



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto de Investigación previo
a la obtención del título de
Ingeniería Ambiental

Título del Proyecto de Investigación:

Determinación del riesgo agroclimático futuro de la zona norte de la Provincia de Los Ríos.

Autor:

Yamilet Isamar Morante Galarza

Tutor del Proyecto de Investigación:

Ing. Pedro Harrys Lozano Mendoza, MSC

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Yamilet Isamar Morante Galarza**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Yamilet', with a long horizontal stroke extending to the right.

Yamilet Isamar Morante Galarza

C.C. # 120759106-4



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Pedro Harrys Lozano Mendoza, MSC.**, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante Yamilet Isamar Morante Galarza realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**DETERMINACIÓN DEL RIESGO AGROCLIMÁTICO FUTURO DE LA ZONA NORTE DE LA PROVINCIA LOS RÍOS**”, previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

**PEDRO HARRYS
LOZANO
MENDOZA** Firmado digitalmente por
PEDRO HARRYS LOZANO
MENDOZA
Fecha: 2023.05.02
15:05:09 -05'00'

Ing. Pedro Harrys Lozano Mendoza, MSC.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICACIÓN DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

La suscrita **Ing. Pedro Harrys Lozano Mendoza, MSC.**, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe del Proyecto de investigación titulado “Determinación del riesgo agroclimático futuro de la zona norte de la Provincia Los Ríos”, presentado por la estudiante Srta. **Yamilet Isamar Morante Galarza**, estudiante egresada de la Carrera de Ingeniería Ambiental presencial, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del consejo académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, desarrollado de acuerdo al reglamento de la Unidad de Titulación Especial, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND, el cual mostró 2% de similitud.

Se adjunta imagen del sistema Urkund

URKUND	
Documento	TESISFINAL_YAMILET_MORANTE_(1).docx (D160486881)
Presentado	2023-03-08 22:54 (-05:00)
Presentado por	plozano@uteq.edu.ec
Recibido	plozano.uteq@analysis.orkund.com
Mensaje	Revisión de Yamilet Morante Mostrar el mensaje completo
	2% de estas 29 páginas, se componen de texto presente en 8 fuentes.

**PEDRO HARRYS
LOZANO
MENDOZA** Firmado digitalmente por
PEDRO HARRYS LOZANO
MENDOZA
Fecha: 2023.05.02
15:05:09 -05'00'

Ing. Pedro Harrys Lozano Mendoza, MSC
Director del Proyecto de Investigación



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

Determinación del riesgo agroclimático futuro de la zona norte de la Provincia de Los Ríos.

Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental

Aprobado por:

NORMA MARIA GUERRERO CHUEZ
Firmado digitalmente por NORMA MARIA GUERRERO CHUEZ
Fecha: 2023.03.16 15:54:50 -05'00'

Ing. Norma Guerrero Chuez, Msc
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS ALBERTO
NIETO CAÑARTE**

Ing. Carlos Nieto Cañarte Msc
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**YOMBER JOSE
MONTILLA LOPEZ**

Ing. Yomber Montilla MSc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2022 - 2023

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo.

A mis padres y hermano, quienes son mi motor y mi mayor inspiración, que a través de su paciencia, buenos valores, ayudan a trazar mi camino, y a mi querido Fernando Alvarado por su gran amor.

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y docentes que hacen la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro de su establecimiento educativo.

Finalmente, quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Harrys Lozano Mendoza, MsC, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió la elaboración de este trabajo de titulación.

DEDICACIÓN

Esta tesis está dedicada:

A mis padres Jimmy y Gladys quienes, con su amor, paciencia, y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios es mi guía.

A mi hermano Cristhian por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, y en especial a mis angelitos, mi hermano Danguelo, mi abuelito Pablo, y mi abuelita Clora, dedicado para todos ustedes con amor.

RESUMEN EJECUTIVO

El riesgo agroclimático se establece por la relación de la probable afectación climática, determinada por los parámetros de precipitación y temperatura, sobre los cultivos, cuya vulnerabilidad está representada por la susceptibilidad del cultivo en sus diferentes ciclos de desarrollo y la capacidad de enfrentar las adversidades por las prácticas de manejo del agricultor, el objetivo del estudio fue, determinar el riesgo agroclimático futuro de la zona norte de la provincia Los Ríos. Las amenazas climáticas futuras se estimaron con el apoyo de datos del repositorio de Wordclim utilizando el modelo de MIROC-ES2L, de los periodos del 2020-2040, bajo Trayectoria Socioeconómicas Compartidas (SSP) del cambio climático, utilizando la precipitación y las temperaturas máximas y mínima, la evapotranspiración con el método de Thornthwaite, posteriormente se diseñó medida de adaptación agroclimática. Los resultados demostraron que el aumento de la precipitación, temperaturas y distribución de eventos climáticos extremos, como sequías y lluvias intensas, afectarán negativamente a la producción agrícola en los próximos años. Este proyecto busca resolver la necesidad de identificar y evaluar el riesgo agroclimático para ayudar a los agricultores y adoptar medidas preventivas que puedan reducir los efectos negativos de los cambios climáticos en sus cultivos.

Palabras claves: Riesgo Agroclimático, Evapotranspiración, Trayectorias Socioeconómicas Compartidas.

ABSTRACT

The agroclimatic risk is established by the relationship of the probable climatic affectation, determined by the parameters of precipitation and temperature, on the crops, whose vulnerability is represented by the susceptibility of the crop in its different development cycles and the ability to face adversities due to the management practices of the farmer, the objective of the study was to determine the future agroclimatic risk of the northern zone of the Los Ríos province. Future climate threats were estimated through the Wordclim repository using the MIROC-ES2L model, for the periods 2020-2040, under the Shared Socioeconomic Trajectory (SSP) of climate change, using precipitation and maximum and minimum temperatures, the evapotranspiration with the Thornthwaite method, subsequently a measure of agroclimatic adaptation was designed. The results showed that the increase in precipitation, temperatures and distribution of extreme weather events, such as droughts and heavy rains, will negatively affect agricultural production in the coming years. This project seeks to solve the need to identify and evaluate agroclimatic irrigation to help farmers and adopt preventive measures that can reduce the negative effects of climate changes on their crops.

Key words: Agroclimatic Risk, Evapotranspiration, Shared Socioeconomic Trajectories.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICACIÓN DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICACIÓN	vii
RESUMEN EJECUTIVO.....	viii
ABSTRACT	ix
TABLA DE CONTENIDO	x
CÓDIGO DUBLÍN.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de investigación.	4
1.1.1. Planteamiento del problema.	4
1.1.1.1. Diagnóstico.	4
1.1.1.2. Pronóstico.	5
1.1.2 Formulación del problema	5
1.1.3 Sistematización del problema.....	5
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivo General:	5
1.2.3 Objetivos específicos:	5
1.3. Justificación.	6
CAPÍTULO II.....	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7

2.1. Marco Conceptual.....	8
2.1.1. Clima.....	8
2.1.2. Precipitación.....	8
2.1.4. Riesgo Climático.....	8
2.1.5. Agroclimático.....	8
2.1.6. Cambio Climático.....	9
2.1.7. Calentamiento Global.....	9
2.1.8. Amenaza de cultivos.....	9
2.1.9. Evapotranspiración.....	9
2.1.10. Evaporación.....	10
2.1.11. Transpiración.....	10
2.1.12. Escenarios Climáticos.....	10
2.1.12.1. Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP).....	10
2.1.12.2. Modelos de escenario de cambio climático MIROC-ES2L.....	11
2.1.12.3. Escenario Climático de sostenibilidad SSP1.....	11
2.1.12.4. Escenario climático de combustible fósil SSP 5.....	11
2.1.13. Vulnerabilidad.....	11
2.1.14. Adaptación.....	11
2.1.15. Mitigación al cambio climático.....	11
CAPÍTULO III.....	12
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
3.1. Localización.....	13
3.2. Tipo de investigación.....	14
3.2.2. Investigación Exploratoria.....	14
3.3. Métodos de investigación.....	14
3.3.1. Método inductivo.....	14
3.3.2. Método Deductivo.....	14

3.4. Fuentes de recopilación de información.	15
3.8. Diseño de la investigación.	16
3.8.1. Objetivo 1: Estimación de amenazas climáticas futuras en la zona de estudio..	16
3.8.2. Objetivo 2: Establecer la vulnerabilidad agroclimática en la zona norte de la provincia Los Ríos.	17
3.8.2.1. Método de Thornthwaite	17
3.8.2.2. Cálculo de la evapotranspiración por el método de Thornthwaite.....	19
3.8.3. Objetivo 3: Diseño de medidas de adaptación agroclimáticas en la zona norte de la provincia Los Ríos.....	19
CAPÍTULO IV	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1. RESULTADOS.....	24
4.1.1. Estimación de las amenazas climáticas futuras en la zona de estudio.	24
4.1.1.1. Obtención de los datos por medio del repositorio Wordclim.....	24
4.2. Objetivo 2: Establecer la vulnerabilidad agroclimática en la zona norte de la provincia Los Ríos.	31
4.2.2. Evapotranspiración en la zona norte de la Provincia Los Ríos.	31
4.3. Objetivo 3: Diseño de medidas de adaptación agroclimáticas en la zona norte de la provincia Los Ríos.	38
4.3.1. Medidas de adaptación agroclimáticas.....	38
4.4. Discusión.....	49
CAPÍTULO V.....	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1. Conclusiones.....	53
5.2. Recomendaciones.	54
CAPÍTULO VI	56
BIBLIOGRAFÍA	56
CAPÍTULO VIII.....	64

ANEXOS	64
--------------	----

Índice de tablas

Tabla 1 Propuesta de medidas de adaptación agroclimáticas	20
Tabla 2: Matriz de semáforo.....	20
Tabla 3 Grado de exposición del riesgo agroclimático de la zona norte de la provincia Los Ríos en los escenarios SSP1 y SSP 5.	20
Tabla 4 Grado de exposición de la Evapotranspiración de la zona norte de la provincia de Los Ríos en los escenarios SSP1 y SSP 5.	21
Tabla 5 Análisis para las medidas de adaptación	22
Tabla 6 Propuesta de medidas de adaptación agroclimáticas.....	39
Tabla 7: Grado de exposición de la evapotranspiración de los escenarios SSP1 y SSP 5. .	48

Índice de figuras

Figura N° 1 Mapa de ubicación de la zona norte de la provincia Los Ríos.....	13
Figura N° 2 Precipitación del escenario SSP1 del período 2020-2040 de la zona norte provincia Los Ríos.....	25
Figura N° 3 Temperatura Máxima del escenario SSP1 del período 2020-2040 de la zona norte provincia Los Ríos.....	25
Figura N° 4 Temperatura mínima del escenario SSP1 del período 2020-2040 de la zona norte provincia Los Ríos.....	27
Figura N° 5 Precipitación del escenario SSP5 del período 2020-2040 de la zona norte provincia Los Ríos.....	28
Figura N° 6 Temperatura Máxima del escenario SSP5 del período 2020-2040 de la zona norte provincia Los Ríos.....	29
Figura N° 7 Temperatura mínima del escenario SSP5 del período 2020-2040 de la zona norte provincia Los Ríos.....	30
Figura N° 8 Evapotranspiración del escenario SSP1 del mes de enero del período 2020-2040 de la zona norte de la Provincia Los Ríos.	31
Figura N° 9 Evapotranspiración del escenario SSP1 del mes de mayo del período 2020-2040 de la zona norte de la Provincia Los Ríos.	33

Figura N° 10 Evapotranspiración del escenario SSP1 del mes de septiembre del período 2020-2040 de la zona norte de la Provincia Los Ríos.	34
Figura N° 11 Evapotranspiración del escenario SSP5 del mes de enero del período 2020-2040 de la zona norte de la Provincia Los Ríos.	35
Figura N° 12 Evapotranspiración del escenario SSP5 del mes de mayo del período 2020-2040 de la zona norte de la Provincia Los Ríos.	36
Figura N° 13 Evapotranspiración del escenario SSP5 del mes de septiembre del período 2020-2040 de la zona norte de la Provincia Los Ríos.	37

Índice de anexos

Anexo 1.....	65
Anexo 2.....	65
Anexo 3.....	66

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Obtención de datos	65
Ilustración 2: Resultados de datos climáticos en el software de ArcMap.	65
Ilustración 3: Obtención de datos	66

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Determinación del riesgo agroclimático futuro de la zona norte de la Provincia Los Ríos.			
Autor:	Morante Galarza, Yamilet Isamar			
Palabra clave:	Riesgo	Agroclimatología	Evapotranspiración	Trayectorias Socioeconómicas Compartidas
Fecha de publicación:	Mayo 2023			
Editorial:	Quevedo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2022			
Resumen:	<p>El riesgo agroclimático se establece por relación de la probable afectación climática, determinada por los parámetros de precipitación y temperatura, sobre los cultivos, cuya vulnerabilidad está representada por la susceptibilidad del cultivo en sus diferentes ciclos de desarrollo y la capacidad de enfrentar las adversidades por las prácticas de manejo del agricultor. Por tal razón, el objetivo del estudio es determinar el riesgo agroclimático futuro de la zona norte de la provincia Los Ríos. Por consiguiente las amenazas climáticas futuras se estimaron por medio del repositorio de Wordclim utilizando el modelo de MIROC-ES2L, de los periodos del 2020-2040, bajo (SSP1) Y (SSP5) del cambio climático (...)</p> <p>Abstract. - The agroclimatic risk is established by relation of the probable climatic affectation, determined by the parameters of precipitation and temperature, on the crops, whose vulnerability is represented by the susceptibility of the crop in its different development cycles and the ability to face adversities due to the farmer management practices. For this reason, the objective of the study is to determine the future agroclimatic risk of the northern area of Los Ríos province. Therefore, future climate threats are estimated through the Wordclim repository using the MIROC-ES2L model, for the periods 2020-2040, under (SSP1) and (SSP5) climate change. (...)</p>			
Descripción:	81 hojas			
URI:				

INTRODUCCIÓN.

El autor Fuel y Cesil (1) explica que desde mediados del siglo XX el sistema climático ha presentado cambios sin precedentes, en comparación con los registros de observaciones que se tienen desde 1850. Entre estos cambios se destacan: el marcado calentamiento de la atmósfera y el océano, con incrementos superiores a 1°C a nivel global; la reducción de la cantidad y extensión de las masas de hielo y nieve; el considerable aumento del nivel del mar en los últimos 25 años y el incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero.

Esto ha llevado a que pequeñas y grandes industrias agro-productoras se vean en la necesidad de tecnificar los procesos productivos con base a posibles riesgos agroclimáticos que se pueden presentar en los procesos actuales de producción, de las empresas, por tal motivo existen empresas, que investigan otras formas de cultivar para mitigar y adaptarse al cambio climático.

A nivel nacional, las observaciones globales muestran que desde inicios del siglo XX, la temperatura se ha incrementado entre 0,4 y 0,8 °C, mientras que la precipitación, desde ese mismo año, no ha presentado cambios significativos (2).

En relación con lo anterior, Ecuador es uno de los países más vulnerables frente al cambio climático, puesto que pueden generarse impactos en ecosistemas y asentamientos humanos como el retroceso de los glaciares, el aumento del nivel mar y extremos climáticos, principalmente los asociados al niño y niña, que afectan significativamente a diversos sectores y aspectos de la vida humana, tales como agricultura, economía, salud entre otros (2).

Las consecuencias del cambio climático en el sector agrícola a nivel mundial exponen la necesidad de deducir el alcance de su impacto para desarrollar estrategias de mitigación y adaptación (3). Sin embargo, el cambio climático es una amenaza que está afectando negativamente a la producción, debido a periodos intensos de sequía, precipitaciones irregulares, ocasionando la incidencia de plagas y enfermedades (4).

En este sentido, el cambio climático decrece las áreas para la productividad agrícola y, por ende, disminuye el ritmo en el que se puede reducir la pobreza, estimando que para el 2025

en América Latina el 6,9% de personas del total de la población se mantendría en la indigencia, debido a la pérdida del 5,6% del producto agrícola a causa del calentamiento global (5). Francisco Vera Mendoza (6) expresa que reducir la vulnerabilidad y potenciar las fortalezas en la producción bajo la influencia de las condiciones ambientales, parte de dominar el comportamiento de las condiciones climáticas, que permite desarrollar medidas de adaptación para reducir los cambios ambientales.

