UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del Título de Ingeniera Ambiental

Título del Proyecto de Investigación:

"MODELACIÓN ESPACIAL DE IDONEIDAD Y ADAPTABILIDAD DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA ANTE CAMBIOS CLIMÁTICOS EN EL CANTÓN VALENCIA, PROVINCIA DE LOS RÍOS"

Autora:

Jessica Jazmín Espín Acosta

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Lozano Mendoza Pedro Harrys M.Sc

Quevedo - Los Ríos - Ecuador

2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHO

Yo, **Jessica Jazmin Espin Acosta,** declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

JESSICA JAZMIN ESPIN ACOSTA

C.C. # 050392955-6

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito **Ing. Lozano Mendoza Pedro Harrys MSc**, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Jessica Jazmín Espín Acosta**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **"Modelación espacial de idoneidad y adaptabilidad de áreas de conservación del suelo agrícola ante cambios climáticos en el cantón Valencia, provincia de Los Ríos"**, previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

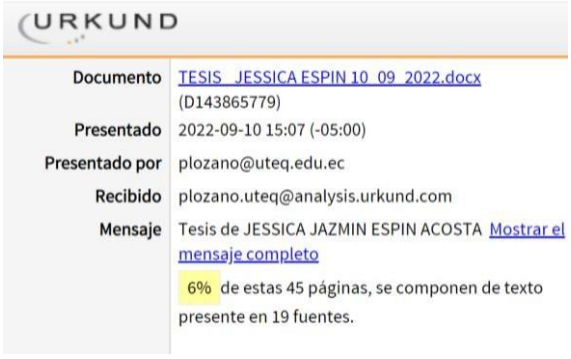
Firmado electrónicamente por:
PEDRO HARRYS
LOZANO MENDOZA

Ing. Lozano Mendoza Pedro Harrys M.Sc

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

El suscrito Ing. Pedro Harrys Lozano Mendoza. MSc, mediante el presente cumplo en presentar a usted, el informe del Proyecto de Investigación titulado **"Modelación espacial de idoneidad y adaptabilidad de áreas de conservación del suelo agrícola ante cambios climáticos en el cantón Valencia, provincia de Los Ríos",** presentado por la estudiante Srta. Jessica Jazmín Espin Acosta, estudiante de la Carrera de Ingeniería Ambiental, que fue revisado bajo mi dirección según resolución VIGESIMA OCTAVA RESOLUCIÓN del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, de fecha del 7 de febrero del 2022 desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND, el cual mostro 6% de similitud.


URKUND

Documento	TESIS JESSICA ESPIN 10_09_2022.docx (D143865779)
Presentado	2022-09-10 15:07 (-05:00)
Presentado por	plozano@uteq.edu.ec
Recibido	plozano.uteq@analysis.urkund.com
Mensaje	Tesis de JESSICA JAZMIN ESPIN ACOSTA Mostrar el mensaje completo
	6% de estas 45 páginas, se componen de texto presente en 19 fuentes.

Firmado electrónicamente por:
PEDRO HARRYS
LOZANO MENDOZA

Ing. Lozano Mendoza Pedro Harrys M.Sc

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

"Modelación espacial de idoneidad y adaptabilidad de áreas de conservación del suelo agrícola ante cambios climáticos en el cantón Valencia, provincia de Los Ríos"

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

Aprobado:

YARELYS FERRER SANCHEZ

Firmado digitalmente por YARELYS FERRER SANCHEZ
Nombre de reconocimiento (DN): cn=YARELYS FERRER SANCHEZ, serialNumber=080722171544, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
Fecha: 2022.11.10 00:58:06 -05'00'

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Blga. Yarelys Ferrer Sánchez PhD.

Firmado electrónicamente por:
LIDIA VLASSOVA.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Geogr. Lidia Vlassova PhD.

Firmado electrónicamente por:
ANGEL JOEL YEPEZ ROSADO

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Ángel Joel Yépez Rosado

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

Año 2022

AGRADECIMIENTO

Reitero mis agradecimientos a Mi Dios por fortalecer mi espíritu y brindarme la perseverancia y sabiduría necesaria para enfrentarme a cada una de las experiencias durante estos cinco años de formación académica.

A mi madre Luz Acosta Coro por brindarme su amor, paciencia y apoyo incondicional a lo largo de mi vida; a mi padre Holger Espin Ortega por siempre estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre, además de brindarme los recursos necesarios para continuar mis estudios, a mis padres agradezco por su infinito apoyo, su gran amor y comprensión; gracias papito Dios por haberme brindado la dicha de ser su hija.

A mi hermana y hermano: Leandra y Ángel Espin, quienes día a día con su presencia, respaldo y cariño me han demostrado su infinito amor y me han impulsado a salir adelante.

Agradezco a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, a cada uno de los docentes que me brindaron una muestra de su gran sabiduría, compartiendo vivencias académicas y personales.

De manera especial a mi tutor de tesis: Pedro Harrys Lozano Mendoza, por brindarme la confianza y oportunidad de desarrollar conocimientos bajo su supervisión.

Jessica Jazmín Espin Acosta

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A mi Dios quien a sido mi guía y mi fortaleza para persistir en el buen camino de la vida.

A mis padres Holger y Luz quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

Los Amo…
Este logro es mi manera de recompensar la confianza, apoyo, esfuerzo y cariño hacia mí.

Jessica Jazmín Espin Acosta

RESUMEN

Los cambios climáticos representan una amenaza latente que cada vez poseen mayor influencia en las plantaciones agrícolas, el cual causa vulnerabilidad de determinadas zonas geográficas con bajo nivel de resiliencia. Por lo tanto, la conservación del suelo es uno de los principales desafíos que posee la actividad agrícola en la actualidad, para lo cual es necesario de la implementación de estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático; motivo por el cual, el objetivo principal de la presente investigación consiste en identificar las zonas óptimas para la producción agrícola de los principales cultivos del cantón Valencia (Cacao, Palma Africana y Banano por medio de una modelación espacial de idoneidad y adaptabilidad de áreas. Para lo cual se empleó una metodología conformada por los tipos de investigación descriptiva, exploratoria y diagnóstica, donde se determinó con fuentes primarias de información las siguientes fuentes oficiales: SIGTIERRAS, MAATE, SNI y GEO PORTAL de IGM, donde se, donde se descargó archivos en capas vectoriales o shp la base de datos, tablas y documentos oficiales referente al objeto de estudio. De igual manera se emplearon parámetros cartográficos como: escala, sistema de referencia, proyección y zona cartográficas para medir dos aristas de análisis que son: el cambio de suelo que han tenido los cultivos de la ciudad de Valencia y su respectiva zonificación agrícola, todo aquello mediante la utilización del Sistema de Información Geográfica. Los resultados de la investigación permitió concluir que las áreas de los cultivos banano, cacao y palma africana poseen áreas de aptitud moderada, debido a que presentan diversas limitaciones para el desarrollo normal de los cultivos analizados, mientras que en la modelación y distribución de áreas de conservación agrícola actual y futura bajo un escenario optimista y pesimista se concluye que en una proyección de 60 años y más, no habrá zonas de aptitud óptima para las plantaciones de los principales cultivos.

PALABRAS CLAVES: cambio climático, zonificación agrícola, modelación, aptitud media y marginal.

ABSTRACT

Climate changes represent a latent threat that has an increasing influence on agricultural plantations, which causes vulnerability of certain geographical areas with a low level of resilience. Therefore, soil conservation is one of the main challenges facing agricultural activity today, for which it is necessary to implement adaptation and mitigation strategies to climate change; For this reason, the main objective of this research is to identify the optimal areas for the agricultural production of the main crops of the Valencia canton (Cacao, African Palm and Banana) through spatial modeling of suitability and adaptability of areas. which a methodology made up of the types of descriptive, exploratory and diagnostic research was used, where the following official sources were determined with primary sources of information: SIGTIERRAS, MAATE, SNI and GEO PORTAL of IGM, where it was downloaded vector layer files or shp databases, tables and official documents referring to the object of study. In the same way, cartographic parameters were used such as: scale, reference system, cartographic projection and cartographic zone to measure two analysis edges that are: the soil change that the crops of the city of Valencia and its respective agricultural zoning, all through the use of the Arcgis Los software. The results of the investigation allowed us to conclude that the areas of banana, cocoa and African palm crops have areas of moderate aptitude, due to the fact that they present various limitations for the normal development of the crops analyzed, while in the modeling and distribution of conservation areas current and future agriculture under an optimistic and pessimistic scenario, it is concluded that in a projection of 60 years and more, there will be no areas of optimal aptitude for the plantations of the main crops.

KEY WORDS: climate change, agricultural zoning, modeling, average and marginal suitability.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHO..... ii

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN iii

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

AGRADECIMIENTO vi

DEDICATORIA..... vii

RESUMEN viii

ABSTRACT ix

CÓDIGO DUBLIN xvii

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1 3

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....3

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 4

1.1.1. Planteamiento del problema.....4

1.1.2. Formulación del Problema 5

1.1.3. Sistematización del problema.....6

1.2. Objetivos 6

1.2.1. Objetivo General.....6

1.2.2. Objetivos Específicos.....6

1.3. Justificación.....6

CAPÍTULO II.....9

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN 9

2.1 Marco Conceptual.....10

2.1.1. Cambio climático.....10

2.1.2. Calidad del suelo 10

2.1.3. Adaptación al Cambio climático 11

2.1.4. Escenarios de Cambio Climático.....11

2.1.5. SIG (Sistema de Información Geográfica).....11

2.1.6. Suelo 12

2.1.7. Trayectorias Socioeconómicas Compartidas 12

2.1.8. Worldclimb.....12

2.1.9. Zonificación agroecológica.....13

2.1.10. Sostenibilidad.....13

2.1.11. ODS.....13

2.2. Marco Referencial.....14

2.2.1. Perspectiva general de modelación espacial de idoneidad y adaptabilidad del suelo……..14

2.2.2. Implicaciones de la conservación del suelo 15

2.2.3. Importancia de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).....16

2.2.4. Importancia de la conservación de los suelos 17

2.2.5. Gestión Sostenible del suelo 17

2.2.6. Efectos del cambio climático en el recurso suelo.....18

2.3. Marco Legal 18
2.3.1. Constitución de la República del Ecuador 18
2.3.2. Código Orgánico del Ambiente.....19
2.3.3. Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo.....20
CAPÍTULO III 21
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....21
3.1 Localización 22
3.2. Tipo de Investigación.....23
3.2.1. Investigación Descriptiva.....23
3.2.2. Investigación Exploratoria 23
3.2.3. Investigación Diagnóstica 23
3.3. Métodos de Investigación.....24
3.3.1. Deductivo 24
3.3.2. Sintético 24
3.4. Fuentes de Recopilación de Información.....24
3.4.1. Fuentes primarias.....24
3.4.2. Fuentes secundarias 25
3.5. Diseño de la Investigación 25
3.6. Instrumentos de investigación 25
3.7. Tratamiento de los datos 26
3.7.1. Mapa cambio de uso de suelo de los cultivos del cantón Valencia. 26

3.7.2. Mapas de zonificación agroecológica de banano, cacao y palma. 31

3.7.3. Mapas de modelación sobre la zonificación agroecológica a futuro con CMIP 6 (SSP1 y SSP5).....35

3.8. Recursos humanos y materiales.....35

CAPÍTULO IV 36

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....36

4.1 Resultados 37

4.1.1. Zonificar la distribución agroecológica de los principales cultivos del cantón Valencia. 37

4.1.2. Modelar la distribución de áreas de conservación del suelo agrícola actual y futuro, ante y bajo escenarios de cambio climáticos en el cantón Valencia, provincia de los Ríos. 48

4.3. Proponer estrategias de adaptación al cambio climático para los cultivos del cantón Valencia. 57

CAPÍTULO V 71

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 71

CAPÍTULO VI.....74

BIBLIOGRAFÍA 74

Bibliografía.....75

CAPÍTULO VII 86

ANEXOS 86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Matriz Transaccional* 28

Tabla 2. *Resultados de la matriz transaccional años 1990 y 2015.* 29

Tabla 2. *Recursos humanos y materiales.* 35

Tabla 3. *Cultivos de interés del cantón Valencia año 1990.* 37

Tabla 4. *Cultivos de interés del cantón Valencia año 2015.* 38

Tabla 5. *Datos sobre el cambio de uso del suelo.*.....39

Tabla 6. *Criterios agroecológicos para el cultivo de banano.***¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 7. *Criterios agroecológicos para el cultivo de cacao.* 45

Tabla 8. *Criterios agroecológicos para el cultivo de palma africana.*.....46

Tabla 10. *Descripción General de los Ejes de Trabajo.* 57

Tabla 11. *Estrategias Generales sobre Adaptación al Cambio Climático.* 58

Tabla 12. *Estrategias Adaptación al Cambio Climático (contexto sequía, calor intenso, lluvias intensas).* 60

Tabla 13. *Estrategias Adaptación al Cambio Climático (Cultivo Cacao)*.....63

Tabla 14. *Estrategias De Adaptación Para El Cultivo De Banano*.....64

Tabla 14. *Estrategias de adaptación para el cultivo de palma.* 65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Mapa de ubicación de los suelos agrícolas del Cantón Valencia.* 22

Figura 2. *Uso del suelo con los cultivos de interés para el año 1990 y 2015.* 27

Figura 3. *Procedimiento de cálculo del mapa de cambio de suelo con raster calculator.* 29

Figura 4. *Mapa de cambio de cultivo de 1990 a 2015* 30

Figura 5. *Mapa de cambio de suelo de 1990 a 2015* 31

Figura 6. *Mapa con los requerimientos biofísicos.* 33

Figura 7. *Capas de los parámetros agroclimáticos (temperatura y precipitación)* 33

Figura 8. *Reclasificación de las variables consideradas*. 34

Figura 9. *Proyección del mapa de zonificación agroecológica.* 34

Figura 11. *Mapa de los cultivos de interés año 1990*. 38

Figura 12. *Mapa de los cultivos de interés año 2015* 39

Figura 13. *Mapa sobre el cambio de cultivo en el cantón Valencia.* 39

Figura 14. *Cambio de uso de suelo de los principales cultivos en el cantón Valencia.* 40

Figura 15. *Zonificación agrícola del banano en el cantón Valencia.* **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 16. *Zonificación agrícola del cacao en el cantón Valencia* 46

Figura 17. *Zonificación agrícola del cultivo de palma africana* **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 18. *Zonificación agrícola del cultivo de banano para el período SSP1 (2081-2100)* 49

Figura 19. *Zonificación agrícola del cultivo de cacao para el período SSP1 (2081-2100)* 51

Figura 20. *Zonificación agrícola del cultivo de la palma para el período SSP1 (2081-2100)* 52

Figura 21. *Zonificación agrícola del cultivo del banano para el período SSP5 (2081-2100).* 53

Figura 22. *Zonificación agrícola del cultivo del cacao para el período SSP5 (2081-2100).* 55

Figura 23. *Zonificación agrícola del cultivo de palma para el período SSP5 (2081-2100).* 56

Figura 24. *Uso del suelo de Valencia con los cultivos de interés para el año 1990* 87

Figura 25. *Uso del suelo de Valencia con los cultivos de interés para el año 2015* 87

Figura 26.*Capas e información detallada del cambio de cultivos.* 88

Figura 27. *Mapa general del cambio de cultivos* 88

Figura 28. *Tratamiento de temperaturas en SAGAGIS para el desencalado* 89

CÓDIGO DUBLIN

Título:	"Modelación espacial de idoneidad y adaptabilidad de áreas de conservación del suelo agrícola ante cambios climáticos en el cantón Valencia, provincia de Los Ríos"
Autora:	Jessica Jazmín Espín Acosta
Palabras claves:	Cambio climático, zonificación agrícola, modelación, aptitud media y marginal.
Fecha de publicación:	Diciembre 2022
Editorial:	Quevedo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2022
Resumen:	Resumen.-El objetivo principal de la presente investigación consiste en identificar las zonas óptimas para la producción agrícola de los principales cultivos del cantón Valencia (Cacao, Palma Africana y Banano por medio de una modelación espacial de idoneidad y adaptabilidad de áreas. Para lo cual se empleó una metodología conformada por los tipos de investigación descriptiva, exploratoria y diagnóstica, donde se determinó con fuentes primarias de información las siguientes fuentes oficiales: SIGTIERRAS, MAATE, SNI y GEO PORTAL de IGM. Los resultados permitieron concluir que las áreas de los cultivos banano, cacao y palma africana poseen áreas de aptitud moderada, debido a que presentan diversas limitaciones para el desarrollo normal de los cultivos, mientras que en la modelación y distribución de áreas de conservación agrícola actual y futura bajo un escenario optimista y pesimista se concluye que en una proyección de 60 años y más, no habrá zonas de aptitud óptima. Abstract.- The main objective of this research is to identify the optimal areas for the agricultural production of the main crops of the Valencia canton (Cacao, African Palm and Banana through spatial modeling of suitability and adaptability of areas. For which a methodology made up of the types of descriptive, exploratory and diagnostic research, where the following official sources were determined with primary sources of information: SIGTIERRAS, MAATE, SNI and GEO PORTAL of IGM The results allowed concluding that the areas of banana, cocoa and African palm have areas of moderate aptitude, due to the fact that they present various limitations for the normal development of crops, while in the modeling and distribution of current and future agricultural conservation areas under an optimistic and pessimistic scenario, it is concluded that in a projection age 60 and over, there will be no optimal fitness zones.
Descripción:	107 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162
URI:	

INTRODUCCIÓN

La conservación del suelo es un tópico que en los últimos años ha tenido mucha más importancia que hace décadas, una de las razones principales para que esto suceda es porque en la actualidad está perdiendo su valor debido a la contaminación ambiental y constantes cambios climáticos [1]. El sector agrario es fundamental para el desarrollo socioeconómico de un país; por lo tanto, se requiere un análisis minucioso sobre la conservación del suelo para lograr el máximo aprovechamiento de la producción agrícola.

El suelo es un componente primordial de la biosfera porque sirve de interfaz entre el aire y el agua. Es catalogado como un recurso no renovable y desempeña varias funciones, tales como: sostiene el crecimiento y diversidad de los animales y plantas, regula la distribución del agua, almacena y modera la liberación de los nutrientes y compuestos que se encuentran disueltos en el agua [1]. Es decir, se requiere un cuidado adecuado del suelo para obtener el máximo aprovechamiento del mismo.

En el suelo ocurren los ciclos biogeoquímicos más relevantes para la conservación de la vida de todas las especies; se podría afirmar que todo ser humano viene del suelo y hacia el suelo va; por tanto, he aquí la importancia de estudiar con detenimiento el tema de conservación del suelo y sus aristas más relevantes [2]. Las implicaciones del análisis son varias, tales como: pendiente, textura, profundidad, drenaje y pH. En esta investigación se aborda algunas de ellas para proveer una perspectiva general de los beneficios que se obtienen al aplicar criterios técnicos en el tratamiento del suelo.

Los cambios climáticos de forma continua son una amenaza que cada vez se acrecienta, los efectos que estos producen son varios, entre los que se destaca la vulnerabilidad de determinadas zonas geográficas en virtud de que su resiliencia no es efectiva, entendiéndose a este término como la propiedad que posee un sistema para absorber múltiples perturbaciones, lo cual le permite reorganizarse en caso de algún cambio y mantener la esencia o estado inicial del suelo para conservar la productividad del mismo [3].

Teniendo en cuenta estas necesidades, a través de esta investigación se realiza una modelación espacial de idoneidad y adaptabilidad de áreas de conservación del suelo ante cambios climáticos en el cantón Valencia, el cual es un lugar que se caracteriza por el relieve, paisaje y auspiciosas ventajas para la actividad agrícola, convirtiéndose en aspectos

fundamentales que resaltan la importancia de evaluar las zonas idóneas para el tratamiento del suelo y su conservación frente a problemas climáticos.

La conservación del suelo supone una alternativa más respetuosa con el medio ambiente; de esta forma, estimular la promoción de la conservación y el manejo del suelo es un mecanismo y una herramienta a disposición del estado para alentar a la sociedad en su conjunto a conservar los recursos no renovables en su totalidad y minimizar los procesos de degradación.

CAPÍTULO 1

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1. Planteamiento del problema

Los múltiples y continuos cambios climáticos de forma inevitable están ocasionando efectos adversos a nivel global, regional y local. Los impactos en la agricultura son evidentes y es preciso considerar que es una de las áreas más importantes y sensibles a las condiciones que el clima presenta [4]. Lo mencionado, es una situación que tiene impacto a nivel mundial, pero al centrarse en el Ecuador se debe decir que especialmente los pequeños agricultores sufren las consecuencias de este fenómeno, la mayoría de ellos aún no han encontrado una forma adecuada y técnica de hacer frente a esta situación problemática, lo que se traduce en cuantiosas pérdidas económicas.

Dada la importancia que genera la situación problemática sobre el cambio climático, se manifiesta que el cantón Valencia presenta un alto índice de contaminación, donde las emisiones de CO_2 que se dan en el cantón afectan al clima, lo cual repercute en la producción agrícola. Por ejemplo, la producción del Banano (*Musa*), requiere un clima cálido y con humedad constante en el aire, necesita de una temperatura media entre 26 y 27 grados y lluvias distribuidas y prolongadas [5]. Este contexto citado, sirve para afianzar la explicación del problema, porque para obtener el máximo aprovechamiento del suelo del cantón Valencia se requiere de estudios de modelación y zonificación que permitan establecer estrategias de conservación y adaptabilidad de los terrenos agrícolas.

Una de las principales debilidades de la producción agrícola radica en que el proceso de siembra de los diferentes cultivos de la zona que se ejecutan sin realizar previamente un estudio de análisis de suelo para obtener datos objetivos que permitan determinar la potencialidad de determinada zona geográfica. Dada esta situación, no se logra establecer en previsión los fenómenos climáticos y riesgos productivos en el corto y mediano plazo. Por lo tanto, es necesario contar con datos informativos que permitan anticiparse a los posibles eventos y cambios que pueda presentar el suelo; es un hecho que los cambios climáticos es una variable exógena difícil de predecir y controlar, pero el enfoque se encuentra en la adaptabilidad, lo cual en la zona de Valencia no se da con efectividad.

Diagnóstico

En el cantón Valencia no existe un enfoque productivo basado en el estudio de la idoneidad de los suelos para realizar las distintas producciones agrícolas, pese a ser una zona geográfica dedicada en gran porcentaje a las actividades agrícolas. Los efectos que esto produce es que los agricultores se enfrenten a circunstancias adversas, principalmente a consecuencia de los cambios climáticos, y como no se ha hecho un análisis de previsión, la mayoría de ellos evidencia grandes pérdidas económicas, que en efecto cadena produce varios contextos negativos para sus familias y la localidad en general. Existe gran potencialidad agrícola en este sector, pero no se está aprovechando de manera eficaz por falta de procedimientos técnicos que ayuden a obtener más y mejores beneficios para las personas que hacen uso del suelo.

Pronóstico

La situación actual requiere una intervención urgente, porque los cambios climáticos seguirán surgiendo y con mayor intensidad, debido a la alta contaminación que existe en el planeta. De no hacerlo, los efectos serán de grandes proporciones, e incluso podrían contribuir a la disminución de la producción agrícola de forma considerable, lo que a su vez implica que la seguridad alimentaria se vea afectada. Es innegable el hecho de que hay situaciones que no se pueden controlar, pero la consigna es la adaptación, si no se logra una adecuada adaptación a los nuevos escenarios que se presentan en el contexto agrícola, los efectos negativos podrían llegar a ser incuantificables.

1.1.2. Formulación del Problema

¿Cuáles son las zonas idóneas para la conservación del suelo agrícola y su adaptabilidad a los posibles cambios climáticos en el cantón valencia, provincia de los Ríos?

Variable Independiente: Áreas de conservación del suelo agrícola ante cambios climáticos

Variable Dependiente: Modelación espacial de idoneidad y adaptabilidad

1.1.3. Sistematización del problema

- ¿Cuáles son las zonas agrícolas con aptitud para los principales cultivos del cantón Valencia?
- ¿Cómo ejecutar la modelación espacial del suelo agrícola actual y futura ante y bajo escenarios de cambio climáticos en el cantón Valencia, provincia de los Ríos?
- ¿Cuáles son las principales estrategias de adaptación al cambio climático para los cultivos del cantón Valencia?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Identificar las zonas óptimas para la producción agrícola de los principales cultivos del cantón Valencia por medio de una modelación espacial de idoneidad y adaptabilidad de áreas.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar las zonas agrícolas con aptitud para los principales cultivos del cantón Valencia.
- Establecer la modelación espacial del suelo agrícola actual y futura ante escenarios de cambio climáticos en el cantón Valencia, provincia de Los Ríos.
- Proponer estrategias de adaptación al cambio climático para los cultivos del cantón Valencia.

1.3. Justificación

La agricultura es uno de los sectores más vulnerables al cambio climático a nivel mundial, porque es altamente sensible a los cambios de temperatura y a los regímenes de precipitación [6]. Los modelos climáticos prevén modificaciones drásticas en las condiciones climáticas en muchas regiones de mundo, incluyendo alteraciones en temperatura, precipitación e incremento en la frecuencia y severidad de eventos extremos como sequías y huracanes. Estos cambios tendrán efectos en el rendimiento y distribución de los cultivos, la producción y el consumo, además de afectar el bienestar de los productores agrícolas [6].

Tomando en cuenta que la agricultura es una actividad importante y predominante tanto en

el campo económico como en la estabilidad alimentaria, se vuelve determinante disponer de una información base para tomar medidas de organización y ordenamiento territorial. Con el objeto de contestar correctamente a los probables cambios. Esta información se convertirá en el punto de inicio para plantear alternativas de reducción de la vulnerabilidad y habituación a las condiciones ambientales.

El presente trabajo de investigación tiene por objeto evaluar las zonas idóneas para la conservación del suelo agrícola y su adaptabilidad a los posibles cambios climáticos en el cantón valencia, provincia de los Ríos. Por ello la importancia de conservar el suelo se refiere a llevar a cabo actividades que mantengan la salud, principalmente en áreas propensas a la degradación, esto influye la prevención de la erosión, compactación y la salinidad, su conservación y su mejoramiento de la fertilidad [7].

Pablo Ochoa menciona que el suelo y agua son motivos de gran preocupación para la sostenibilidad del planeta en cuanto a la soberanía alimentaria y desarrollo de la vida [8]. Para el desarrollo de su investigación se recopiló datos, se describió el área general de la zona de estudio, así mismo, se describió las relaciones de la cobertura vegetal con los parámetros de suelo y agua estimando el riesgo de erosión del suelo, llegando a la conclusión que el riesgo de erosión del suelo para una cuenca semiárida de los Andes del sur de Ecuador, tiene una fuerte influencia de la estacionalidad climática y de las condiciones [8].

