



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DEL RIESGO AGROCLIMÁTICO DEL
CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) MEDIANTE LOS
SOFTWARES CROPWAT / CLIMWAT EN LA FINCA “LA
FORTUNA”.**

TRABAJO NO EXPERIMENTAL

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR

ERAS PARRALES ROBERTH ALEXANDER

TUTOR

OCE. ZAMBRANO ZAVALA LEILA ELIZABETH M.Sc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2020



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **OCE. ZAMBRANO ZAVALA LEILA ELIZABETH M.Sc.**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **EVALUACIÓN DEL RIESGO AGROCLIMÁTICO DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) MEDIANTE LOS SOFTWARES CROPWAT / CLIMWAT EN LA FINCA “LA FORTUNA”**, realizado por el estudiante **ERAS PARRALES ROBERTH ALEXANDER**; con cédula de identidad N° **230026660-4** de la carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

OCE. LEILA ZAMBRANO ZAVALA M.SC.

Guayaquil, 24 de Agosto del 2020



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DEL RIESGO AGROCLIMÁTICO DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) MEDIANTE LOS SOFTWARES CROPWAT / CLIMWAT EN LA FINCA “LA FORTUNA”**”, realizado por el estudiante **ERAS PARRALES ROBERTH ALEXANDER**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Coronel Quevedo Jorge, M.Sc.
PRESIDENTE

Blgo. Raúl Arizaga Gamboa, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Arcos Jácome Diego, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Samaniego Cobo Teresa, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 21 de Agosto del 2020.

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a Dios, por haberme dado fortaleza y sabiduría para poder lograr la culminación de mi carrera profesional.

A mis padres y hermanas, ya que han sido mi apoyo incondicional, mi motivo de lucha diaria y superación; también por enseñarme que el mejor regalo que me pueden ofrecer es la educación.

A mi familia en general, por ser quienes se han preocupado por mí y me han apoyado cuando lo he necesitado.

Agradecimiento

Agradezco a mi directora de Tesis Oce. Leila Zambrano M.Sc., por guiarme, orientarme y apoyarme en todas las fases del presente proyecto de titulación.

A la Universidad Agraria del Ecuador, por brindarme la oportunidad de cumplir esta importante meta académica y a los docentes por permitirme adquirir conocimientos y experiencias durante la formación universitaria.

A mis compañeros de clases por ser el apoyo constante en momentos difíciles.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo, **ERAS PARRALES ROBERTH ALEXANDER**, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre **“EVALUACIÓN DEL RIESGO AGROCLIMÁTICO DEL CULTIVO DE MAÍZ (Zea mays) MEDIANTE LOS SOFTWARES CROPWAT / CLIMWAT EN LA FINCA “LA FORTUNA”**” para optar el título de **INGENIERO AMBIENTAL**, por la presente autorizo a la **UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 24 de Agosto del 2020

ERAS PARRALES ROBERTH ALEXANDER

C.I. 230026660-4

Índice general

PORTADA	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	3
Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice general.....	7
Índice de tablas	13
Índice de figuras	14
Resumen.....	15
Abstract	16
1. Introducción	17
1.1. Antecedentes del problema.....	17
1.2. Planteamiento y formulación del problema	20
1.2.1. Planteamiento de problema	20
1.2.2. Formulación del problema	21
1.3. Justificación de la investigación.....	22
1.4. Delimitación de la investigación	23
1.5. Objetivo general	24
1.6. Objetivos específicos	24
1.7. Hipótesis.....	24
2. Marco teórico	25
2.1. Estado del arte	25
2.2. Bases teóricas.....	28

2.2.1. Amenaza	28
2.2.2. Vulnerabilidad	28
2.2.3. Riesgo.....	28
2.2.4. Exposición.....	28
2.2.5. Susceptibilidad	29
2.2.6. Resiliencia	29
2.2.7. Relieve	29
2.2.8. Clima.....	29
2.2.9. Tiempo meteorológico.....	29
2.2.10. Variabilidad climática	30
2.2.11. Cambio climático	30
2.2.12. Adaptabilidad al cambio climático.....	30
2.2.13. Suelos	31
2.2.14. Amenaza hidrometeorológica	31
2.2.15. Riesgo agroclimático	31
2.2.16. Peligro.....	32
2.2.16.1. Tipos de peligros	32
2.2.16.1.1. Peligros naturales	32
2.2.16.1.2. Peligros tecnológicos o producidos por el hombre	32
2.2.17. Exposición.....	32
2.2.18. Desastre.....	33
2.2.19. Impacto ambiental.....	33
2.2.20. Capacidad adaptiva	33
2.2.21. Fragilidad.....	33
2.2.22. Sensibilidad.....	34

2.2.23. Inundación	34
2.2.24.1. Tipos de inundaciones	34
2.2.24.1.1. Inundaciones ribereñas	34
2.2.24.1.1. Inundaciones pluviales	34
2.2.24. Sequía	34
2.2.24.1. Tipos de sequías	35
2.2.24.1.1. Sequía meteorológica.....	35
2.2.24.1.1. Sequía agronómica	35
2.2.24.1.1. Sequía hidrológica.....	35
2.2.25. Granizo	35
2.2.26. Helada	35
2.3. Marco legal	36
2.3.1. Constitución de la República del Ecuador.....	36
2.3.2. Decreto ejecutivo	38
2.3.3. Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021; Toda una vida	38
2.3.4. Acuerdo Ministerial.....	39
2.3.5. Acuerdo de Paris sobre el cambio climático	40
2.3.6. Código Orgánico Ambiental -Libro cuarto del cambio climático, Título I del cambio climático, Capítulo I Disposiciones Generales.....	40
2.3.7. Protocolo de Kioto	41
3. Materiales y métodos	43
3.1. Enfoque de la investigación	43
3.1.1. Tipo de investigación	43
3.1.2. Diseño de investigación	43
3.2. Metodología	43

3.2.1. Variables	43
3.2.1.1. Variable independiente	43
3.2.1.2. Variable dependiente	44
3.2.2. Recolección de datos	44
3.2.2.1. Recursos	44
3.2.2.1.1. Recursos humanos.....	44
3.2.2.1.2. Recursos bibliográficos.....	44
3.2.2.1.3. Recursos institucionales	45
3.2.2.1.4. Recursos tecnológicos.....	45
3.2.2.1.5. Software	45
3.2.2.2. Métodos y técnicas	45
3.2.3. Análisis estadístico.....	48
3.2.3.1. Modelo matemático	48
3.2.3.2. Gráficos de barra y líneas	48
4. Resultados.....	49
4.1. Identificación de los fenómenos climáticos que causan afectación en el desarrollo fenológico del cultivo del maíz mediante revisión bibliográfica. 49	
4.1.1. Viento.....	49
4.1.2. Lluvia	49
4.1.3. Inundación.....	49
4.1.4. Sequías	49
4.1.5. Temperatura	50
4.1.5.1. Altas temperaturas	50
4.2. Determinación del riesgo agroclimático sobre la producción de maíz por medio del software Climwat y Cropwat.	51

4.2.1. Obtención de los datos por medio del software Climwat	51
4.2.2. Valores de las variables climáticas	51
4.2.3. Precipitación mensual y precipitación efectiva	52
4.2.4. Selección del cultivo (maíz)	53
4.2.5. Selección del tipo de suelo	53
4.2.6. Requerimiento de agua del cultivo (RAC)	54
4.2.7. Programación de riego	55
4.2.8. Patrón de cultivo	56
4.2.9. Módulo de abastecimiento del sistema	56
4.2.10. Análisis de los gráficos estadísticos	57
4.2.10.1. <i>Temperaturas máximas y mínimas</i>	57
4.2.10.2. <i>Humedad (presión de vapor)</i>	57
4.2.10.3. <i>Velocidad del viento</i>	58
4.2.10.4. <i>Horas de insolación</i>	58
4.2.10.5. <i>Radiación y evapotranspiración</i>	59
4.2.10.6. <i>Precipitación mensual y precipitación efectiva</i>	59
4.2.10.7. <i>Requerimiento de agua y la evapotranspiración del cultivo</i>	60
4.2.10.8. <i>Programación de riego – AFA (agua fácilmente aprovechable) y ADT (agua disponible total)</i>	61
4.2.11. Determinación del riesgo agroclimático	61
4.3. Diseño de un plan de mitigación para reducir los daños frente al riesgo agroclimático	62
4.3.1. Principios para la Gestión del Riesgo	62
4.3.1.1. <i>Prevención o evitación</i>	63
4.3.1.2. <i>Reducción o mitigación</i>	63

4.3.1.3. Retención o asunción.....	63
4.3.1.4. Transferencia	63
4.3.2. La Gestión Integral del Riesgo (GIRA).....	64
4.3.3. Riesgos durante la Producción.....	64
4.3.3.1. Clima y tiempo	64
4.3.3.1.1. Déficit hídrico y sequía	64
4.3.3.1.2. Inundaciones y excesos hídricos	65
4.3.4. Mitigación de Riesgos Agroclimáticos en una Finca	66
4.3.4.1. Medidas integrales de mitigación del riesgo agroclimático.....	66
4.3.4.1.1. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).....	66
4.3.4.1.2. Programa de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE) .	67
4.3.4.1.3. Diversificación de cultivo	68
4.3.4.1.4. Aptitud del terreno y del tipo de suelo para la selección de cultivos..	68
4.3.4.2. Medidas de prevención y mitigación para la producción de cultivos	69
4.3.4.2.1. Mitigación del impacto de la sequía	69
4.3.4.2.2. Mitigación del impacto del exceso hídrico o inundaciones	70
5. Discusión.....	71
6. Conclusiones	73
7. Recomendaciones	75
8. Bibliografía	77
9. Anexos.....	86
9.1. Anexos de figuras	86
9.2. Anexos de tablas.....	91

Índice de tablas

Tabla 1. Datos de las variables climáticas.	52
Tabla 2. Datos de la precipitación mensual.	53
Tabla 3. Requerimiento de agua del cultivo.	54
Tabla 4. Módulo de abastecimiento del sistema.	56
Tabla 5. Resultado para la evaluación de la práctica de papa tardía de secano a partir de datos climáticos (media) y meteorológicos (corrida de cada año)	91
Tabla 6. Programación de riego de cultivo – balance diario de humedad del suelo, Etapa Inicial.	92
Tabla 7. Programación de riego de cultivo – balance diario de humedad del suelo, Etapa de Desarrollo.	93
Tabla 8. Programación de riego de cultivo – balance diario de humedad del suelo, Etapa Media.	95
Tabla 9. Programación de riego de cultivo – balance diario de humedad del suelo, Etapa Final.	97
Tabla 10. Índice de riesgo agroclimático.	98
Tabla 11. Medidas de prevención y mitigación frente a inundaciones y sequías.	99

Índice de figuras

Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas.	57
Figura 2. Humedad (vapor de presión).....	58
Figura 3. Velocidad del viento.....	58
Figura 4. Horas de insolación.	59
Figura 5. Radiación y evapotranspiración.	59
Figura 6. Precipitación mensual y precipitación efectiva.	60
Figura 7. Requerimiento de agua y la evapotranspiración del cultivo.	61
Figura 8. Programación de riego – AFA (agua fácilmente aprovechable) y ADT (agua disponible total).....	61
Figura 9. Diagrama de dispersión y recta de ajuste entre los respectivos valores de precipitación efectiva obtenidos mediante el modelo YIELD y un modelo propuesto para la región.	86
Figura 10. Producción anual de maíz en grano.....	86
Figura 11. Imagen satelital del lugar de estudio.	86
Figura 12. Delimitación del área de estudio (País, provincia, cantón).	87
Figura 13. Zona a realizar el trabajo de investigación.	87
Figura 14. Interfaz del software Climwat – Estación Pichilingue.....	88
Figura 15. Selección del cultivo.....	88
Figura 16. Asignación del tipo de suelo.....	89
Figura 17. Patrón de cultivo.	89
Figura 18. Ciclo de la gestión de riesgo.	90
Figura 19. Riesgos de la producción.....	90

Resumen

Esta investigación tuvo la finalidad de evaluar el riesgo agroclimático en la finca “La Fortuna” ubicada en el cantón Urdaneta, de la provincia de Los Ríos, para proponer medidas de mitigación frente al daño agroclimático. La metodología para el desarrollo de esta investigación se basó en el uso de dos softwares diseñados por la FAO: Climwat / Cropwat; los cuales se usaron para obtener y procesar las variables climáticas, la información obtenida se sustenta a través de la base de datos del grupo Agromet de la FAO. El software Cropwat permite generar gráficos de las variables climáticas, del requerimiento de agua del cultivo, de la programación de riego; las cuales ayudan a evaluar las prácticas de riego del agricultor. Como resultado se observó que el valor promedio de temperatura máxima fue de 29,3 °C y la mínima de 20,8 °C, por ende, son óptimos para el desarrollo fenológico del maíz; el nivel de precipitación máxima fue de 433 mm y se encuentra dentro de los rangos apropiados para la especie productiva; la pérdida de humedad debido a la evapotranspiración registra un valor promedio de 2,71 mm / día y se requiere un total 131,3 mm / dec de agua para el riego.

Para lograr la reducción del riesgo agroclimático la finca debe de contar con los principios de las Buenas prácticas agrícolas, disponer de un programa de manejo integrado de plagas y enfermedades, realizar siembras con especies variadas y considerar la zona agroecológica.

Palabras clave: evapotranspiración, FAO, mitigación, riesgo agroclimático, temperatura.

Abstract

The purpose of this investigation was to evaluate the agroclimatic risk in the “La Fortuna” farm located in the Urdaneta town, Los Ríos - Province, to propose the mitigation measures against agroclimatic damage. The methodology that was used for the development of this research was based on the use of two softwares designed by FAO: Climwat / Cropwat; which were used to obtain and process climatic variables, the information that obtained is supported through the database of the FAO Agromet group. The Cropwat software allows to generate graphs of the climatic variables, water requirement of the crop, irrigation schedule; which help to evaluate the farmer's irrigation practices. As a result, it was observed that the average maximum temperature value was 29.3 ° C and the minimum was 20.8 ° C, therefore, they are optimal for the phenological development of corn; the maximum precipitation level was 433 mm and it is within the appropriate ranges for the productive species; moisture loss due to evapo-transpiration registers an average value of 2.71 mm / day and a total of 131.3 mm / ded of water is required for irrigation. 131,3 mm / ded water for the irrigation.

To achieve agroclimatic risk reduction, the farm must have the principles of Good agricultural practices, to have an integrated pest and disease management program, in order to carry out planting with various species and consider the agro-ecological zone.

Key words: evapotranspiration, FAO, mitigation, agroclimatic risk, temperature.

1. Introducción

1.1. Antecedentes del problema

En la zona sur de Tigray en Etiopía (África) se logró la identificación de áreas que pueden ser propensas a sequía severa. Según Tonini, Lasinio y Hochmair (2012) “esto se realizó por medio del análisis de imágenes satelitales en las cuales se realiza la transformación del Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) conocido como Diferencia Absoluta de NDVI calculado pixel por pixel”. En cambio, Jayanthi y Husak (2013) “plantearon un modelo probabilístico, el cual sirve para evaluar el riesgo de la sequía en los cultivos de maíz en Kenia, Malawi y Mozambique y cultivos de mijo en Nigeria”.

En Asia, Minamiguchi (2015) “realizó un análisis sobre el monitoreo operacional de las sequías y los cultivos usando imágenes satelitales con sistemas de información de la FAO y encontró un beneficio potencial para sistemas de alerta temprana”. En cambio, Shahid y Behrawan (2008) “ejecutaron una evaluación espacial sobre el riesgo de sequía en Bangladesh en la cual usaron el índice estandarizado de precipitación (ISP) en diferentes periodos de tiempo y generaron mapas de riesgo con enfoque de amenaza-vulnerabilidad”.

Finalmente, Nazarifar, Momeni, Kanani y Eslami (2014), crearon mapas de producción potencial para los cultivos de trigo en Irán, integrados a diferentes zonas de probabilidad de sequias según la duración e intensidad, utilizaron el Índice Estandarizado de Precipitación (ISP) y una regionalización con el Modelo de Zonificación Agroecológica (ZAE) de la FAO.

En Europa, Pistrika y Tsakiris (2007), plantean un método para definir y evaluar el riesgo de inundación y la vulnerabilidad de las áreas que son inundables. La metodología sugerida sigue tres pasos:

- Peligro anualizado incorporando probabilidades de ocurrencia y daños potenciales previstos.
- Vulnerabilidad (exposición y capacidad de afrontamiento) en áreas propensas a Inundación.
- Riesgo anualizado de inundación.

También Gobin, Tarquis y Dalezios (2013), analizan el avance de la investigación tanto en el análisis como en el manejo de riesgos climáticos que existen en la agricultura, y encontraron que en los últimos quince años han incrementado el número de estudios que modelan el impacto de variaciones en los valores medios de variables climáticas e incrementos de la frecuencia de eventos extremos en la producción agrícola.

Según Meza (2014) “los desastres climáticos son los principales generadores de la pobreza y hambre en América Latina y el Caribe en la cual alrededor de 37 millones de personas sufren de hambruna. El desarrollo sostenible y las metas de desarrollo de la región son amenazados por el riesgo de variabilidad y cambio climático”.

Meza (2014) menciona que la Organización de Naciones Unidas (ONU) para la Alimentación y la Agricultura deben de construir la resiliencia climática en la agricultura y las comunidades rurales por medio del vínculo creado con el desarrollo sostenible y el impacto en la seguridad alimenticia la sustentabilidad agrícola requiere la incorporación de gestión de riesgo climático, el Ministerio de Agricultura promueve la construcción de una cultura de prevención de los riesgos agrícolas. La FAO colabora en la afiliación de la Gestión del Riesgo Agroclimático cuya finalidad es que las lecciones de cooperación sean un apoyo para los que laboran en la creación de una agricultura climáticamente más resistente.

Según FENALCE (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya (2012), el maíz (*Zea mays*), es considerado a nivel mundial el cultivo más importante entre los diferentes cereales esto se debe a su producción (795.935.000 toneladas, durante los años 2009 - 2010, superando al trigo y al arroz), en la cual el 90 % es maíz amarillo y el 10 % maíz blanco. En el área de siembra ocupa el segundo lugar, con un aproximado de 140 millones de hectáreas, es sembrado en 135 países y se puede comercializar en el mercado internacional alrededor de 90 millones de toneladas. La Frailesca en Chiapas (México), presentó una disminución de la producción de maíz del 56 % estos últimos años, esta conducta podría relacionarse con el cambio climático, por lo cual se analizará este fenómeno.

Mora, Ramírez, Ordaz, Acosta y Serna (2015), mencionan que “el cambio climático por medio de las variaciones de temperatura y precipitación ha causado variaciones en la agricultura, estas dos variables influyen en el crecimiento y desarrollo de los cultivos”.

Según Nelson, Rosegrant, Koo, Robertson, Sulser, Zhu, Ringler, Msangi, Palazzo, Batka, Magalhaes, Valmonte, Ewing, y Lee (2014), la agricultura es frágil frente al cambio climático. Las altas temperaturas reducen la producción de cultivos. La variación de lluvias hace que aumente la probabilidad de fracaso en cosechas a corto plazo y reducción en las de a largo plazo. En algunas regiones mundiales algunos cultivos pueden salir beneficiados, el cambio climático genera impactos negativos en la agricultura y amenaza la seguridad alimentaria mundial. Las poblaciones en vías de desarrollo probablemente son las más afectadas, vulnerables y botines para la inseguridad alimentaria. La agricultura en el 2005 era el medio de dependencia económica para la población (dos mil quinientos millones de

personas) con esto aseguraban sus medios vitales, actualmente en las zonas rurales viven el 75 % de las personas con pocos recursos.