En la presente investigación se evaluó las amenazas que ocurrieran en el medio circundante o área de estudio de la Provincia Los Ríos. Mediante el repositorio de Wordclim se identificó las amenazas climáticas en mapas generados en ArcGis, con los escenarios climáticos del IPCC, utilizando Trayectorias Socioeconómicas Compartidas SSP1 Y SSP5 planteando periodos de tiempos de 2020- 2040. Además, se determinó la Evapotranspiración utilizando el método de Thornthwaite para conocer la vulnerabilidad agroclimática en la zona norte, y efectuando un plan de medidas de adaptación para el conocimiento de los agricultores de la zona norte de la Provincia Los Ríos.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

El cambio climático ha afectado los aspectos del desarrollo de la sociedad humana como problema mundial, especialmente la agricultura, que está estrechamente relacionada con la supervivencia humana (7). Los efectos de un clima cambiante en la productividad del sistema agrícola son poco conocidos y es probable que los agricultores y las entidades productivas asociadas los enfrenten con medidas de adaptaciones agrícolas aún no definidas (8).

En las grandes ciudades la contaminación ambiental es fuerte debido a las grandes empresas que consumen grandes cantidades de combustible para realizar las tareas diarias durante todo el tiempo, razón por la cual en muchos países están estudiando cómo contrarrestar esta situación para tener un mejor estilo de vida.

A esta problemática se le ha dado en llamar “Cambio Climático”. Que ocurrieron en el pasado y seguramente ocurrirán en el futuro, por diversas causas y no sólo por la concentración de los gases de efecto invernadero. En rigor, se trata de un calentamiento global, de temperatura, sino también en otras variables climáticas importantes para la vida y las actividades productivas, como la precipitación, los vientos y la humedad (9).

En tal situación, los agro-productores de zona norte de la provincia de Los Ríos emplean muchos químicos en sus sembríos con el propósito de incrementar sus ingresos, sin darse cuenta del daño ocasiona a las tierras, por lo tanto, se necesitan cada vez más de abonos para obtener la misma cantidad.

Otra situación son los pocos estudios climáticos que existen en el medio para concientizar en el empleo de productos amigables para efectuar los procesos que desarrollan los agricultores de la zona norte de la provincia Los Ríos, lo que permite seguir empleando las mismas tácticas que aceleran el cambio climático en el sector.

La resistencia al cambio por parte de los productores de la zona provoca que se obtengan productos con mayor cantidad de químicos que afectan la salud del consumidor.

1.1.1.1. Diagnóstico.

La zona norte de la provincia Los Ríos, tiene la actividad principal, la agricultura, con cultivos de cacao, maíz, banano, tabaco y arroz, siendo esta producción la más importante

económicamente. Sin embargo, la falta de concientización y preocupación por parte de los agricultores en el uso de fertilizantes, forjando así daños al medio ambiente y la población. Así mismo, al no aplicar técnicas de conservación en sus cultivos ha provocado malas prácticas ambientales para la producción.

1.1.1.2. Pronóstico.

El cambio climático tiene como efectos principales las altas precipitaciones, elevación de temperaturas, aumento de sequías, lluvias más potentes, desaparición de especies, pobreza, y riesgos a la salud, que afectan significativamente a la producción de la zona norte de la provincia Los Ríos. Lo que ha conllevado a la baja producción, sus cultivos y disminución de sus ingresos económicos. Donde la sociedad se verá más vulnerable al cambio climático, como también afectada con problemas de salud.

1.1.2 Formulación del problema

¿Cómo incide el cambio agroclimático en la zona norte de la provincia Los Ríos?

1.1.3 Sistematización del problema

¿Cómo afecta económicamente el riesgo agroclimático en la zona norte de la provincia Los Ríos?

¿De qué manera la salud y la agricultura de los habitantes se ven afectadas por el riesgo agroclimático en la zona norte de la provincia Los Ríos?

¿Qué tan conveniente resulta evaluar las amenazas futuras del riesgo agroclimático en la zona norte de la provincia Los Ríos?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General:

Determinar el riesgo agroclimático futuro de la zona norte de la provincia Los Ríos.

1.2.3 Objetivos específicos:

- ✓ Estimar las amenazas climáticas futuras en la zona de estudio
- ✓ Establecer la vulnerabilidad agroclimática de la zona norte de la provincia Los Ríos

- ✓ Diseñar medidas de adaptación agroclimáticas en la zona norte de la provincia Los Ríos.

1.3. Justificación.

El cambio climático está satisfaciendo se de las actividades antropogénicas que traen consigo efectos negativos a la población, el medio ambiente, y la economía. Por la cual es primordial identificar las amenazas futuras que se generan en la agricultura de la zona norte de la provincia Los Ríos.

En el Ecuador el sector agrícola juega un papel importante para la población. Es por esto que, dado que el clima es uno de los principales determinantes de la productividad agrícola, el cambio climático representa una amenaza para la producción (10).

Es indudable que de acuerdo al Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (11) esta Cartera de Estado ha venido desarrollando acciones para fortalecer las capacidades locales de los Gobiernos Autónomos Descentralizados a través de las Agendas de Reducción de Riesgos, las cuales permiten minimizar riesgos, disminuyendo los daños e impactos potenciales ocasionados por eventos peligrosos que se presenten, paralelamente se han desarrollado procesos conjuntos para la formación de Comités y brigadas comunitarias, con el objetivo de reducir condiciones de vulnerabilidad de la población expuesta a multiamenazas de origen natural o antrópico, fortaleciendo el tejido social con planes familiares de emergencia, donde se identifican los riesgos y vulnerabilidades de cada familia, paralelamente se crean mapas parlantes en los que se detalla las zonas seguras, rutas de evacuación y puntos de encuentros ante un evento peligroso.

En tal virtud, Portilla (12) explica en datos oficiales proporcionados por el INAMHI (Instituto nacional de meteorología e hidrología del Ecuador), el presente trabajo tuvo como objetivo formular una climatología estadística básica que nos permita afrontar trabajos más específicos posteriormente.

Por intermedio de la investigación, se pretende dar medidas de adaptación a los agricultores de manera local en los estudios del cambio climático, además sobre la importancia de cuidar el medio ambiente, y puedan implementar las medidas sugeridas que ayuden al cambio climático, y dominando así las afectaciones en la agricultura. Encaminando que más investigadores continúen en la búsqueda de nuevas soluciones a los actuales problemas que enfrenta la población y el medio ambiente debido a las actividades naturales y antropogénicas.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual.

2.1.1. Clima.

El clima hace referencia a las características del medio ambiente de la organización que se desempeñen los miembros de esta y puede ser externa o internas, percibidas directa o indirectamente por ellos en dicho medio (13).

2.1.2. Precipitación.

La precipitación es el fenómeno relacionado con la caída libre de agua desde el cielo en forma líquida o sólida (nieve y granizo). La precipitación es uno de los principales componentes del ciclo hidrológico, siendo la responsable de devolver la mayor parte del agua que se recicla en el planeta (14).

2.1.3. Temperatura

Con la temperatura es la medida de energía calorífica del aire en un momento y lugar determinado. Se puede medir en grados Celsius °C y también en grados Fahrenheit °F (15). Donde la temperatura ambiente es el factor principal que afecta negativamente la producción, seguida, en orden de importancia, por la radiación solar, la humedad del aire y el viento (16).

2.1.4. Riesgo Climático.

Está determinado por la interacción de tres factores: el peligro o amenaza, la vulnerabilidad y la exposición. La comprensión precisa de estos factores determina una adaptación segura, con prácticas y estrategias adecuadas de suceso (17).

2.1.5. Agroclimático.

La Agroclimatología permite establecer una relación entre fenómenos del clima y la agricultura, prediciendo el comportamiento de variables climatológicas y sus efectos en la producción agrícola y facilitando el proceso de toma de decisiones en el sector y resolución de problemas como el desarrollo y crecimiento de los cultivos, el manejo de los planes calendarios de riesgo, las condiciones de estrés hídrico, entre otros (18).

2.1.6. Cambio Climático.

El cambio climático hace referencia a los continuos cambios en cuanto a las condiciones medias climáticas expresadas en la modificación, permanente o significativa, de la variabilidad alrededor de los datos promedios atmosféricos a grandes escalas de tiempo, a causa de procesos naturales o forzamientos externos como los cambios provocados en la composición de la atmósfera como consecuencia de actividades humanas (19)

2.1.7. Calentamiento Global.

El calentamiento global es el aumento gradual y problemático de las temperaturas del planeta. Ello es causado sobre todo por los gases de efecto invernadero como el gas carbónico, el metano y el vapor de agua, entre otros. La actividad humana y el hiperconsumo han hecho que los expertos prendan las alarmas frente a lo que sería una catástrofe mundial (20)

2.1.8. Amenaza de cultivos.

El sector agroalimentario está experimentando en los últimos años cambios sin precedentes. Nos encontramos ante un escenario de incremento constante de la población mundial, con la consecuente necesidad de producir más alimentos, pero con una menor disponibilidad de suelo agrícola y bajo la amenaza de la emergencia climática, donde a su vez, la producción presente y futura de alimentos deberá ser más sostenible (21).

2.1.9. Evapotranspiración.

La evapotranspiración es uno de los procesos más significativos en la estimación del balance energético de una superficie, ya que es un factor clave en el intercambio de energía y agua entre la superficie de la Tierra y la atmósfera (22).

Gracias a este proceso de la evapotranspiración, se dispersa la mayor parte del calor generado como consecuencia de la radiación solar ya que es una variable que vincula el ciclo del agua, el ciclo de energía y el ciclo del carbono, que a través de una cuantificación precisa, puede contribuir a una mejor gestión de los recursos hídricos y mejorar la previsión y mitigación del cambio climático.

2.1.10. Evaporación.

Los resultados revelan que el vapor de agua estratosférico ha sido un importante promotor del cambio climático global ya que la evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua y se retira de la superficie en vapor. El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada (23).

2.1.11. Transpiración.

Las temperaturas más altas suelen contener una mayor transpiración que en conjunto con la evaporación ayudan a prevenir la vulnerabilidad climática. La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. (23). La transpiración le permite a la planta enfriarse y no quemarse por el calor del sol, lo que es importante para la agricultura.

2.1.12. Escenarios Climáticos.

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), los escenarios son descripciones coherentes y consistentes de cómo el sistema climático de la Tierra puede cambiar en el futuro. Es, además, una representación probabilística que indica cómo se comportará posiblemente el clima en una región, durante una cierta cantidad de años, tomando en cuenta datos históricos y usando modelos matemáticos de proyección, generalmente para precipitación y temperatura (24).

2.1.12.1. Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP).

Éstas buscan incorporar las dimensiones del cambio social esperado que podrían afectar tanto los niveles de emisiones como la adaptación al cambio climático. Históricamente, la comunidad científica ha utilizado escenarios de cambios globales futuros con objeto de entender el impacto de las fuerzas motoras de las emisiones de GEI para poder estimar los efectos potenciales de estas emisiones y sus consecuencias en el incremento de la temperatura (25).

2.1.12.2. Modelos de escenario de cambio climático MIROC-ES2L.

MIROC-ES2L, Sistema de la Tierra para simulaciones a largo plazo, es un modelo climático de última generación como núcleo físico. Este modelo incorpora un componente biogeoquímico terrestre con una interacción explícita de carbono y nitrógeno para tener en cuenta el control de los nutrientes del suelo sobre el crecimiento de las plantas y el sumidero de carbono terrestre (26).

2.1.12.3. Escenario Climático de sostenibilidad SSP1.

El escenario SSP1 representa un mundo que apunta al crecimiento verde (desarrollo sostenible). Aunque la política climática no está implementada en el escenario de referencia SSP1, los desarrollos del escenario con respecto a la tecnología y la gobernanza implican que la adaptación y mitigación al cambio climático es relativamente fácil (27).

2.1.12.4. Escenario climático de combustible fósil SSP 5.

SSP5 se caracteriza por altos desafíos socioeconómicos para la mitigación y bajos desafíos socioeconómicos para la adaptación (28).

2.1.13. Vulnerabilidad.

Considera la propensión de elementos expuestos como las personas, sus medios de vida y bienes a sufrir efectos adversos frente a un evento de peligro. Incluyendo los conceptos de sensibilidad y la falta de capacidad de adaptación (17).

2.1.14. Adaptación.

El IPCC ha dejado constancia en su quinto informe que la educación es una de las acciones fundamentales para la adaptación de la sociedad al cambio climático ya que, según indica, una sociedad mejor formada sobre estas cuestiones será más segura ante las consecuencias del actual proceso de calentamiento planetario (29).

2.1.15. Mitigación al cambio climático.

En el contexto de cambio climático, la mitigación se refiere a la intervención humana para reducir las fuentes que producen los gases de efecto invernadero, o aumentar los sumideros para remover el dióxido de carbono de la atmósfera (30).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

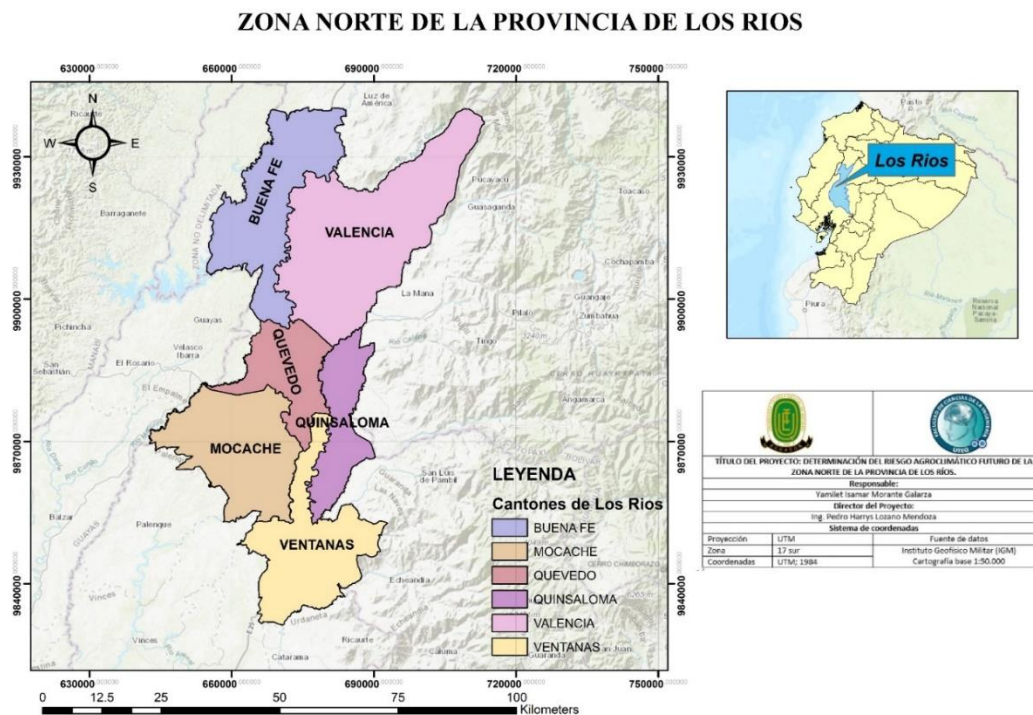
3.1. Localización.

Ecuador es un país que está localizado en el noroeste de Sudamérica. Los límites de Ecuador son: al norte Colombia, al este y al sur Perú y al oeste el Océano Pacífico. Las islas Galápagos también son parte del territorio ecuatoriano y están localizadas en el océano pacifico, a 965 km de la costa ecuatoriana. El país está en la línea del ecuador y la superficie total es de 256 370 km². Está dividido en cuatro regiones naturales: la costa, que está localizada en la parte oeste, la sierra que está en la parte central de Los Andes, el Oriente o región Amazónica que esta al este de Los Andes y la región Insular o Islas Galápagos que son de origen volcánico (31).

Por consiguiente la investigación se realizó en la zona norte de la provincia Los Ríos. Integrando los cantones como lo son Buena Fé, Mocache, Quevedo, Quinsaloma, Valencia, Ventanas, en la actualidad la Provincia Los Ríos tiene una extensión aproximada de 7.256 km² y limita al norte con Pichincha , al sur y al oeste con Guayas, y al este con Bolívar y Cotopaxi.

Figura N° 1

Mapa de ubicación de la zona norte de la provincia Los Ríos.