Estudios indican que el cambio climático afecta a los agroecosistemas debido a las variaciones en temperatura y precipitación que altera la aptitud agroecológica para los cultivos, evaluando los efectos del cambio climático en los requerimientos agroecológicos [9]. Para ello se determinan la distribución agroecológica de los cultivos mediante la recopilación y edición de información climática y edáfica. A la vez se diseñó el posible escenario de cambio climático considerando los modelos predictivos. Evidenciando existe un conflicto del uso del suelo y que para el año 2070, en un escenario de emisiones bajas la temperatura se incrementará entre 0,5 a 1 ºC y la precipitación se reducirá en alrededor del 5%.

Por otro lado, según datos generados por el Ministerio del Ambiente y la FAO, las pérdidas asociadas a la degradación de la tierra ascienden al 7.6% del valor bruto de la producción agrícola. A nivel provincial, Manabí es la que más ha perdido en términos de degradación de las tierras, seguida de las provincias de El Oro, Imbabura, Loja y Guayas [7]. Este impacto también tiene repercusiones en la disminución de fuentes de agua, el aumento de la vulnerabilidad ante eventos climáticos en la agricultura y, por lo tanto, en la seguridad alimentaria, disminuyendo las oportunidades de desarrollo de la población.

Esta investigación contempla principios de la agricultura climáticamente inteligente, mismas que contribuye a guiar las medidas necesarias para transformar y reorientar los sistemas agrícolas a fin de que respalden eficazmente el desarrollo y garanticen la seguridad alimentaria en condiciones de clima cambiante.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Marco Conceptual

2.1.1. Cambio climático

El cambio climático se refiere a la variación global del clima en el planeta, que por lo general es producido por causas naturales o por las múltiples actividades que realiza el hombre que causa la contaminación incidiendo en el cambio climático. Este fenómeno afecta a toda la naturaleza y a los seres humanos impactando de manera negativa en las condiciones para la producción de alimentos, inundaciones, tormentas, entre otros acontecimientos que alteran la calidad de vida [10].

La Organización de Naciones Unidas [11] se refiere a los cambios climáticos como los cambios de temperatura de manera prolongada y patrones climáticos. El organismo sostiene que este es un problema que en la actualidad afecta de gran manera a la humanidad y que el ser humano es uno de los principales responsables de este fenómeno ya que debido a la quema de combustibles fósiles genera grandes emisiones de gases como dióxido de carbono y metano que producen el denominado efecto invernadero el cual provoca los cambios climáticos.

El cambio climático es un fenómeno que consiste en la alteración de manera anormal del clima ocasionado por el calentamiento global, produce una serie de consecuencias tanto a nivel económico como a nivel social; entre los principales se puede mencionar aumento de frecuencia de fenómenos meteorológicos, daños en la salud, disminución de las reservas de agua, entre otros [12].

2.1.2. Calidad del suelo

La calidad del suelo se puede llamar a la utilidad que tiene este para un propósito determinado; es decir, es la capacidad que tiene el suelo para funcionar en donde intervienen varios atributos como la fertilidad, productividad, sostenibilidad y la calidad ambiental. Para conocer la calidad del suelo es necesario determinar ciertos indicadores que ayudaran a saber que tan óptimo se encuentra el mismo como: propiedades físicas, químicas y biológicas, los indicadores mencionados permitan saber su situación actual [13].

Para Altamirano [14] la calidad del suelo se refiere al conjunto de cualidades que debe de poseer para sostener la productividad vegetal y animal y promover su salud y condicionar la calidad del agua y aire. Las prácticas agrícolas inadecuadas pueden deteriorar la calidad del suelo; puesto que reducen su materia orgánica, lo que incide en su capacidad para degradar ciertos contaminantes de origen orgánico impactando de manera negativa al medio ambiente

La calidad del suelo es la capacidad que tiene el mismo para funcionar de manera continua y sostener la productividad biológica; los suelos pueden tener calidad heredada que depende de los factores de formación y la calidad dinámica que dependerá de su uso y manejo. Para evaluar la calidad del suelo es muy importante la utilización de herramientas de medición que permitan conocer propiedades, procesos y características del mismo que ayudara a saber si este recurso mejora, permanece constante o decrece [15].

2.1.3. Adaptación al Cambio climático

La adaptación al cambio climático se refiere a las acciones realizadas por la sociedad con el fin de reducir y mitigar los impactos generados por el cambio climático, esta adaptación se la realiza de diversas formas y modalidades, las cuales requieren del compromiso del gobierno y de la población en general. El objetivo principal de la adaptación al cambio climático consiste en desarrollar la capacidad para controlar los impactos adversos del clima; además, dentro de las acciones que se deben tomar son: proteger y restaurar la naturaleza y combatir los contaminantes climáticos [16].

2.1.4. Escenarios de Cambio Climático

El escenario climático consiste en una descripción del clima, la cual está basada en una serie de variables de cómo puede desarrollase el clima en el futuro y cuáles son las fuerzas que podrían intervenir para generar un cambio climático en el mundo. Es una herramienta utilizada por la ciencia para conocer a partir de la información histórica y estadística sobre el posible comportamiento que tendrán de las variables climáticas en un futuro [17]**.**

2.1.5. SIG (Sistema de Información Geográfica)

Es un instrumento que generalmente es utilizado para relacionar datos con la ubicación geográfica, este sistema posee varias características entre ellas se pueden mencionar la posición, atributos, relaciones espaciales y el tiempo. El SIG es el encargado de almacenar información cartográfica digital; es decir que este sistema crea, analiza, administra y

representa cartográficamente todo tipo de datos; además, ayuda a las personas que lo utilizan para que comprendan los patrones, relacione y el contexto geográfico, pose varias ventajas como que exista una mejora en la comunicación y eficiencia y ayuda a la gestión y toma de decisiones [18].

2.1.6. Suelo

El suelo es una capa de la corteza terrestre que está constituido por componentes orgánicos e inorgánicos y pequeñas cantidades de agua y aire, es considerado una estructura de vital importancia para el desarrollo de las plantas y animales porque le proporciona los elementos nutritivos indispensables para su existencia; además, es la zona de contacto entre la biósfera y la atmósfera y siempre está en constante cambio y evolución [19].

Según Novillo, Carrillo, Cargua, Nabel y Albán [20] "el suelo es un recurso natural finito y no renovable que está compuesto por un sin número de minerales, agua, aire y materia orgánica, los cuales inciden en su calidad". Es un recurso muy importante porque tiene varias funciones entre ellas se puede mencionar, ayuda a la retención de sustancias, sirve de protector para proteger las aguas de origen subterráneo, proporciona nutrientes y es capaz de transformar compuestos orgánicos para la mineralización.

2.1.7. Trayectorias Socioeconómicas Compartidas

Las trayectorias socioeconómicas compartidas son aquellos escenarios de cambio climático proyectados a largo plazo, permiten analizar cómo lo cambios podrían impactar de manera negativa el futuro. Permiten describir el futuro alternativo de desarrollo socioeconómico, lo cuales muestran cómo podría funcionar el mundo en diferentes aspectos como la evolución de las economías, cambio demográfico y tecnología entre otros [21].

2.1.8. Worldclimb

Es un sistema de información de variables climáticas libre abierto y libre que guardan y organizan información que han permitido un desarrollo exponencial de trabajos sobre biogeografía, macroecología y cambios climáticos muy utilizado en los últimos años. Además, este sistema también permite el acceso a información de 19 variables climáticas en pasado y en el futuro. En la actualidad worldclimb dispone de dos versiones donde puedes descargar información gratuita a nivel mundial [22].

2.1.9. Zonificación agroecológica

Para Salazar, Quiroga, Hoyos y García [23] se denomina zonificación a la técnica empleada para identificar las regiones que serán más óptimas para el desarrollo de cultivos, esta se realiza a través de la división de un terreno determinado en subzonas. Es decir que, las zonificaciones ecológicas son aquellas zonas que poseen el potencial biofísico adecuado como el clima y las características del suelo necesarias para la producción agrícola; además esta se realiza porque permite facilitar el proceso de planificación y coordinación de las actividades de los sectores agrícolas y aumentar la producción de las tierras.

2.1.10. Sostenibilidad

La sostenibilidad consiste en satisfacer las necesidades de la sociedad actual, sin comprometer la de las futuras generaciones, garantiza la existencia de un equilibrio entre el crecimiento de la economía de cualquier país teniendo en consideración el respeto y responsabilidad con el medio ambiente y el bienestar social. Es muy importante puesto que no si no hay una adecuada sostenibilidad el crecimiento no sería posible y no existiría calidad ambiental para un óptimo desarrollo [24].

El desarrollo sostenible representa el cambio de la sociedad actual que trata de mejorar y proteger los recursos para satisfacer sus necesidades sin afectar la capacidad para las nuevas generaciones. La sostenibilidad señala el camino para hacer frente a determinados desafíos globales a los cuales se enfrentan los seres humanos, tales como: el cambio climático y desigualdad. Por lo tanto, este término implica asumir que la naturaleza y el medio ambiente no son una fuente inagotable de recursos; razón por la cual, es indispensable protegerla y hacer uso racional de los mismos.

2.1.11. ODS

Los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) son objetivos globales que fueron adoptados por la Organización de Naciones Unidas en el 2015 como una convocatoria universal para poner fin a la pobreza, cuidar y proteger el ambiente y garantizar que para el futuro los individuos gozaran de paz y tranquilidad. Son 17 objetivos que buscan mejorar la vida de la sociedad actual y mitigar los peligros derivados del cambio climático, también buscan motivar a la humanidad a desarrollar practicas más sostenibles en el uso de los recursos naturales del planeta [25].

2.2. Marco Referencial

2.2.1. Perspectiva general de modelación espacial de idoneidad y adaptabilidad del suelo.

Es un método utilizado para conocer las características del suelo, que a la postre determinarán cuán idóneo es sembrar en una determinada zona geográfica. El principal criterio que se utiliza en este análisis es la variabilidad espacial de los elementos del clima, los cuales se presentan en mapas, mismos que en la actualidad son de tipo digital, aspecto que facilita la búsqueda, puesto que cualquier usuario puede consultar la información, de manera que puede estudias las ventajas comparativas que se presentan en relación a otro suelo o zona geográfica. A este proceso, se conoce como optimización de la idoneidad para las plantaciones agrícolas, para obtener el máximo rendimiento del cultivo [26].

Lo citado pone en manifiesto que la modelación espacial de idoneidad y adaptabilidad se constituye en una herramienta fundamental para la toma de decisiones. Sobre todo, en zonas geográficas que están expuestas a constantes cambios climáticos, como es el caso del cantón Valencia, en donde en temporada de invierno, se necesita una evaluación técnica que ayude a tomar una decisión acertada, evaluando las características del suelo. Pero esta herramienta no solo se limita a este tipo de escenarios, en realidad sirve para ser utilizada de manera cotidiana, para obtener un mayor y mejor aprovechamiento del suelo.

La modelación de la aptitud para el uso de la tierra no debe ser considerada como una actividad complementaria u opcional, técnicamente es el primer paso que una persona que realiza actividades agrícolas de forma planificada y sustentable. Es primordial tener claro que cuando se utiliza el suelo de acuerdo a su aptitud, existen grandes probabilidades de lograr el mayor equilibrio entre los factores: ambientales, económicos y sociales. Este proceso es vital para lograr una adecuada distribución espacial de las propiedades del suelo, lo que a su vez conlleva a un manejo efectivo de la tierra [27]. De allí la importancia de la aplicación efectiva de un proceso de modelación espacial para medir la idoneidad de los diversos suelos, es importante la aplicación técnica de este proceso puesto que es la forma de obtener un mejor aprovechamiento de los recursos, y a la vez prever los resultados que un agricultor podría tener cuando realiza sus siembras de distintos productos que se cultivan en el cantón Valencia.

2.2.2. Implicaciones de la conservación del suelo

En 1992 se lanzó la Reseña Mundial de Enfoques y Tecnologías de la Conservación (WOCAT, por sus siglas en ingles). Es un proyecto que tiene aspiraciones de promover la integración de métodos exitosos en el afán de la conservación del suelo, agua y usos de tierra en todo el planeta. Es así que la Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación (FAO) se encuentra realizando diversos talleres en distintas regiones, principalmente en el continente africano. Esta recopilación de la data de África servirá como punta de lanza para la iniciativa del Plan Internacional para la Conservación y Rehabilitación de Tierras. Basado en estos antecedentes, la conservación del suelo se trata de las distintas actividades locales destinadas a mantener o aumentar la capacidad productiva de las tierras en áreas que sufren afectaciones de distintas índoles o aquellas que se encuentran propensas a la degradación [28].

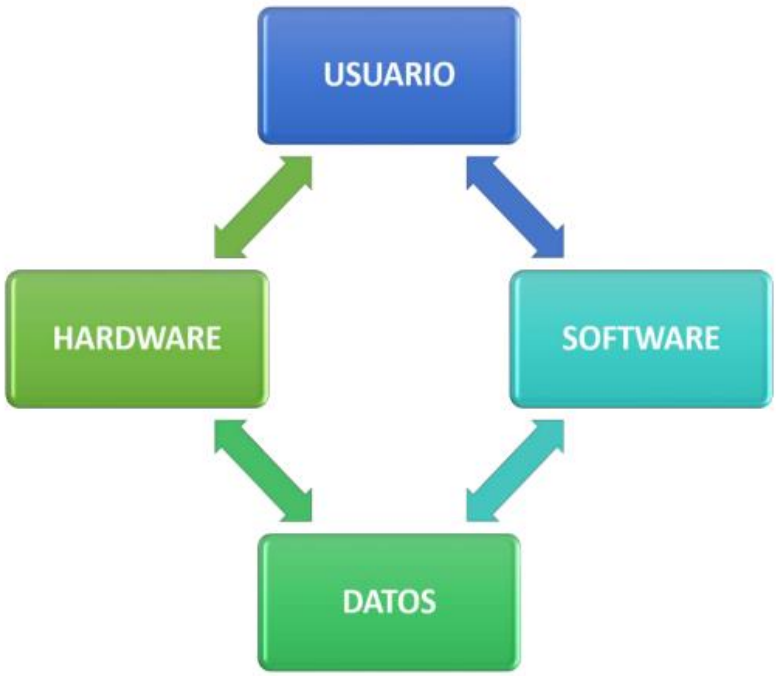
Se puede notar como la FAO, que es una de las principales organizaciones en el ámbito de la agricultura, posee un enfoque de conservación del suelo. Esto fundamentalmente ocurre puesto que, con el paso de los años, la calidad del suelo se ha ido deteriorando, debido a múltiples factores, entre ellos los constantes cambios climáticos que en la actualidad son aún mayores que hace décadas. Es este escenario que conlleva a generar conciencia en que para que la tierra produzca se requiere de un tratamiento adecuado, lo cual se traduce en una conservación eficiente del suelo, de tal manera que se encuentren en condiciones óptimas para producir los alimentos y distintos productos agrícolas, lo cual a su vez contribuya significativamente al fortalecimiento de la seguridad alimentaria del cantón Valencia, como de todo su entorno de influencia.

La conservación de los atributos del suelo debe ser un objetivo común de la sociedad en todo su conjunto, hacia ese objetivo de deben destinar esfuerzos perfectamente coordinados, puesto que de esta manera los recursos biológicos del agrosistema son usados, manejados y optimizados para un mejor funcionamiento de todo el aparataje agrícola, lo cual a su vez ayudará al destino de la productividad del sistema agropecuario. Las buenas prácticas agrícolas son definidas como el conjunto de principios, recomendaciones y normas aplicadas en las distintas etapas de la producción agrícola, para garantizar principalmente el abastecimiento de alimentos [29]. Es decir, la conservación del suelo es tema que desencadena a otras variables de análisis, en este caso, a la seguridad alimentaria. Por esta razón, se precisa de herramientas adecuadas para tal efecto.

2.2.3. Importancia de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica son de suma importancia en el análisis de la modelación espacial de idoneidad y adaptabilidad del suelo porque es un sistema muy completo, integrado por elementos diseñados para facilitar la toma de decisiones del gestor de la planificación agrícola. Es preciso mencionar que para que el sistema tenga características más funcionales, se ha incluido técnicas distintas a los SIG, con el objetivo de encontrar soluciones efectivas a los problemas de planificación y gestión. Entre las técnicas integradas se encuentra la Evaluación Multicriterio (EMC) y Multiobjetivo [30]. Bajo este contexto, se puede resaltar que el escenario que se presenta en la actualidad, motiva a incluir la tecnología en este tipo de estudios, para obtener un impacto mayor, y además optimizar los recursos de mejor manera.

Los SIG están pensados para obtener mayor eficiencia en los procedimientos agrícolas. A continuación, se presenta una figura que sintetiza la funcionalidad del sistema.



Fuente: [30]

En la figura se observa que los SIG poseen cuatro elementos importantes, el *hardware* corresponde a la parte física; es decir, se trata de los ordenadores personales, escáner, estación de trabajo, plotters, escáner, unidades de almacenamiento. El siguiente elemento es el *software*, que se refiere al programa informático encargado de realizar las operaciones y

manipulaciones de los datos y la información de campo que se va obteniendo en los distintos niveles y momentos de análisis durante el proceso de estudio; es muy importante que el gestor tenga la capacidad de seleccionar el software que posee una mayor adaptabilidad y versatilidad para el proyecto que se esté ejecutando [30].

El tercer componente es el dato, este es un componente de mucha importancia, puesto que en base a la información disponible se pueden efectuar todas las operaciones a desarrollar en un SIG. El último elemento es el usuario del sistema, corresponde a las personas encargadas de gestionar y realizar todas las operaciones y actividades, son los encargados de producir resultados, encontrar soluciones a los problemas y, sobre todo, realizar análisis de los hallazgos que encuentren para tomar decisiones adecuadas [30].

2.2.4. Importancia de la conservación de los suelos

La importancia que posee la gestión sostenible de los suelos radica en garantizar la seguridad alimentaria de futuras generaciones; es decir, por medio de la conservación del suelo se podrá aumentar el suministro de alimentos a la sociedad. Por lo tanto, es esencial que la población minimice o implemente estrategias que prevengan su degradación y restaurar la productividad de aquellos que ya se encuentran degradados, más aún en las regiones donde existen poblaciones vulnerables [31].

Es necesario manifestar que los suelos son trascendentales para la vida en la tierra; sin embargo, la explotación de la humanidad sobre este recurso está llegando a un nivel de límite crítico. La pérdida de suelos productivos o la endeble implementación de estrategias de conservación, provocarán inestabilidad en el precio de los alimentos y generará pobreza en millones de personas. Motivo por el cual, lograr una gestión sostenible del recurso suelo permitirá enormes beneficios para las comunidades [31].

2.2.5. Gestión Sostenible del suelo

La gestión sostenible del suelo solo se dará si el apoyo, aprovisionamiento, regulación y servicios culturales proporcionados por el suelo, sean mantenidos o amplificados sin que se perjudique de manera significativa las funciones del suelo y aporte que brinda a la biodiversidad. Entre los beneficios que posee la gestión sostenible del suelo se encuentran:

- Fortalecimiento de la seguridad alimentaria
- La reconstrucción de las reservas de carbono en el suelo y cobertura vegetal.
- Disminuir el CO_2 de la atmósfera y deceleración del calentamiento global
- Preservar y mantera con vida paisajes culturales y naturales
- Mitigar la degradación del suelo
- Mejorar la producción primaria
- Conservar la biodiversidad en cada sector agrícola [32].

2.2.6. Efectos del cambio climático en el recurso suelo

Uno de los serios problemas que posee el mundo es el cambio climático, motivo por el cual se convierte como uno de los aspectos amenazantes en la conservación del suelo agrícola. Según la FAO [31].

La influencia que genera el cambio climático sobre el recurso suelo es considerado como una fuente generadores de incertidumbre sobre cualquier proyección de tendencias en los servicios de ecosistemas claves ofertados por el suelo. Entre las consecuencias que provoca el cambio climático al suelo se encuentran: modificación en la reserva de agua debido a modificaciones de cantidad, patrón de precipitaciones y elevadas temperaturas que demandan una mayor evaporación, lo cual condicionará la tasa de evaporación real, suministro de aguas y generación de escorrentía según las condiciones locales. Además, los cambios provocados por el calentamiento en la temperatura del suelo y sistemas de humedad, pueden aumentar la tasa de descomposición del COS y la rapidez de los riesgos de erosión y desertificación del suelo [31].

2.3. Marco Legal

En este acápite se detallan las bases normativas que sustentan la presente investigación en cuanto a la conservación de suelo.

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador

La Carta Magna del Ecuador en su artículo 14, Capítulo Segundo “Derechos del Buen Vivir” establece que se reconoce el derecho de la población a encontrarse en hábitat que se

caracterice por un ambiente sano, equilibrado ecológicamente, el cual permite asegurar sostenibilidad y buen vivir [33].

De igual manera en el artículo 395 de la Constitución de la República del Ecuador se manifiestan los siguientes principios ambientales: El Estado, tiene como competencia garantizar un modelo sustentable de desarrollo, que sea equilibrado en el contexto ambiental y que respete la diversidad cultura, donde se asegure la conservación de la biodiversidad y capacidad para la regeneración natural de los ecosistemas [33].

En el artículo 397 de la Carta Magna se establece que, en cualquier daño ambiental, el Estado tiene que actuar de forma inmediata para que se garantice la salud y conservación de los ecosistemas; además, subsidiará aquella acción. De igual manera se establecen sanciones para el operador de la actividad que genere daños a la naturaleza, también se menciona que la responsabilidad recaerá sobre los servidores públicos que sean responsable de efectuar el control ambiental [33].

En la sección quinta, Suelo de la Constitución de la República del Ecuador se estipula en el artículo 409 lo siguiente: es de interés público y de prioridad estatal la conservación del suelo, de manera particular su capa fértil. Se establecerá un cuerpo normativo para la protección y utilización sustentable que limite su degradación, en especial la generada por la contaminación, desertificación y erosión. El artículo 410 de la Constitución también ha sido considerado en la fundamentación legal, puesto que el mismo menciona que el Estado tiene que brindar a los agricultores y comunidades rurales el apoyo necesario para la conservación y regeneración de los suelos, de igual manera para el desarrollo de prácticas agrícolas, con la intención de proteger y promover la soberanía alimentaria.

2.3.2. Código Orgánico del Ambiente

El Código Orgánico del Ambiente establece en el artículo 5, titulado Derecho de la población a vivir en un ambiente sano, que toda persona posee el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende. Además, en el literal 5 se menciona como aspecto importante la conservación y uso sostenible del suelo que prevenga la erosión, degradación, desertificación y fomente su restauración [34].

En el artículo 118 del Código Orgánico del Ambiente se manifiesta que en las actividades de restauración ecológica de suelos o ecosistemas se brindará prioridad a la regeneración

natural cuando la misma sea viable técnica, económica y socialmente. Por lo tanto, los Gobiernos Autónomos Descentralizados, bajo el marco de sus competencias, otorgarán asistencia prioritaria a los suelos degradados o que se encuentren en proceso de desertificación, aquello bajo lineamientos de la Autoridad Ambiental Nacional [34].

El Código Orgánico del Ambiente en su artículo 197 se define que las actividades que afecten la calidad o estabilidad del suelo, o aquellas que puedan provocar su erosión, tienen que ser reguladas, y en algunos casos siempre que sea necesario, restringidas. Se ofertará prioridad a la protección y conservación de ecosistemas que se encuentren ubicados en zonas de altas pendientes, límites con cuerpos hídricos y otros que establezca la Autoridad Ambiental Nacional [34].

2.3.3. Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo.

En el Capítulo II sobre los Principios Rectores y Derechos Orientadores del Ordenamiento Territorial y Planeamiento del Uso y Gestión del Suelo, artículo. 5.- Principios rectores: se resalta el siguiente principio: sustentabilidad, el cual manifiesta que la gestión de competencias de ordenamiento territorial y uso del suelo, promoverá el desarrollo sustentable, manejo eficiente y racional de los recursos [35].

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Localización

La investigación se realizó en el cantón Valencia de la Provincia de Los Ríos, lugar donde se cultiva todo tipo de productos agrícolas, tales como: banano, arroz, maíz, soja, palma africana, maracuyá, entre otras más. Sus límites son: al norte con la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Sur con los cantones Quevedo y Quinsaloma, Este con la provincia de Cotopaxi (cantón La Maná) y Oeste con el cantón Buena Fe. La cabecera cantonal es la ciudad de Valencia, cuyas coordenadas son: 0°57‘09‘’ de latitud Sur y 79°21‘11‘’ de longitud Oeste; además, la superficie total es de 987.00 km², con una geografía del suelo que se encuentra a 60 metros sobre el nivel del mar. La hidrografía del cantón está constituida por los ríos San Pablo, Quindinga, Lulo y Manguilla.

Figura 1. *Mapa de ubicación de los suelos agrícolas del Cantón Valencia.*

ELABORADO: AUTORA

3.2. Tipo de Investigación

De acuerdo a la naturaleza del estudio se utiliza los siguientes tipos de investigación. Según el nivel de profundización se emplea una investigación descriptiva y exploratoria; además, se utiliza el tipo de investigación diagnóstica, en función de las necesidades de obtener información relacionadas con las variables contempladas en el presente proyecto investigativo.

3.2.1. Investigación Descriptiva

Se aplica una investigación descriptiva porque se caracterizada cada una de las zonas que se encuentre idóneas para que se inicie un proceso de conservación de suelo agrícola o se establezca su adaptabilidad a eventuales cambios climáticos en la provincia de Los Ríos. Para lo cual se precisa de estudios o valoraciones técnicas en las áreas o sectores agrícolas de mayor relevancia en la localidad. El estudio sobre la modelación espacial de idoneidad y adaptabilidad de áreas de conservación del suelo, se realiza por medio de un proceso evaluativo meticulosos, con el objetivo de determinar los principales hallazgos que ayuden a cumplir con los objetivos de la investigación.

3.2.2. Investigación Exploratoria

Se utiliza una investigación exploratoria puesto que se indaga sobre la idoneidad y adaptabilidad de los suelos agrícolas en el cantón Valencia, con el objetivo de obtener datos que ayuden a comprender en mayor medida el fenómeno de investigación. Es decir, por medio del estudio exploratorio se obtiene información que ayuda a acercarse a la realidad que experimenta la gestión del recurso suelo en la localidad donde se efectúa el proceso investigativo.

3.2.3. Investigación Diagnóstica

En el presente estudio también se aplica el tipo de investigación diagnóstica, debido a que se indaga sobre una situación específica y así comprender los diferentes hechos que se desprenden del proceso investigativo acerca de la zonificación agrícola de los cultivos en la ciudad de Valencia. Es decir, por medio de la investigación diagnóstica se obtendrá un conocimiento general del objeto de estudio.

3.3. Métodos de Investigación

3.3.1. Deductivo

Se emplea el método deductivo debido a que es el que más se ajusta en el proceso de investigación; se parte de una premisa general de estudio que consiste en la modelación espacial de idoneidad de suelos agrícolas, para luego establecer estrategias de implementación que permitan una mejor conservación del suelo, con el objetivo de que se utilización sea mediante procedimientos de sostenibilidad y ayude a garantizar la seguridad alimentaria de la localidad.

