	51,10	2611,21	29,56	873,80	30,12

15/2/2014	15,1	49,10	-34,00	1156,00	29,56	873,80	76,56
15/3/2014	78,5	46,60	31,90	1017,61	29,56	873,80	12,96
15/4/2014	61,8	47,50	14,30	204,49	29,56	873,80	3,31
15/5/2014	116,8	76,60	40,20	1616,04	29,56	873,80	13,84
15/6/2014	25,8	29,40	-3,60	12,96	29,56	873,80	0,50
15/7/2014	8,2	12,40	-4,20	17,64	29,56	873,80	2,15
15/8/2014	16,9	21,70	-4,80	23,04	29,56	873,80	1,36
15/9/2014	58	83,50	-25,50	650,25	29,56	873,80	11,21
15/10/2014	46,8	88,70	-41,90	1755,61	29,56	873,80	37,51
15/11/2014	50,2	18,90	31,30	979,69	29,56	873,80	19,52
15/12/2014	41,1	20,10	21,00	441,00	29,56	873,80	10,73

10.1.1.6. 2015

Al comparar la serie de datos de precipitación entre la estación meteorológica y WorldClim, se observa un alto grado de inconsistencia en los meses de enero, febrero, abril, mayo, junio, julio, octubre y diciembre. Las mayores discrepancias se presentan en abril, mayo, junio, octubre y diciembre. En enero, la estación meteorológica M0004 reporta 14,8 mm, mientras que WorldClim registra 86,7 mm, lo que evidencia una subestimación significativa del valor local por parte del modelo global. En mayo, la estación refleja 33,6 mm, mientras que WorldClim reporta 73 mm, destacando nuevamente una discrepancia importante. Por su parte, en octubre, la estación reporta 40,3 mm, mientras que WorldClim registra 88,7 mm, y en diciembre, la estación reporta 7,9 mm frente a los 43,2 mm de WorldClim, reflejando una sobreestimación notable en este último. Estas diferencias subrayan la importancia de evaluar la precisión de las proyecciones de WorldClim en contextos locales, ya que las inconsistencias pueden variar en magnitud y dirección según el mes analizado. No obstante, en meses como marzo, agosto, septiembre y noviembre, los valores muestran una mayor concordancia. Estas discrepancias podrían atribuirse a la escala espacial de los modelos globales, que no siempre logran capturar con exactitud las particularidades climáticas.

Figura 7. Precipitación total 2015 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.



10.1.1.6.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE 40,56 de un valor que es bastante alto, esto se debe a que los datos obtenidos de la página WorldClim tiene valores atípicos en referencia a los datos de la estación meteorológica lo que quiere decir que el modelo no es ideal o no es compatible con los datos de la estación. Por otro lado, la comparación de los datos, mediante el estadístico Chi-cuadrado, se identificaron diferencias significativas en los meses de abril (349,30), octubre (169,30) y diciembre (157,73), según el criterio $p \leq 0,05$, lo que indica discrepancias marcadas entre ambas fuentes de datos. Otros meses, como marzo (1,85), agosto (1,53) y septiembre (0,33), presentaron diferencias mínimas, reflejando mayor concordancia. Estos resultados destacan la variabilidad en la precisión de las estimaciones de WorldClim y la necesidad de validar su uso en análisis locales, especialmente en los meses con valores destacados.

Tabla 8. *Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2015.*

Fecha	PM0004	PWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERROR CUADRÁTICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2015	69,4	40,30	29,10	846,81	40,56	1644,93	12,20
15/2/2015	23,2	39,90	-16,70	278,89	40,56	1644,93	12,02

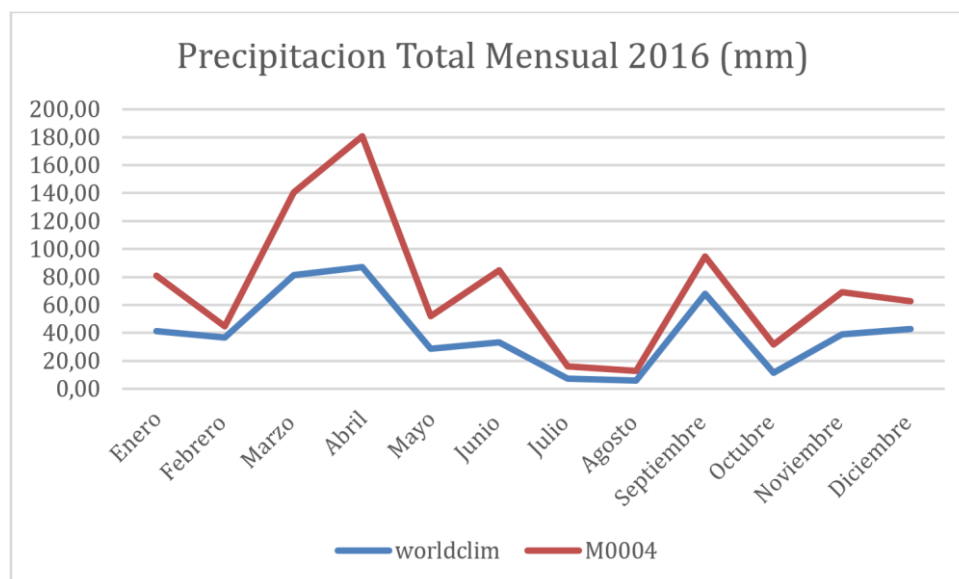
15/3/2015	62,9	73,70	-10,80	116,64	40,56	1644,93	1,85
15/4/2015	14,8	86,70	-71,90	5169,61	40,56	1644,93	349,30
15/5/2015	33,6	73,00	-39,40	1552,36	40,56	1644,93	46,20
15/6/2015	28,7	80,80	-52,10	2714,41	40,56	1644,93	94,58
15/7/2015	34,1	61,90	-27,80	772,84	40,56	1644,93	22,66
15/8/2015	8	4,50	3,50	12,25	40,56	1644,93	1,53
15/9/2015	6	7,40	-1,40	1,96	40,56	1644,93	0,33
15/10/2015	40,3	122,90	-82,60	6822,76	40,56	1644,93	169,30
15/11/2015	70,8	85,10	-14,30	204,49	40,56	1644,93	2,89
15/12/2015	7,9	43,20	-35,30	1246,09	40,56	1644,93	157,73

10.1.1.7. 2016

Al comparar la serie de datos de precipitación entre la estación meteorológica y WorldClim, se observa un alto grado de inconsistencia en los meses de febrero, septiembre y diciembre, siendo febrero y septiembre los que presentan las mayores discrepancias. En febrero, la estación meteorológica M0004 reporta 8 mm, mientras que WorldClim registra 36,7 mm, lo que evidencia una sobreestimación significativa del modelo global en comparación con el valor local. De manera similar, en septiembre, la estación refleja 27,1 mm, mientras que WorldClim reporta 67,8 mm, destacando nuevamente una discrepancia importante. Estas diferencias subrayan la necesidad de evaluar la precisión de las proyecciones de WorldClim en contextos locales, ya que las inconsistencias pueden variar en magnitud y dirección según el mes analizado. No obstante, en meses como enero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, octubre y noviembre, los valores muestran una mayor concordancia. Estas discrepancias podrían atribuirse a la escala espacial de los modelos globales, que no siempre logran capturar con exactitud las particularidades climáticas de áreas específicas.

Figura 8. Precipitación mensual 2016 de WorldClim y la estación M0004

Rumipamba-Salcedo.



10.1.1.7.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE 18,32 de un valor que es bastante alto, esto se debe a que los datos obtenidos de la página WorldClim tiene valores atípicos en referencia a los datos de la estación meteorológica lo que quiere decir que el modelo no es ideal o no es compatible con los datos de la estación. Por otro lado, la comparación de los datos, mediante el estadístico Chi-cuadrado, se identificaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en los meses de en febrero (102,961), septiembre (61,125) y diciembre (25,187), lo que indica una diferencia importante entre las estimaciones de ambas fuentes para estos meses. Por otro lado, enero (0,030), agosto (0,145) y julio (0,167) presentan una mayor concordancia, con valores muy bajos de Chi-cuadrado.

Tabla 9. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2016.

Fecha	PM0004	PWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERROR CUADRÁTICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2016	40	41,10	-1,10	1,21	18,32	335,51	0,03
15/2/2016	8	36,70	-28,70	823,69	18,32	335,51	102,96
15/3/2016	59,2	81,20	-22,00	484,00	18,32	335,51	8,18

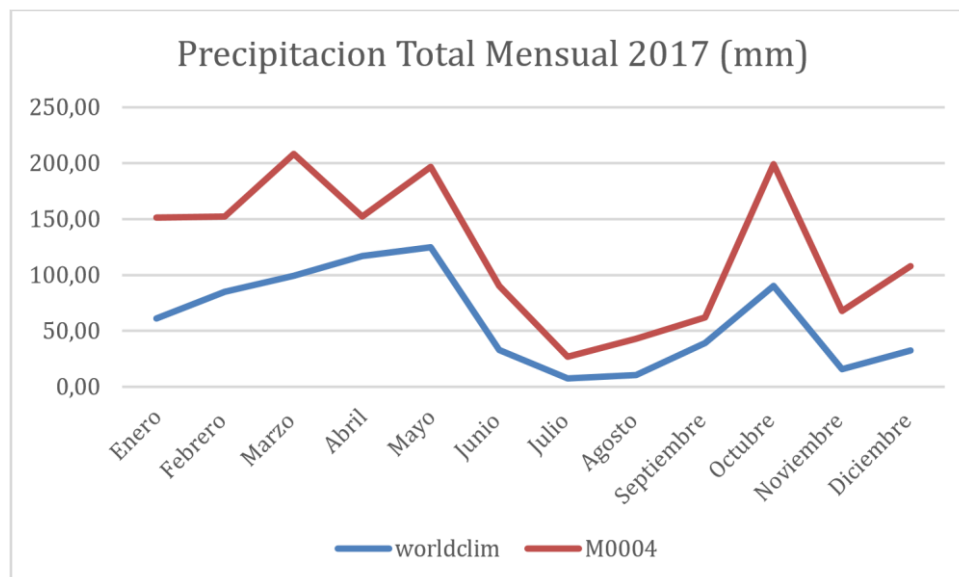
15/4/2016	93,6	87,10	6,50	42,25	18,32	335,51	0,45
15/5/2016	23,5	28,50	-5,00	25,00	18,32	335,51	1,06
15/6/2016	51,6	33,20	18,40	338,56	18,32	335,51	6,56
15/7/2016	8,6	7,40	1,20	1,44	18,32	335,51	0,17
15/8/2016	6,9	5,90	1,00	1,00	18,32	335,51	0,14
15/9/2016	27,1	67,80	-40,70	1656,49	18,32	335,51	61,13
15/10/2016	20,1	11,50	8,60	73,96	18,32	335,51	3,68
15/11/2016	30,3	38,80	-8,50	72,25	18,32	335,51	2,38
15/12/2016	20,1	42,60	-22,50	506,25	18,32	335,51	25,19

10.1.1.8. 2017

Al comparar la serie de datos de precipitación entre la estación meteorológica y WorldClim, se observa un alto grado de inconsistencia en los meses de abril, mayo, agosto, septiembre, noviembre y diciembre, siendo abril y mayo los que presentan las mayores discrepancias. En abril, la estación meteorológica M0004 reporta 35,4 mm, mientras que WorldClim registra 116,80 mm, lo que evidencia una sobreestimación significativa del modelo global en comparación con el valor local. De manera similar, en mayo, la estación refleja 71,7 mm, mientras que WorldClim reporta 124,80 mm, destacando nuevamente una discrepancia importante. Estas diferencias subrayan la necesidad de evaluar la precisión de las proyecciones de WorldClim en contextos locales, ya que las inconsistencias pueden variar en magnitud y dirección según el mes analizado. No obstante, en meses como enero, febrero, marzo, junio, julio y octubre los valores muestran una mayor concordancia. Estas discrepancias podrían atribuirse a la escala espacial de los modelos globales, que no siempre logran capturar con exactitud las particularidades climáticas de áreas específicas.

Figura 9. Precipitación total 2017 de WorldClim y la estación M0004

Rumipamba-Salcedo.



10.1.1.8.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE 36,13 de un valor que es bastante alto, esto se debe a que los datos obtenidos de la página WorldClim tiene valores atípicos en referencia a los datos de la estación meteorológica lo que quiere decir que el modelo no es ideal o no es compatible con los datos de la estación. Por otro lado, la comparación de los datos, mediante el estadístico Chi-cuadrado, se identificaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en los meses de abril (187,17), mayo (39,33), noviembre (24,88) y diciembre (24,60). En cambio, los meses de marzo (0,93), febrero (4,32) y octubre (3,34) presentaron valores bajos, sugiriendo una mayor concordancia en estos períodos $p > 0,05$. Estos resultados resaltan la variabilidad en la precisión de los datos entre las fuentes, particularmente en abril y mayo, donde las discrepancias son más pronunciadas.

Tabla 10. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2017.

