



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Ambiental

Evaluación de la vulnerabilidad y riesgo climático de la población ante la posible afectación del cultivo de maíz frente a amenazas derivadas de cambios en el clima en la subcuenca del río Machángara

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental

Autor:

Caio Andres Neves De Carvalho De Icaza Oehlke

CI: 0921164299

Correo electrónico: caionevica@hotmail.com

Tutor:

Ing. Alex Manuel Avilés Añezco. PhD.

CI: 0102247186

Cuenca, Ecuador

18-septiembre-2020



Resumen

El cambio climático es un desafío global que no tiene fronteras, debido a los múltiples efectos que se pueden presentar en los ecosistemas de todo el mundo. Por esta razón, en las últimas décadas se han realizado innumerables estudios sobre cambio climático, además de proyecciones o escenarios para estimar cómo se comportará el clima en el futuro.

Actualmente, la meta es entender y describir cómo esos cambios en el clima, impactarán a la sociedad, a los diferentes sistemas productivos y al medio ambiente; con el objetivo de proponer soluciones o alternativas que permitan hacer frente a los futuros problemas relacionados a la salud, economía, cultura, calidad de vida de las personas e incluso, a la seguridad alimentaria; entendiendo que los cambios en el clima tendrán influencia directa o indirecta sobre la producción de alimentos en cantidad y calidad.

Para el desarrollo de este estudio se aplicó una metodología basada en aquella desarrollada por la FAO para el sector agrícola, en concordancia con los lineamientos para análisis de vulnerabilidad y riesgo climático del Quinto Informe de Síntesis del Panel Intergubernamental del Cambio Climático. Se identificaron primero las amenazas derivadas del clima que influyen en la zona de estudio. Luego, se analizó la exposición de los sistemas agroproductivos, se determinó la sensibilidad del cultivo de maíz ante las amenazas y la sensibilidad de la población a sufrir impactos debido a los daños o pérdidas que podrían presentarse para este cultivo. Finalmente, se definió la capacidad adaptativa de la población frente a estos impactos, para calcular la vulnerabilidad y obtener una evaluación objetiva del riesgo. Así, se determinó que la vulnerabilidad de la población es baja ante ciertas amenazas y es muy baja ante otras. También se definió que el riesgo climático para la población es muy bajo frente a todas las amenazas.

Este trabajo culmina con la propuesta de algunas recomendaciones para el desarrollo de futuras investigaciones afines y para reducir la vulnerabilidad a las amenazas derivadas del cambio climático, que podrían afectar a este y otros cultivos en el futuro.

Palabras clave

Vulnerabilidad. Riesgo climático. Subcuenca del Machángara. Cultivo de maíz. Cambio climático.



Abstract

Climate change is a global issue that has no political borders due to compounding effects that occur in ecosystems around the world. For this reason, countless studies on climate change have recently been carried out around the world and projections or scenarios have been developed to estimate how the climate will behave in the future.

Currently, the goal is to understand and describe how these changes in the climate will impact society, different production systems and the environment; the aim of which are to propose solutions or alternatives that make it possible to face future problems related to health, economy, culture, life quality and food security. These take into consideration that changes in climate will have a direct and indirect influence on food production in quantity and quality.

For this study, a methodology based on the one developed by FAO for the agricultural sector was applied, in accordance with the guidelines for analysis of vulnerability and climate risk of the Fifth Synthesis Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). First, the threats derived from the climate that influence the study area were identified. Then, the exposure and the sensitivity of the corn crop to those threats and the sensitivity of the population to suffer impacts from the damages or losses that could arise for this crop were determined. Finally, the adaptive capacity of the population against these impacts was defined, to calculate the vulnerability and obtain an objective risk assessment. Thereby, it was determined that the vulnerability of the population is low to certain threats and is very low to others. It was also defined that the climatic risk for the population is very low to all threats.

This work culminates with the proposal of some recommendations for the development of future related research and to reduce vulnerability to the threats derived from climate change, which could affect this and other crops in the future.

Keywords

Vulnerability. Climate risk. Machángara subbasin. Maize crop. Climate change.



Índice de Contenidos

RESUMEN	1
PALABRAS CLAVE	2
ABSTRACT	3
KEYWORDS	3
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	11
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	11
1.2. OBJETIVOS	13
1.2.1. Objetivo General	13
1.2.2. Objetivos Específicos	13
1.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	13
CAPÍTULO 2. CONTENIDO TEÓRICO	13
2.1. GLOSARIO	13
2.2. PROYECCIONES CLIMÁTICAS	19
2.3. MARCO LEGAL Y CONTEXTO NACIONAL.....	20
2.4. ESTADO DEL ARTE	28
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	31
3.1. ZONA DE ESTUDIO	31
3.2. METODOLOGÍA GENERAL.....	37
3.2.1. Método de Evaluación de la Vulnerabilidad y Riesgo Climático	37
3.2.2. Definición de las Amenazas climáticas.....	41
3.2.3. Determinación de la Exposición	46
3.2.4. Determinación de la Vulnerabilidad	47
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1. ESCENARIO CLIMÁTICO Y DOWNSCALING	52
4.2. AMENAZAS	54
4.3. EXPOSICIÓN	60
4.4. VULNERABILIDAD	64
4.4.1. Sensibilidad.....	64
4.4.2. Capacidad Adaptativa	74
4.5. CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO CLIMÁTICO.....	80
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81



5.1. CONCLUSIONES	81
5.2. RECOMENDACIONES	82
5.2.1. Recomendaciones para futuros estudios.....	82
5.2.2. Recomendaciones para el control de la vulnerabilidad de la subcuenca del río Machángara.....	83
CAPÍTULO 6. REFERENCIAS.....	85
6.1. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	85
6.2. ANEXOS	90
Anexo 1: Cuestionario	90

Índice de Tablas

Tabla 1. Índice de Vulnerabilidad de ALC.....	29
Tabla 2. Territorio de las parroquias en la subcuenca del Machángara.	34
Tabla 3. Clasificación del factor de vulnerabilidad	38
Tabla 4. Clasificación del riesgo climático.	38
Tabla 5. Periodos de heladas según Emberger y valor del factor de amenaza.....	44
Tabla 6. Clasificación, grado y factor de amenaza de deslizamiento.....	45
Tabla 7. Grado de exposición ambiental del cultivo de maíz.	46
Tabla 8. Clasificación de la sensibilidad.	48
Tabla 9. Valor de sensibilidad según el porcentaje de aportantes al seguro social.....	49
Tabla 10. Alfabetización y valor de capacidad adaptativa.....	50
Tabla 11. Nivel de Capacidad Adaptativa.....	52
Tabla 12. Datos de precipitación y temperatura observados y futuros.....	53
Tabla 13. Variación del grado de amenaza frente a sequías dentro de la subcuenca.	54
Tabla 14. Elevación y Temperatura de las estaciones meteorológicas.....	55
Tabla 15. Variación del periodo de heladas según Emberger.....	57
Tabla 16. Grado de amenaza de deslizamientos según Mora Vahrson.....	59
Tabla 17. Factores para cada amenaza.	59
Tabla 18. Exposición geográfica del cultivo de maíz a las amenazas climáticas.	62
Tabla 19. Grado de exposición de la dimensión socioeconómica.....	62
Tabla 20. Exposición de la dimensión de asociatividad y relación comunitaria.....	63
Tabla 21. Factor de exposición frente a cada amenaza.	64
Tabla 22. Variedades de maíz presentes en Azuay y Cañar.	65
Tabla 23. Requerimientos del maíz "zhima".	65
Tabla 24. Respuestas sobre el uso del sistema de riego.....	66



Tabla 25. Medidas de contingencia ante exceso de lluvia.	69
Tabla 26. Sensibilidad del cultivo de maíz.	71
Tabla 27. Aportantes al seguro social.	71
Tabla 28. Gravedad de la pérdida del cultivo de maíz para le economía, alimentación y cultura de la población.	72
Tabla 29. Índice de Sensibilidad.	73
Tabla 30. Alfabetismo en la subcuenca del Machángara.	74
Tabla 31. Técnicas de cultivo y capacidad adaptativa.	75
Tabla 32. Medidas de contingencia frente a las amenazas.	76
Tabla 33. Capacidad de cambio.	77
Tabla 34. Estado de la relación población-instituciones.	78
Tabla 35. Agricultores para el futuro.	78
Tabla 36. Índice de capacidad adaptativa frente a cada amenaza.	79
Tabla 37. Resultados de impacto potencial.	80
Tabla 38. Resultado de la vulnerabilidad frente a cada amenaza.	80
Tabla 39. Resultado de riesgo climático frente a cada amenaza.	81

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Evolución temporal de la concentración de CO2 equivalente en los escenarios RCP.	20
Ilustración 2. Mapa de la zona de estudio.	32
Ilustración 3. Mapa de Microcuencas.	33
Ilustración 4. Mapa de Parroquias.	34
Ilustración 5. Mapa de los sistemas agro-productivos y los centros poblados de la subcuenca del Machángara.	35
Ilustración 6. Mapa de las Represas de la subcuenca del río Machángara.	36
Ilustración 7. Diagrama descriptivo de aspectos evaluados.	39
Ilustración 8. Ubicación de las estaciones meteorológicas del INAMHI.	42
Ilustración 9. Precipitación y Temperatura mensual multianual para escenario futuro.	53
Ilustración 10. Grado de amenaza de sequía en periodo observado y periodo futuro.	55
Ilustración 11. Obtención de la ecuación de gradiente térmico.	56
Ilustración 12. Régimen de heladas según Emberger.	56
Ilustración 13. Mapa comparativo de ubicación de sistemas agroproductivos y los regímenes de heladas según Emberger.	58
Ilustración 14. Grado de amenaza de deslizamientos según Mora Vahrson.	59



Ilustración 15. Mapa comparativo de amenaza de sequía y sistemas agroproductivos.	60
Ilustración 16. Mapa comparativo de heladas y sistemas agroproductivos.	61
Ilustración 17. Mapa comparativo de amenaza de deslizamiento y sistemas agroproductivos.	61
Ilustración 18. Respuesta: Familias que cultivan maíz.	62
Ilustración 19. Asociatividad y Relación comunitaria.	63
Ilustración 20. Ciclo de cultivo del maíz.	67
Ilustración 21. Etapas de desarrollo y requerimiento de humedad del cultivo de maíz.	68
Ilustración 22. Precipitación observada y futura en los meses de demanda hídrica del cultivo de maíz.	69

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Vulnerabilidad	37
Ecuación 2. Riesgo Climático	37
Ecuación 3. Normalización de componentes del impacto potencial.	40
Ecuación 4. Normalización de indicadores de capacidad adaptativa.	40
Ecuación 5. Factor de cambio (Delta).....	43
Ecuación 6. Ecuación de Mora-Vahrson según factores morfodinámicos.....	45
Ecuación 7. Índice de Sensibilidad	47



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Caio Andres Neves De Carvalho De Icaza Oehlke, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la vulnerabilidad y riesgo climático de la población ante la posible afectación del cultivo de maíz frente a amenazas derivadas de cambios en el clima en la subcuenca del río Machángara", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 18 de septiembre de 2020

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Caio', written over a horizontal line.

Caio Andres Neves De Carvalho De Icaza Oehlke

C.I: 0921164299



Cláusula de Propiedad Intelectual

Caio Andres Neves De Carvalho De Icaza Oehlke, autor del trabajo de titulación "Evaluación de la vulnerabilidad y riesgo climático de la población ante la posible afectación del cultivo de maíz frente a amenazas derivadas de cambios en el clima en la subcuenca del río Machángara", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 18 de septiembre de 2020

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Caio', written over a horizontal line.

Caio Andres Neves De Carvalho De Icaza Oehlke

C.I: 0921164299



Universidad de Cuenca

Agradecimientos

A mi familia, en especial a mis padres Jota y Yara, por su confianza, sus consejos y su apoyo absoluto en todos mis proyectos académicos y personales; y a mis abuelitos, tíos y primos por su ejemplo y motivación para seguir adelante.

A mis amigos Francisco, Christian y María Caridad, por su compañía y los buenos momentos que estarán siempre conmigo.

Al ing. Álex Avilés y al ing. Stalin Jiménez, por su ayuda y guía para desarrollar el presente trabajo.

A la Universidad de Cuenca, y al Instituto de Fomento al Talento Humano por proporcionar las herramientas que me permitieron vivir esta experiencia.



Capítulo 1. Introducción

1.1. Identificación del problema y justificación

Se prevé que el cambio climático tenga importantes consecuencias para la agricultura y la seguridad alimentaria de los países, debido a temperaturas medias más elevadas, cambios en las precipitaciones, aumento del nivel del mar e incremento de la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos, así como la posibilidad de mayores daños ocasionados por plagas y enfermedades (FAO, 2018b).

En las últimas décadas se han realizado innumerables estudios sobre cambio climático en todo el mundo, además de proyecciones y posibles escenarios para estimar cómo se comportará el clima en el futuro. Actualmente, la meta es entender y describir cómo esos cambios en el clima impactaran a la sociedad, a los diferentes sistemas productivos y al medio ambiente, para proponer soluciones o alternativas y estar preparados ante futuros problemas que podrían afectar la economía del país, la salud y calidad de vida de la población; entendiendo que estos cambios en el clima tendrán influencia directa o indirecta sobre la producción de alimentos en cantidad y calidad, y en la seguridad y soberanía alimentaria del país. Se conoce por ejemplo, que el calentamiento global está cambiando la distribución y comportamiento de especies de insectos que influyen en la productividad del suelo a largo plazo (Lobell & Gourdji, 2012). Además, los efectos causados por la contaminación del aire debido a gases de efecto invernadero reducen la productividad de los trabajadores lo que amenaza indirectamente la provisión de alimentos y la seguridad alimentaria (Joshua, Zivin, & Neidell, 2012).

Estos efectos serán desiguales en las distintas regiones y países. En las regiones donde se encuentra la mayoría de los países en desarrollo y los menos avanzados, la agricultura ya puede verse afectada negativamente por el cambio climático, debido a una mayor frecuencia de sequías e inundaciones. En el caso de los países en desarrollo, el cambio climático podría agudizar los problemas relativos a la seguridad alimentaria que ya padecen (FAO, 2018b).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), alrededor de 770 millones de personas, (cerca del 10% de la población mundial) estuvieron expuestos a una severa inseguridad alimentaria en el año 2017 (FAO, 2018a). Para el año 2050, se espera que la demanda de alimentos aumente en un 60% a nivel mundial comparado con los años 2005/2007 (Ittersum, Bussel, Wolf, Grassini, Wart, & Guilpart, 2016).

La FAO predice que para 2050, la población mundial alcance los 9.1 billones, lo que hace que se requiera un 70% de aumento en la producción agrícola. De ser así, la



producción de cereales debe incrementarse a 3 billones de toneladas y la producción de carne deberá ser superior a 200 millones de toneladas (FAO, 2009). Esto promovería a la ganadería intensiva a pesar del alto costo de deterioro ambiental (Godfray, Pretty, Muir, & Robinson, 2010). Por ejemplo, se conoce que los productos ganaderos son responsables de más emisiones de gases de efecto invernadero que la mayoría de las otras fuentes de alimentos, causadas por la producción de alimento, la fermentación entérica, los desechos de animales y el cambio en el uso de la tierra (FAO, 2018c).

Sólo el ganado representa aproximadamente la cuarta parte de las emisiones de metano a través de la fermentación intestinal y la putrefacción de los excrementos. Si aumenta la cantidad de cabezas de ganado y se industrializa la producción pecuaria, se prevé un aumento del estiércol de aproximadamente 60% para el año 2030; las emisiones de metano procedentes del ganado aumentarán probablemente en la misma proporción. Por lo tanto, mitigar las emisiones del sector agrícola y ganadero, mientras se garantiza la seguridad alimentaria, es uno de los desafíos más importantes para científicos y responsables políticos de todo el mundo (FAO, 2006).

Por lo descrito anteriormente, se ha vuelto indispensable evaluar la situación actual del sector agrícola y analizar la susceptibilidad de los cultivos y vulnerabilidad de la población frente al cambio climático para tomar medidas que garanticen la seguridad alimentaria.

En el Ecuador, existe una gran variedad de cultivos; su demanda y consumo son también muy variados, siendo el maíz uno de los principales granos a nivel nacional. En la región andina, es uno de los alimentos tradicionalmente más representativos, ya que su importancia no radica sólo en el aspecto alimenticio, su rendimiento, facilidad de producción y valor nutricional, sino también, en su alta importancia cultural; ya que tiene un gran valor para la identidad de los pueblos indígenas.

Este estudio permitió evaluar la vulnerabilidad y riesgo climático de la población ante la afectación del cultivo de maíz frente a amenazas climáticas, considerando escenarios de cambio climático sobre la subcuenca del río Machángara. Además, este trabajo puede ser de gran utilidad como guía para la generación de información necesaria para la elaboración de políticas públicas que se alineen con los Planes de Ordenamiento Territorial, el Plan Nacional de Desarrollo y algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por las Naciones Unidas en el año 2015, como el de “hambre cero”, “trabajo decente y crecimiento económico”, “producción y consumo responsable”, y “acción por el clima” (Naciones Unidas, 2015).



1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

-Evaluar la vulnerabilidad y riesgo climático en la población ante los efectos que podrían presentarse a futuro sobre el cultivo de maíz por amenazas influenciadas por el cambio del clima en la subcuenca del río Machángara.

1.2.2. Objetivos Específicos

-Definir el comportamiento del cultivo de maíz frente a las amenazas climáticas, mediante bibliografía existente y escenarios de cambio climático.

-Determinar la vulnerabilidad y riesgo climático de la población frente a la posible afectación del cultivo de maíz.

-Formular recomendaciones que podrían aplicarse para hacer frente a las amenazas climáticas que podrían afectar al cultivo de maíz, y disminuir la vulnerabilidad de la población.

1.3. Preguntas de Investigación

1) ¿Será afectado el cultivo de maíz de la subcuenca del río Machángara por las amenazas derivadas del cambio climático?

2) ¿Cuál es el grado de vulnerabilidad de la población ante la afectación del cultivo de maíz por las amenazas derivadas del cambio climático?

Capítulo 2. Contenido Teórico

2.1. Glosario

A continuación, se definen algunos conceptos importantes para la comprensión del presente trabajo.

- **Adaptación al cambio climático:** Según el IPCC, se define como el ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes (IPCC, 2014). La adaptación al cambio climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Se pueden distinguir varios tipos de adaptación, entre ellos la preventiva y reactiva, la pública y privada, o la autónoma y planificada (UNISDR, 2009).

- **Amenaza:** Cualquier factor externo de riesgo con potencial para provocar daños sociales, ambientales y económicos en una comunidad durante determinado periodo



de tiempo. Además, se puede entender a las amenazas como resultado de la interacción entre un fenómeno climático, las características físicas del territorio (pendiente, cobertura del suelo, altitud, etc.) y los sistemas sociales (Alarcón et al., 2009).

- Amenaza hidrometeorológica: Un proceso o fenómeno de origen atmosférico, hidrológico u oceanográfico que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (UNISDR, 2009).
- Aporque: es una práctica agrícola que se realiza uno o dos meses después de la siembra, que consiste en arrimar suelo alrededor de la planta en la parte inferior del tallo, con el objetivo de dar sostén y mantener la humedad del suelo (Yáñez et al., 2010).
- Cambio climático: cambio en el estado del clima que se puede identificar a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado. Puede obedecer a procesos naturales internos o a cambios en los forzantes externos, o bien, a cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso del suelo (IPCC, 2014a).

El objetivo de trabajar con escenarios de cambio climático no es predecir el futuro climático, sino evaluar un amplio espectro de posibilidades respecto al posible comportamiento del clima en el futuro y entender las incertidumbres asociadas, con el fin de orientar decisiones robustas que permitan anticiparse a los posibles impactos y generar desde el presente un accionar eficaz que permita incluir los cambios sociales, ambientales, económicos y políticos necesarios para no llegar a una situación proyectada de un futuro desfavorable (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA, 2015).

- Capacidad Adaptativa: capacidad de los sistemas, las instituciones, los seres humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias (IPCC, 2014a).
- Capacidad de campo: Cantidad relativamente constante de agua que contiene un suelo saturado después de 48 horas de drenaje. El concepto de Capacidad de Campo



se aplica únicamente a suelos bien estructurados donde el drenaje del exceso de agua es relativamente rápido; si el drenaje ocurre en suelos pobremente estructurados, por lo general continuará durante varias semanas y este tipo de suelos de estructura tan pobre raramente tiene una Capacidad de Campo claramente definida (FAO, s.f.).

- Cuenca hidrográfica: es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar. Este es un ámbito tridimensional que integra las interacciones entre la cobertura sobre el terreno, las profundidades del suelo y el entorno de la línea divisoria de las aguas (World Vision, 2014).
- Defoliación: es una práctica agrícola también conocida como “llacado” que consiste en la remoción de hojas de la planta de maíz cuando están verdes, después de la etapa de floración y la etapa en que el grano es lechoso. Las hojas extraídas se utilizan comúnmente para la alimentación de animales domésticos o como abono (Yáñez et al., 2010).
- Deshierbe: Es una práctica agrícola que se compone de dos actividades; el “raleo”, que consiste dejar de una a dos plantas cada 50-80cm cuando han alcanzado los 25-30cm de altura, mientras se eliminan las restantes; y el “rascadillo”, que consiste en realizar una limpieza manual de las malezas cuando estas se presentan sobre todo en la época crítica de competencia (0-45 días después de la siembra), además sirve para romper la costra endurecida del terreno para ayudar a que las raíces superficiales se desarrollen (Yáñez et al., 2010).
- Evaluación del riesgo: metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de posibles amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de vulnerabilidad que conjuntamente podrían dañar potencialmente a la población, la propiedad, los servicios y los medios de sustento expuestos, al igual que el entorno del cual dependen (UNISDR, 2009).
- Evento climático extremo: fenómeno meteorológico raro en un lugar y época del año determinados, donde la rareza del fenómeno es normalmente igual o superior a la de los percentiles 10 o 90 de la función de densidad de probabilidad observada (IPCC, 2014a).



- Evaluación de la vulnerabilidad: es una extensión de la evaluación del impacto. En el marco riesgo-amenaza, se basa en el manejo de riesgo y desastre, en este se conceptualiza la vulnerabilidad como la dosis-respuesta entre un riesgo exógeno a un sistema y sus efectos adversos. Antes se caracterizaba principalmente por la evaluación de los efectos del clima en términos de su relevancia para la sociedad y considerando la adaptación potencial. Actualmente, la evaluación es más completa, ya que incorpora la capacidad de adaptación de las personas, lo que desplaza el enfoque desde adaptación potencial a adaptación viable (Füssel & Klein, 2006).
- Exposición: La presencia de personas; medios de subsistencia; especies o ecosistemas; funciones, servicios y recursos ambientales; infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente (IPCC, 2014a).
- Gestión del riesgo. El enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales. Abarca la evaluación y el análisis del riesgo, al igual que la ejecución de estrategias y acciones específicas para controlar, reducir y transferir el riesgo. Esta es una práctica generalizada de diversas organizaciones para minimizar el riesgo en las decisiones de inversión y para abordar riesgos operativos, tales como la interrupción de los negocios, las fallas en la producción, el daño ambiental, los impactos sociales y los daños como consecuencia de las amenazas naturales. La gestión del riesgo es un tema fundamental para sectores tales como el suministro de agua y energía, al igual que para la agricultura, cuya producción resulta afectada directa o indirectamente por episodios meteorológicos y climáticos extremos (UNISDR, 2009).
- Gobernanza climática: son los mecanismos y medidas que dirigen a los sistemas sociales a la prevención, mitigación o adaptación de los factores de riesgo asociados al cambio climático. No solo abraza la formulación de políticas por parte de los estados, sino además todos los procesos a través de los cuales la autoridad es generada y ejercida para afectar el cambio climático y la sostenibilidad. Esto incluye la definición de políticas por parte de los estados, pero también por parte de muchos otros actores, como organizaciones no gubernamentales, empresas o municipios, cada uno actuando en varias escalas (IPCC, 2014a).