Fuente: (IGM) Instituto Geofísico Militar
Elaborado: Autora, (2022)

3.2. Tipo de investigación.

Con base a la revisión bibliográfica de la temática propuesta en la presente investigación, se desarrolló una investigación exploratoria.

3.2.2. Investigación Diagnóstica.

La investigación diagnóstica se empleó para identificar la problemática que se vive en la provincia Los Ríos, por el cambio climático. Mediante el repositorio de WordClim para evaluar las amenazas climáticas, y el conocimiento que tiene sobre los efectos del cambio climático y su predisposición para actuar frente problemas ambientales que se dan en el sector agrícola.

3.2.2. Investigación Exploratoria.

Se aplicó con el propósito de recopilar información bibliográfica pertinente de varias fuentes confiables y priorizar los aspectos más relevantes para conocer y analizar un poco más acerca el cambio climático y su influencia sobre la distribución geográfica de la zona norte de la provincia Los Ríos, siendo uno de los problemas que afectan gravemente a todo un país, aún más cuando esta problemática no ha tenido suficiente atención por la población y autoridades.

3.3. Métodos de investigación.

3.3.1. Método inductivo.

Con el método inductivo se realizó la investigación bibliográfica referente a cada uno de los cantones de la zona norte, desarrollando el planteamiento del problema y un análisis general de la condición actual del impacto que genera el cambio climático y de qué manera lograr posibles medidas de adaptación a futuro, adquiriendo en el proyecto de investigación las conclusiones generales de las consecuencias como es el calentamiento global.

3.3.2. Método Deductivo.

Se aplicó el método deductivo en la investigación, desarrollando la información recopilada de estudios similares, en la que ayudaría a determinar el riesgo agroclimático

en la zona norte de la provincia Los Ríos, aplicando los escenarios climáticos pertinentes para alcanzar los resultados deseados.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

Se utilizaron las siguientes fuentes de recopilación de información:

✓ Fuente primaria.

Mediante los modelos climáticos obtenidos del repositorio de Wordclim se logró obtener los datos climáticos, donde sirvió para verificar los resultados de la investigación.

✓ Fuentes secundarias.

Se generó información de libros, artículos científicos, informes, revistas, datos de Wordclim, tesis, entre otros.

3.5. Instrumentos de investigación.

La información documentada se basó por las fuentes:

- Artículos científicos
- WordClim
- Revistas Científicas
- Tesis Doctorales
- Documentos Normativos
- Documentos de Sitio Web
- Informes

3.6. Tratamiento de datos.

A partir de la identificación de WordClim se procesaron mediante ArcMap, donde se obtuvieron diferentes datos del modelo MIROC-ES2L, los cuales fueron sometidos al cálculo de la evapotranspiración. Donde se confirmó la vulnerabilidad agroclimática en la zona norte de la Provincia Los Ríos. Los datos también se utilizaron para crear la tabla de medidas de adaptación para mitigar el riesgo agroclimático.

3.7. Recursos humanos y materiales.

3.7.1. Recursos humanos

- Docentes
- Estudiantes

3.7.2. Materiales.

3.7.2.1. Materiales tecnológicos

- Computadora

3.7.2.2. Software

- Microsoft Office
- Software ArcMap 10.5 se utilizó para las distintas presentaciones de los resultados y conversiones de archivo, y que es completo informático que posee herramientas avanzadas de análisis, y tratamiento de datos.
- El Software Wordclim se utilizó para la obtención de la base de datos meteorológicos y climáticos globales de alta resolución espacial. Donde se utilizaron para el mapeo y el modelado espacial.

3.8. Diseño de la investigación.

El desarrollo de la presente investigación se planteó objetivos, para alcanzarlos se realizó varias actividades para conseguir la determinación del efecto de riesgo agroclimático producido en la zona norte de la provincia Los Ríos.

3.8.1. Objetivo 1: Estimación de amenazas climáticas futuras en la zona de estudio.

En el objetivo propuesto, se realizó la identificación de cambios en los parámetros del clima que se han presentado a lo largo del tiempo, donde se identificó por medio de los modelos climáticos, los cuales se encuentran en diferentes resoluciones espaciales y en formatos raster en el repositorio de Worldclim, es decir una matriz de datos georreferenciados, en estos modelos climáticos se han generado capas del pasado y

futuro para así evaluar las amenazas futuras que se pudieran dar en la zona de estudio en los cultivos en el futuro (32).

Worldclim provee predicciones climáticas globales para modelos ecológicos y sistemas de información geográfica (GIS). Las capas se generaron mediante la interpolación de las predicciones climáticas mensuales, a medio promedio utilizando datos de acercamiento de una gran escala de fuentes (GHCN, FAOCLIM 2.0, OMM, CIAT, R-HYDRONET, GSOD, LST, SRTM, STOPO30).

La validación espacial es de 30 segundos de arco, esto es próximo a más o menos $0,86 \text{ km}^2$ en el Ecuador y comúnmente se conoce como validación espacial de 1 km^2 . Incluye la temperatura mensual (mínima, máxima y media), precipitación, radiación solar, obstrucción de vapor, y 19 variables bioclimáticas, agregadas en una categoría breve indeterminada de 1970-2000, utilizando datos de entre 9000 y 60000 estaciones meteorológicas (33).

3.8.2. Objetivo 2: Vulnerabilidad agroclimática en la zona norte de la provincia Los Ríos.

Para determinar el segundo objetivo, que está basado en la vulnerabilidad agroclimática de la zona norte de la provincia Los Ríos. Se utilizaron variables climáticas como precipitación, temperatura (media- mínima- y máxima), brillo solar, velocidad del viento y radiación solar, los cuales son datos de estaciones climáticas que se calculan a nivel raster, usando el método de geoestadístico de ponderación inversa (IDW) para la interpolación de la variable de precipitación y también la aplicación de la metodología de ajuste de temperaturas teniendo en cuenta el gradiente altitudinal. Una vez obtenidos los datos de los periodos se procedió con el cálculo de la evapotranspiración haciendo el uso de mapas, es decir, que se calculó la evapotranspiración (ETo) aplicando el modelo de Thornthwaite.

3.8.2.1. Método de Thornthwaite

Thornthwaite introdujo el término evapotranspiración potencial (ETP) para expresar la cantidad de agua que perderá una superficie completamente cubierta de vegetación en crecimiento activo si en todo momento existe en el suelo, humedad suficiente para su uso máximo por las plantas (34).

Thornthwaite comprobó que la evapotranspiración era proporcional a la temperatura media afectada de un coeficiente exponencial, a.

Se propone la fórmula:

$$e = 16 \times \left(10 \frac{t}{I}\right)^a$$

e : evapotranspiración mensual sin ajustar en mm (mm/mes)

tm : temperatura media mensual en °C

I: índice de calor anual

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j = i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

Este calcula un índice de calor mensual (i) a partir de las temperaturas medias diarias del aire, según la fórmula:

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

Obteniendo el índice de calor anual (I) como la suma de los doce valores del índice de calor mensual para meses teóricos de 30 días y 12 horas diarias de sol.

A partir de estos datos propone la siguiente fórmula:

$$ETP = 1,6 \left(10 \frac{t}{I}\right)^a$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial mensual no corregida en mm/día

t = Temperatura media mensual en °C

I = Índice de calor anual

a = Función compleja de I igual a

$$675 \times 10^{-9} I^3 - 771 \times 10^{-7} I^2 + 1.972 \times 10^{-5} I + 0,49239^3$$

Los valores de la ETP obtenidos han de corregirse en función de la duración del mes y el número de horas de insolación teórica, variables en relación con la latitud en que se encuentra la estación meteorológica que ha suministrado los datos (35).

3.8.2.2. Cálculo de la evapotranspiración por el método de Thornthwaite.

Para el cálculo de la evapotranspiración se utilizó diversos métodos de los cuales destacamos los de Blaney - Criddle, Turc, Penman y Thornthwaite, basados en el empleo de fórmulas que relacionan la evapotranspiración potencial (ETP) con factores climáticos de diferente grado de dificultad en su obtención de temperatura, precipitación, etc. Y otros como del tipo de cultivo, clases de suelo, agua disponible, rendimiento de las cosechas, etc.

El método de Thornthwaite, el más usado, se utilizó para el cálculo de la evapotranspiración de valores medios mensuales de temperatura y precipitación difuminando así las lluvias que se producen en corto espacio de tiempo y que, sin embargo, contribuyen en gran medida a la vulnerabilidad agroclimática (35).

3.8.3. Objetivo 3: Diseño de medidas de adaptación agroclimáticas en la zona norte de la provincia Los Ríos.

El cambio climático está presente hoy en día, un tema necesario en las preocupaciones de todo individuo responsable y en la agenda diaria de cualquier gobierno. Las medidas para revertir la contaminación han de iniciar con un aprendizaje consolidado al respecto y un mayor esfuerzo político, La asociación científica ha transmitido la voz de inquietud por lo cual ya es época de actuar (36).

Una vez identificado el riesgo agroclimático que se da por la influencia del cambio climático en la zona norte de la provincia Los Ríos, se propuso medidas de adaptación para prevenir y recuperarse frente a la variabilidad climática. Para así obtener cultivos de alta calidad y agricultores capacitados para adaptarse a los impactos negativos del cambio climático.

En la cual se estructura en la tabla 1 medidas sugeridas, acciones estratégicas, metas, responsable, plazo, con el fin de que los agricultores conozcan las medidas de adaptación para que sean implementadas en su proceso de producción.






Tabla 1*Propuesta de medidas de adaptación agroclimáticas*

N°	Medidas sugeridas	Indicador	Acciones estratégicas	Metas	Responsable	Plazo	Grado de prioridad		
							Alto	Medio	Bajo
1									
2									
3									

*Elaborado por: Autora, (2022)***3.8.3.1. Evaluación del Riesgo Agroclimático.**

Las amenazas climáticas y los niveles de exposición, el grado de vulnerabilidad se lo calcula únicamente para las condiciones de sensibilidad y capacidad de adaptación actuales como se muestra en la tabla 2 (37).

Tabla 2*Matriz de semáforo*

Categoría	Semáforo
Muy baja	
Baja	
Moderado	
Alta	
Muy Alta	

Elaborado por: Autora, (2022)

En la **tabla 3** se muestra el grado de exposición en el que se encuentran los cantones de la zona norte de la zona de estudio.

Tabla 3:*Grado de exposición del riesgo agroclimático de la zona norte de la provincia Los Ríos en los escenarios SSP1 y SSP 5.*

Cantones de la zona norte	Precipitación		Temperatura Máxima.		Temperatura Min.		Grado de exposición	Categoría
	SSP1	SSP 5	SSP1	SSP 5	SSP1	SSP 5		

Buena fe								
Valencia								
Quevedo								
Mocache								
Quinsaloma								
Ventanas								

Elaborado por: Autora

En la **tabla 4** se muestra el grado de exposición evapotranspiración según de los cantones de la zona norte de la provincia Los Ríos.

Tabla 4:

Grado de exposición de la Evapotranspiración de la zona norte de la provincia de Los Ríos en los escenarios SSP1 y SSP 5.

Cantones de la zona norte	EVAPOTRANSPIRACIÓN						Grado de exposición	Categoría
	Enero		Mayo		Septiembre			
	SSP1	SSP 5	SSP1	SSP 5	SSP1	SSP 5		
Buena fe								
Valencia								
Quevedo								
Mocache								
Quinsaloma								
Ventanas								

Elaborado por: Autora

Ecuador tiene un clima tropical y puede ser muy variable en el mismo día, en invierno de diciembre a mayo, una estación caliente (23-30 ° C) con nubes. Durante este período, la temperatura del agua puede llegar a 27 ° C. y en verano, de junio a noviembre es la temporada seca, con temperaturas más frescas, una temporada de frío (19-26 ° C) y bastante seca, la temperatura del agua puede bajar a 21 ° C (38).

3.8.3.2. Ponderación de las variables de vulnerabilidad.

Para el análisis de sensibilidad para la implementación de medidas de adaptación se obtuvo información del INAMHI en la página del SUIA de la caja de herramientas del

ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, lo que permitió considerar el siguiente criterio el cual se muestra en la **tabla 5**.

Tabla 5:

Análisis para las medidas de adaptación

SÍMBOLO	CATEGORÍA	INTERPRETACIÓN
<p>Depende de las características propias del elemento expuesto que lo vuelven susceptible frente a amenazas climáticas.</p> <p>Puede ser más pronunciada cuando las consecuencias de la amenaza climática afectan a un recurso clave para alcanzar el objetivo del proyecto.</p> <p>Puede verse acentuada por “presiones no climáticas” (ambientales, sociales, políticas o económicas) que un determinado elemento expuesto enfrente, mismas que pueden identificarse durante la fase de diagnóstico del PDOT.</p>	1. MUY BAJA	El elemento expuesto es muy poco susceptible a presentar daños frente a la amenaza climática, permitiendo la normal operación del programa/proyecto.
	2. BAJA	El elemento expuesto es poco susceptible a presentar daños frente a la amenaza climática, permitiendo que el programa/proyecto opere con relativa normalidad.
	3. MODERADA	El elemento expuesto es medianamente susceptible a presentar daños frente a la amenaza climática, limitando la normal operación del programa/proyecto.
	4. ALTA	El elemento expuesto es altamente susceptible a presentar daños frente a la amenaza climática, provocando cierres temporales pero frecuentes del programa/proyecto.
	5. MUY ALTA	El elemento expuesto tiene una susceptibilidad muy alta a presentar daños frente a la amenaza climática, provocando cierres permanentes de los programas/proyectos.

Fuente: Sistema Único de Información ambiental – SUIA (2019).

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados del riesgo agroclimático, bajo escenarios de cambio climático futuros, luego de cumplir con los requisitos establecidos en este estudio.

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Estimación de las amenazas climáticas futuras en la zona de estudio.

4.1.1.1. Obtención de los datos por medio del repositorio Wordclim.

La obtención de datos climáticos fue por medio de Wordclim, que es un repositorio con variables climáticas, abierto y libre, que permitió un desarrollo exponencial del trabajo sobre biogeografía, macroecología y cambio climático en los últimos 10 años. Wordclim también dispone de capas SIG con información sobre las mismas variables climáticas en el pasado y futuro (39).

Wordclim 2.0 ofrece datos climáticos, máximos, mínimos y medias para valores de temperatura y precipitación. El total de 7 variables se encuentran segmentados por meses y bajo cuatro niveles de resolución espacial que van de tamaños de píxel de 1 kilómetro, hasta aproximadamente 340 kilómetros (40).

El cual proporcionó las amenazas futuras en periodos del 2020-2040, periodos más cercanos al que podemos vivir, a escenarios SSP1 (Sostenibilidad) y SSP5 (Combustibles Fósiles) con el modelo MIROC-ES2L, donde se identificó las variables de precipitación, temperatura máxima, y mínima, que ocurren en el medio circundante o área de estudio.

En la **figura 2**, muestra el análisis de la precipitación en la zona norte de la provincia Los Ríos, según el escenario SSP1, refleja una variación con una precipitación baja de 313 mm y alta de 465 mm, que se representa por el color naranja a elementos altamente susceptibles a daños climáticos en los cantones de Buena Fé, Valencia, mientras que el color amarillo en los cantones Quevedo, Quinsaloma, Ventanas están medianamente susceptible para las amenazas debido a lluvias moderadas en estos cantones, dado que a los límites de los cantones Mocache y Ventanas se muestran temperaturas muy frías ya que la precipitación varía con fuertes oscilaciones en el tiempo.