1.2. Planteamiento y formulación del problema

1.2.1. Planteamiento de problema

Las últimas décadas han presentado incremento de sequías desde el punto de vista agroclimático, las cuales afectan los sectores socio-económicos. En una investigación desarrollada por Donnari y Scian (1995) se menciona que “en América Latina se han realizado estudios importantes tanto en Argentina y México donde se puede resaltar un crecimiento del evento extremo como lo es la sequía en estos últimos años”.

Según Latorre (2011) Estados Unidos tiene centros de especialidad sobre la mitigación de la sequía; en estos centros se realiza seguimientos periódicos de este evento en las regiones más productivas, se trabaja con sensores remotos que utilizan índices de vegetación como el NDVI, se realiza un monitoreo acerca del estado de la vegetación para regular las diferencias desde el punto regional.

Según la Cepal (2012) el fenómeno natural de variabilidad climática La Niña procede por el enfriamiento por debajo de lo normal de las aguas del Océano Pacífico (tropical, central y oriental) frente a la zona costera de Perú, Ecuador y sur de Colombia, lo cual genera cambios en la reacción de los vientos y por ende las lluvias. Las precipitaciones se reducen cuando el evento es el Niño, el incremento en el país en zonas del Caribe y Andinas es favorecido por la Niña. Los daños ocasionados por la Niña alcanzan 11,2 billones de pesos equivalentes a 6.052 millones de dólares, de los cuales 6,9 billones de pesos (61 %), es afectación del acervo de capital productivo. Los daños totales suman un equivalente a 5,7 % del capital fijo anual en el país. En menor proporción fueron afectados otros sectores

como educación (el más golpeado entre los servicios sociales y administración pública) con 6,9 % de todos los daños; el sector energético (7,8 % de los daños totales), en especial la generación de energía que explica por sí sola 5 %; los sectores productivos (7,2 %), en especial el agropecuario, y los servicios de agua y saneamiento (4,7 %). El sector de la educación fue el menos afectado con 6,9 % de daños; el sector energético tuvo 7,8 % de daños, la generación de energía tuvo 5 %; los sectores productivos tuvieron 7,2 %, especialmente el agropecuario, servicios de agua y saneamiento obtuvieron 4,7 % de daños.

López (2016) comenta que Ecuador cuenta con la Estrategia Nacional de Cambio Climático la cual destina las actividades agropecuarias como uno de los sectores de adaptabilidad al cambio climático. También se desarrolló un Plan Nacional de Adaptación el cual incorpora políticas / programas con la finalidad de reducir la vulnerabilidad para poder aumentar la seguridad alimentaria, la cual tiene como objetivos específicos: garantizar la soberanía alimentaria para optimizar la gestión de recursos hídricos de forma sostenible, además analizar los riesgos climáticos y ambientales que causen afectaciones a las actividades de producción.

El cultivo de maíz durante las etapas de su desarrollo fenológico ha presentado complicaciones debido a la variación climática que existe en la zona ya sea por temperatura o precipitación y por lo tanto la producción de dicho cultivo no es aprovechada de manera correcta, con lo que por medio de esta investigación se plantea diseñar un plan de mitigación para reducir los daños.

1.2.2. Formulación del problema

¿Cuál es el riesgo agroclimático causado por las variaciones de la precipitación y temperatura durante el desarrollo fenológico del maíz en la finca La Fortuna ubicada en el cantón Urdaneta de la provincia de Los Ríos?

1.3. Justificación de la investigación

Las amenazas naturales y las crisis presentan consecuencias directas en el sector productor de alimentos, sobre la inocuidad y calidad de aquellos. Impiden el acceso a mercados, comercio y suministro alimenticio a diferentes ciudades. Comprimen los ingresos, finalizan los ahorros y deterioran los medios de vida de familias. La degradación ambiental aumenta debido a los impactos ambientales. La variabilidad y cambio climático componen amenazas sobre la seguridad alimenticia y nutricional (SAN), en la que se revela la inestabilidad de sistemas productivos actuales y la vulnerabilidad frente a los desastres. Es necesario cambiar el enfoque tradicional de respuesta reactiva frente a emergencias y desastres por un enfoque que abarque gestión y reducción del riesgo frente a desastres sobre la seguridad alimenticia y nutritiva (FAO, 2013).

Los desastres han aumentado y a futuro se espera un aumento en la exposición y vulnerabilidad que se vincula con el desarrollo económico y urbano que desarrollan el riesgo de desastres, los cuales se vinculan con el clima en un 88 % y por lo cual causan el 72 % de desgastes económicos. El segundo lugar en acontecimientos de desastres naturales lo ocupan algunas zonas de América Latina y el Caribe, después de Asia. Las tormentas desarrolladas en el Caribe y Centroamérica producen pérdidas económicas. Las inundaciones y las sequías en Sudamérica son más notables (Meza, 2014).

La variabilidad y el cambio climático son establecidos como continuos, sus extremos como amenazas para absorción de las pérdidas y la recuperación del impacto de los países. Las condiciones meteorológicas del año 2012 en Sudamérica afectaron el precio de producción, las sequías extremas provocaron

afectación en Europa y Estados Unidos lo cual provoco un alza de precios y este tuvo relación con las consecuencias en la seguridad alimentaria (FAO, 2013).

Los eventos extremos han tenido variaciones en magnitud y frecuencia debido al cambio climático, América Latina y el Caribe esperan un incremento de intensidad y frecuencia en olas de calor, los ciclones tropicales y huracanes, las sequías e inundaciones debido al cambio climático, el Golfo de México puede tener intensos huracanes y tormentas, en cambio en zonas de costa baja del Caribe puede subir el riesgo de inundaciones (FAO, 2014).

En la presente investigación, se evaluará el riesgo agroclimático producido en los cultivos de maíz en la finca “La Fortuna” ubicada en el Cantón Urdaneta de la provincia de Los Ríos, se realizará por medio de una ecuación matemática, la que permite estimar los valores de temperatura y precipitación, los mismo que servirán de apoyo para la creación del plan de mitigación.

El presente trabajo es pertinente para la ingeniería ambiental debido a que existe un riesgo ambiental, por la posibilidad que se produzcan eventos climáticos extremos tanto como aumento o descenso de temperaturas y precipitaciones. El aporte tecnológico y de ingeniería en el presente trabajo es el uso de dos softwares: Climwat que me permite descargar la base de datos climáticas y Cropwat que ejecuta la base de datos creando gráficos estadísticos.

1.4. Delimitación de la investigación

- **Espacio:** El trabajo de investigación que se llevará a cabo tendrá su desarrollo en la finca La Fortuna ubicada el cantón Urdaneta de la provincia de Los Ríos, sus coordenadas son $1^{\circ}30'41.5''$ S $79^{\circ}26'25.0''$ W. Ver Figura 11, Figura 12 y Figura 13.

- **Tiempo:** el tiempo que tomará dicho trabajo de investigación tendrá un tiempo aproximado de 4 meses.
- **Población:** la población a quienes va dirigido este trabajo investigativo será para las personas que cuenten con sectores agrícolas, con un total de 29.263 pobladores donde 15.063 son hombres y 14.200 son mujeres, según el último censo realizado en el año 2010 (INEC, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2016).

1.5. Objetivo general

Analizar el riesgo agroclimático mediante el uso del software Climwat y Cropwat para identificar las afectaciones durante el desarrollo fenológico del maíz (*Zea mays*).

1.6. Objetivos específicos

- Identificar los fenómenos climáticos que causan afectación en el desarrollo fenológico del cultivo del maíz mediante revisión bibliográfica.
- Determinar el riesgo agroclimático sobre la producción de maíz por medio del software Climwat y Cropwat.
- Diseñar un plan de mitigación para reducir los daños frente al riesgo agroclimático.

1.7. Hipótesis

El riesgo agroclimático causado en las plantaciones de maíz durante su desarrollo fenológico será bajo si se desarrolla con una temperatura al menos de 30 °C y una precipitación al menos de 1035,3 mm.

2. Marco teórico

2.1. Estado del arte

De la Casa (1999), evaluó la factibilidad del cultivo de papa de secano en la región central de la provincia de Córdoba (Argentina) mediante la evaluación agroclimática del riesgo de sequía y determinó que los resultados se obtienen por medio de información que corresponden al ciclo promedio del:

Régimen térmico: el ciclo del cultivo tiene 96 días y una temperatura de 18,3 °C.
Régimen hídrico: Evapotranspiración máxima (ET. Max): El valor es de 3,3 mm d-1 ciclo-1. Durante los 20 años se obtuvo un valor mínimo de 3,0 mm d-1 ciclo-1 y máximo de 4,0 mm d-1 ciclo-1. El rango de ET. Max es de 96 mm ciclo-1.
Precipitación efectiva: se aprecia en la Figura 9 la relación entre la PP. Efec estimada por el modelo YIELD, el ajuste establecido es significativo [$F(1,18)=37,39$; $p<0,00001$; Error Estándar de Estimación = 31,1 mm].

La frecuencia de condiciones favorables para el cultivo de secano calificó a la región como adecuada para la producción del cultivo de secano, debido a que el tratamiento tiene como resultado 55 % de ciclos abortados y 45 % de ciclos productivos posibles; el estudio de 9 ciclos, ayudo a definir la frecuencia por intervalos entre el Rendimiento Estimado y Potencia (YA1 / YMP), y se evaluó en cada caso la disminución causada por el estrés hídrico. Ver Tabla 5.

Brenda Estudillo (2016), analizó el cambio climático y su impacto en la producción de maíz en la Región Socioeconómica VI - Frailesca, Chiapas, mediante el uso de información de producción temporal, de la estación climática de primavera - verano perteneciente al período de 1999 – 2012 y determinó que debido a bajas precipitaciones anuales se provoca un descenso en la producción y causa pérdidas

en la superficie sembrada. En la Figura 10 se observa el comportamiento de la producción anual de maíz en grano en la región de estudio.

García, Posada y Läderach realizaron las “recomendaciones para la regionalización del cultivo de café en Colombia: una propuesta metodológica basada en índices agroclimáticos”, mediante el uso de una línea de base e indicadores bioclimáticos y determinaron que los resultados obtenidos de 6 componentes representaron el 86 % de la variabilidad que se atribuyen a las 24 variables. El componente 1 manifestó el 34 % en la variación final, la cual abarca gran cantidad de los indicadores bioclimáticos. El 2 manifiesta el 21,5 % de la variación y estaba compuesto por 6 indicadores bioclimáticos. Del 3 al 6 detallaron 11.7, 7.5, 6.6 y 5.0 % de la variación en respectivo orden. El 5 representados por indicadores topográficos de aspecto y sombra.

El análisis de Cluster toma en cuenta los 6 componentes. En el experimento se consideró 40 combinaciones para 39 grupos con 100 procesos repetidos para cada uno. El grupo agroclimático 12 (ACG 12) expondrá tres situaciones:

- 75 % del valor medio del índice de similitud y fluctuación menor en el rango de los grupos y los valores extremos fueron 64 y 90 %.
- 2,47 % representa el valor medio del índice de calidad, el cual tiene una variación mínima.
- El 78.9 % de variabilidad explicada tendrá una fluctuación con un rango entre 77.5 y 79.5 % García, Posada y Läderach (2014).

Carlos Felipe Torres Triana (2017), realizó la evaluación del riesgo agroclimático en el cultivo de maíz (*Zea mays*) en los departamentos de Córdoba y Meta, por medio del cálculo con la normal climatológica 1981 - 2010; los datos meteorológicos a escala diaria fueron proporcionados por el Instituto De Hidrología, Meteorología y

Estudios Ambientales (IDEAM) y determino que los datos se llevan de escala diaria a mensual, debido a que la componente de clima del software Aquacrop usa datos diarios de las variables meteorológicas, para poder obtener promedios mensuales, realizar la identificación climática de las zonas y calcular las normales climatológicas de: precipitación, temperatura media, temperatura máxima, temperatura mínima, brillo solar y humedad relativa.

Basualdo, Forte, Heinzenknecht y Aiello (2001), efectuaron la determinación de un índice de riesgo agroclimático para cultivos en Argentina, usando los niveles de requerimiento de agua del cultivo (RAC) y determinaron durante el periodo de 1961 - 1980 se detalla una zona de riesgo mínimo ($RAC < 0.1$) al norte de Córdoba y el riesgo bajo ($RAC < 0.3$) se extiende hacia el sur y este de la misma provincia, extremo sur de Santa Fe y extremo norte de Buenos Aires. Durante 1981 - 2000 la zona de bajo riesgo se expande y ocupa casi toda la provincia de Córdoba, el sur y el este de Santa Fe, también parte del noroeste Bonaerense y el extremo noreste de La Pampa. Además, observaron una disminución del RAC en Tandil y Mar del Plata, representando un riesgo bajo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Amenaza

La amenaza es un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que puede causar muerte, golpes u otros daños a la salud, también puede provocar perjuicios a la propiedad, pérdida de medios de sustento y de servicios, perturbaciones sociales y económicas incluyendo daños ambientales. La amenaza se puede determinar en función de intensidad y frecuencia (CIIFEN, Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño, 2017).

2.2.2. Vulnerabilidad

La Vulnerabilidad es el conjunto de las características y las situaciones de una comunidad o sistema los cuales los hacen susceptibles a los efectos de daños que pueda provocar una amenaza. La vulnerabilidad se compone de factores como la exposición, susceptibilidad y resiliencia. A continuación, se expresa su fórmula (CIIFEN, 2017).

$$\text{Vulnerabilidad} = \text{exposición} \times \text{susceptibilidad} / \text{resiliencia}$$

2.2.3. Riesgo

El riesgo se forma por la combinación de la posibilidad de que se genere un evento y que sus consecuencias sean negativas. Los elementos que componen son la amenaza y la vulnerabilidad. A continuación, se detalla la fórmula de Riesgo (CIIFEN, 2017):

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

2.2.4. Exposición

La exposición es el estado de desventaja a través de la ubicación, posición o localización de un sistema que está expuesto al riesgo (CIIFEN, 2017).

2.2.5. Susceptibilidad

La susceptibilidad es el nivel de fragilidad interna de un sujeto, objeto o sistema para afrontar una amenaza y recibir un impacto debido a al suceso de un evento adverso (CIIFEN, 2017).

2.2.6. Resiliencia

La resiliencia es la capacidad de un sistema o sociedad arriesgadas a posibles amenazas con la finalidad de poder resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de los efectos de manera adecuada y eficaz, incluye la conservación y el restablecimiento de estructuras y funciones básicas (CIIFEN, 2017).

2.2.7. Relieve

El relieve es el conjunto de variabilidad de formas que adopta la corteza terrestre son generadas por movimientos de placas tectónicas o por acción de agentes externos como lo son lluvia, viento, olas del mar e incluso el hombre, por largos espacios de tiempo lo cual lo erosionan y lo modelan (Polanco, 2016).

2.2.8. Clima

El clima es el grupo de fenómenos meteorológicos, como lo son temperaturas medias, precipitaciones medias, vientos dominantes, los cuales caracterizan el estado medio de la atmósfera por un periodo largo de tiempo (aproximadamente 30 años) en alguna zona del planeta (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable; Subsecretaría de Desarrollo y Fomento Provincial; Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública, 2011).

2.2.9. Tiempo meteorológico

El tiempo meteorológico es como se encuentra la atmósfera en un determinado día, semana o mes. El tiempo tiene las siguientes características la humedad, la temperatura, la presión, las precipitaciones y la nubosidad en un determinado

momento y lugar (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable; Subsecretaría de Desarrollo y Fomento Provincial; Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública, 2011).

2.2.10. Variabilidad climática

El clima presenta variaciones que se pueden desarrollar de un mes a otro, de un año a otro o bien en escalas temporales más extensas, como de una década a otra década.

En la variabilidad climática se puede considerar que las variables climáticas (temperatura y precipitación media, entre otras) difieren el estado promedio puede ser por encima o por debajo de ese valor (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable; Subsecretaría de Desarrollo y Fomento Provincial; Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública, 2011).

2.2.11. Cambio climático

El cambio climático es una varianza en la tendencia de las variables climáticas y en su variabilidad, la cual se caracteriza por presentar un suave crecimiento o decrecimiento del valor promedio durante un período determinado (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable; Subsecretaría de Desarrollo y Fomento Provincial; Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública, 2011).

2.2.12. Adaptabilidad al cambio climático

La adaptación al cambio climático son los arreglos en sistemas ecológicos, sociales o económicos que son generados en contestación a los estímulos climáticos y a efectos o impactos que se pueden producir. También se puede relacionar a las modificaciones en los procesos, prácticas y estructuras con la finalidad de frenar los daños potenciales o a su vez para aprovechar las oportunidades relacionadas al cambio climático (Secretaría de Ambiente y

Desarrollo Sustentable; Subsecretaría de Desarrollo y Fomento Provincial; Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública, 2011).

2.2.13. Suelos

El suelo es el medio natural donde las plantas realizan su crecimiento. También se lo define como un organismo natural que consiste en capas terrestres (horizontes del suelo) las cuales están compuestas por materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua.

El suelo es el resultado final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios), el suelo difiere del material parental que se encuentra en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas (FAO, 2019).

2.2.14. Amenaza hidrometeorológica

Los fenómenos hidrometeorológicos son aquellos que su origen tiene un elemento en común como lo es el agua. Estos fenómenos ocasionan efectos negativos en las esferas ambiental, económicas y sociales, en especial en sitios de alto riesgo, donde las poblaciones son vulnerables (SPC, Secretaría de Protección Civil, 2017).

2.2.15. Riesgo agroclimático

El riesgo agroclimático es la probabilidad de que sucedan pérdidas de calidad en una actividad agropecuaria por acción de fenómenos climáticos. Está vinculado con la probabilidad de que suceda un evento que cuente con la disminución en la producción que origina ese evento (MGAP, Ministerio de Ganadería y Pesca, 2005).

2.2.16. Peligro

Peligro es la amenaza o probabilidad de que suceda un fenómeno perjudicial en un lugar y período de tiempo determinado.

2.2.16.1. Tipos de peligros

2.2.16.1.1. Peligros naturales

Se considera como peligro natural a aquellos fenómenos físicos que son causados por sucesos de aparición lenta o repentina. Estos pueden ser geofísicos (terremotos, derrumbes, tsunamis, y erupciones volcánicas), hidrológicos (avalanchas e inundaciones), climatológicos (ciclones y tormentas) y biológicas (epidemias y plagas de animales).

2.2.16.1.2. Peligros tecnológicos o producidos por el hombre

Se puede definir como peligros tecnológicos o producidos por el hombre a aquellos eventos que son causados por el hombre y se desarrollan cerca o dentro de asentamientos humanos y pueden causar degradación ambiental, contaminación y accidentes (IFRC, International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2016).

2.2.17. Exposición

La exposición es la cuantificación de la localización de un sistema con relación a un peligro determinado, lo que lo hace vulnerable o susceptible a sufrir daños. La cuantificación se la determina por medio del número de elementos vulnerables de distintos tipos expuestos al fenómeno. Se considera que en determinadas situaciones la exposición será inferior a la duración de la intensidad debido a que hay capacidad para emplear medidas de autoprotección (MOUDS, Módulos Universitarios en Ciencia del Desarrollo Sostenible, 2016).

2.2.18. Desastre

Conjunto de daños y pérdidas, en la salud, fuentes de sustento, hábitat físico, infraestructura, actividad económica y medio ambiente, que ocurre a consecuencia del impacto de un peligro o amenaza cuya intensidad genera graves alteraciones en el funcionamiento de las unidades sociales, sobrepasando la capacidad de respuesta local para atender eficazmente sus consecuencias, pudiendo ser de origen natural o inducido por la acción humana (CENEPRED, El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2019).