- Helada: es la ocurrencia de una temperatura del aire de 0°C o inferior, medida a una altura de entre 1,25 y 2,0 m por encima del nivel del suelo, dentro de una garita meteorológica adecuada.

Las temperaturas del aire bajo cero son producidas por disminuciones en el contenido de calor sensible del aire cerca de la superficie, principalmente debido a una pérdida neta de energía a través de la radiación desde la superficie hacia el cielo (helada de radiación), al viento que fluye con aire por debajo de 0°C para reemplazar el aire más caliente (helada de advección); o alguna combinación de los dos procesos (FAO, 2010).

- Helada agrometeorológica: Se produce cuando la temperatura ha disminuido lo suficiente como para ocasionar daños en los órganos vegetales (FAO, 2017).

El agua dentro de las plantas puede que se congele o no durante un evento de helada, dependiendo de varios factores de evitación. Un evento de helada se convierte en un evento de congelación cuando el agua extracelular dentro de las plantas se convierte en hielo. Esto puede o no dañar el tejido de la planta, según los factores de tolerancia (contenido de solutos de las células). El daño por congelación ocurre cuando la temperatura del tejido de las plantas cae por debajo de un valor crítico donde hay condición fisiológica irreversible que conduce a la muerte o al funcionamiento incorrecto de las células de las plantas (FAO, 2010).

- Mitigación: La disminución o la limitación de los impactos adversos de las amenazas y los desastres afines (UNISDR, 2009).

- Punto de marchitez permanente: Es la mínima humedad que puede tener un suelo, ya que con humedades menores la planta muere al no puede extraer agua y no recuperarse de la pérdida hídrica (Schosinsky, 2006).

- Resiliencia: (a) La capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas. (UNISDR, 2009). (b) La capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un fenómeno, tendencia o perturbación peligrosa respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conserven al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación (IPCC, 2014a).



- **Riesgo climático:** conjunto de consecuencias potencialmente adversas y severas para los sistemas humanos y socio-ecológicos resultantes de la interacción de amenazas asociadas al cambio climático y la vulnerabilidad de los sistemas y sociedades expuestas (IPCC, 2014a).
- **Seguridad alimentaria:** es la situación que se da cuando las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana. Con arreglo a esta definición, pueden determinarse cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria: disponibilidad de alimentos, acceso físico y económico a los mismos, utilización de los alimentos y estabilidad a lo largo del tiempo (FAO, 2018a).
- **Sensibilidad:** nivel en que un sistema resulta afectado, ya sea negativa o positivamente, por estímulos relacionados por el clima. El efecto puede ser directo (cambio en la producción de las cosechas por cambio en la media, variabilidad de las temperaturas), o indirecto (reducción de ingresos económicos, falta de producción) (IPCC, 2014a).
- **Sequía:** período de condiciones anormalmente secas durante tiempo suficiente para causar un desequilibrio hidrológico grave. Todo período con déficit anormal de precipitación se define como sequía meteorológica. Las megasequías son sequías prolongadas y extensas, que duran mucho más de lo normal, generalmente un decenio o más (IPCC, 2014a).
- **Sistema de Producción Agropecuario Empresarial:** utiliza el capital en la compra de paquetes de alta tecnología (maquinaria y equipos), que se utilizan en las labores culturales de siembra y cosecha, emplea mano de obra asalariada permanente y ocasional. Generalmente no practica rotación de cultivos y su producción se vincula con los productos agroindustriales y de exportación, su objetivo principal es maximizar la tasa de ganancia (Clirsen, Senplades, & Sigagro, 2010) metodología de sistemas productivos).
- **Sistema de Producción Agropecuario Combinado:** se caracteriza por la aplicación de un paquete tecnológico semi-tecnificado, las relaciones laborales están sustentadas



en la fuerza de trabajo asalariado que se combina con otras formas de remuneración. Las prácticas culturales son medianamente mecanizadas y el destino de la producción generalmente es el mercado nacional en especial para satisfacer la canasta básica familiar. Constituye un sistema de transición hacia un sistema de producción agropecuario empresarial (Clirsen, et al., 2010).

- Sistema de Producción Agropecuario Mercantil: articulado con el mercado de consumo, pero su objetivo principal no es la reproducción del capital, dado que la escala de producción que maneja limita la capitalización de la unidad de producción agrícola. Su economía se basa predominantemente en el ámbito de subsistencia y autoconsumo, y los excedentes que se generan sirven para el intercambio y compensación de la canasta básica familiar principalmente, gira alrededor de la familia campesina en cuanto al predominio de la fuerza de trabajo familiar (Clirsen, et al., 2010).
- Sistema de Producción Agropecuario Marginal: predominantemente marginado de los efectos del crecimiento económico pues el intercambio es mínimo, ya que genera muy pocos excedentes y por lo tanto poca rentabilidad. Utiliza mayoritariamente tecnología ancestral tradicional. El ingreso familiar se basa en la mayoría de los casos en ingreso extra de la unidad de producción agropecuaria como puede ser la venta de su fuerza de trabajo dentro y fuera de la actividad agrícola (Clirsen, et al., 2010).
- Vulnerabilidad. (a) Las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza. (UNISDR, 2009) (b) Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad al daño y la falta de capacidad de adaptación (IPCC, 2014b).

2.2. Proyecciones Climáticas

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) ha elaborado cuatro escenarios en su Quinto Informe (Assesment Report 5) publicado en el año 2014, denominados Trayectorias de Concentración Representativas (RCP por sus siglas en inglés), ya que son trayectorias de concentración de gases de efecto invernadero, que describen diferentes futuros climáticos, que dependen del volumen de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos en los próximos años. Por lo general, se utiliza la medida de

concentración de dióxido de carbono (CO_2) equivalente, que es la concentración de dióxido de carbono que produciría el mismo forzamiento radiativo que una mezcla dada de CO_2 y otros componentes de forzamiento. En el AR5 se considera por primera vez en los cálculos de las RCP, los efectos que podrían tener las políticas internacionales para mitigar el cambio climático (IPCC, 2014a).

Los RCP se determinan a partir de un posible rango de valores de forzamiento radiativo para el año 2100 (2.6, 4.5, 6 y 8.5 W/m^2 , respectivamente). Se denomina forzamiento radiativo a la diferencia entre la radiación absorbida por la Tierra y la energía irradiada de vuelta al espacio, medida en el borde superior de la tropósfera (aproximadamente a 12 km de la superficie) como resultado de cambios internos en la composición de la atmósfera y cambios en el aporte externo de energía solar. Un forzamiento radiativo positivo produce el calentamiento superficial y uno negativo, produce su enfriamiento (IPCC, 2014b).

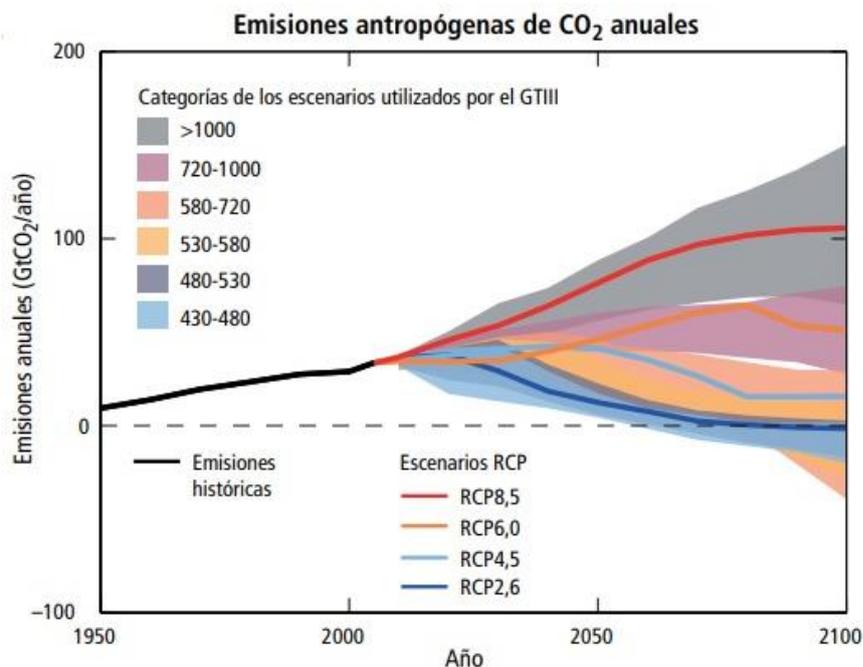


Ilustración 1. Evolución temporal de la concentración de CO_2 equivalente en los escenarios RCP.

Fuente: (IPCC, 2014a).

2.3. Marco Legal y Contexto Nacional

En Ecuador existe un importante marco legal con respecto a mitigación y adaptación al cambio climático, además de legislación sobre seguridad alimentaria, protección del patrimonio cultural, protección del medio ambiente y los recursos naturales. Además, Ecuador fue el primer país a nivel mundial que reconoce a la naturaleza como sujeto de



derecho en su constitución. La constitución del Ecuador también aborda la aplicación de los tratados internacionales a los que el Ecuador se suscribe. A continuación, se desarrolla una breve revisión de algunos apartados importantes relacionados al tema en estudio dentro de la legislación ecuatoriana.

Constitución de la república de Ecuador. Registro Oficial N° 449. 20 de octubre de 2008

A continuación, se indican varios artículos que incluyen esta temática y se encuentran dentro de la norma jurídica suprema, la Constitución de la república del Ecuador.

Art. 3.- “Son deberes primordiales del Estado: 1. Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes.”

Art. 12.- “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.”

Art. 13.- “Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria.”

Art. 14.- “Se 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.”

Art. 15.- “El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.”

Art. 57.- “Se reconoce y garantizará a las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, de conformidad con la Constitución y con los pactos, convenios, declaraciones y demás instrumentos internacionales de derechos humanos, los siguientes derechos colectivos: “8. Conservar y promover sus prácticas de manejo de la biodiversidad y de su entorno natural. El Estado establecerá y ejecutará programas, con la participación de la comunidad, para asegurar la conservación y



utilización sustentable de la biodiversidad.” ... “13. Mantener, recuperar, proteger, desarrollar y preservar su patrimonio cultural e histórico como parte indivisible del patrimonio del Ecuador. El Estado proveerá los recursos para el efecto.”

Art. 66.- “Se reconoce y garantizará a las personas:” ... “2. El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios.” ... “27. El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.”

Art. 71.- “La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.”

Art. 74.- “Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir. Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado.”

Art 83.- “Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley:” ... “3. Defender la integridad territorial del Ecuador y sus recursos naturales.” ... “6. Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.” ... “13. Conservar el patrimonio cultural y natural del país, y cuidar y mantener los bienes públicos.”

Art. 264.- “Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: 1. Planificar el desarrollo cantonal y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquial, con el fin de regular el uso y la ocupación del suelo urbano y rural.”

Art. 275.- “El régimen de desarrollo es el conjunto organizado, sostenible y dinámico de los sistemas económicos, políticos, socio-culturales y ambientales, que garantizan la realización del buen vivir, del sumak kawsay.” ... “El buen vivir requerirá que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades gocen efectivamente de sus derechos, y ejerzan responsabilidades en el marco de la interculturalidad, del respeto a sus diversidades, y de la convivencia armónica con la naturaleza.”



Art. 276.- “El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:” ... “4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.” ... “7. Proteger y promover la diversidad cultural y respetar sus espacios de reproducción e intercambio; recuperar, preservar y acrecentar la memoria social y el patrimonio cultural.”

Art. 281.- “La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente.”

Art. 317.- “Los recursos naturales no renovables pertenecen al patrimonio inalienable e imprescriptible del Estado. En su gestión, el Estado priorizará la responsabilidad intergeneracional, la conservación de la naturaleza, el cobro de regalías u otras contribuciones no tributarias y de participaciones empresariales; y minimizará los impactos negativos de carácter ambiental, cultural, social y económico.”

Art. 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.” ... “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.”

Art. 400.- “El Estado ejercerá la soberanía sobre la biodiversidad, cuya administración y gestión se realizará con responsabilidad intergeneracional. Se declara de interés público la conservación de la biodiversidad y todos sus componentes, en particular la biodiversidad agrícola y silvestre y el patrimonio genético del país.”

Art. 409.- “Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona.”



Art. 410.- “El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria.”

Art. 411.- “El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.”

Art. 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.”

Art. 417.- “Los tratados internacionales ratificados por el Ecuador se sujetarán a lo establecido en la Constitución. En el caso de los tratados y otros instrumentos internacionales de derechos humanos se aplicarán los principios pro ser humano, de no restricción de derechos, de aplicabilidad directa y de cláusula abierta establecidos en la Constitución.”

Política de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático. Decreto 1815. Registro Oficial No. 636. 17 de Julio de 2009

El Decreto 1815 estipula lo siguiente: “Declárase como política de Estado la adaptación y mitigación al cambio climático, 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.”

Comité Interinstitucional de Cambio Climático (CICC) y la Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional del Ecuador (CDN)

Bajo el Decreto Ejecutivo 495, de octubre de 2010, se creó el Comité Interinstitucional de Cambio Climático (CICC), que tiene la atribución de coordinar la ejecución integral de las políticas nacionales relacionadas al cambio climático, la Estrategia Nacional de



Cambio Climático (ENCC) y los compromisos asumidos respecto a la aplicación y participación en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y a sus instrumentos. El Ministerio del Ambiente del Ecuador ejerce el rol de presidente del Comité y la Subsecretaría de Cambio Climático (SCC) actúa como su Secretaría Técnica (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2017a).

La meta de este comité es generar los procesos consensuados de planificación nacional de cambio climático a nivel interinstitucional, con el objetivo de armar una planificación adecuada de reducción de emisiones y asegurar la adaptación al cambio climático en el país.

La CDN constituye el principal mecanismo para que los países miembros del Acuerdo de París declaren sus compromisos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, así como sus medidas de adaptación por el cambio climático.

La CDN del Ecuador se elaboró con la participación de organizaciones públicas, privadas, sociedad civil y academia que inició a mediados de 2017 y aborda de manera integral los componentes de mitigación y adaptación al cambio climático. Las Partes deben presentar una nueva CDN cada 5 años con metas más ambiciosas.

Así, el Ecuador reafirma su compromiso con la lucha global en contra del cambio climático y reconoce los derechos de la naturaleza y en el marco de los principios y objetivos del Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y el Acuerdo de París (MREMH, s.f.).

Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador (ENCC) 2012-2025

Fue expedida el 12 de julio de 2012 y es un instrumento para incorporar de manera transversal el cambio climático. Establece los sectores prioritarios de intervención, la visión, las líneas estratégicas, los objetivos, resultados y lineamientos para la acción, así como un mecanismo de implementación e instrumentos nacionales a ser desarrollados. Considera que los nueve sectores prioritarios para la adaptación al cambio climático son: 1) Agricultura, ganadería y soberanía alimentaria, 2) Pesca y acuicultura, 3) Salud, 4) Recursos hídricos, 5) Ecosistemas naturales, 6) Grupos humanos vulnerables, 7) Turismo, 8) Infraestructura y 9) Asentamientos humanos (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2017a).



Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Registro Oficial N° 305. 6 de agosto de 2014

Esta ley tiene como meta garantizar el derecho humano al agua y los recursos hídricos, regulando su gestión. A continuación, se señalan artículos que incluyen la gestión de los sistemas de riego, la conservación de suelos y la protección de fuentes hídricas.

Art. 12.- “El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley.”

Art. 40.- “Principios y objetivos para la gestión del riego y drenaje. El riego y drenaje es un medio para impulsar el buen vivir o sumak kawsay. La gestión del riego y drenaje se regirán por los principios de redistribución, participación, equidad y solidaridad, con responsabilidad ambiental. Los objetivos son: a) Ampliar la cobertura y mejorar la eficiencia de los sistemas de riego en función del cambio de la matriz productiva; b) Posibilitar el incremento de la productividad y la diversificación productiva; c) Fortalecer la gestión pública y comunitaria de riego; d) Impulsar la modernización y tecnificación del riego; e) Promover el manejo, conservación y recuperación de suelos; f) Favorecer la generación de empleo rural; y, g) Garantizar la calidad y cantidad de agua para riego.”

Plan Nacional del Buen Vivir 2017-2021 “Toda una Vida”. Resolución No. CNP-002-2017. 13 de julio de 2017

Dentro del Plan Nacional del Buen Vivir, se encuentran los objetivos Nacionales de Desarrollo para el Buen Vivir, que cuentan con 9 objetivos, divididos en 3 ejes: Derechos para todos durante toda la vida, Economía al servicio de la sociedad, y Más sociedad, mejor Estado. Entre estos objetivos, para el tema en estudio se destacan los siguientes:

Objetivo 1: Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas.

Objetivo 2: Afirmar la interculturalidad y plurinacionalidad, revalorizando las identidades diversas.



Universidad de Cuenca

Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.

Objetivo 6: Desarrollar las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y el desarrollo rural integral.

Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Resolución N° 003-2017-CNP. 19 de enero de 2018.

El PND 2017-2018 es un instrumento que define la visión estratégica del Gobierno para orientar sus recursos y esfuerzos en desarrollo e inversión. En este se abordan temas de desarrollo, protección del medio ambiente, recursos naturales, adaptación al cambio climático, y soberanía alimentaria, tanto dentro de sus objetivos, como en la extensión del documento. A continuación, se señalan algunos párrafos que incluyen estos temas:

“Con respecto al ambiente, Ecuador asumirá plenamente su protección y la garantía de los derechos de la naturaleza. Esto incluye: el manejo responsable de los recursos naturales para beneficio colectivo de la sociedad, la protección de la diversidad biológica, la prevención de la degradación del suelo y la implementación de una respuesta adecuada al cambio climático, que promueva la resiliencia de las comunidades.”

“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.”

“La sociedad es consciente de la vulnerabilidad de la población ante amenazas naturales y de origen antrópico. En consecuencia, se plantea la necesidad de implementar un sistema integral de gestión de riesgos que permita la mitigación y adaptación de la sociedad ante los efectos de fenómenos de esta índole. Asimismo, se requiere el fortalecimiento de la institucionalidad relacionada con esta problemática, con énfasis en la gestión local. Este tema cobra cada vez mayor importancia debido a los cambios que está experimentando el planeta Tierra y a los efectos negativos de la lógica capitalista de sobreexplotación de los recursos naturales.”



Gestión e institucionalidad del cambio climático en Ecuador

Subsecretaría de Cambio Climático (SCC). Acuerdo Ministerial N°. 104. Registro Oficial N°. 81. 4 de Diciembre de 2009

El Ministerio de Ambiente del Ecuador crea mediante acuerdo ministerial la Subsecretaría del Cambio Climático, que es la entidad a cargo de coordinar las acciones de mitigación y adaptación del país para hacer frente al cambio climático. Para esto, está conformada por dos unidades: la Dirección Nacional de Adaptación al Cambio Climático (DNACC) y la Dirección Nacional de Mitigación del Cambio Climático (DNMCC) (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2017a).

2.4. Estado del Arte

A continuación, se destacan algunos estudios y proyectos realizados sobre cambio climático, adaptación, vulnerabilidad y riesgo climático en la región y el país.

Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe (ALC)

Este estudio, elaborado en 2014 por Mapplecroft para la Corporación Andina de Fomento (CAF), busca ofrecer mayor comprensión sobre cómo varía la vulnerabilidad al cambio climático en toda la región de ALC y porqué se produce esa variación. Como resultados de este trabajo, se destaca lo siguiente:

- Los países con escaso desarrollo socioeconómico presentan los mayores grados de vulnerabilidad.
- Sin adaptación, es probable que aumente la exposición de la población y del PIB a la vulnerabilidad al cambio climático.
- La alta exposición agrava los riesgos para las poblaciones rurales menos favorecidas.
- Los recursos naturales y los servicios de los ecosistemas revisten importancia particular.

Además, como se observa en la ilustración siguiente, en este trabajo se señala a Ecuador como el décimo segundo país de ALC y cuarto país de Sudamérica con el índice de vulnerabilidad más alto.



Tabla 1. Índice de Vulnerabilidad de ALC.

Vulnerabilidad al cambio climático			
País	Posición	Puntaje	Categoría
Haití	1	0.58	extremo
Guatemala	2	0.75	extremo
El Salvador	3	0.79	extremo
Honduras	4	0.92	extremo
República Dominicana	5	1.01	extremo
Nicaragua	6	1.19	extremo
Jamaica	7	1.5	extremo
Paraguay	8	1.58	extremo
Belice	9	2.25	extremo
Bolivia	10	2.48	extremo
Venezuela	11	3.64	alto
Ecuador	12	3.76	alto

Fuente: Mapplecroft, 2014. Elaboración: Modificado por el Autor.

Proyecto FORECCSA-Fortalecimiento de la resiliencia de las comunidades ante los efectos adversos del cambio climático con énfasis en seguridad alimentaria y consideraciones de género en la cuenca del río Jubones y la provincia de Pichincha

En el 2011, el Gobierno del Ecuador, a través del Ministerio de Ambiente, para precautelar la disponibilidad de alimentos en un contexto de cambio climático, implementó el proyecto FORECCSA, que inició su ejecución en la cuenca del río Jubones (Azuay, El Oro y Loja) y Pichincha en coordinación con el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas (PMA), y 50 Gobiernos locales.

Este proyecto tiene como objetivo fortalecer la capacidad de resiliencia y reducir la vulnerabilidad de las comunidades frente a los efectos adversos del cambio climático en la seguridad alimentaria, incluyendo el enfoque de género.

En este sentido, en cada parroquia y mediante procesos participativos, los gobiernos locales y las comunidades, identificaron las amenazas climáticas, de inseguridad alimentaria y de inequidad de género frente a las que deben adaptarse. Para esto se contó con el apoyo de estudios desarrollados por Intercooperation América Latina.

Tras el análisis de vulnerabilidad se definió el conjunto de medidas a ser implementadas en este proyecto y se creó el Sistema de Alerta Climática (SAC) frente a los efectos adversos del cambio climático en la seguridad alimentaria en la cuenca del Río Jubones.



Universidad de Cuenca

De este proyecto se destacan los siguientes resultados en cifras (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2017b).