PRECIPITACIÓN SSP1 ZONA NORTE LOS RÍOS

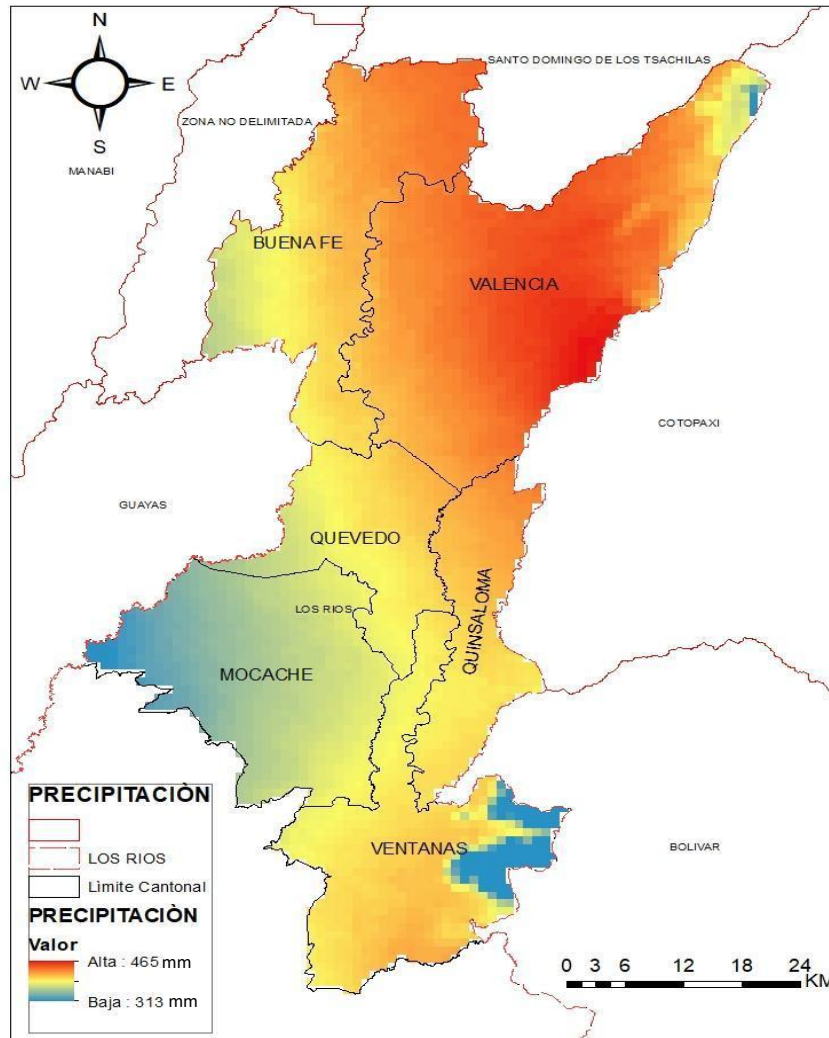


Figura N° 2. Precipitación del escenario SSP1 del período 2020-2040 de la zona norte provincia Los Ríos

Fuente: CMIP (Proyecto intercomparación de modelos acoplados).

Elaborado: Autora, (2022)

La **figura 3**, muestra la temperatura máxima del escenario SSP1 que representa un desarrollo sostenible, con categorías claramente diferenciadas, donde se evidencia una muy alta temperatura en el área del cantón Ventanas, mientras que en los cantones Mocache, Quevedo, Quinsaloma, se encuentran expuestos a una temperatura máxima con daños medianamente susceptibles debido a las caídas de temperaturas como el frío, con valores de temperatura alta de 31.3 y baja de 20,7.

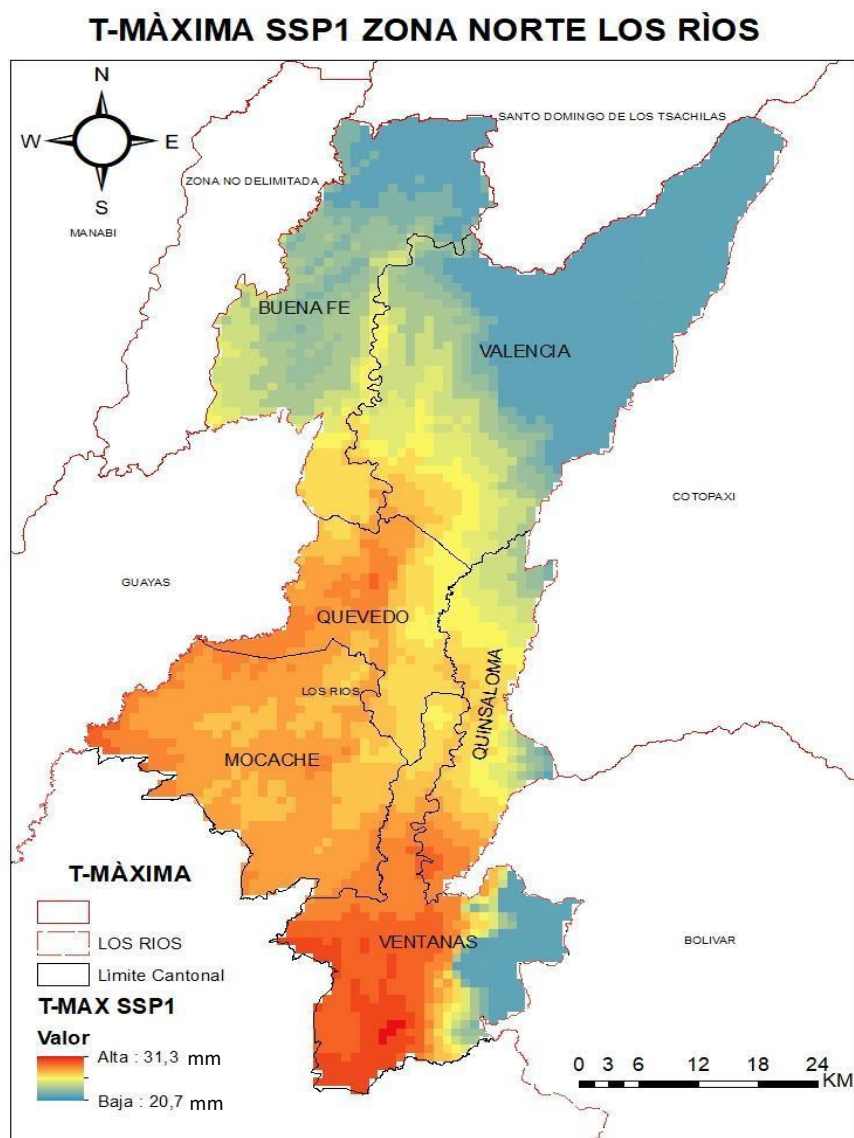


Figura N° 3. Temperatura Máxima del escenario SSP1 del período 2020-2040 de la zona norte provincia Los Ríos.

Fuente: CMIP (Proyecto intercomparación de modelos acoplados).

Elaborado: Autora, (2022)

En la **Figura 4**, indica la combinación de valores de temperaturas mínima en el escenario climático SSP1, que identifica una temperatura baja de 13,6 en gran parte de los cantones de Valencia y Ventanas, a diferencia de los cantones Buena Fé, Quevedo, Quinsaloma, con una temperatura moderada, y una muy alta temperatura de 22,4 en los límites de los cantones de Ventanas y Mocache.

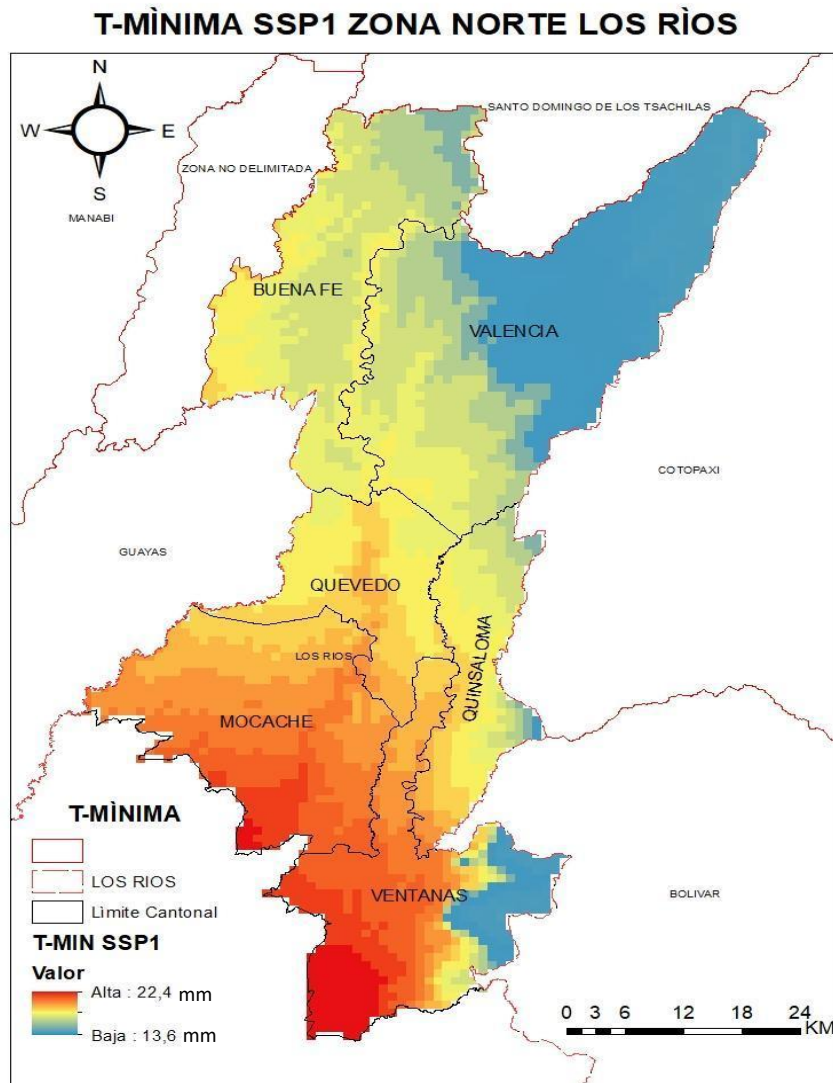


Figura N° 2. *Temperatura mínima del escenario SSP1 del período 2020-2040 de la zona norte provincia Los Ríos.*

Fuente: CMIP (*Proyecto intercomparación de modelos acoplados*).

Elaborado: Autora, (2022)

La **figura 5**, muestra la precipitación del escenario SSP5, que representa un futuro con una trayectoria de desarrollo insostenible con una frecuencia alta de 449 mm en el cantón de Valencia, y cierta parte del cantón Buena Fé, donde la precipitación empieza a disminuir notándose con un valor de 304 mm en los cantones de Quevedo, Mocache, Quinsaloma y Ventanas.

PRECIPITACIÓN SSP5 ZONA NORTE LOS RÍOS

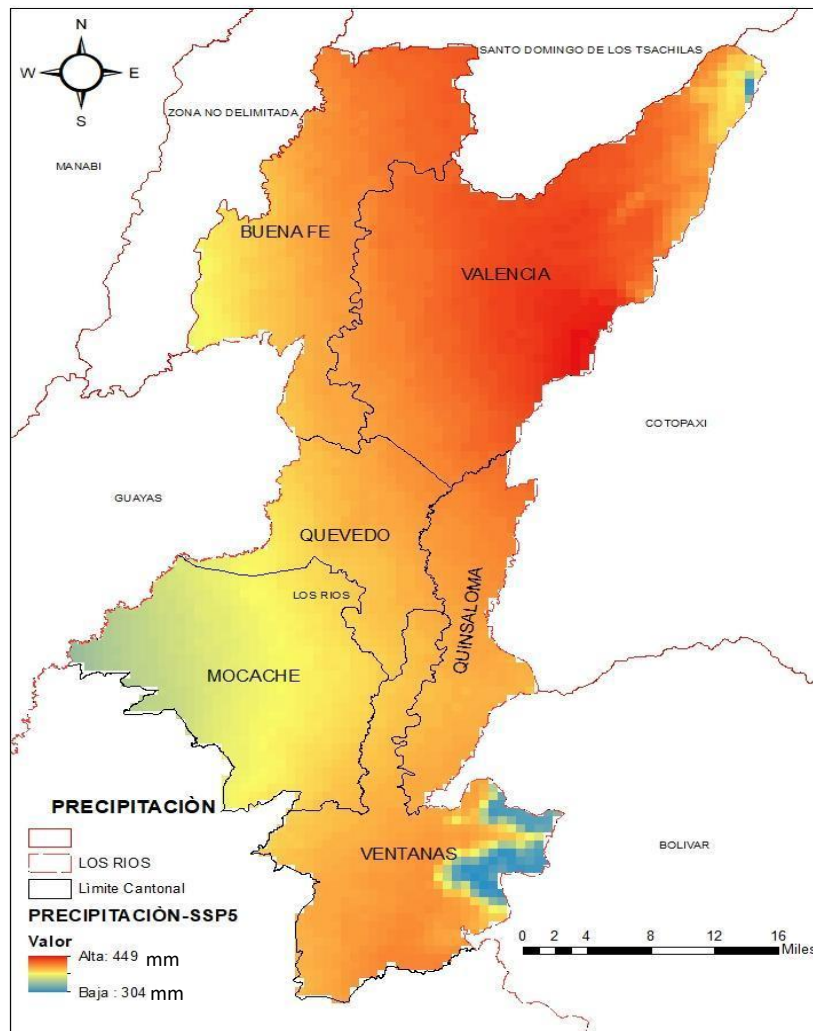


Figura N° 3. Precipitación del escenario SSP5 del período 2020-2040 de la zona norte provincia Los Ríos.

Fuente: CMIP (Proyecto intercomparación de modelos acoplados).

Elaborado: Autora, (2022)

La **figura 6**, se puede observar la temperatura máxima del escenario SSP5, ubicándose entre los valores más altos los cantones Mocache, Quinsaloma, Quevedo, Buena Fé y cierta parte de los cantones Ventanas y Valencia con temperatura de 31,2, y los que destacan un temperatura baja de 20,5 los cantones Valencia y Ventanas debido a que limita con la provincia de Bolívar y Santo Domingo de los Tsáchilas por ser zonas climáticas con un clima tropical.

T-MÀXIMA SSP5 ZONA NORTE LOS RÍOS

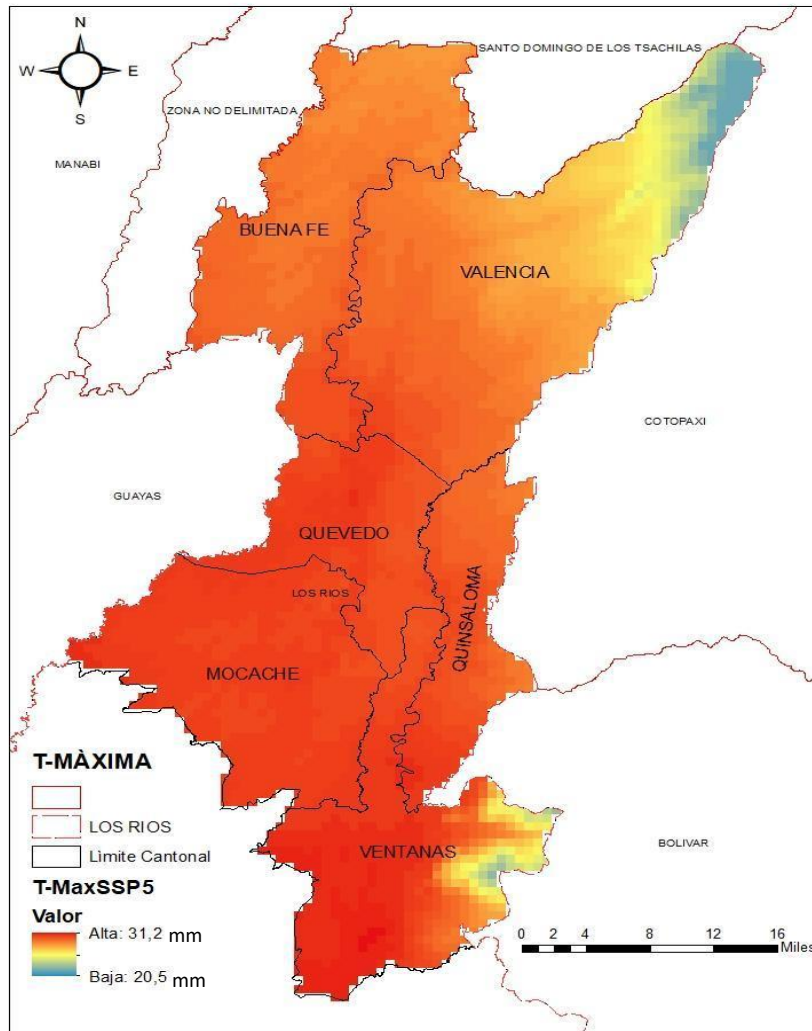


Figura N° 4. Temperatura Máxima del escenario SSP5 del período 2020-2040 de la zona norte provincia Los Ríos.

Fuente: CMIP (Proyecto intercomparación de modelos acoplados).