3.3.2. Sintético

Se considera la aplicación del método sintético en virtud de que en la investigación se prioriza sintetizar los principales resultados sobre el estudio de la modelación espacial de idoneidad sobre los suelos agrícolas del cantón Valencia, lo cual permite el establecimiento de conclusiones generales sobre la premisa de investigación.

3.4. Fuentes de Recopilación de Información

3.4.1. Fuentes primarias

Los datos sobre los diferentes cultivos a estudiar son obtenidos de las siguientes fuentes oficiales: SIGTIERRAS, MAATE, SIN y GEO PORTAL, donde se descargan mapas, bases de datos, tablas y documentos oficiales referente al objeto de estudio. En cuanto a la información de las condiciones o requerimientos agroecológicos de cultivos se consideraron las fuentes oficiales MAGAP, CGSIN y DIGDM. En el presente estudio también se consideran las siguientes fuentes de datos:

- Cartografía temática biofísica (Geopedología y Geomorfología), escala 1:25.000. (MAG-IEE-SENPLADES, 2009-2015). Versión editada MAG 2019.
- Información climática (precipitación y temperatura), serie 1985 2014.
- Requerimientos agroecológicos del cultivo en condiciones naturales.
- División Político Administrativa del Ecuador, escala 1:50.000. (CONALI, 2019).
- Cartografía de cobertura y uso del cultivo, escala 1:25.000.

3.4.2. Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias de investigación del presente proyecto son todas las bases teóricas y bibliográficas; es decir, los libros, revistas, sitios web oficiales y trabajos investigativos que sustenten el estudio sobre la modelación espacial de idoneidad y adaptabilidad a los cambios climáticos de los suelos agrícolas del cantón Valencia.

3.5. Diseño de la Investigación

La presente investigación posee un diseño no experimental, en virtud de que no se interviene en el proceso de análisis de la temática de estudio. Además, posee un enfoque mixto; es decir, cuali-cuantitativo, porque se emplean técnicas de investigación cualitativas y cuantitativas que ayudan a la obtención de información relevante que facilita el cumplimiento de los objetivos planteados. La investigación es de carácter descriptivo, donde se establecen cada uno de los hallazgos obtenidos en el análisis de la modelación espacial de idoneidad de los suelos agrícolas en el cantón Valencia.

3.6. Instrumentos de investigación

A continuación, se detallan los instrumentos e insumos necesarios para la obtención de información sobre el objeto de estudio:

- Desarrollo y análisis en el SIG (sistema de información geográfica): ArcGis.
- Ficha de análisis de documentos

De igual manera se emplearon parámetros cartográficos como: escala, sistema de referencia, proyección y zona cartográficas para medir dos aristas de análisis que son: el cambio de suelo que han tenido los cultivos de la ciudad de Valencia y su respectiva zonificación agrícola. A continuación, se detallan los parámetros empleados para determinar los mapas de cambio de suelo y la zonificación agrícola:

- Escala: 1:25.000
- Sistema de referencia: World Geodetic System 1984
- Proyección Cartográfica: Universal Transversa de Mercator (UTM)
- Zona cartográfica: 17 Sur
- Año: cambio de uso de suelo (1990 y 2015) y zonificación agroecológica (2020).

Además, se establecieron los parámetros para la realización los mapas de modelación para el periodo 2081-2100.

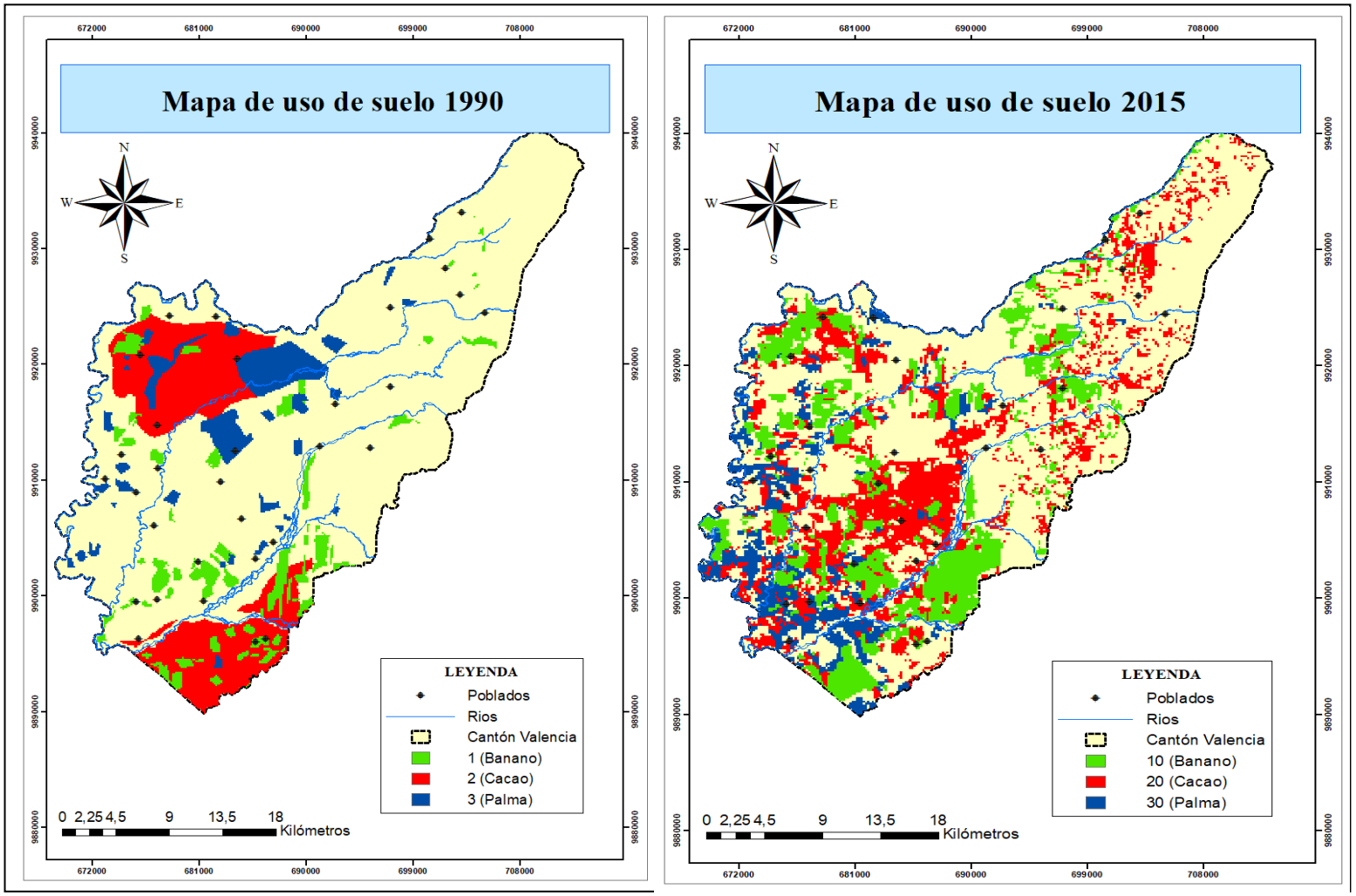
- Escala: 1:25.000
- Sistema de referencia: World Geodetic System 1984
- Proyección Cartográfica: Universal Transversa de Mercator (UTM)
- Zona cartográfica: 17 Sur
- Mapas resultantes de la zonificación agroecológica
- Datos del modelo CMIP 6 (Worldclim)
- Rutas socioeconómicas compartidas (SSP1 y SSP5)

3.7. Tratamiento de los datos

3.7.1. Mapa cambio de uso de suelo de los cultivos del cantón Valencia.

En el tratamiento de datos se recopiló información de las fuentes primarias seleccionadas para luego ser procesadas en el software ArcGis. Es importante resaltar que los datos establecidos para realizar los mapas de cambio de uso de suelo fueron archivos comprimidos de los años 1990 y 2015; con el propósito de evaluar la evolución que han experimentado los tres principales cultivos de la localidad, los cuales son: banano, cacao y palma africana. Para el establecimiento de los mapas de cambio de uso del suelo de los cultivos del cantón Valencia se utilizó información geográfica adquirida por la fuente de información Geoportal para luego ser procesada por el programa estadístico ArcGis. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la (figura 2):

Figura 2. *Uso del suelo con los cultivos de interés para el año 1990 y 2015.*



ELABORADO: AUTORA

Una vez procesado la información sobre el uso del suelo en la ciudad de Valencia, se procedió a realizar una matriz de transicional, la cual se detalla a continuación:

Tabla 1.

Matriz Transicional del cambio de uso de suelo del año 1990-2015

Matriz transicional de cambio de uso de suelo.			**2015**		
			Banano	cacao	palma
			10	20	30
1990	Banano	1	11	21	31
	Cacao	2	12	22	32
	Palma	3	13	23	33

FUENTE: PONTIUS, SHUSAS Y MCEACHERN, 2004 [37]

ELABORADO: AUTORA

La información que contiene la tabla 1 permitirá la creación de un álgebra de mapas, donde se considera la cobertura de los años 1990 y 2015, con su respectivo orden. La matriz transicional consistió en generar valores para identificar los cambios del uso del suelo en el área de interés, es así, que en la columna izquierda se encuentran los usos de suelo del año 1990, donde cada uso se le asignó un valor numérico secuencial. De igual manera en la parte superior se establecen los usos del suelo del año 2015, pero con valores diferentes.

La función de la presente matriz es identificar los cambios generados mediante la suma y combinación de los dos valores dentro del periodo establecido, de tal manera, que los valores que se mantuvieron son: 11, 22 y 33, los cuales indican donde no ha existido cambio de uso de suelo y que han predominado sobre el tiempo; mientras tanto, los demás valores que se encuentran en la tabla expresan los cambios generados. A continuación, se muestra el resultado de aquello:

Tabla 2.

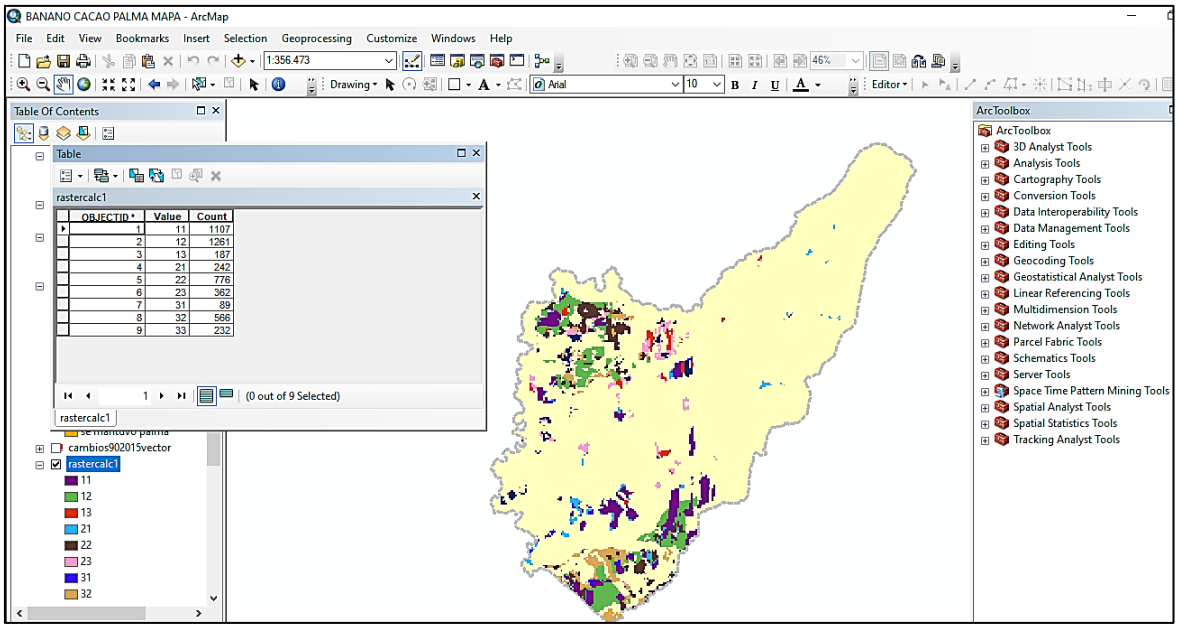
Resultados de la matriz transaccional años 1990 y 2015.

Cambio de uso del cultivo	Resultados de la matriz transaccional
Se mantuvo banano	**11**
De cacao a banano	12
De palma a banano	13
De banano a caco	21
Se mantuvo cacao	**22**
De palma a cacao	23
De banano a palma	31
De cacao a palma	32
Se mantuvo palma	**33**

ELABORADO: AUTORA

Con los resultados obtenidos se procede a calcular nuevamente el mapa de cambio de suelo de los cultivos identificados.

Figura 3. *Procedimiento de cálculo del mapa de cambio de suelo con raster calculator.*

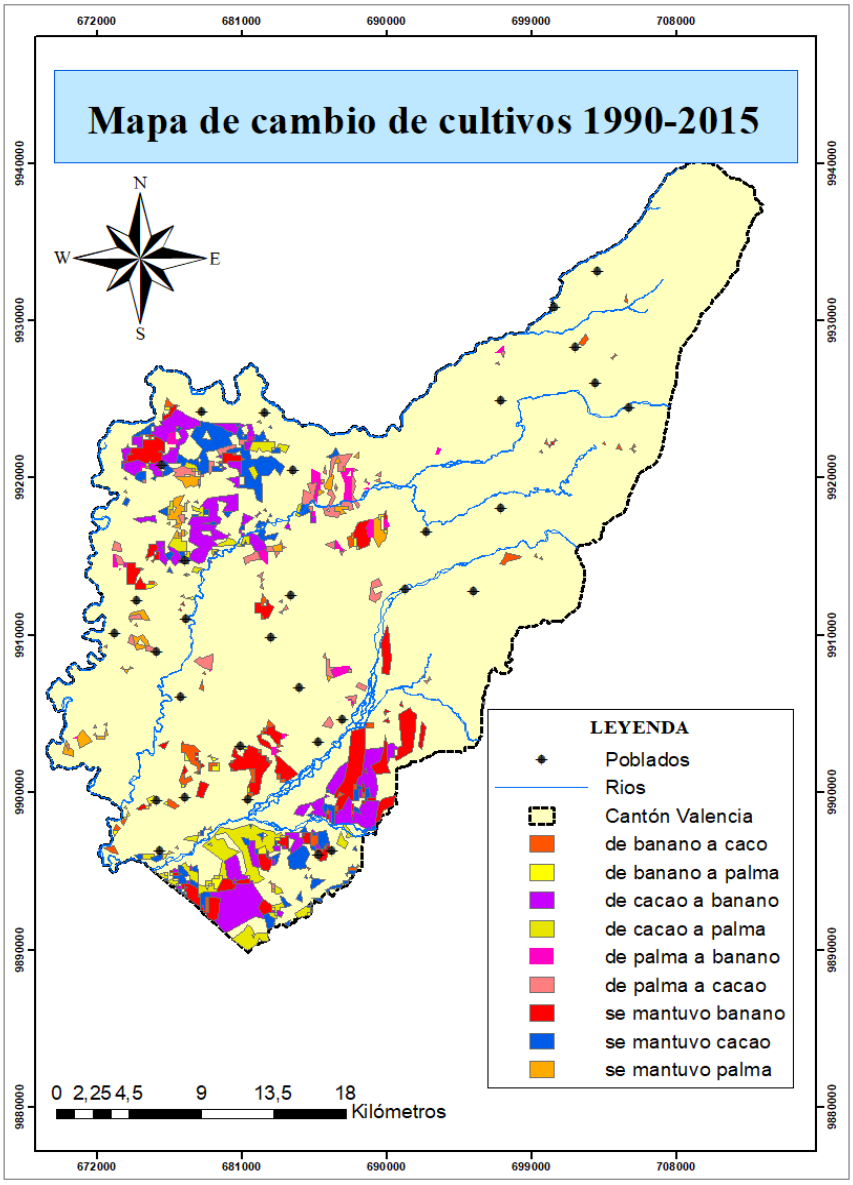


ELABORADO: AUTORA

Los valores de la matriz transicional permiten la creación de un algebra de mapas, es así como la (figura 3) ilustra y corrobora los valores de la matriz con los datos resultantes del cálculo realizado con la herramienta "raster calculator", en este paso se consiguió la combinación y sumatoria de los periodos en estudio. Luego del procedimiento descrito se

obtuvo el respectivo mapa de cambio de suelo utilizando la herramienta “raster to polygon” para convertir polígonos en raster.

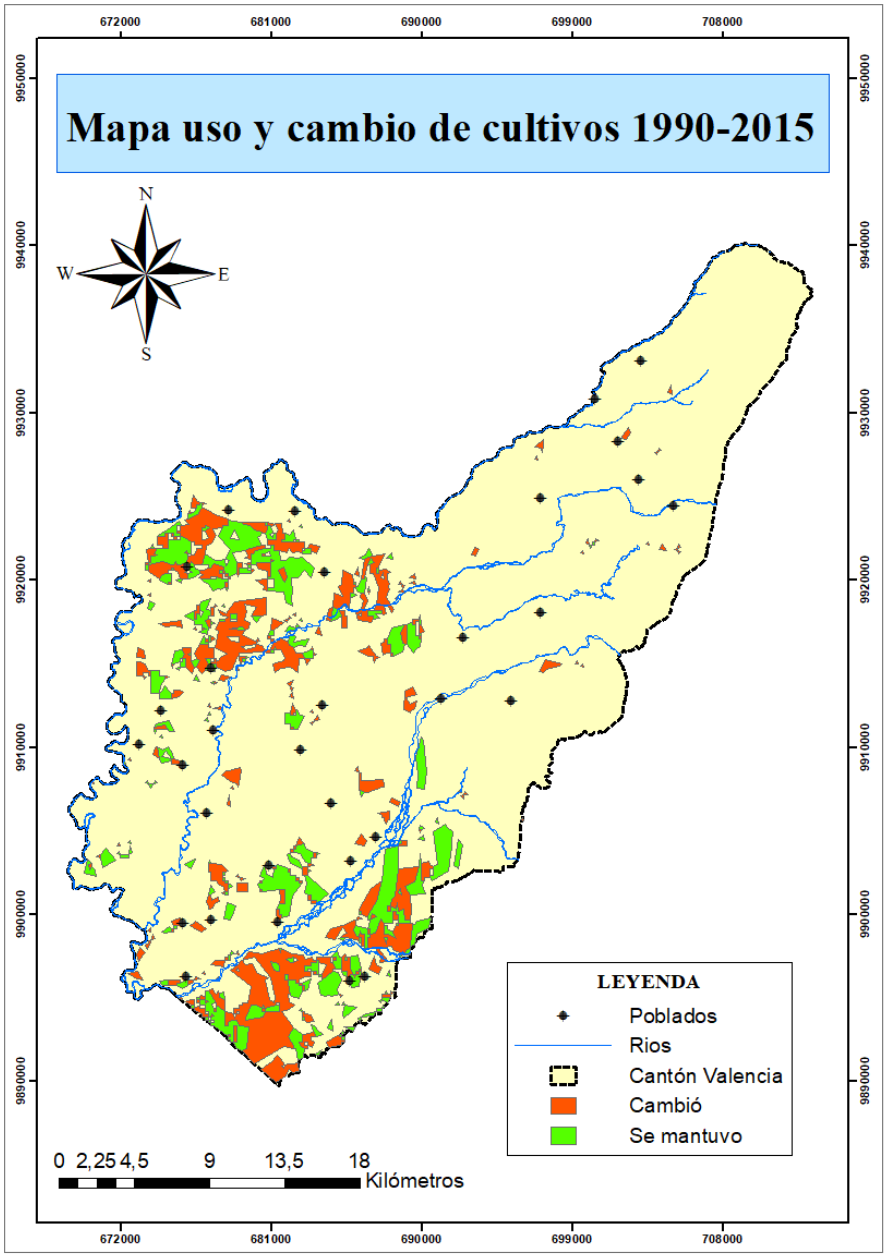
Figura 4. *Mapa de cambio de cultivo de 1990 a 2015*



ELABORADO: AUTORA

En la (figura 4) se muestran todos los cambios de uso del suelo en el periodo de tiempo analizado, lo cual permite conocer la evolución que ha experimentado el sector con respecto a los principales cultivos analizados. Sin embargo, en la figura 5 se proyecta de manera más concreta dichas modificaciones para mayor comprensión sobre el proceso evolutivo del suelo agrícola en el cantón Valencia.

Figura 5. *Mapa de cambio de suelo de 1990 a 2015*



ELABORADO: AUTORA

3.7.2. Mapas de zonificación agroecológica de banano, cacao y palma.

Para cumplir con el objetivo específico 1, el cual consiste en la zonificación agrícola (ZAE) de los principales cultivos de la ciudad de Valencia, se procedió con la recopilación de información necesaria de los diferentes cultivos a estudiar. Es decir, se efectúa una investigación bibliográfica donde se selecciona y procesa la información tanto climática y edáfica disponibles de fuentes oficiales. Los datos recopilados fueron analizados, donde, para el desarrollo de la zonificación agroecológica se consideró tres componentes

importantes, que son: requerimientos agroecológicos, zonificación biofísica (pendiente, textura, profundidad, drenaje y pH) y variables climáticas (temperatura y precipitación). Además, se toman en consideración las siguientes categorías para la evaluación y análisis del presente estudio:

Óptima (1): esta categoría define las superficies de suelo en condiciones naturales de relieve, edáficas y climáticas las mejores condiciones de adaptabilidad.

Moderada (2): áreas donde las condiciones naturales del suelo, clima y relieve presentan limitaciones leves, pero son zonas que sí producen, pero no como debería. Estas áreas se pueden mejorar con la implementación de buenas prácticas agrícolas.

Marginal (3): áreas que presentan limitaciones importantes de suelo, relieve y clima, lo cual impide el establecimiento y desarrollo normal del cultivo en condiciones naturales.

No apta (4): áreas de superficie que presentan limitaciones severas en cuestión de las condiciones edafoclimáticas ya descritas.

A continuación, se ejemplifica la zonificación de la palma africana para mayor explicación y comprensión del procedimiento a seguir:

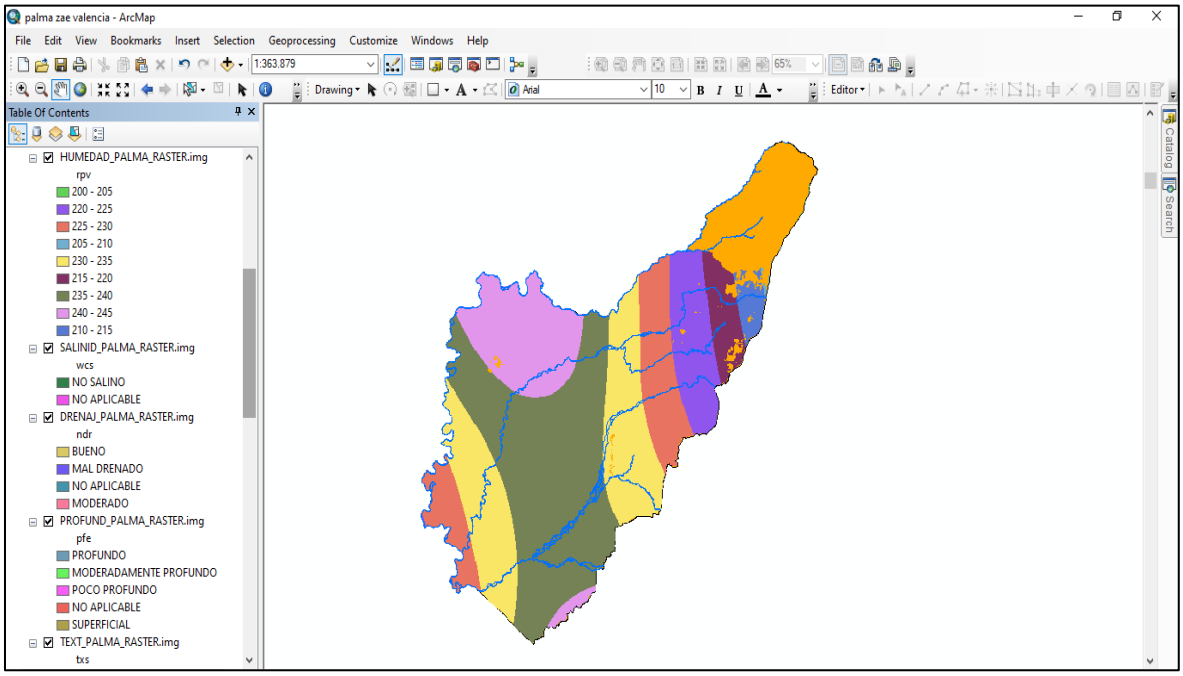
Paso 1: Se recopiló información tanto biofísica, de requerimientos agroecológicos y agroclimática.

Paso 2: Posteriormente se evaluó y se analizó los datos obtenidos como biofísicos (pendiente, textura, profundidad, drenaje y pH) y agroclimáticos (temperatura y precipitación).

Paso 3: Se realizó la zonificación biofísica y agroclimática [38].

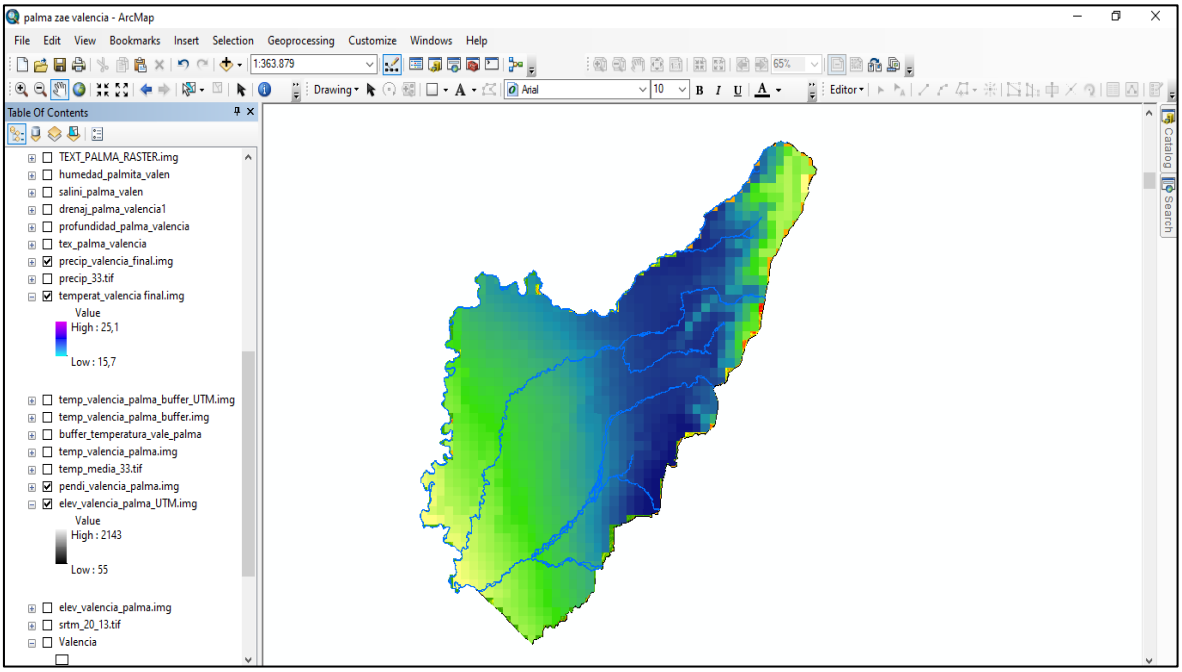
En función de los pasos descritos, se presentan las siguientes figuras donde se aprecia las capas de los requerimientos biofísicos y agroclimáticos utilizados en la zonificación agrícola de los principales cultivos.