- 86 medidas de adaptación implementadas.
- 30 reservorios construidos/mejorados que incrementan la capacidad de almacenamiento de agua en 188.000 m³.
- Mejoramiento de 55 km de canales de riego comunitario e instalado 842 sistemas de riego parcelario.
- 4.511 familias mejoraron su calidad de vida al tener una fuente permanente de agua de riego para producir alimentos todo el año.
- Incorporación y mejoramiento de prácticas agrícolas para retener la humedad del suelo, crear microclimas, atenuar la carencia de agua y diversificar la dieta en al menos 5.375 chacras campesinas.
- 20.865 personas capacitadas en cambio climático, seguridad alimentaria y equidad de género.
- En la Cuenca del Río Jubones, se fortalece la red funcional de estaciones y se implementa un sistema de apoyo a la gestión del riesgo climático para la seguridad alimentaria.
- 38 gobiernos locales han desarrollado políticas locales para continuar trabajando en la adaptación al cambio climático.

Proyecto Ganadería Climáticamente Inteligente: Riesgo Climático Actual y Futuro del Sector Ganadero del Ecuador

Este trabajo, realizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, y el Ministerio del Medio Ambiente; presenta los lineamientos bajo los que se determinó el riesgo climático actual y futuro de la producción ganadera en siete provincias de intervención del Proyecto Ganadería Climáticamente Inteligente en Ecuador y se basó en el Quinto Reporte de Evaluación del IPCC (AR5).

Para identificar y priorizar las amenazas, se realizaron 29 talleres con 797 productores en las provincias de Guayas, Manabí, Santa Elena, Imbabura, Loja, Napo y Morona Santiago; y para la determinación de la exposición, se analizaron tres dimensiones (ambiental, socioeconómica y gobernanza) y un elemento expuesto para cada una (porcentaje de cobertura de pastos con relación a la superficie parroquial, tenencia ganadera, e índice de asociatividad).



Se concluyó que la sequía en las provincias de Guayas, Manabí, Santa Elena y Loja; y la lluvia intensa en las provincias de Imbabura y Morona Santiago, son las principales amenazas para los sistemas productivos ganaderos de la zona de estudio (FAO, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ministerio del Ambiente, 2019).

Estimación de la Vulnerabilidad de los Riesgos del Cambio Climático en una Cuenca de Montaña

En la subcuenca del río Machángara, que es la zona de estudio del presente trabajo, se desarrolló en el año 2018, una investigación como trabajo de titulación del ingeniero ambiental Stalin Jiménez, que tuvo como objetivo el desarrollo e implementación de una metodología para la evaluación de la vulnerabilidad de los riesgos frente al cambio climático en una cuenca de montaña, resultando en una metodología versátil adaptable a diferentes escenarios futuros, información disponible y enfoques (social, económico, agroproductivo, entre otros) (Jimenez, 2018). Este trabajo fue de gran utilidad como base y fuente de información para el presente estudio.

Capítulo 3. Metodología

3.1. Zona de Estudio

El estudio fue desarrollado en la subcuenca del río Machángara, que se encuentra ubicada al noroeste de la ciudad de Cuenca, en las provincias de Azuay y Cañar (como se observa en la Ilustración 2 y tiene aproximadamente 352 km². El río Machángara forma parte de la cuenca del río Santiago, ya que al unirse con el río Tomebamba forman el río Cuenca, que a su vez se junta con el río Santa Barbara, el río Burgay y el río Jadán para formar el río Paute, que alimenta al río Namangoza, afluente del río Santiago. Este desemboca posteriormente en el río Marañón, el cual termina en el río Amazonas y este llega al océano Atlántico.

Se seleccionó como zona de estudio una subcuenca ya que a diferencia de los límites políticos-administrativos tradicionales (que obedecen a consideraciones económicas, sociales, culturales o políticas); una cuenca, subcuenca o microcuenca se define por límites naturales. Además, delimitar territorios por cuencas hidrográficas presenta las siguientes ventajas (world vision, 2014):

- Es posible identificar y manejar un mejor desarrollo metodológico, sobre todo en temática climática y de recursos hídricos, ya que las variables hidrometeorológicas dentro de la cuenca se presentan de una manera más homogénea.

–Se puede lograr una participación más inmediata, por el interés común en este nivel de espacio.

Aún así, el territorio de una cuenca puede ser muy extenso y es conveniente trabajar en una demarcación territorial menor, como una subcuenca o una microcuenca.

Los beneficios de trabajar en un área menor son los siguientes (world vision, 2014):

- El interés común de los actores es mucho más homogéneo que en una gran cuenca.
- El área de trabajo y la necesidad de recursos es menor.
- El seguimiento ambiental y gerencial pueden ser más efectivos.
- La coordinación entre entidades es más inmediata.
- Se facilita la participación de los actores.
- La problemática social tiende a ser más homogénea.

A continuación, se describen los aspectos más importantes de la zona para este estudio.

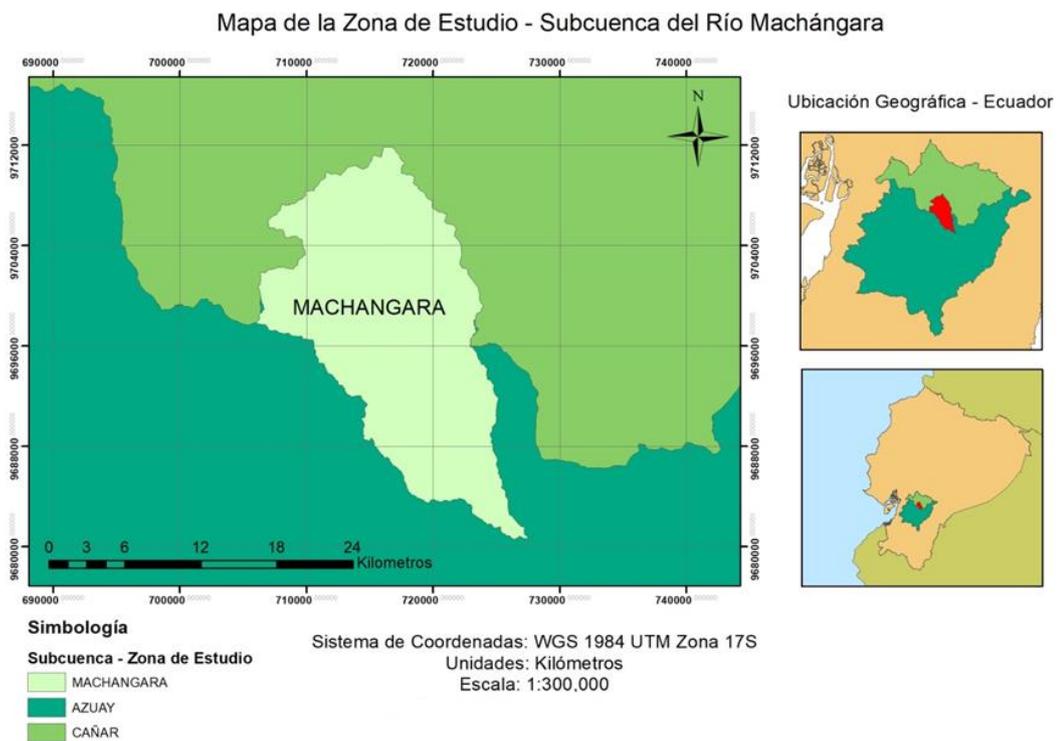


Ilustración 2. Mapa de la zona de estudio.

Fuente: Clirsén, et al., 2010. Elaboración: Autor

Como se observa en la Ilustración 3, la subcuenca del río Machángara está formada por tres microcuencas: río Machángara alto (microcuenca alta), río Chulco (microcuenca media) y río Machángara bajo (microcuenca baja).

Microcuencas de la subcuenca del Machángara

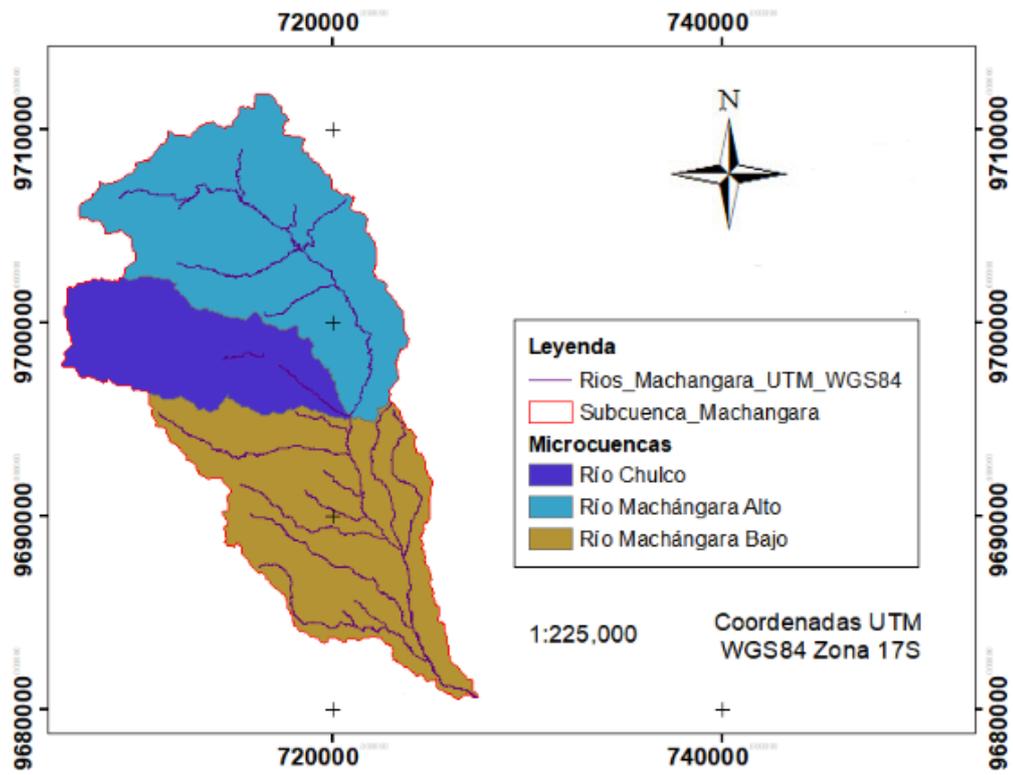


Ilustración 3. Mapa de Microcuencas.

Fuente: Jiménez, 2018. Elaboración: Modificado por el Autor.

En cuanto a la división política del territorio de la subcuenca del río Machángara; está formada por parte del territorio de las siguientes parroquias:

Parroquias presentes en la subcuenca del Machángara

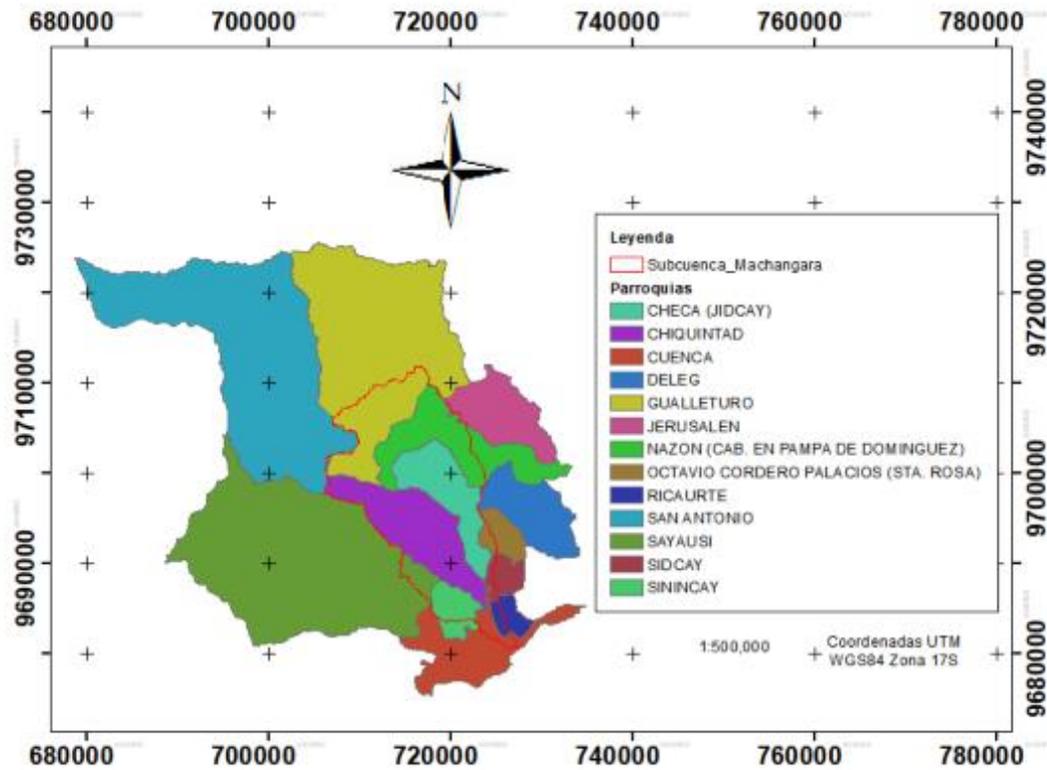


Ilustración 4. Mapa de Parroquias.

Fuente: Jiménez, 2018. Elaboración: Modificado por el autor.

Como se puede observar en la Tabla 2, las parroquias que ocupan mayor territorio dentro de la subcuenca son Chiquintad, Checa, Gualleturo y Nazón. Con esta tabla se puede entender también, que el territorio de algunas parroquias, a pesar de ocupar poco porcentaje del área dentro de la subcuenca, representa un porcentaje importante de su territorio total, como las parroquias de Sinincay y Ricaurte.

Las parroquias de Jerusalén, San Antonio y Deleg ocupan menos del 1% del área de la subcuenca (sumando las tres) y esta área representa menos del 2% del área total de estas parroquias.

Tabla 2. Territorio de las parroquias en la subcuenca del Machángara.

Parroquia	Área de la subcuenca ocupada por la parroquia (%)	Área de la parroquia dentro de la subcuenca (%)
Chiquintad	28.45	99.54
Checa	19.24	99.83
Gualleturo	18.99	20.62
Nazón	17.34	65

Sinincay	5.44	71.89
Sayausí	3.51	3.13
Cuenca	2.77	11.89
Octavio Cordero Palacios	1.39	21.8
Ricaurte	1.24	28.97
Sidcay	1.20	23.3
Jerusalén	0.27	1.37
San Antonio	0.16	0.15
Deleg	0.01	0.06

Fuente: SNI, 2017. Elaboración: Modificado por el autor.

En la ilustración siguiente, se puede observar que los centros poblados y las actividades productivas se concentran en la zona baja de la subcuenca, pero sí se encuentran hasta la microcuenca alta. Se observa también la variedad de sistemas agroproductivos de la zona.

Sistemas agroproductivos y centros poblados en la subcuenca del río Machángara

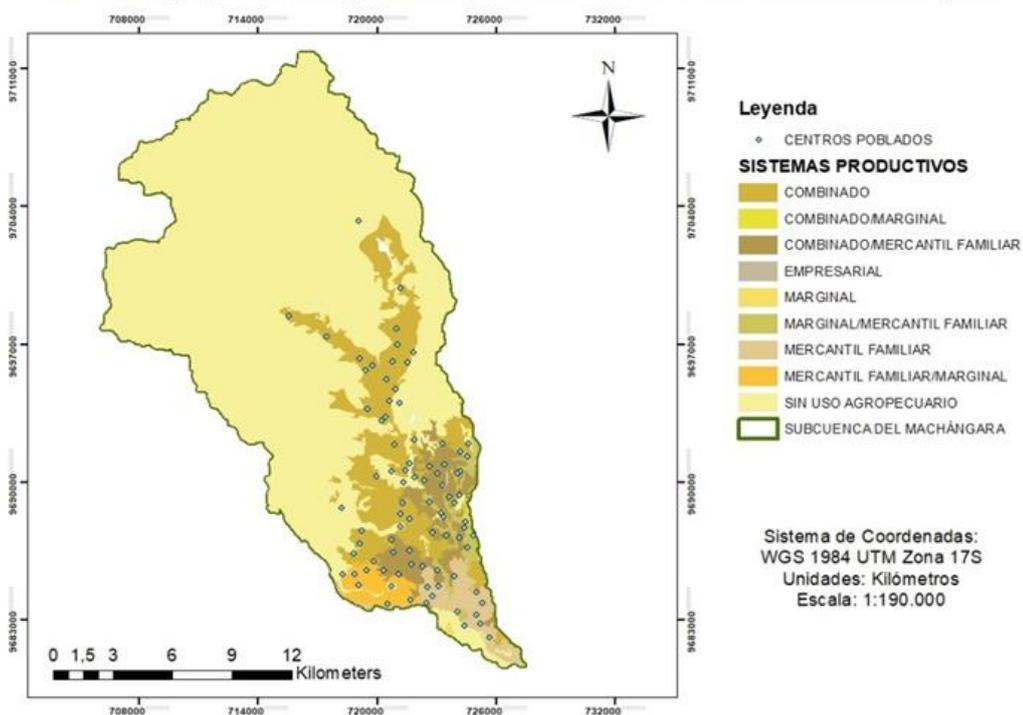


Ilustración 5. Mapa de los sistemas agro-productivos y los centros poblados de la subcuenca del Machángara.

Fuente: SIGAGRO, 2003. Elaboración: Autor.

La subcuenca del Machángara presenta un alto grado de intervención antropogénica, Principalmente en aprovechamiento del recurso hídrico. En la subcuenca existen dos

represas (Labrado y Chanlud) de gran importancia para la subcuenca, 2 plantas hidroeléctricas (Saucay y Saymirín), 4 plantas de tratamiento de agua para consumo humano (Tixán, Chiquintad, San José, Santa Teresita), y varias tomas de agua para riego y uso industrial (ACOTECNIC & Consejo de Subcuenca del Río Machángara, 2014).

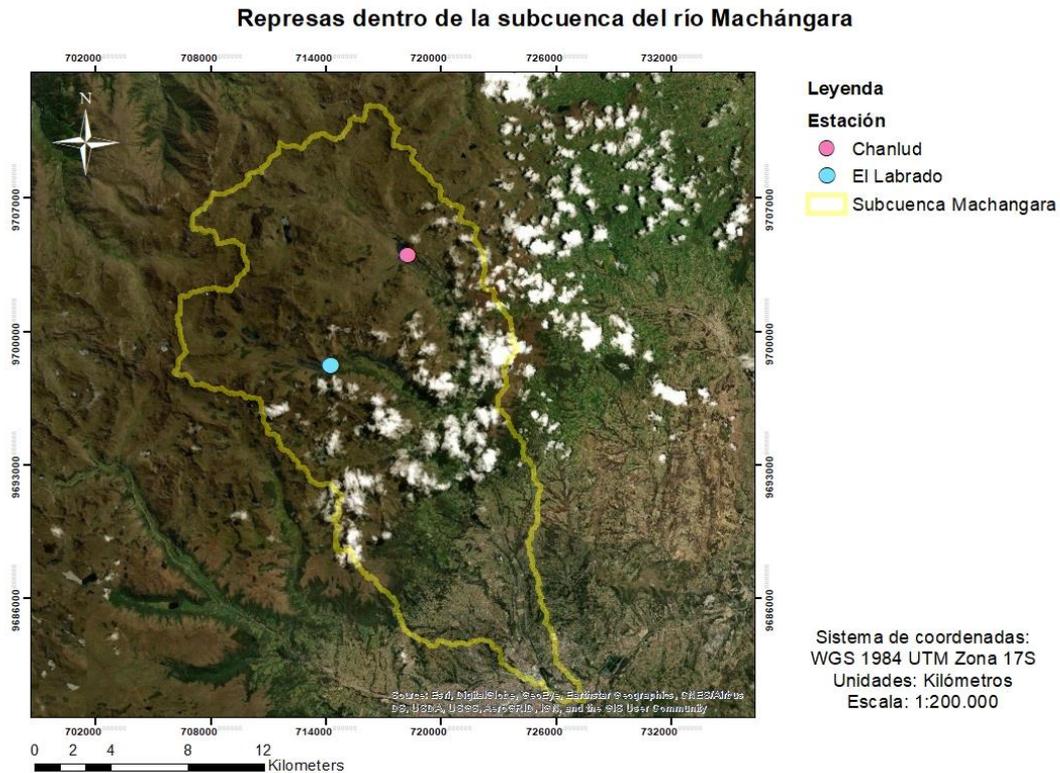


Ilustración 6. Mapa de las Represas de la subcuenca del río Machángara.

Fuente: Google, s.f. Elaboración: Autor.

En esta subcuenca actúa como organismo de gobernanza el Comité de Conservación de la Cuenca del Río Machángara, integrado por las siguientes instituciones (Comité de Conservación de la Cuenca del Río Machángara, s.f):

- Ministerio del Ambiente y Secretaría Nacional del agua (fusionados el 4 de marzo de 2020, mediante el decreto ejecutivo 1007, para formar el Ministerio de Ambiente y Agua del Ecuador).
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).
- Empresa Electro Generadora del Austro (ELECAUSTRO S.A.).
- Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca ETAPA EP.
- Universidad de Cuenca.
- Junta de Riego y Drenaje Machángara.



3.2. Metodología general

3.2.1. Método de Evaluación de la Vulnerabilidad y Riesgo Climático

Para evaluar la vulnerabilidad de la población ante la afectación del cultivo de maíz frente a amenazas derivadas del cambio climático, se empleó la siguiente metodología basada principalmente en aquella desarrollada por la FAO para el sector agrícola, en concordancia con los lineamientos para análisis de vulnerabilidad y riesgo climático del informe AR5 del IPCC, en el cual la definición de riesgo climático engloba los peligros o amenazas del clima y al resultado de la interacción con la vulnerabilidad y la exposición de los sistemas humanos y naturales.

La vulnerabilidad puede expresarse matemáticamente como la relación entre sensibilidad y capacidad adaptativa (FAO, 2017):

Ecuación 1. Vulnerabilidad

$$\text{Vulnerabilidad} = \frac{\text{Sensibilidad}}{\text{Capacidad Adaptativa}}$$

Esto permite describir matemáticamente al concepto de riesgo climático como se muestra a continuación (FAO, 2017):

Ecuación 2. Riesgo Climático

$$\text{Riesgo Climático} = \text{Amenaza} * \text{Exposición} * \text{Vulnerabilidad}$$

$$\text{Riesgo Climático} = \text{Amenaza} * \text{Exposición} * \frac{\text{Sensibilidad}}{\text{Capacidad Adaptativa}}$$

En la ecuación anterior, se observa que la exposición y la sensibilidad interactúan de forma directa, y esta relación es conocida como impacto potencial (IP). (Yaguache Ordoñez et al., 2014). Esto indica que siempre existirá impacto frente a una amenaza si existe sensibilidad y exposición, y que la capacidad adaptativa no reduce el impacto, sino que indica la capacidad del sistema de hacer frente a este impacto.

Por esta razón, para la clasificación del factor de vulnerabilidad (FV) obtenido como resultado de la Ecuación 1, se elabora asumiendo la existencia de impacto potencial, dividido para la variación en el nivel de capacidad adaptativa, según la siguiente tabla:



Tabla 3. Clasificación del factor de vulnerabilidad

Vulnerabilidad	
FV	Clasificación
<1.25	Muy baja
1.25-1.7	Baja
1.7-2.5	Media
2.5-5	Alta
>5	Muy Alta

Fuente: Modificado de Hernández, 2016.