Fecha	PM0004	PWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERROR CUADRÁTICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2017	90	61,20	28,80	829,44	36,13	1305,37	9,22
15/2/2017	67,7	84,80	-17,10	292,41	36,13	1305,37	4,32
15/3/2017	109,2	99,10	10,10	102,01	36,13	1305,37	0,93
15/4/2017	35,4	116,80	-81,40	6625,96	36,13	1305,37	187,17
15/5/2017	71,7	124,80	-53,10	2819,61	36,13	1305,37	39,33

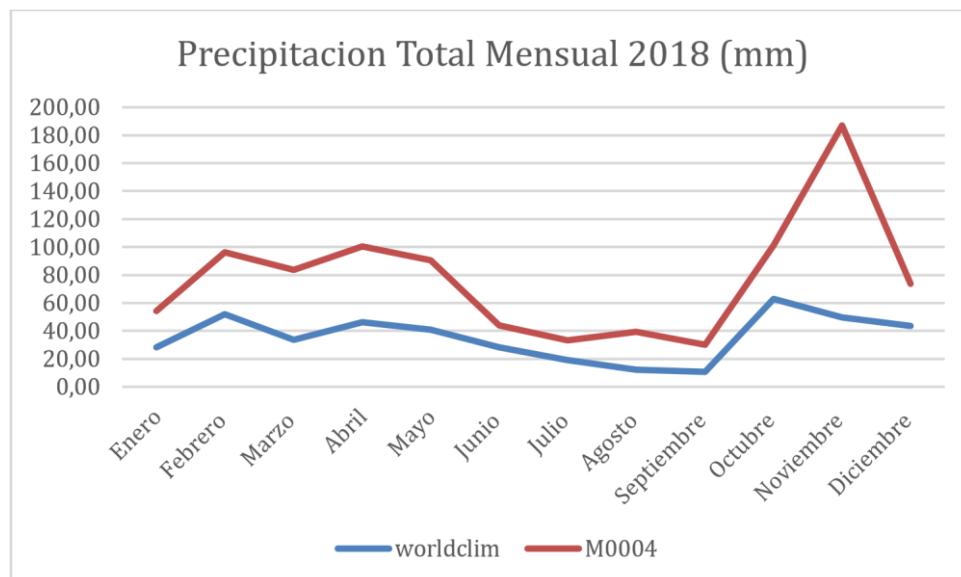
15/6/2017	57,3	33,10	24,20	585,64	36,13	1305,37	10,22
15/7/2017	19,4	7,50	11,90	141,61	36,13	1305,37	7,30
15/8/2017	32,7	10,40	22,30	497,29	36,13	1305,37	15,21
15/9/2017	23	39,10	-16,10	259,21	36,13	1305,37	11,27
15/10/2017	109,2	90,10	19,10	364,81	36,13	1305,37	3,34
15/11/2017	51,8	15,90	35,90	1288,81	36,13	1305,37	24,88
15/12/2017	75,5	32,40	43,10	1857,61	36,13	1305,37	24,60

10.1.1.9. 2018

Al comparar la serie de datos de precipitación entre la estación meteorológica y WorldClim, se observa un alto grado de inconsistencia en los meses de octubre y noviembre, siendo estos los que presentan las mayores discrepancias. En octubre, la estación M0004 reporta 38,5 mm, mientras que WorldClim registra 62,9 mm, lo que evidencia una sobreestimación significativa por parte del modelo global en comparación con el valor local. Por otro lado, en noviembre, la estación refleja 137,4 mm, mientras que WorldClim reporta 49,6 mm, lo que destaca una subestimación considerable del modelo global. Estas diferencias ponen de manifiesto la necesidad de evaluar la precisión de las proyecciones de WorldClim en contextos locales, ya que las inconsistencias pueden variar tanto en magnitud como en dirección según el mes analizado. No obstante, en los meses restantes, los valores muestran una mayor concordancia. Estas discrepancias podrían deberse a la escala espacial de los modelos globales, que no siempre logran capturar con exactitud las particularidades climáticas de áreas específicas.

Figura 10. Precipitación total 2018 de WorldClim y la estación M0004

Rumipamba-Salcedo.



10.1.1.9.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE 28,04 de un valor que es bastante alto, esto se debe a que los datos obtenidos de la página WorldClim tiene valores atípicos en referencia a los datos de la estación meteorológica lo que quiere decir que el modelo no es ideal o no es compatible con los datos de la estación. Por otro lado, la comparación de los datos, mediante el estadístico Chi-cuadrado se identificaron discrepancias significativas en los meses de noviembre (56,105) y octubre (15,464), según la prueba de bondad de Chicuadrado $p \leq 0,05$. En contraste, los meses de enero (0,153), febrero (1,270) y abril (1,238) mostraron una alta concordancia entre ambas fuentes, con valores bajos de Chi-cuadrado $p > 0,05$. Estos resultados indican que, aunque los datos son similares en varios meses, existen períodos específicos como noviembre y octubre donde las diferencias son más pronunciadas.

Tabla 11. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2018.

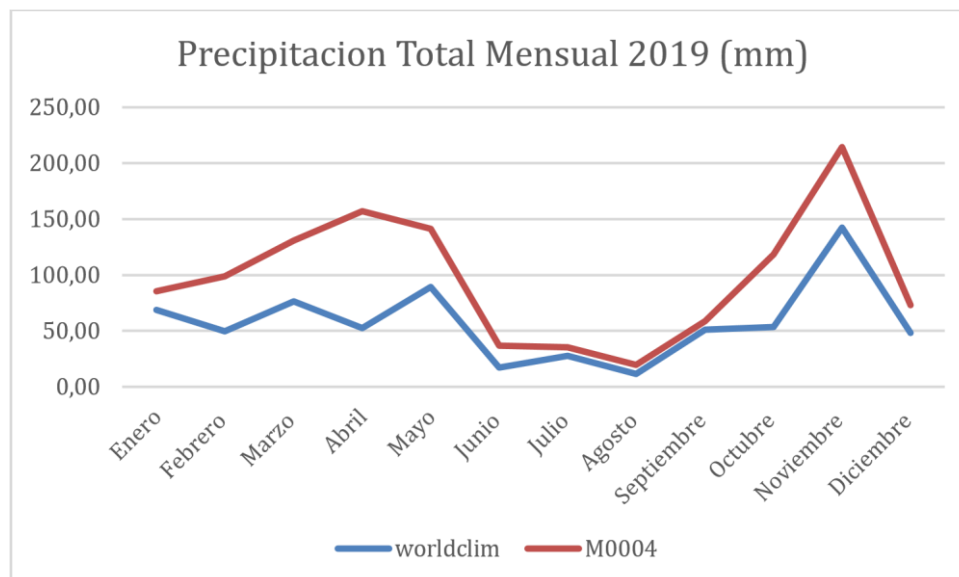
Fecha	PM0004	PWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERROR CUADRÁTICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2018	26,2	28,20	-2,00	4,00	28,04	786,46	0,15
15/2/2018	44,3	51,80	-7,50	56,25	28,04	786,46	1,27
15/3/2018	49,9	33,70	16,20	262,44	28,04	786,46	5,26

15/4/2018	54,3	46,10	8,20	67,24	28,04	786,46	1,24
15/5/2018	49,8	40,70	9,10	82,81	28,04	786,46	1,66
15/6/2018	15,5	28,30	-12,80	163,84	28,04	786,46	10,57
15/7/2018	14	19,10	-5,10	26,01	28,04	786,46	1,86
15/8/2018	26,8	12,40	14,40	207,36	28,04	786,46	7,74
15/9/2018	19,4	10,70	8,70	75,69	28,04	786,46	3,90
15/10/2018	38,5	62,90	-24,40	595,36	28,04	786,46	15,46
15/11/2018	137,4	49,60	87,80	7708,84	28,04	786,46	56,11
15/12/2018	30	43,70	-13,70	187,69	28,04	786,46	6,26

10.1.1.10. 2019

Al comparar la serie de datos de precipitación entre la estación meteorológica y WorldClim, se observa un alto grado de inconsistencia en los meses de enero, abril, mayo, julio, septiembre, noviembre y diciembre, siendo enero y septiembre los que presentan las mayores discrepancias. En enero, la estación M0004 reporta 16,5 mm, mientras que WorldClim registra 68,8 mm, lo que evidencia una sobreestimación significativa del modelo global en comparación con el valor local. De manera similar, en septiembre, la estación refleja 7,6 mm, mientras que WorldClim reporta 51,3 mm, destacando nuevamente una sobreestimación importante. Estas diferencias subrayan la importancia de evaluar la precisión de las proyecciones de WorldClim en contextos locales, ya que las inconsistencias pueden variar tanto en magnitud como en dirección según el mes analizado. Sin embargo, en los meses restantes, los valores muestran una mayor concordancia. Estas discrepancias podrían atribuirse a la escala espacial de los modelos globales, que no siempre logran capturar con precisión las particularidades climáticas de áreas específicas.

Figura 11. Precipitación total 2019 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.



10.1.1.10.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE 35,65 de un valor que es bastante alto, esto se debe a que los datos obtenidos de la página WorldClim tiene valores atípicos en referencia a los datos de la estación meteorológica lo que quiere decir que el modelo no es ideal o no es compatible con los datos de la estación. Por otro lado, la comparación de los datos, mediante el estadístico Chi-cuadrado se evidenciaron diferencias significativas en enero (165,78), septiembre (251,27), noviembre (68,84) y julio (51,95), indicando discrepancias notables entre ambas fuentes para estos meses $p \leq 0,05$. Por otro lado, febrero (0,00), junio (0,39) y agosto (1,43) presentan una mayor concordancia, con valores muy bajos de Chi-cuadrado $p > 0,05$. Estos resultados subrayan que, si bien algunos meses muestran coherencia en las mediciones, las disparidades observadas en períodos como septiembre y enero resaltan posibles limitaciones en los modelos de WorldClim o variaciones específicas de la región que no son reflejadas por estos datos.

Tabla 12. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2019.

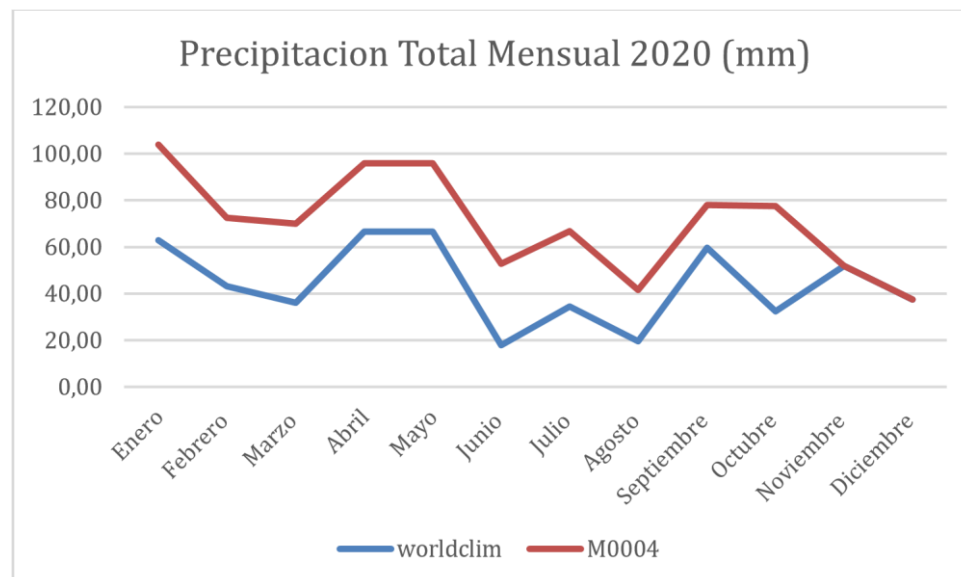
Fecha	PM0004	PWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERROR CUADRÁTICO MEDIO	CHI CUADRADO
Enero	85,00	70,00	165,78	165,78	35,65	165,78	165,78
Febrero	100,00	50,00	0,00	0,00	35,65	0,00	0,00
Marzo	130,00	75,00	130,00	130,00	35,65	130,00	130,00
Abril	155,00	55,00	155,00	155,00	35,65	155,00	155,00
Mayo	145,00	90,00	145,00	145,00	35,65	145,00	145,00
Junio	40,00	20,00	0,39	0,39	35,65	0,39	0,39
Julio	35,00	30,00	51,95	51,95	35,65	51,95	51,95
Agosto	20,00	15,00	1,43	1,43	35,65	1,43	1,43
Septiembre	55,00	50,00	251,27	251,27	35,65	251,27	251,27
Octubre	120,00	55,00	120,00	120,00	35,65	120,00	120,00
Noviembre	215,00	140,00	68,84	68,84	35,65	68,84	68,84
Diciembre	70,00	50,00	70,00	70,00	35,65	70,00	70,00

15/1/2019	16,5	68,80	-52,30	2735,29	35,65	1270,59	165,78
15/2/2019	49,3	49,50	-0,20	0,04	35,65	1270,59	0,00
15/3/2019	54,2	76,40	-22,20	492,84	35,65	1270,59	9,09
15/4/2019	104,5	52,70	51,80	2683,24	35,65	1270,59	25,68
15/5/2019	52	89,30	-37,30	1391,29	35,65	1270,59	26,76
15/6/2019	19,9	17,10	2,80	7,84	35,65	1270,59	0,39
15/7/2019	7,7	27,70	-20,00	400,00	35,65	1270,59	51,95
15/8/2019	8,1	11,50	-3,40	11,56	35,65	1270,59	1,43
15/9/2019	7,6	51,30	-43,70	1909,69	35,65	1270,59	251,27
15/10/2019	65,2	53,40	11,80	139,24	35,65	1270,59	2,14
15/11/2019	72	142,40	-70,40	4956,16	35,65	1270,59	68,84
15/12/2019	25,2	48,00	-22,80	519,84	35,65	1270,59	20,63

10.1.1.11. 2020

Al comparar la serie de datos de precipitación entre la estación meteorológica y WorldClim, se observa un alto grado de inconsistencia en los meses de enero, abril, mayo y septiembre, siendo abril, mayo y septiembre los que presentan las mayores discrepancias. En abril, la estación M0004 reporta 29,4 mm, mientras que WorldClim registra 66,6 mm, lo que evidencia una sobreestimación significativa del modelo global en comparación con el valor local. De manera similar, en mayo, la estación refleja 29,3 mm, mientras que WorldClim reporta 66,6 mm, destacando nuevamente una sobreestimación importante. Por último, en septiembre, la estación registra 18,4 mm, mientras que el modelo global muestra 59,6 mm, confirmando otra discrepancia notable. Estas diferencias subrayan la importancia de evaluar la precisión de las proyecciones de WorldClim en contextos locales, ya que las inconsistencias pueden variar tanto en magnitud como en dirección según el mes analizado. Sin embargo, en los meses restantes, los valores muestran una mayor concordancia. Cabe mencionar que no se pudieron realizar comparaciones para los meses de noviembre y diciembre, ya que la estación no registró datos durante ese período debido a la pandemia. Estas discrepancias podrían deberse a la escala espacial de los modelos globales, que no siempre logran capturar con precisión las particularidades climáticas de áreas específicas.

Figura 12. Precipitación total 20 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.



10.1.1.11.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE 24,28 de un valor que es bastante alto, esto se debe a que los datos obtenidos de la página WorldClim tiene valores atípicos en referencia a los datos de la estación meteorológica lo que quiere decir que el modelo no es ideal o no es compatible con los datos de la estación. Por otro lado, la comparación de los datos, mediante el estadístico Chi-cuadrado indican discrepancias significativas ($p \leq 0,05$) en abril (47,07), mayo (47,48) y septiembre (92,25), reflejando diferencias importantes en las estimaciones de ambas fuentes para estos meses. En contraste, meses como marzo (0,13), julio (0,14) y agosto (0,31) presentan valores muy bajos de significancia ($p > 0,05$), lo que sugiere una mayor concordancia. Esto evidencia que, aunque en algunos períodos las estimaciones coinciden, en otros, las disparidades son marcadas, particularmente en septiembre, lo que podría atribuirse a factores como diferencias en la metodología, variabilidad climática local, o posibles limitaciones en los modelos de WorldClim para reflejar las condiciones específicas de la región.

