



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

**ANÁLISIS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA
AGRICULTURA EN EL RECINTO LAS MARAVILLAS DEL
CANTÓN DAULE-GUAYAS
EXAMEN COMPLEXIVO**

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

**AUTORA
REYES JIMÉNEZ RUDDY CAROLINA**

**TUTOR
ING. ARCOS JÁCOME DIEGO ARMANDO**

GUAYAQUIL – ECUADOR

2022



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

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, ARCOS JÁCOME DIEGO ARMANDO, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: ANÁLISIS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA AGRICULTURA EN EL RECINTO LAS MARAVILLAS DEL CANTÓN DAULE-GUAYAS, realizado por la estudiante REYES JIMÉNEZ RUDDY CAROLINA; con cédula de identidad N° 2450198276, de la carrera INGENIERIA AMBIENTAL, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

ARCOS JÁCOME DIEGO ARMANDO

Guayaquil, 18 de abril del 2022



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

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “ANÁLISIS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA AGRICULTURA EN EL RECINTO LAS MARAVILLAS DEL CANTÓN DAULE-GUAYAS”, realizado por la estudiante REYES JIMÉNEZ RUDDY CAROLINA, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Diego Muñoz Naranjo, M.Sc.
PRESIDENTE

Ing. Luis Morocho Rosero, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Jussen Facuy Delgado, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Guayaquil, 28 de marzo del 2022

Dedicatoria

En primer lugar agradezco a Dios, por darme fuerzas, sabiduría y coraje para poder realizar esta tesina, demostrándome que el esfuerzo día a día te enseña que a pesar de, los tropiezos y fracasos se nutre el conocimiento de la parte profesional y humana, esto de la mano siendo mi pilar fundamental, mi motor, empuje, tenacidad, valores y muchas más virtudes a mi madre Irma Jiménez quien con su sabiduría y esfuerzo logro guiarme por el camino del bien hasta llegar a esta etapa profesional de mi vida.

Mis hermanos Isaac y Yoel quienes estuvieron en todo momento alentándome para no decaer en las partes duras que se atravesaron en el día a día y que, a pesar de ciertas adversidades, no mantenía unidos como familia. De igual manera agradezco y dedico esta tesina a mi compañero de vida, Douglas Espinoza quien con la ayuda de Dios llego a mí para darme, sabiduría y enseñarme que todos los días tengo que esforzarme mucho por mis sueños y deseos, por cada esfuerzo y ganas de salir adelante.

Agradecimiento

Mi eterno agradecimiento a Dios, ya que fue el quien me dio sabiduría para así culminar una etapa más de mi vida estudiantil, a mis padres por siempre brindarme su amor, fortaleza y siempre confiar en mi. Un agradecimiento especial a mi director de tesina Ing. Diego Arcos, quien me guio en todo el camino, por su apoyo y su amplio conocimiento que me brindo.

Agradezco a la Universidad Agraria del Ecuador, a sus queridos docentes que con paciencia y entusiasmo me enseñaron todo lo que hoy sabemos, preparándome para el ámbito laboral.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo REYES JIMÉNEZ RUDDY CAROLINA; con cédula de identidad N° 2450198276, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre “ANÁLISIS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA AGRICULTURA EN EL RECINTO LAS MARAVILLAS DEL CANTÓN DAULE-GUAYAS”, para optar el título de INGENIERA AMBIENTAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

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

Guayaquil, 18 de abril del 2022

REYES JIMÉNEZ RUDDY CAROLINA
C.I. 2450198276

Índice general

APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice general	7
Índice de tablas	10
índice de figuras.....	11
Resumen	12
Abstract.....	13
1. Introducción.....	14
1.1 Importancia o caracterización del tema	14
1.2 Actualidad del tema	15
1.3 Novedad científica del tema	17
1.4 Justificación del tema.....	20
1.5 Objetivo general	21
1.6 Objetivos específicos	21
2. Metodología	23
2.1 Materiales.....	23
2.2 Métodos	23
2.2.3 Técnicas.....	25
3. Marco teórico	27
3.1 Estado del Arte	27
3.2 Bases teóricas	30

3.2.1. Cambio climático	30
3.2.2. Impactos del cambio climático	30
3.2.3. Efecto invernadero	30
3.2.3.1 Gases de efecto invernadero	31
3.2.4. Cambio climático y la agricultura	32
3.2.5. Factores de vulnerabilidad en la agricultura	32
3.2.6. Productos químicos en la agricultura y su efecto ante el cambio climático	32
3.2.7. Adaptación frente al cambio climático	33
3.3 Análisis	33
3.3.1. Análisis de los factores de cambio climático y las consecuencias en la agricultura a nivel mundial, regional y local mediante búsqueda documental y descriptiva	33
3.3.2. Descripción de las problemáticas ambientales que enfrenta la agricultura y la producción de arroz en el recinto Las Maravillas del cantón Daule mediante tablas explicativas, figuras e información bibliográfica.	39
3.3.2.1. <i>Problemas ambientales relacionados al suelo</i>	40
3.3.2.2. <i>Problemas ambientales relacionados al agua</i>	42
3.3.2.3. <i>Problemas ambientales relacionados al aire</i>	44
3.3.3. Establecimiento de lineamientos para que los agricultores adopten prácticas de sostenibilidad ambiental en sus procesos productivos para la minimización de los efectos del cambio climático.	47
4. Conclusiones	49
5 bibliografía	50
6. Glosario	63

7. Anexos 65

Índice de tablas

Tabla 1. Problemas ambientales relacionados al suelo	40
Tabla 2. Problemas ambientales relacionados al agua.....	43
Tabla 3. Problemas ambientales relacionados al aire.....	45

Índice de figuras

Figura 1. Causas del aumento del cambio climático	34
Figura 2. Consecuencias del cambio climático en la agricultura.....	35
Figura 3. Problemas ambientales relacionados al suelo	42
Figura 4. Contribución de las actividades agrícolas y ganaderas al total de emisiones distintas de CO2 de la agricultura en el 2018	46
Figura 5. Lineamientos que se pueden llevar a cabo para mitigar los impactos del cambio climático.....	47
Figura 6. Distribución de las áreas vulnerables al cambio climático en la sierra ecuatoriana	65

Resumen

La agricultura es la base de la seguridad alimenticia mundial, puesto que de ella se obtienen alimentos para consumo directo y materia prima para la elaboración de un sinnúmero de productos. Entre los productos agrícolas de mayor consumo están los cereales y dentro de estos el arroz que forma gran parte de la alimentación de muchos países. Dentro del presente trabajo de investigación se buscó información acerca del impacto del cambio climático en la agricultura y producción de arroz en el recinto las Maravillas del cantón Daule – Guayas, para lo cual se utilizó fuentes bibliográficas de revistas científicas, libros, páginas web de instituciones gubernamentales, entre otras. En primera instancia se analizó los factores que influyen en el cambio climático (deforestación, la industrialización, sobre generación de residuos) y las consecuencias (proliferación de plagas, baja productividad de los cultivos, déficit en la seguridad alimenticia) sobre la agricultura a nivel mundial, regional, y local. Posteriormente se realizó una descripción de las problemáticas ambientales (erosión del suelo, pérdida de la biota del suelo, salinización del suelo, desertificación, alteraciones físicas, químicas y biológicas del agua, exceso de gases de efecto invernadero) a las que se enfrenta la agricultura y se seccionó de acuerdo al recurso afectado (agua, aire, suelo). Finalmente, se establecieron lineamientos a través de los cuales los agricultores adoptaran prácticas de sostenibilidad y minimizar los efectos del cambio climático.

Palabras clave: adaptación, agricultura, cultivo de arroz, cambio climático, sostenibilidad

Abstract

Agriculture is the basis of global food security, from it are obtained products for direct consumption and raw material for the production of a number of products. Among the agricultural products of greater consumption are cereals and within these rice that forms a large part of the diet of many countries. Within the present research work, information was sought about the impact of climate change on agriculture and rice production in the Maravillas enclosure of the Daule – Guayas canton, for which bibliographic sources from scientific journals, books, web pages of government institutions, among others, were used. In the first instance, the factors that influence climate change (deforestation, industrialization, over waste generation) and the consequences (proliferation of pests, low crop productivity, deficit in food security) on agriculture at the global, regional, and local levels were analyzed. Subsequently, a description was made of the environmental problems (soil erosion, loss of soil biota, soil salinization, desertification, physical, chemical and biological alterations of water, excess greenhouse gases) faced by agriculture and were sectioned according to the affected resource (water, air, soil). Finally, guidelines were established through which farmers adopted sustainability practices and minimized the effects of climate change.

Keywords: adaptation, agriculture, rice cultivation, climate change, sustainability

1. Introducción

1.1 Importancia o caracterización del tema

Globalmente cerca del 55% de la población depende de las actividades agrícolas, ya que es una fuente de ingresos económicos y contribuye con la soberanía alimentaria, sin embargo, el sector agrícola es una fuente de emisiones de gases y los efectos del uso de la tierra que provocan el cambio climático, así como también contribuye a consumir combustibles fósiles, la agricultura favorece directamente a las emisiones de gases de efecto invernadero a través de prácticas como la producción de arroz y la cría de ganado (Ahmad *et al.*, 2011). Por otro aspecto, se conoce que el mayor impacto económico y ambiental del cambio climático se refleja sobre la agricultura debido al tamaño y la sensibilidad del sector, principalmente en países en vías de desarrollo y de latitudes bajas, ya que existen cultivos que no soportan altas temperaturas y tienen menos capacidad de adaptación (Mendelsohn, 2008).

La agricultura en pequeña escala se considera uno de los sectores más vulnerables a los impactos del cambio climático, la variabilidad y los extremos. Esta alta vulnerabilidad se debe a las limitaciones socioeconómicas y la alta sensibilidad ambiental que afectan los componentes biofísicos y socioeconómicos de sus sistemas agrícolas. Por lo tanto, la funcionalidad de los sistemas y los medios de vida de los agricultores también se verán afectados, con implicaciones significativas para la seguridad alimentaria mundial, los procesos de cambio de uso y cobertura de la tierra y la conservación de la agrobiodiversidad (Córdova *et al.*, 2019).

En Ecuador, desde muchos años atrás, la actividad agrícola ha sido la principal fuente de ingresos económicos, aunque sólo el 11% de su territorio es cultivable y un 18% está compuesto de pasto. En la costa ecuatoriana, la agricultura que se

realiza es con el objetivo de exportar los productos para obtener beneficios económicos, por ello se enfocan en mejorar el rendimiento de los cultivos y aumentar la superficie cultivada, estas acciones han ocasionado un incremento de la actividad agrícola en el país (Iñiguez *et al.*, 2018).

La desertificación y la erosión son unas de las principales amenazas a las que se encuentra expuesto el país, así como, fenómenos de El Niño, deslizamientos e inundaciones. Según datos del Ministerio del Ambiente cerca del 50% del suelo en el país, se encuentra alterado por problemas de erosión, presentándose con mayor énfasis en la región Sierra (Torres y Fuenmayor, 2017). El cantón Daule es una zona muy productiva y es considerada la capital arrocerera del Ecuador, por ser un área donde existen muchos cultivos de este cereal, a pesar de ser un sitio altamente agrícola, se ve afectado por problemáticas como la contaminación del agua, la pérdida de nutrientes del suelo, entre otros que inducen a plantearse estrategias que permitan minimizar los impactos y aumentar la producción (Álava *et al.*, 2020).

1.2 Actualidad del tema

El cambio climático es un aspecto que no solo afecta a una región específica, sino que afecta a nivel global sin distinción, es una preocupación alarmante que enfrenta el mundo actual, el cambio que puede generar este puede ser irreversible y transformar el mundo como lo conocemos hoy. A pesar de que este es un proceso natural de la Tierra es una amenaza para la vida, el problema incrementa alrededor de los últimos 100 años debido al aumento de las actividades antropogénicas, esto se lo evidencia a través de una subida del promedio de temperatura mundial en 0,9 °C (Arora, 2019).