2.2.19. Impacto ambiental

Impacto ambiental es la variación del medio ambiente, que puede ser producida directa o indirectamente por un plan o acción en un área determinada, también es ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza (GRN, Gestión de Recursos Naturales, 2018).

2.2.20. Capacidad adaptativa

La capacidad adaptativa es el potencial que tiene un sistema para poder adaptarse a los diferentes estímulos climáticos los cuales se modifican para satisfacer las necesidades de su adaptación (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014).

2.2.21. Fragilidad

Indica las condiciones de desventaja o debilidad relacionadas al ser humano y sus medios de vida frente a un peligro, a mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad. Aquí se analizan las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno. Ejemplo: formas de construcción, no seguimiento de normativa vigente sobre construcción, materiales, entre otros (CENEPRED, El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2019).

2.2.22. Sensibilidad

La sensibilidad ambiental consiste en la evaluación de la fragilidad de un territorio con sus ecosistemas por sus condicionantes intrínsecas naturales, ante la posible afectación por algún tipo de actividad antrópica o por fenómenos naturales. Para elaborar el mapa de sensibilidad ambiental se consideraron diferentes mapas temáticos de características biofísicas como: ecosistemas, acuíferos, sitios Ramsar y reservas de biósfera; y los mapas de amenazas por inundaciones y deslizamientos (MARN, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017).

2.2.23. Inundación

Las inundaciones son ocasionadas por intensas lluvias en periodos largos, estas causan exceso hídrico en el área, la entrega de agua excede la capacidad de absorción y drenaje del mismo sistema causando la saturación de los suelos (Andersen, 2017).

2.2.24.1. Tipos de inundaciones

2.2.24.1.1. Inundaciones ribereñas

Se originan por las crecidas estacionales de los ríos.

2.2.24.1.1. Inundaciones pluviales

Están asociadas con la ocurrencia de tormentas y lluvias intensas en un período corto.

2.2.24. Sequía

Es la escasez de lluvias durante período largos (meses o años), en relación con la media estadística multianual de la región en cuestión; puede generar otros desastres: inseguridad alimentaria, hambrunas, malnutrición, epidemias y desplazamientos de poblaciones (Sánchez, Nicholaidis, & Couto, 1982).

2.2.24.1. Tipos de sequías

2.2.24.1.1. Sequía meteorológica

Ocurre cuando la lluvia es menor de lo que ocurre en cantidades normales, según el promedio normal registrado en las estaciones meteorológicas (Ministerio de desarrollo rural y tierras, 2020).

2.2.24.1.1. Sequía agronómica

Es la falta de agua de lluvia que causa afectación durante el desarrollo de los cultivos, ocasionando pérdidas en la producción agrícola y en el forraje de los pastos naturales o implantados (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2020).

2.2.24.1.1. Sequía hidrológica

Es denominada así cuando los ríos, arroyos y lagunas bajan sus niveles, pueden llegar a secarse (Gobierno de España, 2020).

2.2.25. Granizo

Es un fenómeno atmosférico que se forma de agua congelada en forma de bola, es similar al hielo que se congela en las heladeras; precipita desde las nubes hasta la superficie y su medida oscila entre los 5 milímetros a los 50 milímetros de diámetro.

2.2.26. Helada

Es la disminución de la temperatura del aire a un valor igual o por debajo del punto de congelación del agua (0 °C). La cubierta de hielo, se origina por la sublimación del vapor de agua sobre los objetos (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2019).

2.3. Marco legal

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador.

Artículo No. 14

Reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Artículo No. 340.

El sistema nacional de inclusión y equidad social es el conjunto articulado y coordinado de sistemas, instituciones, políticas, normas, programas y servicios que aseguran el ejercicio, garantía y exigibilidad de los derechos reconocidos en la Constitución y el cumplimiento de los objetivos del régimen de desarrollo.

El sistema se articulará al Plan Nacional de Desarrollo y al sistema nacional descentralizado de planificación participativa; se guiará por los principios de universalidad, igualdad, equidad, progresividad, interculturalidad, solidaridad y no discriminación; y funcionará bajo los criterios de calidad, eficiencia, eficacia, transparencia, responsabilidad y participación.

El sistema se compone de los ámbitos de la educación, salud, seguridad social, gestión de riesgos, cultura física y deporte, hábitat y vivienda, cultura, comunicación e información, disfrute del tiempo libre, ciencia y tecnología, población, seguridad humana y transporte.

Artículo No. 389

El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.

El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El Estado ejercerá la rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley. Tendrá como funciones principales, entre otras:

1. Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano.
2. Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.
3. Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión.
4. Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.
5. Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.

6. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.
7. Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del Sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgo.

Artículo No. 390

Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad.

Artículo No. 395

La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.
3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.
4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

Artículo No. 396

El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente.

Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles.

Artículo No. 414

El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará

medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2.3.2. Decreto ejecutivo

Decreto ejecutivo No. 1815

El Decreto ejecutivo No. 1815 anunciado el 1 de Julio del 2009 y publicado en el Registro Oficial No. 636 el 17 de Julio del 2009, menciona lo siguiente:

Declarase como política de Estado la adaptación y mitigación al cambio climático, y establece que el Ministerio del Ambiente estará a cargo de la formulación y ejecución de la estrategia nacional y el plan que permita generar e implementar acciones y medidas tendientes a concienciar en el país la importancia de la lucha contra este proceso natural y antropogénico y que incluyan mecanismos de coordinación y articulación interinstitucional en todos los niveles del Estado (Derecho Ecuatoriano, 2019).

Decreto ejecutivo No. 495

El decreto ejecutivo No. 495 anunciado el 8 de Octubre del 2010 y publicado en el Registro Oficial No. 304 el 20 de Octubre de 2010, Decreta:

Art. 1.- Reemplácese el artículo 2 del Decreto 1815, publicado en el Registro Oficial No. 636 del 17 de julio del 2009, por el siguiente:

“Art. 2.- Las entidades, organismos y empresas del sector público, promoverán la incorporación progresiva de criterios y acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, así como de desagregación tecnológica, en sus proyectos y programas de pre-inversión e inversión, conforme con las directrices que emita el Ministerio del Ambiente. Los proyectos de inversión pública que tengan el potencial de reducir emisiones de gases de efecto invernadero potenciarán el aprovechamiento de las oportunidades que ofrecen los mercados internacionales de carbono y otros mecanismos nacionales e internacionales que faciliten la reducción de emisiones. El Estado, a través del Ministerio del Ambiente, registrará las acciones nacionales de mitigación e impulsará medidas de compensación que permitan apalancar recursos financieros adicionales y promuevan la desagregación tecnológica y el desarrollo de capacidades locales. Los proyectos de inversión mixta podrán contemplar que la contraparte distinta del Estado Ecuatoriano financie los estudios de reducción de emisiones cuyo beneficio se incorpore al proyecto en ejecución y al desarrollo de capacidades locales. En los casos en los que la participación en los mercados de carbono implique un excedente económico que sobrepase la reinversión necesaria como parte del mecanismo de implementación utilizado, entonces esos recursos serán distribuidos de la siguiente manera: 60 % para la entidad, organismo o empresa del sector público que actúe como proponente del proyecto, 30 % para el Ministerio del Ambiente y 10 % para el Ministerio Coordinador de Patrimonio” (Constitución de la República del Ecuador, 2010).

2.3.3. Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021; Toda una vida

Toda una vida implica una visión integral e integradora para que nadie, a lo largo de toda su vida, quede fuera o se quede atrás. En diez años, se logró recuperar la planificación para lograr mayor equidad y justicia social, ampliar las capacidades productivas y fortalecer el talento humano. La planificación es el medio a través del cual avanzaremos con pasos firmes hacia el desarrollo.

La importancia del enfoque territorial en el cumplimiento del Plan Nacional de Desarrollo

La equidad se construye con territorios seguros y resilientes, tanto en términos de convivencia ciudadana como reducción de vulnerabilidades, gestión de riesgos y adaptación al cambio climático.

Eje 1: Derechos para Todos Durante Toda la Vida

Tanto los efectos del cambio climático como el hecho de que el Ecuador sea un territorio susceptible de desastres de origen natural y antrópico, hacen que sea imperativa la transversalización de políticas de mitigación y adaptación al cambio climático, con énfasis en el Sistema Descentralizado de Gestión de Riesgos, como un mecanismo para mitigar el impacto de fenómenos naturales y otras emergencias (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (Senplades), 2017).

Objetivo 3:

La persistencia en el modelo tradicional, basado en la falsa concepción de la existencia de recursos infinitos, con patrones de consumo y producción no sostenibles –respecto a la deforestación y cambio de uso del suelo, pérdida de biodiversidad, reducción y contaminación de fuentes de agua, y a la erosión y desertificación de los suelos– agudizará inevitablemente los múltiples efectos negativos del cambio climático en la sociedad, con especial perjuicio a las mujeres, la economía y biodiversidad.

El Programa de Gobierno establece que “la Revolución Ecológica debe ser la consolidación del cambio de la matriz productiva y de la matriz energética, como base para la generación de empleo y riqueza, reduciendo las emisiones que contribuyen al cambio climático y garantizando la conservación y el mantenimiento de nuestro patrimonio natural”.

Directrices y lineamientos territoriales

Lineamientos territoriales para cohesión territorial con sustentabilidad ambiental y gestión de riesgos - Gestión del hábitat para la sustentabilidad ambiental y la gestión integral de riesgos.

- Promover buenas prácticas ambientales y de diseño urbanístico como medidas de adaptación y mitigación al cambio climático y los fenómenos meteorológicos y oceanográficos extremos, priorizando la seguridad de la población y mejorando su resiliencia, tanto como el equipamiento y la infraestructura más vulnerable.
- Incorporar medidas para desarrollar la resiliencia en las poblaciones ante los efectos negativos del cambio climático y de las amenazas de origen natural, según el tipo y nivel de riesgo, principalmente en los espacios marítimos jurisdiccionales, la zona costera y en las comunidades más vulnerables.

2.3.4. Acuerdo Ministerial

Acuerdo Ministerial No. 095

El Acuerdo Ministerial No. 095 anunciado el 19 de Julio del 2012 y publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 9 el 17 de Junio del 2013, expide que:

La Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador como una herramienta de planificación intersectorial, cuyos mecanismos de implementación son los planes nacionales de: Mitigación, Adaptación, Creación y Fortalecimiento de condiciones (MAE, 2012).

2.3.5. Acuerdo de París sobre el cambio climático

El Acuerdo de París es un acuerdo mundial sobre el cambio climático que se alcanzó el 12 de diciembre de 2015 en París. El acuerdo presenta un plan de actuación para limitar el calentamiento del planeta muy por debajo de 2 °C, y cubre el periodo posterior a 2020.

Elementos del nuevo Acuerdo de París:

- **Objetivo a largo plazo:** los gobiernos acordaron mantener el incremento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales y seguir trabajando para limitarlo a 1,5 °C.
- **Contribuciones:** antes de la Conferencia de París, y durante esta, los países presentaron planes generales nacionales de actuación contra el cambio climático para reducir sus emisiones.
- **Ambición:** los gobiernos acordaron comunicar cada cinco años sus contribuciones para fijar objetivos más ambiciosos.
- **Transparencia:** también aceptaron informarse mutuamente y dar cuenta a la sociedad del grado de cumplimiento de sus objetivos, para garantizar la transparencia y la supervisión.
- **Solidaridad:** la UE y otros países desarrollados seguirán financiando la lucha contra el cambio climático para ayudar a los países en desarrollo tanto a reducir sus emisiones como a aumentar la resiliencia ante los efectos del cambio climático (CONSILIUM, Consejo Europeo Consejo de la Unión Europea, 2019).

2.3.6. Código Orgánico Ambiental -Libro cuarto del cambio climático, Título I del cambio climático, Capítulo I Disposiciones Generales.

Artículo 247. Objeto

El presente libro tiene por objeto establecer el marco legal e institucional para la planificación, articulación, coordinación y monitoreo de las políticas públicas orientadas a diseñar, gestionar y ejecutar a nivel local, regional y nacional, acciones de adaptación y mitigación del cambio climático de manera transversal, oportuna, eficaz, participativa, coordinada y articulada con los instrumentos internacionales ratificados por el Estado y al principio de la responsabilidad común pero diferenciada.

Las políticas nacionales en esta materia serán diseñadas para prevenir y responder a los efectos producidos por el cambio climático y contribuirán a los esfuerzos globales frente a este fenómeno antropogénico.

Artículo 248. Fines

Los fines del Estado en materia de cambio climático serán:

1. Prevenir y evitar la ocurrencia de los daños ambientales y con ello reducir los efectos del cambio climático.
2. Desarrollar programas de educación, investigación, desarrollo, desagregación y transferencia de tecnología sobre el cambio climático.
3. Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos del cambio climático.
4. Regular y controlar las acciones y medidas para la adaptación y mitigación del cambio climático.
5. Coordinar, implementar y aplicar la política nacional sobre cambio climático, por parte de las instituciones del Estado y sus diferentes niveles de gobierno en el ámbito de sus competencias.

6. Impulsar el desarrollo sostenible en los modelos de gestión y planificación territorial a nivel local, regional y nacional.
7. Establecer mecanismos para la gestión de riesgos y desastres o emergencias ocasionadas por efectos del cambio climático.
8. Garantizar el acceso oportuno a la información necesaria para gestionar adecuadamente el riesgo a través de medidas de adaptación y mitigación.

Artículo 249. Prioridades en la gestión del cambio climático

Las medidas y acciones para la gestión del cambio climático, considerarán prioritariamente reducir y minimizar las afectaciones causadas a las personas en situación de riesgo, grupos de atención prioritaria y con niveles de pobreza, a la infraestructura, proyectos nacionales y estratégicos, a los sectores productivos, a los ecosistemas y a la biodiversidad.

2.3.7. Protocolo de Kioto

El Protocolo de Kioto fue creado para reducir las emisiones totales de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero de los países industrializados en al menos un 5 % respecto de los niveles de 1990 durante el periodo de compromiso de 2008 a 2012. El Protocolo, cuya apertura para la firma se produjo en marzo de 1998, entró en vigor el 16 de febrero de 2005, siete años después de haber sido negociado por 160 países (Jackson, 2007).

Es un instrumento para poner en práctica lo acordado en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Fue inicialmente adoptado el 11 de diciembre de 1997 en Kioto, Japón, pero entró en vigor hasta 2005. La decimoctava Conferencia de las Partes sobre cambio climático (COP18) ratificó el segundo periodo de vigencia del Protocolo de Kioto desde enero de 2013 hasta diciembre de 2020 (Gobierno de México, 2016).

El protocolo ha logrado:

1. Que los gobiernos suscribientes establezcan leyes y políticas para cumplir sus compromisos ambientales.
2. Que las empresas tengan al medio ambiente en cuenta al tomar decisiones de inversión.
3. Fomentar la creación del mercado del carbono, cuyo fin es lograr la reducción de emisiones al menor costo.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático fue firmada por el Gobierno de México en 1992 y ratificada ante la Organización de las Naciones Unidas en 1993. El protocolo entró en vigor el 16 de febrero de 2005 para las naciones que lo ratificaron, entre ellas México, que lo hizo en el año 2000.

Además de los compromisos de mitigación de los países desarrollados, el Protocolo de Kioto promueve el desarrollo sustentable de los países en desarrollo. México tiene el quinto lugar a nivel mundial en desarrollo de proyectos MDL (Mecanismo para Desarrollo Limpio) en las áreas de recuperación de metano, energías renovables, eficiencia energética, procesos industriales y manejo de desechos, entre otros (Gobierno de México, 2016).

El 26 de Julio del 2016, Ecuador se suscribió al Acuerdo de París bajo la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, que reemplazará al Protocolo de Kioto. Con esta acción, el Estado ecuatoriano, coherente con su vocación de protección ambiental y sus propuestas de

vanguardia en el proceso geopolítico de la lucha contra el cambio climático, se suma a los 175 países del mundo que han firmado dicho Acuerdo.

Para entrar en vigor, el Acuerdo de París debe contar con la ratificación, aceptación, aprobación o adhesión de al menos 55 Estados Parte, cuyas emisiones sean equivalentes al 55 % de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial.

A pesar de ser responsable de apenas el 0.15 % de emisiones mundiales, el Ecuador desempeñó un papel importante en el proceso de negociaciones de la COP21 en la cual, como Presidente Pro Témpore de la Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños – CELAC, y como miembro activo del Grupo de Países en Desarrollo de Pensamiento Afín – LMDC y de la Alianza Bolivariana para los Pueblos de Nuestra América – ALBA, defendió el principio de “Responsabilidades comunes pero Diferenciadas” que debería ser asumido por los Estados Parte (MAE, 2016).

3. Materiales y métodos

3.1. Enfoque de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación realizada fue de tipo documental, ya que se recopiló información de diferentes fuentes bibliográfica, con la finalidad de lograr una mejor comprensión del tema, de donde se obtuvo lo necesario para el desarrollo sobre el riesgo agroclimático, además se realizó una simulación o representación de datos por medio del software Climwat y Cropwat.

Para el desarrollo del tema se recopiló la información bibliográfica, con la cual se va a identificar como fue la influencia del riesgo agroclimático durante el desarrollo de la producción agrícola (maíz), por lo cual se realizó búsquedas teóricas relacionadas con el tema a desarrollar.

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación realizada fue no experimental, debido a que se realizó la recopilación u obtención de la información desde varias fuentes sin involucrar a las variables y se obtuvo datos desde diferentes sitios bibliográficos o medios investigados.

3.2. Metodología

3.2.1. Variables

3.2.1.1. Variable independiente

Con valores constante: radiación extraterrestre (mm día^{-1}), constante psicrométrica ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$), flujo del calor de suelo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$).

Con valores variados: temperatura ($^\circ\text{C}$), precipitación (mm), velocidad del viento (m s^{-1}), radiación neta ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$), presión real de vapor (kPa), presión de vapor de saturación (kPa), pendiente de la curva de presión de vapor ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$).

3.2.1.2. Variable dependiente

Evapotranspiración - ET_0 (mm día⁻¹).

3.2.2. Recolección de datos

Los datos para el desarrollo del proyecto fueron obtenidos de una base de datos que registra valores desde 1971 al 2000 mediante el software Climwat, el que proporcionó valores medios mensuales a largo plazo de siete parámetros climáticos: temperatura máxima y mínima diaria en ° C, humedad relativa media en %, velocidad media del viento en km / día, promedio de horas de sol al día, radiación solar media en MJ / m² / día, precipitación mensual y efectiva mensual en mm / mes, evapotranspiración de referencia es calculada por el método Penman - Monteith en mm / día.

La información que se obtuvo de la estación climática por medio del software Climwat se extrae de la base de datos del grupo Agromet de la FAO, para la investigación se usó la estación "Pichilingue".

El lugar de estudio fue la finca "La Fortuna" ubicada en el cantón Urdaneta en la provincia de Los Ríos, la cual tiene una extensión de 20 hectáreas, donde se usó las hectáreas de producción de maíz. Las coordenadas de la finca son 1°30'41.5" S 79°26'25.0" W.

3.2.2.1. Recursos

3.2.2.1.1. Recursos humanos

- Tutor: Oce. Leila Zambrano Zavala MSc.
- Investigador: Roberth Alexander Eras Parrales.

3.2.2.1.2. Recursos bibliográficos

- Artículos científicos
- Revistas, papers o posters científicos

- Sitios web
- Libros
- Blogs
- Entidades y organizaciones nacionales, locales y mundiales.