Elaborado: Autora, (2022)

La **figura 7**, indica una temperatura mínima medianamente susceptible en los límites de los cantones Valencia y Ventanas con un valor bajo de 13,7, mientras que en los cantones Buena Fé, Quevedo, Quinsaloma, Mocache y Ventanas con una temperatura alta de 22,4 lo cuales están expuestos a presentar daños frecuentes en el clima.

T-MÍNIMA SSP5 ZONA NORTE LOS RÍOS

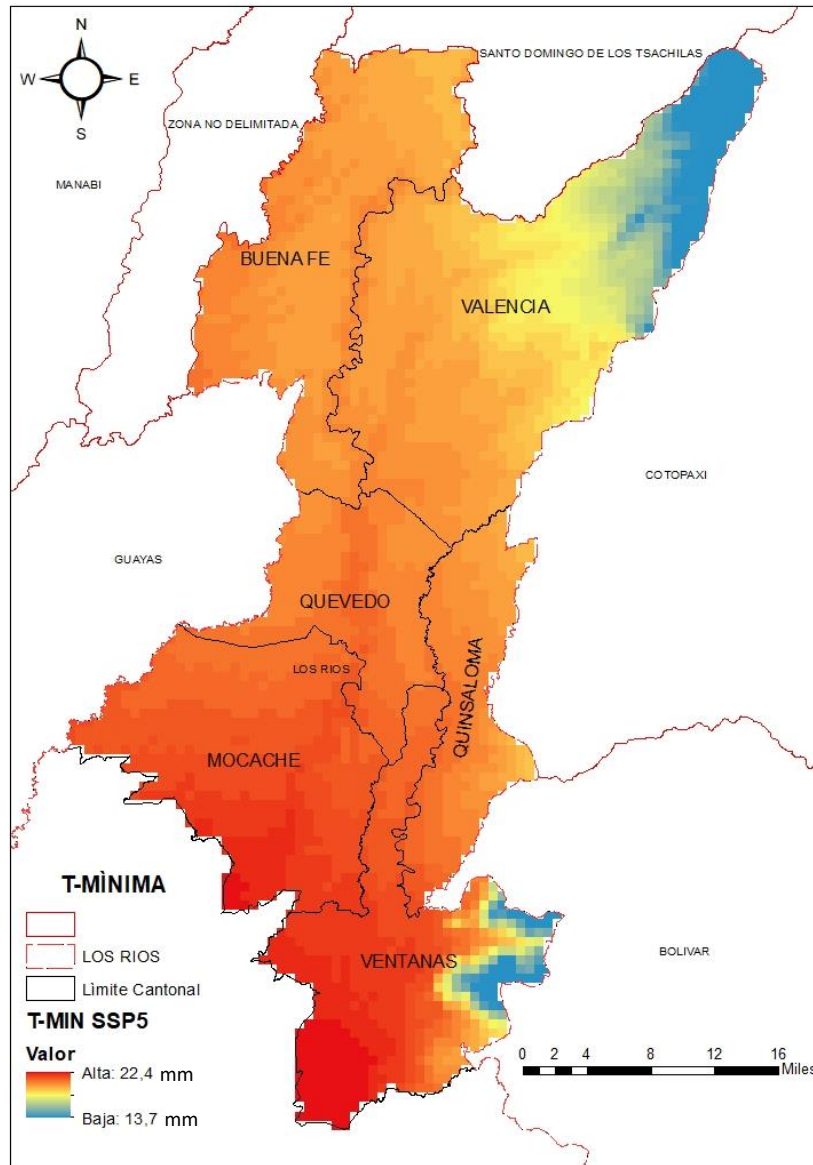


Figura N° 5. Temperatura mínima del escenario SSP5 del período 2020-2040 de la zona norte provincia Los Ríos.

Fuente: CMIP (Proyecto intercomparación de modelos acoplados).

Elaborado: Autora, (2022)

4.2. Objetivo 2: Vulnerabilidad agroclimática en la zona norte de la provincia Los Ríos.

4.2.2. Evapotranspiración en la zona norte de la Provincia Los Ríos.

Con el método de Thornthwaite se consiguió la evapotranspiración potencial con los datos futuros. En este caso, se calculó los valores de evapotranspiración bajo dos escenarios climáticos: SSP1 y SSP5, para el periodo comprendido entre 2020 y 2040, con los meses más representativos de las estaciones de la región costa como lo son enero, mayo y septiembre, ya que la época lluviosa se inicia en diciembre y dura hasta mayo y la época seca tiene lugar entre junio y noviembre (41).

El escenario SSP1 representa una trayectoria de desarrollo sostenible y moderado, mientras tanto que el escenario SSP5 representa un futuro con una trayectoria de desarrollo insostenible y de alta emisión de gases de efecto invernadero. La comparación de los resultados de evapotranspiración bajo ambos escenarios proporcionó información valiosa sobre el clima.

La **figura 8** indica la evapotranspiración de la zona norte, correspondiente al escenario SSP1 para el periodo lluvioso del mes de enero del año 2020-2040. En general, se puede observar que la evapotranspiración en la región varía significativamente, con un valor máximo de 88,14 en los cantones Ventanas, Quevedo, Quinsaloma, Buena Fé y un valor mínimo de 55,27 en el cantón Valencia y el límite del cantón Ventanas.

Este patrón de variación muestra que existen factores locales que están deteriorando la zona de estudio. Puede ser que algunas áreas tengan una mayor disponibilidad de agua y un mayor acceso a los recursos hídricos, mientras que otras áreas están siendo limitadas.

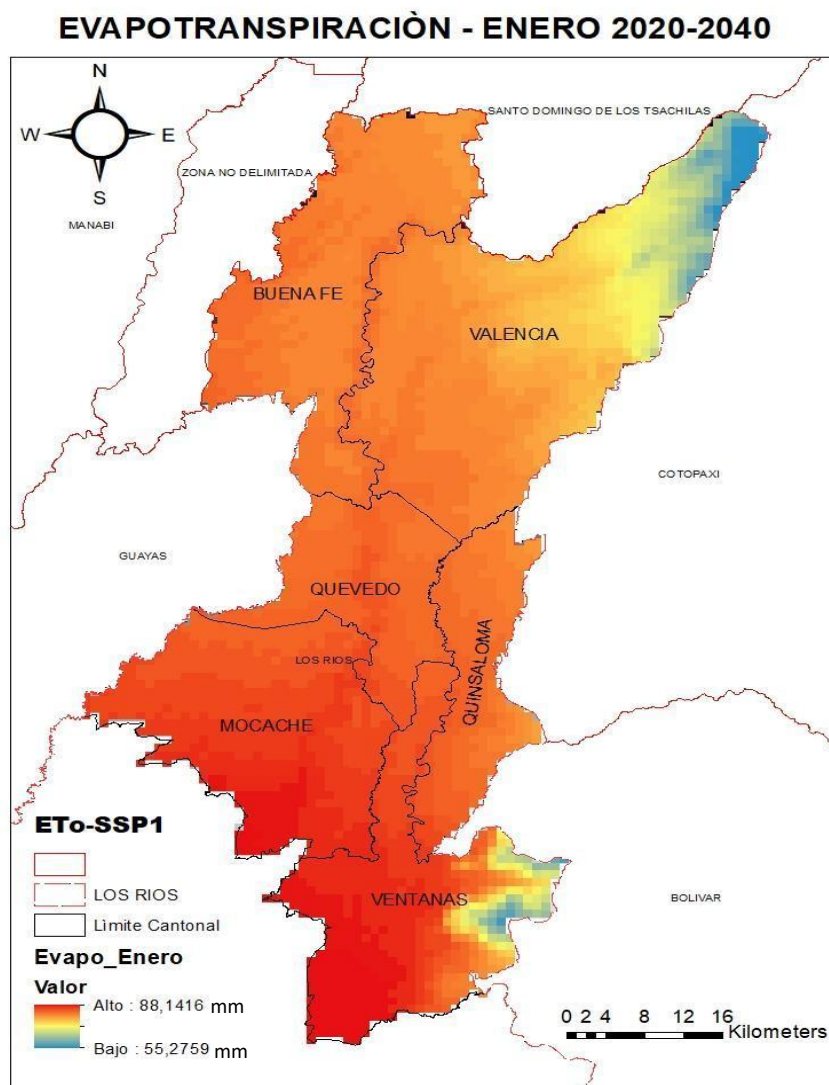


Figura N° 6 . *Evapotranspiración del escenario SSP1 del mes de enero del período 2020-2040 de la zona norte de la Provincia Los Ríos.*

Fuente: CMIP (*Proyecto intercomparación de modelos acoplados*).

Elaborado: *Autora, (2022)*

La **figura 9** muestra la evapotranspiración del mes de mayo, correspondiente al escenario SSP1 del año 2020-2040. Al igual que en el mapa anterior, se evidencia que la evapotranspiración en la región varía significativamente, con un valor máximo en los cantones Ventanas, Quevedo, Quinsaloma, Buena Fé de 88,92 y un valor mínimo de 56,11 en los cantones Valencia y parte del cantón Ventanas.

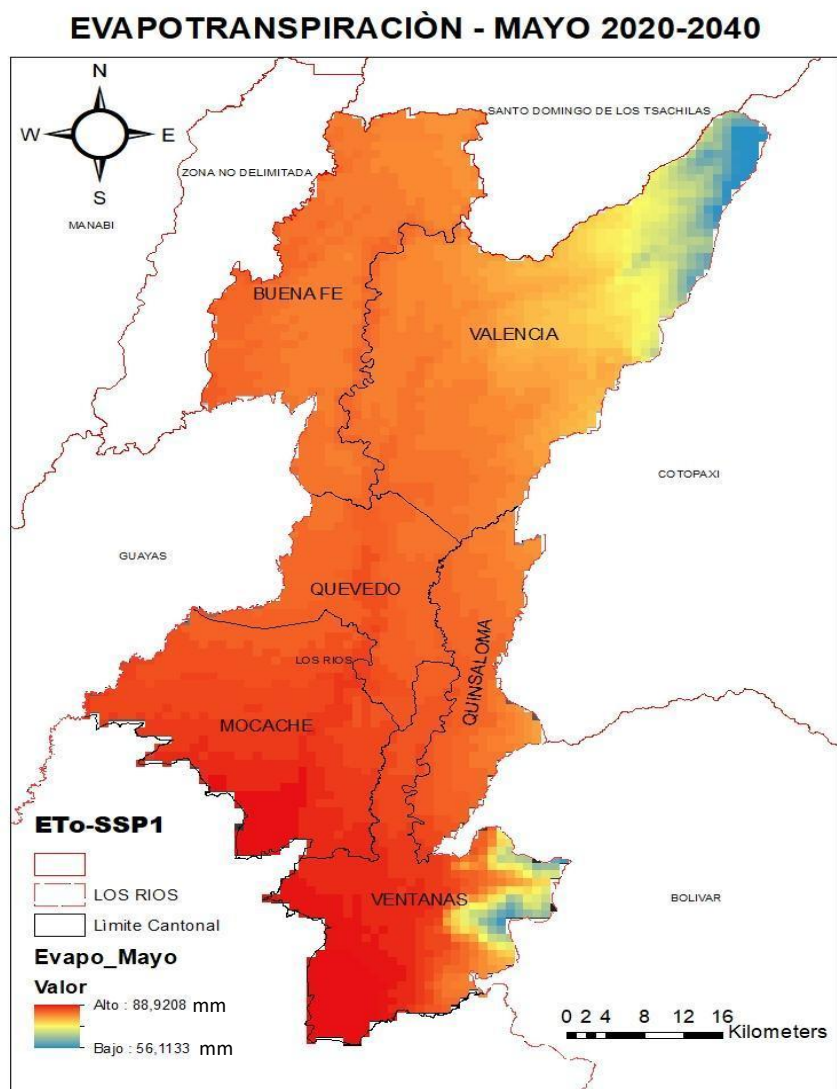


Figura N° 7. Evapotranspiración del escenario SSP1 del mes de mayo del período 2020-2040 de la zona norte de la Provincia Los Ríos.

Fuente: CMIP (Proyecto intercomparación de modelos acoplados).

Elaborado: Autora, (2022)

La **figura 10** muestra que el clima de Ecuador influye significativamente en la evapotranspiración en la zona norte de la provincia Los Ríos, y el mes de septiembre es un período crítico para comprender esta influencia.

En septiembre, Ecuador experimenta un período de transición climática, con la época seca, dando paso a la época lluviosa. Esta transición climática tiene un impacto directo en la evapotranspiración, ya que la disponibilidad de agua es un factor crítico que afecta la tasa de evapotranspiración. Durante la época seca, la evapotranspiración es más baja

debido a la falta de lluvia, mientras que durante la época lluviosa la evapotranspiración aumenta debido a la disponibilidad de agua de lluvia.

EVAPOTRANSPIRACIÓN - SEPTIEMBRE 2020-2040

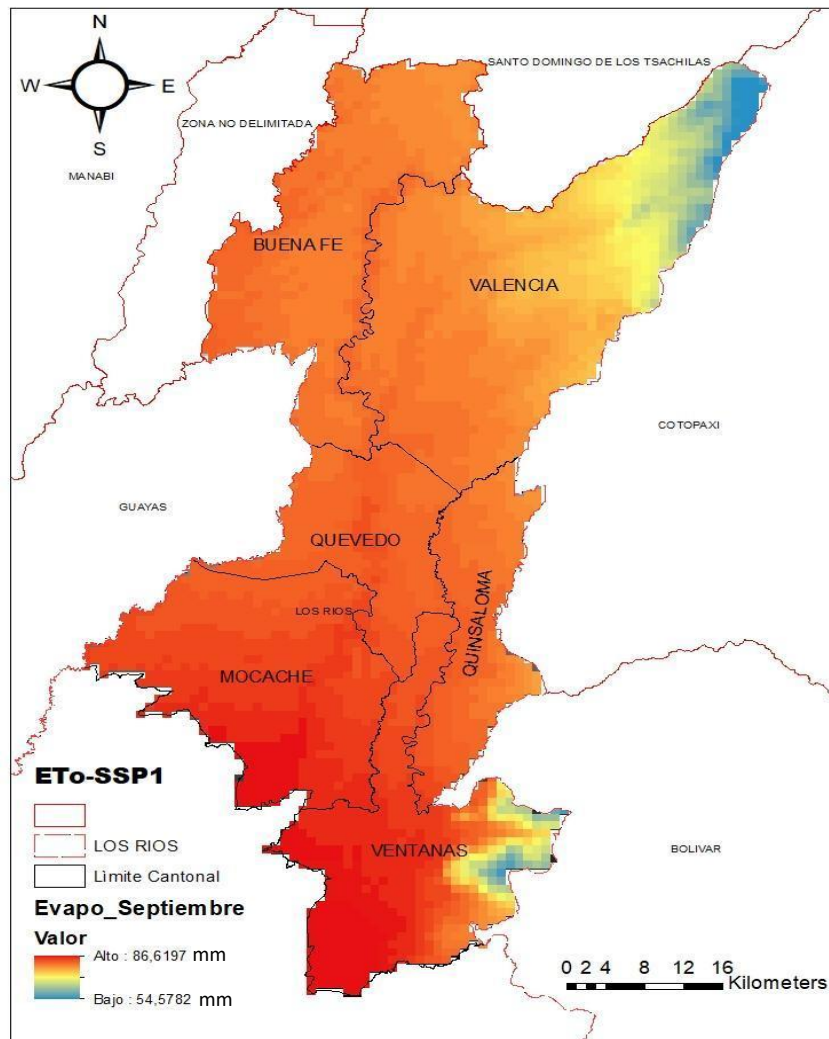


Figura N° 8 . *Evapotranspiración del escenario SSP1 del mes de septiembre del período 2020-2040 de la zona norte de la Provincia Los Ríos.*

Fuente: *CMIP (Proyecto intercomparación de modelos acoplados).*

Elaborado: *Autora, (2022)*

En la **figura 11**, muestra una investigación del escenario SSP5 del año 2020-2040, donde el clima en el mes de enero es cálido y húmedo, con temperaturas promedio que oscilan entre los 25 y 30 grados Celsius. Este clima influye en la evapotranspiración dando como resultados un valor máximo de 96,76 en los cantones de Mocache, Quinsaloma, Quevedo, Buena Fé y un valor mínimo de 61,72 en los cantones de Valencia y Ventanas. Sin

embargo, es importante tener en cuenta que factores como la temperatura, la humedad y la calidad del suelo también pueden influir en la evapotranspiración para la agricultura.