En consecuencia, del aumento en las actividades humanas se generan gases que contribuyen a acelerar el proceso del cambio climático, estos gases son conocidos como gases de efecto invernadero. Existen estimaciones que aseguran un aumento de 1,5 °C para 2050 y en el peor de los casos será mayor (Arora, 2019). El cambio climático se manifiesta mediante la alteración del clima usual de una región, por ende a través de él se verán desastres naturales que pueden ir desde una sequía, pasando por inundaciones hasta congelamiento de zonas donde nunca antes se había visto estos fenómenos, esto se convierte también en un problema económico que afecta y llama la atención de las grandes potencias mundiales debido al reporte pérdidas económicas por valor de USD 225 mil millones en todo el mundo en 2018 y desde 2016 (Raza *et al.*, 2019).

El 95% de las pérdidas son atribuidas a un fenómeno climático, se prevé que se complique aún más para el año 2050 ya que aumentará la cantidad de personas en el planeta y esto obligará a que explote mucho más los recursos naturales, principalmente hablando en la parte agrícola ya que se debe suplir la alimentación mundial. Para el 2100 se estima que exista una disminución del 20-45% en los rendimientos de maíz, 5-50% en trigo y 20-30% en arroz (Raza *et al.*, 2019).

Alrededor del mundo en lugares como Bangladesh se toman medidas que incluyen e inician con el sector agrícola directamente, ayudándoles a conformar asociaciones formales para que estas puedan ser atendidas y dirigidas por el estado, de esta manera será más fácil regularizar los agroquímicos empleados y del mismo modo brindarles opciones que sean más amigables con el medio ambiente (Islam y Nursey, 2017). Sin embargo, las afectaciones al sector agrícola son innumerables, nos enfocaremos en aquellas que son evidenciadas en el cultivo de arroz ya que este es uno de los principales cereales de consumo a nivel mundial.

Los cambios de temperatura son los más frecuentes sin embargo los cambios en la precipitación son los que afectan directamente en el rendimiento del arroz reduciéndolo hasta en un 14% (Boonwichai *et al.*, 2018).

En Ecuador lo que se proyecta es que a consecuencia del cambio climático se genere un incremento en las precipitaciones sustancialmente en las zonas tropicales, este es un problema que podría volverse insostenible es por ello que se debe crear medidas adicionales que involucren la operación de embalses y mejora de la eficiencia de los sistemas de riego, adicionalmente, al momento de pretender la expansión de un cultivo y a su vez del riego debe considerarse al cambio climático como un factor de alteración (Rivadeneira *et al.*, 2020).

1.3 Novedad científica del tema

El cambio climático es sin duda uno de las mayores amenazas que enfrenta el ser humano como especie, pone en peligro directo la seguridad alimentaria mundial ya que afecta de forma firme a la agricultura iniciando por el cambio en los regímenes pluviométricos, sequías, inundaciones y la redistribución geográfica de plagas y enfermedades (FAO, 2021).

A consecuencia del cambio climático se ven alterados cultivos de la base alimenticia como lo es el arroz, en un estudio realizado en África se realizaron simulaciones en cuatro escenarios distintos en los cuales se quiso conocer cuál era la disminución del rendimiento en el cultivo de arroz en sistemas irrigados y sistemas de secano, y a su vez se empleó dos panoramas en los cuales uno aplicaría métodos de adaptación y el otro no. En los resultados se constató que el cultivo sin adaptación tendría un impacto negativo del -24% esto a causa de altas temperaturas y en la estación seca sería de un -45%, por otro lado, la opción sujeta

a la adaptación se mantendría e incluso mostraría una leve mejora del %8 sin embargo no es ajeno a las restricciones de agua (Van y Zwart, 2018).

La mala distribución de las lluvias y un inusitado cambio de las temperaturas máximas, en conjunto con altos niveles de humedad relativa, afectan la fisiología de la planta ocasionando enfermedades y propicia la aparición y exacerbación de plagas y enfermedades lo que se traduce como un aumento en los costos de producción (Prasad *et al.*, 2017)..

La modificación del clima favorece el crecimiento de hongos e insectos, alterando la interacción del triángulo de la enfermedad. Estas alteraciones tienen incidencia directa en el comportamiento de las poblaciones en sus distintos niveles, desde su capacidad de reproducción (que puede ser normal o excesiva) hasta su capacidad de supervivencia, por ejemplo, los hongos patógenos proliferan al incrementarse la temperatura y humedad por lo tanto se convierten en un problema para el cultivo ya que impide su desarrollo normal. Hablando de insecto ocurre el mismo patrón, ciertos insectos se mantienen como controladores de plagas naturales, sin embargo, cuando aumenta (por el cambio de clima) la comida (otros insectos) estos se convertirán en un problemas a controlar; en caso contrario si el nicho ecológico no es apto este migrara dejando desprotegido el cultivo y dando espacio a las plagas (Prasad *et al.*, 2017).

Instituciones internacionales como la FAO, agotan esfuerzos para generar una conciencia y colaboración internacional para evitar que la alimentación de todos se vea comprometida, a su vez también brindan orientaciones prácticas para construir sistemas alimentarios resilientes que se pueden actualizar continuamente a medida que se asimilan más conocimientos (FAO, 2020a).

En la reciente COP 26 se llegó a un mayor compromiso a través del Pacto Climático de Glasgow, mismo que compromete a 197 países a informar acerca del progreso individual que han tenido y proponiéndose contemplar un mayor compromiso encaminado hacia una mayor ambición climática el próximo año, que se espera sea reflejado en la COP27, que tendrá lugar en Egipto (United Nation, 2021).

En el estudio de Saptutyningsih *et al.*, (2020), realizado en Indonesia se buscó evaluar cuán importante es el capital social al momento de implementar alguna medidas que involucre tipos de adaptación frente al cambio climático. La participación del capital social indica que los agricultores tienen confianza, participan de forma voluntaria y activa dentro de la comunidad. A través de la aplicación de un modelo regresión logística se logró identificar que un 70% de las personas estarían dispuestas a participar económicamente en la adaptación de sus sistemas agrícolas.

Las innovaciones no paran frente al cambio climático, hablando específicamente de la agricultura, áreas como la biotecnología brinda un gran apoyo en este aspecto ya que permite la mejora de cultivos que ya no soportan ciertos aspectos del clima que antes si (esto debido al cambio climático) todo esto sin generar algún impacto que contribuya a la generación de gases. En un estudio realizado en EE. UU., Canadá, Australia, Francia y Bélgica, se evidenció a través de una encuesta que las personas tienen preferencias por un arroz no transgénico que usó un control de plagas basado en ARNi tóxico no transgénico en comparación con el arroz transgénico, los datos obtenidos fueron sometidos a un modelo de regresión de intervalo (Shew *et al.*, 2017).

En Ecuador la innovación relacionada con la agricultura va más allá del producto final, ya que se enfoca también en la reutilización de desechos y generación de energía a través de ellos, se produce solo el 7,8% de su suministro de energía a partir de energías renovables. Por lo general se hace uso de las cascaras de muchos productos agrícolas para la creación de compost, entre esas cascaras se encuentra las cascara de arroz (Arroyo y Perán, 2020).

En el estudio de Córdova (2020), ejecutado en el pueblo Kayambi – Ecuador se evaluación factores ambientales y socioeconómicos relacionados a la adaptación de la agricultura al cambio climático, para esto se trabajó con 60 hogares, de los cuales 30 de estos manejan la agroecología y los otros restantes lo hacen de la forma tradicional. Finalmente, al analizar los resultados se llegó a la conclusión que los sistemas agroecológicos son más favorecedores económicamente y ambientalmente para los pequeños agricultores en comparación con el otro. Las características que hacen del sistema agroecológico mejor candidato es su capacidad de generar ingresos económicos extras fuera de la producción misma, evita la incertidumbre de depender de la lluvia para el riego, por el contrario, los cultivos tradicionales mostraron ser susceptibles a los cambios del clima como la sequía, están más expuestos a la radiación solar, plagas y enfermedades.

1.4 Justificación del tema

El cambio climático se ha venido evidenciando desde hace mucho tiempo, sin embargo, en los últimos años ha tomado fuerza, debido a los procesos antropogénicos, la industrialización y actividades que contribuyen en el aumento de la temperatura del planeta. Esto se vuelve una problemática ambiental de fundamental importancia, ya que puede llegar a alterar los ecosistemas naturales. El acrecentamiento sin antecedentes de la temperatura ha derivado en un

incremento de sucesos de sequías, inundaciones, precipitaciones irregulares, olas de calor y otros acontecimientos intensos a nivel mundial (Morán *et al.*, 2020).

Es importante mencionar que el cambio climático está induciendo a una tasa muy elevada de degradación de la tierra, lo que ocasiona una mayor desertificación y suelos deficientes en nutrientes. Las condiciones de sequía extrema, que acontecen con periodicidad debido al cambio climático, perturban la productividad de los cultivos al incitar el encadenamiento de nutrientes y la acumulación de sal en los suelos, tornándolos secos, insalubres, salinos e infértiles. Estas tierras estériles se tornan no cultivables con el paso del tiempo y finalmente son abandonadas por los agricultores, lo que genera pérdidas económicas y problemas sociales (Hidalgo *et al.*, 2018).

Por tal razón, es de suma importancia el estudio de los impactos del cambio climático sobre la agricultura, puesto que esta actividad es fundamental para la supervivencia de la población y permite el crecimiento económico de muchos sectores, además que, al conocer los impactos ambientales se logra tener una visión clara sobre las metodologías que se pueden incluir para frenar dichos impactos.

1.5 Objetivo general

Analizar el efecto del cambio climático sobre la agricultura en el recinto Las Maravillas del cantón Daule-Guayas mediante investigación bibliográfica para la generación de una propuesta que permita la disminución de impactos ambientales.

1.6 Objetivos específicos

- Determinar los factores de cambio climático y las consecuencias en la agricultura a nivel mundial, regional y local mediante búsqueda documental y descriptiva.

- Describir las problemáticas ambientales que enfrenta la agricultura y la producción de arroz en el recinto Las Maravillas del cantón Daule mediante tablas explicativas, figuras e información bibliográfica.
- Establecer lineamientos para que los agricultores adopten prácticas de sostenibilidad ambiental en sus procesos productivos para la minimización de los efectos del cambio climático.

2. Metodología

2.1 Materiales

2.1.1 Recursos Bibliográficos

- Artículos científicos sobre cambio climático y agricultura
- Páginas webs que tengan relación con los objetivos planteados
- Libros electrónicos
- Revistas científicas
- Documentos de sitios webs
- Tesis de grado, maestría y licenciatura
- Informes de páginas nacionales

2.1.2 Materiales y equipo

El en presente trabajo se utilizará los siguientes materiales:

- Laptop para redacción del documento
- Internet para búsqueda de la información requerida
- Impresora
- Pendrive
- Celular

2.1.3 Recursos humanos

- Estudiante que realiza el proyecto de titulación
- Tutor asignado para dirigir este trabajo
- Profesor que revisa la redacción técnica del documento
- Profesor que revisa la parte estadística del trabajo

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad y tipo de investigación

Este proyecto de titulación se enfocó en una investigación bibliográfica y documental, a través de la cual se obtuvo información sobre el tema tratado por medio de distintas fuentes, además, mediante la investigación descriptiva y exploratoria se consiguió establecer los impactos ambientales del cambio climático sobre la agricultura, centrándose principalmente en el cantón Daule para así, poder generar lineamientos para que los agricultores adopten prácticas de sostenibilidad ambiental en sus procesos productivos para la minimización de los efectos del cambio climático en la zona de estudio.

2.2.2 Tipos de métodos

En el desarrollo de la presente investigación se utilizó los siguientes métodos de investigación:

- **Documental:** Mediante la aplicación del método documental se busca aquellos fenómenos sociales y educativos en un evento determinado que permitan describir las cualidades o características del objetivo de estudio (Kei y Harland, 2017). Es por ello que se utilizó en el presente trabajo, con el fin de consultar fuentes documentales de páginas webs, artículos científicos, entre otras, que contengan información referente al cambio climático y la agricultura.
- **Cualitativo:** Este método contempla a las palabras como el dato de interés ya que mediante ellas se puede llegar a la conclusión del porque ocurre un determinado suceso (Kei y Harland, 2017). A través de este método se compiló información por medio de la cual se pudo constatar las causas de cambio climático y como afecta a la agricultura en la actualidad.
- **Analítico:** Este método permite realizar la síntesis correcta de la información recolectada, de este modo se logra obtener mayor calidad y

eficiencia (Yorgure, 2018). Este método sirvió para generar datos en información actualizada y verídica, de la cual se obtuvo una síntesis de los datos más relevantes para el tema tratado.