3.2.2.1.3. Recursos institucionales

- Universidad Agraria del Ecuador
- Laboratorios para la capacitación de estadística.
- Aulas de clases para la capacitación en redacción técnica.

3.2.2.1.4. Recursos tecnológicos

- Laptop
- Internet
- Celular
- Impresora
- Correo electrónico
- Pendrives

3.2.2.1.5. Software

- Windows 10
- Microsoft Office
- CropWat
- ClimWat

3.2.2.2. Métodos y técnicas

Para desarrollar la presente investigación se diseñó algunos objetivos, los cuales se debían realizar para poder conseguir la determinación del efecto de riesgo agroclimático producido en el cultivo de maíz.

- **Identificación los fenómenos climáticos que causan afectación en el desarrollo agropecuario del cultivo del maíz mediante revisión bibliográfica.**

Para poder realizar el cumplimiento de este objetivo, el cual se basó en la identificación de los riesgos de origen climático, se procedió a la recopilación de información bibliográfica / documental que se relacione con el tema, se buscó en diferentes páginas web, documentos, posters o artículos científicos, blogs, revistas, papers e incluso en páginas de Ministerios y Organizaciones.

- **Determinación el riesgo agroclimático sobre la producción de maíz por medio del software Climwat y Cropwat.**

Para poder lograr el desarrollo del segundo objetivo, que estuvo basado en la determinación del Riesgo Agroclimático, fue realizado por medio del uso de dos softwares desarrollado por la FAO cuyos nombres son Cropwat / Crimwat.

Cropwat es un software que requiere del apoyo de otro software llamado Climwat, del cual se obtienen los datos de las estaciones meteorológicas, los datos registrados van desde el año 1971 al 2000, en Ecuador los datos son sustentados a su base de datos por medio de Agrometeorological Group. Además, se usó para el cálculo de los requisitos de agua en los cultivos y los requisitos de riego en función de los datos de suelo, clima y cultivos; permitiendo el desarrollo de cronogramas de riego para diferentes condiciones de manejo y el cálculo del esquema de suministro de agua para diferentes patrones de cultivo; se pudo utilizar para evaluar las prácticas de riego de los agricultores y para estimar el rendimiento de los cultivos en condiciones de riego y de secano.

Climwat proporciono valores de algunas variables como lo son: Temperatura máxima diaria, temperatura mínima diaria, humedad relativa media, velocidad

media del viento, promedio de horas de sol al día, radiación solar media, precipitación mensual, precipitación efectiva mensual, evapotranspiración (calculada por el método Penman Monteith).

Por medio de las gráficas de barra que se generan en el software Cropwat se realizó el análisis de las variables, se caracterizó si hay aumento o disminución de temperatura - precipitaciones y con esto proceder a la creación del plan de mitigación frente al riesgo agroclimáticos.

- **Diseño del plan de acción para reducir los daños frente a la acción del riesgo agroclimático.**

Para poder realizar a cabalidad el tercer objetivo, el cual hizo referencia sobre diseño de acciones para prevenir y repararse frente a los riesgos agroclimáticos, esto se lo realizó mediante un plan de prevención u minimización, en el cual se detalló sobre:

- Principios para la gestión de riesgos: prevención, reducción, retención y transferencia.
- Gestión integral de riesgo: identificación de las amenazas, selección de las principales amenazas, estimación de pérdidas y daños, identificación y selección de las estrategias de Gestión de riesgo, adopción de las estrategias de Gestión de riesgo.
- Riesgos de la producción: actividades sísmicas, actividades volcánicas, clima y tiempo (déficit hídrico y sequías, exceso hídrico e inundaciones, frente frío y heladas, granizo, ola de calor, temporales, erosión de suelos, riesgo agroclimático).
- Mitigación de los riesgos agroclimáticos: medidas integrales de mitigación, medidas de prevención y mitigación para la producción de cultivos.

3.2.3. Análisis estadístico

3.2.3.1. Modelo matemático

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó el modelo matemático (ecuación) de la FAO Penman-Monteith, para el cálculo de la Evapotranspiración (ET_o), su fórmula se representa de la siguiente manera (FAO, 2013):

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

Donde:

ET_o = evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹).

R_n = radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m⁻² día⁻¹).

R_a = radiación extraterrestre (mm día⁻¹).

G = flujo del calor de suelo (MJ m⁻² día⁻¹).

T = temperatura media del aire a 2m de altura (°C).

u₂ = velocidad del viento a 2 m de altura (m s⁻¹).

e_s = presión de vapor de saturación (kPa).

e_a = presión real de vapor (kPa).

e_s - e_a = déficit de presión de vapor (kPa).

Δ = pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C⁻¹).

γ = constante psicrométrica (kPa °C⁻¹).

3.2.3.2. Gráficos de barra y líneas

Los gráficos de barras y líneas se los usó para la representación de los datos de variables climáticas obtenidas a través del software, los cuales ayudan a un mejor análisis sobre variables a estudiar.

4. Resultados

4.1. Identificación de los fenómenos climáticos que causan afectación en el desarrollo fenológico del cultivo del maíz mediante revisión bibliográfica.

Se realizó la búsqueda de información a través de sitios web, libros, revistas y artículos científicos; para lograr la identificación de los fenómenos climáticos, entre estos se encuentran los siguientes:

4.1.1. Viento

Este fenómeno en el cultivo de maíz ocasiona que sus hojas se plieguen transversalmente y se rasguen las puntas en ocasiones causan que los tallos se quiebren; suele tumbar la plantación y causa la caída de mazorcas y flores; también causan la reducción del crecimiento de la planta debido al daño mecánico.

4.1.2. Lluvia

Debido a las abundantes lluvias, la parte aérea de los cultivos de maíz se pudo ver afectada durante la etapa de la floración debido al derrame del polen.

4.1.3. Inundación

El maíz soporta un exceso de humedad en las regiones en que el suelo está por encima de su capacidad de campo durante largos períodos, lo cual limita el abastecimiento de oxígeno a las raíces, esto ocurre en suelos pesados y mal drenados. Los nuevos sistemas de producción en Asia y América del Sur, usan el maíz en rotación con arroz, en campos donde una capa impermeable de suelo limita el movimiento vertical del agua.

4.1.4. Sequías

Las sequías reducen el rendimiento del maíz alrededor de 15% por año en las tierras bajas tropicales y subtropicales, con esto llegan a causar pérdidas cercanas a 16 millones de toneladas de grano.

4.1.5. Temperatura

La temperatura óptima para el desarrollo fenológico del maíz está entre 30 °C a 34 °C en tierras bajas y de media altitud, para tierras altas está alrededor de 21 °C.

4.1.5.1. Altas temperaturas

En la planta de maíz reduce la transpiración y con esto se produce el cierre parcial de las estomas, la temperatura de la hoja puede llegar a 3 °C a 6 °C; si las estomas se cierran de manera total, la temperatura de la hoja puede ser hasta de 10 °C.

Ocurre la disminución de fotosíntesis, si la temperatura de la hoja > 40 °C, por causa del deterioro o interrupción en las membranas (fotoinhibición), el perjuicio es más severo en condiciones de alta radiación.

La fotoinhibición es reversible, aunque los daños son irreversibles si las altas temperaturas duran de manera prolongada o si la temperatura de las hojas > 45 °C, causando daños extremos como la muerte de los tejidos.

Tienen efecto sobre las raíces; las temperaturas por encima de 45 °C afectan en la producción de hormonas (ácido abscísico y citoquininas) y restringe el desarrollo de los cloroplastos y reduce la actividad fotosintética en los vástagos.

También tienen un efecto directo sobre la polinización ya que la viabilidad del polen se reduce cuando la temperatura es mayor de 35 °C, de tal manera que la formación del grano puede ser afectada. Las altas temperaturas después de la floración incrementan la tasa de llenado de los granos y acortan su duración de ese período.

4.2. Determinación del riesgo agroclimático sobre la producción de maíz por medio del software Climwat y Cropwat.

4.2.1. Obtención de los datos por medio del software Climwat

La obtención de datos climáticos fue por medio de un software diseñado por la FAO cuyo nombre es Climwat, la información fue tomada de la estación agrometeorológica “Pichilingue”, la cual está ubicada en la provincia de Los Ríos; a una altitud de 120 m, una longitud de 1°6'0" S y una latitud de 79°27'42" W; su código de identificación es M0006 y la institución propietaria de esta estación es el INAMHI, ver Figura 14. La información meteorológica adquirida fue representada por medio del software Cropwat de la FAO, a través de gráficos de barras se logró observar el comportamiento de cada variable.

4.2.2. Valores de las variables climáticas

Las variables climáticas que fueron obtenidas por medio del software Climwat, se muestran en la Tabla 1; de igual manera se muestra el valor del cálculo de la evapotranspiración (mm / día) y el promedio de cada variable descrita. A continuación, se detallará los valores promedios de las variables:

- Temperatura mínima: 20,8 °C.
- Temperatura máxima: 29,3 °C.
- Humedad (vapor de presión): 2,76 kPa.
- Velocidad del viento: 1,3 m / s.
- Horas de insolación: 1,8 horas.
- Radiación: 11,7 MJ / m² / día,

Para el cálculo de la evapotranspiración, se realizó de manera predeterminada por el software Cropwat, a través del modelo matemático de la FAO Penman-Monteith:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

Y el valor promedio obtenido fue de:

- Evapotranspiración = 2,71 mm / día.

Tabla 1. Datos de las variables climáticas.

Mes	Temp Min (°C)	Temp Max (°C)	Humedad (kPa)	Viento (m / s)	Insolación (horas)	Rad (MJ / m ² / día)	ET _o (mm / día)
Enero	21,5	29,8	2,87	1,3	2,6	13,1	2,95
Febrero	21,8	30,1	2,96	1,4	2,9	13,9	3,1
Marzo	21,9	30,7	3,05	1,4	2,7	13,7	3,1
Abril	21,9	30,6	3,02	1,3	3,3	14,2	3,16
Mayo	21,6	29,6	2,91	1,2	2,4	12	2,72
Junio	20,7	28	2,74	1,2	1,2	9,9	2,26
Julio	19,6	27,4	2,61	1,3	0,8	9,5	2,16
Agosto	19,5	28,1	2,57	1,3	1	10,3	2,4
Septiembre	19,9	28,9	2,56	1,2	1,2	11,1	2,66
Octubre	20,1	28,8	2,53	1,3	0,9	10,8	2,66
Noviembre	20,4	29,2	2,54	1,3	0,8	10,4	2,64
Diciembre	21,2	29,8	2,68	1,3	1,3	11	2,73
Promedio	20,8	29,3	2,76	1,3	1,8	11,7	2,71

CLIMWAT, 2020.

4.2.3. Precipitación mensual y precipitación efectiva

En la Tabla 2, se detalló los valores de la precipitación mensual y el cálculo de la precipitación efectiva; esta fue calculada por el método de “USDA Soil Conservation Service”, fue diseñado por el Unified Soil Classification System (USCS) y su ecuación es:

- $P. Ef = P. mensual * [(125 - 0.2 * P. mensual) / 125]$; se usa esta ecuación cuando $P. mensual \leq 250$ mm.
- $P. Ef = 125 + 0.1 * P. mensual$; se usa esta ecuación cuando $P. mensual > 250$ mm.

El valor total de la precipitación mensual fue de 2087,0 mm y de la precipitación efectiva fue de 1035,3 mm.

Tabla 2. Datos de la precipitación mensual.

Mes	Precipitación (mm)	Precipitación efectiva (mm)
Enero	414	166,4
Febrero	433	168,3
Marzo	425	167,5
Abril	360	161
Mayo	138	107,5
Junio	64	57,4
Julio	5	5
Agosto	12	11,8
Septiembre	16	15,6
Octubre	23	22,2
Noviembre	34	32,2
Diciembre	163	120,5
Total	2087	1035,3

CLIMWAT, 2020.

4.2.4. Selección del cultivo (maíz)

Se pudo observar los datos sobre el cultivo de maíz en la Figura 15; los mismos que hicieron referencia a fechas de siembra y cosecha del cultivo; valores del coeficiente de cultivo (Kc), etapas del crecimiento del cultivo (inicial, desarrollo, media, fin de temporada) indicada en días; profundidad radicular expresada en metros; la fracción del agotamiento de la humedad en el suelo; el factor de respuesta del rendimiento y de manera opcional la altura del cultivo descrita en metros. Estos datos se encuentran en el documento “Evapotranspiración del cultivo - Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos”, que fue diseñado por investigaciones de la FAO.

4.2.5. Selección del tipo de suelo

De acuerdo a la información mencionada en el “Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Urdaneta”, se logró obtener la información sobre la

calidad del suelo, en la que se indicó que el área cantonal posee una textura Franco Arcillosa; esta información fue importante para seleccionar el tipo de suelo dentro del programa Cropwat como se logra ver en la Figura 16, la información descrita acerca de los datos generales del suelo son referenciales, en base a estudios e investigaciones desarrolladas por la FAO.

4.2.6. Requerimiento de agua del cultivo (RAC)

La Tabla 3, mostró el Requerimiento de agua del cultivo en sus diferentes etapas de desarrollo fenológico; en la que se pudo observar la cantidad requerida de riego en milímetros cada diez días; la etapa media fue la que ocupó mayor cantidad de agua debido a que en esta fase el cultivo de maíz se encuentra en la formación de la mazorca y granos. El total de cantidad requerida de riego fue de 131,3 mm / dec.

Tabla 3. Requerimiento de agua del cultivo.

Mes	Década	Etapas	Kc (coef)	ETc (mm / día)	ETc (mm / dec)	Prec. efec (mm / dec)	Req. Riego (mm / dec)
May	1	Inic	0.30	0.86	8.6	41.7	0.0
May	2	Inic	0.30	0.82	8.2	35.7	0.0
May	3	Des	0.44	1.13	12.4	30.2	0.0
Jun	1	Des	0.68	1.65	16.5	24.8	0.0
Jun	2	Des	0.92	2.07	20.7	19.2	1.5
Jun	3	Med	1.10	2.45	24.5	13.4	11.1
Jul	1	Med	1.11	2.44	24.4	4.2	20.2
Jul	2	Med	1.11	2.41	24.1	0.0	24.1
Jul	3	Med	1.11	2.49	27.4	0.9	26.6
Ago	1	Fin	1.04	2.42	24.2	3.2	20.9
Ago	2	Fin	0.79	1.91	19.1	4.0	15.1
Ago	3	Fin	0.53	1.31	14.4	4.4	10.0
Sep	1	Fin	0.36	0.93	1.9	0.9	1.9
May	1	Inic	0.30	0.86	8.6	41.7	0.0
Total					226.3	182.8	131.3

CROPWAT, 2020.

4.2.7. Programación de riego

La programación de riego para el cultivo de maíz en sus diferentes etapas fue manifestada como balance diario de humedad en el suelo; se designó como fecha de siembra el 01 de Mayo y de cosecha el 02 de Septiembre; el tipo de suelo fue Franco rojizo; la eficiencia de riego de campo estuvo al 70 %; se seleccionó la opción de riego a agotamiento crítico y la aplicación del riego fue para reponer la capacidad de campo. Los riegos para el cultivo de maíz, según sus etapas de desarrollo fenológico se han diseñado de la siguiente manera:

- Para la Etapa inicial ver Tabla 6.
- Para la Etapa de desarrollo ver Tabla 7.
- Para la Etapa media ver Tabla 8.
- Para la Etapa final ver Tabla 9.

Los valores totales obtenidos en la programación de riego para el cultivo fueron los siguientes:

- Lámina brutal total de 157,3 mm.
- Lámina neta total de 110,1 mm.
- Pérdida total de riego de 0,0 mm.
- Uso real de agua del cultivo de 225,4 mm.
- Uso potencial de agua del cultivo 225,4 mm.
- Eficacia de la programación de riego 100 %.
- Deficiencia de programación de riego 0,0 %.
- Precipitación total de 219,3 mm.
- Precipitación efectiva de 89,4 mm.
- Pérdida total de precipitación de 129,8 mm.
- Deficiencia de humedad en cosecha de 25,8 mm.

- Requerimientos reales de riego de 135,9 mm.
- Eficacia de la precipitación de 40,8 %.

4.2.8. Patrón de cultivo

La Figura 17, muestra el patrón de cultivo; para esta investigación se seleccionó la especie maíz y no fue comparado con otra especie productiva; por lo tanto, el área de siembra que ocupa es de 100 %.

4.2.9. Módulo de abastecimiento del sistema

La Tabla 4, muestra el módulo de abastecimiento del sistema, en la que se detalló los valores de: déficit de precipitación, requerimientos netos del sistema, área irrigada y el requerimiento de riego del área real.

Tabla 4. Módulo de abastecimiento del sistema.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Déficit de Precipit.												
1. MAIZE (Grain)	0	0	0	0.0	0	12.6	70.8	46.0	1.9	0	0	0
Req. Netos sistema												
en mm / día	0	0	0	0	0	0.4	2.3	1.5	0.1	0	0	0
en mm / mes	0	0	0	0	0	12.6	70.8	46.0	1.9	0	0	0
en l / s / h	0	0	0	0	0	0.05	0.26	0.17	0.01	0	0	0
Área Irrigada												
(% del área total)	0	0	0	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	0	0	0
Req. de riego área real												
(l / s / h)	0	0	0	0	0	0.05	0.26	0.17	0.01	0	0	0

CROPWAT, 2020.

4.2.10. Análisis de los gráficos estadísticos

A partir de la información detallada anteriormente en este punto, se procedió al análisis de los gráficos estadísticos que fueron generados por el software Cropwat, para la determinación del riesgo agroclimático.

4.2.10.1. Temperaturas máximas y mínimas

Como se puede ver en la Figura 1, se muestra el valor de las Temperaturas máximas y mínimas mensuales; por lo tanto, la temperatura ambiental máxima fue de 30,7 °C registrada en el mes de Marzo y una temperatura mínima de 19,5 °C registrada en el mes de Agosto.

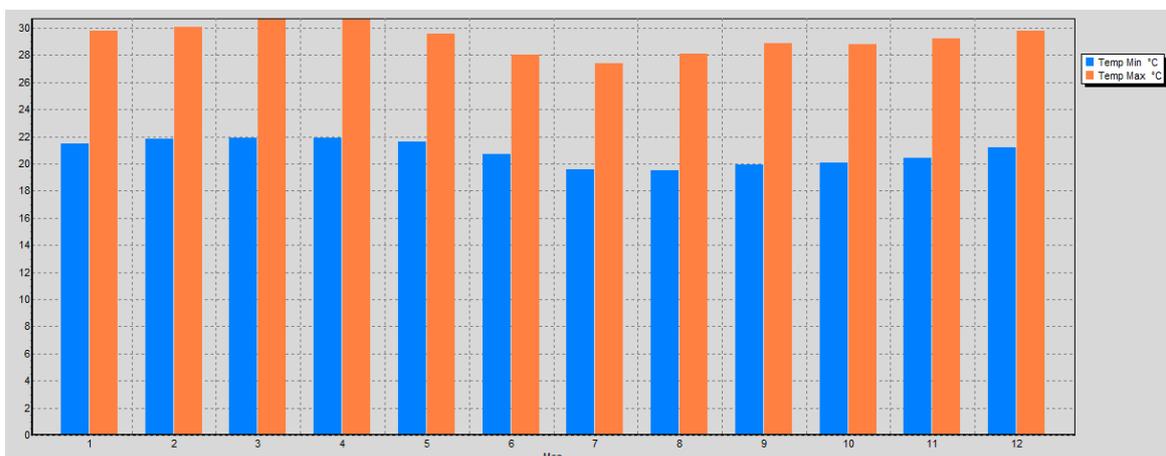


Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas. CROPWAT, 2020.