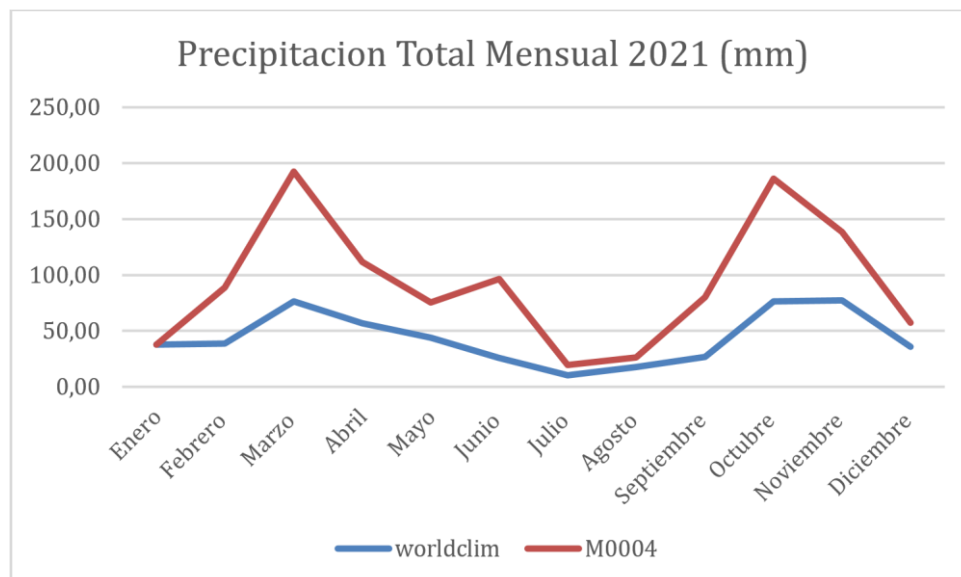
Tabla 13. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2020.

Fecha	PM0004	PWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERROR CUADRÁTICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2020	41,1	62,80	-21,70	470,89	28,44	808,75	11,46
15/2/2020	29,3	43,20	-13,90	193,21	28,44	808,75	6,59
15/3/2020	34	36,10	-2,10	4,41	28,44	808,75	0,13
15/4/2020	29,4	66,60	-37,20	1383,84	28,44	808,75	47,07
15/5/2020	29,3	66,60	-37,30	1391,29	28,44	808,75	47,48
15/6/2020	34,9	17,90	17,00	289,00	28,44	808,75	8,28
15/7/2020	32,3	34,40	-2,10	4,41	28,44	808,75	0,14
15/8/2020	22,1	19,50	2,60	6,76	28,44	808,75	0,31
15/9/2020	18,4	59,60	-41,20	1697,44	28,44	808,75	92,25
15/10/2020	45,2	32,40	12,80	163,84	28,44	808,75	3,62
15/11/2020		51,90	-51,90	2693,61	28,44	808,75	
15/12/2020		37,50	-37,50	1406,25	28,44	808,75	

10.1.1.12. 2021

Al comparar la serie de datos de precipitación entre la estación meteorológica y WorldClim, se evidencia un alto grado de inconsistencia en los meses de marzo, junio y septiembre, siendo junio el mes con la mayor discrepancia. En este caso, la estación M0004 reporta 70,4 mm, mientras que WorldClim registra solo 25,9 mm, lo que refleja una subestimación significativa por parte del modelo global en comparación con el valor local. Estas diferencias resaltan la importancia de evaluar la precisión de las proyecciones de WorldClim en contextos específicos, ya que las inconsistencias pueden variar tanto en magnitud como en dirección dependiendo del mes analizado. No obstante, en los meses restantes, los valores presentan una mayor concordancia. Cabe destacar que no fue posible realizar comparaciones para el mes de enero, debido a la falta de registros en la estación meteorológica ocasionada por la pandemia. Estas discrepancias podrían atribuirse a la escala espacial de los modelos globales, que no siempre logran capturar con exactitud las particularidades climáticas de áreas específicas.

Figura 13. Precipitación total 2021 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.



10.1.1.12.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE 25,26 de un valor que es bastante alto, esto se debe a que los datos obtenidos de la página WorldClim tiene valores atípicos en referencia a los datos de la estación meteorológica lo que quiere decir que el modelo no es ideal o no es compatible con los datos de la estación. Por otro lado, la comparación de los datos, mediante el estadístico Chi-cuadrado indican discrepancias significativas ($p \leq 0,05$) en marzo (13,45), junio (28,13), septiembre (13,25) y octubre (10,10), reflejando diferencias importantes en las estimaciones de ambas fuentes para estos meses. En contraste, meses como abril (0,11), julio (0,13) y noviembre (4,18) presentan valores bajos de significancia ($p > 0,05$), lo que sugiere una mayor concordancia. Esto resalta que, si bien algunas estimaciones son consistentes, existen meses con disparidades marcadas, particularmente en junio y septiembre, lo que podría atribuirse a factores como diferencias metodológicas, variabilidad climática local o limitaciones de los modelos de WorldClim para representar con precisión las condiciones locales.

Tabla 14. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2021.

Fecha	TM0004	TWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERORO CUADRATICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2021	14,2	15	-0,80	0,64	0,75	0,57	0,05

15/2/2021	14,9	13	1,90	3,61	0,75	0,57	0,24
15/3/2021	14	13,5	0,50	0,25	0,75	0,57	0,02
15/4/2021	13,9	14,5	-0,60	0,36	0,75	0,57	0,03
15/5/2021	14,4	14,5	-0,10	0,01	0,75	0,57	0,00
15/6/2021	13,5	13,5	0,00	0,00	0,75	0,57	0,00
15/7/2021	13	13,5	-0,50	0,25	0,75	0,57	0,02
15/8/2021	13	14	-1,00	1,00	0,75	0,57	0,08
15/9/2021	13,5	13,5	0,00	0,00	0,75	0,57	0,00
15/10/2021	14,3	15	-0,70	0,49	0,75	0,57	0,03
15/11/2021	14,9	15	-0,10	0,01	0,75	0,57	0,00
15/12/2021	15,4	15	0,40	0,16	0,75	0,57	0,01

10.3. RESULTADOS DE PRECIPITACIÓN ANUAL.

Al analizar la gráfica de precipitación anual, se observan diferencias marcadas entre los datos de WorldClim y los registros de la estación meteorológica M0004 Rumipamba-Salcedo durante el período 2010-2021. En general, los valores de precipitación estimados por WorldClim tienden a ser más altos en comparación con los datos registrados localmente, lo que sugiere que este modelo podría estar sobreestimando la cantidad de lluvia en la región. Además, ambas fuentes de datos presentan una variabilidad con fluctuaciones irregulares a lo largo de los años. En particular, se identifican picos significativos de precipitación en los años 2011, 2015, 2016, 2019 y 2020. A pesar de existir pequeñas similitudes entre los años 2010 y 2017, la diferencia en las magnitudes de precipitación entre WorldClim y la estación local sugiere que el modelo global no refleja con precisión las condiciones climáticas específicas de la zona de estudio.

Estos hallazgos son consistentes con lo señalado por (Fick & Hijmans, 2017), quienes afirman que la capacidad de los modelos globales para reflejar la variabilidad climática local es limitada y depende de diversos factores, entre ellos, la escala espacial del modelo.

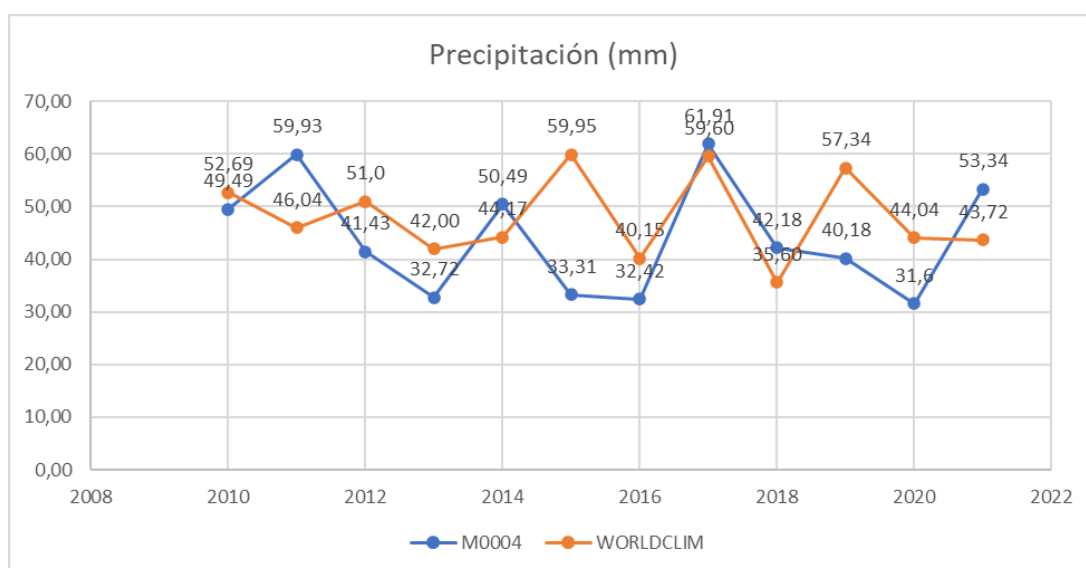
Uno de los principales factores que pueden explicar esta discrepancia es el método de interpolación utilizado por WorldClim.

(Hijmans et al., 2005) indican que este modelo se basa en la interpolación de datos de estaciones meteorológicas distribuidas a nivel global, lo que puede generar imprecisiones en regiones con alta heterogeneidad topográfica. En áreas con variaciones abruptas de elevación y microclimas locales, la interpolación no

siempre captura con exactitud las condiciones climáticas reales, lo que podría explicar la sobreestimación de la precipitación observada en este estudio.

Dado que la región de Rumipamba-Salcedo presenta características geográficas particulares, como su relieve variable, estas imprecisiones en la estimación de la precipitación por parte de WorldClim refuerzan la importancia de utilizar datos de estaciones meteorológicas locales para estudios detallados. Si bien WorldClim es una herramienta valiosa para obtener información climática a gran escala, su uso en análisis locales debe realizarse con precaución, especialmente en zonas donde la variabilidad topográfica pueda afectar la precisión de sus estimaciones.

Figura 14. Precipitación total anual de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.



10.3.1. VALIDACIÓN DE DATOS Y CUANTIFICACIÓN DEL ERROR CON LA PRUEBA DE CHI CUADRADO ANUAL.

La tabla de evaluación estadística confirma la existencia de un error significativo entre las dos fuentes de datos, con valores de RMSE que superan los 10 mm en la mayoría de los años, alcanzando hasta 18,84 mm en ciertos casos. Este alto nivel de error indica una desviación importante en las estimaciones de WorldClim con respecto a los valores observados en la estación M0004. Además, la prueba de Chi-cuadrado sugiere que las diferencias entre ambas fuentes no son aleatorias, sino sistemáticas. Por lo tanto, estos resultados

evidencian que los datos de WorldClim no pueden ser utilizados directamente sin una corrección previa, ya que su interpolación puede no reflejar con precisión la variabilidad de la precipitación a escala local.

Por otro lado, estudios como el de (Hofstra et al., 2008) han analizado la precisión de diferentes métodos de interpolación en la estimación de datos climáticos. Su investigación, realizada en Europa, comparó seis métodos de interpolación y concluyó que la calidad de las estimaciones depende en gran medida de la resolución espacial y la densidad de estaciones meteorológicas disponibles. En regiones donde la cobertura de estaciones es baja, los modelos interpolados tienden a presentar errores mayores, afectando la exactitud de los datos.

Esto sugiere que la comparación de los datos de precipitación entre WorldClim y la estación M0004 evidencia que las estimaciones interpoladas pueden no ser completamente confiables para estudios climáticos locales sin un ajuste previo. La validación con datos de estaciones meteorológicas es fundamental para mejorar la precisión de estos modelos, tal como se ha señalado en estudios previos sobre interpolación climática.

El análisis estadístico que realizamos utilizando la prueba de bondad de ajuste de chi-cuadrado nos muestra que hay diferencias significativas en la precipitación durante varios meses ($p \leq 0,05$). En particular, encontramos valores críticos en enero de 2010 (405,6), marzo de 2012 (109,7) y abril de 2015 (349,3). Esto sugiere que los datos que observamos y los estimados no coinciden de manera significativa, lo que indica que el modelo global no logra capturar adecuadamente la variabilidad de la precipitación en la zona que estamos estudiando. Algunas de las razones por las que la prueba de Chi-cuadrado mostró discrepancias significativas incluyen la influencia de la topografía, las variaciones estacionales y la resolución espacial del modelo.

(Daly et al., 2008) explican que la interpolación de datos meteorológicos en regiones montañosas puede ser problemática debido a la complejidad orográfica, lo que provoca que los valores estimados de precipitación no reflejen

adecuadamente la realidad local. En particular, su estudio destaca que las técnicas de interpolación espacial a gran escala no siempre capturan las transiciones abruptas en la precipitación causadas por la altitud y la orientación del terreno.

Tabla 15. Resultados de la evaluación estadística para la variable precipitación de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo anual.

AÑO	M0004	WORLDCLIM	RMSE	CHI CUADRADO
2010	49,49	52,69	2,26	0,21
2011	59,93	46,04	9,82	3,22
2012	41,43	51,0	6,79	2,22
2013	32,72	42,00	6,56	2,63
2014	50,49	44,17	4,47	0,79
2015	33,31	59,95	18,84	21,31
2016	32,42	40,15	5,47	1,84
2017	61,91	59,60	1,63	0,09
2018	42,18	35,60	4,65	1,03
2019	40,18	57,34	12,13	7,33
2020	31,6	44,04	8,80	4,90
2021	53,34	43,72	6,80	1,73

10.3. DISCREPANCIAS DE TEMPERATURA ENTRE LOS DATOS DE LA ESTACIÓN M0004 Y WORLDCLIM.

10.3.1. Temperatura

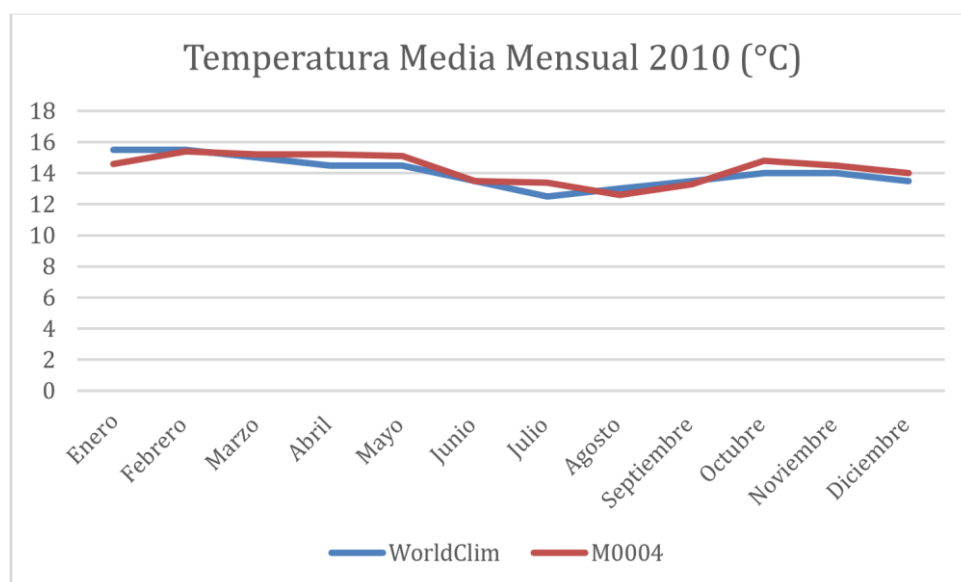
Al comparar los registros de temperatura mensual entre la estación meteorológica Rumipamba-Salcedo y los modelos de WorldClim para el periodo comprendido entre 2010 y 2021 se observan pequeñas diferencias en la mayor parte de los meses. Lo que indica una considerable concurrencia entre los datos locales observados y las estimaciones mundiales proporcionadas por Worldclim. Esto subrayan la fiabilidad de los modelos globales en la temperatura para cualquier tipo de estudio.