2.2.3 Técnicas

La investigación descriptiva para llevarse a cabo hace uso de técnicas como:

- Técnica de resumen: Este proceso dentro de la investigación se basa en sintetizar una gran cantidad de información, este resumen debe tener características exploratorias en su inicio y posteriormente debe tornarse descriptivo para brindar una mejor comprensión de lo indagado (Pajo, 2017).
- Técnica analítica: Esta permitió manejar la información de manera objetiva ya que seleccionó solo la más relevante (Pajo, 2017).
- Técnica gráfica: Esta técnica ayudó a visualizar la información ya sea mediante el uso de gráficos o figuras, por ejemplo, hacer uso de mapas de ubicación entre otros (Pajo, 2017).

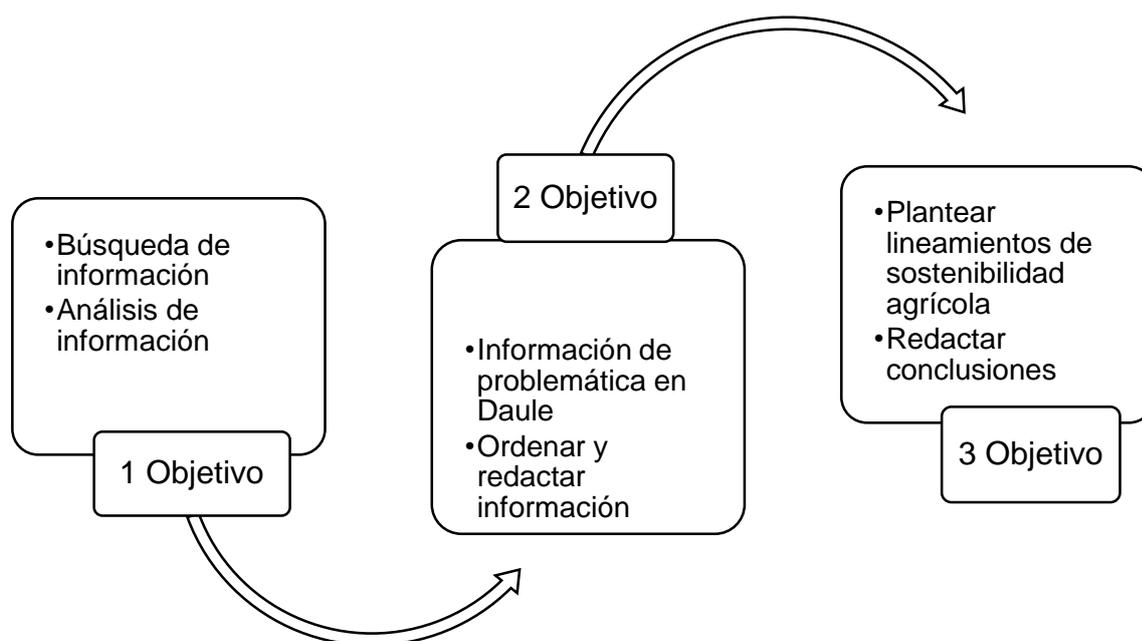


Figura 1. Metodología del trabajo de investigación
Autora, 2022

El presente proyecto se llevó a cabo a través del cumplimiento de tres objetivos, para los cuales se realizaron las siguientes actividades:

- Primer objetivo:
 - Búsqueda de información concerniente a los impactos del cambio climático sobre la agricultura a nivel mundial, regional y local, esta información se recopiló de sitios de internet que contengan datos verídicos y confiables con el fin de realizar un trabajo oportuno y pertinente para la ingeniería ambiental.
 - Análisis de información, luego de agrupar toda la información necesaria se efectuó un análisis de esta de manera minuciosa para redactar datos importantes sobre el tema a tratar.
- Segundo objetivo
 - Información de problemática en Daule, se buscó en fuentes nacionales toda la información existente acerca de la problemática ambiental del cambio climático sobre la agricultura en la zona de estudio.
 - Ordenar y redactar información, una vez que se tenga la información se pretende organizarla y resumir lo más específico y fundamental para este trabajo.
- Tercer objetivo
 - Plantear lineamientos de sostenibilidad agrícola, esto como último punto después de analizar la información obtenida en los primeros objetivos, se especificaron ciertas medidas que los agricultores del cantón Daule pueden tomar en cuenta al momento de desarrollar sus actividades para evitar o disminuir en lo posible, el impacto ambiental en sus cultivos.
 - Redactar conclusiones de toda la información obtenida.

3. Marco Teórico

3.1 Estado del Arte

Mundialmente se conoce que el cambio climático está causando estragos en la sobrevivencia de especies, en la degradación de ecosistemas y perturbando la salud de la población. Sin embargo, es importante mencionar que la agricultura es uno de los sectores más afectados ya que muchos países dependen de las prácticas agrícolas y además, globalmente la mayor problemática se vería reflejada en la seguridad alimentaria, un estudio ha proyectado que entre 5 millones y 170 millones de personas podrían estar en riesgo de padecer hambre para 2080, dependiendo en gran medida del desarrollo socioeconómico asumido (Schmidhuber y Tubiello, 2007).

Rosenzweig *et al.*, (2014) en su investigación mencionan que los efectos negativos más fuertes del cambio climático se evidencian en lugares que presentan niveles más altos de calentamiento y en latitudes bajas, los sectores agrícolas que incluyen estrés de nitrógeno proyectan impactos más severos. En Estados Unidos se han efectuado trabajos que manifiestan que a largo plazo se muestran cambios en el rendimiento de los cultivos, aumenta la demanda de agua y todo esto surge de los efectos del cambio climático, afectando al bienestar económico (Adams *et al.*, 2015). Desde una perspectiva global, el impacto del cambio climático en la producción agrícola a mediados de siglo es significativo y se observa un efecto negativo mayor en la producción agrícola, más acentuado para la producción de carne de rumiantes (Meijl *et al.*, 2018).

En América Latina el cambio climático afecta directamente la productividad agrícola, por lo que en un estudio realizado en Brasil se utilizó una ecuación en la que los atributos geográficos para determinar la variación del clima y sus efectos

en la productividad agrícola. Como resultado se determinó que se espera que el calentamiento global bajo los estándares tecnológicos actuales reduzca la producción agrícola por hectárea en Brasil en un 18% (Assunção y Chein, 2016).

Así mismo en México se reflejan los efectos del cambio climático en la alteración de lluvias y estacionalidad, afectando principalmente a los cultivos de secano, puesto que estos dependen especialmente de las precipitaciones para aumentar su rendimiento. El maíz de secano es la piedra angular de la agricultura en México y la base nutricional de hasta veinte millones de personas y a pesar de su relevancia, no se ha estudiado el riesgo que representa el cambio climático para esta actividad económica. Los impactos negativos más fuertes se pronostican en el noreste y sur del país, donde los rendimientos disminuyen hasta en un 30% (Murray *et al.*, 2018).

Por otro lado en Colombia Núñez *et al.*, (2018) establecieron que la agricultura en la región andina es vulnerable al cambio climático y amerita la evaluación de su impacto en la pequeña familia agrícola que alberga la montaña, encontrando que existe una alta fragilidad en el sector y falta de inversión en políticas, estrategias, planes y programas públicos (Núñez *et al.*, 2018).

En ese mismo sentido, estudios previos sugieren que la producción de arroz se verá afectada por el cambio climático, sin embargo, en Colombia se identifican áreas aptas para el cultivo de arroz bajo los climas actuales y para la década de 2050, las evaluaciones indican que el cambio climático futuro en Colombia podría reducir la superficie apta para la producción de arroz en un 60%, pasando de 4,4 a 1,8 millones de hectáreas. Las regiones de producción de arroz de baja altitud podrían ser las más susceptibles a las condiciones ambientales cambiantes, mientras que los valles de altitud media podrían ver mejoras en las condiciones de

cultivo de arroz, adoptando variedades resistentes al clima y cambiando las prácticas de gestión agronómica y del agua (Castro *et al.*, 2019).

En el Ecuador los fenómenos meteorológicos extremados se originan con mayor periodicidad y perturban a las personas, la infraestructura y los cultivos. La sequía es uno de las amenazas más significativas que pone en riesgo la agricultura y la ganadería, dichos eventos desfavorables pueden implicar en pérdidas de rendimiento en extensas áreas de cultivo, cada vez es más difícil para los agricultores hacer frente a períodos amplios de sequía (Valverde *et al.*, 2018).

Por lo tanto, la investigación de Macías *et al.*, (2019) evaluó las variaciones en las condiciones ambientales y su relación con la vulnerabilidad de los pequeños productores de cacao al cambio climático en la provincia de Manabí. Se realizó un muestreo de 1.060 agricultores en cinco cantones de Manabí. La vulnerabilidad se determinó a través de indicadores como el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), modelos de cambios en el clima y eventos climáticos extremos. Se determinó que hubo un aumento de 0,8 °C en la temperatura entre 1960 y 2006, un aumento de las precipitaciones en la zona costera cercana al 90% y una disminución de más del 20% en el área agrícola.

Otro estudio efectuado en el país empleó un enfoque de modelado de cultivos para estimar los efectos del cambio climático reciente en el rendimiento del maíz en cuatro provincias. Los Ríos y Manabí mostraron una tendencia decreciente en la radiación, mientras que el semiárido Loja mostró una tendencia decreciente de precipitación. En cuanto a los efectos del cambio climático en el rendimiento del maíz, la provincia semiárida de Loja mostró un impacto negativo más significativo, seguida de Manabí. Las pérdidas de rendimiento fueron de aproximadamente 40

kg/ha y 10 kg/ha por año, respectivamente. Los resultados de la simulación no mostraron ningún efecto en Guayas y Los Ríos (López et al., 2021).

3.2 Bases teóricas

3.2.1. Cambio climático

El cambio climático son variaciones de la temperatura y los estándares climáticos, estas pueden darse de forma natural o artificial. La forma artificial es la que está sujeta a las acciones humanas, todas aquellas que generan gases tóxicos principalmente (dióxido de carbono y el metano), los gases de mayor impacto son aquellos provenientes de la quema de combustibles fósiles (Gobler, 2020).

3.2.2. Impactos del cambio climático

Uno de los principales y más importantes impactos que ocasiona el cambio climático es aumentar el calentamiento global ya que ha alcanzado aproximadamente 1 °C con respecto a los niveles preindustriales. El medio ambiente se enfrenta a extinciones tanto de fauna como de vegetación, ya que al subir la temperatura el nicho ecológico de los organismos cambia y mucho de ellos son más susceptibles que otros. La economía se ve afectada desde la producción de materias primas con especial atención en aquellas que provienen de la agricultura. Además, se empeora la desigualdad entre las naciones afectando de manera severa a las menos desarrolladas debido a que éstas no cuentan con la financiación, tecnología y el conocimiento suficiente para hacerle frente a distintos problemas que vienen con el cambio climático (Chen *et al.*, 2020).

3.2.3. Efecto invernadero

Este es un proceso natural del planeta en el cual ciertos gases de los que se compone la atmósfera retienen el calor mayor tiempo, esto debido a que su función principal es mantener la temperatura adecuada para que la vida exista en la Tierra,

por otro lado el incremento de otros gases (GEI) desestabilizan la capa atmosférica permitiendo el ingreso de rayos solares (Kweku *et al.*, 2017) .

3.2.3.1 Gases de efecto invernadero

Los gases que también se sitúan en la atmósfera y absorben la radiación infrarroja procedente de la Tierra o igualmente conocida como radiación saliente son conocidos como Gases de Efecto Invernadero (Moult *et al.*, 2018).

- CO₂

Este es el principal gas de efecto invernadero a su vez es el más abundante alrededor del mundo esto debido a la utilización de los combustibles fósiles, la quema de desechos, reacciones químicas para la elaboración de muchos productos, entre otros (Kumar *et al.*, 2019).