Ya que el riesgo climático (RC) es resultado de la Ecuación 2, y depende del valor de FV; puede normalizarse en una escala entre 0 y 1, correspondiente; o puede clasificarse bajo esos mismos valores, según la siguiente tabla:

Tabla 4. Clasificación del riesgo climático.

Riesgo climático	
RC	Clasificación
<1.25	Muy bajo
1.25-1.7	Bajo
1.7-2.5	Medio
2.5-5	Alto
>5	Muy Alto

A continuación, se expone un diagrama que indica los aspectos evaluados para la obtención de cada componente de la vulnerabilidad, exposición y riesgo climático frente a cada amenaza, para facilitar la comprensión del procedimiento desarrollado.

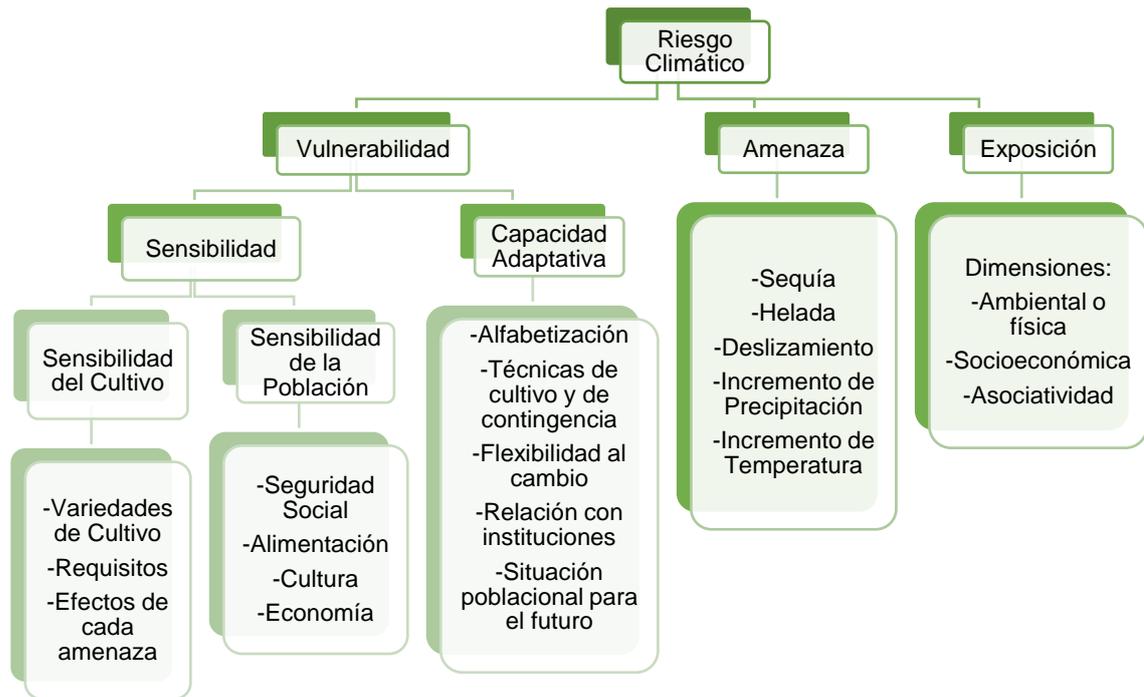


Ilustración 7. Diagrama descriptivo de aspectos evaluados.

Tratamiento de la Información

Con la finalidad de manejar un número significativo de datos a lo largo del estudio de manera ordenada, se clasificó a la información de la siguiente manera:

-Indicadores: valores que corresponden a los datos crudos obtenidos que describen los aspectos necesarios para la evaluación de cada índice o factor.

-Índices: valores que corresponden al promedio ponderado de indicadores y que se utilizan para conformar el factor de vulnerabilidad. Estos son: Índice de Sensibilidad (IS) y el Índice de Capacidad Adaptativa (ICA).

Mediante el uso de indicadores normalizados para el análisis de estos índices, se garantiza una evaluación objetiva de la vulnerabilidad.

-Factor: valor normalizado utilizado para la aplicación de la Ecuación 2 para el cálculo de riesgo climático (RC). Los factores son: Amenaza (FA), Exposición (FE) y Vulnerabilidad (FV).

La normalización aplicada sobre la serie de valores es de tipo métrica, mediante la cual todos los valores son transformados a su equivalente entre 0 y 1, empleando las siguientes ecuaciones (FAO, 2017; Hernández, 2016):



Ecuación 3. Normalización de componentes del impacto potencial.

$$(\text{Sensibilidad o exposición}) = \frac{\text{Valor observado} - \text{Mejor valor posible}}{\text{Peor valor posible} - \text{Mejor valor posible}}$$

Ecuación 4. Normalización de indicadores de capacidad adaptativa.

$$\text{Capacidad adaptativa} = 1 - \frac{\text{Valor observado} - \text{Mejor valor posible}}{\text{Peor valor posible} - \text{Mejor valor posible}}$$

La ventaja de utilizar esta ecuación para la normalización es que permite reducir la subjetividad de algunos indicadores, facilitando el cálculo y la comparación objetiva de la información (Schraad-Tischler & Seelkopf, 2015).

Para definir los valores de referencia (mejor y peor valor posible), se indican los valores por entendimiento generalizado de lo que debería ser el mejor y el peor valor. Por ejemplo, para cultivos perdidos, el mejor valor sería 0% y el peor valor sería 100%; para el porcentaje de personas con seguridad social, el mejor valor sería el 100% y el peor valor sería 0%.

Índices de vulnerabilidad y Factores de Riesgo Climático

Para obtener los índices de la Ecuación 1 y los factores de la Ecuación 2, se seleccionaron varias metodologías en base a los siguientes criterios:

1. La metodología considera las variables climáticas como factor que produce cambios en los resultados.
2. Existe la información necesaria para aplicar de forma correcta la metodología.
3. Los requerimientos computacionales son accesibles, es decir, que la metodología no necesite de procesamiento computacional excesivamente avanzado.
4. Las metodologías fueron utilizadas en estudios similares o relacionados al tema del presente trabajo.

Además, con la finalidad de obtener información para la determinación de algunos indicadores, como se describe en los siguientes apartados, se desarrolló el “Cuestionario para la Evaluación de la Vulnerabilidad frente a los Efectos del Cambio Climático sobre el Cultivo de Maíz y la Población de la Subcuenca del Río Machángara” (Anexo 1) para aplicar una encuesta dirigida a los presidentes de las juntas de riego de las parroquias de la subcuenca, agricultores y otros representantes sociales. Se definió esta muestra de la población ya que, durante el desarrollo de este estudio, inició la



pandemia de la enfermedad por coronavirus, lo que imposibilitó la aplicación de una encuesta en campo a una mayor muestra de la población y se estableció una muestra menor, que mantuviera la representatividad.

3.2.2. Definición de las Amenazas climáticas

Las amenazas climáticas se seleccionan con base en los cambios críticos en las variables que afectan directamente tanto a los cultivos como a los suelos. Estas variables son: Precipitación y Temperatura (FAO, 2017).

Para esta sección del estudio, se revisaron y utilizaron los resultados del trabajo de titulación elaborado por Jiménez (2018), titulado “Estimación de la Vulnerabilidad de los Riesgos del Cambio Climático en una Cuenca de Montaña”, que tomó como zona de estudio la subcuenca del río Machángara, al igual que la presente investigación.

El procedimiento desarrollado para la obtención de dichos resultados y para complementar la información para esta sección del estudio se describe, a manera de resumen, a continuación.

Selección de Escenarios climáticos

Para determinar la vulnerabilidad y riesgo climático en escenarios de cambio climático, se realizó un análisis con respecto a dos escenarios: un escenario base comprendido entre los años 2000-2005, y un escenario futuro 2025-2035 (Jiménez, 2018).

Se tomó ese periodo base ya que se emplearon los datos de los escenarios climáticos desarrollados para la Tercera Comunicación Nacional del Ecuador sobre cambio climático; en la que se utilizó el periodo de 1976-2005 para el downscaling (reducción de escala) dinámico de los escenarios climáticos globales (Ministerio del Ambiente de Ecuador et al., 2016).

La selección del escenario climático futuro se basó en uno de los principios de la gestión de riesgo: prepararse para el peor escenario que podría presentarse. El peor escenario es el RCP 8.5, en el cual la emisión y concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera no disminuyen. En este escenario aparecen los aumentos más importantes de temperatura a nivel global y representan el mayor aumento en la vulnerabilidad que podría esperarse (IDEAM et al., 2015).

Datos meteorológicos

Los datos meteorológicos para el estudio se tomaron de las bases del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), con valores de precipitación y

temperatura media de 3 estaciones: Chanlud, Labrado y Aeropuerto (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2017).

Se utilizaron los datos de esta institución debido a la fiabilidad de la información y, de estas estaciones, debido a que se tiene un registro de escala temporal completo mayor que otras estaciones. La estación Aeropuerto no se encuentra dentro de la zona de estudio; sin embargo, su cercanía y la correlación de los datos permite su utilización (Jiménez, 2018).

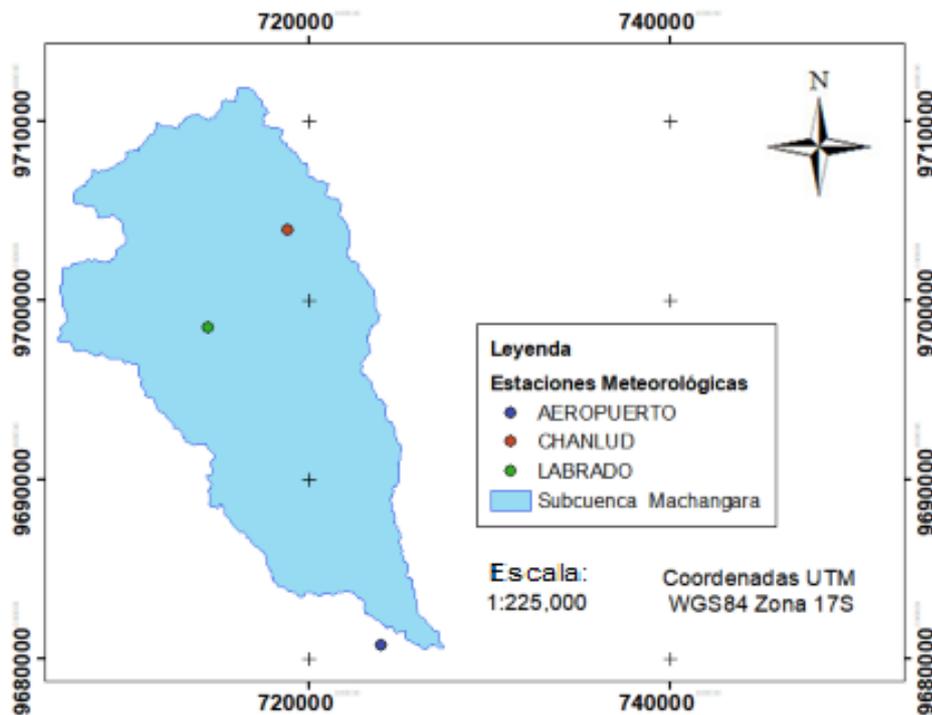


Ilustración 8. Ubicación de las estaciones meteorológicas del INAMHI.

Fuente: Jiménez, 2018. Elaboración: Modificado por el Autor

Reducción de escala o Downscaling geoestadístico

A pesar de contar con los datos del downscaling dinámico elaborado para la TCN del Ecuador, fue necesario un downscaling geoestadístico. Este tipo de reducción de escala tiene la ventaja de que permite un análisis más detallado y la obtención de valores que se aproximan aún más a los valores observados de las estaciones meteorológicas (Hijmans, Cameron, Parra, Peter, & Jarvis, 2005; Jiménez, 2018).

El método de downscaling geoestadístico utilizado fue el “Delta”, llamado así porque se basa en el principio de factor de cambio (valor en el que la variable cambia en función del tiempo). Este método es uno de los más aplicados por su simplicidad de ejecución



(Navarro, Tarapues, & Ramírez, 2015) y puede ser representado por la siguiente ecuación (Anandhi et al., 2011).

Ecuación 5. Factor de cambio (Delta)

$$\Delta_{add} = P_{raw} - P_{ref}$$

Donde:

Δ_{add} : factor de cambio aditivo

P_{raw} : valor de la variable meteorológica futura en un mes determinado obtenido de los modelos climáticos globales.

P_{ref} : valor de la variable meteorológica de referencia en un mes determinado obtenida de los modelos climáticos globales.

Luego, para obtener los resultados, se suma el valor del delta a los valores observados por la estación meteorológica (Anandhi et al., 2011).

Amenaza de Sequías

Para la determinación de sequías, Jiménez (2018) utiliza el balance de agua en suelos basado en la metodología establecida por Schosinsky (2006), con la cual se puede calcular el déficit de humedad para que alcance la capacidad de campo.

Este proceso se puede resumir en 3 etapas:

1. Conocer la fracción de lluvia que es interceptada por el follaje.
2. Determinar la infiltración del agua de lluvia hacia el suelo, generada por la precipitación que llega a su superficie.
3. Realizar un balance hídrico a nivel del suelo, principalmente para estimar el agua que drena del suelo. Esto permite conocer el déficit de capacidad de campo y así estimar la sequía (Schosinsky, 2006).

Amenaza de Heladas

Para la estimación de ocurrencia de heladas, Jiménez (2018) utiliza una metodología mediante el régimen de heladas de Emberger para la evaluación de ocurrencia de heladas de tipo advección, cuya ocurrencia se da en regiones con masas de aire frío, con temperaturas inferiores a los 0°C, velocidades de vientos mayores o iguales a los 15 Km/h y su gradiente de temperatura es negativo (Yaguache Ordóñez et al., 2014).

El método se sustenta en el gradiente térmico vertical, es decir, en que la temperatura del aire en la troposfera desciende con el aumento de altura. En promedio el descenso térmico es de 0.65°C por cada 100m de elevación sobre el terreno (Díaz, 2003).



Para aplicar este método se utilizaron los datos de temperatura media mínima mensual del clima base y del escenario climático futuro. Para el clima base se tomaron los datos meteorológicos de las estaciones de Chanlud, Labrado y Aeropuerto. Luego, para los valores de temperatura media mínima media mensual para el escenario climático futuro, se tomaron del downscaling a través del método delta para las estaciones, como se describió anteriormente.

A partir de estos datos, se obtuvo la ecuación lineal con los datos de temperatura media mínima multianual del escenario base y los datos de elevación para cada una de las estaciones meteorológicas. Luego, se extrapolaron los datos de temperatura mínima mensual multianual de una de las estaciones (ya que el coeficiente de determinación de la ecuación fue cercano a 1, se pudo utilizar los datos de cualquier estación).

Finalmente, se establecieron los regímenes de heladas según Emberger dentro de la zona de estudio. Se clasificó y asignó valores al mapa resultante según la siguiente tabla (Almorox, 2008):

Tabla 5. Periodos de heladas según Emberger y valor del factor de amenaza.

Periodo	Rango de temperatura (°C)	Valor	Clasificación (FA)
Periodo de heladas seguras	$t < 0$	3	0
Periodo de heladas muy probables	$0 < t < 3$	2	0.33
Periodo de heladas probables	$3 < t < 7$	1	0.66
Periodo libre de heladas	$t > 7$	0	1

Fuente: Modificado de Jiménez, 2018.

Amenaza de deslizamientos

Para la determinación de la amenaza de deslizamientos, Jiménez (2018) emplea el método de Mora-Vahrson, que utiliza parámetros morfodinámicos y considera cinco factores, agrupados en 2 categorías:

1. Factores de susceptibilidad, que intrínsecamente forman parte de las propiedades del medio: Pendiente de terreno, constitución litológica y humedad natural.
2. Factores de disparo, que se inducen desde el exterior y a partir de las condiciones iniciales generaran, con intensidad variable, los fenómenos decisivos de movilización: Intensidad de los sismos e intensidad de lluvias. (Mora & Vahrson, 1993)



Para determinar la amenaza de deslizamiento se emplea la siguiente ecuación (Mora & Vahrson, 1993):

Ecuación 6. Ecuación de Mora-Vahrson según factores morfodinámicos.

$$H = (SL * SH * SP) * (DLL + DS)$$

Dónde:

H: grado de susceptibilidad al deslizamiento

SL: valor del parámetro de la susceptibilidad litológica

SH: valor del parámetro de humedad del terreno

SP: valor del parámetro de pendiente

DLL: valor del parámetro de disparo por lluvia

DS: valor del parámetro de disparo por sismicidad

No se profundiza en el proceso de obtención de estos parámetros debido a que no es la finalidad de este estudio.

Finalmente, utilizando los valores paramétricos, se obtienen rangos y clases que reflejan la amenaza de generación de deslizamientos en determinada localidad (Jiménez, 2018):

Tabla 6. Clasificación, grado y factor de amenaza de deslizamiento.

H	Clase	Grado	FA
0-6	1	Muy bajo	0
7-32	2	Bajo	0.2
33-162	3	Moderado	0.4
163-512	4	Medio	0.6
513-1250	5	Alto	0.8
>1250	6	Muy alto	1

Fuente: Mora & Vahrson, 1993.

Amenazas debido al Incremento de Precipitación y Temperatura

Para esta sección, se utilizaron los resultados del downscaling geoestadístico, comparando las variables de precipitación y temperatura entre el periodo observado y el periodo futuro.

Para estas amenazas se consideró que, si existe el aumento en los valores de la variable para el escenario futuro, se determina que existe amenaza, y se le otorga el valor de 1 al factor de amenaza para el cálculo del riesgo ante esa amenaza. Si no existe aumento en los valores de la variable para el escenario futuro, se determina que no existe amenaza y se le otorga un valor de 0. Es decir que no se divide en clases; la amenaza existe o no existe. El grado en el cual estos incrementos tengan efectos sobre el cultivo



y la población provocando vulnerabilidad y riesgo climático, será determinado por el análisis de la sensibilidad del cultivo al rango de esta variación específica.

3.2.3. Determinación de la Exposición

La exposición hace referencia a la presencia de personas, medios de subsistencia, especies, recursos ambientales, infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente (IPCC, 2014). Bajo este contexto, se seleccionó un elemento expuesto para cada una de las dimensiones de análisis que se describen a continuación (FAO, 2017).

Dimensión Ambiental o física

Porcentaje del cultivo que se encuentra en zonas bajo amenaza

Se determinó la ubicación de los cultivos de maíz en la zona de estudio, utilizando información geográfica de Senplades y SigAgro, obtenida en el Sistema Nacional de Información (Clirsen, 2010); y se comparó con los resultados de los mapas de amenazas climáticas de Jiménez (2018) para establecer si los cambios en el clima sucederían en esa zona.

Tabla 7. Grado de exposición ambiental del cultivo de maíz.

zona agrícola expuesta a la amenaza	Grado de Exposición	Clasificación	Valor normalizado
0	0	Nula	0
0-20%	1	Muy baja	0.2
20-40%	2	baja	0.4
40-60%	3	Media	0.6
60-80%	4	Alta	0.8
80-100%	5	Muy alta	1

Elaboración: Autor

Dimensión Socioeconómica

Porcentaje de agricultores que cultivan maíz

Para conseguir esta información se planteó como pregunta dentro del cuestionario (Anexo 1: Cuestionario) para obtener un valor aproximado.

Dimensión Gobernanza y Asociatividad

Esta dimensión evalúa el estado de la unidad en la sociedad, entendiendo que, si las relaciones en la comunidad son buenas, la población estará menos expuesta que una



sociedad dividida. Se tomó en cuenta la relación entre los productores agrícolas y el porcentaje que se encuentra asociado con otros o está afiliado a una asociación, y la percepción de la población encuestada (Anexo 1), sobre el estado de las relaciones comunitarias (FAO, 2017).

Luego se normalizaron los valores del grado de exposición de cada dimensión en valores entre 0 y 1 con la Ecuación 3, se promediaron y se obtuvo el factor de exposición para utilizarlo en la Ecuación 2.

Se realizó este análisis para cada una de las amenazas, para obtener un grado de vulnerabilidad y riesgo frente a cada una de ellas. Los valores del indicador de exposición para la dimensión ambiental pueden variar porque dependen de la amenaza analizada, pero los valores de las dimensiones socioeconómica y de gobernanza son constantes.

3.2.4. Determinación de la Vulnerabilidad

Como se describe anteriormente, la vulnerabilidad es el resultado de la relación entre la sensibilidad y la capacidad adaptativa. A continuación, se detalla cómo se obtuvieron los valores de ambos índices.

Índice de Sensibilidad (IS)

Considerando que la sensibilidad indica el nivel en que un sistema resulta afectado por estímulos relacionados por el clima y que, para este estudio el sistema evaluado es la población agrícola; se realizaron tres procedimientos para estimar el índice de sensibilidad:

1. Determinación del índice de sensibilidad del cultivo de maíz (ISM) frente a la amenazas.
2. Determinación del índice de sensibilidad de la población (ISP) frente a la pérdida de cultivo de maíz.
3. Finalmente, se utilizó la siguiente ecuación para obtener el índice de sensibilidad (IS):
Ecuación 7. Índice de Sensibilidad

$$IS = ISM * ISP$$

Luego, el grado de sensibilidad se definió según la siguiente tabla:



Tabla 8. Clasificación de la sensibilidad.

Sensibilidad	
IS	Clasificación
0	Nula
0-0.2	Muy baja
0.2-0.4	Baja
0.4-0.6	Media
0.6-0.8	Alta
0.8-1	Muy alta

Índice de Sensibilidad del Cultivo de Maíz (ISM)

Para evaluar la influencia del cambio climático sobre el cultivo de maíz y obtener el índice de sensibilidad del cultivo de maíz se ejecutaron los siguientes pasos:

1. Identificación de las variedades de maíz que se cultivan en la zona de estudio.

Se realizó una revisión de fuentes bibliográfica e información disponible en las páginas web del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG); además, se plantearon preguntas sobre el tema en el cuestionario (Anexo 1: Cuestionario) desarrollado para aplicar una encuesta dirigida a los presidentes de las juntas de riego de las parroquias de la subcuenca y otros representantes sociales.

2. Definición de los requerimientos ambientales de los tipos de maíz seleccionados.

Se realizó una revisión de información disponible en documentos y páginas web del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG), y varios artículos científicos sobre el cultivo de maíz para comprender los requerimientos que tiene el cultivo de maíz para desarrollarse correctamente.

3. Análisis

Se combinó la información recopilada sobre el cultivo de maíz y las proyecciones del clima y amenazas derivadas del mismo, para determinar los efectos de los cambios en el clima sobre el cultivo de maíz y poder definir qué tan sensible sería frente a dichas amenazas.



Luego, el valor del indicador de sensibilidad ante cada amenaza se normalizó en valores entre 0 y 1 con la Ecuación 3.

Índice de Sensibilidad de la Población (ISP)

Para determinar la sensibilidad de la población frente a la pérdida de cultivo de maíz se realizó una evaluación de 4 indicadores: seguridad social; importancia del cultivo en la economía, importancia del cultivo en la alimentación, e importancia del cultivo en la cultura de la población. Para esto se realizaron los siguientes pasos:

1. Análisis de información estadística disponible sobre seguridad social, ya que la pobreza y la falta de seguridad social permiten que los efectos del cambio climático tengan un impacto mayor (Mendizábal, 2015). Se utilizó información sobre habitantes aportantes al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), que incluye aportantes voluntarios, generales y del seguro campesino.