4.2.10.2. Humedad (presión de vapor)

En la Figura 2, se observan los datos sobre la presión de vapor, donde se registró que los altos niveles se encuentran en el mes de Marzo con un valor de 3,05 kPa y los bajos niveles en el mes de Octubre con 2,53 kPa.

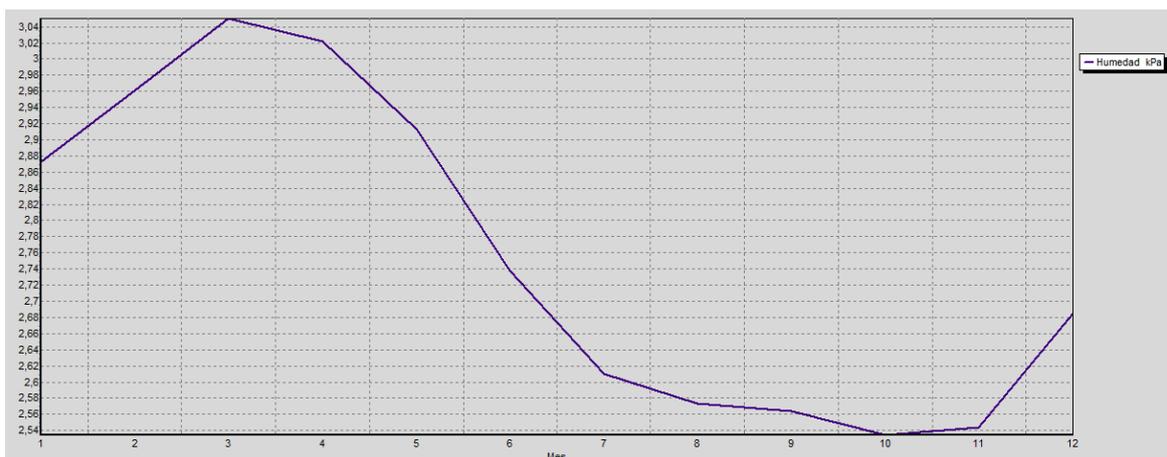


Figura 2. Humedad (vapor de presión).
CROPWAT, 2020.

4.2.10.3. Velocidad del viento

La Figura 3, indica que durante los meses de Febrero y Marzo hubo gran velocidad del viento y sus valores registrados fueron de 1,4 m / s, mientras que en los meses de Mayo, Junio, Septiembre la velocidad fue baja con un valor de 1,2 m / s.

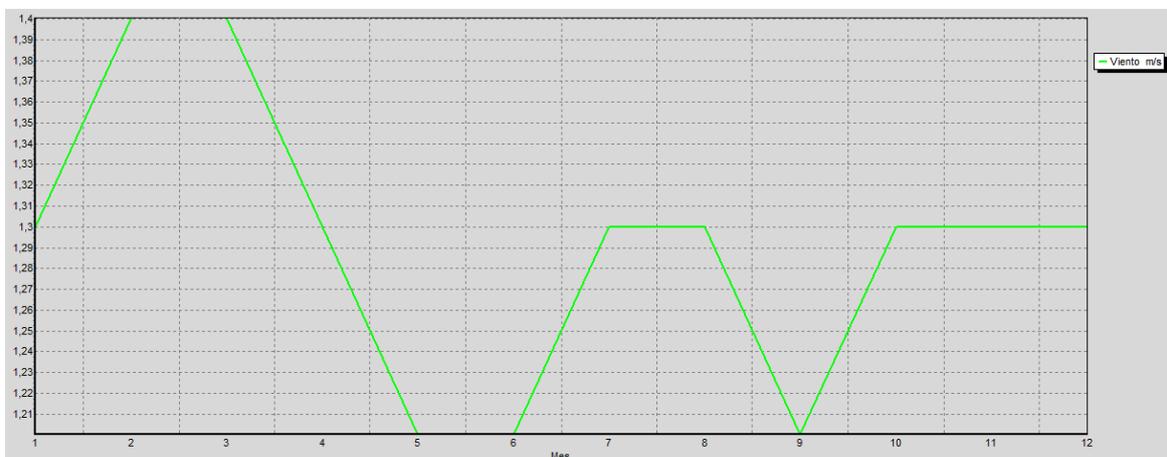


Figura 3. Velocidad del viento.
CROPWAT, 2020.

4.2.10.4. Horas de insolación

El mayor número de horas de insolación se registró en Abril con un total de 3,3 horas, el menor fue en el mes de Julio y Noviembre con un valor de 0,8 horas; se puede observar en la Figura 4.

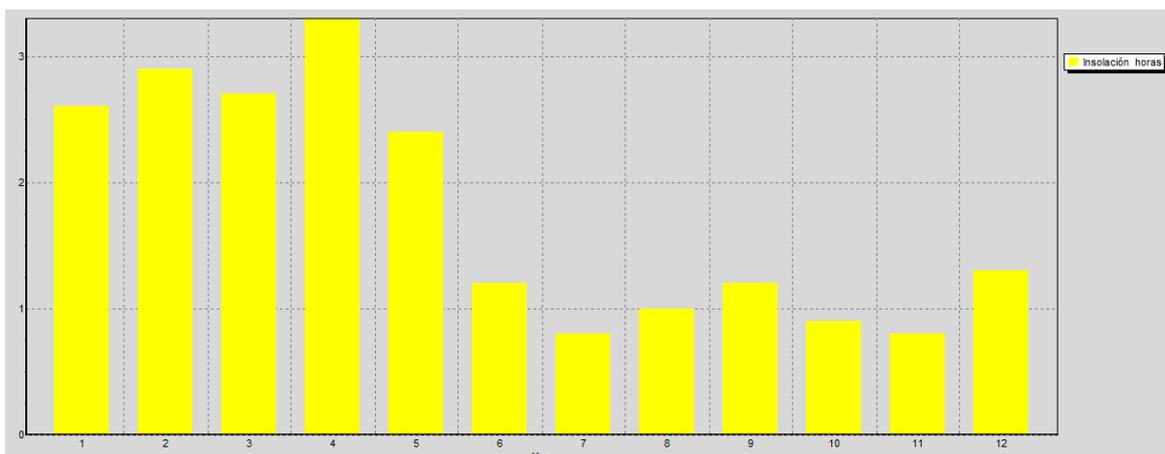


Figura 4. Horas de insolación.
CROPWAT, 2020.

4.2.10.5. Radiación y evapotranspiración

La estación meteorológica registro un alto nivel de radiación durante el mes de Abril con un valor de $14,2 \text{ MJ} / \text{m}^2 / \text{día}$ y bajo nivel para el mes de Julio con $9,5 \text{ MJ} / \text{m}^2 / \text{día}$. Las pérdidas altas de humedad por la evapotranspiración se presentaron en el mes de Abril con un registro de $3,16 \text{ mm} / \text{día}$ y las pérdidas bajas fueron en el mes de Julio con una valor de $2,16 \text{ mm} / \text{día}$; tal como se ve en la Figura 5.

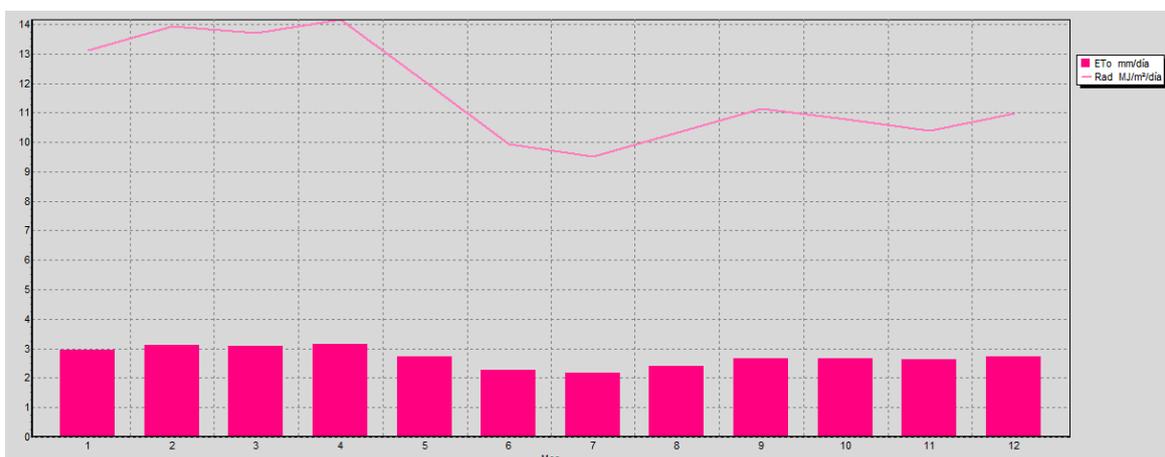


Figura 5. Radiación y evapotranspiración.
CROPWAT, 2020.

4.2.10.6. Precipitación mensual y precipitación efectiva

En la Figura 6, se muestran los datos de la precipitación mensual, en la que se observó que durante el mes de Febrero se registró un valor alto de 433 mm y para

mes de Julio se mostró un mínimo de 5 mm; usando los datos de la precipitación mensual se ejecutó el cálculo la precipitación efectiva y por ende, se detalló que el Febrero presentó 168,3 mm y Julio registró 5 mm.

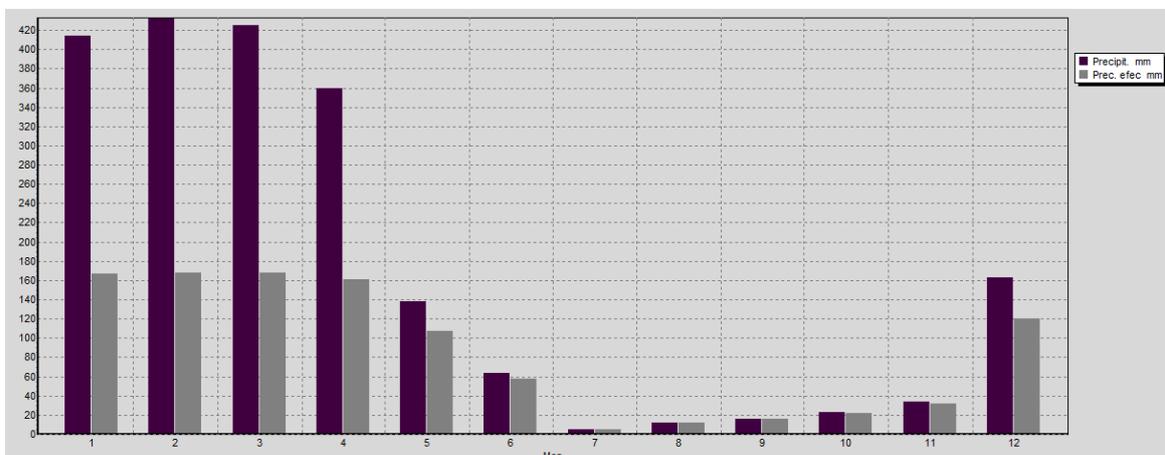


Figura 6. Precipitación mensual y precipitación efectiva. CROPWAT, 2020.

4.2.10.7. Requerimiento de agua y la evapotranspiración del cultivo

El requerimiento de agua en las diferentes etapas del desarrollo fenológico del cultivo de maíz se puede apreciar en la Figura 7, además se logró visualizar que para la etapa media, correspondiente al mes de Julio, se requirió gran cantidad de agua, debido a que en esta etapa ocurre la formación de la mazorca y los granos. La cantidad total de agua requerida para el riego es de 131,3 mm / dec.y el mes de Julio ocupó una cantidad de 70,9 mm / dec; el riego es cada diez días (decadiario).

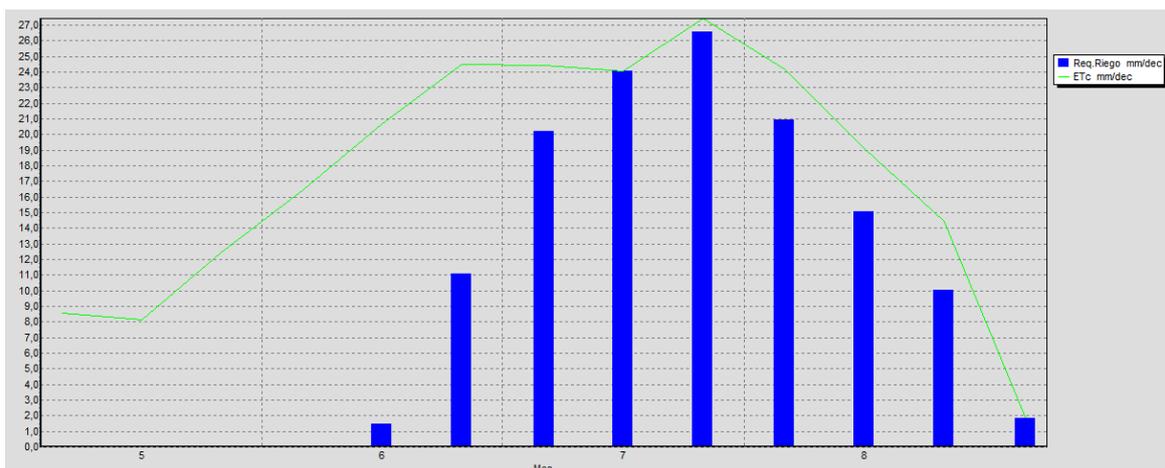


Figura 7. Requerimiento de agua y la evapotranspiración del cultivo. CROPWAT, 2020.

4.2.10.8. Programación de riego – AFA (agua fácilmente aprovechable) y ADT (agua disponible total)

La Figura 8, detalló cómo fue la programación del riego cuando la capacidad del campo se agota al 100 % y como debe de ser la aplicación del riego para reponer la capacidad total del campo; la eficacia del riego cumple con un 70 %.

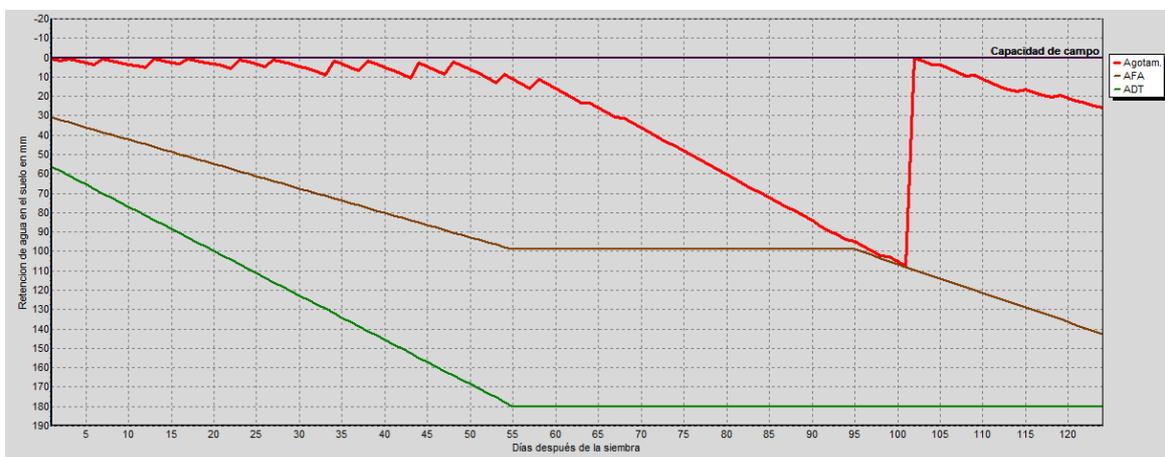


Figura 8. Programación de riego – AFA (agua fácilmente aprovechable) y ADT (agua disponible total). CROPWAT, 2020.

4.2.11. Determinación del riesgo agroclimático

Basándose en los análisis planteados en este objetivo, se mencionó que el riesgo agroclimático para el área de estudio Finca “La Fortuna”, es bajo, ya que cumplió

las condiciones adecuadas para que el maíz tenga un buen desarrollo fenológico durante su ciclo productivo; debido a que las condiciones óptimas de temperatura son como mínima 10 °C y máxima 30 °C. Con respecto a la de precipitación debe de tener valores de 500 a 700 mm durante el ciclo de cultivo, Ver Tabla 10.

Los datos climáticos obtenidos, registran que en la zona de estudio la temperatura máxima es 30,7 °C y la mínima es 19,5 °C; los niveles de precipitación tienen un valor máximo de 433 mm y mínimo de 5 mm. Debido a los bajos niveles de precipitación ocurridas en la Época seca puede existir escasez de agua generando sequías, mientras que para la Época húmeda puede existir inundaciones debido al incremento del caudal de los ríos.

4.3. Diseño de un plan de mitigación para reducir los daños frente al riesgo agroclimático.

El plan de mitigación está elaborado con el fin de reducir los daños causados por el riesgo agroclimático y fue diseñado para la Finca “La Fortuna”, este plan recopila diferentes estrategias y metodologías necesarias para valorar las afectaciones del riesgo durante el desarrollo fenológico del maíz. A continuación, se detalla la composición del plan:

- Principios para la gestión del riesgo.
- La gestión integral del riesgo (GIRA).
- Riesgos durante la Producción.
- Mitigación de Riesgos Agroclimáticos en una finca.

4.3.1. Principios para la Gestión del Riesgo

Cuando en la finca se presente algún riesgo, el propietario dispone de cuatro estrategias, las cuales se componen por medidas o acciones, cuya finalidad es

reducir las pérdidas causadas por una amenaza. A continuación, se detalla las cuatro estrategias para la gestión del riesgo:

4.3.1.1. Prevención o evitación

En esta metodología el agricultor adopta y selecciona medidas para prevenir nuevos riesgos. La evitación no es factible para los riesgos relacionados con el clima, debido a que la naturaleza y el tiempo están en constante cambio y no pueden ser manipulados por el ser humano, ver Tabla 11.

4.3.1.2. Reducción o mitigación

El productor se debe de enfocar en incorporar de medidas correctivas encaminadas a la reducción o disminución del riesgo actual. El agricultor debe de tener en cuenta que en algunos casos no se evitará totalmente los daños y consecuencias, sino que se reducen a niveles tolerables y factibles, ver Tabla 11.

4.3.1.3. Retención o asunción

El agricultor debe de tomar medidas para controlar el riesgo y asumir las pérdidas; después de tomar las medidas de mitigación factibles, se toma la decisión de generar un fondo de contingencia (reserva económica a través de un ahorro).

4.3.1.4. Transferencia

Esta estrategia está orientada a “tercerizar” el riesgo con respecto a instituciones o entidades; involucra la aportación económica del seguro hacia una empresa que se compromete a cubrir la pérdida, en base a los términos de la póliza. El seguro agrícola cubre algunos riesgos climáticos o biológicos; fenómenos que afecten en el rendimiento, la calidad y la supervivencia del cultivo. Al momento de adquirir un seguro, se debe conocer que el objetivo de estos es estabilizar los ingresos y por ende estos generan costo.

El agricultor puede adoptar diferentes estrategias para gestión de riesgo empleando acciones y medidas convenientes; para la toma de decisiones sólidas se debe contar con un análisis del riesgo en la cual se detalle toda la información existente.

4.3.2. La Gestión Integral del Riesgo (GIRA)

La GIRA reconoce que hay un riesgo en las actividades agropecuarias, que son definidas como “fenómeno climático o no climático, que puede causar daños en la economía de una producción agropecuaria”.

Un agricultor debe ejercer de manera continua la GIRA ya que así puede conocer los riesgos que afectan la producción y por ende tomar decisiones adecuadas para la gestión del riesgo. El ciclo de GIRA se muestra en la Figura 18.