- CH₄

El metano es un gas que también puede generar más CO₂, sin embargo, este gas es mucho más potente, pudiendo calentar la atmósfera veintitrés veces más que el dióxido de carbono. Este gas se produce generalmente en la descomposición de la materia orgánica, pantanos, algunos insectos y bacterias lo generan como parte de su proceso digestivo, y la ganadería (Wang *et al.*, 2017).

- NO_x

La generación de estos gases ha aumentado a consecuencia de la fabricación de diversos productos industriales y subproductos de vehículos a motor (Grewe, Matthes, y Dahlmann, 2019).

- Vapor de agua

El vapor de agua (H₂O) es el responsable de entre el 36 y el 70 por ciento del efecto invernadero; la niebla, la bruma y las nubes son vapor de agua al alterarse

su ciclo natural, como está ocurriendo, toda la vida se ve afectada, ya que es un elemento vital para nuestro planeta (Koll y Cronin, 2018).

3.2.4. Cambio climático y la agricultura

La agricultura es una de las actividades más importantes del país, puesto que de ella depende que la población se abastezca de alimentos para sobrevivir y además gran parte de la economía está influenciada por el sector agrícola. Si bien es cierto, la agricultura se ve afectada potencialmente por los cambios climáticos que existen, también es cierto que esta actividad ocasiona alteraciones en las condiciones naturales del medio por distintas causas como, la emisión de gases como el metano, la deforestación para nuevas plantaciones, la erosión y salinización del suelo por el uso excesivo de agroquímicos y la contaminación de acuíferos (Kurukulasuriya y Rosenthal, 2013).

3.2.5. Factores de vulnerabilidad en la agricultura

Dentro de la agricultura existen muchos factores que se encuentran vulnerables ante la presencia de sucesos del cambio climático, y entre los principales están la productividad del suelo, la generación de empleo, sistemas de riego, degradación del suelo, entre otros, además de variables sociales. Ecuador se encuentra en un estado de vulnerabilidad promedio de América Latina (Neset *et al.*, 2019).

3.2.6. Productos químicos en la agricultura y su efecto ante el cambio climático

En la agricultura es muy común y frecuente el uso de productos químicos para incrementar la productividad, controlar enfermedades y plagas y los que se utilizan son plaguicidas, insecticidas, fertilizantes, nematocidas, etc., sin embargo, aunque se evidencien mejoras en los cultivos, estos compuestos resultan perjudiciales tanto para el hombre como para el planeta. Entre los efectos que se evidencian

sobre el medio ambiente se menciona el incremento de la temperatura, resultando contraproducente para la producción agrícola (Fadina y Barjolle, 2018).

3.2.7. Adaptación frente al cambio climático

Se conoce que con el paso del tiempo se han evidenciado innumerables eventos que han demostrado la resiliencia de la población y de la naturaleza, sin embargo, es preciso prever fenómenos catastróficos y prepararse para cualquier eventualidad que se presente, en este caso respecto al cambio climático (Olmos *et al.*, 2013). Esta adaptación debe estar enfocada en reducir la sensibilidad, aumentar la resiliencia de acuerdo a los recursos con los que cuenten las personas para hacer frente a este fenómeno, principalmente en agricultura, con el objetivo de conseguir un excelente rendimiento es necesario la utilización de variedades resistentes a determinada enfermedad o sequías (Quintero *et al.*, 2012).

3.3 Análisis

3.3.1. Análisis de los factores de cambio climático y las consecuencias en la agricultura a nivel mundial, regional y local mediante búsqueda documental y descriptiva.

En la figura 1 se muestran los factores que conllevan a la aceleración del cambio climático.

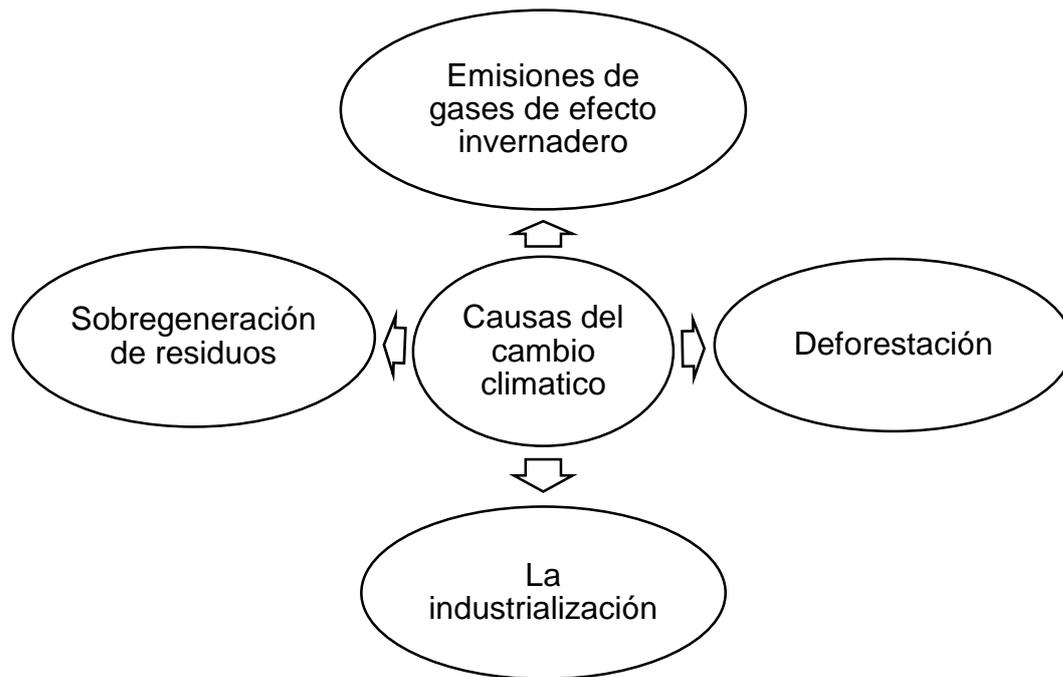


Figura 2. Causas del aumento del cambio climático
Autor, 2022

Entre las principales causas del cambio climático se puede mencionar a la combustión, ocasionada fundamentalmente por los vehículos de motor, los cuales son causantes del 40% de emisiones de gases de efecto invernadero. Otra de las fuentes que impulsan esta problemática son las industrias, en especial la industria química y petrolera por la generación de residuos significativamente tóxicos y perjudiciales para la salud y el ambiente. En este sentido tenemos a la sobregeneración de residuos, de los cuales el 60% corresponde a fundas y envases de plástico y como último punto está la deforestación, ya que, al disminuir la cobertura boscosa, aumenta considerablemente las concentraciones de CO₂ en la atmósfera (Adams *et al.*, 1990).

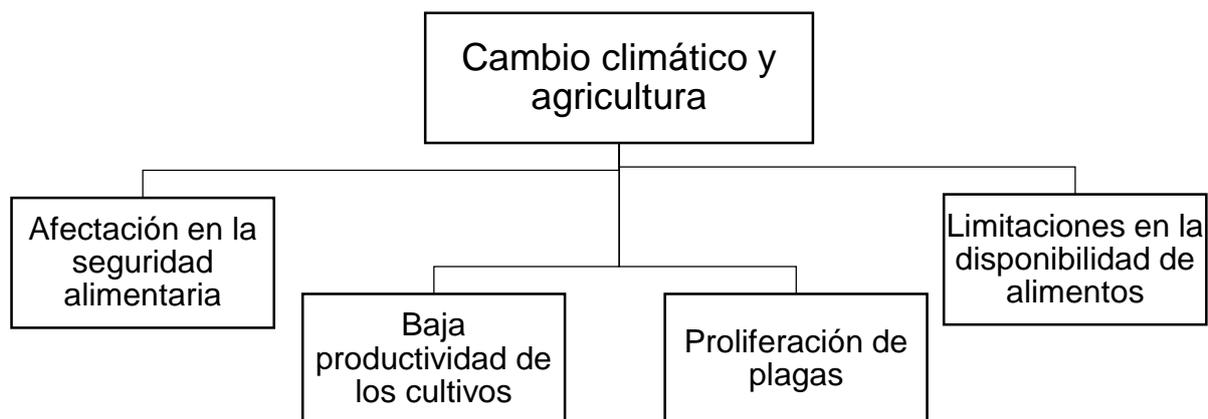


Figura 3. Consecuencias del cambio climático en la agricultura
Autor, 2022

La figura 2 presenta los impactos que causa el cambio climático sobre la agricultura, entre ellos la afectación a la seguridad alimentaria. Globalmente se conoce que la agricultura es uno de los factores principales que se ven afectados por el cambio climático, no obstante, esta actividad también contribuye con este, ya que el 24% de las emisiones de gases de efecto invernadero se atribuye al sector agrícola. Se prevé que los países que presenten mayor afectación sean los que están en vías de desarrollo como es el caso de los países africanos, en donde para el año 2050, los sectores cultivables experimentarán situaciones climáticas intensas (Torquebiau, *et al.*, 2016).

Además, el cambio climático induce a la aparición y proliferación de plagas y enfermedades en los cultivos, puesto que se ven alterados los sistemas agro productivos y las condiciones ambientales, principalmente en países de clima templado. En Europa hay evidencia de que existe una exposición peligrosa de los cultivos a plagas introducidas, lo que ocasiona amenaza en la seguridad alimentaria. Los cambios constantes y cada vez más intensos del clima, provoca pérdidas en la producción y altera la calidad de vida de los agricultores, asimismo, los productos almacenados pueden ser contaminados con hongos y estos

ocasionan micotoxinas que son perjudiciales para la salud humana (Cilas *et al.*, 2016).

Se puede apreciar un patrón global de los impactos del cambio climático en la productividad de los cultivos que podrían tener consecuencias para la disponibilidad de alimentos. La estabilidad de los sistemas alimentarios completos puede estar en riesgo con el cambio climático debido a la variabilidad a corto plazo en el suministro. De igual manera, se puede adelantar que el acceso y el manejo de los alimentos se verán afectados indirectamente por medio de efectos adyacentes en los ingresos familiares, la pérdida del acceso al agua potable y daños a la salud (Wheeler y Von, 2013).

Las tendencias climáticas durante las últimas décadas han sido bastante rápidas en muchas regiones agrícolas de todo el mundo, y los aumentos en los niveles atmosféricos de dióxido de carbono y ozono también han sido evidenciados. Muchos factores darán forma a la seguridad alimentaria mundial durante las próximas décadas, incluidos los cambios en las tasas de crecimiento de la población humana, el crecimiento y la distribución de los ingresos, las preferencias alimentarias, la incidencia de enfermedades y tasas de mejora de la productividad agrícola. Existen cuatro factores principales que han afectado y seguirán afectando la producción de cultivos en las próximas décadas como son el aumento de temperatura, ciclo hidrológico intensificado, aumento de CO₂ y elevación de O₃ troposférico (Lobell y Gourdjji, 2012).

En Latinoamérica los impactos ambientales sobre la agricultura son evidentes, estableciendo que las regiones que carecen de un buen sistema agrícola se encuentran más vulnerables a sufrir afectaciones más drásticas a consecuencia del cambio climático (Fernandes *et al.*, 2012).

De acuerdo a un informe emitido por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático se prevé que los sistemas agrícolas de América Latina se verán significativamente perturbados durante las próximas décadas y especialmente por la desaparición o pérdida de biodiversidad de plantas y animales, la baja calidad de biomasa, déficit de agua para riego, incremento de la desertificación y la aparición descontrolada de plagas y enfermedades. En un estudio Fernandes *et al.*, (2012) plantearon las pérdidas en porcentaje que tendrían los países latinoamericanos en cuestión de rendimiento, -19% para países exportadores de alimentos de mayores ingresos; -13,5% para los países importadores de alimentos de mayores ingresos y -17% para países de ingresos medios y bajos.