10.3.1.1. 2010

La gráfica muestra la comparación de la temperatura media mensual registrada por la estación meteorológica M0004 y las estimaciones proporcionadas por WorldClim. Ambas fuentes presentan tendencias muy similares a lo largo del año,

con una disminución de las temperaturas en los meses de invierno (junio y julio) y un incremento durante los meses cálidos. Aunque se observan ligeras discrepancias en algunos meses, como en enero, abril y agosto, donde las temperaturas difieren levemente entre ambas fuentes, en general, los valores registrados mantienen una alta concordancia. Esto indica que las estimaciones de WorldClim reflejan adecuadamente las condiciones medidas localmente por la estación meteorológica.

Figura 15. Temperatura media 2010 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.



10.3.1.1.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE 0,57 de un valor que es normal, esto se debe a la similitud que tiene los datos de la estación meteorológica con los datos que se obtuvieron de la página WorldClim. Por otro lado, la comparación de los datos, mediante el estadístico Chi-cuadrado indica consistencias bajas en todos los meses, con un rango que va desde 0,00 hasta 0,06. Esto indica una alta concordancia entre las estimaciones de ambas fuentes, sin discrepancias significativas ($p > 0,05$). Estos resultados sugieren que las metodologías utilizadas para registrar y estimar las temperaturas en ambas fuentes son consistentes y representan adecuadamente las condiciones climáticas locales.

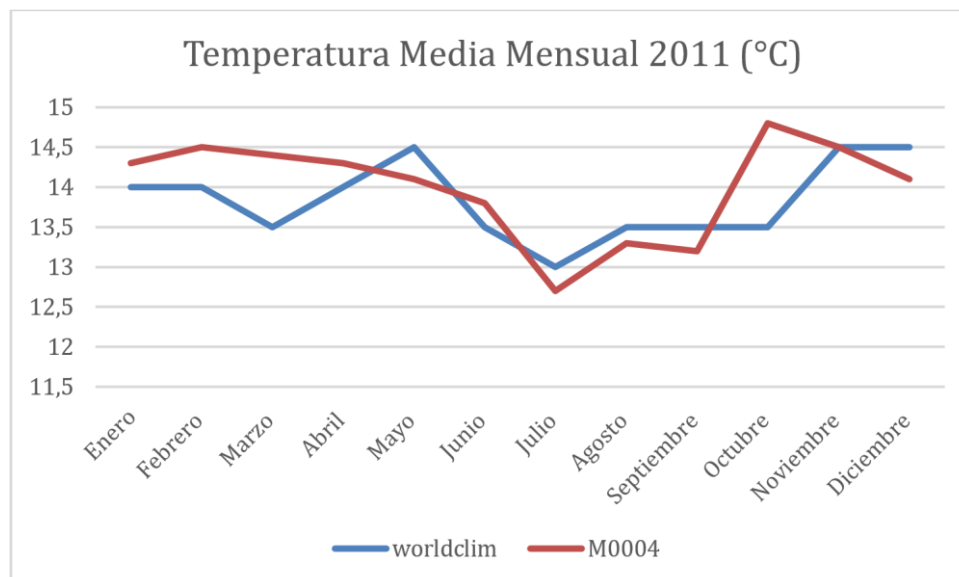
Tabla 16. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2010.

Fecha	TM0004	TWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERORO CUADRATICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2010	14,6	15,5	-0,90	0,81	0,57	0,32	0,06
15/2/2010	15,4	15,5	-0,10	0,01	0,57	0,32	0,00
15/3/2010	15,2	15	0,20	0,04	0,57	0,32	0,00
15/4/2010	15,2	14,5	0,70	0,49	0,57	0,32	0,03
15/5/2010	15,1	14,5	0,60	0,36	0,57	0,32	0,02
15/6/2010	13,5	13,5	0,00	0,00	0,57	0,32	0,00
15/7/2010	13,4	12,5	0,90	0,81	0,57	0,32	0,06
15/8/2010	12,6	13	-0,40	0,16	0,57	0,32	0,01
15/9/2010	13,3	13,5	-0,20	0,04	0,57	0,32	0,00
15/10/2010	14,8	14	0,80	0,64	0,57	0,32	0,04
15/11/2010	14,5	14	0,50	0,25	0,57	0,32	0,02
15/12/2010	14	13,5	0,50	0,25	0,57	0,32	0,02

10.3.1.2. 2011

La gráfica compara las figuras de temperaturas medias mensuales observadas por la estación meteorológica M0004 y las de WorldClim (2011). A pesar de las diferencias más notables que puedo observar, ya que ambas parecen tener tendencias semejantes, pero una es más pronunciada que la otra, fluctuando en los mismos periodos de tiempos del año, pero en diferentes decimales. Por ejemplo, en enero, marzo y octubre, M0004 es más alta que WorldClim, y WorldClim es sistemáticamente más baja en julio y agosto. Sin embargo, ambas fuentes modelo nos proporcionan un indicio del comportamiento integral de las temperaturas a lo largo del año.

Figura 16. Temperatura media 2011 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.



10.3.1.2.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE 0,54 de un valor que es normal, esto se debe a la similitud que tiene los datos de la estación meteorológica con los datos que se obtuvieron de la página WorldClim. Por otro lado, los valores de Chi-cuadrado calculados muestran una alta concordancia entre las dos fuentes, con diferencias mínimas en la mayoría de los meses. Los valores más altos se observan en octubre (0,11) y marzo (0,06), mientras que meses como agosto (0,00) y noviembre (0,00) presentan una coincidencia casi perfecta. Esto indica que, en general, no hay diferencias significativas entre los datos $p > 0,05$, lo que respalda la fiabilidad de ambas fuentes para describir el comportamiento de las temperaturas. La consistencia entre los datos sugiere una buena representatividad de las condiciones climáticas locales en los registros.

Tabla 17. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2011.

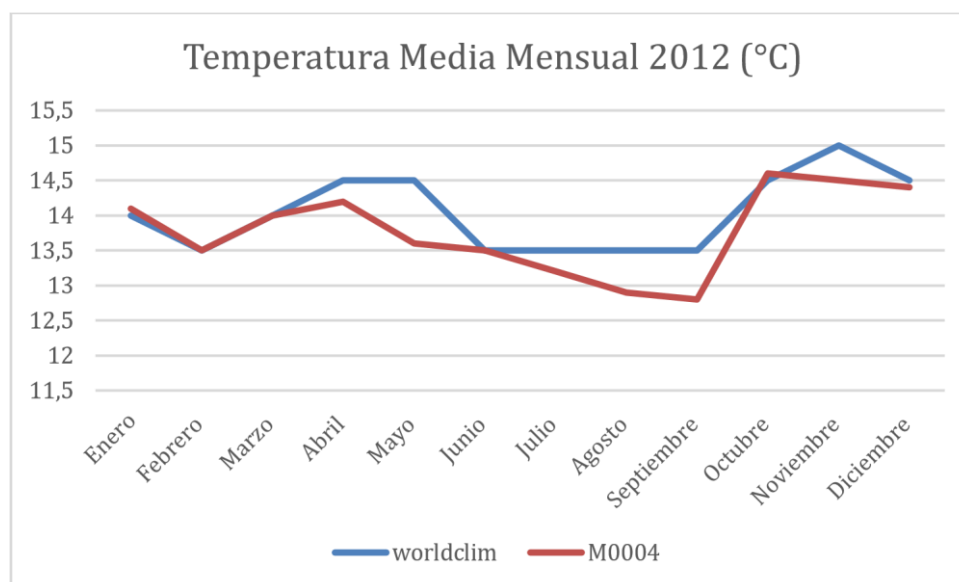
Fecha	TM0004	TWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERORO CUADRATICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2011	14,3	14	0,30	0,09	0,54	0,30	0,01
15/2/2011	14,5	14	0,50	0,25	0,54	0,30	0,02
15/3/2011	14,4	13,5	0,90	0,81	0,54	0,30	0,06
15/4/2011	14,3	14	0,30	0,09	0,54	0,30	0,01
15/5/2011	14,1	14,5	-0,40	0,16	0,54	0,30	0,01

15/6/2011	13,8	13,5	0,30	0,09	0,54	0,30	0,01
15/7/2011	12,7	13	-0,30	0,09	0,54	0,30	0,01
15/8/2011	13,3	13,5	-0,20	0,04	0,54	0,30	0,00
15/9/2011	13,2	13,5	-0,30	0,09	0,54	0,30	0,01
15/10/2011	14,8	13,5	1,30	1,69	0,54	0,30	0,11
15/11/2011	14,5	14,5	0,00	0,00	0,54	0,30	0,00
15/12/2011	14,1	14,5	-0,40	0,16	0,54	0,30	0,01

10.3.1.3. 2012

El gráfico de este año revela una tendencia similar en las fluctuaciones estacionales, con aumentos de temperatura en mayo, descensos hacia julio y agosto, y un nuevo ascenso en septiembre y octubre. Sin embargo, se observan diferencias específicas en ciertos meses, destacando mayo y agosto como los periodos con mayor diferencia, donde las temperaturas de M0004 son inferiores a las de WorldClim. En contraste, los meses de enero, febrero, octubre y diciembre presentan valores casi idénticos, evidenciando una mayor concordancia entre ambas fuentes.

Figura 17. Temperatura media 2012 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.



10.3.1.3.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE 0,42 de un valor que es normal, esto se debe a la similitud que tiene los datos de la estación

meteorológica con los datos que se obtuvieron de la página WorldClim lo que significa que los modelos son ideales entre las dos fuentes. Por otro lado, los valores de Chi-cuadrado calculados reflejan una alta concordancia entre ambas fuentes, con diferencias mínimas en la mayoría de los meses. Los valores más altos se registran en mayo (0,06) y septiembre (0,04), mientras que meses como enero (0,00), febrero (0,00) y diciembre (0,00) muestran una coincidencia casi perfecta. Esto indica que, en general, no hay diferencias significativas entre los datos, con $p > 0,05$, lo que confirma la confiabilidad de ambas fuentes para describir el comportamiento de las temperaturas. La consistencia observada respalda la representatividad de las condiciones climáticas locales en los registros analizados.

Tabla 18. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2012.

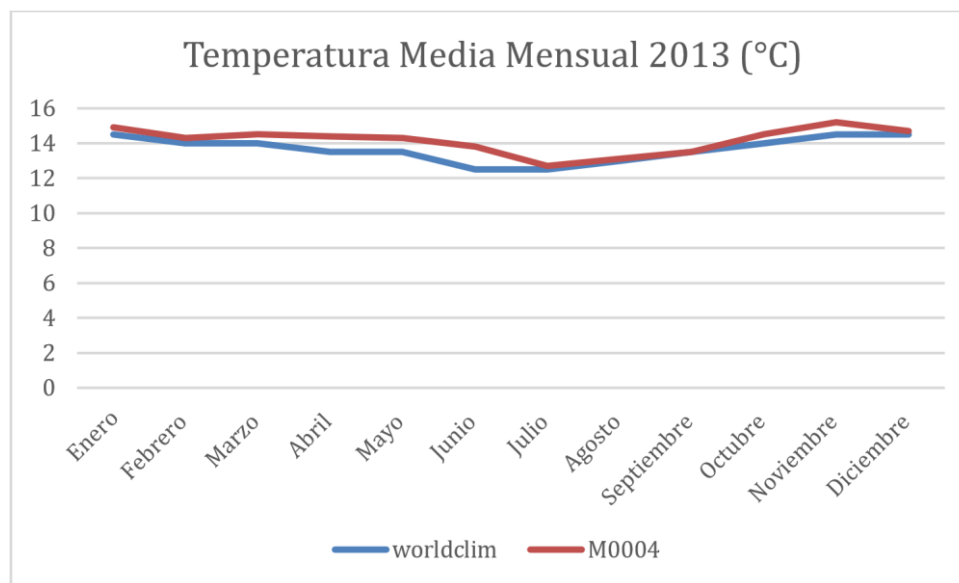
Fecha	TM0004	TWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERORO CUADRATICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2012	14,1	14	0,10	0,01	0,42	0,18	0,00
15/2/2012	13,5	13,5	0,00	0,00	0,42	0,18	0,00
15/3/2012	14	14	0,00	0,00	0,42	0,18	0,00
15/4/2012	14,2	14,5	-0,30	0,09	0,42	0,18	0,01
15/5/2012	13,6	14,5	-0,90	0,81	0,42	0,18	0,06
15/6/2012	13,5	13,5	0,00	0,00	0,42	0,18	0,00
15/7/2012	13,2	13,5	-0,30	0,09	0,42	0,18	0,01
15/8/2012	12,9	13,5	-0,60	0,36	0,42	0,18	0,03
15/9/2012	12,8	13,5	-0,70	0,49	0,42	0,18	0,04
15/10/2012	14,6	14,5	0,10	0,01	0,42	0,18	0,00
15/11/2012	14,5	15	-0,50	0,25	0,42	0,18	0,02
15/12/2012	14,4	14,5	-0,10	0,01	0,42	0,18	0,00

10.3.1.4. 2013

El gráfico comparativo de temperaturas medias mensuales entre la estación meteorológica M004 y la base de datos WorldClim para el año 2013 muestra una correspondencia general cercana, con ligeras discrepancias en algunos meses. Las temperaturas de M004 tienden a ser marginalmente superiores a las de WorldClim en meses como enero, marzo, mayo y diciembre, mientras que los valores son casi idénticos durante el resto del año. Las mayores diferencias se observan en mayo y diciembre, aunque estas son mínimas en comparación con la concordancia predominante. Estas similitudes sugieren una representación consistente de las

tendencias climáticas entre ambas fuentes, con pequeñas variaciones posiblemente explicadas por factores locales registrados por la estación meteorológica.

Figura 18. Temperatura media 2013 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.