Figura 6. *Requerimientos biofísicos.*



ELABORADO: AUTORA

Figura 7. *Capas de los parámetros agroclimáticos (temperatura y precipitación)*

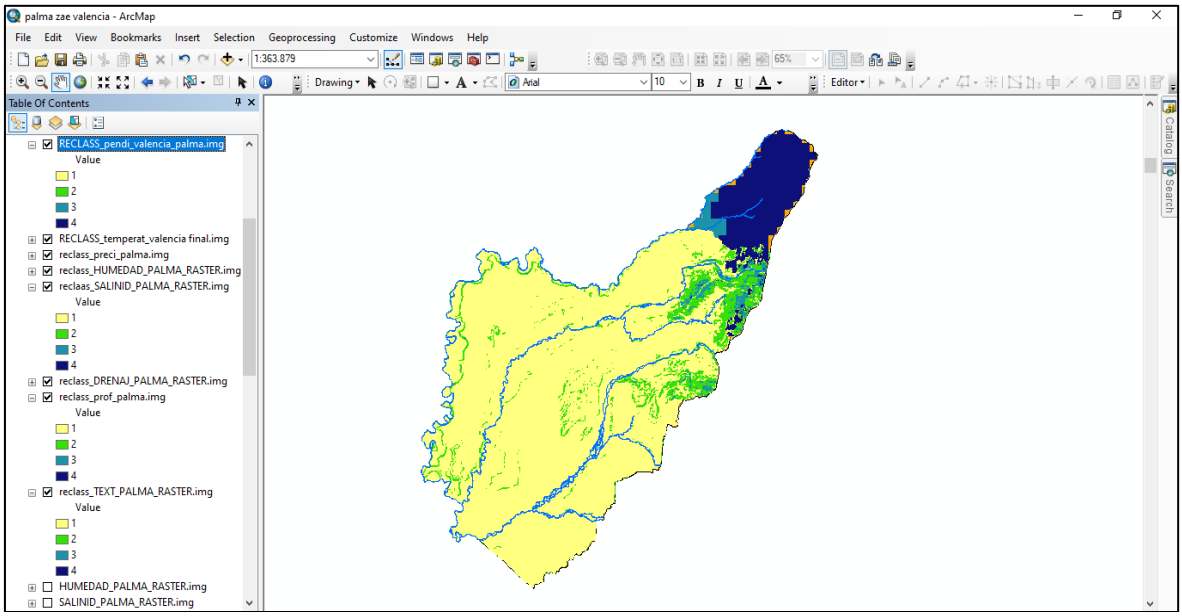


ELABORADO: AUTORA

Paso 4: Los resultados obtenidos en el proceso anterior tienen que ser transformados de polígonos a raster para realizar la reclasificación de las variables consideradas. La

reclasificación se aplica básicamente para reasignar los valores de las variables en estudio y así obtener el resultado en formato raster, como ilustra la (figura 8).

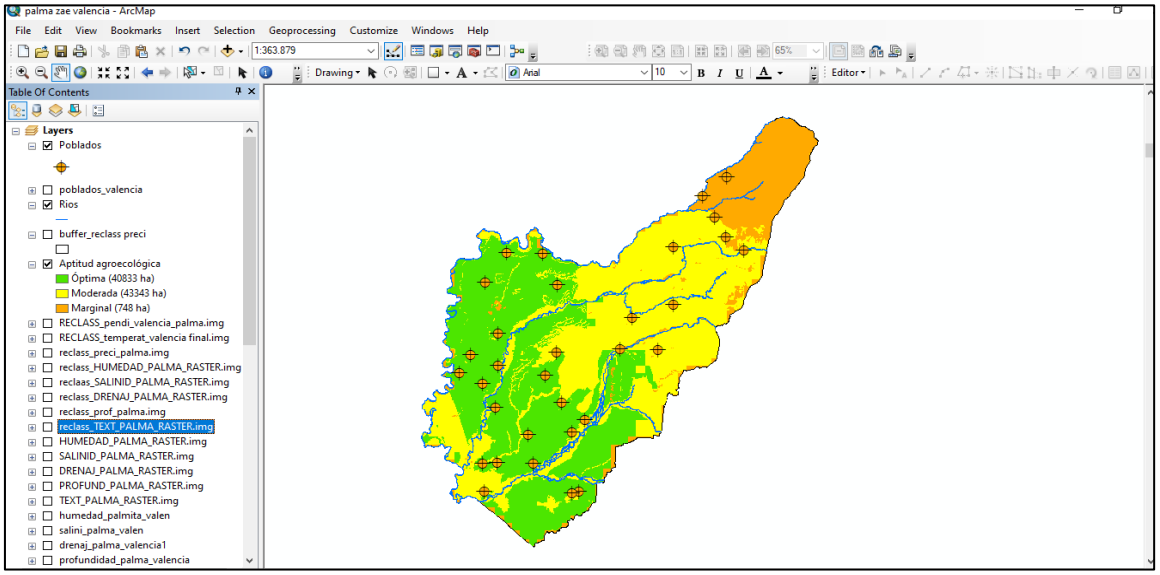
Figura 8. *Reclasificación de las variables consideradas.*



ELABORADO: AUTORA

Paso 5: Cómo último procedimiento se realiza la estandarización, donde se establece como valor óptimo (1), moderada (2), marginal (3) y no apta (4), de tal forma que se obtiene el mapa de zonificación agroecológica:

Figura 9. *Zonificación agroecológica.*



ELABORADO: AUTORA

3.7.3. Mapas de modelación sobre la zonificación agroecológica a futuro con CMIP 6 (SSP1 y SSP5).

El tratamiento de los datos para el desarrollo de la modelación sobre la zonificación agroecológica proyectada a futuro para el periodo 2081-2100, se realizó de la siguiente manera:

- Se descargó datos del modelo CMIP 6 (Worldclim).
- El modelo fue proyectado para el periodo 2081-2100 con una resolución de 30 s (equivalente a 1 km2).
- Se consideró las rutas socioeconómicas compartidas SSP1 (Sostenibilidad) y SSP5 (Alto en combustibles fósiles), estos se obtuvieron del laboratorio (MIROC-ES2L) del mismo Worldclim.
- Se utilizó la información en formato raster para los parámetros climáticos (temperatura media y precipitación).
- Una vez procesado los parámetros climáticos futuros, se agrega la información resultante de la zonificación agroecológica obtenida en el objetivo 2, únicamente se selecciona los parámetros edafológicos.

3.8. Recursos humanos y materiales

A continuación, se muestra una tabla donde contiene los recursos materiales del presente proyecto de investigación.

Tabla 3.

Recursos humanos y materiales.

Recursos humanos	Materiales de oficina	Software
• Coordinadora de la carrera de Ingeniería Ambiental • Docentes	• Computador • Lapiceros • Cuadernos de notas • Hojas A4 • Impresora	• Word • Excel • Arcgis • PowerPoint

ELABORADO: AUTORA

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Este capítulo describe los resultados alcanzados conforme al orden de los objetivos específicos y la metodología descrita en el Capítulo III.

4.1.1. Zonificar la distribución agroecológica de los principales cultivos del cantón Valencia.

4.1.1.1. Cambio de Uso del Suelo

Se determinó el uso del suelo de los años 1990 y 2015, información que fue obtenida en la base de datos del Sistema Nacional de Información (SNI). A través de un análisis sigiloso se identificaron los principales cultivos que se han mantenido con el paso del tiempo; posterior a ello, se establecieron los cultivos de importancia en cada uno de los años seleccionados, con el propósito de determinar el uso pasado y actual de los sembríos de banano, cacao y palma en el cantón Valencia.

Es importante resaltar que, para el año 1990 el cultivo más representativo o con mayor superficie era el cacao, con 7.362 ha., de igual forma el cultivo con menor plantaciones resultó ser el banano, con aproximadamente 2.825 ha., información descrita se procesó según datos arrojados del análisis realizado en el software ArcGis. Por lo tanto, los cultivos de interés considerados en el presente estudio fueron: banano, cacao y palma africana. A continuación, se detallan las hectáreas por cada cultivo:

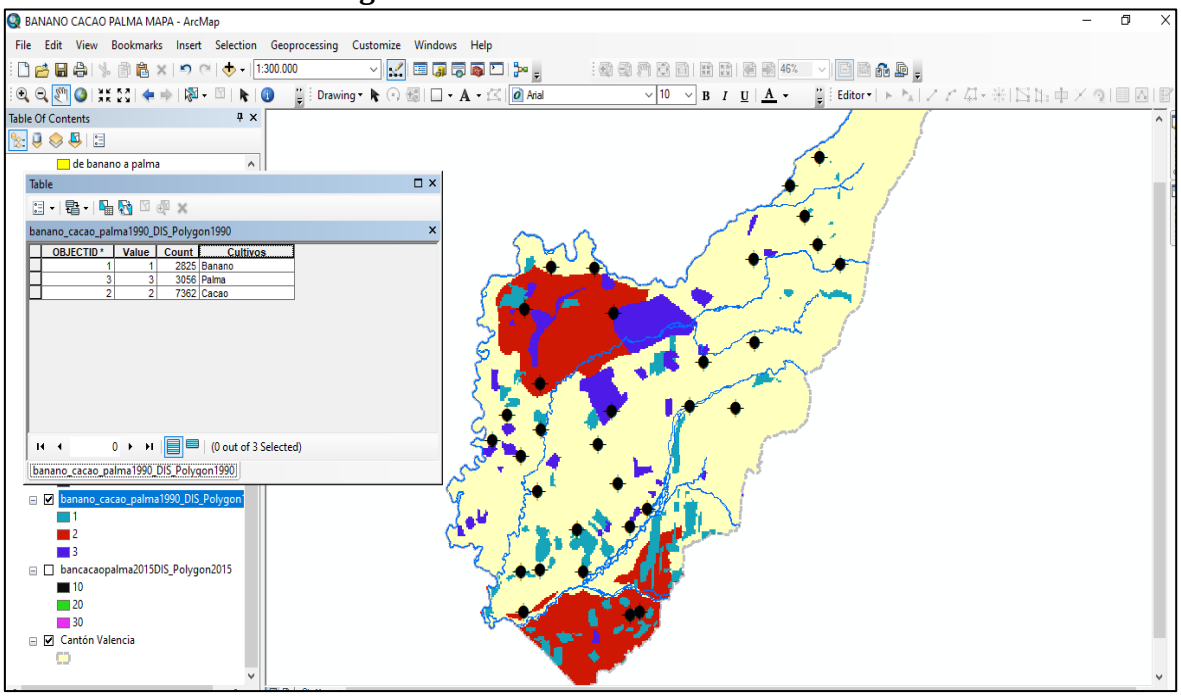
Tabla 4.

Cultivos de interés del cantón Valencia año 1990.

Hectáreas	Cultivos
2825	Banano
3056	Palma
7362	Cacao

ELABORADO: AUTORA

Figura 10. *Cultivos de interés año 1990.*



ELABORADO: AUTORA

Una vez obtenidos los datos sobre el uso del suelo en los cultivos descritos para el año 1990, se procedió a determinar la utilización de dicha superficie en el periodo 2015; es necesario manifestar que, son los datos más actualizados hasta la fecha; motivo por el cual, han sido considerados como valores de referencia para el presente estudio. De igual forma, aquella información fue procesada en ArcGis para determinar el área que usan los cultivos de interés; lo cual permitió establecer que el cultivo con mayor superficie sigue siendo el cacao con 6.720 ha; es decir, en dicho periodo el cultivo de banano pasó a ser el segundo entre los tres cultivos con un total de 5.528 ha como ilustra en la (figura 12).

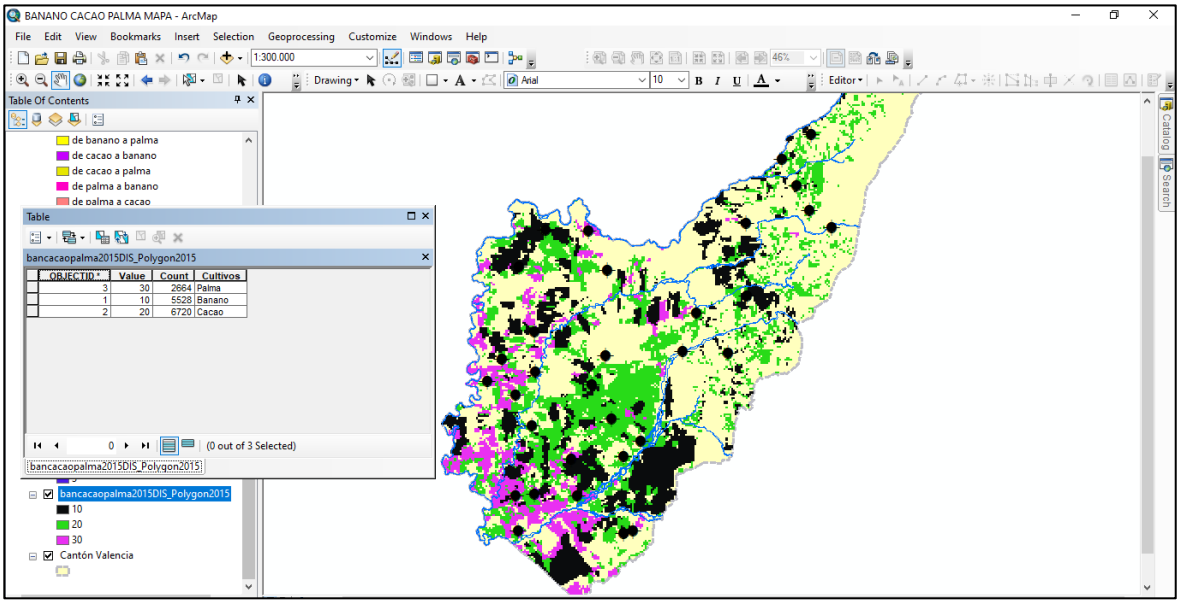
Tabla 5.

Cultivos de interés del cantón Valencia año 2015.

Hectáreas	Cultivos
2664	Palma
5528	Banano
6720	Cacao

ELABORADO: AUTORA

Figura 11. *Cultivos de interés año 2015*



ELABORADO: AUTORA

Valencia cuenta con tres cultivos que se han sostenido durante el tiempo, los cuales son: banano, cacao y palma africana. Según los resultados del análisis de cambio de uso de suelo de cultivos en el periodo 1990 a 2015, se deduce que aproximadamente un 56,21% de la superficie total de plantaciones de los cultivos más representativos del cantón Valencia presenta cambios para el 2015 y un 43,79% se mantienen como se observa en la (tabla 5).

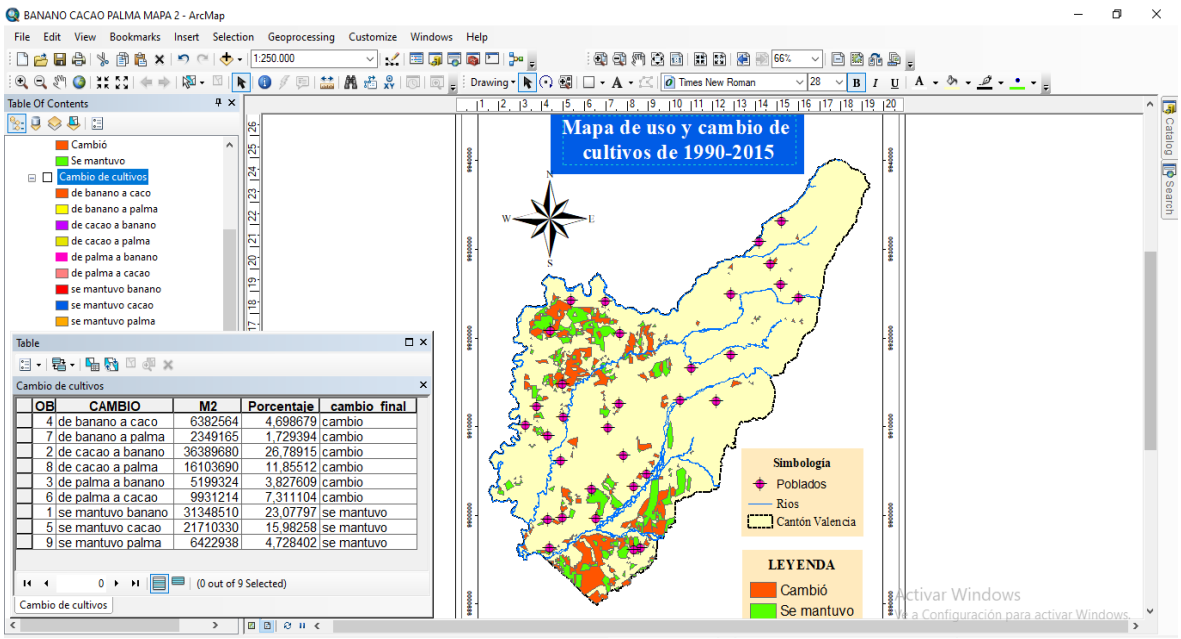
Tabla 6.

Datos sobre el cambio de uso del suelo.

Cambio de cultivo	% Superficie	Deducción
De banano a caco	4,69	Cambió
De banano a palma	1,72	Cambió
De cacao a banano	26,78	Cambió
De cacao a palma	11,85	Cambió
De palma a banano	3,82	Cambió
De palma a cacao	7,31	Cambió
	56,21	
Banano	23,07	Se mantuvo
Cacao	15,98	Se mantuvo
Palma	4,72	Se mantuvo
	43,79	
TOTAL	**100**	

ELABORADO: AUTORA

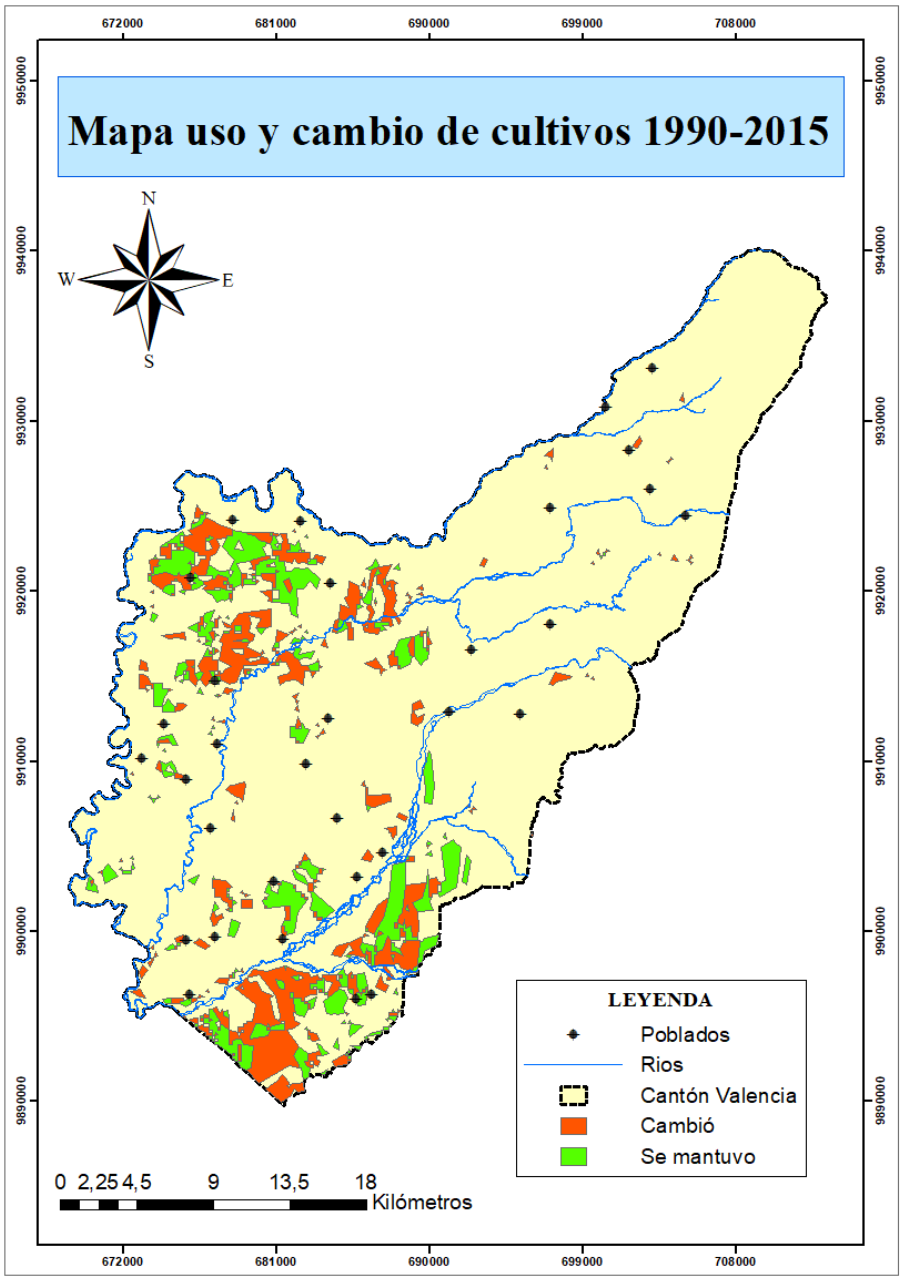
Figura 12. *Mapa sobre el cambio de cultivo en el cantón Valencia.*



ELABORADO: AUTORA

En el siguiente gráfico se muestra la distribución agroecológica de los cultivos objeto de estudio, mismos que en su mayoría se encuentran ubicados en la zona baja del cantón, debido a que esta área cuenta con los requerimientos edafoclimáticos para el desarrollo de los cultivos. Toda la información presentada se obtuvo de fuentes oficiales como Geo Portal del Agro Ecuatoriano y SNI. Además, en el mapa de cambio de uso de suelo se observa las áreas que se mantuvieron con el mismo cultivo y aquellas que presentaron un cambio desde el año 1990 al 2015.

Figura 13. *Cambio de uso de suelo de los principales cultivos en el cantón Valencia.*



ELABORADO: AUTORA

4.1.1.2. Zonificación Agroecológica

- ***Banano***

Valencia presenta una elevación que oscila entre 55 y 2161 m, la temperatura media varía entre 15,7 y 25,1°C, la precipitación se encuentra entre 2191 a 2744 mm y la pendiente en porcentaje oscila de 0 a 67,67%. El cantón Valencia cuenta con suelos franco, franco arcillo arenoso, franco arcillo limoso, franco arcilloso, franco arenoso, franco limoso y arcilloso; además también presenta suelos profundos, moderadamente profundos, poco profundos y

superficiales; de igual manera posee un drenaje bueno, moderado y mal drenado; y un pH prácticamente neutro en la mayoría de los sectores, con un grado denominado ligeramente ácido en un porcentaje muy bajo.

De acuerdo a estos requerimientos agroecológicos (tabla 6), el cultivo de banano cuenta con poca aptitud óptima en todo el cantón Valencia, en base al estudio solo 4909 ha son aptas para este cultivo en condiciones naturales, no obstante 92884,79 ha a una superficie de aptitud moderada (figura 15). Como lo establece las organizaciones especializadas en el tema; unos de los requerimientos más importantes y exigibles para que el cultivo de banano alcance la aptitud óptima es contar con una temperatura media que varíe entre 22 y 26°C y una precipitación de 1500 a 1600 mm, lo que significa que al relacionar con los valores y parámetros agroecológicos alcanzados en el estudio, se obtengan rangos que demuestren una baja aptitud óptima y mayoritariamente moderada como se observa en la (figura 15), donde las áreas óptimas en condiciones naturales se encuentran inclinadas al lado oeste y parte baja del cantón.

Por lo tanto, la temperatura es un requerimiento climático relevante para el cultivo de banano; sin embargo, la precipitación del cantón presenta parámetros por encima de los rangos óptimos, es por ello que hasta el 2015 es el segundo cultivo a pesar de transcurrir los años, según el análisis realizado sobre el uso del suelo durante el mismo periodo, de tal forma que esta variable climática influye significativamente en el desarrollo del banano.

Tabla 6.