4.3.3. Riesgos durante la Producción

La agricultura se apoya en las condiciones climáticas para su desarrollo. Los seres humanos no controlan las variables climáticas, por lo tanto, el sector agropecuario es considerado de alto riesgo. En la Figura 19 se muestran los tipos de riesgos de la producción.

4.3.3.1. Clima y tiempo

Ecuador es afectado por los riesgos de origen natural, especialmente los que están relacionados al tiempo meteorológico y los procesos climáticos. A continuación, se detallan los riesgos climáticos que causan daños en el desarrollo de la producción agropecuaria en el área de estudio:

4.3.3.1.1. Déficit hídrico y sequía

En la provincia de Los Ríos, se registran datos sobre déficit hídricos y sequías, esta información es emitida por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias; sus

registros muestran que los niveles de precipitación se suelen encontrar por debajo de las medias históricas en los meses de Enero hasta Octubre y esto causa afectación a la región litoral centro - norte. En la zona de estudio se puede identificar tres tipos de sequía, las cuales son:

- **Sequía meteorológica**

La provincia de Los Ríos suele presentar una reducción de la cantidad de lluvia en base al promedio normal registrado por las estaciones meteorológicas. Durante los meses de Enero hasta Octubre.

- **Sequía agronómica**

Las zonas de cultivo del cantón Urdaneta suelen sufrir afectaciones en el desarrollo fenológico por la falta de lluvia y esto ocasiona pérdidas durante la producción agrícola.

- **Sequía hidrológica**

Por lo general la región del Litoral suele presentar este tipo de sequía, en el cantón Urdaneta se ven afectado el río Catarama, los afluentes San Pablo y Caracol.

4.3.3.1.2. Inundaciones y excesos hídricos

En Ecuador las inundaciones se presentan de manera periódica, especialmente en las cuencas bajas del Litoral, de la Amazonía y en algunas de la región Andina. La provincia de Los Ríos presenta inundaciones en los siguientes cantones: Babahoyo, Vinces, Baba, Mocache, Ventanas, Quevedo, Montalvo, Pueblo Viejo y Urdaneta.

En la zona de estudio suelen presentarse inundaciones ribereñas, estas se deben a la crecida y desborde de grandes ríos, tales como: Ricaurte, Piedras y Ventanas.

4.3.4. Mitigación de Riesgos Agroclimáticos en una Finca

En la finca se debe de aplicar las estrategias de prevención y mitigación para reducir la vulnerabilidad frente a los riesgos agroclimáticos; el agricultor debe de acogerse a estas medidas para protegerse a sí mismo, reducir los daños y pérdidas potenciales. Estas estrategias no pueden estar ausentes en la finca y se deben emplear de forma integral para incrementar la resiliencia y permite que el sistema de gestión de riesgo funcione.

A continuación, se detallan estrategias para facilitar la gestión del riesgo a nivel de una finca e incrementar la capacidad de recuperación del sistema productivo.

4.3.4.1. Medidas integrales de mitigación del riesgo agroclimático.

4.3.4.1.1. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)

Son un grupo de normas, acciones, principios y recomendaciones que se aplican en la producción, elaboración y transporte de alimentos, encaminadas a proteger la higiene, la salud humana y el ambiente. Los componentes básicos de las BPA son:

- Ficha técnica: realizar una guía sobre la semilla que se cultivará.
- Manejo del lote: establecer un sistema de planificación para la producción y un sistema de monitoreo - evaluación.
- Manejo del suelo y sustratos: realizar labranzas mínimas y proteger las pendientes.
- Uso de fertilizantes: la aplicación debe cumplir los requerimientos nutricionales del cultivo basados en un análisis de suelo, para mantener su fertilidad.
- Riego: establecer sistemas de recolección, reciclado y almacenamiento de agua; además usar un sistema de riego eficiente y económico.

- Protección de cultivo: se debe de aplicar el programa de manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE).
- Recolección y manejo de poscosecha: tener en cuenta el punto óptimo de cosecha de acuerdo con las exigencias del mercado.
- Manejo de residuos y contaminantes: los residuos deben ser identificados, clasificados y dispuestos de tal manera que pueda ser reciclado o eliminado. Además, la finca debe estar libres de basura o desechos y contar con sitios adecuados para la eliminación de los mismos.
- Salud, seguridad y bienestar: se debe de fomentar condiciones de trabajo seguras y saludables para los trabajadores, implementando programas de capacitación sobre primeros auxilios, manejo del botiquín, normas de higiene, entrenamiento para los que operan equipamiento complejo o peligroso y procedimientos para accidentes y emergencias. Se recomienda mantener un registro de entrenamiento para cada trabajado.

4.3.4.1.2. Programa de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE)

La finca debe de contar con un MIPE para mantener la población de plagas a un nivel aceptable durante el desarrollo agrícola.

Para la realización de un MIPE se debe tener conocimiento de estas variables:

- Cultivo: su desarrollo, sus niveles de resistencia y tolerancia.
- Plaga o enfermedad: su ciclo de vida, los daños que causa, sus hábitos o preferencias y su nivel de vulnerabilidad.
- Insectos benéficos: estos se pueden convertir en enemigos naturales de la plaga y ser usados como controladores biológicos.

- Condiciones ambientales: las que favorecen o limitan el avance de la plaga o enfermedad.

El MIPE se estructura de la siguiente manera:

- Identificación de las plagas o enfermedades que dañan al cultivo.
- Conocimiento de sus enemigos naturales cuando existan.
- Utilizar técnicas de detección: Monitoreo de plagas y enfermedades, registros.
- Utilizar niveles de daño, pautas o criterios para la decisión de control.
- Métodos efectivos de control, buscando alternativas de control al uso de agroquímicos altamente tóxicos.

4.3.4.1.3. Diversificación de cultivo

Es la combinación de diferentes especies dentro de una misma área. La finca que se ha tomado como referencia para el estudio realiza la combinación de especies tales como: maíz, arroz, verde, yuca.

4.3.4.1.4. Aptitud del terreno y del tipo de suelo para la selección de cultivos

La finca debe considerar la zona agro - ecológica (ZAE); la ZAE se identifica por:

- La fusión de suelos.
- Fisiografía.
- Características climáticas.

La decisión sobre la selección de la especie o variedad que se quiere cultivar se debe basar en la capacidad productiva que el suelo y el clima tengan. Es importante elegir especies con potencial de producción y rendimiento alto, considerando los límites naturales del terreno.

4.3.4.2. Medidas de prevención y mitigación para la producción de cultivos

Se debe de consultar con especialistas o técnicos para una correcta aplicación de las medidas de mitigación en la finca.

4.3.4.2.1. Mitigación del impacto de la sequía

- **Selección de variedades de ciclo corto**

El productor debe de determinar las fechas de siembra y elegir cultivos de ciclo corto, que se maduren antes que el efecto de la sequía impacte de forma negativa el rendimiento del cultivo.

Las especies que se recomienda usar son:

- Cereales: maíz, arroz, soya.
- Oleaginosas: algodón.
- Hortalizas: tomate, pimiento, judía verde, pepino, calabacín, ají.
- Granos: habichuela, frejol.

- **Manejo integrado del cultivo**

El agricultor debe de aprovechar las condiciones del tiempo para realizar un buen manejo sobre el cultivo, basándose en el desarrollo de las diferentes etapas fenológicas; el manejo integrado del cultivo, está conformado por estas acciones:

- Programación y preparación para la siembra.
- Preparación del suelo.
- Producción de semilleros.
- Prácticas culturales (eliminación de maleza).
- Siembra y riego.
- Fertilización.
- Control de plagas y enfermedades.
- Eliminación de cultivos.

- **Gestión del agua**

La finca debe de contar con reservorios para almacenar agua lluvia. Estos se construyen en zonas no inundables y se obtiene agua de las escorrentías, esta agua se usa en la época seca. Se debe de instalar sistemas de riego para el uso racional del agua, de acuerdo al plan costo - beneficio del productor.

4.3.4.2.2. Mitigación del impacto del exceso hídrico o inundaciones

- **Drenaje y rehabilitación de suelos de aptitud agrícola**

Para el agricultor es esencial aprovechar el exceso hídrico, ya que así logra observar los desagües naturales y poder rectificar, limpiar, acondicionar y perfilar los cauces. Es conveniente pensar en implementar un sistema de drenaje a nivel de las parcelas. Para este método el agricultor puede:

- Plantear la construcción de drenes
- Rehabilitar el suelo mediante arado superficial

- **Manejo de suelos**

- **Siembras en contorno (curvas de nivel)**

El agricultor debe sembrar sobre las curvas de nivel especies de plantas semiperennes para dar más resistencia a la acción del agua y así evitar la erosión hídrica superficial. Las especies a utilizar como barrera viva son:

- Pasto Camerún con una densidad por curva de 2 a 3 hileras.
- La caña de azúcar con 2 a 3 hileras.
- Pasto pacholí con 1 hilera.
- Kumanda yvyra'i con 2 hileras.
- Cedrón kapi'i con 1 hilera.

5. Discusión

Las discusiones de la presente investigación realizada en la finca “La Fortuna” se orientan al sector agrícola / clima, comparando los resultados obtenidos (nivel de riego agroclimático) con otras investigaciones sustentadas.

En la finca “La Fortuna”, las amenazas de origen climático son mínimas, debido a que las temperaturas se encuentran en niveles óptimos, que permiten un buen desarrollo del cultivo de maíz durante sus diferentes etapas fenológicas, teniendo como temperatura máxima el valor de 29,3 °C y como mínima 20,8 °C. El riesgo agroclimático de origen hídrico, muestra un déficit de 129,8 mm de precipitación durante su ciclo productivo. En base a los resultados obtenidos en la investigación se puede caracterizar al riesgo agroclimático en un nivel de baja afectación.

De la misma manera, el estudio realizado por Carlos Felipe Torres Triana (2017), identificó las amenazas de origen meteorológico y climático en el cultivo del maíz, donde se presentaron temperaturas máximas con cantidades mayores a 37.5 °C para la región de Córdoba y 38.2 °C para Meta, causando efectos negativos en el rendimiento del cultivo, de la misma manera, el riesgo agroclimático de origen hídrico, reportó déficit cuyos valores son menores a 446 mm de precipitación durante el ciclo del cultivo para la región de Córdoba y 520 mm para Meta, además demostró de forma directa que existe una relación entre las variables de precipitación y temperaturas máximas que manifiestan el 64% de las variaciones en el rendimiento; también caracterizo el riego agroclimático en una escala de medio a bajo, debido a que el maíz es resistente al estrés causado por el déficit o exceso hídrico y este tipo de cultivo se verá afectado si existen sequías o inundaciones intensas.

En la investigación realizada se determina que el ciclo productivo del maíz tuvo una duración de 125 días y su desarrollo abarca cuatro etapas (inicio, desarrollo, medio, fin), el suelo ocupado para la siembra fue franco arcilloso; para calcular el requerimiento de agua se debe realizar la resta parcial entre la evapotranspiración del cultivo (ETc) y la precipitación efectiva (Pref. Efec.); el valor total de ETc fue de 226,3 mm / dec, mientras que para la Prec. Efec fue de 182,8 mm / dec; como resultado final sobre el requerimiento de agua del cultivo (RAC) se obtiene un valor total de 131,3 mm / dec, estos datos se evidencian en la Tabla 3.

La investigación realizada por los técnicos Adriana Basualdo, Juan Forte, German Heinzenknecht y José Aiello (2001), determina que el maíz durante el período de 1961 – 1980, en el norte de Córdoba (Argentina) presenta un riesgo mínimo, ya que el Requerimiento de Agua del Cultivo (RAC) $< 0,1$ y un riesgo bajo que se extiende hacia el sur y este de la provincia con un RAC $< 0,3$. En el periodo de 1981 – 2000, el riesgo bajo tuvo un aumento y ocupó casi toda la provincia, el sur y este de Santa Fe, parte del noroeste Bonaerense y La Pampa. También observo una disminución del RAC en Tandil y Mar del Plata, presentando un riesgo bajo. El nivel de riesgo se amplió en el noreste de Entre Ríos y sur de Corrientes. Se determinó que el aumento del riesgo no está influenciado con la duración de las sequías sino al incremento de su intensidad. El sudoeste de Buenos Aires y sudeste de La Pampa no presentan cambios y tiene valores de RAC $\leq 0,5$ (zona marginal); detectando una disminución en la duración de la sequía y un aumento en su severidad.

6. Conclusiones

En base a la recopilación bibliográfica, se concluye que algunos fenómenos climáticos causan afectación en el cultivo de maíz, durante sus diferentes etapas de desarrollo productivo. En presencia de vientos fuertes puede existir el daño parcial o total de la plantación, así como causar que las hojas se doblen; la etapa de floración se verá afectada debido a intensas lluvias; el déficit de oxígeno en la raíz de la planta se genera cuando el cultivo se encuentra en un terreno sobresaturado por agua; la mal formación de mazorcas y granos se debe a que la plantación de maíz no está con las cantidades adecuadas de agua para mantener un buen desarrollo; la pérdida de pigmentación en las hojas y el cierre de las estomas se origina por el incremento de la temperatura.

El software Cropwat procesó los datos de las variables meteorológicas; se identificó que las amenazas de origen climático en el cultivo de maíz no afectan de manera negativa durante el desarrollo, debido a que la temperatura se encuentra en niveles apropiados, se registró una máxima de 29,3 °C y mínima de 20,8 °C; adicionalmente el riesgo agroclimático de origen hídrico, reportó un déficit de 129,8 mm de precipitación durante el ciclo del cultivo; por lo tanto, su nivel de afectación es bajo.

Del presente estudio se concluye que el maíz es un cultivo resistente al estrés causado por el déficit y exceso hídrico, la mayor afectación en su producción se debe a presencia de eventos extremos como sequías o inundaciones severas, de tal manera que el riesgo tiene una categoría baja; por lo que se acepta la hipótesis planteada indicando que el riesgo agroclimático en la finca “La Fortuna” ocasiona un bajo grado afectación.

A través del plan de mitigación se busca reducir los daños causados por el riesgo agroclimático en la finca “La Fortuna”, debido a que su finalidad es proteger el cultivo durante su ciclo productivo; por medio de acciones, principios y estrategias; que pueden ser ejecutadas durante la presencia de los eventos climáticos. Las medidas estipuladas en este plan se deben de ser ejecutar por el agricultor de manera periódica de acuerdo al suceso de riesgo presentado.

7. Recomendaciones

Es recomendable que durante la formación académica se conozca sobre softwares que involucren temáticas variadas con el fin de abarcar más conocimientos para el desarrollo de trabajos investigativos; además es factible realizar estructuras sobre planes de mitigación para tener idea del contenido que abarca.

El agricultor debe de implementar medidas integrales en la finca para reducir el riesgo agroclimático, estos principios se basan en las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), que son herramientas que persigue la sustentabilidad ambiental, económica y social de la explotación agropecuaria de pequeños productores; las BPA buscan corregir las externalidades durante el proceso productivo.

Es necesario que en la finca exista un Programa de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE), para tener control sobre ellas, manteniéndolas a niveles aceptables y así evitar o reducir el daño que ocasionan en los cultivos.

La diversificación de especies es una opción importante para el agricultor ya que genera una flora y fauna edáfica diversa, causa beneficio debido a que las raíces segregan sustancias orgánicas que atraen diferentes bacterias y hongos, las cuales transforman estas sustancias en nutrientes para las plantas; además, reduce el riesgo de infestaciones por plagas y malezas; genera mayor diversidad en la producción vegetal y en la nutrición humana y animal.

Se debe de establecer un calendario de riego, para tener un mejor rendimiento durante el desarrollo del cultivo en sus diferentes etapas fenológicas, debido a que la precipitación efectiva es un aporte positivo, ya que es la lluvia que se infiltra en el suelo, sin llegar a perderse.

En los meses de poca precipitación el agricultor debe de escoger cultivos de ciclo corto, para que el efecto de la sequía no impacte de forma negativa el rendimiento del cultivo y permita una maduración correcta; además la finca debe de disponer de reservorios de almacenamiento del agua lluvia, que serán usados en caso de que exista escasez de agua durante la época seca.

8. Bibliografía

- A. Gobin, A. M. (2013). Weather-related hazards and risks in agriculture. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3-9. Obtenido de <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/13/2599/2013/>
- Andersen, J. (2017). *Manual Básico para la Gestión Integral de Riesgos Agroclimáticos en Paraguay*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Paraguay: FraGo . Obtenido de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7219/BVE18040307e.pdf;jsessionid=0A03724B4AC141B74CC0E7299D9B0664?sequence=1>
- Basualdo, A., Forte, J., Heinzenknecht, G., & Aiello, J. (2001). Determinación de un índice de riesgo agroclimático para cultivos en Argentina. *Centro de Documentación e Información Agropecuaria*, 15-18. Obtenido de <http://bibliotecadigital.bolsadecereales.com.ar/greenstone/collect/bolcer/index/assoc/HASH0167.dir/Indice%20riesgo%20agroclimatico%20para%20cultivos%20en%20Argentina.pdf>
- CENEPRED, El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2019). Glosario de Términos (Ministerio de Defensa). *Dirección de Monitoreo, Seguimiento y Evaluación*, 1. Obtenido de <https://dimse.cenepred.gob.pe/simse/cenepred/docs/glosario-terminos-grd-cenepred.pdf>
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (Diciembre de 2019). *Gobierno de México*. Obtenido de [¿Qué es una helada?: https://www.gob.mx/cenapred/articulos/sabes-que-es-una-helada](https://www.gob.mx/cenapred/articulos/sabes-que-es-una-helada)
- CEPAL. (2012). Valoración de daños y pérdidas: ola invernal en Colombia 2010-2011. *Departamento Nacional de Planeación (DNP)*, 15-16. Obtenido de

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37958/OlainvernalColombiaBIDCEPAL_es.pdf;sequence=1

CIIFEN. (2017). *El Niño/La Niña en América Latina - Febrero 2020*. Obtenido de http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=article&id=588:aproximacion-para-el-calculo-de-riesgo&catid=84&Itemid=111&lang=es

CIIFEN, Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño. (2017). *Aproximación para el cálculo de riesgo*. Obtenido de http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=article&id=588:aproximacion-para-el-calculo-de-riesgo&catid=84&Itemid=111&lang=es

CONSILIUM, Consejo Europeo Consejo de la Unión Europea. (2019). *European Council conclusions on climate neutrality*. Obtenido de <https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2019/12/12/european-council-conclusions-12-december-2019/>

Constitución de la Republica del Ecuador. (2008). Decreto Legislativo. Elementos Constitutivos del Estado. *Registro Oficial Número 449*, 136. Obtenido de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

Constitución de la República del Ecuador. (2010). Decreto N° 495. *Registro Oficial Nro. 636*. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu140057.pdf>

De la Casa, A., Rodríguez, A., & Ovando, G. (Diciembre de 1999). Factibilidad del cultivo de papa de secano en la región central de la provincia de Córdoba (Argentina) basada en la evaluación agroclimática del riesgo de sequía. *Agriscientia*, 55 - 62, 15-16. Obtenido de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/agris/article/view/2616/1560>

- Derecho Ecuatoriano. (2019). Registro Oficial No. 636. Obtenido de <https://www.registroficial.gob.ec/index.php/registro-oficial-web/publicaciones/registro-oficial/item/7313-registro-oficial-no-636>
- Donnari, M., & Scian, B. (1995). El índice de anomalía de humedad z y su relación con el rendimiento de trigo en Bordenave (Buenos Aires, Argentina). *Agriscientia*, XII (Número especial), 47-51. Obtenido de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/agris/article/view/2945/2770>
- Estudillo, B. (2016). Cambio climático y su impacto en la producción de maíz en la Región Socioeconómica VI - Frailesca, Chiapas. *Centro de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático*, 15-36. Obtenido de <https://repositorio.unicach.mx/bitstream/20.500.12114/844/1/CIT%20338.17315%20E77%202016.pdf>
- FAO. (2013). *Evapotranspiración del cultivo*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- FAO. (2013). La Resiliencia de los medios de vida: Reducción del riesgo de desastres para la seguridad alimentaria y nutricional - Edición 2013. *La FAO en situaciones de Emergencia*, 9-11. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i3270s.pdf>
- FAO. (2013). Perspectivas Agrícolas. *Sistematización*, 105-112. Obtenido de <http://www.fao.org/3/i3307s/i3307s.pdf>
- FAO. (2014). Programa marco de reducción del riesgo de desastres para la seguridad alimentaria y nutricional. *Los desastres y la inseguridad alimentaria*, 22-26. Obtenido de <http://www.fao.org/3/i9553es/i9553es.pdf>
- FAO. (2019). *Portal de Suelos de la FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>

- FENALCE, Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya. (2012). Importancia de los Cultivos Representados por Fenalce. *El Cultivo del Maíz: Historia e Importancia*, 1-3. Obtenido de <https://docplayer.es/storage/45/23289822/1582936361/aldKKiTGRiAz6vaRnApyVg/23289822.pdf>
- García, J. C., Posada, H., & Läderach, P. (2014). Recommendations for the Regionalizing of Coffee Cultivation in Colombia: A Methodological Proposal Based on Agro-Climatic Indices. *The Colombian National Federation of Coffee Growers*, 14-16. Obtenido de <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0113510&type=printable>
- Gobierno de España. (2020). *Gestión de sequías*. Obtenido de Sequía hidrológica: https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/que-es-la-sequia/Observatorio_Nacional_Sequia_1_1_tipos_sequia.aspx#:~:text=Sequ%C3%ADa%20hidrol%C3%B3gica%3A&text=Una%20definici%C3%B3n%20mas%20precisa%20ser%C3%ADa,agua%20al%20ci
- Gobierno de México. (2016). *Protocolo de Kioto sobre cambio climático*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.un.org/es/chronicle/article/de-estocolmo-kyotobreve-historia-del-cambio-climatico>
- GRN, Gestión de Recursos Naturales. (2018). *Impacto Ambiental*. Obtenido de <https://www.grn.cl/impacto-ambiental.html>
- IFRC, International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. (2016). *Definición de Peligro (base de datos de emergencias)*. Obtenido de IFRC:

<https://www.ifrc.org/es/introduccion/disaster-management/sobre-desastres/definicion--de-peligro/>

IFRC, International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. (2020).