10.3.1.4.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE 0,61 de un valor que es normal, esto se debe a la similitud que tiene los datos de la estación meteorológica con los datos que se obtuvieron de la página WorldClim. Por otro lado, los valores de Chi-cuadrado calculados muestran una alta concordancia entre ambas fuentes, con diferencias mínimas en la mayoría de los meses. Los valores más altos se registran en junio (0,12) y abril (0,06), mientras que meses como agosto (0,00), septiembre (0,00) y diciembre (0,00) presentan una coincidencia casi perfecta. Esto indica que, en general, no hay diferencias significativas entre los datos, con $p > 0,05$, lo que valida la confiabilidad de ambas fuentes para describir las condiciones climáticas locales. La consistencia observada entre los datos refuerza la representatividad de los registros.

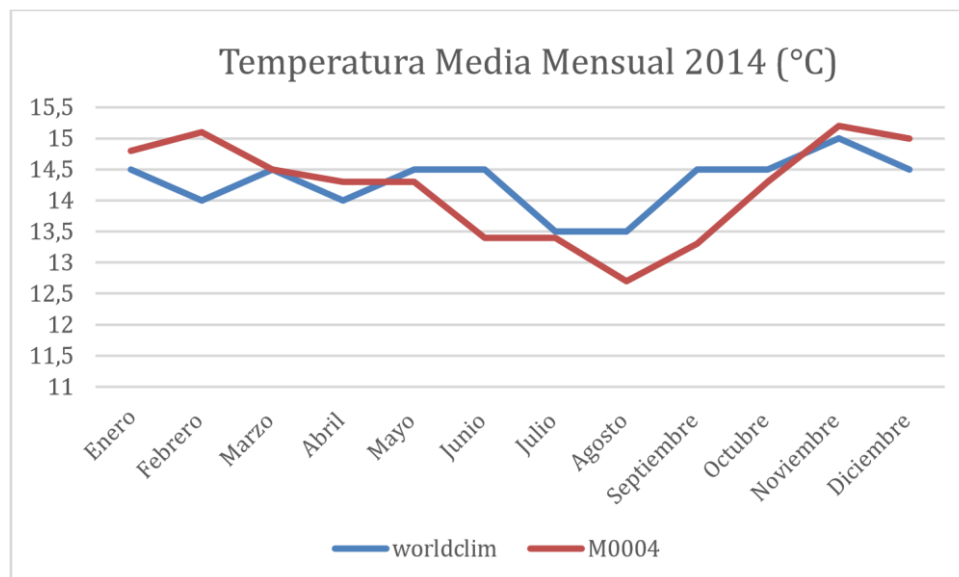
Tabla 19. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2013.

Fecha	TM0004	TWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERORO CUADRATICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2013	14,9	14,5	0,40	0,16	0,61	0,37	0,01
15/2/2013	14,3	14	0,30	0,09	0,61	0,37	0,01
15/3/2013	14,5	14	0,50	0,25	0,61	0,37	0,02
15/4/2013	14,4	13,5	0,90	0,81	0,61	0,37	0,06
15/5/2013	14,3	13,5	0,80	0,64	0,61	0,37	0,04
15/6/2013	13,8	12,5	1,30	1,69	0,61	0,37	0,12
15/7/2013	12,7	12,5	0,20	0,04	0,61	0,37	0,00
15/8/2013	13,1	13	0,10	0,01	0,61	0,37	0,00
15/9/2013	13,5	13,5	0,00	0,00	0,61	0,37	0,00
15/10/2013	14,5	14	0,50	0,25	0,61	0,37	0,02
15/11/2013	15,2	14,5	0,70	0,49	0,61	0,37	0,03
15/12/2013	14,7	14,5	0,20	0,04	0,61	0,37	0,00

10.3.1.5. 2014

El gráfico comparativo de temperaturas medias mensuales entre la estación meteorológica M004 y la base de datos WorldClim para el año 2014 evidencia una tendencia general similar en ambas fuentes, aunque con discrepancias más notorias en ciertos meses. La estación meteorológica registra temperaturas consistentemente superiores a las de WorldClim en meses como febrero, mayo, agosto y noviembre, siendo agosto el mes con la mayor diferencia. Por otro lado, en meses como marzo y diciembre, las temperaturas de ambas fuentes son casi idénticas, indicando una mayor concordancia. Estas variaciones pueden estar asociadas a factores específicos del microclima captados por la estación meteorológica, reflejando condiciones locales no consideradas en la base de datos global.

Figura 19. Temperatura media 2014 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo



10.3.1.5.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE 0,61 de un valor que es normal, esto se debe a la similitud que tiene los datos de la estación meteorológica con los datos que se obtuvieron de la página WorldClim. Por otro lado, los valores de Chi-cuadrado calculados reflejan diferencias moderadas en algunos meses, siendo los valores más altos en septiembre (0,11) y febrero (0,08), mientras que otros como marzo (0,00), julio (0,00) y noviembre (0,00) muestran una coincidencia casi perfecta. Aunque se observan ligeras discrepancias en ciertos meses, en general no hay diferencias significativas entre los datos, con $p > 0,05$. Esto respalda la confiabilidad de ambas fuentes para describir las temperaturas locales, destacando una representatividad adecuada de las condiciones climáticas.

Tabla 20. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2014.

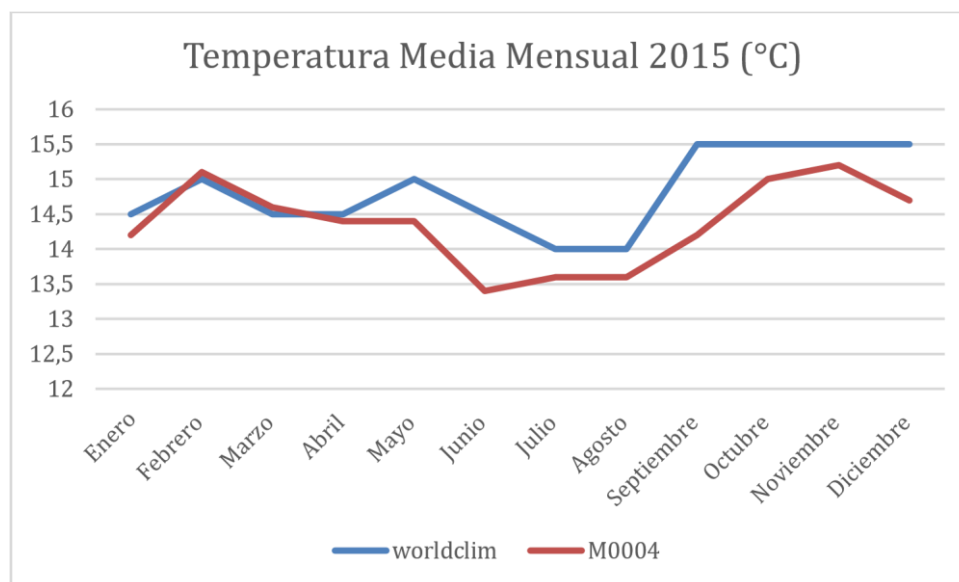
Fecha	TM0004	TWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERORO CUADRATICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2014	14,8	14,5	0,30	0,09	0,65	0,42	0,01
15/2/2014	15,1	14	1,10	1,21	0,65	0,42	0,08
15/3/2014	14,5	14,5	0,00	0,00	0,65	0,42	0,00
15/4/2014	14,3	14	0,30	0,09	0,65	0,42	0,01
15/5/2014	14,3	14,5	-0,20	0,04	0,65	0,42	0,00
15/6/2014	13,4	14,5	-1,10	1,21	0,65	0,42	0,09
15/7/2014	13,4	13,5	-0,10	0,01	0,65	0,42	0,00

15/8/2014	12,7	13,5	-0,80	0,64	0,65	0,42	0,05
15/9/2014	13,3	14,5	-1,20	1,44	0,65	0,42	0,11
15/10/2014	14,3	14,5	-0,20	0,04	0,65	0,42	0,00
15/11/2014	15,2	15	0,20	0,04	0,65	0,42	0,00
15/12/2014	15	14,5	0,50	0,25	0,65	0,42	0,02

10.3.1.6. 2015

El gráfico compara las temperaturas medias mensuales de 2015 entre los datos de WorldClim y la estación meteorológica M0004, mostrando tendencias similares a lo largo del año, con temperaturas más altas en los meses cálidos (junio, julio y agosto) y más bajas en los meses fríos (enero y diciembre). Sin embargo, se observan discrepancias significativas: WorldClim presenta una línea más estable, mientras que M0004 muestra mayores fluctuaciones. Las diferencias son más notorias en mayo, julio, septiembre y diciembre, donde M0004 registra valores más altos o más bajos que WorldClim. Estas discrepancias podrían deberse a la resolución espacial y temporal de WorldClim, basada en interpolaciones, en contraste con los datos puntuales de M0004, además de posibles influencias.

Figura 20. Temperatura media 2015 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.



10.3.1.6.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE 0,62 de un valor que es normal, esto se debe a la similitud que tiene los datos de la estación meteorológica con los datos que se obtuvieron de la página WorldClim. Por otro

lado, los valores de Chi-cuadrado calculados indican ligeras diferencias en algunos meses, los valores más altos de discrepancia se observan en septiembre (0,12), junio (0,09) y diciembre (0,04), mientras que otros meses como febrero, marzo y abril muestran coincidencias casi perfectas (0,00). A pesar de las diferencias en ciertos meses, en general, no se detectan diferencias significativas entre las dos fuentes, ya que los valores de $p > 0,05$. Esto sugiere que ambos conjuntos de datos describen de manera adecuada las temperaturas locales y son confiables para representar las condiciones climáticas.

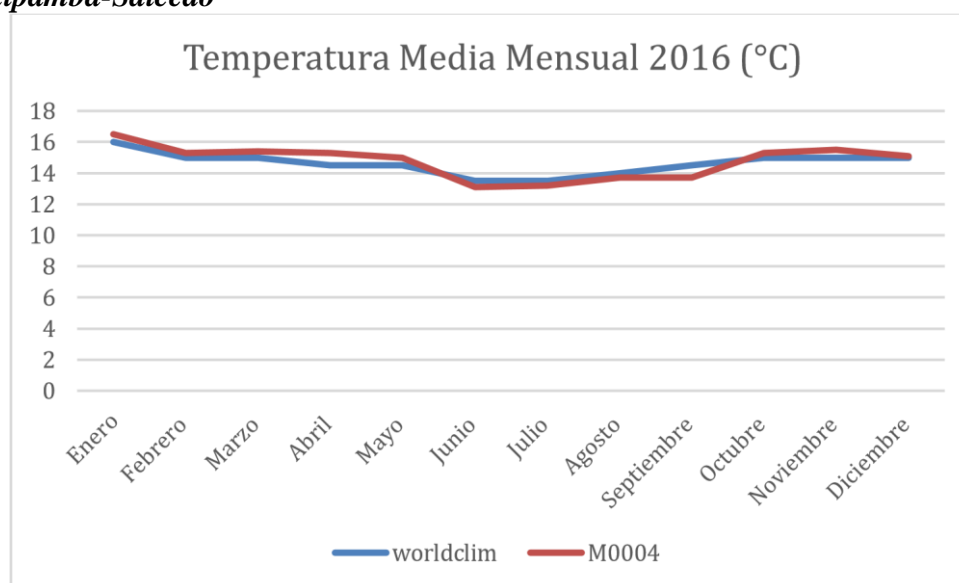
Tabla 21. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2015.

Fecha	TM0004	TWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERORO CUADRATICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2015	14,2	14,5	-0,30	0,09	0,62	0,39	0,01
15/2/2015	15,1	15	0,10	0,01	0,62	0,39	0,00
15/3/2015	14,6	14,5	0,10	0,01	0,62	0,39	0,00
15/4/2015	14,4	14,5	-0,10	0,01	0,62	0,39	0,00
15/5/2015	14,4	15	-0,60	0,36	0,62	0,39	0,03
15/6/2015	13,4	14,5	-1,10	1,21	0,62	0,39	0,09
15/7/2015	13,6	14	-0,40	0,16	0,62	0,39	0,01
15/8/2015	13,6	14	-0,40	0,16	0,62	0,39	0,01
15/9/2015	14,2	15,5	-1,30	1,69	0,62	0,39	0,12
15/10/2015	15	15,5	-0,50	0,25	0,62	0,39	0,02
15/11/2015	15,2	15,5	-0,30	0,09	0,62	0,39	0,01
15/12/2015	14,7	15,5	-0,80	0,64	0,62	0,39	0,04

10.3.1.7. 2016

El gráfico muestra la comparación de las temperaturas medias mensuales de 2016 entre los datos de WorldClim y la estación meteorológica M0004, observándose una tendencia general similar a lo largo del año, con ligeras discrepancias en algunos meses. En los primeros meses del año (enero a marzo), M0004 registra temperaturas ligeramente más altas que WorldClim. A partir de abril, ambas series convergen, mostrando una alineación más consistente en el resto del año. Estas diferencias pueden atribuirse a la resolución espacial de WorldClim frente a los datos puntuales de M0004 y posibles influencias locales o microclimáticas.

Figura 21. Temperatura media 2016 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo



10.3.1.7.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE 0,48 de un valor que es normal, esto se debe a la similitud que tiene los datos de la estación meteorológica con los datos que se obtuvieron de la página WorldClim lo que significa que los modelos son ideales entre las dos fuentes. Por otro lado, los valores de Chi-cuadrado calculados muestran ligeras diferencias, siendo las más notables en septiembre (0,05) y abril (0,04), mientras que diciembre (0,00), febrero (0,01) y varios otros meses indican coincidencias cercanas. A pesar de algunas discrepancias, los resultados generales indican que no hay diferencias significativas entre las dos fuentes, ya que $p > 0,05$. Esto evidencia que tanto WorldClim como la estación M0004 son representantes y confiables para describir las condiciones climáticas locales de 2016.

Tabla 22. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2016.