Esta información se obtuvo de las bases de datos de la Página del INEC, donde constan los datos del último censo nacional de población y vivienda, del año 2010 (INEC, 2010). Se debe considerar que este valor porcentual está basado en la población total, es decir que no contempla la cantidad real de personas que se benefician del seguro. Por ejemplo, en una unidad de vivienda puede haber un solo aportante al seguro campesino, pero hay más personas que viven en ese hogar, trabajan el mismo terreno y se benefician del seguro campesino de esa persona. Por esta razón, se utilizó el valor promedio de habitantes por unidad de vivienda a nivel nacional, obtenido de las bases de datos del INEC; para estimar el porcentaje aproximado real de beneficiarios del seguro. El promedio de personas por hogar es 3.78 (INEC, 2010).

Para obtener el valor de la sensibilidad según el aspecto de seguridad social, se utilizó la siguiente tabla:

Tabla 9. Valor de sensibilidad según el porcentaje de aportantes al seguro social.

Aportantes al IESS (%)	Sensibilidad	valor
0-20	Muy alta	1-0.8
20-40	Alta	0.8-0.6
40-60	Media	0.6-0.4
60-80	Baja	0.4-0.2
80-100	Muy baja	0.2-0
100	Nula	0



2. Desarrollo de la encuesta (Anexo 1: Cuestionario), donde se evaluaron 3 aspectos importantes:

- Importancia del cultivo de maíz para la alimentación de la población.
- Importancia del cultivo de maíz para la economía de la población.
- Importancia del cultivo de maíz para la cultura de la población.

Finalmente, para obtener el Índice de sensibilidad de la población, a utilizarse en la Ecuación 7; se empleó la información obtenida para cada aspecto (seguridad social, economía, alimentación, y cultura). Luego se normalizaron en valores entre 0 y 1 con la Ecuación 3 y se promediaron.

Este valor es constante para todas las amenazas, ya que indica la sensibilidad de la población frente a la pérdida del cultivo, independientemente de qué cause esta pérdida. Lo que determina si existe pérdida, como se explicó anteriormente, es la exposición y la sensibilidad del cultivo (ISM).

Capacidad Adaptativa

El IPCC define la capacidad adaptativa como la capacidad de los sistemas, instituciones, seres humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades y afrontar las consecuencias (IPCC, 2014). Bajo este contexto, se evaluó la capacidad adaptativa de la población frente a los cambios en el clima y sus efectos sobre el cultivo de maíz con dos procedimientos:

1. Revisión de datos públicos del INEC.

-Capacidad de informarse (alfabetización): habitantes que saben leer y escribir. Se obtuvo la información de las bases de datos del INEC, del último censo de población y vivienda (INEC, 2010). Luego, se determinó el valor de la capacidad adaptativa según la siguiente tabla:

Tabla 10. Alfabetización y valor de capacidad adaptativa.

Alfabetización (%)	Capacidad Adaptativa	Valor
0	Nula	0
0-20	Muy baja	0-0.2
20-40	Baja	0.2-0.4
40-60	Media	0.4-0.6
60-80	Alta	0.6-0.8
80-100	Muy alta	0.8-1



2. Procesamiento de los resultados de la encuesta (Anexo 1: Cuestionario), que incorpora factores que permiten identificar capacidades y debilidades o carencias actuales, además de oportunidades que se pueden potenciar y aprovechar para mejorar la capacidad adaptativa de la población. La encuesta incluyó interrogantes acerca de:

-Técnicas de cultivo: selección y preservación de semillas, uso de tecnología, rotación de cultivos y asociación de cultivos. Estos indicadores se seleccionaron por los motivos que se describen a continuación.

Seleccionar y preservar las mejores semillas propone menos gastos y mayor independencia para los agricultores, al no tener que comprar semillas para poder sembrar. El uso de maquinaria demuestra el acceso de los agricultores a tecnología que facilite las labores. La asociación de cultivos ayuda a minimizar la presencia de plagas, además de incrementar la probabilidad de obtención de al menos un producto aún con la pérdida de los otros cultivos. La rotación de cultivos permite que se renueven las poblaciones de organismos beneficiosos, el aprovechamiento de los nutrientes del suelo y la disminución de malezas (Yáñez, et al., 2010)

-Técnicas de contingencia ante las amenazas: prácticas que puedan hacer frente a las amenazas, como la elaboración de acequias (drenaje), almacenamiento de agua lluvia, el acceso a sistema de riego, o cercas vivas contra el viento.

-Flexibilidad al cambio de periodos de siembra y cosecha, y al uso de otros cultivos: permite evaluar si la población está dispuesta a cambiar de fechas de cultivo o, incluso de cultivo, en caso de que fuese necesario.

-Estado de las relaciones de la población con las instituciones que interactúan en la zona: permite estimar si las acciones de adaptación o enfrentamiento a amenazas ambientales, en las que tengan competencia las instituciones, se podrán realizar con facilidad. Se preguntó por la relación de la población con las siguientes instituciones:

MAG, INIAP, Ministerio del Ambiente y Agua (unión del MAE y SENAGUA), Subsecretaría de Riego y Drenaje, ELECAUSTRO S.A., ETAPA EP, Universidad de Cuenca, Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Machángara, Prefectura Provincial del Azuay y GADS Parroquiales.

-Situación poblacional para el futuro: Se consideró la tendencia de la juventud de la zona de vivir en la zona y dedicarse a la agricultura, ya que se reconoce que existe la tendencia de la población más joven a buscar otras oportunidades fuera de las



actividades agrícolas de la zona, principalmente por la falta de incentivos para este sector en las zonas en desarrollo (FAO, 2014).

Índice de Capacidad Adaptativa

La información obtenida en la encuesta y los datos públicos, se clasificó en 5 clases de mejor a peor valor posible (según el indicador). Luego se normalizaron en valores entre 0 y 1 con la Ecuación 4 y se promediaron para obtener el Índice de capacidad adaptativa, según la siguiente tabla, para utilizarse en la Ecuación 1 (factor de vulnerabilidad).

Tabla 11. Nivel de Capacidad Adaptativa.

Capacidad adaptativa	Clasificación
0	Nula
0-0.2	Baja
0.2-0.4	baja
0.4-0.6	Media
0.6-0.8	Alta
0.8-1	Muy alta

Cálculo de Vulnerabilidad y Riesgo Climático

Finalmente, se utilizaron los índices de sensibilidad y capacidad adaptativa para el cálculo del factor de vulnerabilidad; luego, se tomaron los factores de amenaza, exposición y vulnerabilidad para el cálculo del riesgo climático ante cada amenaza, con la Ecuación 1 y Ecuación 2, respectivamente.

Capítulo 4. Resultados y Discusión

4.1. Escenario Climático y Downscaling

A continuación, se detallan los resultados más importantes de la revisión de la Tercera Comunicación Nacional del Ecuador y la investigación “Estimación de la vulnerabilidad de los riesgos del cambio climático en una cuenca de montaña” de Jiménez (2018), para este estudio.

Se obtuvieron los promedios mensuales multianuales del periodo 2000-2005 para precipitación y temperatura, por medio del downscaling geoestadístico y para los datos futuros; y posteriormente, se obtuvo el valor de delta aditivo. Para finalizar, se agregó este valor a los valores de los datos observados por las estaciones meteorológicas, y se obtuvieron 12 imágenes con los promedios mensuales multianuales del periodo 2025-2035 para precipitación y temperatura (Jiménez, 2018).

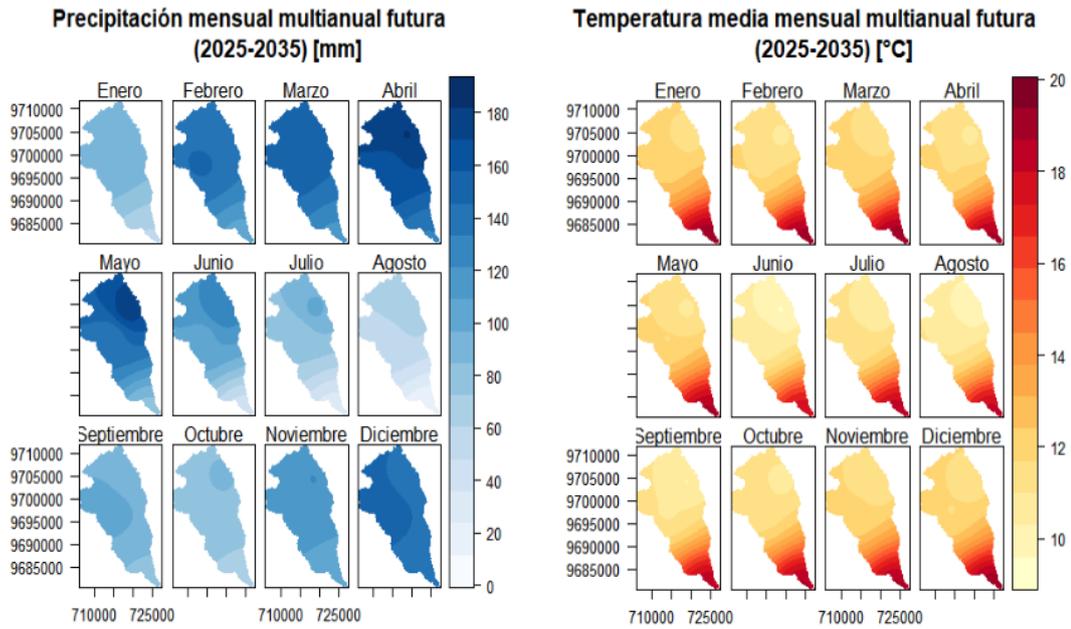


Ilustración 9. Precipitación y Temperatura mensual multianual para escenario futuro.

Fuente: Jiménez, 2018.

Para facilitar la interpretación de la variación en la precipitación y temperatura media se presentan los valores en la siguiente tabla:

Tabla 12. Datos de precipitación y temperatura observados y futuros.

Mes	Prec. observada (mm)	Prec. futura (mm)	Temp. observada (°C)	Temp. futura (°C)	Variación de prec.	Variación de temp.
Ene	73.67	87.04	10.71	13.14	13.37	2.43
Feb	104.53	135.48	10.51	12.68	30.95	2.16
Mar	134.66	146.28	10.46	12.95	11.62	2.50
Abr	144.68	166.03	10.29	12.68	21.35	2.39
May	140.41	141.72	10.23	12.69	1.31	2.47
Jun	105.57	103.76	9.36	11.49	-1.81	2.13
Jul	71.66	74.69	9.16	12.17	3.03	3.02
Ago	53.84	53.49	8.84	11.75	-0.34	2.91
Sep	86.49	94.06	9.56	12.08	7.58	2.53
Oct	81.1	77.9	10.65	12.44	-3.20	1.79
Nov	100.2	113.34	10.83	12.76	13.61	1.93
Dic	113.97	144.58	10.82	12.89	30.61	2.07
Media	100.9	111.53	10.12	12.48	10.63	2.36

Fuente: Modificado de Jiménez, 2018.

Como se puede observar en la Tabla 12, en el valor de precipitación anual, se observa un incremento de 10.63mm en la media anual. Los meses de febrero y diciembre son los que presentan el mayor aumento con 30.95mm y 30.61mm respectivamente; sin



embargo, se observan meses con menor precipitación en el futuro, como junio, agosto y octubre (1.81mm, 0.34mm y 3.20mm respectivamente).

Con respecto a los valores de temperatura, se presenta un incremento de 2.36°C en la temperatura media anual. Los meses de julio, agosto y septiembre son los que presenta mayor aumento de temperatura media (3.02°C, 2.91°C y 2.53°C respectivamente) (Jiménez, 2018).

4.2. Amenazas

Estimación de sequía temporal mediante un balance de suelos.

Luego de aplicar la metodología descrita por Schosinsky (2006), Jiménez (2018) obtuvo una serie de datos de sequía tanto para el escenario climático actual como futuro.

Se observa un aumento en el déficit de campo, es decir, un aumento en la sequía en el escenario futuro. Sin embargo, luego se determinó el grado de amenaza de acuerdo con la duración temporal de la existencia del déficit (Jiménez, 2018).

Los resultados se detallan a continuación:

Tabla 13. Variación del grado de amenaza frente a sequías dentro de la subcuenca.

Grado de amenaza	Valor en mapa	Valor normalizado	Porcentaje del área de la subcuenca		Variación
			Clima observado	Clima futuro	
Nula	0	0	77.37	60.81	-16.56
Baja	1	0.33	1.7	9.07	7.37
Media	2	0.66	0.51	2.97	2.4
Alta	3	1	20.42	27.15	6.73

Fuente: Modificado de Jiménez, 2018.

Se observa el aumento en el grado de amenaza de sequía, además de que las zonas que en el escenario base no tienen amenaza de sequía se han reducido en el escenario futuro, mientras que las zonas con amenaza baja, media y alta han aumentado (Jiménez, 2018). Es importante señalar que la mayor amenaza de sequías (amenaza alta) se da en la zona baja (Ilustración 10), donde se concentran los sistemas agroproductivos. Por esta razón se determinó el valor de 1 para el factor de amenaza frente a sequía.

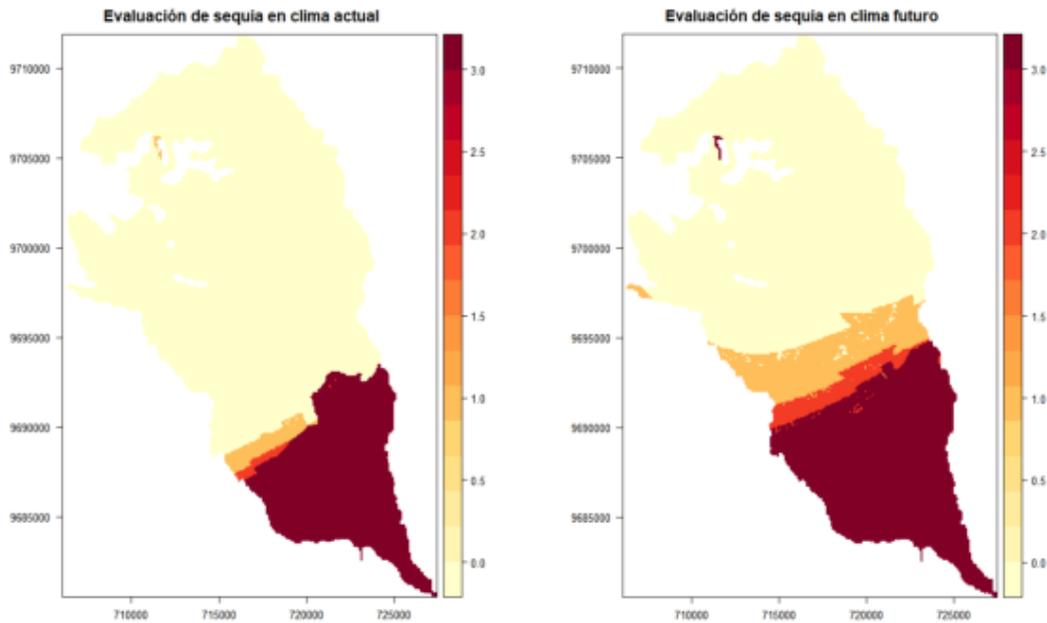


Ilustración 10. Grado de amenaza de sequía en periodo observado y periodo futuro.

Fuente: Jiménez, 2018.

Estimación de ocurrencia de heladas

En la Ilustración 11 se observa la ecuación lineal obtenida con los datos de temperatura mínima multianual del escenario base y los datos de elevación para cada una de las estaciones meteorológicas, presentados en la siguiente tabla:

Tabla 14. Elevación y Temperatura de las estaciones meteorológicas.

Estación	Elevación (m.s.n.m)	Temperatura media mínima multianual (°C)
Chanlud	3562.72	0.48
Labrado	3477.35	1.45
Aeropuerto	2525.33	6.43

Fuente: Modificado de Jiménez, 2018.

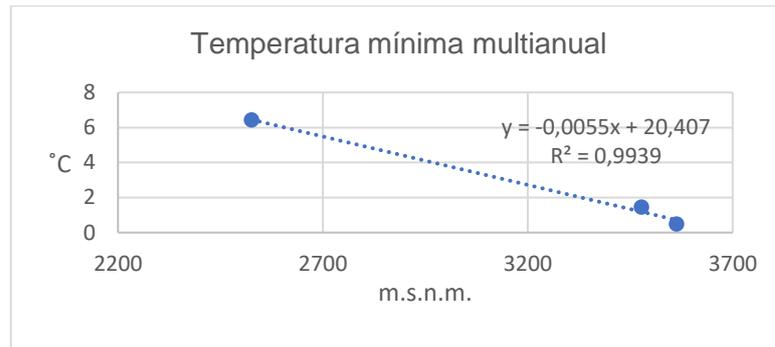


Ilustración 11. Obtención de la ecuación de gradiente térmico.

Fuente: Modificado de Jiménez, 2018.

Se obtuvo una ecuación lineal de la forma $y = mx + b$, con un coeficiente de determinación cercano a 1, es decir, el modelo se ajusta casi de manera perfecta al relacionar los valores de temperatura media mínima multianual con los valores de elevación de las estaciones meteorológicas (Jiménez, 2018).

Extrapolación de datos de temperatura mínima mensual multianual

En las siguientes ilustraciones se observa una disminución en la ocurrencia de heladas según el régimen de Emberger, que concuerda con el incremento en los valores de temperatura en el periodo futuro.

Como se explicó en la metodología, en esta amenaza se evalúa la intensidad, a diferencia de la duración (como en la amenaza de sequía), por lo que para la ilustración siguiente se tomó el valor máximo de régimen (1,2,3 o 4) que se puede presentar en el terreno, sin importar el mes en el que se presente (Jiménez, 2018).

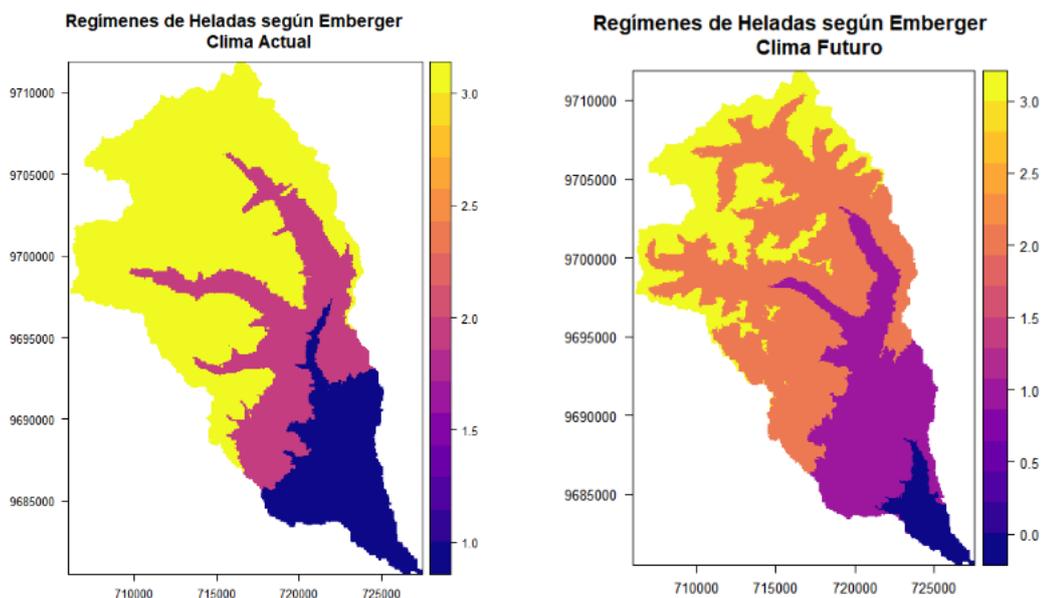


Ilustración 12. Régimen de heladas según Emberger.



Fuente: Jiménez, 2018.

Se observa claramente una disminución en la ocurrencia y el grado de amenaza de heladas en el escenario climático futuro (Jiménez, 2018). Para cuantificar esta disminución se expone la siguiente tabla:

Tabla 15. Variación del periodo de heladas según Emberger.

Valor en mapa	Periodo	Clasificación (FA)	Porcentaje del área de la subcuenca	
			Observado	Futuro
0	Libre de heladas	0	0	4.74
1	Heladas probables	0.33	18.24	25.36
2	Heladas muy probables	0.66	24.55	47.68
3	Heladas seguras	1	57.21	22.22

Fuente: Modificado de Jiménez, 2018.

Se observa que para el escenario futuro el área con periodo libre de heladas incrementa. Además, hay mayor porcentaje de área con periodos de heladas probables y muy probables pero una gran disminución de periodos con heladas seguras. A pesar de la disminución en la ocurrencia y el grado de amenaza de heladas, aún existe un 25.36% del área con heladas probables, un 47.68% de heladas muy probables y un 22.22% de heladas seguras.

Se comparó el área donde se encuentra el cultivo y el mapa de regímenes de heladas según Emberger:

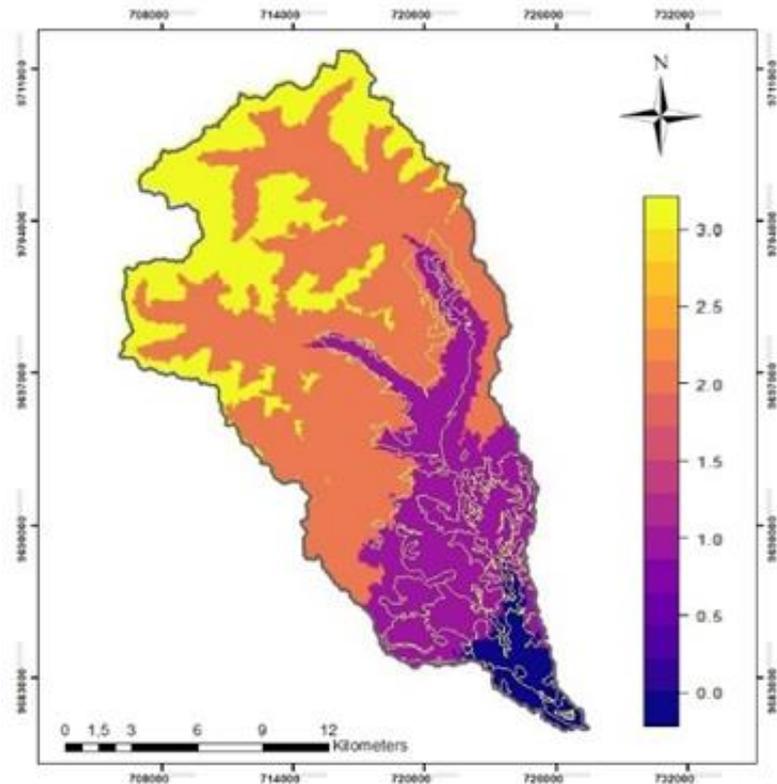


Ilustración 13. Mapa comparativo de ubicación de sistemas agroproductivos y los regímenes de heladas según Emberger.