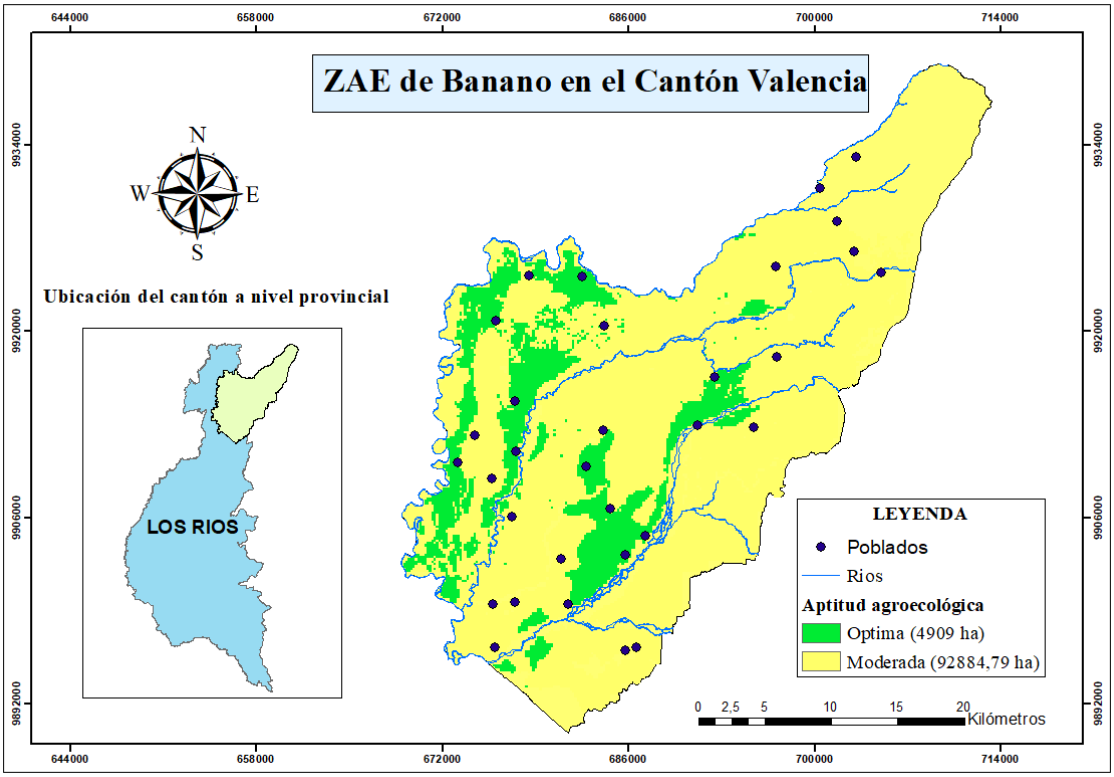
Criterios agroecológicos del cultivo de banano

REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS DEL CULTIVO DE BANANO EN CONDICIONES NATURALES					
COMPONENTE	**PARÁMETRO**	**CATEGORÍAS DE LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO**			
		ÓPTIMA	**MODERADA**	**MARGINAL**	**NO APTA**
BIOFÍSICO	PENDIENTE (%)	Plana (0-2), muy suave (2-5), suave (5-12)	Media (12-25)	Media a fuerte (25-40), fuerte (40-70)	Muy fuerte (70-100), escarpada (100-150), muy escarpada (150-200), abrupta (>200)
	TEXTURA SUPERFICIAL DEL SUELO	Franco, franco limoso, franco arcillo-arenoso, franco arcillo-limoso	Limoso, franco arcilloso, arcillo-limoso, arcillo-arenoso, franco arenoso	Areno francoso, arcilloso	Arena, arcilla pesada
	PROFUNDIDAD EFECTIVA (%)	Profundo (>100)	Moderadamente profundo (51-100)	Poco profundo (21-50)	Superficial (11-20), muy superficial (0-10)
	DRENAJE NATURAL	Bueno	Moderado	Bueno, Moderado	Excesivo, mal drenado
	pH DEL SUELO	Medianamente ácido (5.5-6.0), ligeramente ácido (6.0-6.5)	Prácticamente neutro (6.5-7.5), neutro (7)	Ácido (4.5-5.5), ligeramente alcalino (7.5-8.0)	Muy ácido (<4.5), medianamente alcalino (8.0-8.5), alcalino (>8.5)
CLIMÁTICAS	TEMPERATURA (°C)	22-26	21-22	18-21	<18
	PRECIPITACIÓN (mm)	1500-1600	1400-1500 / 1600-1800	1300-1400 / 1800-2000	<1300 y >2000

ELABORADO: AUTORA
FUENTE: MAGAP/CGSIN/DIGDM, 2017.

A pesar de la aptitud y utilidad que tiene este producto, es necesario que los agricultores conozcan que no todo el cantón cuenta con un potencial óptimo en condiciones naturales para el cultivo de banano; sin embargo, la localidad casi en su totalidad posee zonas de aptitud moderada; es decir, áreas donde las variables climáticas y biofísicas presentan limitaciones ligeras que pueden ser mejoradas con buenas prácticas agrícolas y con su respectivo cuidado y manejo del suelo.

Figura 14. *Zonificación agrícola del banano en el cantón Valencia actual.*



ELABORADO: AUTORA

- ***Cacao***

Los requerimientos climáticos que se consideró para el cultivo del cacao fueron temperatura y precipitación; la temperatura en Valencia oscila entre 15,7 y 25,1 °C y la precipitación de 2237 a 2740 mm. Los requerimientos de estas dos variables están dentro de los rangos óptimos según organizaciones nacionales especialista; pero es necesario resaltar que, el desarrollo de la zonificación agroecológica depende también de otros criterios y variables como: textura del suelo, pendiente, drenaje, pH y profundidad efectiva del suelo (tabla 7), lo que conlleva a que el grado de aptitud de este cultivo sea casi en su totalidad moderada aproximadamente el 98% y una pequeña extensión de suelos de tipo marginal de un 2%; es decir son áreas que presentan altas limitaciones en el suelo, debido al tipo de relieve, pendiente y clima, lo cual impide que se desarrolle el cultivo normalmente, puede ser el caso de laderas, orillas de causes, entre otros, como se aprecia en la (figura 16).

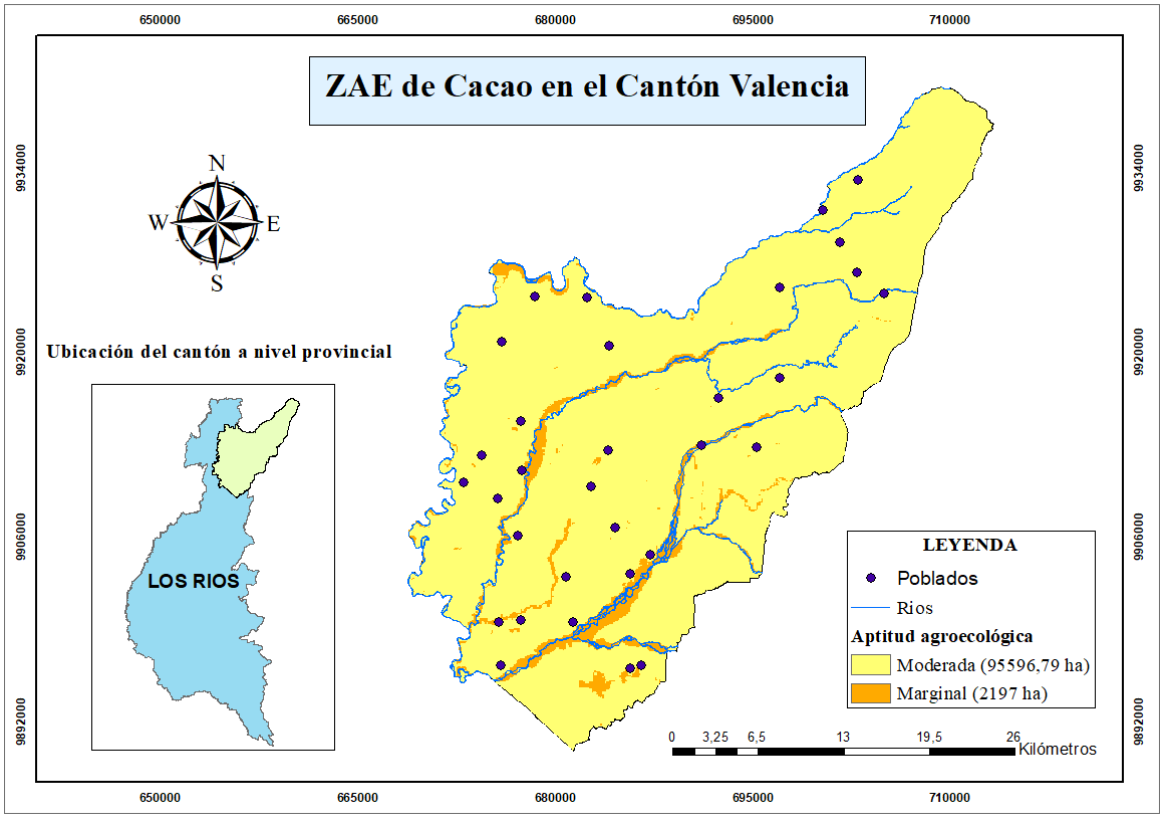
Tabla 7. *Criterios agroecológicos para el cultivo de cacao.*

REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS DEL CULTIVO DE CACAO EN CONDICIONES NATURALES					
COMPONENTE	**PARÁMETRO**	**CATEGORÍAS DE LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO**			
		ÓPTIMA	**MODERADA**	**MARGINAL**	**NO APTA**
BIOFÍSICO	PENDIENTE (%)	Plana (0-2) , muy suave (2-5), suave (5-12), media (12-25)	Media a fuerte (25-40)	Fuerte (40-70), muy fuerte (70-100), escarpada (100-150)	Muy escarpada (150-200), abrupta (>200)
	TEXTURA SUPERFICIAL DEL SUELO	Franco, franco-arcilloso, Franco arenoso, franco arcillo-arenoso	Franco-limoso, arcillo arenoso, arcillo limoso, franco arcillo limoso	Areno francoso, limoso	Arcilla pesada, arena, arcilloso
	PROFUNDIDAD EFECTIVA (%)	Profundo (>100)	Moderadamente profundo (51-100)	Poco profundo (21-50)	Superficial (11-20), muy superficial (0-10)
	DRENAJE NATURAL	Bueno	Moderado	Bueno, Moderado	Excesivo, mal drenado
	pH DEL SUELO	Medianamente ácido (5.5-6.0), ligeramente ácido (6.0-6.5)	Prácticamente neutro (6.5-7.5), neutro (7)	Ácido (4.5-5.5), ligeramente alcalino (7.5-8.0)	Muy ácido (<4.5), medianamente alcalino (8.0-8.5), alcalino (>8.5)
CLIMÁTICAS	TEMPERATURA (°C)	24-26	21-24	18-21	<18 y >26
	PRECIPITACIÓN (mm)	1800-2600	2600-3200 / 1500-1800	1200-1500 / 3200-3800	<1200, >3800

ELABORADO: AUTORA

FUENTE: MAGAP/CGSIN/DIGDM, 2017.

Figura 15. *Zonificación agrícola del cacao en el cantón Valencia actual*



ELABORADO: AUTORA

- ***Palma Africana***

Las variables climáticas como; temperatura media varían entre 15,7 y 25,1°C, la precipitación oscila de 2237 a 2740 mm y la pendiente en porcentaje oscila de 0 a 28,4%. En el análisis espacial en Valencia cuenta con tipos de suelos que en su mayoría son aptos para el cultivo de palma africana como: suelos profundos, moderadamente profundos, además también posee mayoritariamente un drenaje bueno y muy poco es mal drenado.

Tabla 8.

Criterios agroecológicos para el cultivo de palma africana.

REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS DEL CULTIVO DE PALMA EN CONDICIONES NATURALES					
COMPONENTE	**PARÁMETRO**	**CATEGORÍAS DE LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO**			
		ÓPTIMA	**MODERADA**	**MARGINAL**	**NO APTA**
BIOFÍSICO	PENDIENTE (%)	0-12	12-23	23-38	>38
	TEXTURA SUPERFICIAL DEL SUELO	Franco, Franco arenoso, franco arcillo o arcilloso, franco arcilloso limoso	Franco arenoso, arcilloso arenoso, arcilloso limoso	Arcillao arcilloso, arcilloso limoso, turba	arena o arenoso, arcilla o arcilloso, grava
	PROFUNDIDAD EFECTIVA (cm)	Profundo (>100)	Moderadamente profundo (50-100)	Poco profundo (25-50)	<25
	DRENAJE NATURAL	Bueno	Moderado	Mal moderado	Excesivo, mal drenado
	SALINIDAD (ds/m)	0-2	2-3	3-4	>4
CLIMÁTICAS	TEMPERATURA (°C)	22-29	22-20	10-20	<16
	PERIODO DE HUMEDAD (días)	250-320	(230-250) (320-365)	(180-230)	(0-180)
	PRECIPITACIÓN (mm)	1700-2500	1450-1700	1250-1450	<1250

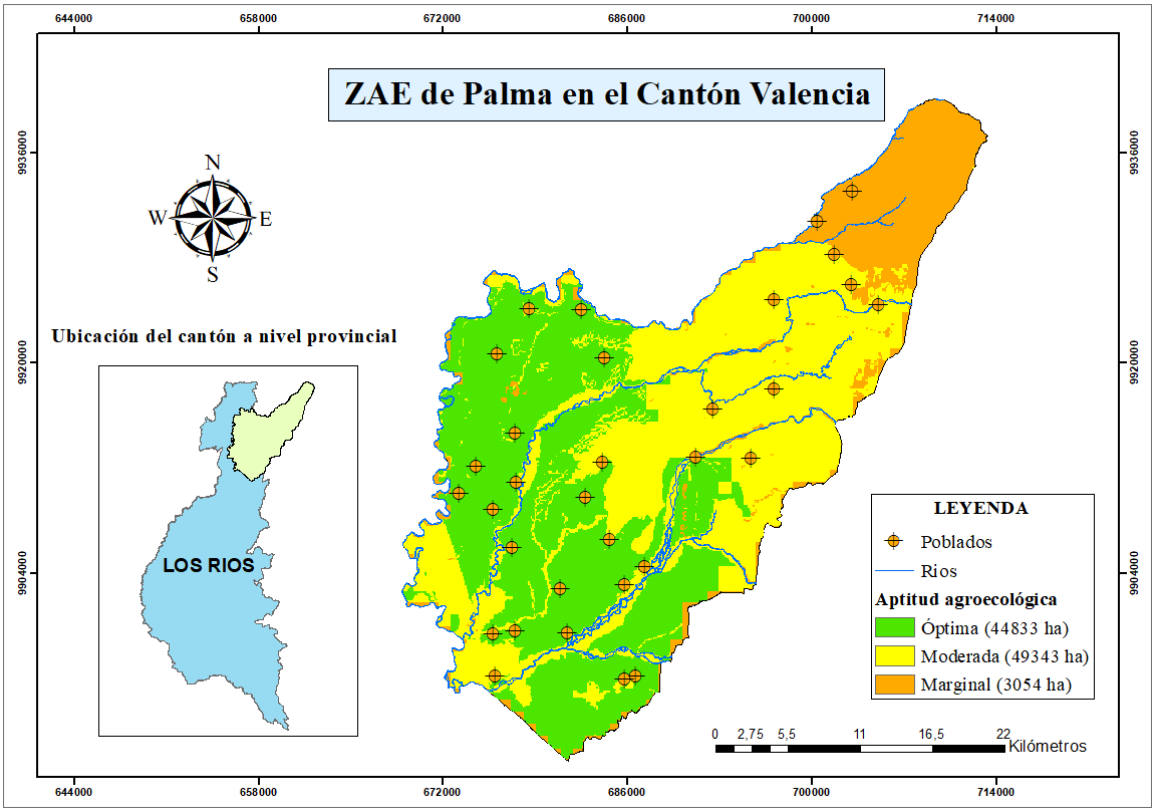
ELABORADO: AUTORA
FUENTE: MAGAP/CGSIN/DIGDM, 2017.

De acuerdo a estos y otros requerimientos agroecológicos considerados para la zonificación agroecológica (tabla 8), el cultivo de palma africana resulta contar con una amplia área de aptitud en este cantón. Valencia cuenta con una superficie de 44833 ha consideradas de nivel óptimo para dicho cultivo; es decir, el 46% del área total de la localidad y 49343 ha con un grado de aptitud moderada, que corresponde al 51%, tal como lo muestra en la (figura 17). También se identificó 3054 ha de un grado marginal; que representa un 3% estas son áreas con pendientes elevadas o un tipo de relieve no apto para este cultivo, de igual forma aquí intervienen otros factores biofísicos y climáticos para obtener este resultado final.

Los requerimientos y características agroecológicas estudiados se muestran en la (tabla 8) y estos al ser analizados y comparados con los parámetros oficiales establecidos para este

cultivo, resultan estar dentro de los rangos tanto óptimos, moderados y marginales. Según los resultados del estudio de zonificación en el cantón Valencia se puede introducir el cultivo de palma africana, ya que dicho territorio posee un alto grado en aptitud moderada y optima ambas compartiendo por igual casi llegando al 100%, tal cual como se muestra en la (figura 17).

Figura 16. *Zonificación agrícola del cultivo de palma africana actual.*



ELABORADO: AUTORA

4.1.2. Modelar la distribución de áreas de conservación del suelo agrícola actual y futuro, ante y bajo escenarios de cambio climáticos en el cantón Valencia, provincia de los Ríos.

4.1.2.1. Zonificación agroecológica futura de los cultivos (Banano, cacao y palma)

Para el desarrollo de este apartado se tomó como referencia los mismos requerimientos edáficos y climáticos de cada cultivo presentados en el objetivo uno, con la única diferencia que tanto el parámetro de temperatura y precipitación son datos futuros obtenidos directamente de la página oficial World Climb Las variables climáticas se consideraron con la finalidad de modelar la aptitud agroecológica a futuro para el periodo 2081-2100,

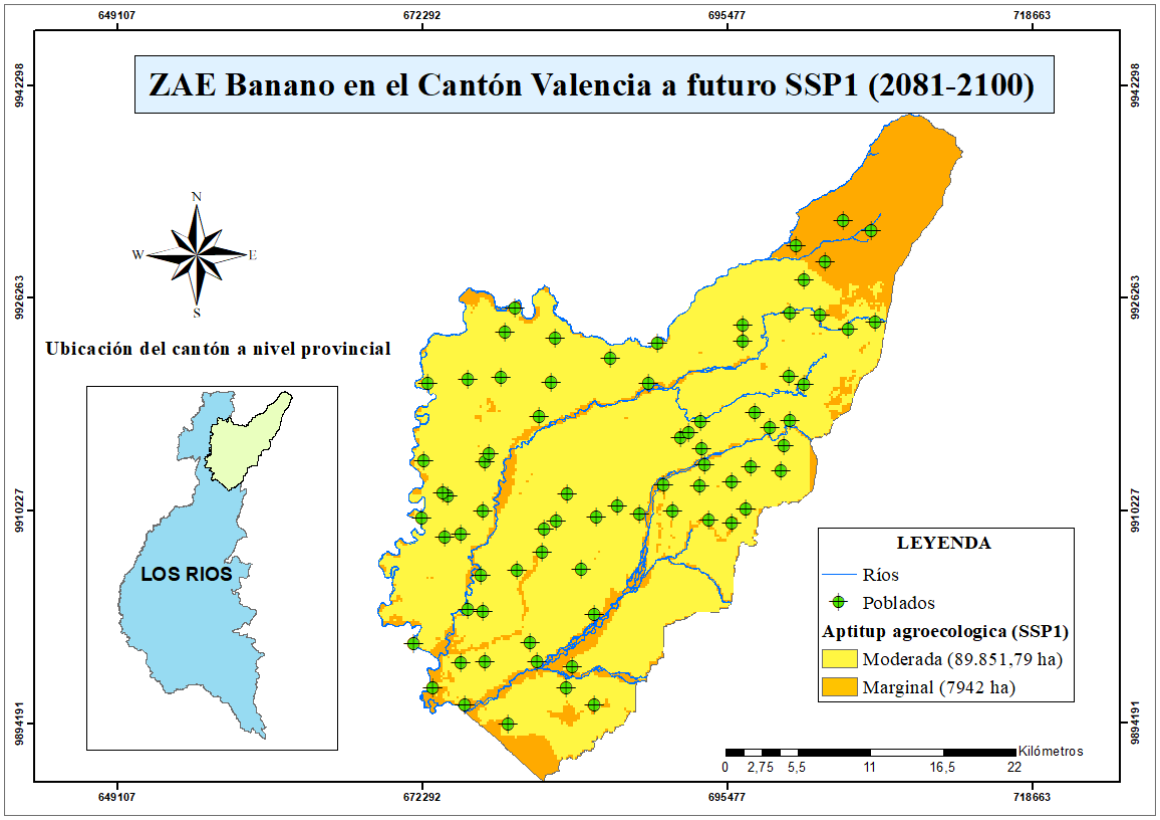
utilizando para este estudio el laboratorio climático (MIROC-ES2L) y con tipos de escenarios, tales como: ssp1 (escenario optimista) en sostenibilidad y ssp5 (escenario pesimista) alto en combustibles fósiles. Con aquello se logró simular el comportamiento del cantón Valencia frente a los cambios climáticos en el futuro, especialmente para las zonas agrícolas.

4.1.2.2.Trayectorias Socioeconómicas Compartidas SSP1

- ***Cultivo de Banano***

Con una proyección al período 2081-2100, el cantón Valencia presenta una temperatura de 26,56 a 40,90°C y una precipitación entre 163 a 237 mm dentro del escenario SSP1. Esta zonificación proyectada contiene iguales requerimientos que la zonificación realizada en el objetivo anterior, en lo que refiere a: pendiente, textura de suelo, profundidad, drenaje y pH. No obstante, los parámetros o variables climáticas como temperatura y precipitación influyen en gran medida en el cantón, como se muestra en la (figura 18).

Figura 17. *Zonificación agrícola del cultivo de banano para el período SSP1 (2081-2100)*



ELABORADO: AUTORA

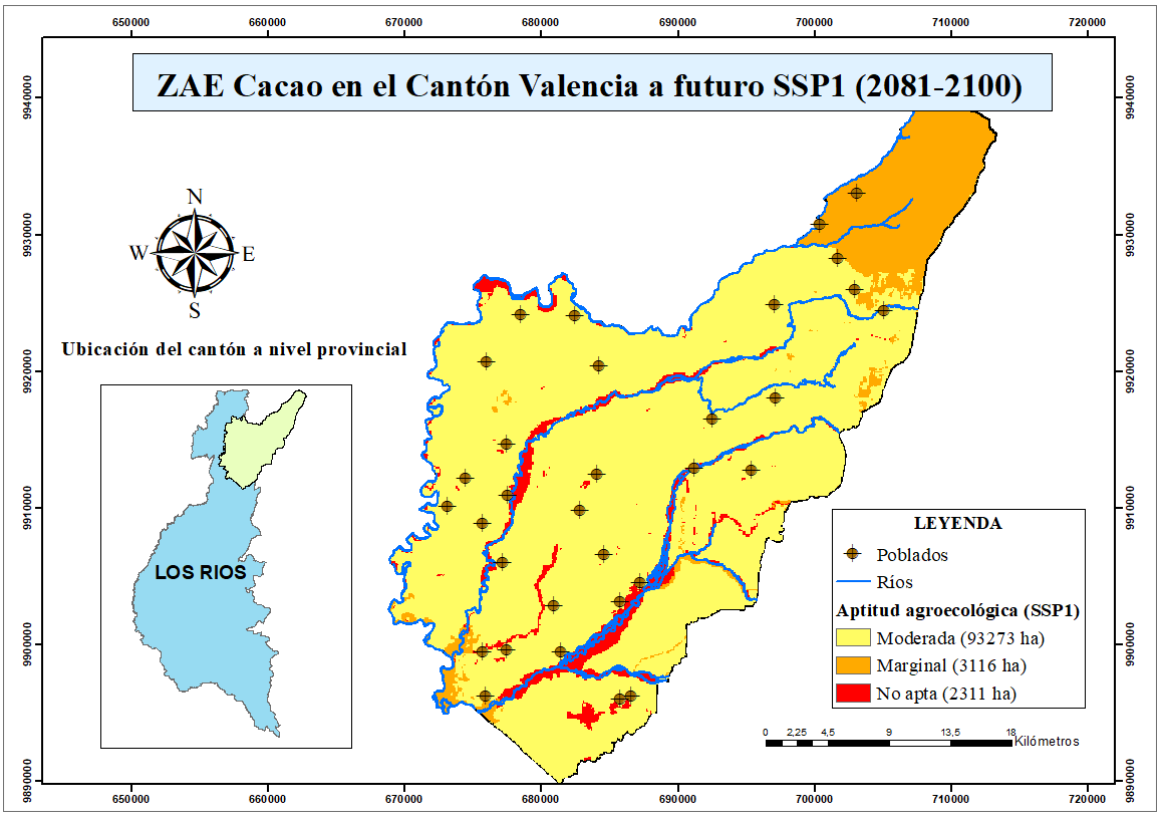
La presente zonificación agroecológica muestra los cambios que se originarán en el periodo 2081-2100 con respecto a los criterios de aptitud, donde se observa la diferencia de zonas aptas para este cultivo. En la (figura 15) se aprecia la aptitud agroecológica actual que tiene el cultivo de banano, esta cuenta con una extensión óptima de 4909 ha y lo que resta del cantón con 92884,79 ha pertenece a una aptitud media. Dicho escenario varía en relación con el periodo proyectado según los resultados estipulados en la (figura 18). Esta proyección revela que gran parte del cantón contará con una aptitud moderada aproximadamente con 89851,79 ha y 7.942 ha como áreas marginales; estas áreas son el resultado de un porcentaje elevado con respecto al nivel de altitud y otros factores que impiden que se dé el desarrollo de forma natural.

Por lo tanto, la temperatura es un requerimiento muy importante para el desarrollo de cualquier tipo de cultivo, es por ello por lo que estas variables suelen cambiar los resultados de cualquier investigación de esta naturaleza. Según los datos establecidos en el análisis de proyección en ArcGis, se determinó que la temperatura oscila entre los rangos óptimos y que la precipitación se encuentra por debajo del rango sugerido; es decir, no cuenta con una precipitación para un desarrollo natural y normal del cultivo.

- ***Cultivo de Cacao***

De igual manera se proyectó para el período 2081-2100 el estudio de zonificación del cultivo de cacao, donde se obtuvo que la temperatura varía de 26,56 a 40,90°C y la precipitación entre 163 a 237 mm para el escenario SSP1. Es necesario mencionar que se consideraron los mismos requerimientos de la zonificación del objetivo anterior, en lo que respecta a pendiente, textura de suelo, profundidad, drenaje y pH. La zonificación proyectada se muestra en la (figura 19).