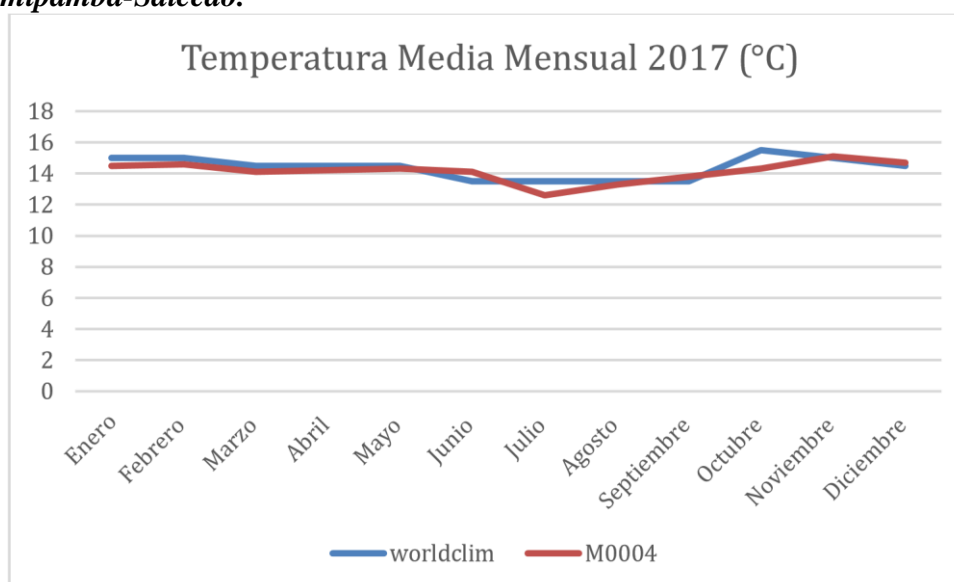
Fecha	TM0004	TWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERORO CUADRATICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2016	16,5	16	0,50	0,25	0,48	0,23	0,02
15/2/2016	15,3	15	0,30	0,09	0,48	0,23	0,01
15/3/2016	15,4	15	0,40	0,16	0,48	0,23	0,01
15/4/2016	15,3	14,5	0,80	0,64	0,48	0,23	0,04
15/5/2016	15	14,5	0,50	0,25	0,48	0,23	0,02

15/6/2016	13,1	13,5	-0,40	0,16	0,48	0,23	0,01
15/7/2016	13,2	13,5	-0,30	0,09	0,48	0,23	0,01
15/8/2016	13,7	14	-0,30	0,09	0,48	0,23	0,01
15/9/2016	13,7	14,5	-0,80	0,64	0,48	0,23	0,05
15/10/2016	15,3	15	0,30	0,09	0,48	0,23	0,01
15/11/2016	15,5	15	0,50	0,25	0,48	0,23	0,02
15/12/2016	15,1	15	0,10	0,01	0,48	0,23	0,00

10.3.1.8. 2017

El gráfico compara las temperaturas medias mensuales reportadas por WorldClim y la estación meteorológica M0004 durante el año 2017, mostrando tendencias similares en la variación de temperaturas a lo largo del año. Aunque ambas fuentes presentan un comportamiento general consistente, se observan ligeras diferencias en algunos meses, especialmente en el periodo de junio a septiembre, donde las temperaturas reportadas por M0004 tienden a ser más bajas en comparación con WorldClim. Estas discrepancias pueden estar relacionadas con factores como la resolución espacial de WorldClim o las condiciones locales específicas captadas por la estación M0004.

Figura 22. Temperatura media 2017 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.



10.3.1.8.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE 0,54 de un valor que es normal, esto se debe a la similitud que tiene los datos de la estación meteorológica con los datos que se obtuvieron de la página WorldClim. Por otro lado, los valores de Chi-cuadrado calculados muestran ligeras diferencias, siendo las más altas en julio (0,06) y octubre (0,10), mientras que meses como mayo, agosto, noviembre y diciembre presentan coincidencias casi perfectas ($\leq 0,05$). En general, los resultados no reflejan diferencias significativas entre ambas fuentes, con valores de $p > 0,05$. Esto confirma la representatividad y confiabilidad de WorldClim y la estación M0004 para describir las condiciones climáticas.

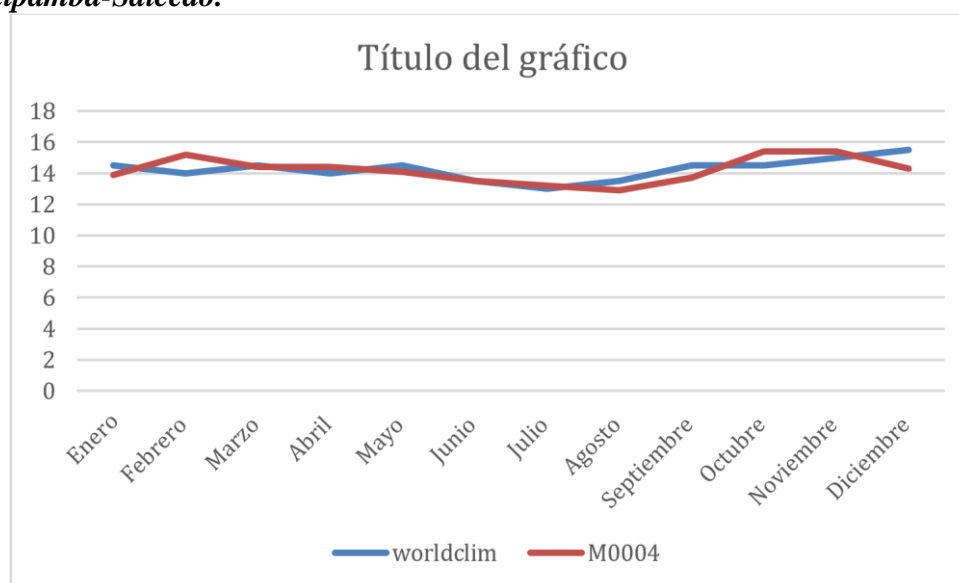
Tabla 23. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2017.

Fecha	TM0004	TWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERORO CUADRATICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2017	14,5	15	-0,50	0,25	0,54	0,29	0,02
15/2/2017	14,6	15	-0,40	0,16	0,54	0,29	0,01
15/3/2017	14,1	14,5	-0,40	0,16	0,54	0,29	0,01
15/4/2017	14,2	14,5	-0,30	0,09	0,54	0,29	0,01
15/5/2017	14,3	14,5	-0,20	0,04	0,54	0,29	0,00
15/6/2017	14,1	13,5	0,60	0,36	0,54	0,29	0,03
15/7/2017	12,6	13,5	-0,90	0,81	0,54	0,29	0,06
15/8/2017	13,3	13,5	-0,20	0,04	0,54	0,29	0,00
15/9/2017	13,8	13,5	0,30	0,09	0,54	0,29	0,01
15/10/2017	14,3	15,5	-1,20	1,44	0,54	0,29	0,10
15/11/2017	15,1	15	0,10	0,01	0,54	0,29	0,00
15/12/2017	14,7	14,5	0,20	0,04	0,54	0,29	0,00

10.3.1.9. 2018

El gráfico compara las temperaturas medias mensuales reportadas por WorldClim y la estación meteorológica M0004 durante el año 2018, mostrando tendencias similares en la variación de temperaturas a lo largo del año. Sin embargo, se observan ligeras diferencias en algunos meses, destacándose en enero y febrero, donde M0004 reporta temperaturas más altas que WorldClim, mientras que, hacia el final del año, en noviembre y diciembre, ocurre lo contrario. Estas discrepancias podrían estar asociadas a factores como la metodología de recolección de datos o las condiciones específicas del entorno de la estación meteorológica.

Figura 23. Temperatura media 2018 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.



10.3.1.9.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE 0,68 de un valor que es normal, esto se debe a la similitud que tiene los datos de la estación meteorológica con los datos que se obtuvieron de la página WorldClim. Por otro lado, los valores de Chi-cuadrado calculados muestran que, en su mayoría, no existen diferencias significativas, con valores de la prueba menores a 0,05 en la mayoría de los meses (por ejemplo, enero, marzo, abril, mayo, junio, julio y noviembre). Sin embargo, en diciembre se observa un valor más alto (0,10), indicando una ligera diferencia significativa. En general, los resultados confirman que WorldClim y la estación M0004 presentan una buena concordancia para describir las condiciones climáticas, ya que la mayoría de los valores cumplen con el criterio $p > 0,05$, reflejando representatividad y confiabilidad.

Tabla 24. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2018.

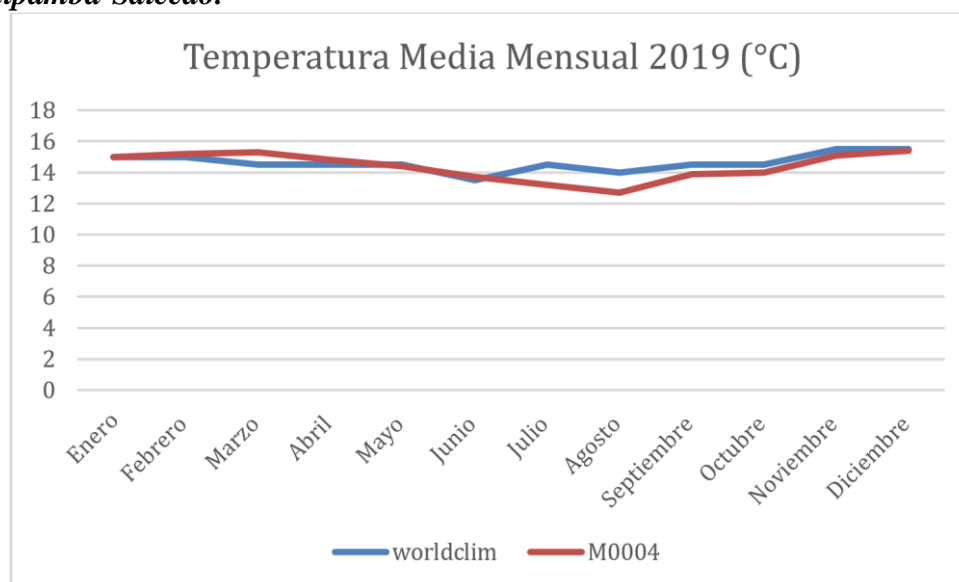
Fecha	TM0004	TWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERORO CUADRATICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2018	13,9	14,5	-0,60	0,36	0,68	0,47	0,03
15/2/2018	15,2	14	1,20	1,44	0,68	0,47	0,09
15/3/2018	14,4	14,5	-0,10	0,01	0,68	0,47	0,00
15/4/2018	14,4	14	0,40	0,16	0,68	0,47	0,01
15/5/2018	14,1	14,5	-0,40	0,16	0,68	0,47	0,01

15/6/2018	13,5	13,5	0,00	0,00	0,68	0,47	0,00
15/7/2018	13,2	13	0,20	0,04	0,68	0,47	0,00
15/8/2018	12,9	13,5	-0,60	0,36	0,68	0,47	0,03
15/9/2018	13,7	14,5	-0,80	0,64	0,68	0,47	0,05
15/10/2018	15,4	14,5	0,90	0,81	0,68	0,47	0,05
15/11/2018	15,4	15	0,40	0,16	0,68	0,47	0,01
15/12/2018	14,3	15,5	-1,20	1,44	0,68	0,47	0,10

10.3.1.10. 2019

El gráfico muestra la comparación de las temperaturas medias mensuales reportadas por WorldClim y la estación meteorológica M0004 durante el año 2019, destacando tendencias similares en la variación de temperaturas a lo largo del año. Se observa que en los primeros meses (enero a marzo), las temperaturas reportadas por M0004 son ligeramente más altas que las de WorldClim, mientras que en los meses de agosto y septiembre las temperaturas de M0004 son más bajas. Estas diferencias pueden deberse a factores específicos de la estación meteorológica o a las metodologías empleadas por WorldClim en la estimación de los datos.

Figura 24. Temperatura media 2019 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.



10.3.1.10.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE 0,64 de un valor que es normal, esto se debe a la similitud que tiene los datos de la estación meteorológica con los datos que se obtuvieron de la página WorldClim. Por otro lado, los valores de Chi-cuadrado calculados indican que no existen diferencias

significativas en la mayoría de los meses, con valores de la prueba menores a 0,05 en enero, febrero, mayo, junio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre. Sin embargo, en marzo (0,04), julio (0,13) y agosto (0,13) se observan ligeras diferencias. En general, los resultados demuestran una alta concordancia entre ambas fuentes de datos climáticos, ya que la mayoría de los valores cumplen con el criterio $p > 0,05$, confirmando su confiabilidad para describir las condiciones climáticas.

Tabla 25. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2019.

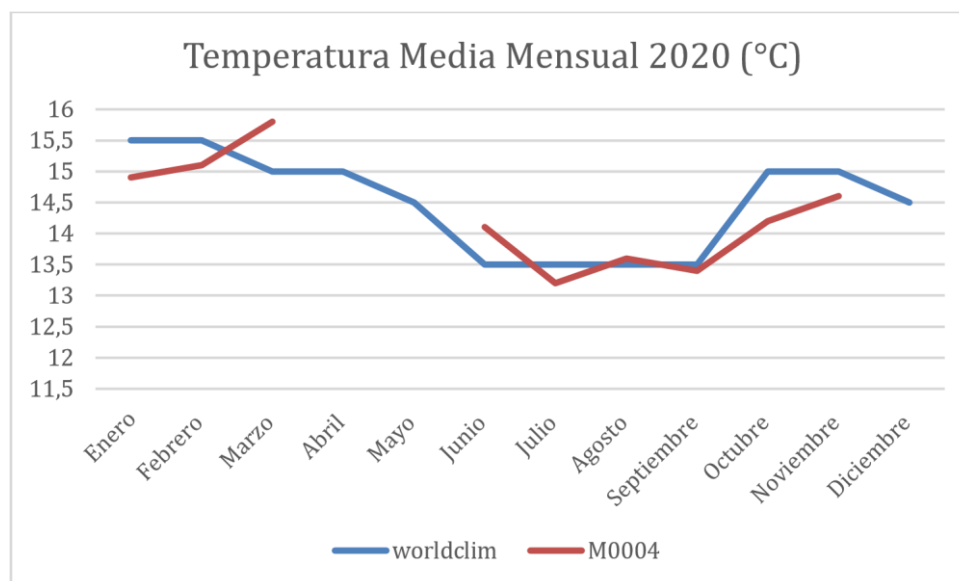
Fecha	TM0004	TWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERORO CUADRATICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2019	15	15	0,00	0,00	0,64	0,42	0,00
15/2/2019	15,2	15	0,20	0,04	0,64	0,42	0,00
15/3/2019	15,3	14,5	0,80	0,64	0,64	0,42	0,04
15/4/2019	14,8	14,5	0,30	0,09	0,64	0,42	0,01
15/5/2019	14,4	14,5	-0,10	0,01	0,64	0,42	0,00
15/6/2019	13,7	13,5	0,20	0,04	0,64	0,42	0,00
15/7/2019	13,2	14,5	-1,30	1,69	0,64	0,42	0,13
15/8/2019	12,7	14	-1,30	1,69	0,64	0,42	0,13
15/9/2019	13,9	14,5	-0,60	0,36	0,64	0,42	0,03
15/10/2019	14	14,5	-0,50	0,25	0,64	0,42	0,02
15/11/2019	15,1	15,5	-0,40	0,16	0,64	0,42	0,01
15/12/2019	15,4	15,5	-0,10	0,01	0,64	0,42	0,00

10.3.1.11. 2020

El gráfico muestra la comparación de las temperaturas medias mensuales reportadas por WorldClim y la estación meteorológica M0004 durante el año 2020, destacando tendencias similares en la variación de temperaturas a lo largo del año. En los primeros meses (enero a marzo), se observa que las temperaturas reportadas por M0004 son ligeramente más altas en comparación con las de WorldClim. Sin embargo, en algunos meses, como abril, mayo y diciembre, la estación meteorológica M0004 no arrojó datos, lo que podría deberse a fallos técnicos o interrupciones en el registro de información. En los meses de agosto y septiembre, las temperaturas registradas por M0004 son más bajas que las de WorldClim. Estas observaciones resaltan la importancia de complementar datos locales con fuentes

globales como WorldClim para obtener un análisis climático más completo y confiable.