Sequías. Recuperado el Junio de 2020, de IFRC: <https://www.ifrc.org/es/introduccion/disaster-management/sobre-desastres/definicion--de-peligro/sequias/>

INEC, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2016). Población por sexo,

según provincia, parroquia y cantón de empadronamiento. *Proyección de la población, por provincias y cantones*, 1-3. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/search/POBLACION+POR+SEXO,+SEGUN+PROVINCIA,+PARROQUIA+Y+CANTON+DE+EMPADRONAMIENTO/>

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). Análisis de la

vulnerabilidad al cambio climático de bosques de montaña en Latinoamérica. *Evaluaciones de Programas Promisorios*, 17-23. Obtenido de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8496/Analisis_de_la_vulnerabilidad.pdf

Jackson, P. (2007). *De Estocolmo a Kyoto: Breve historia del cambio climático*.

Obtenido de Organización de las Naciones Unidas (ONU): <https://www.un.org/es/chronicle/article/de-estocolmo-kyotobreve-historia-del-cambio-climatico>

Jayanthi, H., & Husak, G. (2013). A probabilistic approach to assess agricultural

drought risk. *Climate Hazard Center UC Santa Barbara*, 15-18. Obtenido de http://www.agr.una.py/descargas/biblioteca_digital_gestion_riesgos/G/GAR%202013/Jayanti%20and%20Husak,%202012.pdf

- Latorre, D. A. (2011). Comparación de índices de sequía aplicados a estudios climáticos. *La sequía como fenómeno climático*, 7-17. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Douglas_Gomez-Latorre/publication/313510895_Comparacion_de_indices_de_sequia_aplicados_a_estudios_climaticos/links/589cc9ea92851c599c975143/Comparacion-de-indices-de-sequia-aplicados-a-estudios-climaticos.pdf
- López, A. (2016). Cambio climático y actividades agropecuarias en América Latina. *Estudios del cambio climático en américa latina*, 40. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39824/1/S1501286_es.pdf
- MAE. (2012). *Acuerdo 137*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/biblioteca/>
- MAE. (2016). Ecuador suscribe Acuerdo de París sobre cambio climático. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-suscribe-acuerdo-de-paris-sobre-cambio-climatico/>
- MARN, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2017). *Sensibilidad Ambiental: Franja Costero Marina, Diagnostico Bajo Lempa*. Obtenido de <http://www.marn.gob.sv/sensibilidad-ambiental-franja-costero-marina-diagnostico-bajo-lempa/>
- Meza, L. (2014). Incorporación de la Gestión del Riesgo Agroclimático en el Sector Silvoagropecuario de Chile. *Experiencia de cooperación de la FAO*, 26-41. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i4505s.pdf>
- MGAP, Ministerio de Ganadería y Pesca. (2005). *La importancia de la información en la gestión de los riesgos climáticos*. Obtenido de <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura->

pesca/files/documentos/publicaciones/la_importancia_de_la_informacion_e
n_la_gestion_de_los_riesgos_climaticos.pdf

Minamiguchi, N. (2015). The Application of Geospatial and Disaster Information for Food Insecurity and Agricultural Drought Monitoring and Assessment by the FAO GIEWS and Asia FIVIMS. *The Advanced Real Time Environmental Monitoring Information System (ARTEMIS) is used for Food Insecurity and Agricultural Drought Monitoring and Assessment*, 20-23. Obtenido de https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/9E54B8B8620EC93C1256FAB003C3209-Geospatial_EW_Food_Agricultre_FAO_Jan_2005.pdf

Ministerio de desarrollo rural y tierras. (2020). *TIPOS DE SEQUÍA*. Obtenido de *SEQUÍA METEOROLÓGICA:* http://sat.agro.bo/sites/default/files/uploadfiles/doc_publicaciones/glosariodeterminos.pdf

Mora, J., Ramírez, D., Ordaz, J. L., Acosta, A., & Serna, B. (2015). Panamá: efectos del cambio climático sobre la agricultura. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) - Sede Subregional en México*, 4-5. Obtenido de <http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25926/1/lcmexl971.pdf>

MOUDS, Módulos Universitarios en Ciencia del Desarrollo Sostenible. (2016). *Definición de Exposición*. Obtenido de *Desenvolupament Sostenible:* <http://www.desenvolupamentsostenible.org/es/-los-riesgos-naturales/3-concepto-y-tipo-de-riesgo/3-1-concepto-de-riesgo/3-1-3-exposicion>

Nazarifar, M. H., Momeni, R., Kanani, M. H., & Eslami, A. (2014). Agriculture Drought Risk Management Using Standardized Precipitation Index and AEZ.

- Research in Agricultural & Applied Economics*, 47-54. Obtenido de <https://ageconsearch.umn.edu/record/166527/>
- Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., . . . Lee, D. (2014). *Cambio Climático: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación*. Washington. doi:10.2499/0896295370
- Pistrika, A., & Tsakiris, G. (2007). Flood Risk Assessment: A Methodological. *Centre for the Assessment of Natural Hazards & Proactive Planning, National Technical University of Athens*, 5-6. Obtenido de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.462.3350&rep=rep1&type=pdf>
- Polanco, D. (2016). *Relieve terrestre: definición, características, tipos y ejemplos*. Obtenido de <https://naturaleza.paradais-sphynx.com/geosfera/relieve-terrestre.htm>
- Sánchez, P., Nicholaidis, J., & Couto, W. (1982). Physical and chemical constraints to food production in the tropics. En G. Bixler, & L. Shemilt, *Chemistry and world food supplies: the new frontiers* (págs. 89 - 105). Manila, Philippines: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Obtenido de http://books.irri.org/9711041057_content.pdf
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable; Subsecretaría de Desarrollo y Fomento Provincial; Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública. (2011). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático para la gestión y planificación local. (C. Nahón, Ed.) 15-18. Obtenido de https://www.preventionweb.net/files/20875_argentinamanualadaptacionccyplanifi.pdf

- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (Senplades). (2017). Plan Nacional de Desarrollo. (Consejo Nacional de Planificación (CNP), Ed.) "Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Toda una Vida", 38, 48, 64, 123. Obtenido de https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf
- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (2020). *Programas y servicios*. Obtenido de Sequía: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/sequia/>
- Shahid, S., & Behrawan, H. (2008). Drought risk assessment in the western part of Bangladesh. *Springer Link*, 391–413. doi:10.1007/s11069-007-9191-5
- SPC, Secretaría de Protección Civil. (2017). *Amenaza Hidrometeorológica*. Obtenido de Blog de la Secretaría de Protección Civil (SPC): <https://seprosicamp.wordpress.com/fenomenos-hidrometeorologicos/>
- Tonini, F., Lasinio, G., & Hochmair, H. (2012). Mapping return levels of absolute NDVI variations for the assessment of drought risk in Ethiopia. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 18, 564-572. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0303243412000621>
- Torres, C. (2017). Evaluación del Riesgo Agroclimático en el cultivo de maíz (zea mays) en los departamentos de Córdoba y Meta. *Amenazas de Origen Meteorológico que Afecten al Cultivo del Maíz*, 32-39. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/57094/3/carlosfelipetorrestriana.2017.pdf>

9. Anexos

9.1. Anexos de figuras

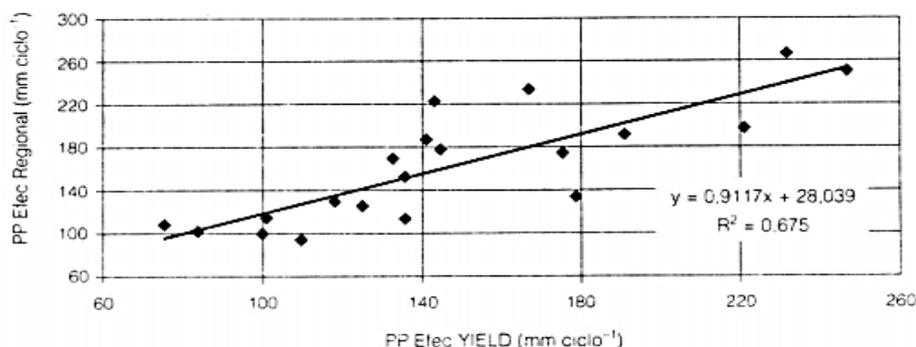


Figura 9. Diagrama de dispersión y recta de ajuste entre los respectivos valores de precipitación efectiva obtenidos mediante el modelo YIELD y un modelo propuesto para la región. AGRISCIENTIA, 1995.

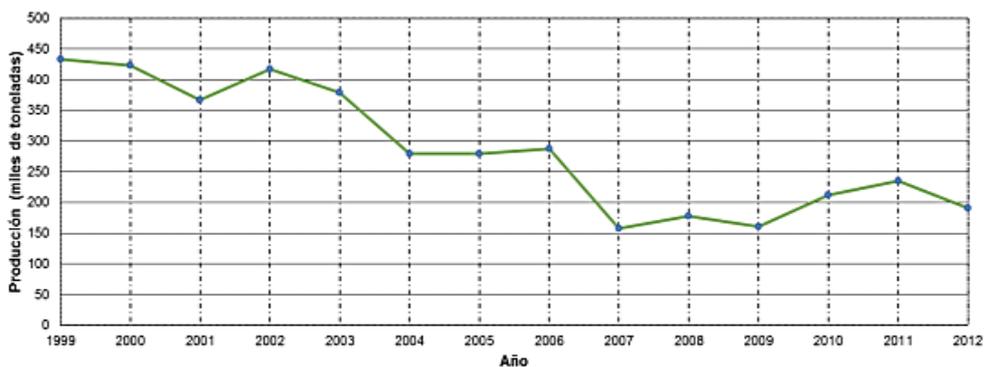


Figura 10. Producción anual de maíz en grano. Tesis Brenda Estudillo, 2016.



Figura 11. Imagen satelital del lugar de estudio. Intermap, 2020.



Figura 12. Delimitación del área de estudio (País, provincia, cantón). Datos INEC, 2010; modelación del mapa ERAS, 2020.



Figura 13. Zona a realizar el trabajo de investigación. Finca "La Fortuna", 2020.

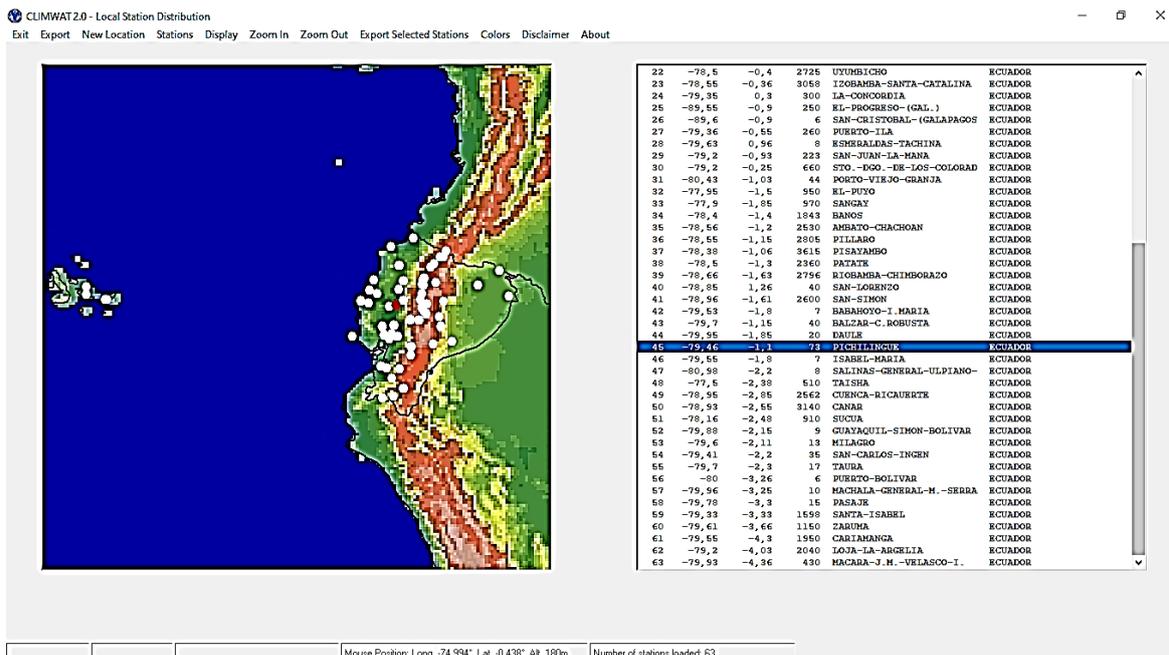


Figura 14. Interfaz del software Climwat – Estación Pichilingue. CLIMWAT, 2020.

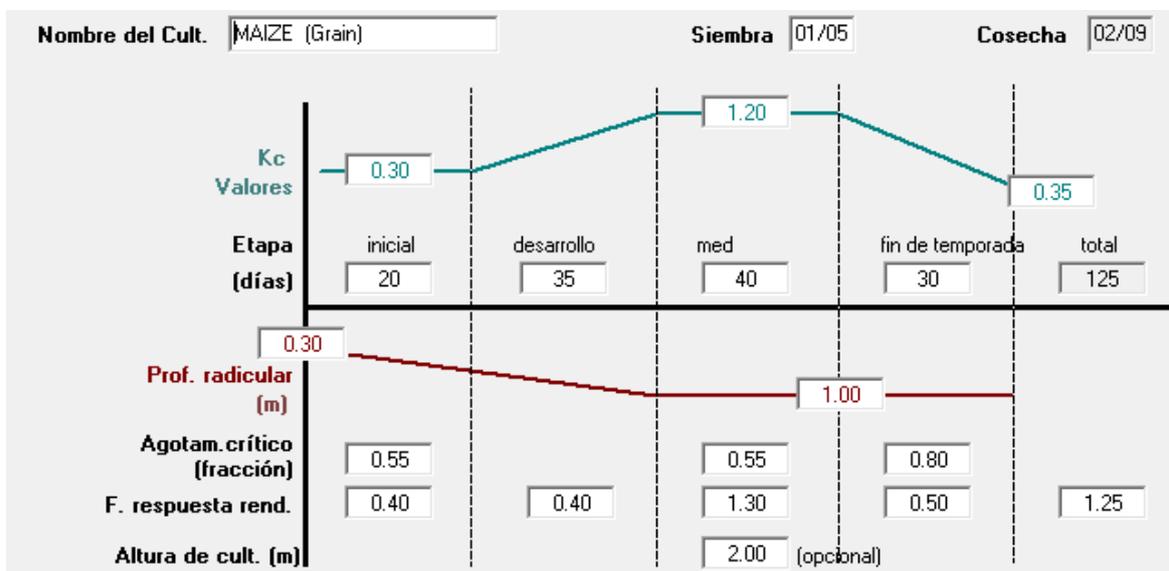


Figura 15. Selección del cultivo. CROPWAT, 2020.

Nombre del suelo

Datos generales de suelo

Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	<input type="text" value="180.0"/>	mm/metro
Tasa máxima de infiltración de la precipitación	<input type="text" value="30"/>	mm/día
Profundidad radicular máxima	<input type="text" value="900"/>	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT)	<input type="text" value="0"/>	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	<input type="text" value="180.0"/>	mm/metro

Figura 16. Asignación del tipo de suelo.
CROPWAT, 2020.

Nombre de patrón de cultivo

No.	Archivo de cultivo	Nombre del cult.	Siembra fecha	Cosecha fecha	Área %
1.	...ata\CROPWAT\data\crops\FAO\MAIZE.CRO	MAIZE (Grain)	01/05	02/09	100
2.			22/06		
3.			22/06		
4.			22/06		
5.			22/06		
6.			22/06		
7.			22/06		
8.			22/06		
9.			22/06		
10.			22/06		
11.			22/06		
12.			22/06		
13.			22/06		
14.			22/06		
15.			22/06		
16.			22/06		
17.			22/06		
18.			22/06		

Figura 17. Patrón de cultivo.
CROPWAT, 2020.