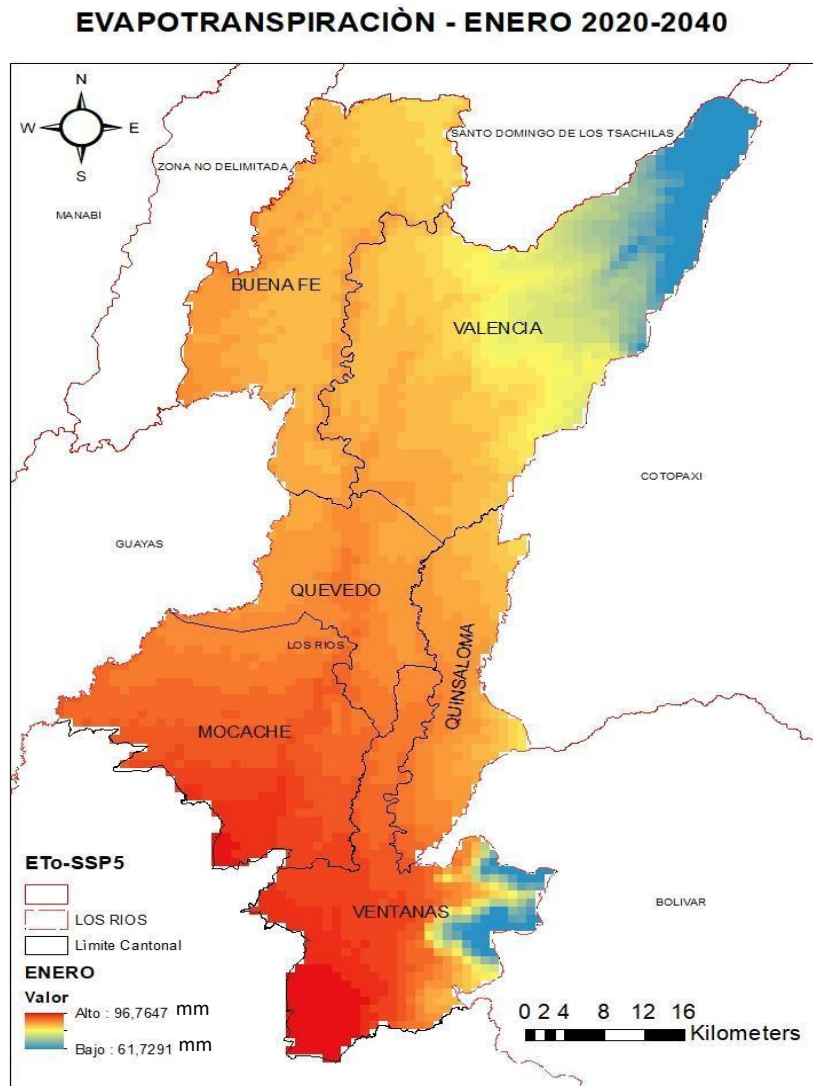


Figura N° 9. Evapotranspiración del escenario SSP5 del mes de enero del período 2020-2040 de la zona norte de la Provincia Los Ríos.

Fuente: CMIP (Proyecto intercomparación de modelos acoplados).

Elaborado: Autora, (2022)

La **figura 12**, la evapotranspiración del mes de mayo del escenario SSP5, tiene un rango de valores que van desde 62,66 hasta 97,62. El valor máximo se encuentra en una determinada área como Buena Fé, Quevedo, Mocache, Quinsaloma y sugiere que en ese lugar, las condiciones climáticas y de suelo son favorables para la transpiración y la

evaporación. Por otro lado, el valor mínimo de 62,66 indica que en zona de los cantones de Valencia y Ventanas, las condiciones son menos favorables para la evapotranspiración.

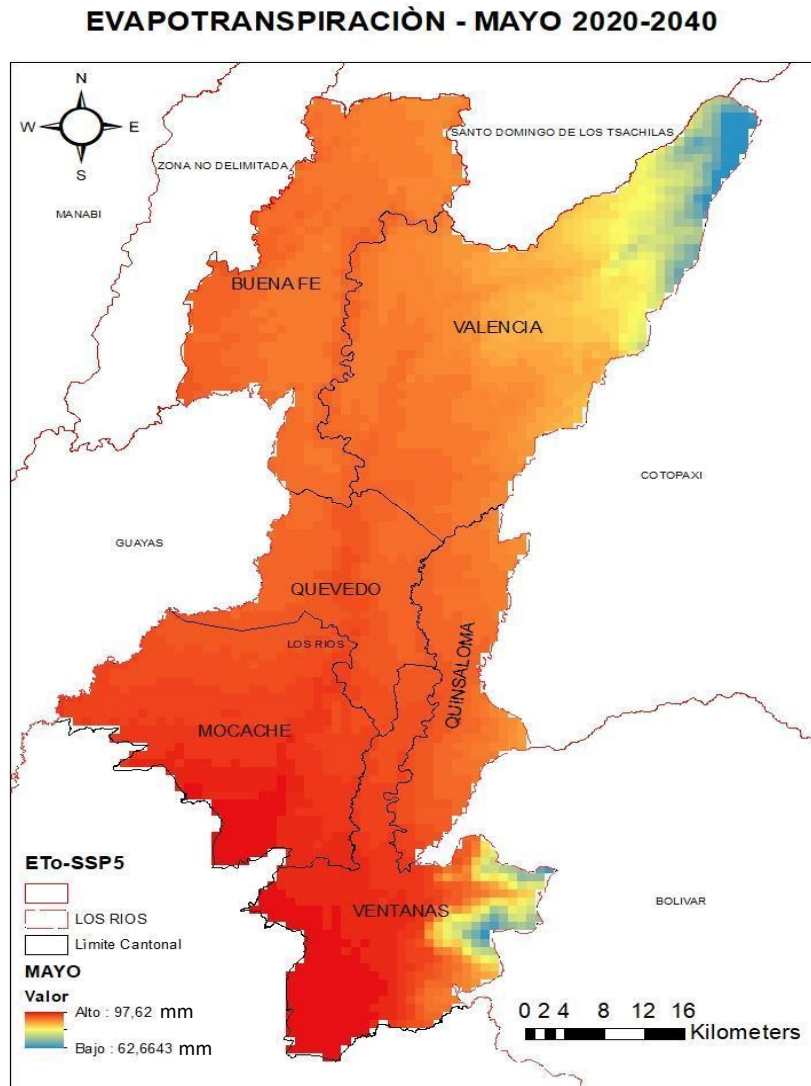


Figura N° 10 Evapotranspiración del escenario SSP5 del mes de mayo del período 2020-2040 de la zona norte de la Provincia Los Ríos.

Fuente: CMIP (Proyecto intercomparación de modelos acoplados).

Elaborado: Autora, (2022)

La **figura 13**, muestra una variación en la evapotranspiración en el mes de septiembre durante el período 2020-2040. El clima en el mes de septiembre es cálido y húmedo lo cual influye en la evapotranspiración, mostrando un valor máximo de 95,09 y un valor mínimo de vulnerabilidad de 60,95 ya que las altas temperaturas y la humedad elevada aumentan la tasa de transpiración de las plantas y, por lo tanto, la evapotranspiración total,

ayuda significativamente en la disponibilidad de agua y la productividad de los cultivos en la zona.

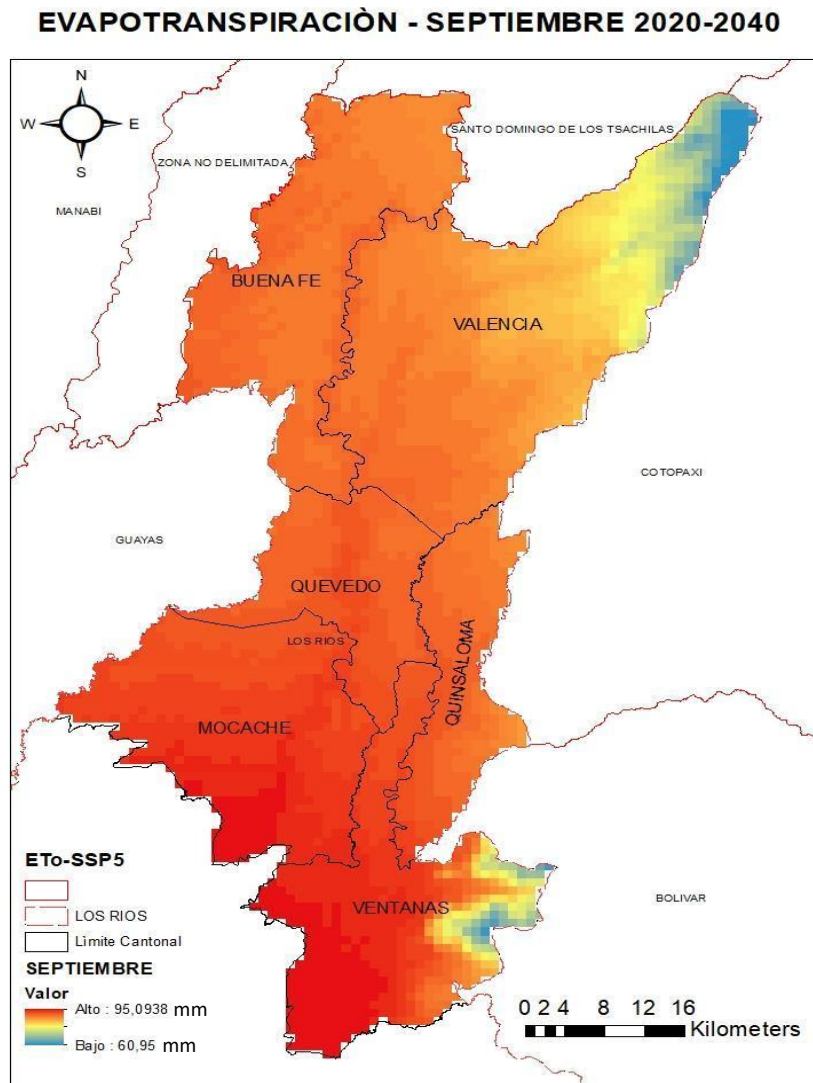


Figura N° 11 . Evapotranspiración del escenario SSP5 del mes de septiembre del período 2020-2040 de la zona norte de la Provincia Los Ríos.

Fuente: CMIP (Proyecto intercomparación de modelos acoplados).

Elaborado: Autora, (2022)

4.3. Objetivo 3: Diseño de medidas de adaptación agroclimáticas en la zona norte de la provincia Los Ríos.

4.3.1. Medidas de adaptación agroclimáticas.

Previamente al diseño de medidas de adaptación al cambio climático, a través de un proceso in-situ de análisis de amenazas e impactos del clima identificados a nivel local, se fortaleció las capacidades, con el objetivo de aumentar la resiliencia y adaptación al cambio climático, que considere una priorización de medidas para la conformación de un portafolio de proyectos piloto, para su aplicación por las instituciones responsables (42).

Las medidas de adaptación propuestas en la **tabla 6** constituyen un informe de identificación participativa de medidas de adaptación al cambio climático en la zona norte de la provincia Los Ríos. Mediante la estimación de los mapas generados con la base de datos del repositorio de Wordclim se logró identificar las amenazas, las medidas de adaptación a implementarse y los medios de vida en el área de estudio. Se definió de manera ordenada los nexos que existen entre la población y el medio ambiente, así como la planificación de las actividades en forma participativa.

Tabla 6:

Propuesta de medidas de adaptación agroclimáticas.

N	Medidas sugeridas	Indicador	Acciones estratégicas	Metas	Responsable	Plazo	Grado de prioridad		
							Alto	Medio	Bajo
1	Incorporación de composteras a base de materia orgánica al suelo.	10 capacitadores especializados en el medio ambiente y conservación del mismo, para cada cantón de la zona norte.	Implementación de compostera mediante fuentes orgánicas caseras para los cultivos en las zonas rurales.	Implementar 100 composteras en las diferentes comunidades y que el 50% de los agricultores se encuentren capacitados.	Prefectura de la Provincia de Los Ríos y GAD Municipal de cada cantón correspondiente a la zona norte.	2 años	X		
2	Programa de reducción de la contaminación y protección que afectan la zona norte.	Ejecución de un proyecto piloto en las parroquias rurales, para que luego del ejercicio	Identificar e incorporar buenas prácticas ambientales para la adaptación ante	60% de los agricultores inscritos en el programa de reducción de la contaminación,	GAD Municipales de la zona norte y/o Junta Parroquiales	1 año	X		

N	Medidas sugeridas	Indicador	Acciones estratégicas	Metas	Responsable	Plazo	Grado de prioridad		
							Alto	Medio	Bajo
		observen los resultados.	el cambio climático	así ayudará a crear conciencia sobre el ambiente.					
3	Identificar y mapear las fuentes de agua para consumo humano y uso en la agricultura.	Realizar mapas de georreferenciación, con un sistemas de coordenadas	Determinar si los nacientes de agua se encuentran en áreas protegidas.	100% de conocimiento a la población sobre las diversas fuentes de agua y la adecuada conservación con la que debe contar.		1 año		X	
4		200 nacientes de agua conservada,	Ejecutar dos jornadas de	Sembrar alrededor de 200 plantas	GAD Municipales de la zona y/o		X		

N	Medidas sugeridas	Indicador	Acciones estratégicas	Metas	Responsable	Plazo	Grado de prioridad		
							Alto	Medio	Bajo
	Reforestar ojos de agua	mediante la reforestación.	reforestación mensuales a las que se sumarán las mingas de mantenimiento con las que se recuperan los espacios públicos descuidados y en los que se trabaja con la activa participación comunitaria que se compromete a cuidar esos espacios	nativas de la zona, para los diferentes ojos de agua localizados en la zona norte de Los Ríos.	Junta Parroquiales	2 años			

N	Medidas sugeridas	Indicador	Acciones estratégicas	Metas	Responsable	Plazo	Grado de prioridad		
							Alto	Medio	Bajo
5	Diversificación de nuevos cultivos	El 50% de los cantones de la zona norte, serán reforestados con el propósito de proteger y contribuir a la estabilización y restauración de terrenos donde existen fuertes problemas de pérdida de vegetación y erosión de suelo.	Incentivar a la población hacia una agricultura diversificada por medio de las ordenanzas provinciales para la producción y el aprovechamiento sostenible.	Facilitar, mediante los gobiernos provinciales, cantonales o parroquiales, la obtención de 5000 semillas mejoradas, resistentes a las sequías.	Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y Ministerio del Ambiente, Agua y Transición ecológica (MAE)	2 años	X		
6	Adaptabilidad al cambio climático	50% de la población apoyada por parte de	Reforestar los bosques y restaurar los	Alcanzar las expectativas para mejorar	GAD Municipales de			X	

N	Medidas sugeridas	Indicador	Acciones estratégicas	Metas	Responsable	Plazo	Grado de prioridad		
							Alto	Medio	Bajo
		proyectos como contribución al aumento de su capacidad adaptativa para responder a los efectos adversos del cambio climático.	ecosistemas dañados. Diversificar los cultivos para que se adapten mejor a climas más cambiantes		la zona norte y/o Junta Parroquiales, se deberá buscar los mecanismos jurídicos de respaldo.	1 año			
7	Plan de implementación de acciones de adaptación y mitigación al cambio climático.	Desarrollar soluciones innovadoras para la prevención y gestión de catástrofes naturales.	Concientización ambiental de parte de los agricultores.	20 capacitadores para la zona norte, que inscriban a los agricultores a talleres de	Prefectura de la Provincia de Los Ríos y GAD Municipal de cada cantón correspondiente a la zona norte.	1 año		X	

N	Medidas sugeridas	Indicador	Acciones estratégicas	Metas	Responsable	Plazo	Grado de prioridad		
							Alto	Medio	Bajo
				riesgo climático					
8	Geografía de la zona norte de la Provincia de Los Ríos.	Levantamiento total fisiográfico de la zona norte de la provincia Los Ríos.	Contratar una consultoría y hacer el análisis de la superficie terrestre de manera espacial.	El 80% del suelo de la provincia Los Ríos tiene su descripción en todas sus propiedades del suelo a una escala de 5 a 10 km.	Prefectura de la Provincia de Los Ríos y GAD Municipal de cada cantón correspondiente a la zona norte.	1 año	X		
9	Realizar inventario de desastres naturales	Evaluación del riesgo y la toma de decisiones y acciones para	Identificar la causa y efecto de los eventos naturales y las	Tener conocimientos sobre las áreas más afectadas	GAD Municipales de la zona y/o Junta Parroquiales		X		

N	Medidas sugeridas	Indicador	Acciones estratégicas	Metas	Responsable	Plazo	Grado de prioridad		
							Alto	Medio	Bajo
	suscitados en los últimos 20 años en la zona norte de la Provincia Los Ríos.	mitigar el riesgo de desastres en la zona norte.	actividades humanas.	por las tormentas, inundaciones, deslizamientos, daños a la infraestructura, daños a los hogares de los productores, y tener vigente un plan de emergencia.		1 año			
10	Fortalecimiento institucional e incidencia en políticas que promuevan y	Mejoras competitivas del sector productivo e incorporen componentes de	Implementar a los agricultores acciones conjuntas y de colaboración mutua para control	Conocer la disposición del productor para establecer y manejar	Prefectura de la Provincia de Los Ríos y GAD Municipal de cada cantón		X		

N	Medidas sugeridas	Indicador	Acciones estratégicas	Metas	Responsable	Plazo	Grado de prioridad		
							Alto	Medio	Bajo
	apoyen el medio ambiente	ciencia, tecnología y/o innovación.	ar la extracción ilegal de los recursos forestales	sistemas agroforestales y, además, que los productores seleccionen las especies de servicio, frutal y/o maderable que quiere establecer en su finca	correspondiente a la zona norte.	1 año			

Elaborado: Autora, (2022)

En la **tabla 7**, se ilustra el grado de exposición en los cantones de la zona norte, en la que se evaluó la precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima, bajo los escenarios SSP1 y SSP5, que indica la categoría en la que se ven afectados los cantones en alto rango el cantón de Buena Fé, Quinsaloma, seguido los cantones Valencia, Ventanas, con un rango moderado y baja categoría los cantones de Quevedo y Mocache.