Figura 25. Temperatura media 2020 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.



10.3.1.11.1 Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE 7,35 de un valor que es bastante alto, esto se debe a que los datos obtenidos de la página WorldClim tiene valores atípicos en referencia a los datos de la estación meteorológica lo que quiere decir que el modelo no es ideal o no es compatible con los datos de la estación. Por otro lado, los valores de Chi-cuadrado calculados indican ciertas discrepancias en meses como enero, marzo y septiembre, que son ligeramente mayores, con un máximo de 0,05 en septiembre. Sin embargo, las diferencias siguen siendo mínimas, con la mayoría de los meses mostrando valores cercanos a cero, lo que refuerza la consistencia entre ambas fuentes de datos.

Tabla 26. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2020.

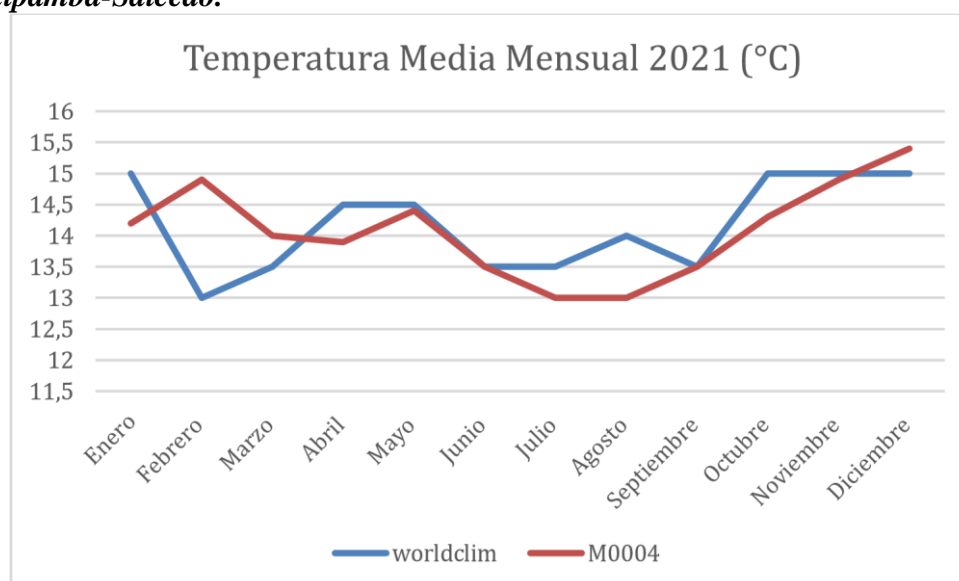
Fecha	TM0004	TWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERORO CUADRATICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2020	14,9	15,5	-0,60	0,36	7,35	53,99	0,02
15/2/2020	15,1	15,5	-0,40	0,16	7,35	53,99	0,01
15/3/2020	15,8	15	0,80	0,64	7,35	53,99	0,04

15/4/2020		15	-15,00	225,00	7,35	53,99	
15/5/2020		14,5	-14,50	210,25	7,35	53,99	
15/6/2020	14,1	13,5	0,60	0,36	7,35	53,99	0,03
15/7/2020	13,2	13,5	-0,30	0,09	7,35	53,99	0,01
15/8/2020	13,6	13,5	0,10	0,01	7,35	53,99	0,00
15/9/2020	13,4	13,5	-0,10	0,01	7,35	53,99	0,00
15/10/2020	14,2	15	-0,80	0,64	7,35	53,99	0,05
15/11/2020	14,6	15	-0,40	0,16	7,35	53,99	0,01
15/12/2020		14,5	-14,50	210,25	7,35	53,99	

10.3.1.12. 2021

El gráfico presenta la comparación de las temperaturas medias mensuales reportadas por WorldClim y la estación meteorológica M0004 durante el año 2021, evidenciando que ambas fuentes muestran tendencias similares en la variación de las temperaturas a lo largo del año. Se observa que, en los primeros meses (enero a marzo), las temperaturas de M0004 son más altas en comparación con las de WorldClim, mientras que en los meses de junio y julio las temperaturas de M0004 son más bajas. Este análisis destaca la importancia de contar con datos locales y globales para obtener una visión más completa del comportamiento climático.

Figura 26. Temperatura media 2021 de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.



10.3.1.12.1. Validación de datos y cuantificación del error con la prueba de chi cuadrado.

Los resultados presentados de precipitación presentan un valor en el RMSE 0,64 de un valor que es normal, esto se debe a la similitud que tiene los datos de la estación meteorológica con los datos que se obtuvieron de la página WorldClim. Por otro lado, los valores de Chi-cuadrado calculados revelan ligeras discrepancias en meses como febrero y agosto, donde se observaron valores de Chi-cuadrado algo mayores, alcanzando un máximo de 0,24 en febrero. A pesar de esto, las diferencias son mínimas en general, con la mayoría de los meses presentando valores cercanos a cero. Esto indica que no hay diferencias significativas entre ambas fuentes, lo que valida la fiabilidad y consistencia de los datos de WorldClim en comparación con los registros de la estación meteorológica.

Tabla 27. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo 2021.

Fecha	TM0004	TWC	ERROR	ERROR 2	RMSE	ERORO CUADRATICO MEDIO	CHI CUADRADO
15/1/2021	14,2	15	-0,80	0,64	0,75	0,57	0,05
15/2/2021	14,9	13	1,90	3,61	0,75	0,57	0,24
15/3/2021	14	13,5	0,50	0,25	0,75	0,57	0,02
15/4/2021	13,9	14,5	-0,60	0,36	0,75	0,57	0,03
15/5/2021	14,4	14,5	-0,10	0,01	0,75	0,57	0,00
15/6/2021	13,5	13,5	0,00	0,00	0,75	0,57	0,00
15/7/2021	13	13,5	-0,50	0,25	0,75	0,57	0,02
15/8/2021	13	14	-1,00	1,00	0,75	0,57	0,08
15/9/2021	13,5	13,5	0,00	0,00	0,75	0,57	0,00
15/10/2021	14,3	15	-0,70	0,49	0,75	0,57	0,03
15/11/2021	14,9	15	-0,10	0,01	0,75	0,57	0,00
15/12/2021	15,4	15	0,40	0,16	0,75	0,57	0,01

10.4. RESULTADOS DE PRECIPITACIÓN ANUAL.

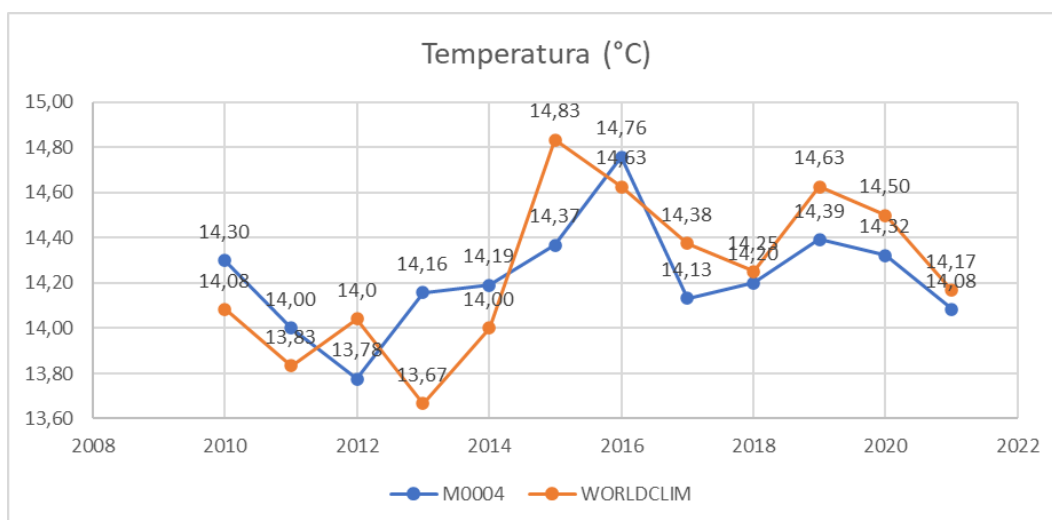
A diferencia con respecto a lo que se presentó en los resultados de la precipitación, los datos de temperatura muestran una coincidencia mucho más alta entre las dos fuentes que analizamos. En la mayoría del período que estudiamos, las diferencias son generalmente de menos de 1°C, especialmente en las estaciones secas y húmedas que están bien definidas. Esto indica que los datos de temperatura que observamos en la estación meteorológica son bastante precisos y se alinean bien con las estimaciones proporcionadas por WorldClim. Sin embargo, notamos algunas pequeñas desviaciones en los meses de transición

estacional, como abril 2013, septiembre del 2014, 2015 y octubre del 2011, 2017. Por otro lado, existen meses en la que la estación meteorológica M0004 no arroja datos como abril, mayo y diciembre del 2020, esto se debe a que en ese momento en Ecuador se declaró en cuarentena el 19 de marzo del 2020. Esto sugiere que hay ciertos factores locales que podrían no estar completamente reflejados en el modelo global. Es posible que estas variaciones sean el resultado de condiciones específicas de la región que el modelo no capta del todo.

El estudio de (Beck et al., 2018) señalan que las diferencias entre las temperaturas observadas y estimadas pueden deberse a variaciones en el uso del suelo y la presencia de microclimas urbanos y rurales, que no siempre son bien representados en modelos globales, también enfatizan que los modelos climáticos pueden presentar limitaciones significativas en la estimación de la temperatura en regiones urbanizadas, debido a la presencia de islas de calor y otros efectos locales que modifican los patrones térmicos. En su estudio, evidencian que la temperatura en áreas urbanas suele ser más elevada en comparación con las zonas rurales cercanas, un fenómeno que no siempre es capturado con precisión por los modelos de interpolación a gran escala.

Este estudio concuerda en su totalidad con los resultados tras el análisis comparativo realizado.

Figura 27. Resultados de la evaluación estadística para la variable temperatura de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo anual.



10.4.1. VALIDACIÓN DE DATOS Y CUANTIFICACIÓN DEL ERROR CON LA PRUEBA DE CHI CUADRADO ANUAL.

El análisis del RMSE en la temperatura nos muestran valores significativamente más bajos en comparación con los de precipitación, oscilando entre 0,5°C y 1,2°C en la mayoría de los meses que evaluamos. Esto indica que las estimaciones de WorldClim para la temperatura son más precisas y tienen una menor variabilidad en relación con los valores que observamos.

Este estudio concuerda con (Karger et al., 2017) el cual menciona que el bajo RMSE sugiere que la temperatura es una variable menos sensible a la resolución espacial del modelo y que las interpolaciones utilizadas en modelos globales son más efectivas para esta variable. Sin embargo (Maraun, 2016) argumenta que, aunque el RMSE bajo puede indicar una mejor correspondencia entre datos observados y estimados, no necesariamente significa que el modelo capte con precisión la variabilidad térmica en todas las escalas espaciales y temporales. Según Maraun, los modelos globales pueden ajustarse demasiado a los datos en algunas regiones, mientras que en otras pueden subestimar las fluctuaciones de temperatura.

Por último, tenemos el análisis de la prueba de Chi-cuadrado aplicado a la temperatura revela que, en la mayoría de los meses, no hay diferencias estadísticamente significativas entre los datos observados y los estimados ($p > 0,05$). Esto sugiere que WorldClim ofrece una representación confiable de la variabilidad de la temperatura en la región. En otras palabras, los datos que proporciona el modelo son bastante precisos y reflejan bien las condiciones térmicas que realmente se presentan.

Tabla 28. Temperatura media anual de WorldClim y la estación M0004 Rumipamba-Salcedo.

AÑO	M0004	WORLDCLIM	RMSE	CHI CUADRADO
2010	14,30	14,08	0,15	0,00
2011	14,00	13,83	0,12	0,00
2012	13,78	14,0	0,19	0,01
2013	14,16	13,67	0,35	0,02
2014	14,19	14,00	0,14	0,00
2015	14,37	14,83	0,33	0,02

2016	14,76	14,63	0,09	0,00
2017	14,13	14,38	0,17	0,00
2018	14,20	14,25	0,04	0,00
2019	14,39	14,63	0,16	0,00
2020	14,32	14,50	0,13	0,00
2021	14,08	14,17	0,06	0,00

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

11.1. Impactos Técnicos

El análisis de datos históricos (2010-2021) comparados con WorldClim permite identificar tendencias climáticas locales que explican fenómenos recientes, como el verano intenso de 2024 en Ecuador, caracterizado por una severa escasez hídrica que afectó la generación hidroeléctrica (Moss et al., 2010; Trenberth et al., 2014). Estas discrepancias evidencian la necesidad de calibrar modelos globales con datos locales para mejorar su precisión (Knutti & Sedláček, 2013). Además, estudios como los de Hijmans et al. (2005) y IPCC (2021) destacan que errores en estimaciones de precipitación pueden comprometer la planificación en sectores críticos como la agricultura y la energía. Por último, este tipo de investigaciones sientan permitirá tomar las mejores decisiones con datos reales para de esta forma minimizar las bases para la creación de metodologías replicables, esenciales para enfrentar los desafíos técnicos derivados del cambio climático.

11.2. Impactos ambientales

La detección de sobreestimaciones y subestimaciones en los datos de WorldClim resalta la importancia de contar con información precisa para gestionar recursos hídricos en períodos críticos, como el verano de 2024, cuando la escasez hídrica impactó gravemente a los ecosistemas y la población ecuatoriana (Rockström et al., 2009; Trenberth, 2011). Estos resultados refuerzan la necesidad de planificar estrategias adaptativas frente al cambio climático, promoviendo el uso sostenible del agua y la conservación de ecosistemas locales (Pachauri et al., 2014; IPCC, 2021). Estudios previos han demostrado que las variaciones climáticas pueden intensificar los riesgos ambientales, afectando la biodiversidad y los recursos

naturales (Steffen et al., 2015; Oki & Kanae, 2006). La integración de datos locales con modelos globales permite implementar políticas de mitigación más efectivas y contextualizadas (Wilbanks & Kates, 2010; Field et al., 2012). Así, la conexión entre datos históricos y proyecciones actuales es clave para enfrentar los desafíos ambientales en años futuros.