El aumento del CO₂ atmosférico promueve el crecimiento y la productividad de las plantas, pero el aumento de la temperatura, por otro lado, puede reducir la duración del cultivo, aumentar las tasas de respiración del cultivo, afectar la supervivencia y distribución de las poblaciones de plagas y puede acelerar la mineralización en suelos, disminuir la eficiencia del uso de fertilizantes y aumentar la evapotranspiración. Los países en desarrollo, particularmente en el sur de Asia y América Latina, con diversas regiones agroclimáticas, economías en crecimiento, diversos sistemas de producción agrícola y tipologías agrícolas son más vulnerables al efecto del cambio climático debido a la gran dependencia de la agricultura como medio de vida. Estas regiones también están demostrando mecanismos deficientes para adaptarse a estos desafíos y, como resultado, hay evidencia de impactos negativos en la productividad del trigo, el arroz y otros cultivos en diferente medida dependiendo de agroecologías (Jat *et al.*, 2016).

En lo que respecta al ámbito local, en Ecuador se pueden observar zonas de gran vulnerabilidad ante el cambio climático como es la región insular, donde existen islas oceánicas habitadas con varias limitaciones específicas que desafían la autosuficiencia de alimentos. En las Islas Galápagos, esto se ve acentuado por una combinación de condiciones climáticas regionales, así como una composición de diversas agendas de conservación, turismo y desarrollo. En proyecciones realizadas se estima un aumento de temperatura de 0,7 °C en la década de 2020 hasta 3,1 °C, para el escenario más extremo, en la década de 2070, revelando el nivel de vulnerabilidad de las tierras agrícolas que también impacta indirectamente a sectores naturales, humanos y económicos adicionales de las islas (Mena *et al.*, 2020).

Por otro lado, los pueblos indígenas se encuentran entre las poblaciones más vulnerables al cambio climático, aunque las aportaciones de estas comunidades para frenar los problemas ambientales y mejorar la seguridad alimentaria son extremas, no se reconocen sus esfuerzos. El cambio climático en las zonas montañosas andinas está teniendo un impacto profundo en la seguridad alimentaria al afectar las fuentes de agua y la producción de cultivos. A su vez, está contribuyendo al derretimiento acelerado de los glaciares que proporcionan agua para el consumo humano y para las actividades agrarias en las tierras bajas andinas. Las lluvias intensas aumentan el riesgo de deslizamientos de tierra e inundaciones, lo que representa un grave riesgo para las cosechas (Carrasco *et al.*, 2021).

Finalmente, los cultivos en las zonas montañosas de los Andes son especialmente susceptibles a las heladas y granizadas, así como la caída de ceniza de eventos volcánicos recurrentes también representa un peligro importante para

la agricultura. Estos efectos combinados del cambio climático y otros desastres naturales comprometen la seguridad alimentaria, particularmente entre las poblaciones indígenas que a menudo dependen en gran medida de la agricultura para su subsistencia (Carrasco *et al.*, 2021).

En el cantón Daule han ocurrido eventos que han puesto en riesgo los cultivos agrícolas de la zona como la inundación evidenciada en el año 2006, la cual fue originada por las fuertes lluvias acontecidas durante la época de invierno y el desbordamiento de ríos, este acontecimiento provocó pérdidas en los cultivos de agricultores de las parroquias arroceras Limonal, Los Lojas, Laurel y Juan Bautista Aguirre, el recinto Las Maravillas también se vio fuertemente afectado. Otra inundación ocurrió en el año 2020, dejando pérdidas económicas significativas por la afectación sobre los cultivos de arroz (Gobler, 2020).

3.3.2. Descripción de las problemáticas ambientales que enfrenta la agricultura y la producción de arroz en el recinto Las Maravillas del cantón Daule mediante tablas explicativas, figuras e información bibliográfica.

La provincia del Guayas tiene una fuerte presencia a nivel nacional dentro del sector productivo de arroz, en el cantón Daule específicamente se estima que un 80% de los agricultores son propietarios de al menos 1 ha y un porcentaje menor cultivan alrededor de 100 ha o más (Mora *et al.*, 2020).

En este sector predomina el cultivo de arroz por regadío (aunque no se descarta la presencia de cultivo seco), este tipo de cultivo demanda de una gran cantidad de agua para el correcto desarrollo de las plantas, además estas son trasplantadas y no sembradas directamente como se lo realiza en el cultivo seco (FAO, 2020). El aumento de las plagas y enfermedades se las ve relacionadas al cambio climático en el sentido de que estas aumentan, cambian o disminuyen su nicho de

acuerdo a cómo cambia el clima mismo, en consecuencia, los agricultores con el afán de frenar o controlar acuden a los agroquímicos sin algún estudio previo del porque sucede cierto fenómeno. La falta de conocimiento y asesoramiento técnico al pequeño agricultor hace que utilice estrategias que no son óptimas para el ataque de plagas y enfermedades (Anderson *et al.*, 2020).

Tan pronto como avanza el desarrollo de la humanidad también la demanda de alimentos, esto sumado a factores que suceden naturalmente como el cambio climático ocasiona problemas que afectan al cultivo de arroz, mencionándose las siguientes:

3.3.2.1. Problemas ambientales relacionados al suelo

El suelo es uno de los primeros recursos naturales que se ve cambiado por la agricultura, por lo tanto, esta ejerce cierto impacto ambiental que puede ser temporal o permanente. Por otro lado, considerando como un factor que ocasiona o empeora esta situación se menciona al cambio climático (Mora *et al.*, 2020).

Tabla 1. Problemas ambientales relacionados al suelo

N°	Descripción
1	Desequilibrio de nutrientes del suelo
2	Erosión del suelo
3	Pérdida de biodiversidad
4	Salinización del suelo
5	Desertificación del suelo

Autor, 2022

En la tabla 1 se muestran los efectos del cambio climático sobre el suelo en la zona agrícola del cantón Daule, iniciando por el desequilibrio de nutrientes, este efecto es principalmente ocasionado porque no se brinda un descanso entre cultivos ya que se suele producir hasta tres veces al año, en gran medida para

cubrir la demanda. Mediante el abuso de fertilizantes e insumos químicos contribuyen a la alteración de los componentes propios del suelo (Mora *et al.*, 2020). En otro aspecto, en el cantón Daule se identificaron indicadores agroecológicos conocidos como deterioros edáficos que probablemente se deben a la producción continua del monocultivo, presentan una erosión activa de cerca del 12 % de la superficie del país (Mora *et al.*, 2020).

Además la pérdida de biodiversidad se ve reflejada en área donde los fertilizantes inorgánicos se utilizan en largos periodos, afectando no solo la composición química del suelo sino también la parte biótica (organismos, hongos, bacterias), misma que ayuda a la fijación de nitrógeno, a la transformación de compuestos y descomposición de unos minerales en otros (Khan *et al.*, 2020). Otro factor es la salinización del suelo, que se influenciada por el cambio en el pH de este y se debe a la aplicación de excesiva de agroquímicos, en un estudio para verificar la influencia de agroquímicos en el suelo se evidenció que efectivamente mostró un cambio significativo, volviéndose más ácido (Paredes y Mayorga, 2020).

El agotamiento de oxígeno asociado a la falta de materia orgánica, presencia de salinidad-alcalinidad, compactación, erosión y la pérdida de productividad biológica son aspectos que contribuyen a la desertificación de un suelo. Las condiciones antes mencionadas se cumplen por malas prácticas en la agricultura, mismo que está asociado no solo a factores sociales sino también ambientales como lo es el cambio climático, quien es muchas veces el motivador para cambiar las prácticas y desencadenar cambios en el suelo (Uzuner y Dengiz, 2020).

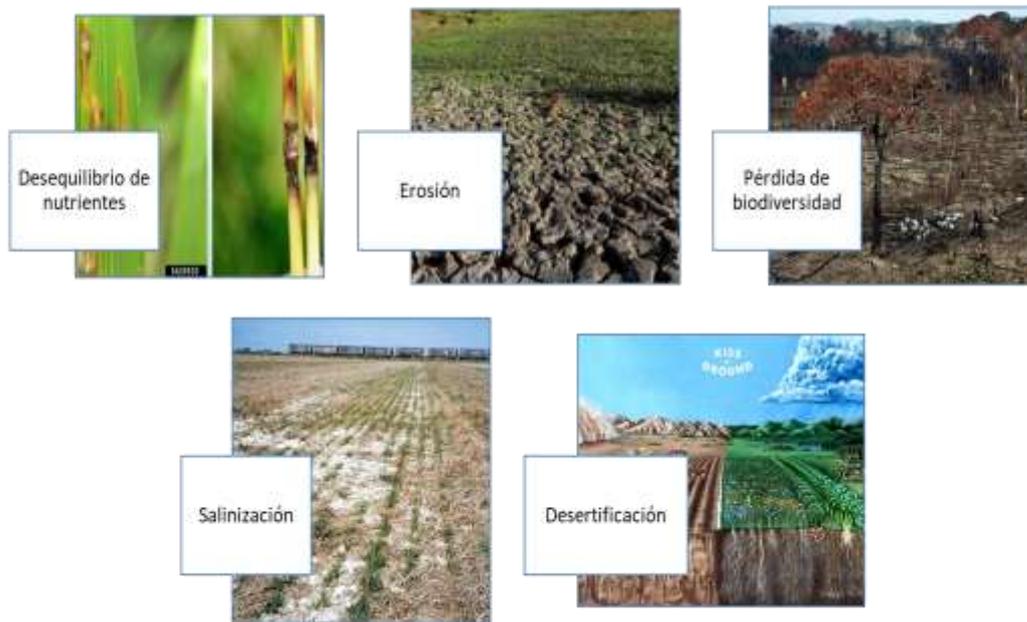


Figura 4. Problemas ambientales relacionados al suelo
Lochtenberg, 2021

3.3.2.2. Problemas ambientales relacionados al agua

El recurso agua es un factor importante en la producción de arroz ya que este cultivo por lo general se desarrolla en mejores condiciones cuando es sometido a riego por inundación y suele permanecer largo periodos inundados. El cambio climático influye en el rendimiento directo del cultivo así también en la disponibilidad de agua, lo que hace que sea difícil establecer medidas de adaptación del cultivo para así minimizar el impacto generado por el cambio climático (Arunrat *et al.*, 2020).

Los problemas ambientales identificados en el cultivo de arroz relacionado al recurso agua son los siguientes:

Tabla 2. Problemas ambientales relacionados al agua

N°	Descripción
1	Alteraciones químicas
2	Alteraciones físicas
3	Alteraciones por microorganismos

Autor, 2022

En la tabla 2 se muestran los efectos del cambio climático sobre el recurso hídrico, generando alteraciones químicas en este, principalmente por la adición de agroquímicos para el manejo de plagas, mejora de rendimiento, entre otros; es realizado de forma empírica por la mayoría de pequeños agricultores lo que hace que sean potenciales contaminadores del recurso hídrico. El nivel de pesticidas en los desagües que salen de los arrozales es alto en comparación con los niveles de pesticidas en la entrada y el agua en los pozos comunitarios (Panjaitan *et al.*, 2020).

En cuanto a las alteraciones físicas se evidencia la presencia de metales pesados, ocasionando inconvenientes a los cultivos debido a su toxicidad, y además por poseer características de persistencia y bioacumulación; en un estudio realizado en Perú se encontró presencia de metales en el suelo, agua y el mismo grano de arroz y aseguran que esto es de gran importancia dado que posteriormente será un problema de alimentación pública y un riesgo ambiental por el agua sigue circulando y afectara a otros cultivos, otras personas haciendo del problema más grande aún (Fernández y Fernández, 2020).

La disminución del caudal de una fuente natural de agua se ve influenciado por el uso excesivo en el riego del cultivo de arroz, en todo lo que el proceso se estima que ocasiona una huella hídrica de 891,1143,10,69 m³/ton (Ewaid *et al.*, 2020). Las características físicas del agua también se ven alteadas por componentes químicos, por mencionar uno el cambio en su color a rojo puede deberse al

aumento de hierro, un color amarillo altos niveles de nitratos, también se debe a factores biológicos como el incremento de algas esto ocasiona que el agua se torne de un color verde (Vilas *et al.*, 2020).

El aumento de temperatura conduce a un aumento del crecimiento de microorganismos que deterioran la calidad del agua afectando los procesos bioquímicos contribuyendo a la alteración de la misma. De la misma forma influye en la concentración de oxígeno dificultando también el uso de estas aguas para el riego (Amanullah *et al.*, 2020).