Tabla 7:

Grado de exposición del escenario SSP1 Y SSP 5.

Cantones de la zona norte	Precipitación		Temperatura Máx.		Temperatura Min.		Grado de exposición	Categoría
	SSP1	SSP 5	SSP1	SSP 5	SSP1	SSP 5		
Buena fe	X	X		X		X		Alta
Valencia	X	X			X	X		Moderada
Quevedo			X	X		X		Baja
Mocache			X	X				Muy Baja
Quinsaloma	X	X		X		X		Alta
Ventanas			X	X	X			Moderada

Elaborado: Autora, (2022)

En la **tabla 8**, se indica la evapotranspiración en los meses más representativos del año que son enero, mayo, septiembre, bajo escenarios del SSP1 Y SSP5 en el año 2020-2040, donde se representa con un grado de exposición muy alto los cantones Mocache y Ventanas y rango alto en el cantón Quinsaloma, seguido del cantón Buena Fé con un rango moderado, y los cantones Valencia y Quevedo con una categoría muy baja

Tabla 8:

Grado de exposición de la evapotranspiración de los escenarios SSP1 y SSP 5.

Cantones de la zona norte	EVAPOTRANSPIRACIÓN						Grado de exposición	Categoría
	Enero		Mayo		Septiembre			
	SSP1	SSP 5	SSP1	SSP 5	SSP1	SSP 5		
Buena fe	X	X		X	X	X	Alto	Moderada
Valencia							Muy bajo	Muy baja
Quevedo	X		X				Muy bajo	Muy baja
Mocache	X	X	X	X	X	X	Muy alto	Muy Alta
Quinsaloma	X		X	X	X	X	Alto	Alta
Ventanas	X	X	X	X	X	X	Muy alto	Muy Alta

Elaborado: Autora, (2022)

4.4. Discusión.

El cambio climático es cada vez más devastador sobre los medios de producción, de ahí nace la importancia de determinar el riesgo agroclimático de la zona norte de la provincia Los Ríos para diseñar medidas de adaptación a los agricultores.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo, (UNDP) (43) menciona que la mayor importancia del cambio climático se debe a los riesgos a los que se enfrentará la humanidad, con la tendencia actual de las concentraciones a la reducción de la productividad agrícola, aumento del estrés hídrico, la inseguridad alimenticia, aumento del nivel del mar, exposición a desastres climáticos y aumento de los riesgos para la salud.

Estos cambios inducidos por el clima conducen a condiciones climáticas que influyen en el desarrollo de la agricultura, en la zona norte se presentan altas precipitaciones y temperaturas en los cantones Mocache, Ventanas y Quinsaloma. Por tal razón Lozano, González, Puente & Simba Ochoa (44) mencionan en el estudio realizado y comparado, que las sequías e inundaciones son consecuencias de las altas alteraciones climáticas debido a las elevadas temperaturas, lluvias intensas y olas de calor, lo que ha ocasionado que el cambio climático aumente drásticamente, afectando extensas hectáreas de cultivos, así también como la economía de las familias que se dedican a la agricultura.

Datos semejantes que concuerdan con lo reportado por el Informe especial del IPPC (45) sobre el calentamiento global de 1,5 °C, se estima, que las actividades humanas han causado aproximadamente el incremento de 1 °C de calentamiento global por encima de los niveles preindustriales en los años (1850-1990) con un rango probable de 0,8 °C a 1,2 °C. De continuar, con este ritmo en el aumento de temperaturas es probable que el calentamiento global alcance 1,5 °C entre 2030 y 2052. Nuevas estimaciones reportadas por la OMM (46) señala, que por lo menos en un año de los próximos cinco 2020-2040 se superaría el incremento de temperatura en más de 1,5 °C con respecto al periodo preindustrial con una probabilidad de 20%.

Las trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP) describen futuros alternativos, en las figuras del escenarios SSP1 en el periodo más cercano en el que podemos vivir 2020-2040 donde se mostró que la precipitación alta es de 465 mm y se evidencia más en los cantones Buena Fé, Valencia, Quinsaloma, Ventanas y una baja precipitación de 313 mm en el cantón Quevedo y Mocache, así mismo en las figuras de temperaturas máximas y

mínimas del escenario SSP1 se repite el patrón en los mismo cantones como Ventanas, Quinsaloma, Mocache y Quevedo. En la cual Escoto, Sánchez y Gachuz (47) mencionan que el escenario SSP1 asume un bajo crecimiento de la población, alto crecimiento económico, desarrollo tecnológico, y conciencia ambiental. A diferencia de las figuras del escenario SSP5 con una alta precipitación de 449 mm en los cantones ya relevantes como Mocache, Ventanas, Buena Fé, Quevedo y Quinsaloma. Y con un valor bajo de 304 mm el cantón Valencia. Donde también mencionan Escoto, Sánchez y Gachuz (47) que el escenario SSP5 obtiene un bajo crecimiento en la población, un elevado crecimiento económico y un alto desarrollo humano. Y desatacan que las trayectorias más optimistas son las del escenario SSP1 y SSP5.

La evapotranspiración por estar relacionada con el clima, el poder evaporante de la atmosfera se dio en la zona norte de la provincia Los Ríos y los meses más representativos del año como enero, mayo y septiembre, y se calculó con el método de Thornthwaite, a escenarios del SSP1 Y SSP5, donde dio como resultado que la evapotranspiración en los dos escenarios del periodo 2020- 2040 es altamente significativo en los cantones Mocache, Ventanas, Buena Fé, Quevedo, Quinsaloma. En los últimos años, autores como Goyal (48) ha señalado, que cualquier cambio observado en los parámetros climáticos, de los que depende la evapotranspiración, puede afectar de manera significativa a la misma, y de manera puntual a las necesidades de agua de los cultivos. En este sentido Bakhtiari - Liaghat (49), y Tabari - Hosseinzadeh (50) observaron, que el grado de sensibilidad de la ETo varía de acuerdo con la época del año y con la localización geográfica de sitio analizado, lo que puede tener un impacto directo en la agricultura temporal. Argumentación que concuerda con Ruiz Corral, Ramírez Díaz, Flores Mendoza y Sánchez González (51) señalan, que los cultivos temporales son los más sensibles a las variaciones climáticas, ya que dependen únicamente del agua de lluvia para la producción. En relación a esta situación Rockström (52) menciona, que un cambio en las condiciones climáticas puede causar serios problemas debido a que, a nivel mundial, alrededor de 80% de los terrenos de cultivo son de agricultura temporal.

El plan de medidas de adaptación sobre la vulnerabilidad agroclimática en la zona norte, es una estrategia para procurar que los agricultores adopten nuevas medidas que ayuden a fortalecer la agricultura y a disminuir pérdidas económicas, por lo tanto Bannayan y Rezaci (53) manifestaron, que es obligatorio planificar un programa de adaptación y

mitigación para evitar el impacto negativo del cambio climático en los procesos de la agricultura.

Las medida de adaptación fueron planteadas acorde a los recursos y necesidades de la zona norte, entre ellas se encuentra diversidad de cultivos, reforestación de nacientes de agua, entre otros hallazgos que son muy similares a QuangTrinh, Rañola, Camacho y Simelton (54) quienes mencionaron, que monitorear los pronósticos del tiempo, cambiar las variedades de cultivo son las principales estrategias de adaptación aplicada por los agricultores para reducir los efectos del cambio climático, cabe recalcar que las medidas de adaptación serán estipuladas a todos los cantones de la zona norte, ya que se encuentran expuestos en una categoría alta y muy altamente susceptibles a presentar daños frente a las amenaza climática, provocadas por las precipitación y las temperaturas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- La zona norte de la provincia de Los Ríos, con los modelos climáticos utilizados en la investigación, demostraron que el aumento de la precipitación, temperaturas y distribución de eventos climáticos extremos como sequías y lluvias intensas, afectarán negativamente a la producción agrícola en los próximos años en los cantones de Ventanas, Quinsaloma, Mocache, Buena Fé, Quevedo. Se identificó que la falta de adaptación a cambios climáticos y la gestión inadecuada de los recursos hídricos son factores críticos que amplificaron las amenazas climáticas en la zona de estudio, lo cual es necesario tomar medidas para reducir y adaptarse a los impactos negativos de los cambios climáticos en la zona, incluyendo la implementación de prácticas agrícolas sostenibles, así como una gestión adecuada de los recursos hídricos que son clave para reducir el riesgo.
- Es importante destacar que la evapotranspiración es un proceso fundamental para el ciclo del agua y tiene un impacto significativo en el clima y en la disponibilidad de agua en la región, en la que se vio afectada la zona norte en la mayor parte de los cantones evaluados destacando el cantón Valencia por no presentar un alto valor de evapotranspiración en los meses más representativos del invierno y verano. Por lo tanto, es necesario comprender y monitorear los patrones de evapotranspiración para garantizar una gestión adecuada de los recursos hídricos y una planificación sostenible de la región para asegurarse de que se cumplan las necesidades específicas de cada cultivo.
- La investigación expone que la zona norte de la provincia Los Ríos, enfrentará un aumento significativo en la frecuencia y la intensidad de eventos climáticos extremos en el futuro, lo que representa un riesgo agroclimático importante para la agricultura de la zona de estudio, para reducir este riesgo, se han propuesto medidas de adaptación agroclimáticas, esto permite definir áreas críticas sobre las cuales se deben establecer medidas preventivas y de adaptación a la variabilidad climática, como la organización del recurso técnico, mejorar la confianza de los agricultores en la producción y la comercialización con los agentes complementarios de la cadena y las instancias de gobierno, a partir de estructurar su participación en la identificación y comunicación de los riesgos a la sociedad,

un proceso educativo que permita mejorar la comprensión de la información climática y agrometeorológica; fomentar activamente la deliberación pública para identificar entre los diferentes agentes de la producción las prácticas de adaptación, por medio de un conocimiento cada vez más sofisticado para los agricultores.

5.2. Recomendaciones.

- Implementar un sistema de monitoreo climático para obtener datos precisos y actualizados sobre las condiciones climáticas, para que sean identificados y minimizados mediante la ejecución de prácticas agrícolas sostenibles que reduzcan el impacto del cambio climático en la producción.
- Se invita que, en futuras investigaciones, se amplíe el análisis para incluir una evaluación más detallada de las características socioeconómicas de la zona de estudio, así como de la capacidad de los productores agrícolas para adaptarse y mitigar los impactos del cambio climático. También sería útil considerar una mayor cantidad de variables climáticas, como la precipitación, la temperatura y la radiación solar, para tener una comprensión más completa del impacto del cambio climático en la zona.
- Incorporar los Objetivos de Desarrollo Sostenible-ODS en la estrategia central de los negocios en el ámbito agrícola. Es importante que cada programa tenga identificado a qué ODS se suscribe e identificar metas que sean relevantes y específicas para el sector agrícola. Asimismo, también llevar a cabo acciones de información con todos los actores de la cadena para que conozcan e incorporen elementos del desarrollo sostenible, dado que hoy en día es un imperativo comercial actuar responsablemente en los negocios en términos ambientales y sociales.
- Los datos por pérdidas económicas debidas a fenómenos de variabilidad climática son un insumo fundamental para mejorar el conocimiento y así apoyar la

reducción del riesgo agroclimático. Los diagnósticos que realizan las aseguradoras para evaluar las pérdidas de daños como uno de los mecanismos de protección financiera para el cultivo de banano deben incluir diferencialmente las pérdidas asociadas a la degradación del medio biofísico y ecológico en función del escenario de variabilidad climática, fruto de la inacción o la inadecuada estrategia de adaptación.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

7.1. Bibliografía

1. Cuasquer Fuel Elías Mgcj. Efectos del cambio climático sobre el comportamiento de las especies forestales Guayaquil - Ecuador: Editorial Grupo Compás; 2021.
2. Porras Gea, Villa Cedeño JI, Jácome Ps. Proyecciones Climáticas De Precipitación Y Temperatura Para Ecuador, Bajo Distintos Escenarios De Cambio Climático. [Online]. Available from: <https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/ECU/14%20Proyecciones%20de%20Clima%20Futuro%20para%20Ecuador%20en%20base%20a%20IPCC-AR5.pdf>.
3. Barberán RM, Cuenca Nevárez , Intriago Flor , Caetano CM, Menjivar Flores JC, Pacheco Gi HA. Vulnerability to climate change of smallholder cocoa producers in the province of Manabí, Ecuador. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 2019 Junio-Abril; 72(1).
4. Ginatta G, Vignati F, Rodríguez MdC. Proyecto de investigación regional sobre producción de cacao sostenible adaptado al clima y cambio climático. OBSERVATORIO DEL CACAO FINO Y DE AROMA PARA AMÉRICA LATINA. 2020 Mayo; 1(15).
5. Samaniego J, Galind LM, Mostacedo Marasovic SJ, Ferrer Carbonel J, Alatorre JE, Reyes O. Medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2017 Abril.
6. francisco vmj. influencia del cambio climático en plantaciones de Tectona grandis L. f. (TECA) en la provincia de Los Ríos Quevedo : UTEQ; 2020.
7. Dong Z, Pan , An , Wang , Zhang , Hana H, et al. A novel method for quantitatively evaluating agricultural vulnerability to climate change. ScienDirect. 2015 Enero; 48(49-54).

8. Torhan S, Galappaththi E, Surugu JM, Peñuelas J, Sardans. Tradeoffs and Synergies Across Global Climate Change Adaptations in the Food-Energy-Water Nexus. AGU Advances. 2022 Marzo; 10.
9. Barros V. El Cambio Climático Global. Octavio Kulesz ed. Barros V, editor. Buenos Aires, Argentina: 2a ed.; 2005.
10. Feldman AJL, Hernández Cortés D. Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. El Trimestre Económico. 2016 octubre-diciembre; LXXXIII(4)(332).
11. Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/secretaria-de-gestion-de-riesgos-fortalece-las-capacidades-de-las-comunidades-afectadas-por-la-epoca-lluviosa-en-la-provincia-de-los-rios/>. [Online].; 2022. Available from: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/secretaria-de-gestion-de-riesgos-fortalece-las-capacidades-de-las-comunidades-afectadas-por-la-epoca-lluviosa-en-la-provincia-de-los-rios/>.
12. Farfán PF. Agroclimatología del Ecuador Editorial Universitaria Abya-Yala: Quito Ecuador; 2020.
13. Armenteros ALI, Torres Esperón JM. Un acercamiento al Clima Organizacional. Scielo. 2018 marzo; 34(1).
14. Alfredo MML. “Análisis del comportamiento de la precipitación y temperatura según registros meteorológicos de la estación meteorológica rumipamba en los últimos 30 años y el primer año de pandemia. cotopaxi – 2021”. [Online].; 2022 [cited 2022 Junio 22. Available from: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8599/1/PC-002204.pdf>.
15. Núñez S. Elementos y factores del clima. [Online].; 2020. Available from: <https://www.ecologiaverde.com/elementos-y-factores-del-clima-3167.html>.
16. Echeverri DME, Galeano Vasco LF, Ramírez Arias JP, Cerón Muñoz MF, Márquez Girón SM. Efecto de la temperatura ambiente en la temperatura superficial de zonas

negras y blancas del pelaje de un hato de vacas holstein en el departamento de Antioquia, Colombia. Scielo. 2018 Junio;(36).