Se observa que los sistemas agroproductivos se encuentran en una zona de valor 1.5 o menor en el régimen de heladas de Emberger. Debido a este análisis, se consideró el valor más alto de amenaza dentro de esta área, es decir, 0.33 (heladas probables).

Amenaza de deslizamientos mediante el método de Mora-Vahrson

Para la determinación de amenaza por deslizamientos, Jiménez (2018) obtuvo los siguientes mapas.

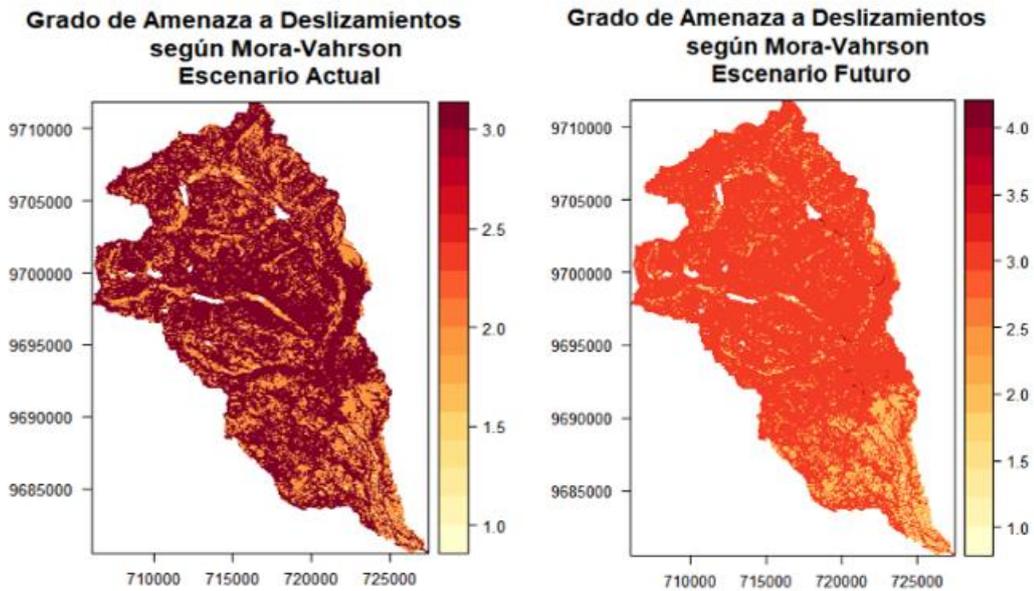


Ilustración 14. Grado de amenaza de deslizamientos según Mora Vahrson.

Fuente: Jiménez, 2018.

Tabla 16. Grado de amenaza de deslizamientos según Mora Vahrson

Valor en mapa	Grado (%)		Grado de amenaza
	observado	Futuro	
1	0.63	0.64	Muy bajo
2	28.49	12.8	Bajo
3	70.88	86.44	Moderado
4	0	0.11	Mediano

Fuente: Modificado de Jiménez, 2018.

Al comparar el grado de amenaza entre el periodo observado y el periodo futuro, la amenaza es mayor, pero el aumento en el grado de amenaza no es muy significativo, ya que sigue siendo principalmente moderado, con menos del 0.2% de grado medio y en ningún periodo llega a ser de grado alto o muy alto.

Con la Tabla 6, se obtuvo un factor de amenaza de deslizamientos de valor 0.4, para aplicar la Ecuación 2, de riesgo climático.

Factores de amenaza

En la tabla siguiente se muestra el factor de amenaza que se utilizó para el cálculo del riesgo climático para cada amenaza.

Tabla 17. Factores para cada amenaza.

Amenaza	FA	Clasificación
Sequía	1	Muy alta

Helada	0.33	Media
Deslizamiento	0.4	Media
Incremento de precipitación	1	Muy alta
Incremento de temperatura	1	Muy alta

4.3. Exposición

Dimensión Ambiental

Exposición geográfica del cultivo de maíz

En la comparación de los mapas en las ilustraciones 10, 11, 12 y 14; que combina los mapas de amenaza con el mapa de la Ilustración 5 (sistemas agroproductivos en la subcuenca), se determina que la ubicación de la mayoría de los sistemas agroproductivos coincide con las zonas más expuestas a las amenazas analizadas en este estudio, a excepción de la amenaza de heladas, donde el grado de amenaza más elevado, en las zonas donde se encuentran los sistemas agroproductivos y la población, es igual a 1.5 (del régimen de heladas de Emberger).

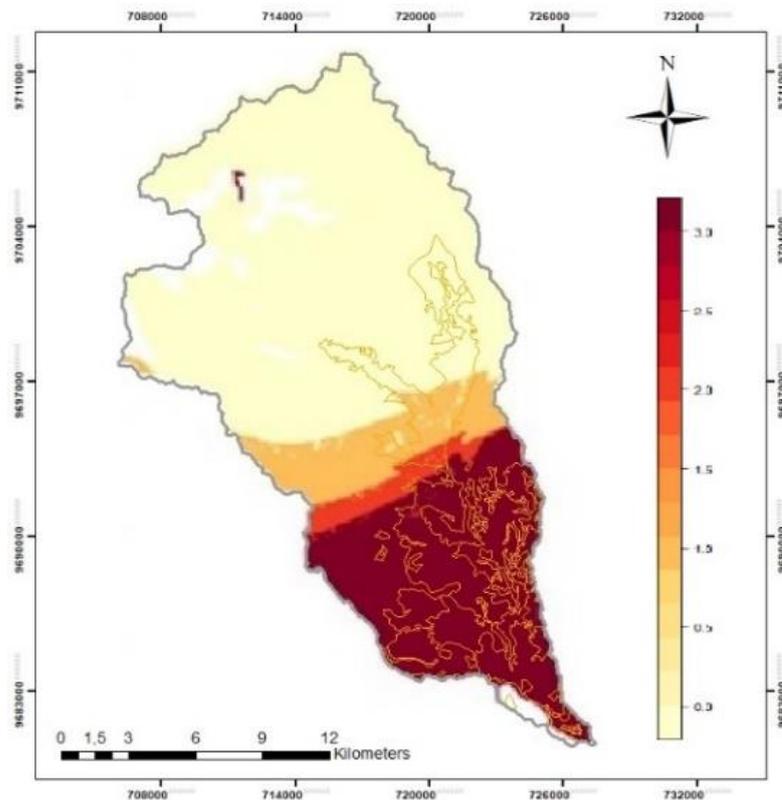


Ilustración 15. Mapa comparativo de amenaza de sequía y sistemas agroproductivos.

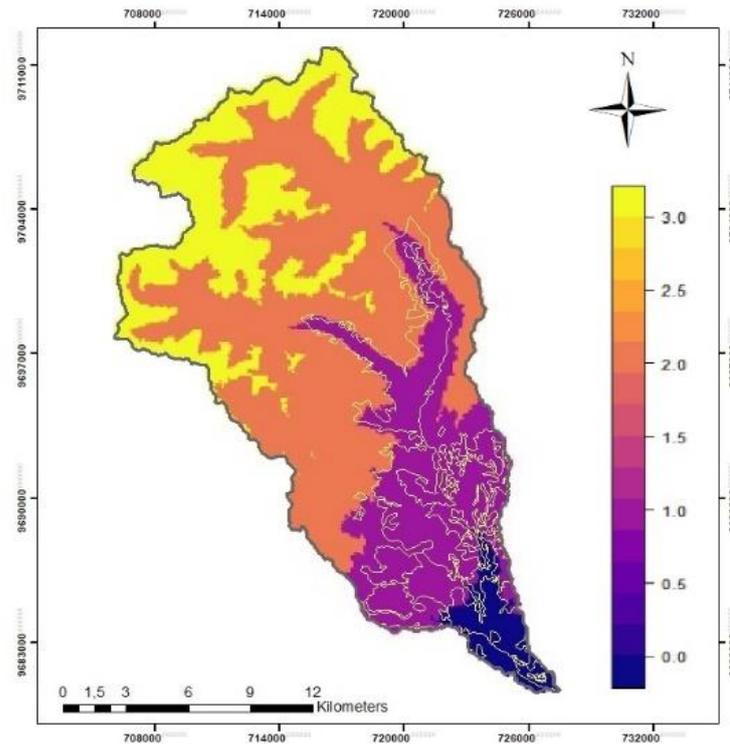


Ilustración 16. Mapa comparativo de heladas y sistemas agroproductivos.

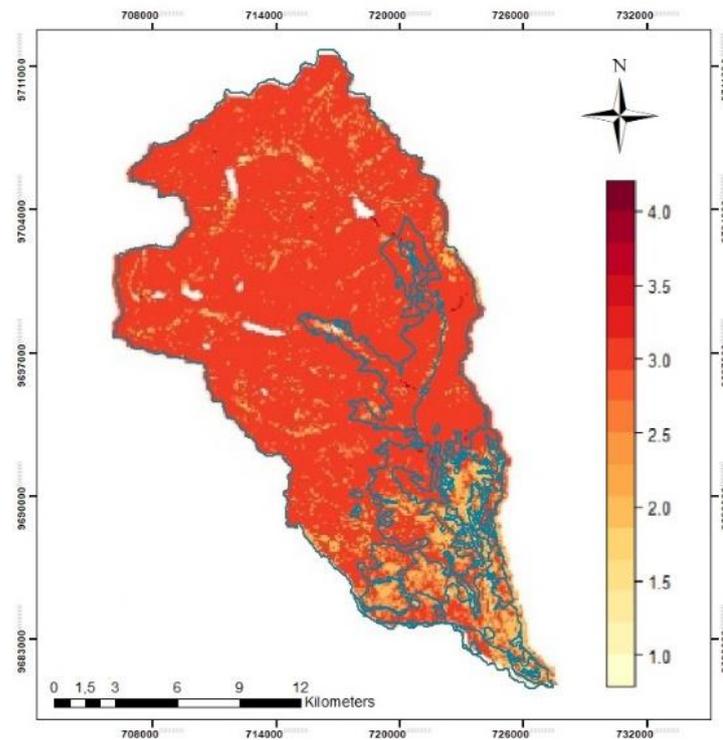


Ilustración 17. Mapa comparativo de amenaza de deslizamiento y sistemas agroproductivos.

Fuente: SIGAGRO, 2003 y Jiménez, 2018. Elaboración: autor.

Con estos resultados de comparación se presenta la siguiente tabla con los valores de exposición del cultivo de maíz frente a cada amenaza, basado en los valores máximos de amenaza en el área donde se encuentran los sistemas agroproductivos y la población.

Tabla 18. Exposición geográfica del cultivo de maíz a las amenazas climáticas.

Amenaza	Zona expuesta	Grado de exposición	Valor normalizado	Exposición
Sequía	80-100%	5	Muy alta	1
Helada	60-80%	4	Alta	0.8
Deslizamiento	80-100%	5	Muy alta	1
Incremento de Precipitación	80-100%	5	Muy alta	1
Incremento de Temperatura	80-100%	5	Muy alta	1

Elaboración: Autor.

Dimensión Socioeconómica

Para obtener la exposición en esta dimensión, se estimó el porcentaje de agricultores que cultivan maíz. Para conseguir esta información se consideró como pregunta dentro del cuestionario (Anexo 1: Cuestionario), para obtener un valor aproximado.

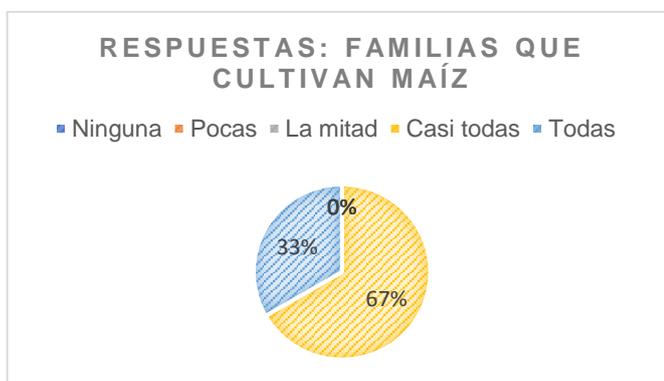


Ilustración 18. Respuesta: Familias que cultivan maíz.

Se observa que el 67% de los encuestados respondió que casi todas las familias de la zona cultivan maíz, y el 33% respondió que todas las familias lo hacen.

Se obtuvo el valor de exposición de la dimensión socioeconómica con la siguiente tabla:

Tabla 19. Grado de exposición de la dimensión socioeconómica.

Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas
Ninguna	0	0.00
Pocas	25	0.00

La mitad	50	0.00
Casi todas	75	66.67
Todas	100	33.33
Promedio Ponderado		83
Normalizado		0.83

Dimensión de Asociatividad y Relación Comunitaria

Para obtener el valor de esta dimensión, se utilizaron indicadores de asociatividad: la relación entre los productores agrícolas y el porcentaje que se encuentran asociados con otros o afiliado a una asociación, y el estado de las relaciones dentro de la población. Para esto, se plasmaron preguntas en el cuestionario (Anexo 1: Cuestionario) que permitieran identificar el estado de las relaciones internas de la sociedad.

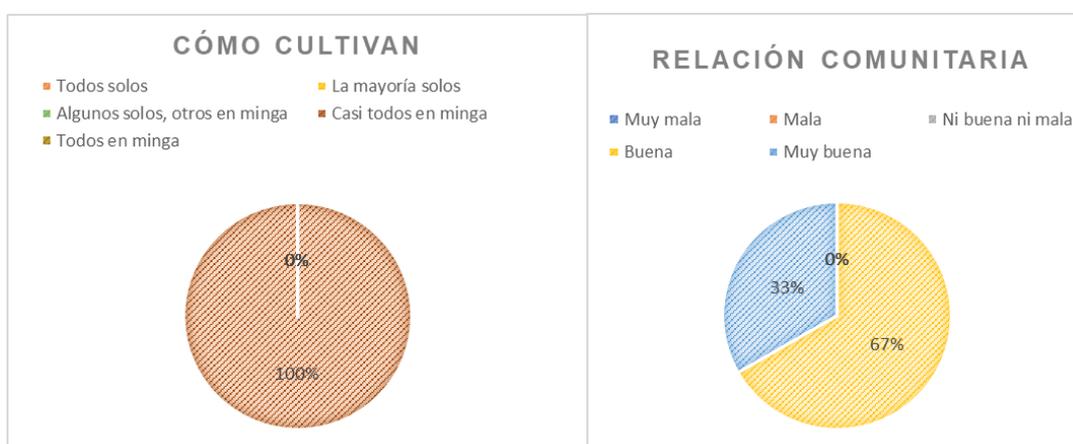


Ilustración 19. Asociatividad y Relación comunitaria.

Se observa que todos los encuestados respondieron que casi todas las familias de la zona cultivan maíz en minga, ayudándose unos a otros en las actividades. Esto sugiere buenas relaciones internas en la sociedad de la subcuenca, lo que se evidencia con la respuesta del estado de las relaciones de la comunidad; en la cual el 67% respondió que la relación es buena y el 33% respondió que es muy buena.

El valor de exposición de la dimensión de asociatividad y relación comunitaria se obtuvo con la siguiente tabla:

Tabla 20. Exposición de la dimensión de asociatividad y relación comunitaria

Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas	Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas
Todos solos	0	0.00	Muy mala	100	0.00
La mayoría solos	25	0.00	Mala	75	0.00



Algunos solos, otros en minga	50	0.00	Ni buena ni mala	50	0.00
Casi todos en minga	75	100.00	Buena	25	66.67
Todos en minga	100	0.00	Muy buena	0	33.33
Promedio ponderado		75	Promedio ponderado		17
Normalizado		0.75	Normalizado		0.17
Exposición de asociatividad y relación comunitaria				0.46	

Factor de Exposición (FE)

Luego de promediar los valores de exposición de cada dimensión se obtuvieron los siguientes factores de exposición para utilizarse en la Ecuación 2.

Tabla 21. Factor de exposición frente a cada amenaza.

Factor de Exposición				
Amenaza	Dimensión			FE
	Ambiental	Socioeconómica	Asociatividad	
Sequía	1	0.83	0.46	0.76
Helada	0.8	0.83	0.46	0.70
Deslizamiento	1	0.83	0.46	0.76
Incremento de Precipitación	1	0.83	0.46	0.76
Incremento de Temperatura	1	0.83	0.46	0.76

4.4. Vulnerabilidad

Para calcular el factor de la vulnerabilidad de la subcuenca, primero se obtuvieron los índices de sensibilidad y capacidad adaptativa, como se describe en los apartados siguientes.

4.4.1. Sensibilidad

Índice de Sensibilidad del Cultivo de Maíz (ISM)

Identificación de variedades de maíz en la zona de estudio

Como resultado de la revisión de bibliográfica e información disponible en las páginas web del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG), se identificaron las siguientes variedades de maíz de altura de la región (Yáñez, et al. 2010; INIAP, (s.f.)):



Tabla 22. Variedades de maíz presentes en Azuay y Cañar.

Variedad	Código
Blanco harinoso precoz	INIAP 101
Mishqui Sara	INIAP 103
Zhima	INIAP 153
Racimo de uva	INIAP 199

Fuente: INIAP, s.f.

Luego, en el cuestionario (Anexo 1: Cuestionario) para la encuesta aplicada, se planteó una pregunta sobre la variedad de cultivos en la zona y una para estimar cuál era el más cultivado.

El 100% de los encuestados respondió que la variedad que utilizan todos los agricultores de la zona es el “Zhima”, sea este proveniente de semillas seleccionadas y preservadas por los agricultores o compradas al INIAP; y que las otras variedades casi no se encuentran en la zona, o son de ínfima representatividad. Por esta razón se priorizan los requerimientos de esta variedad de maíz para la estimación de la sensibilidad; sin embargo, los requerimientos altitudinales, de precipitación y temperatura son similares para las 4 variedades.

Definición de los requerimientos del cultivo de maíz

La variedad de maíz “Zhima”, clasificado como maíz de altura, tiene los siguientes requerimientos:

Tabla 23. Requerimientos del maíz "zhima".

Requerimientos del maíz de altura	
Condiciones Agroecológicas	
Altitud	2200-3000msnm
Temperatura	10-20 °C
Precipitación	700-1300mm/ciclo
Suelo	Profundos, ricos en materia orgánica y con buen drenaje
pH	5.5-7.5
Tolerancia	
Asociación con frejol	Sí
Tolerancia a enfermedades	Roya

Fuente: INIAP, s.f.



Sensibilidad del cultivo de maíz frente a sequías

El agua disponible es de extrema importancia para cualquier cultivo, por lo que, si no hubiese suficiente agua, el cultivo se perdería.

En la subcuenca del río Machángara existe una ventaja importante, que es la presencia de dos represas que sirven de abastecimiento y regulación para las centrales hidroeléctricas, las plantas potabilizadoras y el sistema de riego (ELECAUSTRO, s.f.). Dentro del cuestionario (Anexo 1: Cuestionario) se plantearon preguntas para identificar el porcentaje de la población que usa el sistema de riego y las medidas que toma la población cuando hay periodos sin lluvia. El porcentaje de la población que usa el sistema varía entre el 50 y 75%, pero todos respondieron que se usa principalmente el agua de la lluvia, y que el sistema de riego se aprovecha cuando no llueve. Además, afirmaron que nunca ha faltado agua en la subcuenca, excepto para quienes no usan el sistema de riego.

Se concluyó que el valor de sensibilidad del cultivo estaría basado en el porcentaje de las personas que no utilizan el sistema, y se obtuvo con la siguiente tabla:

Tabla 24. Respuestas sobre el uso del sistema de riego.

Uso del sistema de riego		
Respuesta	Clasificación	Respuestas (%)
Nadie	100	0
Pocos	75	0
La mitad	50	66.7
La mayoría	25	33.3
Todos	0	0
Promedio ponderado		38
Normalizado		0.38

Sensibilidad del cultivo de maíz frente a heladas

Una helada es la ocurrencia de una temperatura del aire de 0 °C o inferior, medida a una altura de entre 1,25 y 2,0 m por encima del nivel del suelo. Esta baja temperatura puede darse por diferentes causas; una de ellas es que el viento fluye con aire por debajo de 0°C para reemplazar el aire más caliente. A esto se llama helada de advección, que es el tipo de helada que se analizó para este estudio (FAO, 2010). Una helada agrometeorológica se produce cuando la temperatura ha disminuido lo suficiente como para ocasionar daños en los órganos vegetales (FAO, 2017).

La disminución de temperatura puede causar daños a los cultivos antes de alcanzar los 0°C, dependiendo de la tolerancia del cultivo. Como se detalla en la tabla 34, el cultivo

de maíz de altura requiere temperaturas entre los 10°C y 20°C de promedio aproximadamente, por lo que temperaturas inferiores podrían provocar pérdidas.

En la encuesta se planteó una pregunta sobre ocurrencia de heladas y las medidas que toma la población frente a ellas. Los encuestados coincidieron en que no ocurre con frecuencia, pero cuando ocurre, el cultivo se pierde. Por estas razones, el valor de la sensibilidad del cultivo frente a la amenaza de heladas es 1 (sensibilidad muy alta).

Sensibilidad del cultivo de maíz frente al incremento de precipitación

El cultivo de maíz requiere de 700 a 1300mm de precipitación durante todo el ciclo, que dura aproximadamente 260 días (9 meses) hasta grano seco. Esto podría sugerir que requiere de 80 a 150mm de media mensual; sin embargo, se sabe que la demanda de agua del cultivo de maíz varía a lo largo de las etapas de crecimiento, como se observa en la Ilustración 21. Debido a eso, se consideró también la distribución mensual de la precipitación para realizar una comparación con los meses en que se hacen las actividades de siembra y cosecha actualmente, y así determinar si la variación en la precipitación representa una amenaza para el cultivo en alguna de las etapas de su ciclo.

En el cuestionario (Anexo 1: Cuestionario) se incluyó una pregunta sobre las fechas en las que se desarrollan las actividades de cultivo. El resultado se muestra en la siguiente ilustración:



Ilustración 20. Ciclo de cultivo del maíz.

Elaboración: Autor

Los agricultores de la zona de estudio inician el proceso en el mes de agosto o septiembre, con la preparación de la tierra y concluyen entre los meses de abril y junio, con la cosecha de grano seco. Se añadieron estos meses a la ilustración siguiente, elaborada por el INIAP; que muestra el ciclo de cultivo y la humedad óptima para el cultivo de maíz:

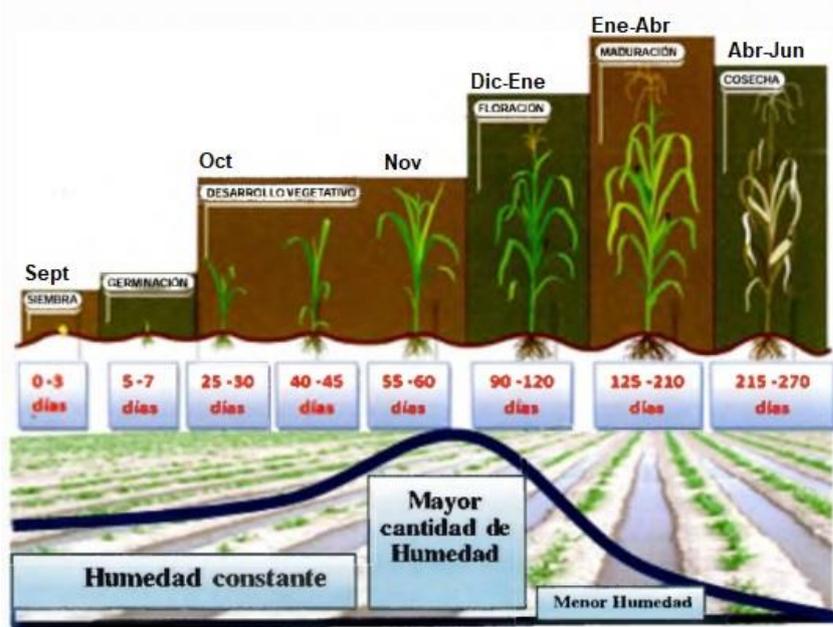


Ilustración 21. Etapas de desarrollo y requerimiento de humedad del cultivo de maíz.