3.3.2.3. Problemas ambientales relacionados al aire

La agricultura a pesar de ser una actividad indispensable para el ser humano, no le quita los impactos que ocasiona en los recursos naturales, aunque en algunos casos es mínimo no deja de ser un impacto. A través de las distintas actividades realizadas se generan gases de efecto invernaderos (dióxido de carbono, óxido nitroso y metano) que aceleran el cambio climático poniendo en peligro la seguridad alimentaria (Awuchi *et al.*, 2020). El 27% de las emisiones que van directamente a la atmosfera y que son gases de efecto invernadero contribuyentes al cambio climático provienen de la agricultura, de este porcentaje un 6% pertenecen a la producción de alimentos que serán consumidos directamente, estos por lo general son de consumo masivo y principal como lo es el cultivo de arroz mismo que emana grandes cantidades de metano (Awuchi *et al.*, 2020).

Los principales problemas ambientales identificados que se relacionados al aire o atmósfera son los siguientes:

Tabla 3. Problemas ambientales relacionados al aire

N°	Descripción
1	Altos contenidos de GEI
2	Lluvias ácidas

Autor, 2022

En la tabla 3 se presentan los impactos del cambio climático relacionados con el aire, desde la producción de un alimento generan un impacto, hablando específicamente de contaminación a la atmosfera se identifican muchas microfuentes dentro de la misma actividad. Desde el momento de preparar el terreno se libera CO₂, a través del desbroce (descomposición de desechos orgánicos) o través de la quema (práctica muy usada en la agricultura). Posteriormente se utiliza maquinaria para volteo de suelo donde se usan combustibles a base del petróleo, liberando grandes cantidades de CO₂ (Chávez, 2021). El ciclo normal del nitrógeno a nivel mundial ha sido alterado con el uso de los fertilizantes, de este modo el nitrógeno reactivo está presente en altas cantidades, en esta forma es más fácil su combinación y reacción con otros componentes (Jantke *et al.*, 2020).

El gas metano es también muy frecuente en la agricultura, es utilizado en la maduración de ciertas frutas, y es liberado de forma natural cuando se va descomponiendo el producto agrícola, es común que se desperdicie grandes cantidades de producto en especial en la agricultura a gran escala (Jantke *et al.*, 2020). En los cultivos de arroz cuando se utiliza el método de siembra por inundación o alguno donde se utilice gran cantidad de agua se emite más metano a la atmósfera en comparación con el cultivo seco, es importante resaltar que

este gas posee un potencial 24 veces más intenso en cuanto al aporte hacia el calentamiento global (Mora *et al.*, 2020).

La lluvia acida es considerada como potencial enemigo de la agricultura, es causada por alta contaminación del aire de una zona específica, sin embargo, al redor del mundo ya existe grandes áreas donde sucede este fenómeno. Los agroquímicos también influyen a su ocurrencia ya que estos productos contienen nitrógeno que también ser dispersado por vía atmosférica en forma de óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxido nitroso (Golasa *et al.*, 2021). La lluvia ácida ejerce efectos muy negativos en las plantas, estos van desde inconvenientes en la germinación de las semillas, disminución en el desarrollo normal, también impide las funciones fotosintéticas ya que afecta directamente las hojas lo que impide que la clorofila cumpla funciones de síntesis de proteínas y permita la nutrición de la planta, además disminuye la conversión de CO₂ por oxígeno (Debnath *et al.*, 2021).

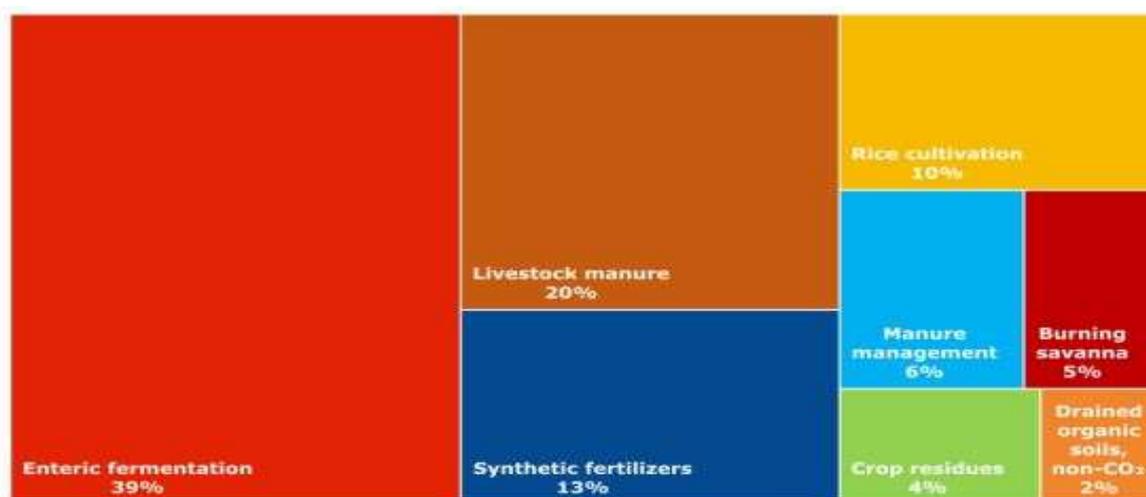


Figura 5. Contribución de las actividades agrícolas y ganaderas al total de emisiones distintas de CO₂ de la agricultura en el 2018
FAO, 2018

La figura 4 muestra los porcentajes en los que contribuye cada área de la agricultura en las emisiones de CO₂ a nivel mundial, y, aunque se identifica un 10% para el cultivo de arroz, es un porcentaje bastante considerable.

3.3.3. Establecimiento de lineamientos para que los agricultores adopten prácticas de sostenibilidad ambiental en sus procesos productivos para la minimización de los efectos del cambio climático.

Para hacer frente a los desafíos que involucra el cambio climático sobre el sistema agrícola, es primordial la adaptación de lineamientos que contribuyan a mitigar los efectos de esta problemática ambiental.

En la figura 3 se establecen los lineamientos que se pueden llevar a cabo para mitigar los impactos del cambio climático sobre la agricultura.

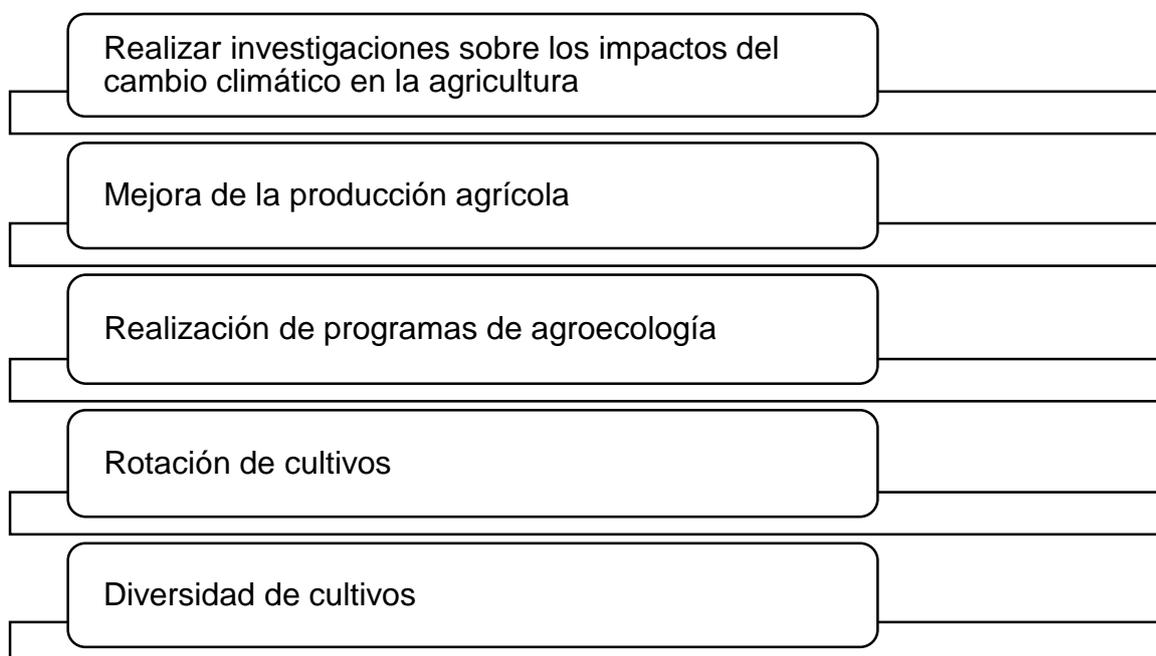


Figura 6. Lineamientos que se pueden llevar a cabo para mitigar los impactos del cambio climático
Autor, 2022

La figura 5 permite observar ciertos lineamientos que se pueden tomar en cuenta al momento de aplicar estrategias que contribuyan a minimizar los impactos ambientales del cambio climático en el sector agrícola, como son:

- Realizar investigaciones para conocer el impacto ambiental que ejerce el cambio climático sobre la producción agrícola y que dichos estudios permitan generar nuevas opciones climáticamente inteligentes para

fortalecer la resiliencia de los sistemas y crear un entorno propicio para el cambio (Torquebiau *et al.*, 2016).

- Trabajar constantemente para mejorar la producción agrícola, ya sea incluyendo prácticas sostenibles y reforzando todo el sistema alimentario (Torquebiau *et al.*, 2016).
- Generar programas en zonas agrícolas del Ecuador que promuevan la agroecología como mecanismo de adaptación al cambio climático. La agroecología ha sido muy estudiada en términos de su capacidad para incrementar la soberanía alimentaria, la productividad agrícola y el bienestar comunitario (Cáceres y Lane, 2020).
- Rotación de cultivos, este es un sistema que se utiliza comúnmente para mantener la salud de los suelos, esto se hace con la finalidad de que el nuevo cultivo contribuya a reponer los nutrientes agotados por el cultivo anterior, además de mejorar el control de plagas y enfermedades (Lee *et al.*, 2014).
- Diversidad de cultivos, con esta técnica se contribuye también a promover la salud del suelo, incluyendo sembríos de distintas variedades de la misma especie para tener más variedad genética, haciendo los cultivos más resistentes a los cambios (Tubiello y Fischer, 2007).

4. Conclusiones

Se logró analizar los factores de cambio climático y las consecuencias en la agricultura a nivel mundial, regional y local mediante búsqueda documental y descriptiva. Se identificó como principales factores las actividades realizadas por el hombre que impliquen emisiones de gases de efecto invernadero dentro de las cuales se puede mencionar la deforestación, la industrialización, sobre generación de residuos. Por otro lado, dentro de las consecuencias se notó que una de las primeras áreas afectadas sería la agricultura por la proliferación de plagas, baja productividad de los cultivos y, por ende, la seguridad alimenticia mundial con limitaciones en la disponibilidad de alimentos.

A través de la investigación bibliográfica se consiguió identificar y describir la problemática ambiental que enfrenta la agricultura y la producción de arroz en el recinto las maravillas del cantón Daule. La problemática se subdividió en cada recurso natural afectado, teniendo así afectaciones al agua, aire y suelo. Entre las más relevantes se identificaron erosión del suelo, pérdida de la biota, salinización, desertificación, alteraciones físicas, químicas y biológicas del agua, exceso de gases de efecto invernadero.

Finalmente, se estableció ciertos lineamientos para que los agricultores adopten prácticas de sostenibilidad ambiental en sus procesos productivos para la minimización de los efectos del cambio climático, estos deben procurar siempre mantener involucrados cien por ciento a los agricultores y autoridades para mayor eficiencia en el cumplimiento de los aspectos que se planteen.