Figura 18. *Zonificación agrícola del cultivo de cacao para el período SSP1 (2081-2100)*



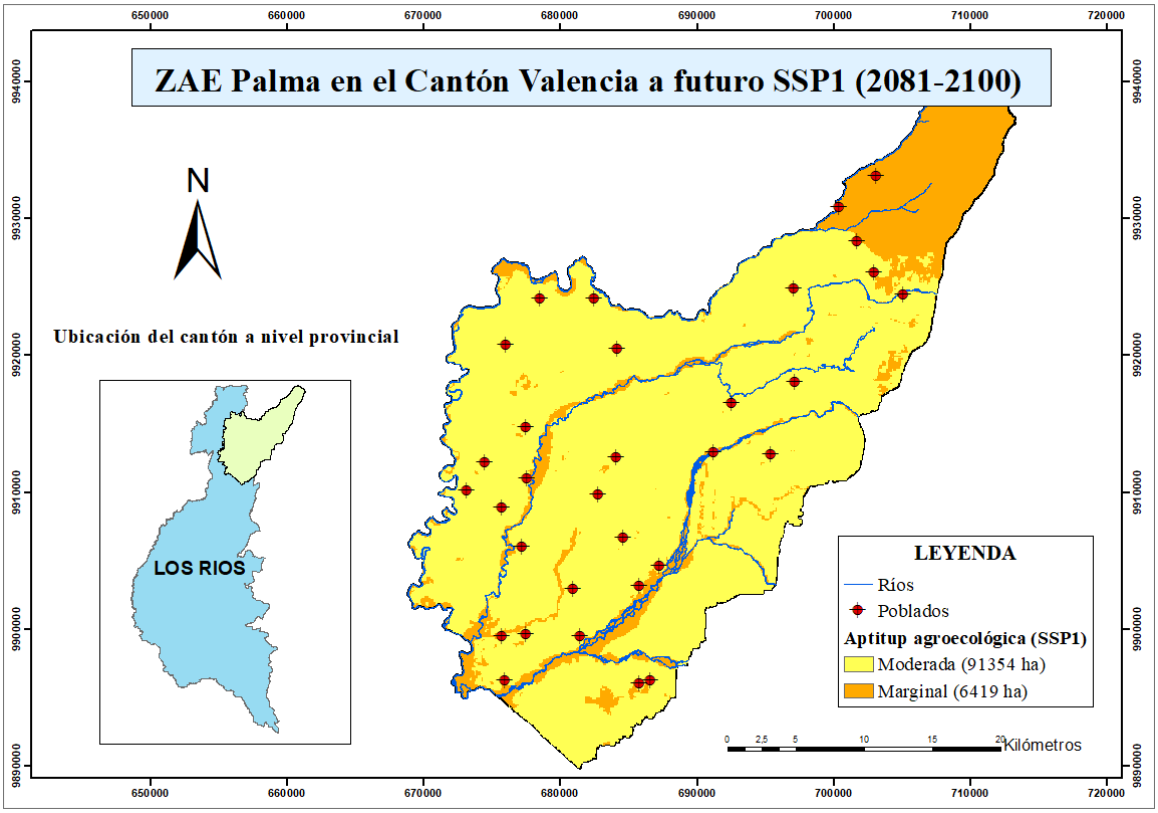
ELABORADO: AUTORA

La (figura 19) muestra las zonas de aptitud agroecológica para el cultivo de cacao en un periodo futuro, donde se aprecia tres criterios, que son: moderada, marginal y no apta. Las zonas con aptitud moderada son las que contiene mayor superficie 93273 ha, seguida de la marginal 3116 ha y las áreas con aptitud no apta se encuentran en el último rango 2311 ha. Por lo tanto, al comparar con los resultados establecidos en la (figura 16); se revelan que casi la totalidad del cantón cuenta con un área moderada 95596,79 ha para el desarrollo del cultivo; mientras que los datos obtenidos en la simulación proyectada en el 2081-2100, reflejan zonas con ligeras limitaciones y adicional presenta áreas no aptas en gran medida.

- ***Cultivo de Palma Africana***

El estudio de zonificación futura para el cultivo de palma africana se realizó mediante el programa ArcGis, donde cambiaron las variables climáticas de temperatura y precipitación, pero, se utilizaron las demás variables en la zonificación agroecológica realizada en el objetivo anterior.

Figura 19. *Zonificación agrícola del cultivo de la palma para el período SSP1 (2081-2100).*



ELABORADO: AUTORA

Los resultados obtenidos con la temperatura y precipitación proyectada para dicho período y las variables consideradas de la zonificación anterior, se determinó que el cantón Valencia presentará áreas con aptitud moderada 91354 ha y marginal 6419 ha; lo cual no es un escenario adecuado, porque existirán más limitantes climáticas y biofísicas para el desarrollo normal y natural de las plantaciones de palma africana.

Al comparar los datos alcanzados con los establecidos en la (figura 17), se determina que, en el futuro, el criterio de aptitud agroecológica óptima para el cultivo de palma desaparecerá si no se implementan las acciones necesarias para la conservación y tecnificación del suelo, donde solo quedarán los dos criterios de aptitud como se muestra en la (figura 20), donde el criterio moderada es el predominante sobre el territorio de Valencia.

4.1.2.3.Trayectorias Socioeconómicas Compartidas SSP5

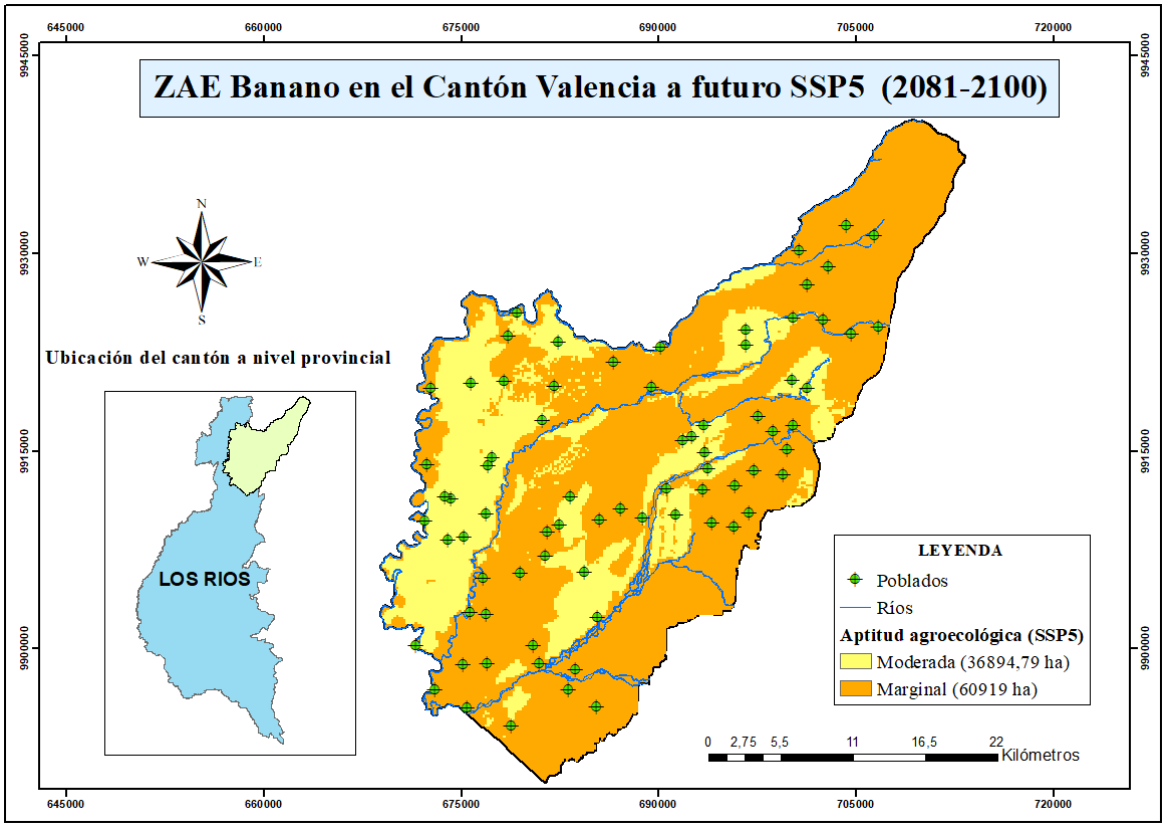
- ***Cultivo de Banano***

Los Ríos es una de las provincias con mayor potencial de aptitud para el cultivo de Banano; sin embargo, existen estudios basados en proyecciones agroecológicas enfocadas especialmente en las variables climáticas; puesto que estas son primordiales para el

desarrollo de muchos cultivos de forma natural y normal. Por tal razón, el cantón Valencia cuenta casi en su totalidad con una superficie de aptitud óptima y moderada, lo que refiere que es uno de los cantones con potencial dentro de la provincia de Los Ríos para cultivo de banano, tal como se muestra en la (figura 15). Las variables climáticas tienen gran influencia para el desarrollo de los cultivos y esto se puede evidenciar en varios estudios realizados con proyecciones de temperatura y precipitación, donde hacen mención que mientras transcurren los años, la temperatura se elevará y disminuirá la precipitación.

A continuación, el mapa de proyección para el período 2081-2100 con el escenario más extremo (SSP5):

Figura 20. *Zonificación agrícola del cultivo del banano para el período SSP5 (2081-2100).*



ELABORADO: AUTORA

En la (figura 21) de la proyección agroecológica y zonas aptas del cultivo de banano se aprecia que su grado de aptitud marginal 60919 ha supera a la aptitud moderada 36894,79 ha. Es decir, gran parte de los cambios de temperatura y precipitación para el periodo 2081-2100, generan efectos directos y masivos en la productividad de los cultivos; lo cual representan problemáticas para desarrollo normal del cultivo de banano, porque se

presentarán enfermedades que conllevaría a un cuidado más sigilosos de las parcelas, entre otros problemas más.

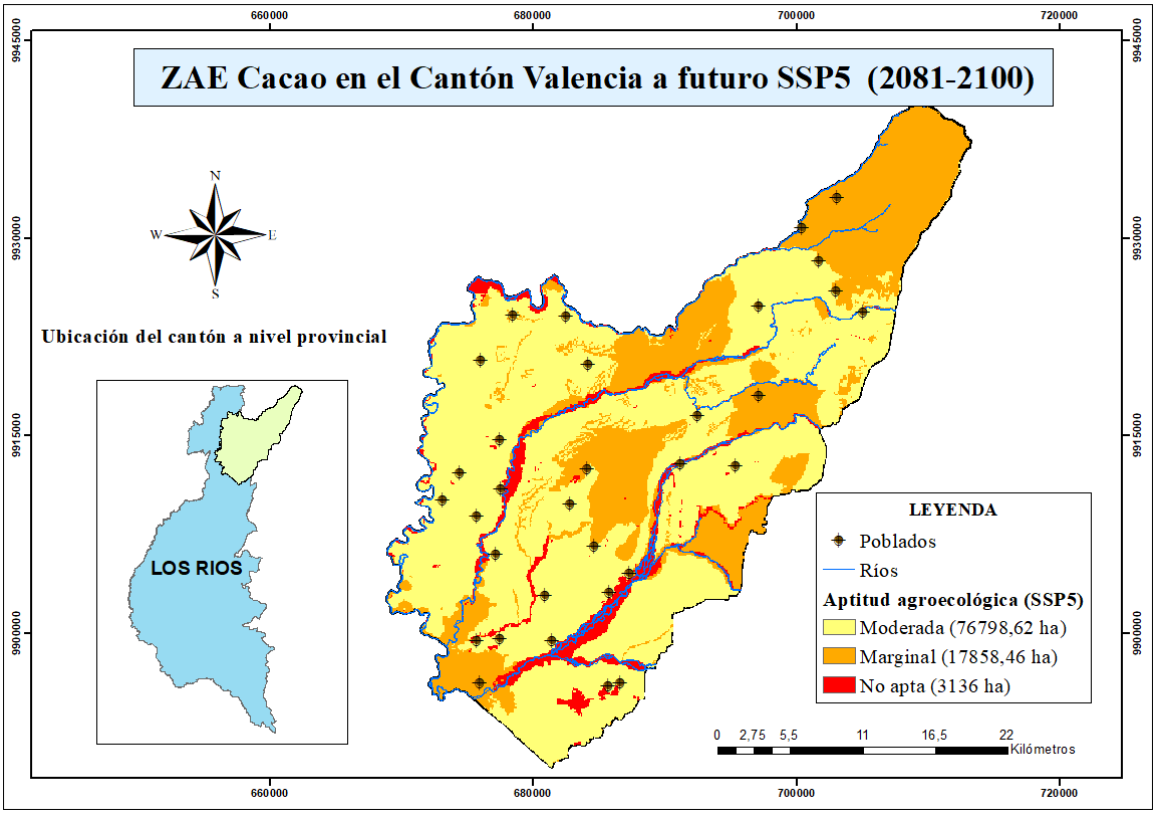
El cantón Valencia para el período 2081-2100 en escenario extremo SSP5 presentaría una temperatura entre 287, 64 a 444,67 °C y una precipitación que fluctuaría entre 174 a 253 mm. Para el desarrollo de la presente zonificación se consideraron los mismos requerimientos de la zonificación anterior, en lo que refiere a: pendiente, textura de suelo, profundidad, drenaje y pH.

- ***Cultivo de cacao***

Anteriormente se mencionó que el cantón Valencia provincia de Los Ríos presenta proyecciones para el período de años 2081-2100 en el escenario SSP5 con niveles de temperatura entre 287, 64 a 444,67 °C y una precipitación que oscila entre 174 a 253 mm. Por lo tanto, al comparar los resultados de las variables climáticas descritas con la zonificación agrícola realizada en el análisis del objetivo 1, se determinó que están por encima del rango óptimo, para el desarrollo normal del cultivo de cacao, debido a que este necesita una temperatura de 24-26 °C y precipitación de 1800-2600 mm. Por tal razón, las dos variables que presenta el escenario SSP5 para el cantón Valencia se encuentran por encima y muy por debajo de los rangos óptimos.

Al existir variables climáticas inapropiadas para el desarrollo del cultivo de cacao, es una muestra que para el periodo de tiempo proyectado y en un escenario extremo, en el cantón Valencia existirán áreas con aptitud marginal o no aptas para la producción agrícola, lo cual es un escenario a tener en cuenta. El resultado de la proyección con el escenario SSP5 para el cacao se encuentra a continuación:

Figura 21. *Zonificación agrícola del cultivo del cacao para el período SSP5 (2081-2100).*



ELABORADO: AUTORA

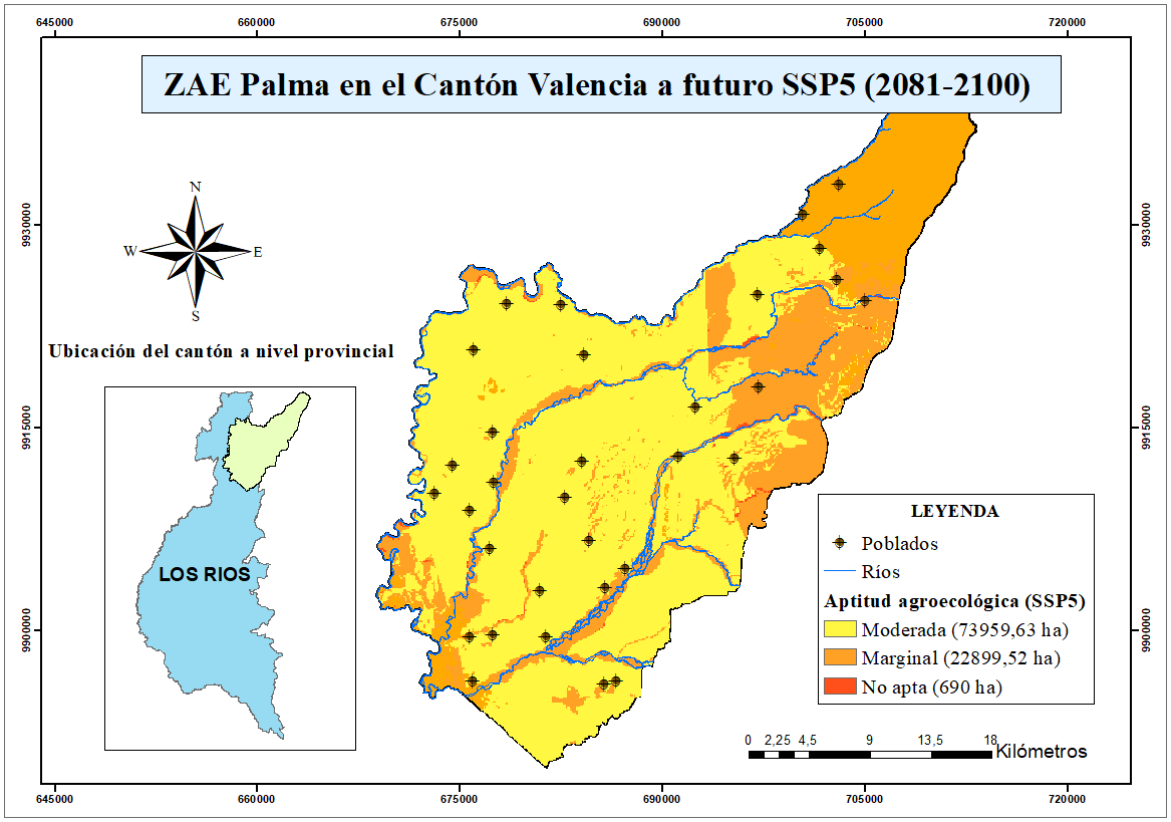
La proyección realizada para el periodo 2081-2100 y en el escenario SSP5 con respecto al cultivo de cacao, se determinó que las variables climáticas (temperatura y precipitación) consideradas en el presente análisis, influenciaron de manera negativa la aptitud agroecológica. A continuación, se muestran los siguientes resultados: el criterio de aptitud moderada fue el 76798,62 ha aproximadamente, al comparar con el mapa de aptitud actual (figura 16) se evidencia una disminución con respecto a dicho parámetro, mientras que los sectores con aptitud marginal se incrementaron en relación a la zonificación inicial, motivo por el cual se manifiesta que el cultivo se podrá realizar en la parte alta del cantón con cuidados extremadamente rígidos. De igual manera no se puede soslayar que la proyección realizada demuestra que en este escenario, el cantón Valencia presentará superficies no aptas para las plantaciones de cacao.

- ***Cultivo de palma africana***

Para determinar las consecuencias o efectos causados por la temperatura y la precipitación en los cultivos de palma africana en el período 2081-2100, es estableció según la simulación con el escenario ssp5 que Valencia tendrá superficies moderadas, marginales y no aptas. Por

lo tanto, considerando como referencia la zonificación inicial con variables actuales (figura 17) y la proyección del presente cultivo, se estableció mediante la simulación que, para el período descrito ya no existirán superficies óptimas para este cultivo, tal como lo muestra la (figura 23).

Figura 22. *Zonificación agrícola del cultivo de palma para el período SSP5 (2081-2100).*



ELABORADO: AUTORA

Los resultados de la zonificación inicial (figura 17) determinaron áreas con aptitud óptima en la parte baja del cantón, mientras que las aptitudes agroecológicas moderada y marginal en la parte superior del cantón. No obstante, en la (figura 23) desaparece el criterio óptimo y aparece el criterio no apta, con la diferencia que la moderada se reduce y marginal aumenta. Estudios realizados con proyecciones y escenarios de trayectoria socioeconómicas compartidas, concluyen que la temperatura a largo plazo se elevará y la precipitación reducirá; el efecto que tiene el cambio de temperatura se debe mucho a las emisiones de gases de efecto invernadero lo que condiciona la precipitación, y es lo que sucede en el escenario SSP5.

4.3. Proponer estrategias de adaptación al cambio climático para los cultivos del cantón Valencia.

Tabla 9.

Descripción General de los Ejes de Trabajo.

N° de estrategia	Ejes de Trabajo	Propósito
1	Medidas de adaptación generales en el sector agrícola	Reducir la vulnerabilidad al cambio climático en el sector agrícola del cantón Valencia
2	Medidas de adaptación a las amenazas del cambio climático (sequia, lluvia, calor extremo)	Reducir el impacto que genera el cambio climático en diferentes cultivos agrícolas como daño en la cosecha, menor fertilidad, pérdida de ingresos, enfermedad, escasez de agua y daños a viviendas.
3	Implementación de estrategias de adaptación para el cultivo de cacao	Ayudar al cultivo de cacao a generar una producción de calidad a pesar de la variabilidad del clima
4	Implementación de estrategias de adaptación para el cultivo de banano	Afrontar el cambio climático para conseguir la estabilidad de la producción de banano y el aumento de la producción
5	Implementación de estrategias de adaptación para el cultivo de palma	Reducir el impacto en el cultivo de palma mediante la implementación de prácticas que mejoren la respuesta a la variabilidad climática mediante la elección de materiales resistentes al déficit hídrico, el uso eficiente del agua, adecuado manejo de la fertilización, entre otros aspectos.

ELABORADO: AUTORA

Medidas de adaptación generales en el sector agrícola

Objetivo: reducir la vulnerabilidad al cambio climático en el sector agrícola del cantón Valencia.

Tabla 10.

Estrategias Generales sobre Adaptación al Cambio Climático.

Estrategias	Metas
• Inclusión de temas importantes de cambio climático para informar de mejor manera, priorizar estrategias y acciones a nivel local • Promoción y apoyo a la investigación, desarrollo, adaptación y adopción de variedades mejoradas (aquellas con tolerancia a la sequía, altas temperaturas y enfermedades). • Incrementar la gestión y el uso sostenible del agua, mediante el riego sostenible y reservorios de agua y manejo de cuencas • Implementación de tecnologías y prácticas agrícolas que contribuyan a incrementar la productividad y reducir la vulnerabilidad climática**.** ✓ Sistemas agroforestales ✓ Variedades mejoradas ✓ Sistema de riego ✓ Rotación de cultivos	• Ayudar a una toma de decisiones acertada respecto a los cultivos del sector. • Implementar nuevos métodos que contribuyan a lograr plantaciones de calidad resistente a los diversos cambios provocados por el clima. • Mejorar la productividad mediante un adecuado sistema de riego.

ELABORADO: AUTORA

Descripción de las estrategias

- ✓ Inclusión de temas importante de cambio climático para informar de mejor manera, priorizar estrategias y acciones a nivel local. Esta consiste en la disponibilidad y difusión de información que servirá de ayuda a los productores en la toma de decisiones sobre cuestiones de producción y comercialización.
- ✓ Promoción y apoyo a la investigación, desarrollo, adaptación y adopción de variedades mejoradas (aquellas con tolerancia a la sequía, altas temperaturas y enfermedades). Pretende que los productores del sector agrícola adopten y conozcan de variedades de cultivos con alta resistencia que puedan soportar diferentes situaciones, para así lograr productos de calidad que sirvan para la venta local, regional o nacional a precios adecuados.
- ✓ Incrementar la gestión y el uso sostenible del agua. Es una medida esencial debido a que el sector agrícola es el principal usuario del recurso por un 70% de consumo; por tanto, la estrategia es importante ya que consiste en el riego sostenible, reservorios de agua y manejo de cuencas
- ✓ Implementación de tecnologías y prácticas agrícolas que contribuyan a incrementar la productividad y reducir la vulnerabilidad climática. Existen numerosas tecnologías y prácticas climáticamente inteligentes que ayudan a la productividad y disminuir vulnerabilidad causada por el cambio climático. Entre ellas: sistemas agroforestales, variedades mejoradas, sistema de riego, rotación de cultivos, entre otras. Por lo cual, es esencial comprender la efectividad de las opciones, probar y seleccionar las más eficaces para futuros impactos.

Medidas de adaptación a las amenazas del cambio climático (sequia, lluvia, calor extremo).

Objetivo: Reducir el impacto del cambio climático en diferentes cultivos agrícolas como perdida de cosecha, menor fertilidad, escasez de agua, entre otras.

Tabla 11.

Estrategias Adaptación al Cambio Climático (contexto sequía, calor intenso, lluvias intensas).

Amenazas	Estrategias	Metas
Sequia	Diversificación de cultivos para disminuir los riesgos de pérdidas y combatir plagas Implementación de sistemas agroforestales para obtener beneficios ambientales, económicos y sociales ecológicamente sustentable Incorporación de materia orgánica al suelo para mantener el equilibrio ecológico del ecosistema terrestre.	Mitigar de cierta manera los problemas de perdida de cosecha Evitar la infertilidad del suelo Evitar la pérdida de ingresos debido a la plantación del mismo cultivo
Calor intenso	• Implementación de un sistema de riego • Reforestar ojos de agua; identificar, proteger y conservar los ojos de agua, reforestando las zonas de recarga • Cosecha de agua lluvia, que es captar el agua de diferentes fuentes como acequias, vertientes y techos para el consumo de animales y plantas	Disminuir el daño de la cosecha o evitar su perdida Evitar la escasez de agua
Lluvias intensas	• Sistemas de drenajes, que sirvan para la cosecha de agua lluvia y protección del suelo para evitar erosión por escorrentía. • Incorporación de cobertura vegetal protectora mediante la siembra de arbustos y especies vegetales para la protección de suelos desnudos. • Mingas para las actividades de forestación y reforestación, arreglo de vías y protección de ojos de agua	Disminuir el daño de la cosecha o evitar su perdida Evitar la infertilidad del suelo Mantener limpio el sector donde se encuentran las plantaciones

ELABORADO: AUTORA

Beneficios de la aplicación de cada una de las estrategias.

- ✓ **Diversificación de cultivos:** es una técnica que consiste en sembrar varios cultivos en un mismo espacio, es un proceso muy importante púes por medio de esta técnica se puede incrementar la producción, proporcionar distintos nutrientes al suelo, difuminar el riesgo en una gran variedad de productos, reduciendo así la vulnerabilidad de los medios de subsistencia ante el clima, la rentabilidad por la producción suele ser más alta, control de malezas, mejor manejo del agua, mayor fertilidad de los suelos. También la diversificación genera beneficios agronómicos en cuanto al manejo de las plagas y la calidad del suelo [39].
- ✓ **Implementación de sistemas agroforestales: el** sistema agroforestal es la combinación entre arboles con cultivos agrícolas en un mismo lugar bajo diversas formas de ordenamiento, muestran una notable sinergia entre la adaptación y mitigación. Por lo general estos sistemas se implementan para contribuir a la mejora de aquellos suelos degradados. Además, sirven como una excelente estrategia de adaptación al cambio climático. Los principales beneficios son el aumento de la resistencia a los fenómenos climáticos por medio de la retención del agua, mejoramiento de los suelos, reducción de enfermedades y ataque de plagas en os cultivos, entre otros [39].
- ✓ **Incorporación de materia orgánica a suelo:** este procedimiento es muy importante porque permite reducir la pérdida de nutrientes del suelo, minimiza la compactación del mismo, favorece la infiltración de agua, disminuye la erosión, aireación del suelo, evita oscilaciones de temperatura. Otro de los beneficios principales de este proceso es que facilita el crecimiento de los cultivos a través de la mejora de la capacidad del suelo para almacenar agua [40].
- ✓ **Incorporación de sistema de riego: esta** estrategia es muy utilizada en la producción agrícola puesto que permite a los grandes productores a racionalizar el agua y a emplearla de manera adecuada, existen varios tipos de sistema de riego es por esto que se debe realizar un estudio para determinar cuál es el más idóneo y sobre todo que se adapte al terreno que será destinado a los cultivos. Es indispensable puesto que ayuda a reducir la resequedad en los cultivos en etapas de calor intenso y que no hay lluvias frecuentes, aspecto que es fundamental para mantener nutrida a las plantas y obtener mayor producción y mejor calidad de los productos [41].