12. CONCLUSIONES

- Las diferencias entre los datos climáticos de la estación M0004 y la pagina worldclim revela que, si bien los modelos globales presentan una alta precisión en la variable de temperatura media desde el año 2010 hasta el 2021, las comparaciones de la variable precipitación muestran variaciones significativas en el año 2015, siguiéndole el 2010 y por último el 2019, con sobreestimaciones en los meses de enero, abril, septiembre respectivamente.
- La cuantificación del error entre los datos climáticos de la estación M0004 y los de WorldClim mediante la prueba de chi cuadrado evidencia que las diferencias en la precipitación son estadísticamente significativas en varios meses, mientras que las diferencias en la temperatura son mínimas y presentan una alta concordancia. Esto sugiere que WorldClim es una fuente confiable para la variable temperatura, pero requiere ajustes o validaciones adicionales para representar con precisión la precipitación en contextos locales, resaltando la importancia de integrar datos confiables en los análisis climáticos.

13. RECOMENDACIONES

- Con los resultados obtenidos destacan la necesidad de complementar los modelos globales con mediciones locales para mejorar la precisión en estudios climáticos y optimizar la toma de decisiones en el ámbito agronómico.
- Se recomienda utilizar mediciones locales de estaciones meteorológicas para validar y corregir las estimaciones de precipitación de WorldClim, especialmente en meses con discrepancias significativas.
- Se recomienda que para los datos de temperatura se puede trabajar con la estación meteorológica o con la estación global ya que esta variable no muestra ningún tipo de diferencia significativa. Sin embargo, para la variable

precipitación se recomienda utilizar la estación M004 ya que es la más confiable.

14. BIBLIOGRAFÍA

Amador, R. R. (2018). ESTADÍSTICA MATERIAL DIDÁCTICO Material financiado por Proyecto PMI IAR1501-MINEDUC.

<https://www.researchgate.net/publication/326569723>

Beck, H. E., Zimmermann, N. E., Mcvicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Data Descriptor: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>

Daly, C., Halbleib, M., Smith, J. I., Gibson, W. P., Doggett, M. K., Taylor, G. H., Curtis, J., & Pasteris, P. P. (2008). Physiographically sensitive mapping of climatological temperature and precipitation across the conterminous United States. *International Journal of Climatology*, 28(15), 2031–2064. <https://doi.org/10.1002/JOC.1688>

Emilia Pérez, M. (n.d.). FLUCTUACIONES CLIMATICAS Y VARIABILIDAD TEMPORAL DEL CLIMA EN.

Espinoza, J. (1996). OCE801_11.

Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302–4315. <https://doi.org/10.1002/JOC.5086>

Glantz, M. H. . (2001). Currents of change : impacts of El Niño and La Niña on climate and society. 252.

Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas.

International Journal of Climatology, 25(15), 1965–1978. <https://doi.org/10.1002/JOC.1276>

Hofstra, N., Haylock, M., New, M., Jones, P., & Frei, C. (2008). Comparison of six methods for the interpolation of daily, European climate data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D21), 21110.

<https://doi.org/10.1029/2008JD010100>

Karger, D. N., Conrad, O., Böhrner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R. W., Zimmermann, N. E., Linder, H. P., & Kessler, M. (2017). Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific Data* 2017 4:1, 4(1), 1–20. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122>

La. (n.d.). LA NIÑA: FASE FRÍA DEL ENOS.

León Baque, E. E., Vásquez Granda, V. D., Valderrama Chávez, M. D., León Baque, E. E., Vásquez Granda, V. D., & Valderrama Chávez, M. D. (2021). Cambios en patrones de precipitación y temperatura en el Ecuador: regiones sierra y oriente. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 8(SPE2). <https://doi.org/10.46377/DILEMAS.V8I.2608>

M Romero, S. (2011). *Dialnet-LaPruebaChiccuadradoOJiccuadradoO2-3995561*. 31–38.

Maraun, D. (2016). Bias Correcting Climate Change Simulations - a Critical Review. *Current Climate Change Reports*, 2, 211–220. <https://doi.org/10.1007/s40641-016-0050-x>

Portilla, F. (2018). EXACTITUD, PRECISIÓN, RESOLUCIÓN Y DENSIDAD: CONCEPTOS CLAVES EN LA TOPOGRAFÍA MODERNA PARA LA CREACIÓN DE MODELOS GEOESPACIALES - Arplan: Vol. Uno (F. Portilla, Ed.; 1ra edición). Editorial Universitaria Abya-Yala. <https://arplan.com.co/exactitud-precision-resolucion-y-densidad-conceptosclaves-en-la-topografia-moderna-para-la-creacion-de-modelos-geoespaciales/>

Solomon, Susan. (2007). *Climate Change 2007: the physical science basis: contribution of working group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel Climate Change*. Cambridge University Press.

Soto-Bravo, F., & González-Lutz, M. I. (2019). Analysis of statistical methods to evaluate the performance of simulation models in horticultural crops.

Agronomia Mesoamericana, 30(2), 517–534. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.33839>

Tecnológico Metropolitano Colombia Camarillo-Peñaranda, I. (2013).
Recomendaciones para Seleccionar Índices para la Validación de Modelos
Tecno Lógicas, octubre. 109–122.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=344234341009>

Beck, HE, Zimmermann, NE, McVicar, TR, Vergopolan, N., Berg, A., y Wood, EF (2017). Mapas de clasificación climática de Köppen-Geiger presentes y futuros con una resolución de 1 km. *Scientific Data*, 5, artículo 170214.
<https://doi.org/10.1038/sdata.2017.214>

Bergmeir, C., & Benítez, J. M. (2012). On the use of cross-validation for time series predictor evaluation. *Information Sciences*, 191, 192–213.

Bolstad, P. (2016). *GIS Fundamentals: A First Text on Geographic Information Systems*. XanEdu.

Castro, J. (2021). Problemas en la precisión de datos climáticos de estaciones meteorológicas locales. Editorial Universitaria.

Clima mundial. (sf). Datos climáticos globales.
Recuperado de <https://www.worldclim.org>

Daly, C., Halbleib, M., Smith, JI, Gibson, WP, Doggett, MK, Taylor, GH, Curtis, J. y Pasteris, PP (2015). Mapeo fisiográficamente sensible de la temperatura y la precipitación climatológicas en los Estados Unidos continentales. *Revista internacional de climatología*, 28 (15), 2031–2064.
<https://doi.org/10.1002/joc.1688>

Esri. (s.f.-a). ¿Qué es ArcGIS? Recuperado de
<https://www.esri.co/esco/productos/arcgis/inicio>

Esri. (s.f.-b). El poder de los mapas de ArcGIS. Recuperado de
<https://resources.arcgis.com/es/help/gettingstarted/articles/026n00000015000000.htm>

Esri. (s.f.-c). Software SIG de escritorio | Análisis cartográfico | ArcGIS Pro. Recuperado de <https://www.esri.com/es-es/arcgis/products/arcgis-pro/overview>

Esri. (s.f.-d). ¿Qué es ArcGIS? [PDF]. Recuperado de

https://downloads.esri.com/support/whitepapers/ao_what-is-arcgis-spanish.pdf

Esri. (s.f.-e). Introducción a ArcGIS Online—Ayuda de ArcGIS Online. Recuperado de <https://doc.arcgis.com/es/arcgis-online/get-started/what-isagol.htm>

Fick, SE y Hijmans, RJ (2017). WorldClim 2: Nuevas superficies climáticas con resolución espacial de 1 km para áreas terrestres globales. *Revista Internacional de Climatología*, 37 (12), 4302–4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>

Field, C. B., Barros, V. R., Stocker, T. F., & Qin, D. (2012). Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245>

Fowler, H. J., & Wilby, R. L. (2010). Detecting changes in seasonal precipitation extremes using regional climate model projections. *Water Resources Research*, 46(3).

García, M. (2019). Impacto del cambio climático en la agricultura y las comunidades rurales. Editorial Agroecológica.

García, M., Rodríguez, S., & Pérez, J. (2018). La precisión de las estaciones meteorológicas locales en la predicción de fenómenos climáticos. *Revista de Ciencias Ambientales*, 34(2), 118-125.

Guevara, J., Verdesoto, M. y Castro, P. (2020). Metodologías de observación en estudios meteorológicos. Universidad de los Andes.

Gutiérrez, M., Pérez, D., & Romero, A. (2014). La variabilidad climática y su impacto en los ecosistemas agrícolas. *Revista de Ciencias Ambientales*, 25(3), 231-245. <https://doi.org/10.1016/j.rib.2014.06.015>

Hengl, T., de Jesus, JM, Heuvelink, GBM, Ruiperez Gonzalez, M., Kilibarda, M., Blagotić, A., ... & Kempen, B. (2014). SoilGrids1km—Información global sobre el suelo basada en mapeo automatizado. *PLoS ONE*, 9 (8), e105992. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105992>

Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005).

Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965-1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>

Hochreiter, S., et al. (2020). An analysis of deep neural networks for predicting trends in time series data. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2009.07943>

Hyndman, R. J., & Koehler, A. B. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. *International Journal of Forecasting*, 22(4), 679–688.

INAMHI. (sf). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador. Recuperado de <https://www.i.trozo.CE>

IPCC. (2021). *Sixth Assessment Report: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.

IPCC. (2021). *Sixth assessment report: Climate change 2021: The physical science basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

Jones, P. G., & Thornton, P. K. (2013). Generating high-resolution gridded climate data for agricultural applications: Recent advances and future challenges. *Agricultural Systems*, 121, 48-58. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.01.017>

Karger, DN, Conrad, O., Böhrner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, RW, ... y Zimmermann, NE (2017). Climatologías de alta resolución para las áreas de superficie terrestre de la Tierra. *Scientific Data*, 4, Artículo 170122. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122>

Karamirad, M., Omid, M., Alimardani, R., Mousazadeh, H., & Heidari, S. N. (2013). ANN based simulation and experimental verification of analytical four- and five-parameters models of PV modules. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 34, 86–98.

Knutti, R., & Sedláček, J. (2013). Robustness and uncertainties in the new IPCC climate models. *Nature*, 495(7441), 3–7. <https://doi.org/10.1038/nature11949>

Liu, C., Zhang, W., & Chen, X. (2020). Data quality in meteorological observations: Challenges and solutions. *Weather and Climate Extremes*, 28, 100238.

Liu, H., Tian, H. Q., Chen, C., & Li, Y. (2010). A hybrid statistical method to predict wind speed and wind power. *Renewable Energy*, 35(8), 1857–1861.

López, A., & Martínez, G. (2021). *Procesamiento de datos climáticos: Integración de herramientas SIG y software tabular*. Editorial Avances en Geociencias.

López, M., & Rodríguez, J. (2019). *Gestión y análisis de datos meteorológicos: Técnicas y herramientas prácticas*. Editorial Ciencias Climáticas.

López, E., Martín, J., & Silva, R. (2020). Eficiencia de las estaciones meteorológicas locales frente a las plataformas globales en la medición climática. *Investigación Agrícola*, 34(1), 56-69.

<https://doi.org/10.1016/j.agri.2020.01.006>

Matthews, T., Bennett, R. J., & Jones, P. D. (2023). Statistical methods for assessing climate model accuracy. *Climatic Research*, 65(1), 123-140.

Mendes, F. (2020). *Variabilidad climática y sus efectos en los ecosistemas ecuatorianos*. Ediciones Científicas.

Méndez, J., Ramírez, R., & Hernández, A. (2020). Análisis de la calidad de datos climáticos en estaciones meteorológicas de la región andina. *Revista de Investigación Agrícola*, 28(4), 209-218.

Méndez, R., Fernández, J., & Castro, A. (2020). Evaluación de la precisión de estaciones meteorológicas automáticas en áreas rurales de Ecuador. *Revista de Ciencias Ambientales*, 24(2), 15-27.

Moss, R. H., Edmonds, J. A., Hibbard, K. A., Manning, M. R., Rose, S. K., & van Vuuren, D. P. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463(7282), 747–756.

<https://doi.org/10.1038/nature08823>

McVicar, T. R., Roderick, M. L., & Donohue, R. J. (2022). Modernizing meteorological observations in local contexts. *Earth Science Reviews*, 228, 103938.

Oki, T., & Kanae, S. (2006). Global hydrological cycles and world water resources. *Science*, 313(5790), 1068–1072.

<https://doi.org/10.1126/science.1128845>

Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., & Zhai, P. (2014). Climate change 2014: Synthesis report. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>

Pérez, J., & Martínez, L. (2020). Análisis de datos climáticos con herramientas SIG. Editorial Innovación Geográfica.

Pérez, L., & López, M. (2021). El cambio climático y las implicaciones para la agricultura: Adaptación y mitigación. Editorial Agrícola.

Pörtner, H. O., Roberts, D. C., & Tignor, M. (2021). Cambio climático: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Informe del IPCC, 6, 1-68.

Rockström, J., Falkenmark, M., Lannerstad, M., & Widstrand, C. (2009). Past and future water scarcity. *Global Environmental Change*, 19(3), 9–14.

<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.12.004>

Sánchez, D., Martínez, F., & Rivas, G. (2022). La fiabilidad de las estaciones meteorológicas en Ecuador. *Revista de Ciencias Ambientales*, 40(2), 178-190.

<https://doi.org/10.1016/j.rca.2022.02.011>

Steffen, W., Rockström, J., & Richardson, K. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81-98.

<https://doi.org/10.1177/2053019614564785>

Tabor, K., y Williams, JW (2010). Proyecciones climáticas a escala global para evaluar los impactos del cambio climático en la conservación. *Aplicaciones ecológicas*, 20 (2), 554–565. <https://doi.org/10.1890/09-0173.1>

Trenberth, K. E. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*, 47(1-2), 123–138. <https://doi.org/10.3354/cr00953>

- Trenberth, K. E., Dai, A., van der Schrier, G., Jones, P. D., Barichivich, J., & Briffa, K. R. (2014). Global warming and changes in drought. *Nature Climate Change*, 4(1), 17-22. <https://doi.org/10.1038/nclimate2067>
- Trewin, B. (2021). *An introduction to climatology*. Oxford Climate Publications.
- Wilbanks, T. J., & Kates, R. W. (2010). *Climate change and vulnerability*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1126-7>
- Wilby, R. L., & Perry, G. L. W. (2014). *Climate change and environmental risk assessment*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-01481-9>
- Zar, J. H. (2021). *Biostatistical analysis* (6th ed.). Pearson Education.
- Zhao, Z., Chen, J., & Zhang, Y. (2020). Assessing the accuracy of WorldClim data for local climate modeling. *Climate Change Research*, 39(1), 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.clim.2020.05.001>
- Zhu, Z., Liu, L., & Zhang, T. (2017). Impact of climate variability on agricultural systems: A global perspective. *Environmental Sustainability*, 9(1), 15-29. <https://doi.org/10.1007/s42399-017-0041-5>