5 Bibliografía

- Adams, R. M., Fleming, R. A., Chang, C.-C., McCarl, B. A., & Rosenzweig, C. (2015). A reassessment of the economic effects of global climate change on U.S. agriculture. *Climatic Change*, 30(2), 147-167. <https://doi.org/10.1007/BF01091839>
- Adams, R. M., Rosenzweig, C., Peart, R. M., Ritchie, J. T., McCarl, B. A., Glyer, J. D., Curry, R. B., Jones, J. W., Boote, K. J., & Allen, L. H. (1990). Global climate change and US agriculture. *Nature*, 345(6272), 219-224. <https://doi.org/10.1038/345219a0>
- Ahmad, J., Dastgir, A., & Shaukat, H. (2011). Impact of Climate Change on Agriculture and Food Security in India-Indian Journals. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 4(1), 137.
- Alava, C., Hechavarría, J. R., & Fois, M. (2020). Systemic Approach to the Territorial Planning of the Urban Parish La Aurora, Daule, Ecuador. En T. Ahram, W. Karwowski, A. Vergnano, F. Leali, & R. Taiar (Eds.), *Intelligent Human Systems Integration 2020* (pp. 1201-1205). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39512-4_183
- Amanullah, Khalid, S., Imran, Khan, H. A., Arif, M., Altawaha, A. R., Adnan, M., Fahad, S., Shah, A., & Parmar, B. (2020). Effects of Climate Change on Irrigation Water Quality. En S. Fahad, M. Hasanuzzaman, M. Alam, H. Ullah, M. Saeed, I. Ali Khan, & M. Adnan (Eds.), *Environment, Climate, Plant and Vegetation Growth* (pp. 123-132). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49732-3_6

- Anderson, R., Bayer, P. E., & Edwards, D. (2020). Climate change and the need for agricultural adaptation. *Current Opinion in Plant Biology*, 56, 197-202. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2019.12.006>
- Arora, N. K. (2019). Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability*, 2(2), 95-96. <https://doi.org/10.1007/s42398-019-00078-w>
- Arroyo M., & Perán J. (2020). The Role of Renewable Energies for the Sustainable Energy Governance and Environmental Policies for the Mitigation of Climate Change in Ecuador. *Energies*, 13(15), 3883. <https://doi.org/10.3390/en13153883>
- Arunrat, N., Pumijumnong, N., Sereenonchai, S., Chareonwong, U., & Wang, C. (2020). Assessment of climate change impact on rice yield and water footprint of large-scale and individual farming in Thailand. *Science of The Total Environment*, 726, 137864. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137864>
- Assunção, J., & Chein, F. (2016). Climate change and agricultural productivity in Brazil: Future perspectives. *Environment and Development Economics*, 21(5), 581-602. <https://doi.org/10.1017/S1355770X1600005X>
- Austin, K. G., Schwantes, A., Gu, Y., & Kasibhatla, P. S. (2019). What causes deforestation in Indonesia? *Environmental Research Letters*, 14(2), 024007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaf6db>
- Awuchi, C., Awuchi, C., Ukpe, A., Asoegwu, C., Uyo, C., & Ngoka, K. (2020). Environmental Impacts of Food and Agricultural Production: A Systematic Review. *European Academic Research*, 8, 1120-1135.

- Boonwichai, S., Shrestha, S., Babel, M. S., Weesakul, S., & Datta, A. (2018). Climate change impacts on irrigation water requirement, crop water productivity and rice yield in the Songkhram River Basin, Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 198, 1157-1164. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.146>
- Cáceres, N., & Lane, D. (2020). Agroecological Practices as a Climate Change Adaptation Mechanism in Four Highland Communities in Ecuador. *Journal of Latin American Geography*, 19(3), 47-73. <https://doi.org/10.1353/lag.2020.0071>
- Capinera, J. (2020). *Handbook of Vegetable Pests*. Academic Press.
- Carrasco, A., Gallegos, C. A., Delgado, F., & Swanson, M. (2021). Climate Change, Food Sovereignty, and Ancestral Farming Technologies in the Andes. *Current Developments in Nutrition*, 5(Supplement_4), 54-60. <https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa073>
- Castro, F., Hyman, G., Rubiano, J., Ramirez, J., & Achicanoy, H. (2019). Climate change favors rice production at higher elevations in Colombia. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 24(8), 1401-1430. <https://doi.org/10.1007/s11027-019-09852-x>
- Chávez Caiza, J. P. (2021). *Impacto del cambio climático en la agricultura en los sistemas de producción agroecológico, orgánico y convencional en los cantones Cayambe y Pedro Moncayo* [Tesis de Maestría, Universidad Andina Simón Bolívar]. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/7921>
- Cilas, C., Goebel, F.-R., Babin, R., & Avelino, J. (2016). Tropical Crop Pests and Diseases in a Climate Change Setting—A Few Examples. En E. Torquebiau

- (Ed.), *Climate Change and Agriculture Worldwide* (pp. 73-82). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7462-8_6
- Córdova, R. (2020). *Climate change adaptation in smallholder agroforestry systems in the Northern Andes of Ecuador: A case study in the Indigenous Territory of Kayambi People*. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/321196>
- Córdova, R., Hogarth, N. J., & Kanninen, M. (2019). Mountain Farming Systems' Exposure and Sensitivity to Climate Change and Variability: Agroforestry and Conventional Agriculture Systems Compared in Ecuador's Indigenous Territory of Kayambi People. *Sustainability*, 11(9), 2623. <https://doi.org/10.3390/su11092623>
- Debnath, B., Sikdar, A., Islam, S., Hasan, K., Li, M., & Qiu, D. (2021). Physiological and Molecular Responses to Acid Rain Stress in Plants and the Impact of Melatonin, Glutathione and Silicon in the Amendment of Plant Acid Rain Stress. *Molecules*, 26(4), 862. <https://doi.org/10.3390/molecules26040862>
- Ewaid, S. H., Abed, S. A., & Al-Ansari, N. (2020). Assessment of Main Cereal Crop Trade Impacts on Water and Land Security in Iraq. *Agronomy*, 10(1), 98. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010098>
- Fadina, A. M. R., & Barjolle, D. (2018). Farmers' Adaptation Strategies to Climate Change and Their Implications in the Zou Department of South Benin. *Environments*, 5(1), 15. <https://doi.org/10.3390/environments5010015>
- FAO. (2018). *Emissions due to agriculture*. 14.
- FAO. (2020a). *Climate change: Unpacking the burden on food safety*. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca8185en>
- FAO. (2020b). *Ecuador*. <https://www.fao.org/3/Y4347E/y4347e0n.htm>

- FAO. (2021). *FAO - News Article: FAO is “working against time” on climate change, Director-General emphasizes*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/news/story/en/item/1438176/icode/>
- Fernandes, E. C. M., Soliman, A., Confalonieri, R., Donatelli, M., & Tubiello, F. (2012). *Climate Change and Agriculture in Latin America, 2020-2050: Projected Impacts and Response to Adaptation Strategies*. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/12582>
- Fernández Guevara, E., & Fernández Guevara, D. (2020). Revisión de la concentración de metales pesados por uso de agroquímicos en agua de riego, suelo y cultivo de arroz. Tesis de grado. *Universidad Peruana Unión*. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3215>
- Gołasa, P., Wysokiński, M., Bieńkowska-Gołasa, W., Gradziuk, P., Golonko, M., Gradziuk, B., Siedlecka, A., & Gromada, A. (2021). Sources of Greenhouse Gas Emissions in Agriculture, with Particular Emphasis on Emissions from Energy Used. *Energies*, 14(13), 3784. <https://doi.org/10.3390/en14133784>
- Harwood, R. R. (1990). A History of Sustainable Agriculture. En *Sustainable Agricultural Systems*. CRC Press.
- Hidalgo, J. P., Boelens, R. A., & Isch, E. (2018). Hydroterritorial Configuration and Confrontation: The Daule-Peripa Multipurpose Hydraulic Scheme in Coastal Ecuador. *Latin American Research Review (LARR)*, 53(3), 517-534. <https://doi.org/10.25222/larr.362>
- Iñiguez, V., Serrano, R., & Bueno, F. (2018). Divergencias y convergencias para asegurar la actividad agrícola en Ecuador: Análisis de la parroquia Chuquiribamba (Loja) / Divergences and convergences to ensure agriculture in Ecuador: analysis of the Chuquiribamba Parrish (Loja). *Eutopía. Revista*

de Desarrollo Económico Territorial, 23(14), 177-198.

<https://doi.org/10.17141/eutopia.14.2018.3597>

Islam, M. T., & Nursey-Bray, M. (2017). Adaptation to climate change in agriculture in Bangladesh: The role of formal institutions. *Journal of Environmental Management*, 200, 347-358. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.092>

Jantke, K., Hartmann, M. J., Rasche, L., Blanz, B., & Schneider, U. A. (2020). Agricultural Greenhouse Gas Emissions: Knowledge and Positions of German Farmers. *Land*, 9(5), 130. <https://doi.org/10.3390/land9050130>

Jat, M. L., Dagar, J. C., Sapkota, T. B., Yadvinder-Singh, Govaerts, B., Ridaura, S. L., Saharawat, Y. S., Sharma, R. K., Tetarwal, J. P., Jat, R. K., Hobbs, H., & Stirling, C. (2016). Chapter Three - Climate Change and Agriculture: Adaptation Strategies and Mitigation Opportunities for Food Security in South Asia and Latin America. En D. L. Sparks (Ed.), *Advances in Agronomy* (Vol. 137, pp. 127-235). Academic Press.

<https://doi.org/10.1016/bs.agron.2015.12.005>

Kei, B., & Harland, T. (2017). *Higher Education Research Methodology: A Step-by-Step Guide to the Research Process*. Routledge.

Khan, M. I., Gwon, H. S., Alam, M. A., Song, H. J., Das, S., & Kim, P. J. (2020). Short term effects of different green manure amendments on the composition of main microbial groups and microbial activity of a submerged rice cropping system. *Applied Soil Ecology*, 147, 103400.

<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103400>

Kurukulasuriya, P., & Rosenthal, S. (2013). *Climate Change and Agriculture: A Review of Impacts and Adaptations*. World Bank.

<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/16616>

- Lee, D. R., Edmeades, S., De Nys, E., McDonald, A., & Janssen, W. (2014). Developing local adaptation strategies for climate change in agriculture: A priority-setting approach with application to Latin America. *Global Environmental Change*, 29, 78-91.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.08.002>
- Lobell, D. B., & Gourdji, S. M. (2012). The Influence of Climate Change on Global Crop Productivity. *Plant Physiology*, 160(4), 1686-1697.
<https://doi.org/10.1104/pp.112.208298>
- Lochtenberg, M. (2021). *'Kiss the Ground' review: The soil may save us, but it's not that simple*. Stone Pier Press. <https://stonepierpress.org/goodfoodnews/kiss-the-ground>
- Lopez, G., Gaiser, T., Ewert, F., & Srivastava, A. (2021). Effects of Recent Climate Change on Maize Yield in Southwest Ecuador. *Atmosphere*, 12(3), 299.
<https://doi.org/10.3390/atmos12030299>
- Macías, R., Cuenca, G., Intriago, F., Caetano, C., Menjivar, J., & Pacheco, H. (2019). Vulnerability to climate change of smallholder cocoa producers in the province of Manabí, Ecuador. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 72(1), 8707-8716. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n1.72564>
- Meijl, H. van, Havlik, P., Lotze-Campen, H., Stehfest, E., Witzke, P., Domínguez, I. P., Bodirsky, B. L., Dijk, M. van, Doelman, J., Fellmann, T., Humpenöder, F., Koopman, J. F. L., Müller, C., Popp, A., Tabeau, A., Valin, H., & Zeist, W.-J. van. (2018). Comparing impacts of climate change and mitigation on global agriculture by 2050. *Environmental Research Letters*, 13(6), 064021.
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabdc4>

- Mena, C. F., Paltán, H. A., Benitez, F. L., Sampedro, C., & Valverde, M. (2020). Threats of Climate Change in Small Oceanic Islands: The Case of Climate and Agriculture in the Galapagos Islands, Ecuador. En S. J. Walsh, D. Riveros-Iregui, J. Arce-Nazario, & P. H. Page (Eds.), *Land Cover and Land Use Change on Islands: Social & Ecological Threats to Sustainability* (pp. 119-135). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-43973-6_5
- Mendelsohn, R. (2008). The Impact of Climate Change on Agriculture in Developing Countries. *Journal of Natural Resources Policy Research*, 1(1), 5-19. <https://doi.org/10.1080/19390450802495882>
- Mora, F. C., Villalva, J. G., Moran, E. H., & Litardo, R. M. (2020). SOSTENIBILIDAD DEL CULTIVO DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN LA ZONA DE DAULE, PROVINCIA DEL GUAYAS, ECUADOR. *Journal of Science and Research*, 5(4), 1-16.
- Morán, E. S. H., Litardo, R. M., Mora, F. C., & Villalva, J. C. G. (2020). Sostenibilidad del cultivo del arroz (*oryza satival.*) en la zona de daule, provincia del guayas, ecuador. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 5(4), 1-16.
- Moreno, M. L. O., Rojas, L. Y. O., & Bedoya, G. C. (2013). Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo. *Acta Agronómica*, 62(1), 66-72.
- Murray, G. N., Jaramillo, V. J., & Larsen, J. (2018). Food security and climate change: The case of rainfed maize production in Mexico. *Agricultural and Forest Meteorology*, 253-254(6), 124-131. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.02.011>