17. Isabel TJC. “Evaluación del riesgo climático de la producción de “evaluación del riesgo climático de la producción adaptación al cambio climático”. [Online].; 2021. Available from: <http://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/2712/1/TAPIA%20JARA%20CRISTINA%20ISABEL.pdf>.
18. Ávila CLM, Granados García. Diseño de una aplicación informática (app) de calendarios de riego en tiempo real, a partir de datos agroclimáticos, para incrementar la eficiencia en el uso del agua en la agricultura. Revistas Electrónicas. 2022 Junio; 2(1).
19. Ortiz MAP, Montenegro Murillo DD, Vargas Franco V. Análisis de la influencia de la variabilidad climática en la precipitación de la cuenca del río Cali, Colombia. DYNA. 2022 Junio;(89).
20. Delgado HDQ. Calentamiento global. [Online].; 2022 [cited 2022 junio 22. Available from: <https://repositorio.konradlorenz.edu.co/handle/001/4928>.
21. Pérez F. Digitalización y big data en el sector de los cultivos de alto valor. Sostenibilidad, rentabilidad y salud. Fundación Dialnet. 2022;(38).
22. Iglesias DMdR. Estimación de evapotranspiración real en trigo con distintas condiciones de estrés hídrico: aplicación de modelos y sensores remotos. [Online].; 2010. Available from: <https://www.famaf.unc.edu.ar/documents/1344/36-IGLESIAS.pdf>.
23. Alimentación OdINUpIAYl. Evapotranspiración Del Cultivo: Guías para Determinación Los Requerimientos de Agua de Los Cultivos (Estudios FAO: Riego y Drenaje). 4th ed. FAO , editor. Roma: FAO; 2006.
24. Belitskaya VD. Escenarios climáticos y procesos de adaptación. [Online].; 2012. Available from: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/63_4/PDF/EscenariosClimaticos.pdf.

25. Castillo AE, Sánchez Peña L, Gachuz Delgado. Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP): nuevas maneras de comprender el cambio climático y social. Estudios Demográficos y Urbanos. 2017 diciembre; 2(3(96)).
26. Ohgaito R, Yamamoto , Hajima , O'ishi , Abe M, Tatebe , et al. Experimentos de PMIP4 utilizando el modelo del sistema terrestre MIROC-ES2L. European Geosciences Union. 2021 marzo; 14(2).
27. Vuuren DPv, Stehfest , Gernaat DEHJ, Doelman JC, Maarten van den Berg , Harmsen M, et al. Trayectorias de energía, uso de la tierra y emisiones de gases de efecto invernadero bajo un paradigma de crecimiento verde. ScienceDirect. 2017 Enero; 42(237-250).
28. Kriegler E, Bauer , Popp A, Humpenöder , Leimbach M, Strefler , et al. Desarrollo alimentado por combustibles fósiles (SSP5): un escenario intensivo en energía y recursos para el siglo XXI. ScienceDirect. 2017 Enero; 42(297-315).
29. Morote ÁF, Olcina. Climate change and sustainability in Primary Education. Problems and solutions proposed by the Social Sciences textbooks. Sostenibilidad: económica, social y ambiental. 2021 julio; 25-43(3).
30. Emergencias SNdGdRy. Sistema Nacional de Riesgos y Emergencias. Cambios Climáticos. [Online].; 2021. Available from: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/cambios-climaticos/>.
31. YANAPUMA. Localización de Ecuador. [Online].; 2012. Available from: <https://www.yanapumaspanish.org/Basicos/16%20Lectura%20ser%20y%20estar.pdf>.
32. Hernández JG, Lima Ribeiro , Diniz Filho , Oliveira Gd, Terribile , Varela. ecoClimate vs. Worldclim: variables climáticas SIG para trabajar en biogeografía. Revista científica ecologica y edio ambiente. 2015 noviembre; 24(88-92).
33. Fick S, Hijmans R. WorldClim 2: nuevas superficies climáticas de resolución espacial de 1 km para áreas terrestres globales. revista internacional de climatología. 2017 Octubre; 37.

34. Gálvez djjo. cartilla técnica: balance hídrico superficial. Primera ed. Goicochea ZIN, editor. Peru: Sociedad Geográfica de Lima; 2012.
35. Salas Mem, Sánchez E, Serrano. Aproximacion, Por El Metodo De Thornthwaite, Al Calculo De Infiltracion De Lluvia Util. Papeles De Geografia. 2010 Mayo; 14(223-235).
36. Cordero GD. El cambio climático. Instituto tecnològico de Santo Domingo. 2012 marzo; 3(2).
37. porras gea, villa cedeño jl, jácome ps. proyecciones climáticas de precipitación y temperatura para ecuador, bajo distintos escenarios de cambio climático. [Online].; 2020. Available from: <https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/ECU/14%20Proyecciones%20de%20Clima%20Futuro%20para%20Ecuador%20en%20base%20a%20IPCC-AR5.pdf>.
38. Ecuador T. Clima de Ecuador. [Online].; 2018. Available from: <http://www.ecuador-viaje.com/clima.html>.
39. Varela S, Terribile LC, de Oliveira , Diniz-Filho JAF, Gonzàlez- Hernández J, Lima-Ribeiro MS. ecoClimate vs. Worldclim: variables climáticas SIG para trabajar en biogeografía. Revista científica de ecología y medio ambiente. 2015 septiembre - Diciembre;(88-92).
40. Sofaer H. Introducción a la Teledetección para Pronósticos Ecológicos con Base en Escenarios. [Online].; 2020. Available from: https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/2020-11/ScenarioBasedEco_Part2_Spanish.pdf.
41. Varela AL, R. Ron. Geografía y clima del Ecuador. [Online].; 2018. Available from: <https://bioweb.bio/geografiaClima.html/>.
42. Delgado L. Redaly. [Online].; 2019 [cited 2023 01 24. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/308/30838683006.pdf>.

43. Desarrollo PdlNUpe. Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. [Online].; 2007-2008. Available from: <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/Publicaciones/2010/7709.pdf>.
44. Mendoza PL, González BB, Puente Monar N, Simba Ochoa LF. Distribución geográfica del cultivo del cacao: Análisis multicriterio basado en parámetros agroclimáticos y biofísicos. NeuroQuantology. 2022 Julio; 20(6646-6657).
45. climático Gidesecc. Los gobiernos aprueban el Resumen para responsables de políticas del Informe especial del IPCC sobre el calentamiento global de 1,5 °C. [Online].; 2018. Available from: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/11/pr_181008_P48_spm_es.pdf.
46. Mundial OM. "Economic slowdown as a result of COVID". [Online].; 2022. Available from: <https://public.wmo.int/en/media/news/economic-slowdown-result-of-covid-no-substitute-climate-action>.
47. Castillo AE, Sánchez Peña , Gachuz Delgado. Estudios demográficos y urbanos. Scielo. 2017 Septiembre; 32(3).
48. Goyal RK. Sensitivity of evapotranspiration to global warming: a case study of arid zone of Rajasthan (India). Elsevier. 2004 septiembre; 69(1).
49. Bakhtiari B, Liaghat. Seasonal Sensitivity Analysis for Climatic Variables of ASCE-Penman-Monteith Model in a Semi-arid Climate. ResearchGate. 2011 Diciembre; 13(2).
50. Tabari H, Hosseinzadeh Talaei. Sensitivity of evapotranspiration to climatic change in different climates. ScienceDirect. 2014 Abril; 115(5).
51. Corra JAR, Ramírez Díaz JL, Flores Mendoza FJ, Sánchez González JdJ. Cambio climático y su impacto sobre la estación de crecimiento de maíz en Jalisco, México. Fitotecnia Mexicana. 2000; 23(2).
52. Rockström J. Water for food and nature in drought-prone tropics: vapour shift in rain-fed agriculture. Philosophical Transactions of the Royal Society B. 2009 Diciembre; 358(1440).

53. Bannayan M, Eyshi Rezaei E. Future production of rainfed wheat in Iran (Khorasan province): climate change scenario analysis. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*. 2010 Septiembre; 19(2).
54. Trinh TQ, Rañola Jr RF, Camacho LD, Simelton E. Determinants of farmers' adaptation to climate change in agricultural production in the central region of Vietnam. *Land Use Policy*. 2018 Junio; 70(224-231).

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

6.1. Anexos.

Anexo 1

Procesamiento de datos de Wordclim.

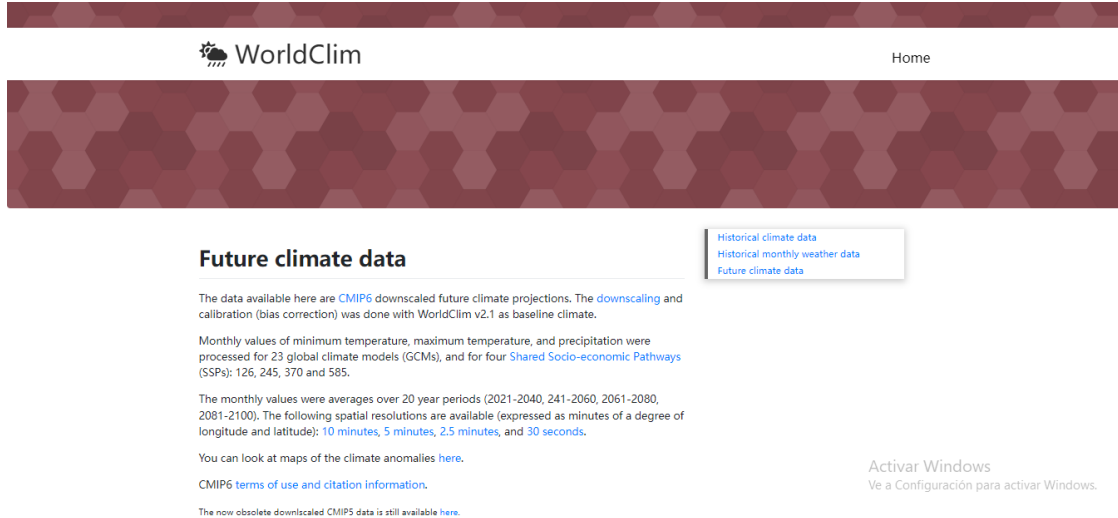


Ilustración 1: Obtención de datos

Anexo 2

Programa utilizado para determinar el riesgo agroclimático y la evapotranspiración de la zona norte.

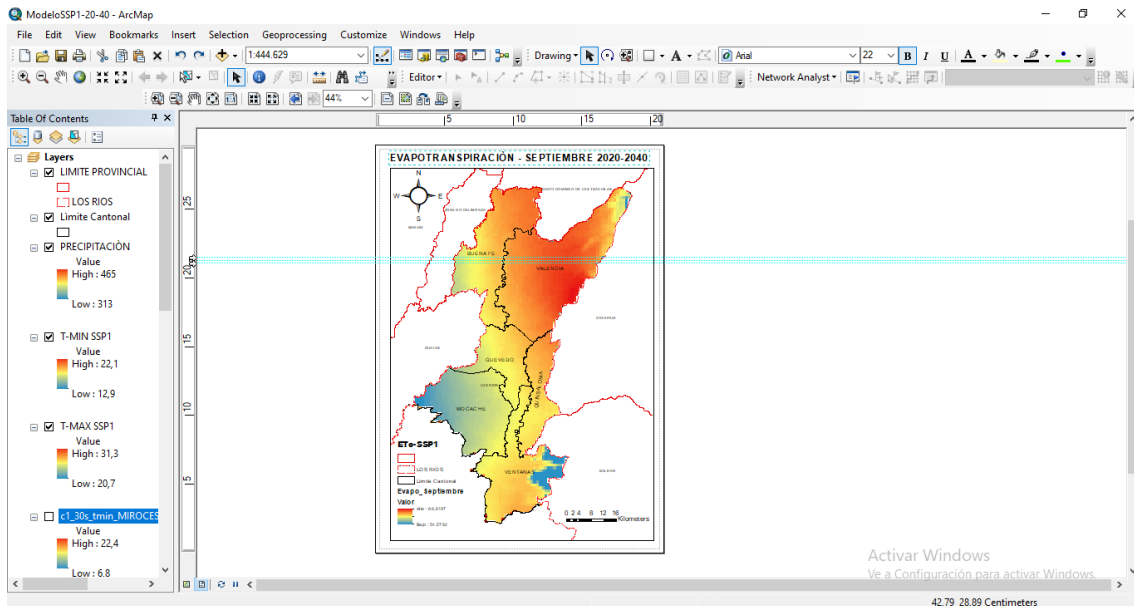


Ilustración 2: Resultados de datos climáticos en el software de ArcMap.

Anexo 3

Procesamiento de dato de MIROC-ES2L

The screenshot shows the WorldClim website interface. At the top left is the WorldClim logo. At the top right is a 'Hogar' (Home) link. Below the logo is a paragraph of text: 'Consulte la [página principal](#) para obtener información general y otras resoluciones espaciales. Los datos climáticos futuros mensuales reducidos de CMIP6 están disponibles en archivos GeoTIFF para nueve GCM y cuatro SSP para los siguientes periodos de tiempo: 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 y 2081-2100. Las variables climáticas disponibles son tn - temperatura mínima media mensual (°C), tx - temperatura máxima media mensual (°C), pr - precipitación total mensual (mm), y bc - variables bioclimáticas.' To the right of this text is a dropdown menu with three options: 'Datos climáticos históricos', 'Datos meteorológicos mensuales históricos', and 'Datos climáticos futuros'. Below the text is a section titled '2021-2040' containing a table with 5 columns: 'MCG', 'ssp126', 'ssp245', 'ssp370', and 'ssp585'. Each cell in the table contains a list of variables: 'tn, tx, pr, ac'. At the bottom right of the screenshot, there is a 'Activar Windows' notification: 'Activar Windows. Ve a Configuración para activar Windows.'

WorldClim Hogar

Consulte la [página principal](#) para obtener información general y otras resoluciones espaciales. Los datos climáticos futuros mensuales reducidos de CMIP6 están disponibles en archivos GeoTIFF para nueve GCM y cuatro SSP para los siguientes periodos de tiempo: 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 y 2081-2100. Las variables climáticas disponibles son tn - temperatura mínima media mensual (°C), tx - temperatura máxima media mensual (°C), pr - precipitación total mensual (mm), y bc - variables bioclimáticas.

Datos climáticos históricos
Datos meteorológicos mensuales históricos
Datos climáticos futuros

2021-2040

MCG	ssp126	ssp245	ssp370	ssp585
ACCESO-CM2	tn, tx, pr, ac	tn, tx, pr, ac	tn, tx, pr, ac	tn, tx, pr, ac
ACCESO-ESM1-5	tn, tx, pr, ac	tn, tx, pr, ac	tn, tx, pr, ac	tn, tx, pr, ac
BCC-CSM2-MR	tn, tx, pr, ac	tn, tx, pr, ac	tn, tx, pr, ac	tn, tx, pr, ac
CanESM5	tn, tx, pr, ac	tn, tx, pr, ac	tn, tx, pr, ac	tn, tx, pr, ac
CanESM5-CanOE	tn, tx, pr, ac	tn, tx, pr, ac	tn, tx, pr, ac	tn, tx, pr, ac
CMCC-ESM2	tn, tx, pr, ac	tn, tx, pr, ac	tn, tx, pr, ac	tn, tx, pr, ac
	tn, tx, pr	tn, tx, pr	tn, tx, pr	

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

Ilustración 3: Obtención de datos