- ✓ **Reforestar ojos de agua:** los ojos de agua son fuentes naturales de las cuales brota liquido subterráneo, el cual suele filtrarse de la superficie terrestre o por la existencia de causes subterráneos y luego vuelve a surgir por medio de los ojos de agua. Reforestar los mismos consiste en identificar, proteger y conservar los mismos para evitar las pérdidas de agua y controlar la erosión de los suelos en los periodos donde la lluvia es más intensa, lo cual es relevante para tener mejores condiciones de producción agrícola [42].
- ✓ **Cosecha de agua lluvia**: consiste en el almacenamiento y regulación de agua de lluvia con la finalidad de almacenar el líquido para aquellas épocas donde hay escasez. Esta técnica es muy sencilla y poco costosa puesto que permite emplear el agua en la actividad de producción agrícola. Una de las formas para recolectar el agua de lluvia es a través de la construcción de zanjas o riachuelos. Es considerada una alternativa sostenible en virtud de que hace posible el almacenamiento de agua de lluvia en aquellas zonas en las cuales es complicado tener acceso a las mismas [43].
- ✓ **Sistemas de drenaje:** es una de las prácticas agrícolas más importante para el mejoramiento de los suelos, evitar inundaciones y sobre todo para incrementar el rendimiento agrícola de los cultivos. Son varias las ventajas que genera la implementación de estos sistemas tales como: se reducen las posibilidades de que los cultivos sean atacados por plagas o enfermedades fungosas, aumento de fertilidad de los suelos, alta producción de cosechas, control de la circulación de agua en el suelo, aireación correcta, penetración profunda de las raíces, favorece el intercambio gaseoso, evita la resalinización de los suelos [44].
- ✓ **Incorporación de cobertura vegetal protectora mediante la siembra de arbustos y especies vegetales: la** cobertura vegetal es una práctica agronómica que permite a los productores proteger el suelo y conseguir aporte de nutrientes, su propósito es mejorar su fertilidad especialmente en aquellos suelos arenosos, áridos que presentan problemas de escasez de agua. Dentro de sus beneficios están los siguientes: mejora la retención de la humedad del suelo, favorece el incremento en el proceso microbiológico del suelo por el aumento de materia orgánica, reduce el desarrollo de malezas, erosión del suelo y volatilización de fertilizantes, entre otras [45].
- ✓ **Mingas para las actividades de forestación y reforestación, arreglo de vías y protección de ojos de agua:** es indispensable la realización de acciones es en las cuales se incentive a la población a la ejecución de actividades de plantaciones,

reforestaciones y restauración forestal con la finalidad de proteger, conservar y recuperar aquellos suelos que han sido afectados por el cambio climático; además, se fomente la protección de las fuentes naturales de agua [46].

Estrategias de adaptación para el cultivo de cacao

Objetivo: Ayudar al cultivo de cacao a generar una producción de calidad a pesar de la variabilidad del clima

Tabla 12.

Estrategias Adaptación al Cambio Climático (Cultivo Cacao)

Estrategias	Metas
Implementación de prácticas ASAC (Agricultura sostenible adaptada al clima), como: • Incorporación de cobertura de suelos • Implementar sistemas de agroforestería • Optimización de riego • Desarrollo de sistemas de alerta climática temprana en la localidad	• Minimizar el uso de productos químicos que afecten la producción. • Aumentar la fertilidad del suelo para la obtención de una producción de calidad • Ayudar a las comunidades a prepararse ante los peligros del clima.

ELABORADO: AUTORA

Estrategias de adaptación para el cultivo de banano

Objetivo: Afrontar el cambio climático para conseguir la estabilidad de la producción de banano y el aumento de la producción.

Tabla 13.

Estrategias De Adaptación Para El Cultivo De Banano

Estrategias	Metas
• Emplear modelos de humedad relativa en base a escenarios futuros para ver el comportamiento de la producción ante el cambio climático, sin considerar el uso de datos y aproximaciones. • Realizar evaluación biofísica del sistema agrícola bananero para conocer los efectos generados por el cambio climático permitiendo buscar alternativas de adaptación como: ✓ Semillas resistentes a la sequía ✓ Uso de tecnología en riego que contribuyan a mantener la producción y productividad del banano. • Estudio del entorno productivo (infraestructura de riego y drenaje) considerando los escenarios climáticos para aumentar su resiliencia. • Incrementar las funciones de amortiguamiento que reduzcan el efecto de la variabilidad sin cambiar directamente las condiciones. • Cultivos de banano seleccionados para mayor desempeño bajo un amplio rango de temperaturas. • Manejo de inundaciones mediante el sacrificio de áreas. • Incrementar la tasa del paso del agua para reducir el tiempo de saturación de los suelos en las plantaciones de banano. • Incrementar la rapidez de recuperación y las opciones para acelerar la recuperación de funciones después de eventos climáticos de forma rápida y económica. • Selección de plantas de banano de calidad y manejo en campo óptimo para promover el rebrote rápido y de alta calidad.	• Conocer el impacto que tiene la plantación de verse afectada por el cambio climático • Contribuir a mantener la producción y productividad del banano • Lograr un mejor manejo y distribución del agua de riego • Disminuir el impacto en las plantaciones de banano • Acelerar la recuperación de la plantación de banano en caso de desastres provocados por el cambio climático.

ELABORADO: AUTORA

Estrategias de adaptación para el cultivo de palma

Objetivo: Reducir el impacto de la variabilidad climática en el cultivo de palma mediante la implementación de prácticas agrícolas que mejoren las respuestas ante las amenazas del clima.

Tabla 14.

Estrategias de adaptación para el cultivo de palma.

Estrategias	Metas
• Implementación de plantas de palma de aceite promisorios con tolerancia al déficit hídrico y que requieran menor cantidad de fertilizantes. • Inclusión de métodos y aplicativos de teledetección para determinar problemas de estrés hídrico. • Establecer un sistema de drenaje efectivo según el sector donde se encuentra la plantación.	Lograr una disminución de los costos de producción en cuanto a fertilizantes Reducción del uso de químicos para el control de plagas Mejoramiento del manejo del agua en el área cultivada, haciendo a la producción más resiliente y competitiva Disminución de la producción por frutos pequeños Evitar efectos prolongados en el crecimiento vegetativo y la fisiología de la palma como estrés hídrico, secamiento, quebrazón de hojas, disminución de altura de estípite, entre otros.

ELABORADO: AUTORA

Descripción de estrategias

- ✓ Implementación de plantas de palma de aceite promisorios con tolerancia al déficit hídrico y que requieran menor cantidad de fertilizantes. Mediante la elección de variedades de palma mejoradas la producción será más eficiente y el costo por incorporación de materiales e insumos agrícolas disminuirá considerablemente.
- ✓ Inclusión de métodos y aplicativos de teledetección para determinar problemas de estrés hídrico. Esta estrategia permitirá a los productores implementar las mejores técnicas para identificar dicho contexto provocado por el déficit de agua, el cual es perjudicial para la plantación debido a que afecta al crecimiento vegetativo de la misma por periodos prologados, entre otros aspectos.

- ✓ Establecer un sistema de drenaje efectivo según el sector donde se encuentra la plantación. Esta estrategia debe ser analizada de manera efectiva puesto que si existirá un mal drenaje ocasionaría consecuencias negativas como exceso de humedad en el suelo e inundaciones frecuentes, lo que afecta el desarrollo y rendimiento del cultivo, la toma de nutrimentos disminuye, pudrición del cogollo, entre otros efectos.

4.2. Discusión

De acuerdo con un estudio realizado en Ecuador por Díaz acerca de la zonificación agrícola del cultivo de papa (*Solanum tuberosum)* en el centro-norte de la sierra ecuatoriana, donde determinó que de un total de 1 939 191,87 hectáreas, el 22% se encontraban aptas para los cultivos de papas, un 56% medianamente aptas, el 14% marginal y un 4% no se encuentran aptas para el cultivo. Por lo tanto, las zonas con adecuada aptitud agrícola poseen 438 084,092 ha de la superficie estudiada, lo cual quiere decir que, en dichos sectores el crecimiento del tubérculo se desarrolla sin ninguna limitación, puesto que existen pendientes que oscilan entre 5 y 12%, donde se encuentran suelos franco cuya profundidad supera los 50 cm. Además, no se encuentran sujetos de inundación, poseen pedregosidad inferior al 10%, alto nivel de fertilidad, pH medianamente ácido y con un nivel de materia orgánica medio a muy alto [47].

No obstante, las zonas con aptitud media, representan un 1 096 127,189 de ha, que es el 56% de todo el centro – norte de la serranía ecuatoriana, donde se identificaron limitaciones de clima y suelo; sin embargo, no condicionan el cultivo de papas. Mientras que las características edáficas, denotan que existen pendientes hasta 25%, con suelos arcillosos y profundidad de 20 a 50 cm, además poseen un 12 a 25% de pedregosidad, moderado drenaje, pH de 6,6 y bajo nivel de fertilidad [47].

La información citada concuerda en cierta medida con los resultados obtenidos en la investigación, porque de los 3 cultivos analizados, todos poseían condiciones de suelo con aptitud media para el desarrollo de plantaciones, no obstante, se presentan limitaciones de pendientes, calidad del drenaje del suelo, pH, textura y profundidad del suelo, relieve y precipitaciones. Por lo tanto, en función del estudio de zonificación agrícola de los cultivos analizados: no existen grandes extensiones con elevada aptitud para las plantaciones del banano, debido a que existen áreas con limitaciones climáticas y biofísicas, porque el nivel de precipitación se encuentra fuera del rango sugerido.

Con respecto a las plantaciones de cacao, se menciona que casi la totalidad de la superficie del cantón Valencia tiene áreas de aptitud media; es decir, existen limitaciones para este cultivo, porque a pesar de que la temperatura de clima y nivel de precipitación sean adecuado, también interviene otras variables que condicionan la aptitud de dichos terrenos, como: pendientes, calidad del drenaje del suelo, pH, textura y profundidad del suelo.

Mientras que el análisis del cultivo de palma africana determinó que el 48.08% de toda la extensión de terreno analizada cuenta con áreas óptimas para el desarrollo de dichas plantaciones y el 51.02% con aptitud moderada, debido a que existen limitaciones en el suelo por presentar pendientes elevadas o relieve en el suelo. Motivo por el cual, una vez establecido todos los hallazgos se manifiesta la concordancia con los resultados estipulado en el estudio de Díaz con respecto la zonificación agrícola del cultivo de papa (*Solanum tuberosum)* en el centro-norte de la sierra ecuatoriana [47].

Los resultados obtenidos por Medardo [48] en el país de Honduras mediante un estudio de modelación de cambio de uso y coberturas de la tierra en un escenario restrictivo y tendencial en la microcuenca San Inés, determinó que la zonificación agrícola realizada en el año 2015 estableció que el pino denso, ralo y pasto son los principales cultivos del sector con un 59%, 12% y 6.3% respectivamente de toda la extensión de terreno y tan solo el 2% de la superficie total representa el cultivo de café. Mientras que en un escenario tendencial proyectado para el año 2035, el cultivo de café presentó una mayor expansión; es decir, mayores zonas con óptima aptitud.

Dicho cultivo se encuentra en la parte alta de la microcuenca, favorecido por variables climáticas y biofísicas e influenciado directamente por la zona de recarga hídrica. Por lo tanto, en función de las proyecciones realizadas, se manifiesta que, en 20 años de proyección, no existirán mayores limitaciones para el desarrollo normal y natural del cultivo. Sin embargo, es importante mencionar que el resto de las plantaciones sufrieron transiciones (pérdidas y ganancias) en la que se destaca un incremento del pasto y disminución de vegetación secundaria. No obstante, se manifiesta que dichas transiciones se originan por el crecimiento vertiginoso de otros cultivos (pino, bosques mixtos entre otros).

Según un estudio investigativo realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería determinaron [49] que las zonas agroecológicas óptimas para el cultivo de banano son muy pocas en el país, y las únicas se encuentran en la Provincia de Los Ríos, situación similar sucede con las áreas moderadas para dicho cultivo. Los resultados obtenidos concuerdan con

los hallazgos obtenidos, porque de los tres cultivos analizados que son banano, cacao y palma africana, el banano es quien menores zonas óptimas para su cultivo posee en el cantón Valencia, con una extensión de 49.09 hectáreas.

Según resultados de un estudio realizado por Ricardo Caza sobre la zonificación agroecológica para los cultivos de maracuyá *(Passiflora edulis)*, café *(Coffea arabica)* y cacao *(Theobroma cacao)* en la parroquia rural de San Isidro, Provincia de Manabí, revelaron que el cultivo de cacao presentó mayores zonas óptimas para sus plantaciones, con condiciones edafológicas y de relieve adecuadas; además, se determinó la presencia de buenas prácticas tecnológicas, acciones de conservación del suelo, sistemas de riego y drenaje, entre otras acciones más [50]. El hallazgo descrito no concuerda con la presente investigación, porque el cultivo de cacao presenta en mayor medida zonas moderadas, en virtud de que no existe un escenario adecuado con las variables textura del suelo, pendiente, drenaje, pH y profundidad efectiva del suelo, que impide suelos óptimos para las plantaciones.

Los resultados obtenidos por Medardo [48] sobre la modelación del cambio y uso del suelo con respecto al cultivo de cacao, no concuerdan con los resultados del presente estudio, en virtud de que los hallazgos obtenidos en dos escenarios proyectados en los cultivos de banano, cacao y palma africana revelan que con el pasar del tiempo no existirían zonas con aptitud óptima para el desarrollo de cultivos de los principales productos descritos. Por lo tanto, se evidencia que la proyección realizada revela un deterioro en la conservación de suelo, lo cual representa limitaciones para las plantaciones agrícolas, puesto que, en la zonificación inicial, dicho cultivo contaba con zonas de aptitud óptima.

Un estudio realizado por Aingla y Gavilanez sobre detección de cambios y modelación de la ocupación del suelo mediante Autómatas Celulares como herramientas de apoyo para la conservación del área protegida del Cerro Atacazo, determinó que el arbolado forestal disminuyó en 112 ha desde el 2010 al 2019. Por lo tanto, se efectuó un estudio de modelación para el año 2030, cuyos resultados no son alentadores, puesto que se estima para ese periodo solo 6.76 ha de bosque, en comparación de años anteriores, donde se evidenciaban miles de hectáreas de plantaciones forestales. Los cambios del uso de suelo se dan de manera principal por edificaciones [51]. Los hallazgos descritos concuerdan con los del presente estudio, debido a que los resultados obtenidos en la modelación de los 3 principales cultivos del cantón Valencia, demuestran que, sin una adecuada conservación del suelo, para el periodo

2081-2100 habrá menos zonas óptimas para las plantaciones de banano, cacao y palma africana.

Según Casanova en su investigación acerca de la zonificación forestal en el cantón Cañar, bajo criterio biofísico y de conservación para un equilibrio social, económico y ambiental, estableció una disminución progresiva de degradación de los páramos y relictos de los bosques hacia la sustitución por plantaciones andinas y pastos. Además, se identificó que cada vez se degradará un mayor número de hectáreas debido a la ausencia de técnicas de conservación del suelo en prácticas agrícolas, puesto que dichos terrenos se efectúa quemas frecuentes que provocan la erosión de 80 TM por año. Por lo tanto, el escenario descrito indica que a mediano plazo haya menos hectáreas óptimas para el cultivo de tubérculos y demás plantaciones andinas [52]. Los resultados descritos concuerdan con los hallazgos identificados en la investigación, donde la ausencia de estrategias de conservación de suelo provoca una menor cantidad de zonas aptas para las plantaciones de banano, cacao y palma africana.

Es necesario mencionar que, para la modelación sobre la distribución de suelos de conservación agrícola, se utilizaron los mismos requerimientos agroecológicos empleados en la zonificación inicial, solo variaron las variables climáticas temperatura y precipitación. Por lo tanto, se concluye, que en dicho territorio existen variables climáticas y biofísicas que favorecen el desarrollo y expansión de cultivos, escenario que no se cumplen en las proyecciones realizadas en la modelación de los cultivos de banano, cacao y palma africana en escenarios optimista y pesimista.

Los resultados obtenidos en la investigación realizada en el cantón Valencia, permitió establecer las siguientes estrategias en pro de mantener y mejorar los diferentes sectores agrícolas de la zona con el fin de lograr óptimas condiciones ante impacto del cambio climático a los que están expuestas: gestión sustentable del agua mediante la construcción de reservorios de agua y riego sostenible, dicha información concuerda con Basantes [53], quien indica que los reservorios de agua y la optimización del agua mediante técnicas de riego adecuada ayuda a mantener el suelo agrícola con niveles de humedad que permitan al cultivo crecer y lograr mayor rendimiento.

Otras de las estrategias adoptadas en la investigación es la implementación de prácticas agrícolas que contribuyan a incrementar la productividad como la implementar variedades mejoradas, dato que coincide con Zambrano [54], quien revela que el uso de semillas

tolerantes a diversos factores permitirá mayor adaptabilidad al cambio climático. La cosecha de agua lluvia servirá para almacenar el líquido para aquellas épocas donde hay escasez del recurso; dicho dato concuerda con Lemos [55] ya que indica que la estrategia es utilizada para tierra árida y de poca precipitación, por lo tanto, ayudara a disminuir la posibilidad de pérdida de cosecha.

La incorporación de materia orgánica al suelo permitirá reducir la perdida de nutrientes del suelo, esta estrategias es necesaria en todo cultivo independientemente del impacto climático; y la incorporación de sistema de riego para racionalizar el agua y a emplearla de manera adecuada; las medidas adoptadas concuerdan con Barragán [56] donde indica que el material orgánico en descomposición es un excelente fertilizante vegetal que favorecerá la calidad de la producción.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Los resultados de la investigación sobre la modelación espacial de idoneidad y adaptabilidad de áreas de conservación del suelo agrícola ante cambios climáticos en el cantón Valencia, provincia de los Ríos, permitieron determinar las siguientes conclusiones:

En cumplimiento con el objetivo específico 1 sobre zonificar la distribución agroecológica de los cultivos banano, cacao y palma africana del cantón Valencia, se concluye que la mayoría de la superficie estudiada posee áreas de aptitud moderada; es decir, se presentan diversas limitaciones para el desarrollo normal de los cultivos analizados; tales como: tipo de relieve, pendiente, drenaje del suelo y clima. Las limitaciones no impiden que se desarrollen plantaciones de banano, cacao y palma africana, pero si mocionan a que existan mejores prácticas ambientales y manejo de suelo. Solo el cultivo de palma africana tiene mayores extensiones de suelo con aptitud óptima, con el 46% del área total del cantón.

En función al objetivo 2 de la presente investigación que trata sobre la modelación y distribución de áreas de conservación agrícola actual y futura bajo un escenario optimista y pesimista se concluye que en una proyección de 60 años y más, el cantón Valencia no contarán con zonas de aptitud óptima para las plantaciones de banano, cacao y palma africana, e incluso se presentarán superficies no aptas que impedirán el desarrollo normal y natural de las plantaciones descritas. Es decir, existirán limitaciones producto del comportamiento de variables climáticas, tales como temperatura y precipitación, que, sumado con el drenaje del suelo, pendientes, Ph y demás parámetros evaluados, dificultarán la presencia de plantaciones de manera natural.

En función de los resultados obtenidos con respecto a la zonificación agrícola futura de los principales cultivos del cantón Valencia se determinó que las hectáreas destinadas para este tipo de plantaciones, presentan cada vez menos zonas aptas para el desarrollo de las actividades de agricultura debido a la influencia del cambio climático, el cual genera disminución de la productividad, disponibilidad de agua, humedad del suelo y aumento de la presencia de contaminantes; motivo por el cual, a manera de conclusión se establece la necesidad de implementar estrategias de adaptación y mitigación con respecto al cambio climático en los cultivos de la localidad estudiada.

5.2. Recomendaciones

En función de las conclusiones establecidas en la presente investigación, se establecen las siguientes recomendaciones:

Es necesario que existan iniciativas para desarrollar una metodología de zonificación agrícolas que se incluya en los planes de ordenamiento territorial de las diversas ciudades del Ecuador, con el propósito de obtener información más precisa y actualizada de las virtudes o limitaciones ambientales que poseen determinadas extensiones de terreno, lo cual permita reconocer de forma automatizada qué áreas necesitan de intervención para mejorar las prácticas de uso, manejo y conservación.

En función de la conclusión establecida con respecto a la modelación sobre la distribución de áreas de conservación agrícola actual y futura bajo un escenario optimista y pesimista, se recomienda que futuras investigaciones realicen proyecciones en escenarios que contemplen otro tipos de requerimientos agroecológicos con respecto a los cultivos banano, cacao y palma africana, con la intención de obtener diagnósticos con mayores argumentos explicativos sobre un escenario futuro en la conservación y distribución de suelos agrícolas en el cantón Valencia.

De acuerdo con los hallazgos obtenidos en la zonificación agrícola de los cultivos de cacao, banano y palma africana del cantón Valencia, se recomienda a los agricultores de la zona el desarrollo e implementación de estrategias de mitigación y adaptación como respuesta de intervención a los efectos que genera el fenómeno ambiental denominado cambio climático, con el propósito de que el rendimiento agrícola de los principales cultivos de la localidad no se vea afectado.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

[1] D. Rivera, 2018. [En línea]. Available: http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1555/RCDA_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 28 Enero 2022].

[2] P. Tordesillas, «El cuidado del suelo sostiene la biodiversidad,» Ecologistas en acción, 1 Junio 2017. [En línea]. Available: https://www.ecologistasenaccion.org/34533/#:~:text=Ecologistas%20en%20Acci%C3%B3n.,Cuidar%20el%20suelo%20supone%20actuar%20sobre%20la%20agroecolog%C3%ADa%2C%20el%20urbanismo,la%20campa%C3%B1a%20Salva%20el%20suelo.&text=El%20suelo%20es%20importante%20porq. [Último acceso: 2022 Enero 27].

[3] P. G. Siclar, Amenazas de cambio climático, métricas, Santiago: Naciones Unidas, 2020.

[4] B. Viguera, R. Martínez, C. Donatti, C. Harvey y F. Alpízar, Conservación Internacional, Costa Rica: Conservación Internacional, 2017.

[5] . Y. Yela , J. A. Boza, L. Baquedano , . J. Fierro , . K. Rivas y M. Quiñonez , «Efectos del cambio climático en la producción agrícola del banano en el cantón Valencia,» 15 Junio 2020. [En línea]. Available: https://www.eumed.net/rev/caribe/2016/09/banano.html. [Último acceso: 28 Enero 2022].

[6] B. Viguera , M. R. Martínez Rodriguez, C. l. Donatti, C. A. Harvey y F. Alpizar, «Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación.,» *Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE)*, 2017.

[7] FAO, Guía de Buenas Prácticas para la Gestión y Uso Sostenible de los suelos en Áreas Rurales, ISBN 978-92-5-130425-9 ed., Bogotá, 2018.

[8] P. A. Ochoa Cueva, Manejo y Conservación del Suelo y Agua en los Andes del sur de Ecuador, Universidaad de Málaga, 2015.

[9] M. S. Enríquez Imbaquingo y A. E. Morales Rueda, Efectos del cambio climático en los requerimientos agroecológicos de los cultivos en la comunidad San Clemente, Provincia de Imbabura, Ibarra: Universidad Técnica del Norte, 2019.

[10] T. Toulkeridis, E. Tamayo, D. Simón , M. Merizalde, D. Reyes, M. Viera y M. Heredia, «Cambio climático según los académicos ecutorianos-percepciones-versus hechos,» *Revista de Ciencias de la Vida: La Granja,* vol. 31, nº 1, pp. 21- 46, 2020.

[11] ONU, «¿Qué es el cambio climático?,» Organización de Naciones Unidas, 17 Septiembre 2021. [En línea]. Available: https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change. [Último acceso: 1 Enero 2022].

[12] M. Islas, «Adaptación al cambio climático: definición, sujetos y disputas,» Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2020.

[13] R. Estrada, C. Hidalgo, R. Guzmán , J. Almaraz y H. Navarro, «Indicadores de Calidad del Suelo,» *Agrociencias,* vol. 51, nº 8, pp. 813-831, 2017.

[14] E. Altamirano, «Parámetros físicos y químicos para la determinación de la calidad de los suelos en la microcuenca Jun-Jun,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.

[15] FAO, «Evaluación de los Indicadores Globales de Salud del Suelo,» Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 3 Agosto 2017. [En línea]. Available: https://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/evaluacion-de-los-indicadores-globales-de-la-salud-del-suelo/es/. [Último acceso: 26 Enero 2022].

[16] CARE Internacional, «¿Qué es adaptación al cambio climático?,» 2 Julio 2020. [En línea]. Available: https://www.care.org.ec/wp-content/uploads/2020/07/Que_es_adaptacion_al_cambio_climatico-FINAL-OCT-2010.pdf. [Último acceso: 27 Enero 2022].

[17] G. Forero, J. Saldarriaga y M. Vargas, «Cambio climático: impactos y perspectivas de investigación desde una visión multidisciplinar,» *Tendencias,* vol. 18, nº 2, pp. 122-138, 2017.

[18] CEUPE, «¿Qué es un Sistema de InformaciónGeográfica?,» Centro Europeo de Postgrado, 18 Septiembre 2020. [En línea]. Available: https://www.ceupe.com/blog/que-es-un-sistema-de-informacion-geografica.html. [Último acceso: 27 Enero 2022].

[19] H. Burbano, «El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria,» *Ciencias Agricolas,* vol. 33, nº 2, pp. 114-124, Agosto 2016.

[20] I. Novillo , M. Carrillo , J. Cargua, V. Navel, K. Albán y F. Morales, «Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador,» *Temas Agrarios,* vol. 23, nº 2, pp. 177-187, Mayo 2018.

[21] CIIFEN, «Escenarios y proyecciones,» 8 Mayo 2021. [En línea]. Available: https://ciifen.org/escenarios-y-proyecciones/. [Último acceso: 27 Enero 2022].

[22] S. Varela, L. Terribile, G. Oliveira, J. González y M. Lima, «Ecoclimate vs. Worldclim: variables climáticas SIG para trabajar en biogeografía,» *Ecosistemas,* vol. 24, nº 3, pp. 88-92, Noviembre 2016.

[23] S. Salazar, A. Quiroga, J. Hoyos y J. García, Zonas Agroecológicas, Huila: Cenicafé, 2021.

[24] ONU, 2021. [En línea]. Available: https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/sostenibilidad#:~:text=En%201987%2C%20la%20Comisi%C3%B3n%20Brundtland,mundo%20que%20buscan%20formas%20de. [Último acceso: 5 Mayo 2022].

[25] OMS, 2018. [En línea]. Available: https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals#:~:text=de%20Desarrollo%20Sostenible%3F-,Los%20Objetivos%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20(ODS)%2C%20tambi%C3%A9n%20conocidos%20como,disfruten%20de%20paz%20y%20prosperidad.. [Último acceso: 5 Mayo 2022].

[26] Centro Fruticultura Sur, «Zonificación agroclimática, una poderosa herramienta para la toma de decisiones,» Red agrícola, 9 Noviembre 2021. [En línea]. Available:

https://www.redagricola.com/cl/zonificacion-agroclimatica-una-poderosa-herramienta-para-la-toma-de-decisiones/. [Último acceso: 26 Enero 2022].

[27] A. Espejel, J. Romero, A. Barrera, B. Torres y J. Félix, «Deerminación del uso potencial agrícola mediante modelacion geoespacial y análisis multicriterio para la cuenca Balsas Mezcala,» *Ra Ximhai,* vol. 11, nº 5, pp. 77-95, 2015.

[28] FAO, «Portal de Suelos de la FAO,» Organización de las Nacionaes Unidas para la Alimentacion y la Agricultura, 3 Julio 2017. [En línea]. Available: https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/conservacion-del-suelo/es/. [Último acceso: 26 Enero 2022].

[29] M. Zaccagnini, M. Wilson, J. Oszust y R. P. Suarez, Manual de Buenas Prácticas para la Conservación del suelo, la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos, Buenos Aires: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2014.