Figura 18. Ciclo de la gestión de riesgo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2017

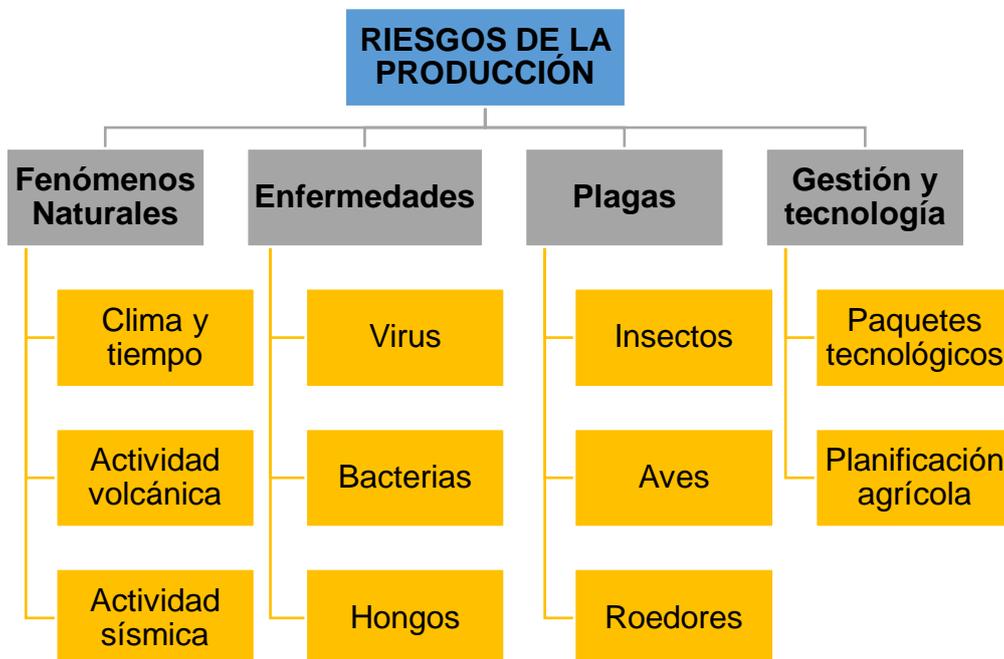


Figura 19. Riesgos de la producción. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2013.

9.2. Anexos de tablas

Tabla 5. Resultado para la evaluación de la práctica de papa tardía de secano a partir de datos climáticos (media) y meteorológicos (corrida de cada año)

Parámetro agroclimático	Media	Corrida de cada año						
		Intervalos de frecuencia						
Temperatura media (°C)	18,3	15 -	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	>21
		16	3	4	4	4	2	1
		Intervalos de frecuencia						
Longitud del ciclo (d)	98	80-85	86-90	91-95	96-100	101-105	106-	>110
		3	4	1	5	2	110	2
		Intervalos de frecuencia						
ETMax (mm)	3,3	<3,0	3-3,19	3,2-	3,4-	3,6-3,79	3,8-4	>4
		1	7	3,39	3,59	2	3	0
		Intervalos de frecuencia						
N° de riesgos / 21 días	4	0	1	2	3	4	5	6
		1	0	3	6	8	2	0
		Intervalos de frecuencia						
PPEfec / Consumo (%)	50	25 -	35-44	45-54	55-64	65-74	75-84	>85
		34	5	3	3	3	0	1
		Intervalos de frecuencia						
Consumo / ETMax (%)	67	≤60	61-70	71-80	81-90	91-100		
		11	4	3	1	1		
		Intervalos de frecuencia						
Factibilidad de secano (%)	80	≤57	56-68	69-79	80-90	91-100		
		11	2	1	3	3		
YA1 / YMP								

ETMax: Evapotranspiración Máxima diaria promedio; **PPEfect / Consumo:** Relación entre la Precipitación Efectiva y el consumo estimado; **YA1 / YMP:** Relación entre el rendimiento estimado y el potencial; **Consumo / ETMax:** Relación entre el Consumo estimado respecto a la Evapotranspiración Máxima.

Tabla 6. Programación de riego de cultivo – balance diario de humedad del suelo, Etapa Inicial.

Fecha	Día	Etapa	Precipit. (mm)	Ks (fracc.)	Eta (mm / día)	Agot. (%)	Lám.Neta (mm)	Déficit (mm)	Pérdida (mm)	Lam.Br. (mm)	Caudal (l / s / ha)
01-may	1	Ini	0.0	1.00	0.9	2	0.0	0.9	0.0	0.0	0.00
02-may	2	Ini	0.0	1.00	0.9	3	0.0	1.7	0.0	0.0	0.00
03-may	3	Ini	33.0	1.00	0.9	1	0.0	0.9	0.0	0.0	0.00
04-may	4	Ini	0.0	1.00	0.9	3	0.0	1.7	0.0	0.0	0.00
05-may	5	Ini	0.0	1.00	0.9	4	0.0	2.6	0.0	0.0	0.00
06-may	6	Ini	0.0	1.00	0.9	5	0.0	3.4	0.0	0.0	0.00
07-may	7	Ini	33.0	1.00	0.9	1	0.0	0.9	0.0	0.0	0.00
08-may	8	Ini	0.0	1.00	0.9	2	0.0	1.7	0.0	0.0	0.00
09-may	9	Ini	0.0	1.00	0.9	3	0.0	2.6	0.0	0.0	0.00
10-may	10	Ini	0.0	1.00	0.9	4	0.0	3.4	0.0	0.0	0.00
11-may	11	Ini	0.0	1.00	0.8	5	0.0	4.3	0.0	0.0	0.00
12-may	12	Ini	0.0	1.00	0.8	6	0.0	5.1	0.0	0.0	0.00
13-may	13	Ini	19.5	1.00	0.8	1	0.0	0.8	0.0	0.0	0.00
14-may	14	Ini	0.0	1.00	0.8	2	0.0	1.6	0.0	0.0	0.00
15-may	15	Ini	0.0	1.00	0.8	3	0.0	2.4	0.0	0.0	0.00
16-may	16	Ini	0.0	1.00	0.8	4	0.0	3.3	0.0	0.0	0.00
17-may	17	Ini	19.5	1.00	0.8	1	0.0	0.8	0.0	0.0	0.00
18-may	18	Ini	0.0	1.00	0.8	2	0.0	1.6	0.0	0.0	0.00
19-may	19	Ini	0.0	1.00	0.8	3	0.0	2.4	0.0	0.0	0.00
20-may	20	Ini	0.0	1.00	0.8	3	0.0	3.3	0.0	0.0	0.00

CROPWAT, 2020.

Tabla 7. Programación de riego de cultivo – balance diario de humedad del suelo, Etapa de Desarrollo.

Fecha	Día	Etapa	Precipit. (mm)	Ks (fracc.)	Eta (mm / día)	Agot. (%)	Lám.Neta (mm)	Déficit (mm)	Pérdida (mm)	Lam.Br. (mm)	Caudal (l / s / ha)
21-may	21	Des	0.0	1.00	1.1	4	0.0	4.4	0.0	0.0	0.00
22-may	22	Des	0.0	1.00	1.1	5	0.0	5.5	0.0	0.0	0.00
23-may	23	Des	16.6	1.00	1.1	1	0.0	1.1	0.0	0.0	0.00
24-may	24	Des	0.0	1.00	1.1	2	0.0	2.3	0.0	0.0	0.00
25-may	25	Des	0.0	1.00	1.1	3	0.0	3.4	0.0	0.0	0.00
26-may	26	Des	0.0	1.00	1.1	4	0.0	4.5	0.0	0.0	0.00
27-may	27	Des	16.6	1.00	1.1	1	0.0	1.1	0.0	0.0	0.00
28-may	28	Des	0.0	1.00	1.1	2	0.0	2.3	0.0	0.0	0.00
29-may	29	Des	0.0	1.00	1.1	3	0.0	3.4	0.0	0.0	0.00
30-may	30	Des	0.0	1.00	1.1	4	0.0	4.5	0.0	0.0	0.00
31-may	31	Des	0.0	1.00	1.1	5	0.0	5.6	0.0	0.0	0.00
01-jun	32	Des	0.0	1.00	1.6	6	0.0	7.3	0.0	0.0	0.00
02-jun	33	Des	0.0	1.00	1.6	7	0.0	8.9	0.0	0.0	0.00
03-jun	34	Des	14.6	1.00	1.6	1	0.0	1.6	0.0	0.0	0.00
04-jun	35	Des	0.0	1.00	1.6	2	0.0	3.3	0.0	0.0	0.00
05-jun	36	Des	0.0	1.00	1.6	4	0.0	4.9	0.0	0.0	0.00
06-jun	37	Des	0.0	1.00	1.6	5	0.0	6.6	0.0	0.0	0.00
07-jun	38	Des	14.6	1.00	1.6	1	0.0	1.6	0.0	0.0	0.00
08-jun	39	Des	0.0	1.00	1.6	2	0.0	3.3	0.0	0.0	0.00
09-jun	40	Des	0.0	1.00	1.6	3	0.0	4.9	0.0	0.0	0.00
10-jun	41	Des	0.0	1.00	1.6	4	0.0	6.6	0.0	0.0	0.00
11-jun	42	Des	0.0	1.00	2.1	6	0.0	8.7	0.0	0.0	0.00
12-jun	43	Des	0.0	1.00	2.1	7	0.0	10.7	0.0	0.0	0.00
13-jun	44	Des	10.3	1.00	2.1	2	0.0	2.5	0.0	0.0	0.00

14-jun	45	Des	0.0	1.00	2.1	3	0.0	4.5	0.0	0.0	0.00
15-jun	46	Des	0.0	1.00	2.1	4	0.0	6.6	0.0	0.0	0.00
16-jun	47	Des	0.0	1.00	2.1	5	0.0	8.7	0.0	0.0	0.00
17-jun	48	Des	10.3	1.00	2.1	1	0.0	2.1	0.0	0.0	0.00
18-jun	49	Des	0.0	1.00	2.1	2	0.0	4.1	0.0	0.0	0.00
19-jun	50	Des	0.0	1.00	2.1	4	0.0	6.2	0.0	0.0	0.00
20-jun	51	Des	0.0	1.00	2.1	5	0.0	8.3	0.0	0.0	0.00
21-jun	52	Des	0.0	1.00	2.4	6	0.0	10.7	0.0	0.0	0.00
22-jun	53	Des	0.0	1.00	2.4	8	0.0	13.2	0.0	0.0	0.00
23-jun	54	Des	7.2	1.00	2.4	5	0.0	8.5	0.0	0.0	0.00
24-jun	55	Des	0.0	1.00	2.4	6	0.0	10.9	0.0	0.0	0.00

CROPWAT, 2020.

Tabla 8. Programación de riego de cultivo – balance diario de humedad del suelo, Etapa Media.

Fecha	Día	Etapa	Precipit. (mm)	Ks (fracc.)	Eta (mm / día)	Agot. (%)	Lám.Neta (mm)	Déficit (mm)	Pérdida (mm)	Lam.Br. (mm)	Caudal (l / s / ha)
25-jun	56	Med	0.0	1.00	2.4	7	0.0	13.4	0.0	0.0	0.00
26-jun	57	Med	0.0	1.00	2.4	9	0.0	15.8	0.0	0.0	0.00
27-jun	58	Med	7.2	1.00	2.4	6	0.0	11.1	0.0	0.0	0.00
28-jun	59	Med	0.0	1.00	2.4	8	0.0	13.5	0.0	0.0	0.00
29-jun	60	Med	0.0	1.00	2.4	9	0.0	16.0	0.0	0.0	0.00
30-jun	61	Med	0.0	1.00	2.4	10	0.0	18.4	0.0	0.0	0.00
01-jul	62	Med	0.0	1.00	2.4	12	0.0	20.9	0.0	0.0	0.00
02-jul	63	Med	0.0	1.00	2.4	13	0.0	23.3	0.0	0.0	0.00
03-jul	64	Med	2.2	1.00	2.4	13	0.0	23.6	0.0	0.0	0.00
04-jul	65	Med	0.0	1.00	2.4	14	0.0	26.0	0.0	0.0	0.00
05-jul	66	Med	0.0	1.00	2.4	16	0.0	28.5	0.0	0.0	0.00
06-jul	67	Med	0.0	1.00	2.4	17	0.0	30.9	0.0	0.0	0.00
07-jul	68	Med	2.2	1.00	2.4	17	0.0	31.2	0.0	0.0	0.00
08-jul	69	Med	0.0	1.00	2.4	19	0.0	33.7	0.0	0.0	0.00
09-jul	70	Med	0.0	1.00	2.4	20	0.0	36.1	0.0	0.0	0.00
10-jul	71	Med	0.0	1.00	2.4	21	0.0	38.5	0.0	0.0	0.00
11-jul	72	Med	0.0	1.00	2.4	23	0.0	41.0	0.0	0.0	0.00
12-jul	73	Med	0.0	1.00	2.4	24	0.0	43.4	0.0	0.0	0.00
13-jul	74	Med	0.0	1.00	2.4	25	0.0	45.8	0.0	0.0	0.00
14-jul	75	Med	0.0	1.00	2.4	27	0.0	48.2	0.0	0.0	0.00
15-jul	76	Med	0.0	1.00	2.4	28	0.0	50.6	0.0	0.0	0.00
16-jul	77	Med	0.0	1.00	2.4	29	0.0	53.0	0.0	0.0	0.00
17-jul	78	Med	0.0	1.00	2.4	31	0.0	55.4	0.0	0.0	0.00
18-jul	79	Med	0.0	1.00	2.4	32	0.0	57.8	0.0	0.0	0.00

19-jul	80	Med	0.0	1.00	2.4	33	0.0	60.2	0.0	0.0	0.00
20-jul	81	Med	0.0	1.00	2.4	35	0.0	62.6	0.0	0.0	0.00
21-jul	82	Med	0.0	1.00	2.5	36	0.0	65.1	0.0	0.0	0.00
22-jul	83	Med	0.0	1.00	2.5	38	0.0	67.6	0.0	0.0	0.00
23-jul	84	Med	0.4	1.00	2.5	39	0.0	69.7	0.0	0.0	0.00
24-jul	85	Med	0.0	1.00	2.5	40	0.0	72.2	0.0	0.0	0.00
25-jul	86	Med	0.0	1.00	2.5	41	0.0	74.7	0.0	0.0	0.00
26-jul	87	Med	0.0	1.00	2.5	43	0.0	77.2	0.0	0.0	0.00
27-jul	88	Med	0.4	1.00	2.5	44	0.0	79.2	0.0	0.0	0.00
28-jul	89	Med	0.0	1.00	2.5	45	0.0	81.7	0.0	0.0	0.00
29-jul	90	Med	0.0	1.00	2.5	47	0.0	84.2	0.0	0.0	0.00
30-jul	91	Med	0.0	1.00	2.5	48	0.0	86.7	0.0	0.0	0.00
31-jul	92	Med	0.0	1.00	2.5	50	0.0	89.2	0.0	0.0	0.00
01-ago	93	Med	0.0	1.00	2.4	51	0.0	91.6	0.0	0.0	0.00
02-ago	94	Med	0.0	1.00	2.4	52	0.0	94.1	0.0	0.0	0.00
03-ago	95	Med	1.6	1.00	2.4	53	0.0	94.8	0.0	0.0	0.00

CROPWAT, 2020.

Tabla 9. Programación de riego de cultivo – balance diario de humedad del suelo, Etapa Final.

Fecha	Día	Etapa	Precipit. (mm)	Ks (fracc.)	Eta (mm / día)	Agot. (%)	Lám.Neta (mm)	Déficit (mm)	Pérdida (mm)	Lam.Br. (mm)	Caudal (l / s / ha)
04-ago	96	Fin	0.0	1.00	2.4	54	0.0	97.2	0.0	0.0	0.00
05-ago	97	Fin	0.0	1.00	2.4	55	0.0	99.7	0.0	0.0	0.00
06-ago	98	Fin	0.0	1.00	2.4	57	0.0	102.1	0.0	0.0	0.00
07-ago	99	Fin	1.6	1.00	2.4	57	0.0	102.9	0.0	0.0	0.00
08-ago	100	Fin	0.0	1.00	2.4	58	0.0	105.3	0.0	0.0	0.00
09-ago	101	Fin	0.0	1.00	2.4	60	0.0	107.7	0.0	0.0	0.00
10-ago	102	Fin	0.0	1.00	2.4	61	110.1	0.0	0.0	157.3	18.21
11-ago	103	Fin	0.0	1.00	1.9	1	0.0	1.9	0.0	0.0	0.00
12-ago	104	Fin	0.0	1.00	1.9	2	0.0	3.8	0.0	0.0	0.00
13-ago	105	Fin	2.0	1.00	1.9	2	0.0	3.7	0.0	0.0	0.00
14-ago	106	Fin	0.0	1.00	1.9	3	0.0	5.6	0.0	0.0	0.00
15-ago	107	Fin	0.0	1.00	1.9	4	0.0	7.5	0.0	0.0	0.00
16-ago	108	Fin	0.0	1.00	1.9	5	0.0	9.4	0.0	0.0	0.00
17-ago	109	Fin	2.0	1.00	1.9	5	0.0	9.3	0.0	0.0	0.00
18-ago	110	Fin	0.0	1.00	1.9	6	0.0	11.2	0.0	0.0	0.00
19-ago	111	Fin	0.0	1.00	1.9	7	0.0	13.1	0.0	0.0	0.00
20-ago	112	Fin	0.0	1.00	1.9	8	0.0	15.0	0.0	0.0	0.00
21-ago	113	Fin	0.0	1.00	1.3	9	0.0	16.3	0.0	0.0	0.00
22-ago	114	Fin	0.0	1.00	1.3	10	0.0	17.6	0.0	0.0	0.00
23-ago	115	Fin	2.3	1.00	1.3	9	0.0	16.7	0.0	0.0	0.00
24-ago	116	Fin	0.0	1.00	1.3	10	0.0	18.0	0.0	0.0	0.00
25-ago	117	Fin	0.0	1.00	1.3	11	0.0	19.3	0.0	0.0	0.00
26-ago	118	Fin	0.0	1.00	1.3	11	0.0	20.6	0.0	0.0	0.00
27-ago	119	Fin	2.3	1.00	1.3	11	0.0	19.7	0.0	0.0	0.00

28-ago	120	Fin	0.0	1.00	1.3	12	0.0	21.0	0.0	0.0	0.00
29-ago	121	Fin	0.0	1.00	1.3	12	0.0	22.3	0.0	0.0	0.00
30-ago	122	Fin	0.0	1.00	1.3	13	0.0	23.6	0.0	0.0	0.00
31-ago	123	Fin	0.0	1.00	1.3	14	0.0	24.9	0.0	0.0	0.00
01-sep	124	Fin	0.0	1.00	0.9	14	0.0	25.8	0.0	0.0	0.00
02-sep	Fin	Fin	0.0	1.00	0.0	14					

CROPWAT, 2020.

Tabla 10. Índice de riesgo agroclimático.

CATEGORIZACIÓN	INTERVALOS DE MEDICIÓN (TEMPERATURA)	INTERVALOS DE MEDICIÓN (PRECIPITACIÓN)
Optimo (bajo)	30 a 34 °C	500 a 700 mm
Medio	20 a 29 °C (ascenso)	300 a 499 mm (exceso)
	0 a 19 °C (descenso)	5 a 499 mm (déficit)
Alto	35 a 45 °C (ascenso)	701 a 900 mm (exceso)
	0 a 19 °C (descenso)	5 a 499 mm (déficit)

FAO, 2020.

Tabla 11. Medidas de prevención y mitigación frente a inundaciones y sequías.

Medida de prevención	Medida de mitigación	Evento
<ul style="list-style-type: none"> • Implementar prácticas como barreras vivas, labranza mínima, abonos verdes, pozos de absorción, canales de drenajes, y tratamiento de cárcavas. • Reforestar las áreas cercanas a fuentes agua. • Construir estructuras para la recolección o almacenamiento de agua por medio de pozas, cauces, aljibes o embalses de uso múltiple si fuera posible. • Sembrar cultivos de manera escalonada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hacer uso racional del agua. • Llevar un buen manejo sobre los sistemas de riego. • Construcción de represas y habilitar pozos. 	Sequía
<ul style="list-style-type: none"> • Siembra de cultivos de ciclo corto (arroz y yuca de ciclo corto). • Tener limpios los canales de drenajes naturales. • Realizar terraplenes y movimientos de tierra integrados en el paisaje. • Construir barreras anti-inundación temporales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar limpiezas en los canales de drenajes. • Construcción en áreas adecuadas los diques y barreras con la finalidad de mantener el agua fuera del lugar. 	Inundación

MINISTERIO DE ESPAÑA, 2020.