Fuente: Modificado de (Yáñez et al., 2010).

Se observa que, en las fases iniciales la humedad debe ser constante y que, la fase de floración es el período más crítico en el crecimiento de la planta, esto se debe a que, de esta fase depende la formación y engrosamiento del grano; además de la cantidad de producción (o rendimiento) que se podrá obtener (Yáñez et al., 2010).

Se utilizaron los datos de precipitación para el periodo observado y futuro para crear una curva de precipitación comparable con la óptima, propuesta por el INIAP:

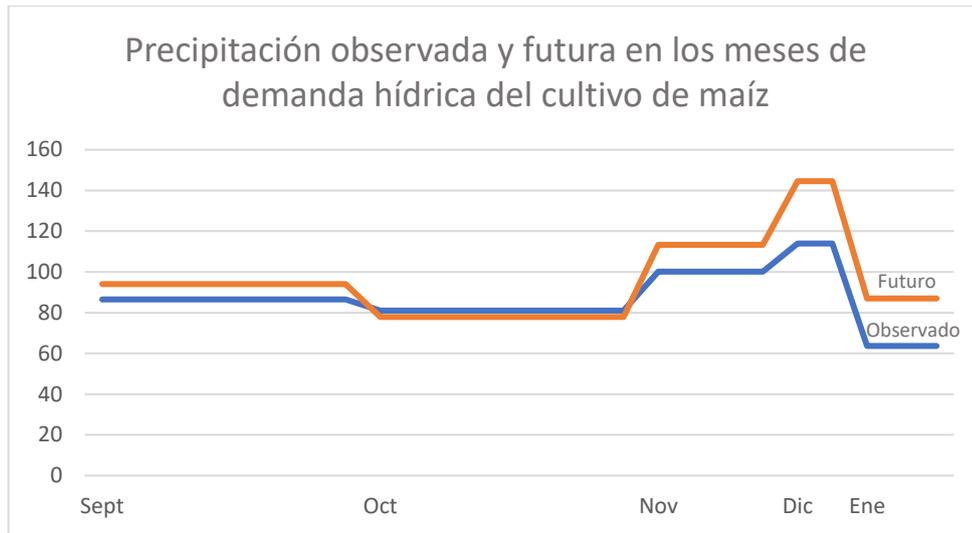


Ilustración 22. Precipitación observada y futura en los meses de demanda hídrica del cultivo de maíz.

Como se puede observar en la Ilustración 22, ambas curvas se ajustan bastante bien a la curva óptima, propuesta por el INIAP (Yáñez et al., 2010).

En el periodo futuro existe mayor precipitación promedio y, en los meses en los cuales la precipitación es menor que la en el periodo observado; la variación no es representativa (Tabla 12).

Se evaluó también si los agricultores utilizan técnicas que prevengan el daño a los cultivos por exceso de agua en el terreno; ya que, aunque la precipitación se mantiene en los rangos requeridos por el cultivo, se observan valores más elevados. Como resultado a esta pregunta se tiene la siguiente tabla:

Tabla 25. Medidas de contingencia ante exceso de lluvia.

Medidas frente a lluvias en exceso: Acequias para drenaje		
Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas
Ninguno	0	0.00
Pocos	0	0.00
La mitad	0	0
La mayoría	0	0
Todos	100	100
Promedio ponderado		100
Normalizado		1.00



Todos respondieron que el 100% de los agricultores construye acequias para drenar, previo a la siembra y se revisan luego de días de lluvias fuertes o continuas.

Además, la presencia de las dos represas que sirven de abastecimiento y regulación para las centrales hidroeléctricas, las plantas potabilizadoras y el sistema de riego, también disminuyen el riesgo de inundaciones en la zona baja (ELECAUSTRO, s.f.).

Se concluye que la sensibilidad del cultivo de maíz en la subcuenca del Machángara frente a la variación en las precipitaciones para el periodo futuro es muy baja (0.1). No se coloca el valor de 0 porque puede existir un porcentaje mínimo de la población que podría verse afectado frente a un evento singular de precipitación.

Sensibilidad frente al incremento de temperatura

El cultivo de maíz de altura requiere temperaturas entre los 10°C y 20°C aproximadamente, por lo que temperaturas superiores podrían provocar pérdidas. Como se observa en la Tabla 12, la temperatura incrementaría entre 2°C y 3°C, manteniéndose en un rango promedio de 12°C a 13°C.

Se determinó un valor de 0.25 (sensibilidad baja). No se tomó el valor de cero (sensibilidad nula) debido a que, a pesar de que la temperatura en el periodo futuro se mantiene en el rango apropiado para el cultivo; este estudio se basa en la variación mensual promedio y no contempla eventos a nivel diario donde se pueden presentar aumentos de temperatura que podrían superar este rango y causar daños en los cultivos. Además, a pesar de que los encuestados respondieron que no se han presentado pérdidas por plagas en la zona, y que incluso no ha sido necesaria la utilización de plaguicidas; existen estudios que sugieren que, el aumento de temperatura en el futuro puede provocar cambios en la distribución y comportamiento de especies de insectos, que influyen en la productividad del suelo a largo plazo (Lobell & Gourdj, 2012), además del aumento de daños por plagas y enfermedades (FAO, 2018b).

Sensibilidad del cultivo de maíz frente a deslizamientos

Los deslizamientos pueden afectar directa o indirectamente a las parcelas donde se encuentran los cultivos. Directamente, si el deslizamiento se da donde existen cultivos. En este caso, se considera la pérdida inmediata del cultivo. Indirectamente, si a causa del deslizamiento se daña el sistema de riego.

Ante estos efectos, la sensibilidad del cultivo es muy difícil de estimar ya que depende de las condiciones en el momento de ocurrencia del deslizamiento (si se presenta previo a un evento de sequía o en una etapa crítica del desarrollo del cultivo, el daño será mayor).



Ya que la evaluación de la amenaza de deslizamientos determina la posibilidad de ocurrencia en la zona, más no, el tiempo de ocurrencia; y que el 88% de la zona presenta un grado de amenaza moderado; se consideró el principio de gestión de riesgo, de prepararse para el peor escenario posible y se determinó el valor de 1 (sensibilidad muy alta), frente a la amenaza de deslizamientos.

Finalmente, se obtuvo el valor de sensibilidad, según la siguiente tabla.

Tabla 26. Sensibilidad del cultivo de maíz.

Amenaza	Sensibilidad del cultivo
Sequía	0.38
Helada	1
Deslizamiento	1
Incremento de Precipitación	0.01
Incremento de Temperatura	0.25

Índice de Sensibilidad de la Población (ISP)

Los porcentajes de personas aportantes al seguro social del IESS, incluidos los aportantes generales, voluntarios y del seguro campesino, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 27. Aportantes al seguro social.

Parroquia	Aportantes al Seguro social (%)	Porcentaje del área que ocupa la parroquia
Checa	17.33	19.24
Chiquintad	27.80	28.45
Cuenca	32.94	2.77
Gualleturo	15.22	18.99
Nazón	6.11	17.34
Octavio Cordero Palacios	21.33	1.39
Ricaurte	24.74	1.24
Sayausí	17.76	3.51
Sidcay	28.45	1.2
Sinincay	14.74	5.44
Promedio ponderado	18.56	
Beneficiados	70.16	

Fuente: INEC, 2010.



Al multiplicar este valor por el promedio de personas que habita una unidad de vivienda (3.78), se obtiene un valor de 70.16% que representa, aproximadamente, el porcentaje de personas beneficiadas.

Utilizando este valor y comparándolo con la clasificación de la Tabla 9, se obtuvo un valor de sensibilidad de 0.3 (sensibilidad baja).

Luego, se analizó la importancia del cultivo de maíz para la población en el aspecto económico, alimenticio y cultural, evaluando la gravedad que representaría la pérdida del cultivo de maíz para la población, según la encuesta realizada.

Tabla 28. Gravedad de la pérdida del cultivo de maíz para le economía, alimentación y cultura de la población.

Gravedad para la economía			Gravedad para la alimentación		
Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas	Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas
Muy grave	100	16.67	Muy grave	100	83.33
Grave	75	83.33	Grave	75	16.67
Medio	50	0.00	Medio	50	0.00
Poco grave	25	0.00	Poco grave	25	0.00
Nada grave	0	0.00	Nada grave	0	0.00
Promedio ponderado		79	Promedio ponderado		96
Normalizado		0.79	Normalizado		0.96
Gravedad para la cultura					
Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas			
Muy grave	100	66.67			
Grave	75	33.33			
Medio	50	0.00			
Poco grave	25	0.00			
Nada grave	0	0.00			
Promedio ponderado		92			
Normalizado		0.92			

El 83.3% considera grave la pérdida de maíz para la economía de la población y el 16.7% la considera muy grave. La razón principal para esta conclusión es que casi todas las familias cultivan maíz para consumo o venta. Si se pierde el cultivo, disminuyen los productos que pueden vender; sin embargo, el factor más importante es que la población consume maíz todos o casi todos los días (lo que explica que el 83% considere muy grave la pérdida del cultivo para la alimentación). Esto significa que, si se pierde el



cultivo, deben comprar maíz u otros alimentos para reemplazar el aporte de este cultivo en su dieta, lo que representaría un impacto alto en su economía.

El 66.7% considera que la pérdida del cultivo de maíz sería muy grave para la cultura y el 33.3% la considera grave. Esto se debe a que el maíz es parte de la identidad de las personas de la comunidad, ya que existe una fuerte tradición relacionada a este cultivo. El grano se utiliza para alimento de la población, las hojas se utilizan como alimento de animales domésticos o abono para otros cultivos. La tradición de cultivar el maíz viene de varias generaciones y las épocas de siembra y cosechas son de alta importancia comunitaria, porque se organizan mingas para el desarrollo de las actividades.

Además, algunas festividades ancestrales, están muy vinculadas al ciclo de cultivo de maíz; como el Pawkar Raymi, que se celebra el 21 de marzo, mes de cosecha de maíz tierno, para agradecer y compartir los productos que cada año les obsequia la Pachamama (madre Tierra); o el Inti Raymi, que se celebra el 21 de junio, mes de cosecha del maíz seco, en honor de Inti (Dios Sol). En ambas festividades se realizan ofrendas de granos cosechados y se comparte comida. Por lo que perder el cultivo de maíz, podría traducirse a un alto impacto cultural.

Con este análisis se puede concluir que la sensibilidad social (alimentación y cultura) de la población es mayor que la sensibilidad económica.

Finalmente, se promediaron estos valores y se obtuvo un valor de 0.74 de sensibilidad para la población frente a la pérdida del cultivo de maíz. Este valor es constante ante todas las amenazas, ya que la sensibilidad de la población está relacionada a la pérdida del cultivo, independientemente de la causa de esta pérdida. Según la *Tabla 8*, este valor representa una sensibilidad alta.

Índice de Sensibilidad (IS)

Al aplicar la Ecuación 7, que relaciona el índice de sensibilidad del cultivo de maíz y el índice de sensibilidad de la población, el resultado para cada amenaza fue el siguiente:

Tabla 29. Índice de Sensibilidad

Amenaza	Sensibilidad del cultivo	Sensibilidad de la Población	Índice de Sensibilidad
Sequía	0.38	0.74	0.28
Helada	1.00	0.74	0.74
Deslizamiento	1.00	0.74	0.74
Incremento de Precipitación	0.01	0.74	0.01



Incremento de Temperatura	0.25	0.74	0.19
---------------------------	------	------	------

4.4.2. Capacidad Adaptativa

La capacidad adaptativa se evaluó considerando varios aspectos. A continuación, se presentan los resultados de cada uno de ellos.

Capacidad de informarse (alfabetización)

En este aspecto se obtuvo información de las bases de datos del INEC, del censo de población y vivienda del año 2010, para determinar el porcentaje de habitantes en la zona de estudio, que saben leer y escribir; ya que estas capacidades permiten que puedan informarse con mayor facilidad sobre temas de relevancia para sus actividades frente al cambio climático.

Tabla 30. Alfabetismo en la subcuenca del Machángara.

Parroquia	Alfabetismo (%)	Porcentaje del área que ocupa la parroquia
Checa	86.53	19.24
Chiquintad	90.87	28.45
Cuenca	97.55	2.77
Gualleturo	77.41	18.99
Nazón	77.79	17.34
Octavio Cordero Palacios	80.47	1.39
Ricaurte	94.41	1.24
Sayausí	92.47	3.51
Sidcay	88.64	1.2
Sinincay	89.47	5.44
Promedio ponderado	85.22	

Utilizando este porcentaje y comparándolo con la clasificación de la Tabla 10, se obtuvo un valor de capacidad adaptativa de 1 (muy alta) para este aspecto.

Técnicas de cultivo apropiadas

Se evaluó si la población utiliza técnicas de cultivo apropiadas frente a las amenazas climáticas. Los resultados se observan en las siguientes tablas:



Tabla 31. Técnicas de cultivo y capacidad adaptativa.

Selección y preservación de semillas			Uso de maquinaria		
Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas	Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas
Ninguna	0	0.00	Ninguna	0	0.00
Pocas	25	0.00	Pocas	25	0.00
La mitad	50	16.67	La mitad	50	0.00
La mayoría	75	83.33	La mayoría	75	100.00
Todas	100	0.00	Todas	100	0.00
Promedio ponderado		71	Promedio ponderado		75
Normalizado		0.71	Normalizado		0.75
Asociación de maíz con otro cultivo			Rotación de cultivos		
Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas	Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas
Ninguna	0	0.00	No se rota y se usa la tierra en los otros meses	0	0.00
Pocas	25	0.00	No se rota pero se deja descansar la tierra	50	100.00
La mitad	50	0.00	Sí se rota	100	0.00
La mayoría	75	100.00	Promedio ponderado		50
Todas	100	0.00	Normalizado		0.50
Promedio ponderado		75	Promedio		0.68
Normalizado		0.75			

Como se muestra en la tabla anterior, el 83% respondió que la mayoría selecciona y guarda las mejores semillas para los próximos años, el 17% respondió que solo la mitad lo hacen. Todos hicieron la observación de que quienes no guardan, adquieren semillas del INIAP u otras instituciones y que, los agricultores optan cada vez más por esta opción. El 100% respondió que la mayoría utiliza maquinaria y cultivan el maíz asociado con otra especie (frejol, haba, entre otras). El 100% respondió que los agricultores no practican la rotación de cultivos, pero dejan el terreno libre los otros meses. El valor de capacidad adaptativa en este aspecto, frente a deslizamientos y al aumento de temperatura, es 0; debido a que los agricultores no cuentan con técnicas frente a estas amenazas.

Medidas de contingencia frente a las amenazas

Para este aspecto se evaluó si la población actualmente tiene medidas de contingencia frente a cada amenaza, como se describe en el Capítulo 3.

Tabla 32. Medidas de contingencia frente a las amenazas.

Medidas frente a helada			Medidas frente a sequía		
Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas	Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas
Nadie	0	100.00	Nadie	0	0.00
Pocas	25	0.00	Pocas	25	0.00
La mitad	50	0.00	La mitad	50	0.00
La mayoría	75	0.00	La mayoría	75	100.00
Todas	100	0.00	Todas	100	0.00
Promedio ponderado		0	Promedio ponderado		75
Normalizado		0.00	Normalizado		0.75
Medidas frente a exceso de lluvia					
Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas			
Nadie	0	0.00			
Pocas	25	0.00			
La mitad	50	0.00			
La mayoría	75	0.00			
Todas	100	100.00			
Promedio ponderado		100			
Normalizado		1.00			

El 100% respondió que nadie toma medidas de contingencia frente a heladas, que la mayoría de agricultores toma medidas frente a sequías, haciendo referencia al riego; y que todos los agricultores toman medidas contra el exceso de precipitación, ya que todos construyen acequias para el drenaje.

El valor de capacidad adaptativa en este aspecto, frente a deslizamientos y frente al aumento de temperatura, es 0; debido a que los agricultores no cuentan con medidas frente a estas amenazas.

Capacidad de cambio

En este aspecto se estimó la capacidad de la población a cambiar de periodos de cultivo y de flexibilidad a cambiar de cultivo en caso de que fuera necesario.



Tabla 33. Capacidad de cambio.

Cambio de fechas de cultivo			Cambio de cultivo		
Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas	Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas
Nadie	0	0.00	Nadie	0	0.00
Pocas	25	16.67	Pocas	25	16.67
La mitad	50	50.00	La mitad	50	50.00
La mayoría	75	33.33	La mayoría	75	33.33
Todas	100	0.00	Todas	100	0.00
Promedio ponderado		54	Promedio ponderado		54
Normalizado		0.54	Normalizado		0.54
		Promedio			0.54

El 50% de los encuestados respondió que la mitad de los agricultores cambiarían las fechas de cultivo si fuera necesario, el 33.3% respondió que la mayoría lo haría, el 16.7% respondió que pocos lo harían. Se basaron en que, a pesar de que los meses de siembra han sido tradición por muchas generaciones, entienden que se establecieron esos meses por las lluvias y si el clima cambia, ellos también deberán cambiar.

El 50% respondió que la mitad de los agricultores podrían cambiar de cultivo, el 33% respondió que la mayoría lo haría, y el 16% respondió que pocos lo harían. Estas respuestas se basaron en que el cultivo de maíz es parte fundamental de la alimentación y la identidad de las personas; por lo que sería difícil reemplazarlo; pero si fuese la única alternativa disponible, sí lo harían.

Se observa que las costumbres son muy importantes dentro de la población, por lo que la flexibilidad o capacidad de cambio es media (0.54).

Relación y confianza de la población con las instituciones con influencia en la zona.

Según los resultados expuestos en la siguiente tabla, la población opina que la gestión de las instituciones en la subcuenca es buena, pero que hay margen para mejorar. Por esta razón, consideran que su relación es buena y que sí hay un buen nivel de confianza hacia las instituciones.



Tabla 34. Estado de la relación población-instituciones.

Valoración de la gestión de las instituciones			Relación Población-Instituciones		
Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas	Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas
No conoce su labor	0	0	Muy mala	0	0
Hacen poco	25	0	Mala	25	0
A veces cumplen, otras no	50	16.67	Ni buena ni mala	50	16.67
Hacen suficiente	75	66.67	Buena	75	83.33
Hacen mucho	100	16.67	Muy buena	100	0
Promedio Ponderado		75	Promedio Ponderado		71
Normalizado		0.75	Normalizado		0.71
		Promedio	0.73		

Se observa que las relaciones y confianza de la población en las instituciones es buena, lo que indica que las acciones de adaptación (enfrentamiento a amenazas ambientales) en las que tengan competencia las instituciones, se podrán realizar de buena manera. El valor obtenido para la capacidad adaptativa en este aspecto fue 0.73.

Agricultores para el futuro

Para este aspecto se analizó si la juventud de la zona de estudio tiene interés en vivir en la zona y trabajar en la agricultura.

Tabla 35. Agricultores para el futuro.

Ayuda de los jóvenes en la agricultura			Se quedan en la zona a vivir		
Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas	Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas
Nada	0	0.00	Todos se van	0	0.00
Poco	25	16.67	La mayoría se va	25	33.33
A veces	50	66.67	Algunos se van otros se quedan	50	66.67
Bastante	75	16.67	La mayoría se queda	75	0.00
Siempre	100	0.00	Todos se quedan	100	0.00
Promedio ponderado		50	Promedio		42
Normalizado		0.50	Normalizado		0.42
Los que se van, ¿vuelven?					



Respuesta	Clasificación	Porcentaje de las respuestas
Ninguno	0	0.00
Pocos	25	66.67
Algunos si otros no	50	66.67
La mayoría vuelve	75	0.00
Todos vuelven	100	0.00
Promedio		33
Normalizado		0.33
Promedio Total		0.42

Índice de Capacidad Adaptativa (ICA)

Para obtener este índice, y utilizarlo en la Ecuación 1 para el cálculo del factor de vulnerabilidad, se promediaron los valores de capacidad adaptativa para cada aspecto analizado. El resultado para cada amenaza se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 36. Índice de capacidad adaptativa frente a cada amenaza.

Índice de Capacidad Adaptativa				
Amenaza	Capacidad de informarse	Técnicas de cultivo apropiadas	Medidas de contingencia	
Sequía	1	0.68	0.75	
Helada	1	0	0	
Deslizamiento	1	0	0	
Incremento de Precipitación	1	0.68	1	
Incremento de Temperatura	1	0.68	0	
Amenaza	Capacidad de cambio	Relación población-instituciones	Agricultores del futuro	ICA
Sequía	0.63	0.73	0.42	0.70
Helada	0.63	0.73	0.42	0.46
Deslizamiento	0.63	0.73	0.42	0.46
Incremento de Precipitación	0.63	0.73	0.42	0.74
Incremento de Temperatura	0.63	0.73	0.42	0.58



Se observa que la capacidad adaptativa de la población frente a las amenazas de sequía e incremento de precipitación, es alta. La capacidad adaptativa frente a heladas, deslizamientos e incremento de temperatura, es media.

4.5. Cálculo de la Vulnerabilidad y el Riesgo Climático

A continuación, se presentan los resultados de la aplicación de la Ecuación 1, para el cálculo de la vulnerabilidad (FV); y la Ecuación 2 (RC), para el cálculo del riesgo climático. Además, se calculó el impacto potencial (exposición por sensibilidad), para analizar la importancia de la capacidad adaptativa dentro del riesgo climático de la subcuenca del río Machángara.

Tabla 37. Resultados de impacto potencial.

Impacto potencial (IP)				
Amenaza	FE	IS	valor	Clasificación
Sequía	1.00	0.28	0.28	Bajo
Helada	0.80	0.74	0.59	Medio
Deslizamiento	1.00	0.74	0.74	Alto
Incremento de precipitación	1.00	0.01	0.01	Muy bajo
Incremento de temperatura	1.00	0.19	0.19	Muy bajo

Se obtuvo un grado de impacto potencial alto para la amenaza de deslizamiento grado de impacto potencial medio o menor para el resto de amenazas.

Luego, al relacionar la sensibilidad y la capacidad adaptativa de la población, se obtienen los siguientes factores de vulnerabilidad frente a cada amenaza:

Tabla 38. Resultado de la vulnerabilidad frente a cada amenaza.