- Neset, T.-S., Wiréhn, L., Opach, T., Glaas, E., & Linnér, B.-O. (2019). Evaluation of indicators for agricultural vulnerability to climate change: The case of Swedish agriculture. *Ecological Indicators*, 105(6), 571-580. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.042>
- Núñez, J. J., Carrero, D. M., Carvajal, J. C., & Mendoza, O. (2018). Assessing the impact of climate change on agriculture in Norte de Santander, Colombia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1126, 012045. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1126/1/012045>
- Olmos, E., González, M. E., & Contreras, M. R. (2013). Perception of the population about climate change in protected natural areas of 'Baja California Sur', Mexico. *Polis (Santiago)*, 12(35), 459-481. <https://doi.org/10.4067/S0718-65682013000200020>
- Pajo, B. (2017). *Introduction to Research Methods: A Hands-On Approach*. SAGE Publications.
- Panjaitan, E., Sidauruk, L., Indradewa, D., Martono, E., & Sartohadi, J. (2020). Impact of agriculture on water pollution in Deli Serdang Regency, North Sumatra Province, Indonesia. *Organic Agriculture*, 10(4), 419-427. <https://doi.org/10.1007/s13165-020-00282-7>
- Paredes Melo, M. C., & Mayorga Mayorga, Y. T. (2020). *Influencia de la aplicación de agroquímicos en la diversidad fúngica y bacteriana del sistema productivo de arroz (Oryza Sativa) Universidad de los Llanos, Sede Barcelona*. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/21748>
- Prasad, R., Shivay, Y. S., & Kumar, D. (2017). Current Status, Challenges, and Opportunities in Rice Production. En B. S. Chauhan, K. Jabran, & G.

- Mahajan (Eds.), *Rice Production Worldwide* (pp. 1-32). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47516-5_1
- Quintero, A., Carvajal, Y., & Aldunce, P. (2012). Adaptación a la variabilidad y el cambio climático: Intersecciones con la gestión del riesgo. *Luna Azul*, 2(34), 257-271. <https://doi.org/10.17151/luaz.2012.34.15>
- Raza, A., Razzaq, A., Mehmood, S. S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y., & Xu, J. (2019). Impact of Climate Change on Crops Adaptation and Strategies to Tackle Its Outcome: A Review. *Plants*, 8(2), 34. <https://doi.org/10.3390/plants8020034>
- Ritchie, H., & Roser, M. (2020). Greenhouse Gas Emissions. *Our World in Data*, 34(5), 123-190.
- Rivadeneira Vera, J. F., Zambrano Mera, Y. E., & Pérez-Martín, M. Á. (2020). Adapting water resources systems to climate change in tropical areas: Ecuadorian coast. *Science of The Total Environment*, 703, 135554. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135554>
- Rosenzweig, C., Elliott, J., Deryng, D., Ruane, A. C., Müller, C., Arneth, A., Boote, K. J., Folberth, C., Glotter, M., Khabarov, N., Neumann, K., Piontek, F., Pugh, T. A. M., Schmid, E., Stehfest, E., Yang, H., & Jones, J. W. (2014). Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9), 3268-3273. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222463110>
- Saptutyningsih, E., Diswandi, D., & Jaung, W. (2020). Does social capital matter in climate change adaptation? A lesson from agricultural sector in Yogyakarta, Indonesia. *Land Use Policy*, 95, 104189. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104189>

- Schmidhuber, J., & Tubiello, F. N. (2007). Global food security under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(50), 19703-19708. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701976104>
- Shew, A. M., Danforth, D. M., Nalley, L. L., Nayga, R. M., Tsiboe, F., & Dixon, B. L. (2017). New innovations in agricultural biotech: Consumer acceptance of topical RNAi in rice production. *Food Control*, *81*, 189-195. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.05.047>
- Torquebiau, E., Berry, D., Caron, P., & Grosclaude, J.-Y. (2016). New Research Perspectives to Address Climate Challenges Facing Agriculture Worldwide. En *Climate Change and Agriculture Worldwide* (pp. 337-348). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7462-8_26
- Torquebiau, E., Tissier, J., & Grosclaude, J.-Y. (2016). How Climate Change Reshuffles the Cards for Agriculture. En *Climate Change and Agriculture Worldwide* (pp. 1-16). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7462-8_1
- Torres, J., & Fuenmayor, P. (2017). Infocentros, a key factor for the deployment of e-agriculture in ecuador. *2017 Fourth International Conference on eDemocracy eGovernment (ICEDEG)*, 189-194. <https://doi.org/10.1109/ICEDEG.2017.7962532>
- Tubiello, F. N., & Fischer, G. (2007). Reducing climate change impacts on agriculture: Global and regional effects of mitigation, 2000–2080. *Technological Forecasting and Social Change*, *74*(7), 1030-1056. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.05.027>

- United Nation. (2021, noviembre 13). *COP26 closes with 'compromise' deal on climate, but it's not enough, says UN chief*. UN News. <https://news.un.org/en/story/2021/11/1105792>
- Urry, J. (2015). Climate Change and Society. En J. Michie & C. L. Cooper (Eds.), *Why the Social Sciences Matter* (pp. 45-59). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/9781137269928_4
- Uzuner, Ç., & Dengiz, O. (2020). Desertification risk assessment in Turkey based on environmentally sensitive areas. *Ecological Indicators*, 114, 106295. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106295>
- Valverde, O., Garrido, A., Valencia, J. L., & Tarquis, A. M. (2018). Using geographical information system to generate a drought risk map for rice cultivation: Case study in Babahoyo canton (Ecuador). *Biosystems Engineering*, 168, 26-41. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.08.007>
- Van Oort, P. A. J., & Zwart, S. J. (2018). Impacts of climate change on rice production in Africa and causes of simulated yield changes. *Global Change Biology*, 24(3), 1029-1045. <https://doi.org/10.1111/gcb.13967>
- Vilas, M. P., Thorburn, P. J., Fielke, S., Webster, T., Mooij, M., Biggs, J. S., Zhang, Y.-F., Adham, A., Davis, A., Dungan, B., Butler, R., & Fitch, P. (2020). 1622WQ: A web-based application to increase farmer awareness of the impact of agriculture on water quality. *Environmental Modelling & Software*, 132, 104816. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104816>
- Wang, P.-L., Xie, L.-H., Joseph, E. A., Li, J.-R., Su, X.-O., & Zhou, H.-C. (2019). Metal–Organic Frameworks for Food Safety. *Chemical Reviews*, 119(18), 10638-10690. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.9b00257>

Wheeler, T., & Von Braun, J. (2013). Climate Change Impacts on Global Food Security. *Science*, 341(6145), 508-513.

<https://doi.org/10.1126/science.1239402>

Yorgure, C. (2018). *Choosing a Research Method, Scientific Inquiry: Complete Process with Qualitative & Quantitative Design Examples*. Xlibris Corporation.

6. Glosario

6.1 Seguridad alimentaria

El término seguridad alimentaria hace referencia a un conjunto de condiciones que se deben adoptar para preservar la seguridad y calidad de los alimentos, previniendo su contaminación y evitando la aparición de enfermedades (Wang *et al.*, 2019).

6.2 Cambio climático

Cambio climático se refiere a modificaciones o alteraciones en la temperatura del planeta, debido a causas naturales y por actividades antropogénicas (Urry, 2015).

6.3 Agricultura

Agricultura es una agrupación de acciones que se llevan a cabo para la producción de alimentos, por medio del cultivo del suelo (Harwood, 1990).

6.4 Cultivo de arroz

El arroz es un cereal que crece principalmente en zonas tropicales con alta disponibilidad de agua (Moreno *et al.*, 2013).

6.5 Deforestación

La deforestación implica la eliminación de la cobertura vegetal de una zona donde existe gran vegetación, convirtiendo esos terrenos talados en actividades como agricultura, granjas, urbanización, etc., (Austin *et al.*, 2019).

6.6 Plagas

Plagas son todo tipo de especies que perjudican los cultivos y alteran la producción de los alimentos (Capinera, 2020).

6.7 GEI

GEI (Gas de Efecto Invernadero), son gases que se emiten a la atmósfera desde distintas fuentes, ya sean naturales o provocadas por el hombre, entre los principales gases están el CO₂, CH₄, N₂O y el O₃ (Ritchie y Roser, 2020).

7. Anexos

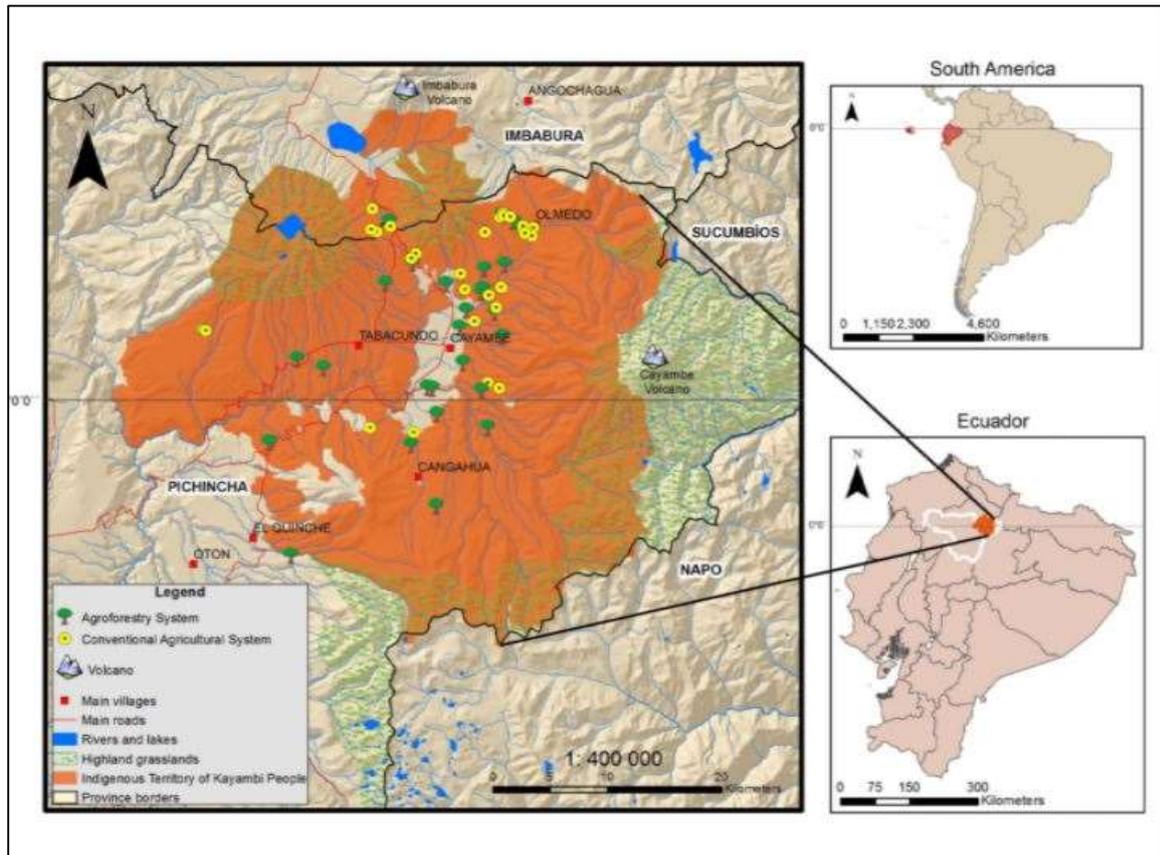


Figura 7. Distribución de las áreas vulnerables al cambio climático en la sierra ecuatoriana
Córdova et al., 2019