[30] «Identificación de zonas óptimas para plantaciones forestales comerciales en ambiente SIG y evaluación multicriterios, caso de estudio, Estado de México,» 2015. [En línea]. Available: http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/106180/Alma_Salazar1%20-%20copia.pdf?sequence=3&isAllowed=y. [Último acceso: 28 Enero 2022].

[31] FAO, «Estudio Mundial del Recurso Suelo,» 20 Octubre 2020. [En línea]. Available: https://www.fao.org/3/i5126s/i5126s.pdf. [Último acceso: 27 Enero 2022].

[32] UNCCD, 2022. [En línea]. Available: Benefits_SLM__spanish_.pdf. [Último acceso: 27 Enero 2022].

[33] Asamblea Nacional Constituyente, «Constitución de la República del Ecuador 2008,» 13 Julio 2011. [En línea]. Available: https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf. [Último acceso: 23 Junio 2021].

[34] Asamblea Nacional, «Código Orgánico del Ambiente,» 12 Abril 2017. [En línea]. Available: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf. [Último acceso: 23 Junio 2021].

[35] Asamblea Nacional, «Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo,» 30 Junio 2016. [En línea]. Available: https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/Ley-Organica-de-Ordenamiento-Territorial-Uso-y-Gestion-de-Suelo1.pdf. [Último acceso: 27 Enero 2022].

[36] Asamblea Nacional, «Ley de Gestión Ambiental, Codificación,» 10 Septiembre 2004. [En línea]. Available: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf. [Último acceso: 23 Junio 2021].

[37] R. G. Pontius, E. Shusas y M. McEachern, «Detecting important categorical land changes,» *Agriculture, Ecosystems and Environment,* nº 101, p. 251–268, 2004.

[38] MAGAP; CGSIN; DIGDM, «ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO DE BANANO (Musa paradisiaca var. sapientum) EN CONDICIONES NATURALES EN EL ECUADOR CONTINENTAL A ESCALA 1:25.000,» Quito, Ecuador, 2017.

[39] F. Esquivel, J. García y L. Aldape, «Técnicas de comercialización y diversificación de cultivos para exportación en el sector agroalimentario en México,» *Revista Venezolana de Gerencia,* vol. 24, nº 88, pp. 1329-1342, 2019.

[40] IICA, «Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura,» 3 Junio 2017. [En línea]. Available: https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6949/BVE18040127e.pdf?sequence=1. [Último acceso: 17 Junio 2022].

[41] Burgos, Mendoza y Navarro, «Análisis de sistemas de riego por gravedad y goteo subsuperficial basada en una encuesta de muestra de conveniencia en el valle de Mexicali.,» *Vinculos-ESPE,* vol. 5, nº 3, pp. 13-32, 2020.

[42] Y. Molina, «a Reforestación como Estrategia Ambiental para la Conservación de ríos y quebradas,» *Revista Scientific,* vol. 4, nº 13, pp. 182-199, 2019.

[43] J. Hendriks, «La cosecha de agua. Una aliada de la agricultura familiar,» *Revista de Agroecología Leisa*, vol. 34, nº 3, 2017.

[44] M. Liotta , «Resiliar,» 7 Julio 2017. [En línea]. Available: https://2016.congresoaapresid.org.ar/wp-content/uploads/2017/07/Liotta-Mario-acta.pdf. [Último acceso: 17 Junio 2022].

[45] FAO, «Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura,» 16 Mayo 2018. [En línea]. Available: https://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/soil-organic-cover/es/. [Último acceso: 17 Junio 2022].

[46] Ministerio del Ambiente, «Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica,» 4 Junio 2017. [En línea]. Available: https://www.ambiente.gob.ec/minga-de-reforestacion-para-la-recuperacion-de-sitios-degradados/. [Último acceso: 17 Junio 2022].

[47] G. Díaz, 2017. [En línea]. Available: http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3277/1/T-ESPE-IASA%20I-004537.pdf. [Último acceso: 25 Febrero 2022].

[48] W. Cabascango, 2015. [En línea]. Available: https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4496/1/IAD-2015-005.pdf. [Último acceso: 9 03 2022].

[49] MAG , Zonificación agrícola del cultivo de banano (Musa paradisiaca var. sapientum) en condiciones naturales en el Ecuador Continental, Escala 1:25.000, Quito : Ministerio de Agriultura y Ganadería, 2020.

[50] P. Caza, Zonificación Agroecológica para los cultivos de maracuyá (Passiflora edulis), café (Coffea arabica) y cacao en la Parroquia Rural, San Isidro de la provincia de Manbí, Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2018.

[51] K. Aingla y J. Gavilanez , Detección y modelación de la ocupación del suelo mediante autómatas celulares como herramientas de apoyo a la conservación ambiental del área de protección del cerro Atacazo (Zona Este), Quito : Universidad de las Fuerzas Armadas, 2022.

[52] J. Casanova, Zonificación forestal en el cantón Cañar, bajo criterio biofísico y de conservación para un equilibrio social, económico y ambiental, Riobamba: Espoch , 2017.

[53] T. Basantes, Artist, *Estrategias de adpatación al cambio climático, caso: innovación tecnológica en el canal de riego Peribuela,provincia de Imbabura.* [Art]. Universidad Técnica del Norte, 2018.

[54] C. Zambrano, Artist, *"Impacto del cambio climático en la Agricultura de subsistencia en la provincia de Los Ríos.* [Art]. Universidad Técnica de Babahoyo, 2021.

[55] G. Lemos, Artist, *El impacto económico de la agricultura y el efecto del camnio climático en el cantón Babahoyo.* [Art]. Universidad Regional Autónoma de los Andes, 2018.

[56] R. Barragán, Artist, *Vulnerabilidad de los cultivos de ciclo transitorios al sur de Quevedo frente al cambio climático, 2018.* [Art]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2019.

[57] R. Guamán , R. Romero , G. Suárez , R. Robles y H. Romero , «Contaminación del medio ambiente para el uso y manejo de acietes usados de los automotores: análisis diagnóstico,» *Revista Salud y Bienestar Colectivo,* nº 3, pp. 36-52, 2018.

[58] INEC , «El parque automotor de Ecuador creció 57% en cinco años,» 9 Diciembre 2016. [En línea]. Available: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/el-parque-automotor-de-ecuador-crecio-57-en-cinco-anos/.

[59] F. Morales y R. Sánchez , «Tratamiento de efluentes de lubricadoras y lavadoras de autos mediante un sistema de lodos activados de lechos suspendido a escala de laboratorio.,» *Ciencia Digital,* pp. 170-179, 2019.

[60] D. Inca y M. Ortíz , Evaluación del impacto ambiental de los residuos generados por lavadoras y lubricadoras para la propuesta técnica de una guía de manejo. Caso ciudad de Riobamba, Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2018.

[61] GADM del cantón Caluma, «Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Caluma 2014-2019,» 8 Junio 2021. [En línea]. Available: https://www.google.com/search?q=plan+de+ordenamiento+territorial+cant%C3%B3n+Caluma&rlz=1C1CHBD_esEC876EC876&oq=plan+de+ordenamiento+territorial+cant%C3%B3n+Caluma+&aqs=chrome..69i57j33i160l2.10983j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8.

[62] A. Mora y N. Molina , «Diagnóstico del manejo de residuos sólidos en el Parque Histórico de Guayaquil,» *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida,* vol. 26, nº 2, pp. 2-34, 2017.

[63] C. Preciado y K. Ruiz , Auditoría Ambiental de los desechos peligrosos en la empresa Tecnova S.A, Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana, 2018.

[64] S. Gonazález , «Aplicabilidad de los sistemas de gestión ambiental en los proyectos de inversión,» *Ciencias Holguín,* vol. 22, nº 2, pp. 1-13, 2016.

[65] Asamblea Nacional, «Acuerdo N° 26 Expídense los procedimientos para registro de generadores de desechos peligrosos, gestión de desechos peligrosos, previo al licenciamiento ambiental y para el transporte de materiales peligrosos,» 12 Mayo 2008. [En línea]. Available: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-generador-desechos-peligrosos-gestores-transporte-026.pdf.

[66] M. Ávalos , J. Alcaraz y J. Alvarado , «Manejo de residuos peligrosos en la región Cuitzeo, Michoacán, a partir de la aplicación del Método de Valoración Contingente,» *Economía: teoría y práctica,* nº 48, pp. 151-172, 2018.

[67] Ministerio del Ambiente, Acuerdo No. 061 Reforma del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, Quito: Asamblea Nacional , 2015.

[68] N. Leiton y W. Revelo , «Gestión integral de residuos sólidos en la empresa Cyrgo SAS,» *Tendencias,* vol. 2, nº 2, pp. 103-121, 2017.

[69] Cecilio Valdés, «Contaminación ambiental,» *Avances Centro de Información y Gestión Tecnológica,* vol. 21, nº 2, p. 138, 2019.

[70] D. Inca y M. Ortiz , Evaluación del impacto ambiental de los residuos generados por lavadoras y lubricadoras para la propuesta técnica de una guía de manejo, caso ciudad de Riobamba, Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo , 2018.

[71] Hydroplayas EP, «Trampa de Grasa,» 13 Junio 2021. [En línea]. Available: http://hidroplayas.gob.ec/leydetransparencia/trampasdegrasa.pdf.

[72] Unesco, «Hechos y cifras La contaminación del agua sigue creciendo a nivel mundial,» 13 junio 2021. [En línea]. Available: http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/all-facts-wwdr3/fact-15-water-pollution/.

[73] D. Rodríguez y M. d. l. Á. Santana, «Evaluación de la contaminación por grasas y aceites en balnearios de la Bahía de Santiago de Cuba,» *Tecnología Química*, vol. 27, nº 2, pp. 1-10, 2017.

[74] R. Vale, R. Pérez y M. Ramírez , «Valoración del impacto ambiental en una productora de aceites y grasas lubricantes,» *Revista Cubana de Química*, vol. 28, nº 2, pp. 736-750, 2016.

[75] J. Betancourt , Propuesta para el reciclaje de aceites lubricantes usados provenientes de talleres automotrices y lubricadoras existentes en la ciudad de Carimanga en el año 2016, Loja: Universidad Nacional de Loja , 2017.

[76] CELEC EP, «Manejo, prevención y control de derrames de aceites químicos y combustibles,» 14 Junio 2021. [En línea]. Available: https://www.google.com/search?q=contaminaci%C3%B3n+de+aceites+de+combustibles&rlz=1C1CHBD_esEC876EC876&oq=contaminaci%C3%B3n+de+aceites+de+combustibles&aqs=chrome..69i57j33i160.10141j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8.

[77] . F. Waldyr, E. Quiñonez y C. Tejada , «Caracterización físico-química de aceites usados de motores para su reciclaje,» *Prospect*, vol. 15, nº 2, pp. 135-144, 2017.

[78] K. Marcano y P. Delvasto , «Contaminación de suelos por metales pesados debido a la presencia de pilas gastadas,» *Revista de Investigación,* vol. 40, nº 88, pp. 78-104, 2016.

[79] C. Ricaurte, Monitoreo del estado ambiental actual de las lubricadoras de la ciudad de Santo Domingo, Santo Domingo: Universidad Tecnológica Equinoccial , 2016.

[80] J. M. S. López, Investigación Educativa. Fundamentos Teóricos. Procesos y Elementos Práctico (Enfoque Práctico con ejemplo. Esencial para TFG, TFM y Tesis), Madrid: Editorial UNED, 2017.

[81] A. Hernández, M. Ramos, B. Placencia, B. Indacochea, A. Quimis y L. Moreno, Metodología de la Investigación Ciéntifica, Ciudad de México: 3Ciencias, 2018.

[82] T. Otzen y C. Manterola, «Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio,» *Int. J. Morphol,* vol. 35, nº 1, pp. 227-232, 2017.

[83] D. Tapia, Elaboración de un plan de gestión ambiental de residuos peligrosos para las lavadoras y lubricadoras de la zona Nueve de la ciudad de Macas, Macas : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo , 2018.

[84] D. Zamora, Manejo de aceites lubricantes usados en las lubricadoras y lavadoras del cantón Buena Fé dentro de la cabecera cantonal San Jacinto de Buena Fé, Quevedo : Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2015.

[85] J. García, Gestión de aceites lubricantes usados en el cantón el Guabo, Machala: UTMACH, 2018.

[86] C. Calapaqui, «Gestión Ambiental de cumplimiento para mecánicas de la Asociación 5 de Mayo de Tungurahua,» Tesis de Grado, Departamento de Ingeniería Industrial en Proceso de Automatización, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.

[87] R. Reyes, I. Godínez , C. Lidia , S. Díaz y F. Abá , «Procedimiento para la gestión integral de residuos peligrosos,» *Revista CENIC. Ciencias Biológicas,* vol. 46, pp. 378-387, 2016.

[88] Asamblea Nacional Constituyente, «Constitución de la República del Ecuador 2008,» 13 Julio 2011. [En línea]. Available: https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf. [Último acceso: 23 Junio 2021].

[89] Asamblea Nacional, «Código Orgánico del Ambiente,» 12 Abril 2017. [En línea]. Available: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf. [Último acceso: 23 Junio 2021].

[90] Asamblea Nacional, «Ley de prevención y control de la contaminación ambiental,» 10 Septiembre 2004. [En línea]. Available: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/Ley-de-Prevencion-y-Control-de-la-Contaminacion-Ambiental.pdf. [Último acceso: 23 Junio 2021].

[91] V. Abril , C. Mejía y J. Rojas , «Proyecto de creación de un gestor ambiental para el transporte, almacenamiento, tratamiento (ECUPRO-95) y disposición final de los lodos contaminados generados en lavadoras y lubricadoras del cantón Rumiñahui,» Tesis pregrado, Departamento de Ingeniería Ambiental, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2016.

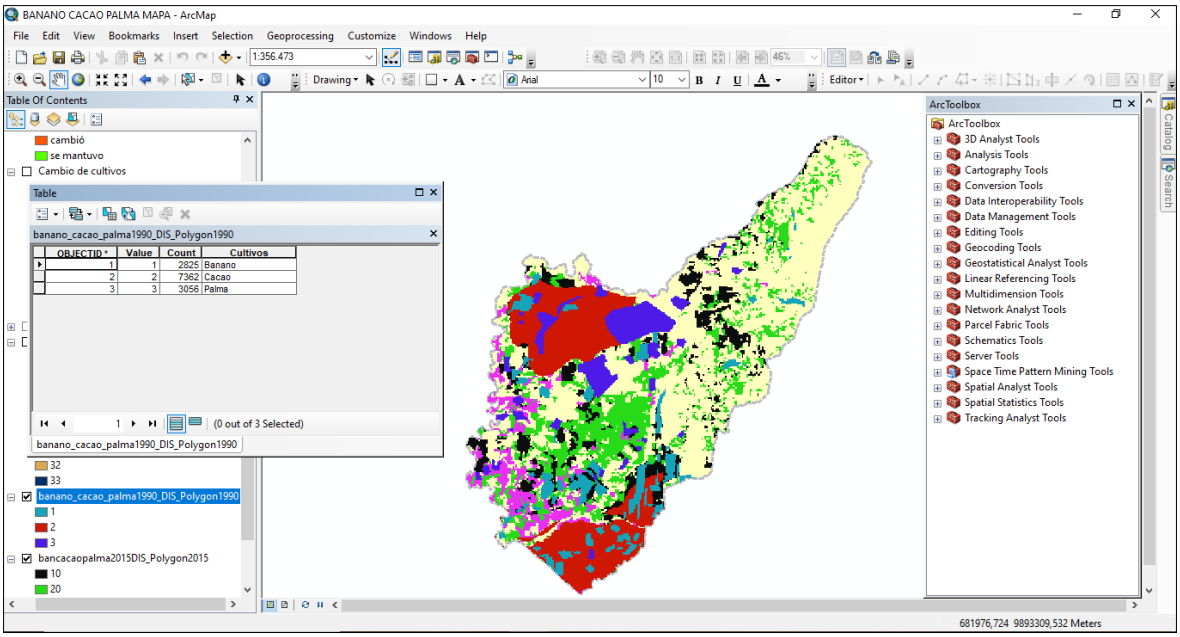
[92] A. Díaz , M. Anaya , J. Horta , M. Padilla y N. Álvarez , «Propuesta de evaluación del impacto ambiental de una planta de bioxidación de concentrado de flotación arsenopirítico aplicando la matriz de Leopold,» *Infomin*, vol. 5, nº 2, pp. 25-39, 2013.

[93] V. Conesa, Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, Madrid: Mundi-Prensa Libros, 2009.

CAPÍTULO VII

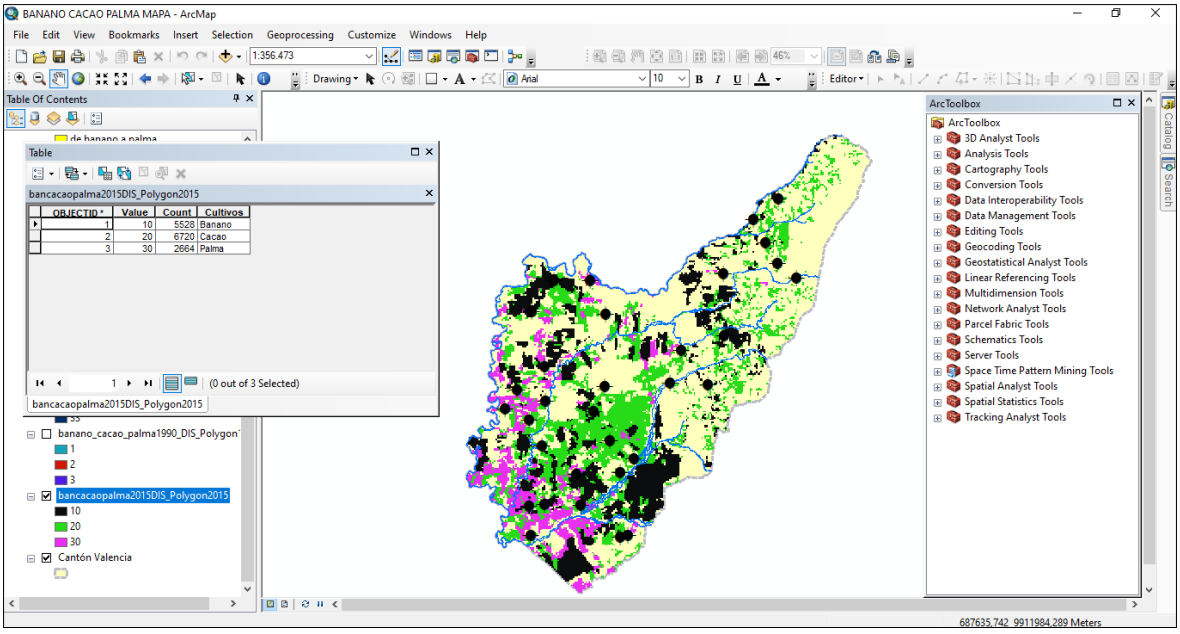
ANEXOS

Figura 24. Uso del suelo de Valencia con los cultivos de interés para el año 1990



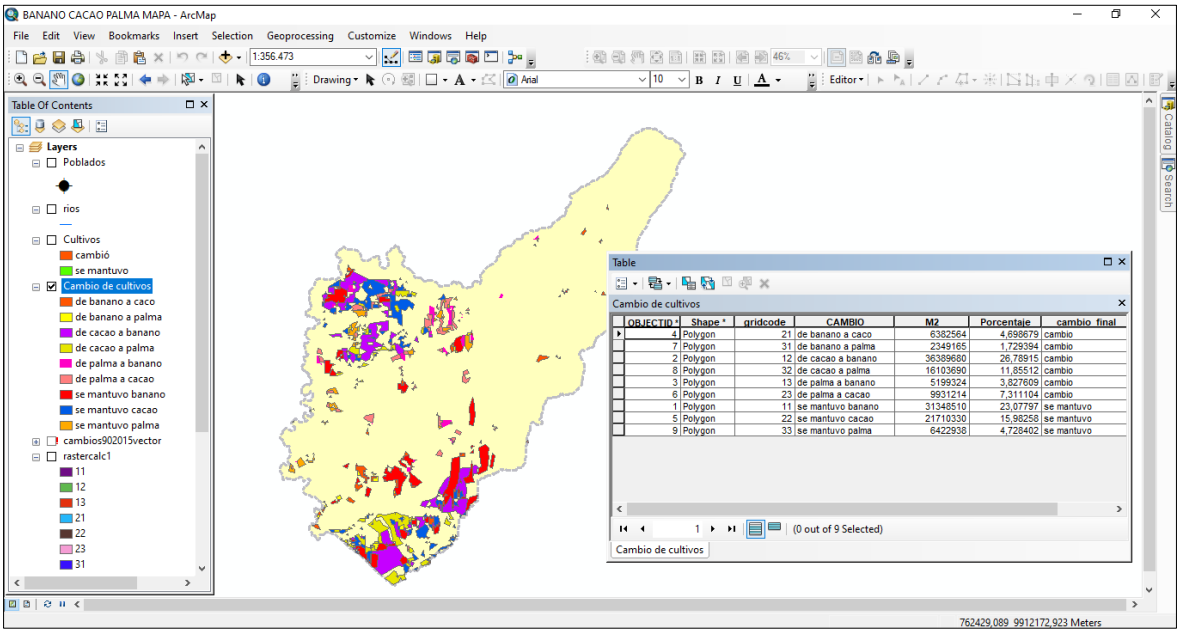
ELABORADO: AUTORA

Figura 15. Uso del suelo de Valencia con los cultivos de interés para el año 2015



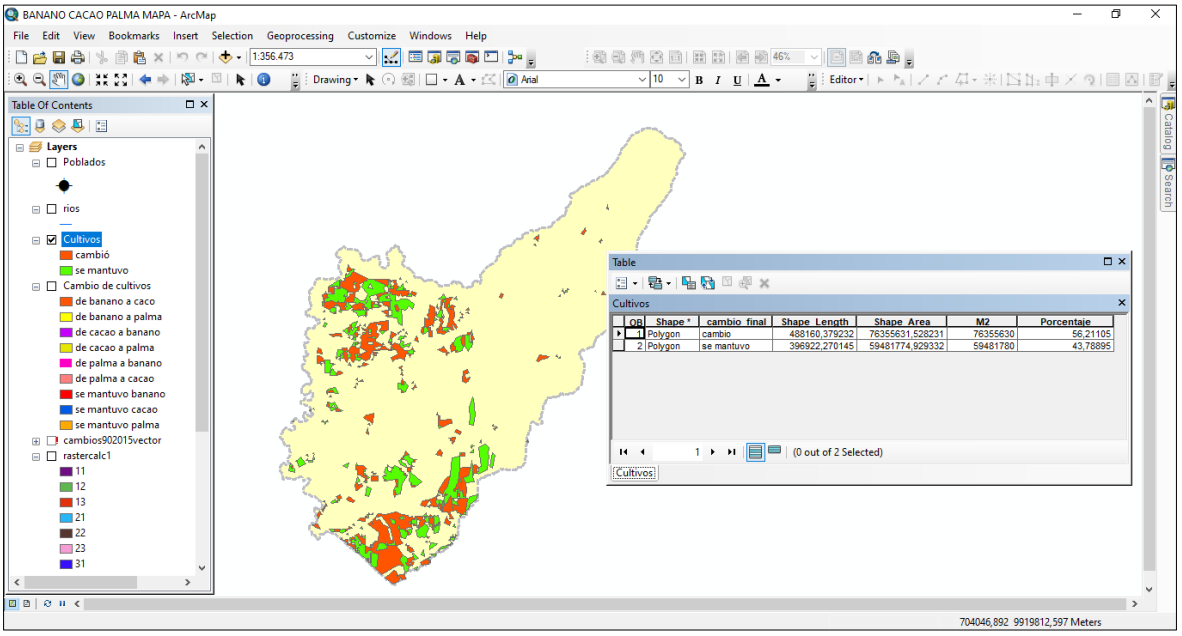
ELABORADO: AUTORA

Figura 26. Capas e información detallada del cambio de cultivos



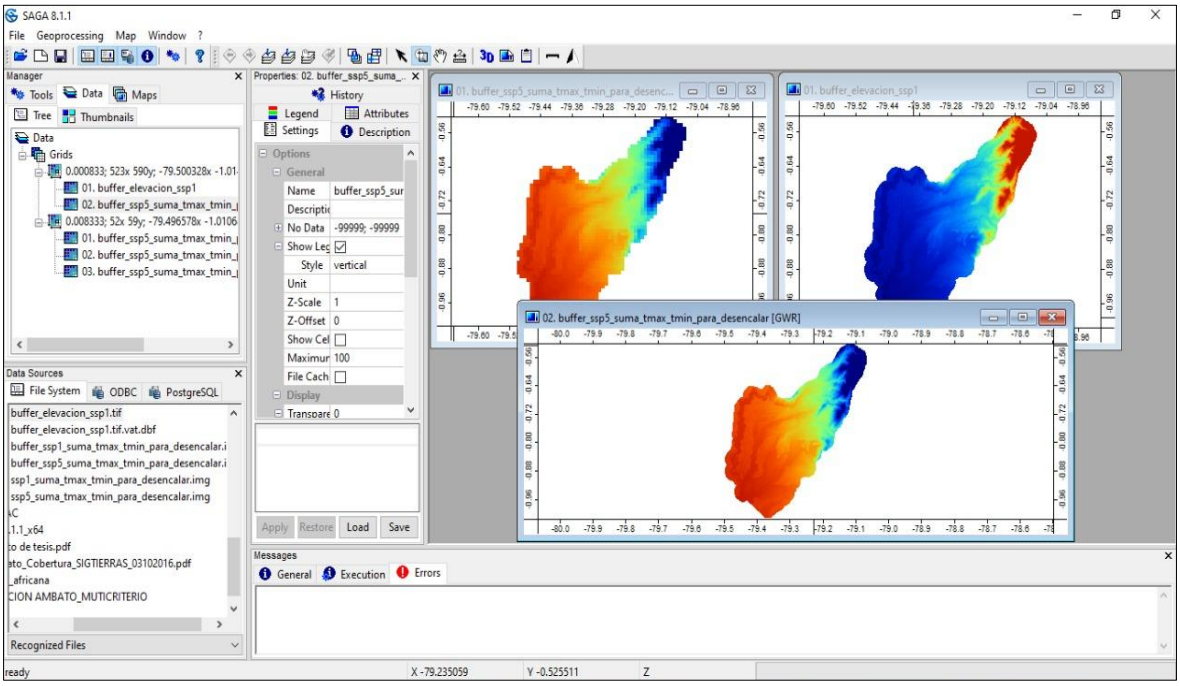
ELABORADO: AUTORA

Figura 27. Mapa general del cambio de cultivos



ELABORADO: AUTORA

Figura 28. Tratamiento de temperaturas en SAGAGIS para el desencalado



ELABORADO: AUTORA