Factor de vulnerabilidad (FV)				
Amenaza	Índice de Sensibilidad	Índice de Capacidad adaptativa	FV	Clasificación
Sequía	0.28	0.70	0.40	Muy baja
Helada	0.74	0.46	1.60	Baja
Deslizamiento	0.74	0.46	1.60	Baja
Incremento de precipitación	0.01	0.74	0.01	Muy baja
Incremento de temperatura	0.19	0.58	0.32	Muy baja



Se observa que, frente a los efectos sobre el cultivo de maíz, derivados de las amenazas de cambio climático; la vulnerabilidad de la población es baja para las amenazas de helada y deslizamiento; y es muy baja para las amenazas de sequía, incremento de temperatura y precipitación. Finalmente, utilizando este factor para la aplicación de la Ecuación 2, se obtuvieron los siguientes valores de riesgo climático:

Tabla 39. Resultado de riesgo climático frente a cada amenaza.

Riesgo Climático (RC)					
Amenaza	FA	FE	FV	RC	Clasificación
Sequía	1	1	0.4	0.40	Muy bajo
Helada	0.33	0.8	1.6	0.42	Muy bajo
Deslizamiento	0.4	1	1.6	0.64	Muy bajo
Incremento de precipitación	1	1	0.01	0.01	Muy bajo
Incremento de temperatura	1	1	0.32	0.32	Muy bajo

Se determinó que, frente a los efectos sobre el cultivo de maíz, derivados de las amenazas del cambio climático; el riesgo climático para la población agrícola es muy bajo para las amenazas de sequía, helada, deslizamientos, incremento de precipitación y temperatura. Esto se debe a que, a pesar de que frente a algunas amenazas hay factores de exposición altos y factores de amenaza muy altos, existen diferentes rangos de sensibilidad (desde muy bajos hasta altos), además de altos valores de capacidad adaptativa para hacer frente a estas amenazas. Otras, al contrario, tienen factores de amenaza bajos o medios y una capacidad adaptativa menor.

Estos resultados demuestran claramente la importancia de la capacidad adaptativa para que la vulnerabilidad y el riesgo climático no aumenten.

Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

El presente trabajo permitió evaluar la vulnerabilidad y riesgo climático de la población de la subcuenca del río Machángara, ante los efectos que podrían presentarse a futuro sobre el cultivo de maíz por amenazas derivadas del cambio climático. Con este objetivo, se identificaron amenazas, se determinó el efecto que podría tener cada amenaza sobre el cultivo de maíz, la sensibilidad y capacidad adaptativa de la población.



De esta manera, se determinó que la sensibilidad de la población que cultiva maíz es muy alta para las amenazas de helada y deslizamiento, es baja para la amenaza de sequía, y muy baja para las amenazas de incremento de precipitación y de temperatura.

Se definió que la capacidad adaptativa de la población frente a las amenazas de sequía e incremento de precipitación es alta; mientras que la capacidad adaptativa frente a heladas, deslizamientos e incremento de temperatura, es media.

Se determinó que el grado de vulnerabilidad de la población frente a la afectación del cultivo de maíz por las amenazas derivadas del cambio climático es bajo para las amenazas de helada y deslizamiento; y es muy bajo para las amenazas de sequía, incremento de temperatura y precipitación. Además, el grado de riesgo climático es muy bajo para todas las amenazas.

De esta manera se respondieron las preguntas de investigación planteadas, determinando que el cultivo de maíz podría verse afectado por las amenazas derivadas del cambio climático, y definiendo el grado de vulnerabilidad de la población. Cabe destacar que la sensibilidad del cultivo de maíz es diferente ante cada amenaza, siendo más propenso a los daños causados por heladas y deslizamientos que a los daños causados por el incremento de lluvias, temperatura y sequía, basado en los grados de estas amenazas, la exposición geográfica del cultivo y las condiciones de gestión de recursos hídricos en la subcuenca.

El presente estudio evidenció que la sensibilidad y la capacidad adaptativa son factores clave para estimar si existe riesgo climático para un sistema, debido a que estas variables indican si un sistema es susceptible a sufrir alteraciones y su capacidad de hacer frente a la amenaza. Si la sensibilidad del sistema es baja y la capacidad adaptativa es elevada, la vulnerabilidad y el riesgo siempre se mantendrán niveles bajos; independientemente de la magnitud de la amenaza y su exposición. Por esta razón, se determina que los esfuerzos de adaptación para los sistemas agroproductivos deberían estar destinados a la disminución de sensibilidad y al aumento de la capacidad adaptativa, ya que los factores de amenaza y exposición dependen más de factores externos, como la ubicación geográfica y las variables meteorológicas.

5.2. Recomendaciones

5.2.1. Recomendaciones para futuros estudios

Es importante resaltar que la presente metodología está limitada por la disponibilidad, fiabilidad y nivel de detalle de la información que se utiliza, y las restricciones propias



que presenta cada método de valoración de los indicadores. Por esta razón, se estima que puede realizarse una valoración aún más exacta de la vulnerabilidad, ampliando el número de participantes en el grupo de muestreo para la aplicación de encuestas, utilizando metodologías que incluyan más aspectos en su análisis, pero que presentan mayor complejidad y requieren de más recursos; como una metodología que evalúe el aspecto hidrológico de la subcuenca, considerando todas sus variables de uso del recurso (hidroeléctrico, de riego, industrial, consumo), o una metodología que evalúe la variación del viento, su relación con el cambio climático y su influencia sobre los cultivos.

Para evaluaciones de vulnerabilidad y riesgo como la del presente estudio, se trabaja con personas de la zona; por lo que se recomienda sensibilidad, respeto y delicadeza al recopilar la información para no alarmar a la población, previo a la obtención de los resultados.

Para futuras investigaciones se recomienda considerar también datos del proyecto Agroseguro del MAG, que empieza a tener mayor acogida en la zona, ya que este seguro contempla una gran variedad de cultivos, y cuenta con un subsidio que cubre siniestros frente a varias amenazas climáticas. También se recomienda el uso de nuevos datos, proyecciones y metodologías que se siguen desarrollando en la actualidad.

5.2.2. Recomendaciones para el control de la vulnerabilidad de la subcuenca del río Machángara.

A continuación, se presentan algunas recomendaciones para la disminución de la sensibilidad y el aumento de la capacidad adaptativa, basadas en la información obtenida de este estudio.

Con respecto al cuidado del suelo y los cultivos

Se recomiendan continuar con el uso de fertilizantes naturales (compost, bioles, etc), la rotación de cultivos y su diversificación. Estas prácticas permiten el mantenimiento del buen estado del suelo y la reducción de problemas relacionados con plagas y maleza (Yáñez et al., 2010).

La mayoría de agricultores cultiva con condiciones de temporal, es decir, dependiendo de la precipitación; pero cuando utilizan el sistema de riego, una práctica común es el riego por inundación. Esta práctica causa mayor erosión y es menos eficiente en el aprovechamiento del recurso hídrico. Por esta razón, se recomienda la implementación de otras técnicas, como riego por aspersión o goteo (INIAP, 2011).



Universidad de Cuenca

También se recomienda el control de la expansión de la frontera agrícola hacia las zonas altas, ya que produce el cambio de uso de suelo y mayor erosión, causando desequilibrios ecosistémicos que pueden afectar la oferta hídrica de las zonas bajas.

Para proteger a los cultivos del viento, se recomienda utilizar barreras naturales, con especies arbóreas y arbustivas nativas.

Para proteger al cultivo de épocas secas, para evitar la dependencia única sobre el sistema de riego, se recomienda emplear técnicas de almacenamiento de agua lluvia, previo a los meses que se consideran más secos.

Finalmente, se recomienda la elaboración de un plan de manejo para la subcuenca.

Con respecto a la economía y desarrollo de la sociedad

La agricultura es una de las bases fundamentales de la sociedad y es muy importante para el desarrollo; ya que de ella depende el abastecimiento de alimentos para toda la población. Por eso se recomienda también, trabajar en la concientización a la población rural y urbana, sobre la importancia del agricultor para la sociedad y el valor de su trabajo.

Además, se identificó que los jóvenes tienden a alejarse de las actividades agrícolas en búsqueda de mejores oportunidades económicas. Por esa razón, se recomienda elaborar planes de desarrollo que promuevan el crecimiento económico de la zona y que incluyan el incentivo a los jóvenes. Por ejemplo, se pueden crear programas de estudio subsidiados para futuros agrónomos, planes accesibles de inversión, construcción de centros de acopio, almacenamiento y distribución, aumento de ferias agrícolas y capacitaciones técnicas. Así, el trabajo agrícola puede ser una buena fuente de ingresos para jóvenes emprendedores, si se gestiona apropiadamente.

Se recomienda potenciar los seguros agrícolas existentes e implementar nuevos planes de desarrollo agronómico, que incluyan la diversificación de productos.



Capítulo 6. Referencias

6.1. Bibliografía y Referencias

- ACOTECNIC, & Consejo de Subcuenca del Río Machángara. (2014). Plan De Manejo De La Subcuenca Del Rio Machángara.
- Alarcón, F., Basantes, R., García, M., Neira, D., Pabón, C., Poma, J., ... Vicuña, S. (2009). Estudio de vulnerabilidad actual a los riesgos climáticos en el sector de los recursos hídricos en las cuencas de los Ríos Paute, Jubones, Catamayo, Chone, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo Proyecto Adaptación al Cambio Climático a través.
- Almorox, J. (2008). Heladas. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
- Anandhi, A., Frei, A., Pierson, D., Schneiderman, E., Zion, M., Lounsbury, D., & Matonse, A. (2011). Examination of change factor methodologies for climate change impact assessment. Examination of change factor methodologies for climate change impact assessment, 47. <https://doi.org/10.1029/2010WR009104>
- Butler, S. S. (1957). Engineering Hydrology. Prentice-Hall.
- Clirsen, Senplades, Sigagro. (2010). Metodología de sistemas productivos. Recuperado de <http://sni.gob.ec/coberturas>
- Comité de Conservación de la Cuenca del Río Machángara. (s.f). recuperado de <https://www.comitecuencamachangara.com/>
- Díaz, J. M. G. (2003). Métodos de estimación y ajuste de datos climáticos. CDCH UCV.
- ELECAUSTRO. (s.f.). Represa Chanlud. Recuperado de <https://www.elecaustro.gob.ec/centrales-y-represas/represa-chanlud/>.
- FAO. (s.f.b). 6. Textura Del Suelo. Recuperado de http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s6.htm
- FAO (s.f.a). Capacidad de campo. En Portal Terminológico de FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/faoterm/es/>
- FAO. (2006). World agriculture: towards 2030 / 2050 Interim report.
- FAO. (2009). La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. Como Alimentar Al Mundo En 2050.



Universidad de Cuenca

- FAO. (2010). Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía. volumen 1.
- FAO. (2014). Los Jóvenes y la Agricultura: Desafíos Clave Y Soluciones Concretas.
- FAO. (2017). Reporte Metodológico para el estudio AVAF7.
- FAO. (2018a). El Estado de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición en el Mundo 2018.
- FAO. (2018b). El Estado de los Mercados de Productos Básicos Agrícolas 2018.
- FAO. (2018c). Soluciones ganaderas para el cambio climático.
- FAO, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ministerio del Ambiente. (2019). Policy Brief: Riesgo Climático Actual y Futuro del Sector Ganadero del Ecuador.
- Füssel, H.-M., & Klein, R. J. T. (2006). Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution of Conceptual Thinking. *Climatic Change*, 75(3), 301–329. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-0329-3>
- Godfray, C., Pretty, J., Muir, J., & Robinson, S. (2010). Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *The Science*, 327 (May 2014). <http://doi.org/10.1126/science.1185383>
- Google. (s.f.). [Ubicación de represa Chanlud]. Recuperado de <https://www.google.com/maps/@-2.6795038,-79.0343647,15z>
- Google. (s.f.). [Ubicación de represa Labrado]. Recuperado de <https://www.google.com/maps/@-2.7037921,-79.0703877,10982m/data=!3m1!1e3>
- Grassi, C. (1976). Resumen de propiedades físicas del suelo, métodos de riego. Mérida, Venezuela: CIDIAT.
- Hare, F., & Ogallo, L. (1993). *Climate Variation, Drought and Desertification*. Geneva.
- Heras, R. (1972). Manual de hidrología: 5.- Hidrología agrícola. Dirección General de Obras Hidráulicas.
- Hernández, M. (2016). Diagnóstico y proyección de vulnerabilidades frente a la variabilidad y cambio climático en la ciudad de Guayaquil. Banco de Desarrollo de América Latina.



- Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Peter, J., & Jarvis, A. (2005). Very High-Resolution Interpolated Climate Surfaces for Global Land Areas. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA. (2015). Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.
- IEE, & MAGAP. (2013). Análisis de amenaza por tipo de movimiento en masa. Cantón Quevedo Norte (Generación De Geoinformación Para La Gestión Del Territorio A Nivel Nacional Escala 1: 25000).
- INEC (2010). Información Censal. Recuperado de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-censal-cantonal/>
- INIAP. (2011). Guía para la Producción de Maíz en la Sierra Sur del Ecuador.
- INIAP. (s.f.). Información sobre el cultivo de maíz. Recuperado de <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rmaizs>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2017). Registro de datos meteorológicos de las estaciones Chanlud, Labrado y Aeropuerto.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales, & Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (2005). Mapa De Susceptibilidad A Deslizamientos De Nicaragua El Método Mora-Vahrson. Proyecto: Mitigación de Georiesgos en Centroamérica.
- IPCC. (2014a). Cambio Climático 2014 Informe de síntesis AR5.
- IPCC. (2014b). Cambio Climático: Bases Físicas Guía Resumida Del Quinto Informe De Evaluación Del IPCC Grupo De Trabajo I.
- Ittersum, M. K. Van, Bussel, L. G. J. Van, Wolf, J., Grassini, P., Wart, J. Van, & Guilpart, N. (2016). ¿Can sub-Saharan Africa feed itself? PNAS, 113(52), 14964–14969. <http://doi.org/10.1073/pnas.1610359113>
- Jiménez, S. (2018). Estimación de la Vulnerabilidad de los Riesgos del Cambio Climático en una Cuenca de Montaña.
- Joshua, B., Zivin, G., & Neidell, M. (2012). The Impact of Pollution on Worker Productivity. American Economic Review, 102(7), 3652–3673.



Universidad de Cuenca

- Linsley, R. K., Kohler, M. A., & Paulus, J. L. H. (1958). *Hydrology for Engineers*. McGraw-Hill.
- Lobell, D. B., & Gourdji, S. M. (2012). The Influence of Climate Change on Global Crop Productivity. *Plant Physiology*, 160(December), 1686–1697. <http://doi.org/10.1104/pp.112.208298>
- Mapplecroft. (2014). Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe. CAF.
- Mendizábal, G. (2015). La Seguridad Social Ante los Retos del Cambio Climático. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, núm. 143, pp. 697-730. <https://doi.org/10.22201/ij.24484873e.2015.143.4943>
- MREMH, (s.f). Ecuador se une a los esfuerzos para combatir el cambio climático. Recuperado de <https://www.cancilleria.gob.ec/blog/2019/03/27/ecuador-aprueba-sus-lineas-de-accion-en-cambio-climatico/>
- Ministerio del Ambiente de Ecuador, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, & Universidad de Cuenca. (2016). Generación de proyecciones climáticas para la “Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Ecuador”, bajo los escenarios de emisión RCP del reporte AR5 del IPCC. Quito.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2017a). Tercera Comunicación Nacional del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2017b). Proyecto FORECCSA - SUIA. Resumen Ejecutivo, recuperado de <https://www.ambiente.gob.ec/foreccsa/>
- Molina, R. (2010). Evaluación de Seis Híbridos de Maíz Amarillo Duro. INIAP Archivo Histórico. Mora, S., & Vahrson, W.-G. (1992). Determinación “a priori” de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos.
- Mora, S., & Vahrson, W.-G. (1993). Mapa de amenaza de deslizamientos, valle central, Costa Rica.
- Naciones Unidas. (2015). Memoria del Secretario General sobre la labor de la Organización. In *Septuagésimo período de sesiones* (pp. 1–88).
- Navarro, Carlos. (2014). Generación De Superficies De Alta Resolución Aplicando El “Método Delta”. Centro Internacional De Agricultura Tropical.



- Osés, F. X. M. De. (2006). Meteorología Aplicada a la navegación. Univ. Politèc. de Catalunya.
- Pizarro, R., Sánchez, F., Martínez, E., Farías, C., & Jordán, C. (2003). Estimación de caudales medios anuales en cuencas templado húmedas de Chile. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0396B3.HTM>
- Schosinsky, G. (2006). Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos.
- Schosinsky, G., & Losilla, M. (1999). Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual.
- Schraad-Tischler, D., & Seelkopf, L. (2015). Concept and Methodology – Sustainable Governance Indicators.
- SIGAGRO. (2003). Información geográfica de sistemas productivos de la sierra. Recuperado de <https://sni.gob.ec/coberturas>
- SNI. (2017). Archivos de Información Geográfica - Sistema Nacional de Información. <http://sni.gob.ec/coberturas>
- UNISDR. (2009). Reducción del Riesgo de Desastres. Recuperado de http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf
- World Vision. (2014). Manual de Manejo de Cuencas (I, Vol. I). Recuperado de http://www.edeca.una.ac.cr/files/EDECA/Gestion%20desarrollo%20local/VM-Manual_de_Manejo_de_Cuencas_.pdf
- Yaguache Ordoñez, R., Yaguache Ordoñez, L., Duque, L. F., Guamán Gualán, V., Fernández, J., & Alarcón, F. (2014). Estudio de vulnerabilidad de la seguridad alimentaria a los efectos adversos del cambio climático Parroquia Girón.
- Yáñez G., C., Velásquez, J., Peñaherrera, D., Zambrano Mendoza, J.L., Caicedo, M., Heredia, J., Sangoquiza, C., Quimbita, A. (2010). Guía de producción de maíz de altura. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz. (Guía no. 96)



6.2. Anexos

Anexo 1: Cuestionario

“Cuestionario para la Evaluación de la Vulnerabilidad frente a los Efectos del Cambio Climático sobre el Cultivo de Maíz y la Población de la Subcuenca del Río Machángara”

Fecha:

Datos generales del entrevistado

Nombre:

Número de cédula:

Cargo:

Preguntas

1. ¿Cuántas familias/agricultores cultivan maíz (para venta o consumo)?

Ninguna pocas la mitad casi todas todas

2. ¿Se cultiva el maíz para consumo o para venta?

Consumo Igual cantidad para consumo y para venta Venta

¿Por qué cree usted que sucede esto?

2. ¿Conoce usted qué tipos o especies de maíz se siembran en la zona? (si no mencionan los siguientes: zhima, mishqui, blanco harinoso, racimo de uva; preguntar por ellos)

3. ¿Cuál de ellos se siembra más?

4. ¿En qué mes se hacen las siguientes actividades?

Preparar la tierra:

Siembra:

Raleo y Rascadilla:

Aporque:

Llacado:

Cosecha:

5. ¿Por qué se realizan estas actividades en esas fechas?

Tradición/cultura Lluvias/clima Otras

6. ¿Cuántas familias/ agricultores seleccionan y guardan semillas para otros años?, ¿Cómo lo hacen?

Ninguna Pocas La mitad Muchas Todas



Universidad de Cuenca

7. ¿Almacenan el maíz para consumo? ¿Para cuánto tiempo es suficiente?
8. ¿Usan riego para el cultivo de maíz? (¿o se depende solo de la lluvia?)
Nadie O Pocos O La mitad O La mayoría O Todos O
9. ¿Se usa maquinaria dentro del proceso? ¿de qué tipo?
Nadie O Pocos O La mitad O La Mayoría O Todos O
10. Para realizar la siembra y demás actividades, trabajan:
Todos solos O Casi todos solos O Algunos solos, otros en minga O
La mayoría en minga O Todos en minga O
11. ¿Cómo calificaría la relación de las personas dentro de la comunidad?
Muy mala O Mala O Ni buena ni mala O Buena O Muy buena O
12. ¿Cuántas familias/agricultores siembran el maíz junto con otra planta?
Nadie O Pocos O Algunos O La mayoría O Todos O
13. ¿Se practica la rotación de cultivos?
No se practica, y se usa la tierra los otros meses O
No se practica, pero se descansa la tierra los otros meses O
Si se practica O
14. ¿Qué pasa con el cultivo de maíz cuando no llueve (hay sequía)? ¿Ha ocurrido?, ¿Qué medidas se toman?
15. ¿Qué pasa con el cultivo de maíz cuando llueve mucho?, ¿Ha ocurrido?, ¿Qué medidas toman?
16. ¿Qué pasa con el maíz si se dan heladas? ¿Ha ocurrido? ¿Qué medidas toman?
17. ¿Qué pasa con el cultivo de maíz si hay mucho calor?, ¿Ha ocurrido? ¿Qué medidas toman?
18. ¿Qué pasa con el cultivo de maíz cuando hay mucho viento?, ¿Ha ocurrido?, ¿Qué medidas toman?
19. ¿Qué pasa con el cultivo de maíz si hay deslizamientos de la tierra (derrumbes)?, ¿Ha ocurrido? ¿Qué medidas toman?



Universidad de Cuenca

20. ¿Han tenido problemas con plagas, enfermedades o maleza en los cultivos de maíz?
¿Cuáles?

21. ¿Se han perdido cosechas de maíz en los últimos años? ¿Qué hacen cuando esto sucede?

21. Bajo su experiencia, ¿Cree que el clima está cambiando en la zona que viven o es como era antes?; si ha cambiado, ¿qué cambios ha visto en los últimos años, a diferencia de hace 15-30 años atrás?

22. Si el maíz se viera afectado (pérdidas con mayor frecuencia):

¿qué tan grave sería para la economía de la población de la zona?

muy grave grave ni muy grave, ni nada grave poco grave
nada grave

¿Por qué?:

¿qué tan grave sería para la salud/nutrición de la población de la zona?

muy grave grave ni muy grave, ni nada grave poco grave
nada grave

¿Por qué?:

¿qué tan grave sería para la cultura de la población de la zona?

muy grave grave ni muy grave, ni nada grave poco grave
nada grave

¿Por qué?:

23. ¿Cree usted que podrían reemplazar el maíz con otro cultivo? ¿Por qué?

24. ¿Los jóvenes ayudan en la agricultura?

25. ¿los jóvenes se quedan en la zona o se van a la ciudad/otros lugares a vivir?

Todos se van Muchos se van Algunos se van, otros se quedan
Pocos se van Todos se quedan

¿Por qué?

26. De los jóvenes que se van, ¿cuántos vuelven de la ciudad para trabajar el campo?



Universidad de Cuenca

Ninguno Pocos Algunos vuelven, otros no
Muchos vuelven Todos vuelven

27. ¿Cómo es la relación de la población con estas instituciones? (participación y confianza): MAG, INIAP, Ministerio del Ambiente y Agua (unión del MAE y SENAGUA), Subsecretaría de Riego y Drenaje, ELECAUSTRO S.A., ETAPA EP, Universidad de Cuenca, Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Machángara, Prefectura Provincial del Azuay y GADS Parroquiales.

Muy mala Mala Ni Buena, Ni mala Buena
Muy Buena

27. ¿Qué tan importante es la gestión de estas instituciones?

No conozco su labor Hacen poco A veces cumplen, otras veces no
Hacen suficiente Hacen mucho

28. Observaciones, opiniones o recomendaciones: