

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



ZONIFICACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LOS CULTIVOS DE FRESA (*Fragaria chiloensis* L.), LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) Y REPOLLO (*Brassica oleracea var. capitata* L.) EN EL DEPARTAMENTO DE CHALATENANGO, EL SALVADOR.

**POR:
EVA JUDITH ZAVALA VÁSQUEZ**

CUIDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2019

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**ZONIFICACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LOS CULTIVOS DE
FRESA (*Fragaria chiloensis* L.), LECHUGA (*Lactuca sativa*
L.) Y REPOLLO (*Brassica oleracea var. capitata* L.) EN EL
DEPARTAMENTO DE CHALATENANGO, EL SALVADOR.**

**POR:
EVA JUDITH ZAVALA VÁSQUEZ**

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2019

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE**



**ZONIFICACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LOS CULTIVOS DE
FRESA (*Fragaria chiloensis* L.), LECHUGA (*Lactuca sativa*
L.) Y REPOLLO (*Brassica oleracea var. capitata* L.) EN EL
DEPARTAMENTO DE CHALATENANGO, EL SALVADOR.**

POR:

EVA JUDITH ZAVALA VÁSQUEZ

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERA AGRÓNOMO

SAN SALVADOR, OCTUBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:
LIC. M.SC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:
LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ING. AGR. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA
DECANO

ING. AGR. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO
SECRETARIO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE

ING. AGR. MSC. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASCENCIO

DOCENTES DIRECTORES:

ING. AGR. JOSÉ ROLDÁN TOBAR MELGAR

ING. AGR. ABEL ALEXEI ARGUETA PLATERO

COORDINADOR GENERAL DE LOS PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. AGR. JOSÉ ROLDÁN TOBAR MELGAR

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en el departamento de Chalatenango, durante el período de octubre de 2017 a mayo de 2018, consistió en realizar un estudio de zonificación agroclimática para delimitar zonas aptas potenciales o favorables para los cultivos de fresa, lechuga y repollo. La metodología se realizó en tres fases: la primera consistió en recopilar información físico-química de los suelos, topográfica y climática del departamento y los requerimientos edafoclimáticos de los cultivos en estudio. Sin embargo, la información recolectada fue escasa, por lo cual en la segunda fase se utilizaron menos variables, entre ellas; la precipitación, temperatura, brillo solar, pendiente, altitud y textura. Posteriormente, en la tercera fase, se usó el método de evaluación MultiCriterio (EMC), utilizando tres criterios: no aceptable (1), aceptable (2) y favorable (3). Con la herramienta de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se utilizaron números, y como resultado se obtuvieron un conjunto de tres códigos correspondiente a las variables, pendiente, altitud y temperatura. En la variable de temperatura se utilizaron siete estaciones meteorológicas, con promedio de treinta años (1985-2015) y esta se interpoló con el método de ponderación inverso a la distancia (IDW, por sus siglas en inglés). En los mapas de zonificación agroclimática por cultivo, seleccionamos cuales fueron las áreas favorables para el establecimiento y desarrollo de los cultivos, de todo el departamento de Chalatenango los resultados de las áreas favorables fueron: 607 hectáreas (Ha) (0.5%) de lechuga, 829 Ha (0.7%) de fresa y 1,319 Ha (1.5%) de repollo. San Ignacio y La Palma son los municipios con mayor producción de hortalizas en el departamento de Chalatenango. En el trabajo de campo, se realizaron encuestas a los productores de lechuga y repollo en los cantones de Las Pilas, municipio de San Ignacio y Los Planes, municipio de La Palma, con el objetivo de validar la información de las áreas productoras de los cultivos en estudio con los mapas de zonificación agroclimática. La metodología es válida para la zonificación agroclimática de los cultivos, pero puede mejorarse con una mayor información edáfica de la zona.

Palabras clave: Zonificación agroclimática, geoprosesamiento, MultiCriterio, estaciones meteorológicas, fresa, lechuga y repollo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Nuestro Padre y a la Virgen María:

Por regalarme el entendimiento y la sabiduría para realización del proyecto e iluminarme en mi vida.

A los que laboran en el decanato:

Ing. Msc. Juan Rosa Quintanilla, Dr. Francisco Lara Ascencio.

A los que laboran en la Escuela de Posgrado y Educación Continua:

Ing. Agr. Mario Antonio Orellana, Ing. Agr. Miguel Hernández.

A mis asesores:

Ing. Agr. José Roldán Tobar Melgar e Ing. Agr. Abel Alexei Argueta Platero, por ayudarme en todo el proceso de mi investigación, sus aportes y consejos.

A los docentes de la Facultad:

Ing. Agr. Carlos Aguirre, Ing. Agr. Mario Pérez, por brindarme la ayuda en la ejecución del proyecto.

Al personal de observatorio ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN):

Lic. Pablo Ernesto Ayala, Ing. Agr. Ricardo Zimmermann, Carlos Sosa, Lic. Luis García y a los demás compañeros por todo el aprendizaje que he adquirido.

Al personal del CENTA:

Ing. Armando Gonzales, Ing. Pedro García, Ing. Armando Castellanos, por la información brindada.

A la cooperativa ACOPO de R.L. (Asociación de Productores Orgánicos), productores de repollo y lechuga del cantón Las Pilas y Los Planes del departamento de Chalatenango.

DEDICATORIA

A Dios y a María Santísima, que me dio la sabiduría, bendición y las fuerzas para lograr mi trabajo de investigación.

A mi abuela Rufina con amor por ser mi fortaleza para cumplir mis retos.

A mis padres Marisol Zavaleta y Mario Sosa, para ellos con amor, respeto y admiración, además por el esfuerzo, sacrificio y apoyo fue fundamental para culminar mi carrera.

A mis hermanas María y Bárbara, con mucho amor y cariño.

A mis tíos Ada, Roselia, Iris y Adán Zavaleta, el apoyo incondicional y las palabras de aliento.

A mis primos Mariana, José, Guadalupe, Camila y Sebastián Zavaleta por estar a mi lado durante el proceso.

A mis amigos Luis, Vanesa, Iliana, por su apoyo incondicional durante el proceso de elaboración de la tesis.

A mis amigos del Observatorio Ambiental del MARN por brindarme la oportunidad de crecer como profesional y contar con apoyo en mi proceso de elaboración de tesis.

A todos los docentes de la carrera con mucho respeto y agradecimiento por transmitirme los conocimientos durante toda la carrera.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
RESUMEN.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
DEDICATORIA	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. Importancia nutricional, social y económica del cultivo de fresa	2
2.2. Importancia nutricional, social y económica del cultivo de lechuga.....	2
2.3. Importancia nutricional, social y económica del cultivo de repollo.....	3
2.4. La zonificación agroclimática de los cultivos	4
2.4.1. Definición e importancia.....	4
2.4.2. Metas de la zonificación agroecológica de los cultivos.....	5
2.5. Etapas de la zonificación agroecológica de los cultivos	5
2.6. Evaluación MultiCriterio.....	6
2.6.1. Fases de aplicación.....	6
2.6.2. Métodos de los EMC	8
2.7. El sistema de producción agrícola.....	8
2.7.1. Textura.....	9
2.8. Levantamiento de suelos.....	10
2.9. Elementos climáticos que influyen en agricultura.....	10
2.9.1. Radiación solar.....	10
2.9.2. Temperatura.....	11
2.9.3. Precipitación	11
2.9.4. Período de referencia nacional para el estudio del clima.....	11
2.9.5. Los polígonos de Thiessen.....	11
2.10. Generalidades de los cultivos	12

2.10.1. Fresa (<i>Fragaria chiloensis</i> L.).....	12
2.10.2. Morfología.....	12
2.10.3. Variedades.....	12
2.10.4. Requerimientos edáficos.....	13
2.10.5. Requerimientos climáticos.....	13
2.10.6. Ciclo del cultivo.....	13
2.10.7. Siembra.....	13
2.10.8. Fertilización.....	13
2.10.9. Plagas y enfermedades de importancia económica.....	14
2.10.10. Cosecha.....	14
2.10.11. Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	14
2.10.12. Morfología.....	15
2.10.13. Variedades.....	15
2.10.14. Requerimientos edáficos.....	15
2.10.15. Requerimientos climáticos.....	15
2.10.16. Siembra.....	16
2.10.17. Fertilización.....	16
2.10.18. Cosecha.....	16
2.10.19. Plagas y enfermedades de importancia económica.....	17
2.10.20. Repollo (<i>Brassica oleracea var. capitata</i> L.).....	17
2.10.21. Morfología.....	17
2.10.22. Variedades.....	17
2.10.23. Requerimientos edáficos.....	18
2.10.24. Requerimientos climáticos.....	18
2.10.25. Ciclo del cultivo.....	18
2.10.26. Siembra.....	19
2.10.27. Fertilización.....	19
2.10.28. Plagas y enfermedades de importancia económica.....	19
2.10.29. Cosecha.....	20
3. MATERIALES Y METODOS.....	21
3.1. Descripción del estudio.....	21

3.2. Tipo de investigación.....	21
3.3. Descripción del flujograma para la elaboración de la cartografía.....	22
3.4. Metodología de gabinete.....	23
3.4.1. Recopilación y procesamiento de la información.....	23
3.4.2. Datos climatológicos.....	23
3.4.3. Información edafológica y fisiográfica.....	24
3.4.4. Requerimientos edafoclimáticos y fisiográficos de los cultivos.....	24
3.4.5. Metodología para la zonificación de cultivos.....	25
3.5. Generación de mapas en SIG.....	27
3.5.1. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	27
3.5.2. Elaboración de la cartografía.....	27
3.5.3. Mapas biofísicos.....	27
3.5.4. Modelo de Elevación Digital (DEM).....	27
3.5.5. Pendiente.....	27
3.5.6. Mapas climáticos.....	27
3.5.7. Método de interpolación.....	27
3.5.8. Metodología de la Evaluación MultiCriterio (EMC).....	28
3.6. Metodología de campo.....	30
3.6.1. Consulta a productores sobre el manejo agronómico y las características edafoclimáticas de los cultivos: fresa, lechuga y repollo.....	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. Diagnostico biofísico.....	34
4.1.1. División política y administrativa.....	34
4.1.2. Red hídrica.....	34
4.1.3. Agrología.....	35
4.1.4. Uso actual del suelo.....	38
4.1.5. Descripción de los suelos.....	39
4.1.6. Mapa de textura de los suelos.....	40
4.1.7. Modelo de Elevación Digital (DEM).....	41
4.1.8. Pendiente.....	42

4.1.9. Estaciones meteorológicas utilizadas	43
4.1.10. Precipitación promedio anual de 1985 al 2015	44
4.1.11. Temperatura promedio anual de 1985 al 2015	45
4.1.12. Brillo solar promedio anual de 1985 al 2015.....	46
4.1.13. Zonificación agroclimática del cultivo de fresa.....	47
4.1.14. Zonificación agroclimática del cultivo de lechuga	50
4.1.15. Zonificación agroclimática del cultivo de repollo	52
4.1.16. Productores de repollo y lechuga	55
5. CONCLUSIONES	57
6. RECOMENDACIONES	58
7. BIBLIOGRAFÍAS	59
8. ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clases de textura de suelo.....	10
Cuadro 2. Programa de fertilización del cultivo de fresa.....	14
Cuadro 3. Plan de fertilización para el cultivo de lechuga	16
Cuadro 4. Variedades del cultivo de repollo disponibles en El Salvador	18
Cuadro 5. Plan de fertilización de repollo.....	19
Cuadro 6. Estaciones meteorológicas identificadas por el polígono de Thiessen.....	24
Cuadro 7. Requerimientos edafológicos de los cultivos.....	24
Cuadro 8. Requerimientos climáticos de los cultivos	25
Cuadro 9. Clasificación de los requerimientos de temperatura y elevación de los cultivos	25
Cuadro 10. Clasificación de pendientes	25
Cuadro 11. Clasificación de la elevación.....	26
Cuadro 12. Clasificación de la temperatura media	26
Cuadro 13. Matriz resumen de las variables de temperatura, elevación y pendiente.....	26
Cuadro 14. Listado de las variedades de los cultivos de los productores encuestados.....	30
Cuadro 15. Longitud de los ríos del departamento de Chalatenango.	34
Cuadro 16. Clases agrologicas de los suelos predominantes en la zona de estudio	35
Cuadro 17. Áreas del uso actual del suelo.....	38
Cuadro 18. Áreas de textura de suelo	40
Cuadro 19. Rangos altitudinales del departamento.....	41
Cuadro 20. Áreas de porcentajes de pendientes	42

Cuadro 21. Estaciones meteorológicas seleccionadas.....	43
Cuadro 22. Descripción de los códigos de las zonas agroclimáticas por hectáreas y porcentaje para el cultivo de fresa.....	49
Cuadro 24. Descripción de los códigos de las zonas agroclimáticas por hectáreas y porcentaje para el cultivo de repollo.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de hortalizas por departamentos.....	3
Figura 2. Volúmenes de importaciones (kg) en El Salvador de fresa, lechuga y repollo del año 2011 al 2015.....	4
Figura 3. Fases de un proceso de EMC en un entorno SIG.....	7
Figura 4. Técnicas de Evaluación de MultiCriterio.....	8
Figura 5. Ubicación de la zona de estudio en El Salvador.....	21
Figura 6. Flujograma de las actividades de trabajo.....	23
Figura 7. Flujograma la metodología utilizada en la zonificación de los cultivos con EMC.....	29
Figura 8. Cultivo de lechuga en La Palma, Chalatenango.....	31
Figura 9. Cultivo de repollo, en San Ignacio, Chalatenango.....	32
Figura 10. Cultivo de repollo en laderas en San Ignacio, Chalatenango.....	32
Figura 11. Cultivo de fresa del año 2015, La Palma, Chalatenango.....	33
Figura 12. Eras de cultivo de fresa del año 2015 en La Palma, Chalatenango.....	33
Figura 13. División política y administrativa del departamento de Chalatenango.....	34
Figura 14. Mapa de la red hídrica del departamento de Chalatenango.....	35
Figura 15. Mapa de clasificación agrológica del departamento de Chalatenango.....	37
Figura 16. Mapa de uso actual del suelo del departamento de Chalatenango.....	39
Figura 17. Mapa de textura de suelo del departamento de Chalatenango.....	41
Figura 18. Modelo de Elevación Digital del departamento de Chalatenango.....	42
Figura 19. Porcentaje de pendientes del departamento de Chalatenango.....	43
Figura 20. Mapa de estaciones meteorológicas seleccionadas.....	44
Figura 21. Mapa de precipitación anual del período de 1985 al 2015 del departamento... ..	45
Figura 22. Mapa de temperaturas promedio anual del período de 1985 al 2015.....	46
Figura 23. Mapa de brillo solar promedio anual del período de 1985 al 2015.....	46
Figura 24. Mapa de zonificación agroclimática del cultivo de fresa.....	47
Figura 25. Mapa de zonificación agroclimática del cultivo de lechuga.....	50
Figura 26. Mapa de zonificación agroclimática del cultivo de repollo.....	52
Figura 27. Mapa de los productores de repollo y lechuga.....	55
Figura 28. Superficie del cultivo de repollo en los municipios de San Ignacio y La Palma.....	55
Figura 29. Rendimiento del cultivo de repollo en los municipios de San Ignacio y La Palma.....	56
Figura 31. Superficie de los productores de lechuga en los municipios de San Ignacio y La Palma.....	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Encuesta para los productores.....	62
---	----

CUADROS

Cuadro A1. Diseño de la matriz de las variables a utilizar en la primera fase de la zonificación.....	64
Cuadro A2. Clasificación de la profundidad efectiva del suelo	64
Cuadro A3. Clasificación de la materia orgánica	64
Cuadro A4. Relación de la velocidad de infiltración y drenaje del suelo	65
Cuadro A5. Matriz con la textura de suelo y drenaje.....	65
Cuadro A6. Lista de los cultivos por zona según el CENTA.	65

FIGURAS

Figura A1. Densidad de los productores del departamento de Chalatenango por municipios.....	66
Figura A2. Distribución geográfica de los productores de hortalizas en El Salvador	67
Figura A3. Productores del cultivo de lechuga en El Salvador	67
Figura A4. Estaciones seleccionadas por el polígono de Thiessen	68

1. INTRODUCCIÓN

Entre los factores que determinan la producción agrícola se encuentran el clima, suelo, las características de la planta, la tecnología y manejo. El estudio de estos factores permite la delimitación de las zonas más aptas para la agricultura, o zonificación de los cultivos, que es uno de los aspectos que más interesa a los planificadores agrícolas. Una adecuada evaluación y análisis de los recursos climáticos es fundamental para efectuar una zonificación (Roshell 1978). Según la clasificación climática de Köppen, El Salvador está situado dentro del cinturón de lluvia tropical, con predominio de la tierra caliente, debido a su latitud y topografía predominantemente bajas (Alcaraz Ariza 2013).

Los productos agrícolas como la fresa, lechuga y repollo, necesitan ser importados de los países de Guatemala y Panamá, debido a la poca producción en nuestro país. Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en El Salvador las importaciones para el año 2017 fueron 5,560,312 kg de fresa, 26,560,317 kg de lechuga y 63,842,571 kg de repollo; con un valor económico en fresa de \$ 853,592, lechuga \$ 2,210,053 y repollo \$ 3,094,076 (MAG 2018). A este hecho se une la agricultura empírica, con poca o escasa investigación en el área agroclimática.

La zonificación agroclimática es una técnica para determinar zonas o áreas potenciales para obtener rendimientos óptimos de los cultivos, tomando en cuenta los requerimientos climáticos y edáficos de los cultivos (IICA y PROMECAFE 1985). Una de las herramientas para llevar a cabo este proceso de zonificación son los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que utiliza información básica y de campo para establecer mapas de zonificación, la cual es de un amplio uso a nivel mundial y por consiguiente a nivel nacional.

El presente trabajo consiste en determinar las áreas más favorables para el establecimiento y desarrollo de los cultivos de fresa, lechuga y repollo en el departamento de Chalatenango, para lo cual se recolectó información climática, edáfica y topográfica de la zona de estudio y los requerimientos edáficos y climáticos de los cultivos, para realizar una clasificación con la ayuda de un especialista en hortalizas. Luego se usó el método de la evaluación multicriterio donde se construyó una matriz con la información completa recolectada las cuales fueron temperatura media, pendiente y altitud de la zona de acuerdo a los criterios técnicos del especialista en clima y suelo. Para la zonificación se utilizaron los SIG para desarrollar una serie de geoprocetamiento con los mapas de pendiente, altitud y temperatura media, con ello elaboró un mapa de zonificación por cultivo, de las cuales contenían una base de información en tablas con códigos, integrado por tres números, que consistía cada una de las variables mencionadas anteriormente por la cual se obtuvieron áreas no aceptables, aceptables y favorables para el establecimiento y desarrollo de los cultivos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Importancia nutricional, social y económica del cultivo de fresa

La fruta de fresa tiene diversas propiedades nutritivas y farmacéuticas. Posee una riqueza en antioxidantes, ácido fólico y salicilatos (sales precursoras del ácido salicílico), es recomendado especialmente en dietas para prevención de riesgo cardiovascular, enfermedades degenerativas y cáncer. Se puede consumir en fresco o mezcladas en helados, mermeladas, repostería (dulces, pasteles y tortas). La fresa es un alimento rico en vitamina C ya que en 100 gr (gramos) fruta contiene 54.93 mg (miligramos) de vitamina C. En el valor nutricional es de 0.81 gr de proteínas, 21.47 mg de calcio, 1.68 gr de fibra, 161 mg de potasio, 2.70 mg de yodo, 5.51 gr de carbohidratos, 0.03 mg de vitamina B1, 0.05 mg de vitamina B2, 0.79 mg de vitamina B3, 26 mg de fósforo y 32.24 kcal (kilocalorías) (IICA 2001).

Las plantas de fresa pueden ser producidas con materiales locales, generando mayores beneficios para el productor (Castellanos y Arias 2013). La asociación agropecuaria de servicios múltiples fresas de Apaneca de R.L inicio en el año 2006 en El Salvador con 22 productores. Posteriormente, en el 2011 incrementó a 70 productores. Luego para el 2014 esperaban tener un área de siembra de 50 manzanas (mz) equivalente a 3, 250,000 libras (lb) de fruta fresca (22% producto del mercado nacional), generando más de 800 empleos directos e indirectos (Asociación Agropecuaria de Servicios Múltiples Fresas de Apaneca de R.L s.f.)

2.2. Importancia nutricional, social y económica del cultivo de lechuga

El cultivo de lechuga se utiliza de forma fresca, en ensaladas o acompañada en diferentes platos. Industrialmente se usa para la fabricación de cremas cosméticas. Es diurética y contribuye a la cura de enfermedades como obesidad, hipertensión arterial, edemas, nefritis, cálculos renales, entre otras. Mejora la circulación, previene la arteriosclerosis y disminuye el colesterol. El valor nutricional de la lechuga es principalmente por el contenido de minerales y vitaminas. El valor nutritivo difiere según de hojas sueltas o cabeza. Por lo general, cada 100 gr de porción comestible contiene 94 % de agua, 14 gr de energía, 0.9 gr proteína, 0.14 gr de grasa total, 18 mg de calcio, 20 mg de fósforo, entre otros (Jaramillo *et al.* 2016).

La lechuga se ubica en el grupo de las hortalizas de hoja y se consume prácticamente en fresco. Su importancia se ha incrementado en los últimos años, debido a la diversificación de tipos varietales, tonalidades verdes, rojas y moradas. La principal forma de presentación es en ensaladas, como componente en comidas rápidas como sándwiches, hamburguesas y como adorno en platos especiales en restaurantes (Jaramillo *et al.* 2016). Según el MAG (2015) se han importado 24, 320,557 kilogramos (kg) de lechuga fresca.

2.3. Importancia nutricional, social y económica del cultivo de repollo

El cultivo de repollo su aprovechamiento principal son las hojas que conforman la cabeza. Puede consumirse en estado fresco, cocinadas de diversas formas y encurtidas. Posee un alto valor de vitamina C, hierro y contenido de glucosinatos. El contenido del valor nutricional es 100 gr de repollo contienen 2.2 gr de proteínas, 4.1 gr de carbohidratos, 1.5 gr de fibras, 49 mg de calcio, 130 unidades de vitamina A y 47 mg de vitamina C, estas cualidades lo hacen un producto recomendable para la incorporación de la dieta familiar. El repollo es una hortaliza que, manejada adecuadamente, deja ganancias satisfactorias al productor; es un cultivo que contribuye a la diversificación agrícola, generación de mano de obra y reducción de importaciones. En el año de 2000, el volumen de importaciones por El Salvador fue de 17,253 ton (toneladas), lo que representó un valor de \$ 2, 514,951.00 concluyendo la insuficiencia en el área sembrada a nivel nacional, en aproximadamente 600 manzanas, las cuales al ser producidas localmente abastecerían la demanda nacional, sin tener que depender de las importaciones (Fuentes y Pérez 2003).

Según Pérez Ascencio (2017), en el año 2012 al 2013, los productores de hortalizas registraron una superficie de 18,093 mz.; con una producción de 4, 433,311 qq (quintales). De los departamentos productores observamos que Chalatenango es el de mayor producción a nivel nacional (figura 1).



Figura 1. Producción de hortalizas por departamentos

Fuente: Pérez Ascencio 2017.

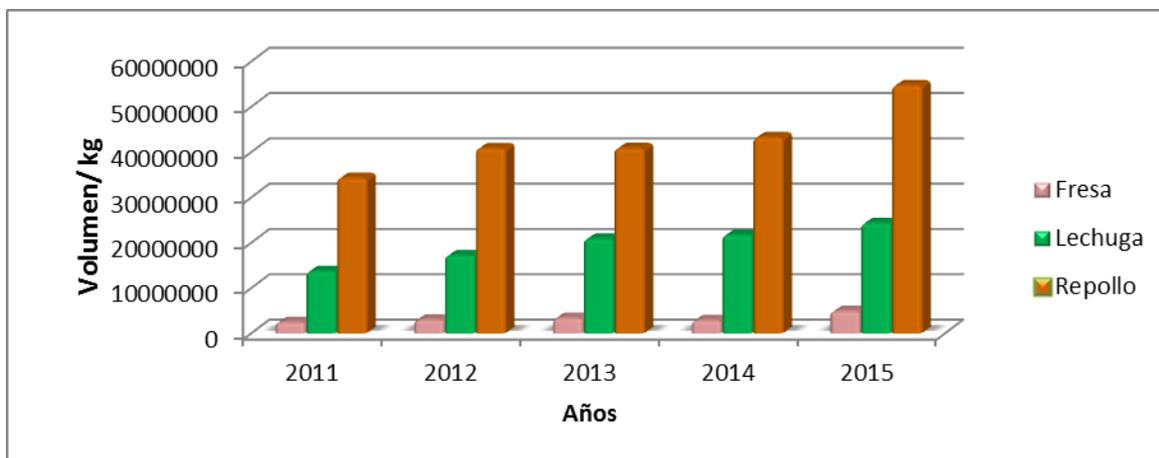


Figura 2. Volúmenes de importaciones (kg) en El Salvador de fresa, lechuga y repollo del año 2011 al 2015.

Fuente: MAG 2015.

Según el MAG (2015), a través de la Dirección General de Economía Agropecuaria (DGEA) de El Salvador aumentó el volumen de importaciones de fresa de 4,890,333 kg, lechuga 24,320,557 kg y repollo 54,717,197 kg, durante los años de 2011 al 2015 (figura 2).

2.4. La zonificación agroclimática de los cultivos

2.4.1. Definición e importancia

Consiste en dividir a una región en zonas aptas para obtener áreas de rendimiento óptimo de distintas especies, variedades mejoradas o introducida, local o exótica de acuerdo a las características climáticas (IICA y PROMECAFE 1985).

La zonificación o regionalización agroclimática busca delimitar las regiones que tienen similares condiciones de clima y suelo. Este tipo de estudios constituyen una herramienta indispensable para la planificación agropecuaria a mediano y largo plazo; asignación de prioridades en los planes de desarrollo regional agropecuario; el trazado de nuevas políticas agrícolas; la determinación de los cultivos más apropiados para diferentes regiones; la complementación de la red de estaciones agrometeorológicas; la elaboración de calendarios agrícolas regionales; la determinación de balances hídricos y necesidades de agua de los cultivos en regiones definidas y la adecuada sectorización de la información suministrada en los boletines agrometeorológicos. El clima y el tiempo tienen una intervención decisiva en la producción agropecuaria. El rendimiento de los cultivos depende en gran parte del clima y su óptima producción en donde se cubrirá con todas sus necesidades. Las operaciones agrícolas y el éxito de las cosechas desde la siembra hasta el almacenamiento, transporte en nuestro país depende de las condiciones del tiempo atmosférico. La agroclimatología sirve para que el agricultor pueda tomar decisiones estratégicas en la planificación agrícola (Boshell s.f.).

Según Guzmán López (s.f.), la zonificación debe contener los distintos sistemas espaciales y arreglos cronológicos de los cultivos en asocio o en revelo. Las metodologías son muy variadas, como ejemplo se pueden mencionar:

Índices bioclimáticos: consiste en analizar los requerimientos climáticos de los cultivos y compararlos con la oferta climática de la zona.

En el análisis deben de considerarse los periodos críticos de los organismos y la respuesta a distintos umbrales (por ejemplo: requerimiento térmico del tomate). Los índices bioclimáticos son obtenidos de la bibliografía o experimentación de laboratorio de campo.

Analogía climática: consiste en comparar el clima de un lugar de alto rendimiento conocido, con los datos climatológicos de la zona estudiada.

Se puede calcular las diferentes medias, desviaciones estándar y temperaturas máximas y mínimas. Además la regresión y correlación de las precipitaciones mensuales.

Modelos estadísticos: se derivan de análisis de correlación y regresión de datos climatológicos, con datos de producción.

2.4.2. Metas de la zonificación agroecológica de los cultivos

Determinar la necesidad de procedimientos alternativos para la estimación de la productividad potencial y de los requerimientos climáticos o edáficos a utilizar en la evaluación de la aptitud de uso de las zonas agroecológicas. Proveer de los elementos requeridos para determinar viabilidad económica y aceptabilidad social. Contemplar la necesidad de considerar el uso actual de la tierra y la necesidad de reservar áreas de preservación, en casos de ecosistemas de especial fragilidad, tales como aquellos con suelos cuya degradación se anticipa en caso de someterse a nuevos sistemas de manejo (Argueta Rivas s.f.).

2.5. Etapas de la zonificación agroecológica de los cultivos

Formación de un banco de datos climáticos, con la información de las estaciones meteorológicas se obtienen temperatura, precipitación, viento, brillo solar entre otros. Luego se investiga los requerimientos climáticos de los cultivos. Entre estos, las temperaturas medias durante el período de cultivo, la probabilidad de temperaturas mínimas o máximas para el cultivo y la disponibilidad de agua en el suelo a lo largo del período. El rango de temperaturas óptimas y los límites entre de los cuales es posible un desarrollo adecuado del cultivo o grupo de cultivos deben estar claramente expresados a fin de identificar las zonas agroclimáticas que satisfacen esos requerimientos. Con la cartografía básica de una región es esencial para utilizar en forma integrada los diversos mapas temáticos existentes. El mapa de uso actual de la tierra sirve para identificar zonas en las que se presentan conflictos de uso en cuanto al uso potencial y el uso actual del suelo. La información socioeconómica identifica las clases y niveles de producción,

tenencia de la tierra, composición de la población agrícola, disponibilidad de maquinaria, uso de insumos, volumen y valor de la producción (Argueta Rivas s.f.).

2.6. Evaluación MultiCriterio

La Evaluación MultiCriterio (EMC), puede definirse como un conjunto de técnicas orientadas a asistir en los procesos de toma de decisiones. El fin básico de las técnicas de EMC es investigar un número de alternativas bajo la luz de múltiples criterios y objetivos en conflicto. La toma de decisiones multicriterio se puede considerar como un mundo de conceptos, aproximaciones, modelos y métodos para auxiliar a los centros decisores a describir, evaluar, jerarquizar, seleccionar o rechazar objetos, en base a una evaluación, expresada en puntuaciones, valores o intensidades de preferencia (Gómez Delgado y Barredo Cano 2005).

2.6.1. Fases de aplicación

La correcta aplicación de estos métodos sigue un modelo racional de toma de decisiones que se puede estructurar con las siguientes fases como se muestra en la figura 3:

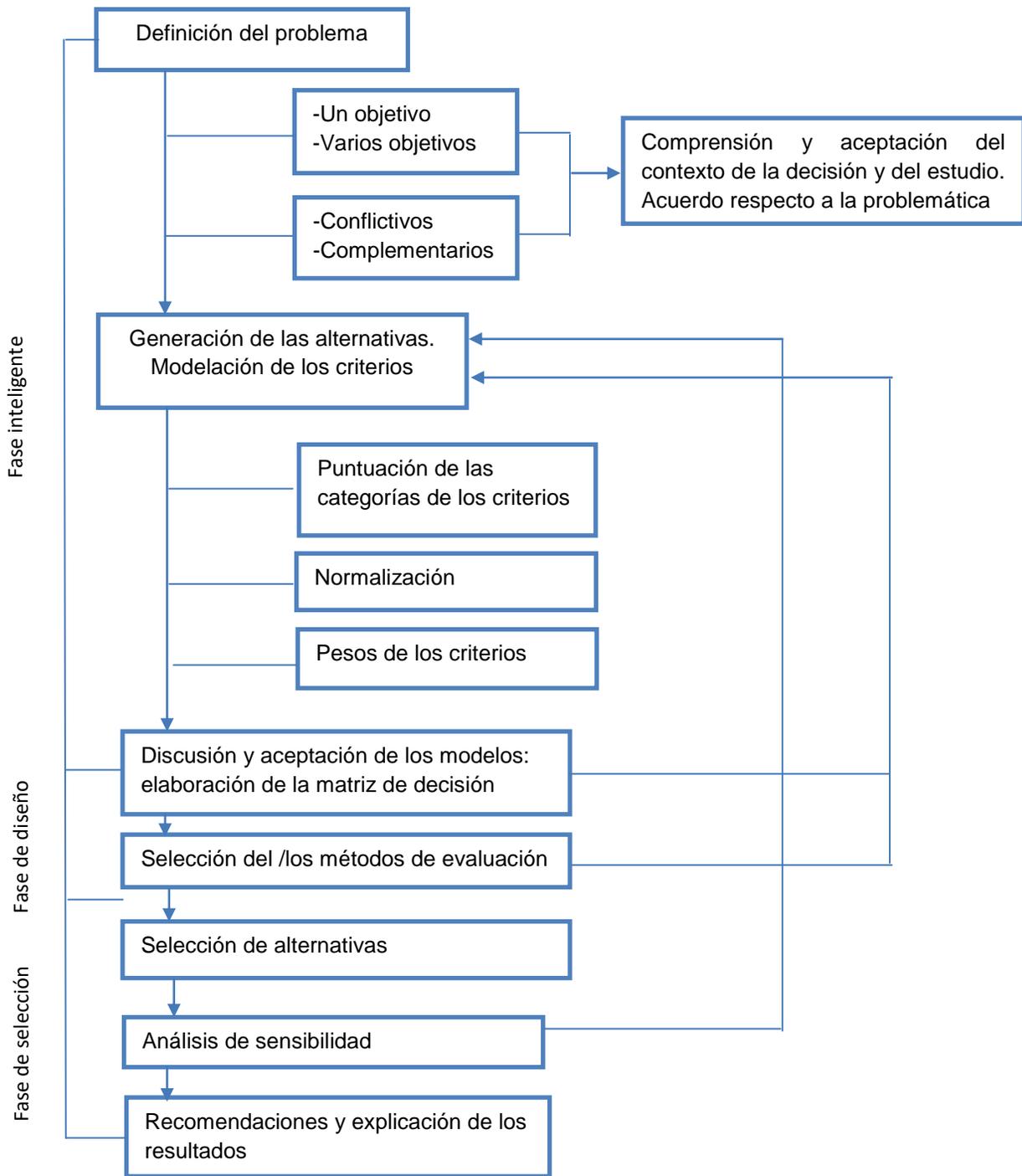


Figura 3.Fases de un proceso de EMC en un entorno SIG
Fuente: Gómez Delgado y Barredo Cano 2005

2.6.2. Métodos de los EMC

En la figura 4 se muestra los distintos métodos o técnicas de EMC se diferencian básicamente en los procedimientos aritmético-estadísticos que realizan sobre las matrices evaluación y prioridades con lo cual se obtiene una evaluación final de las alternativas.

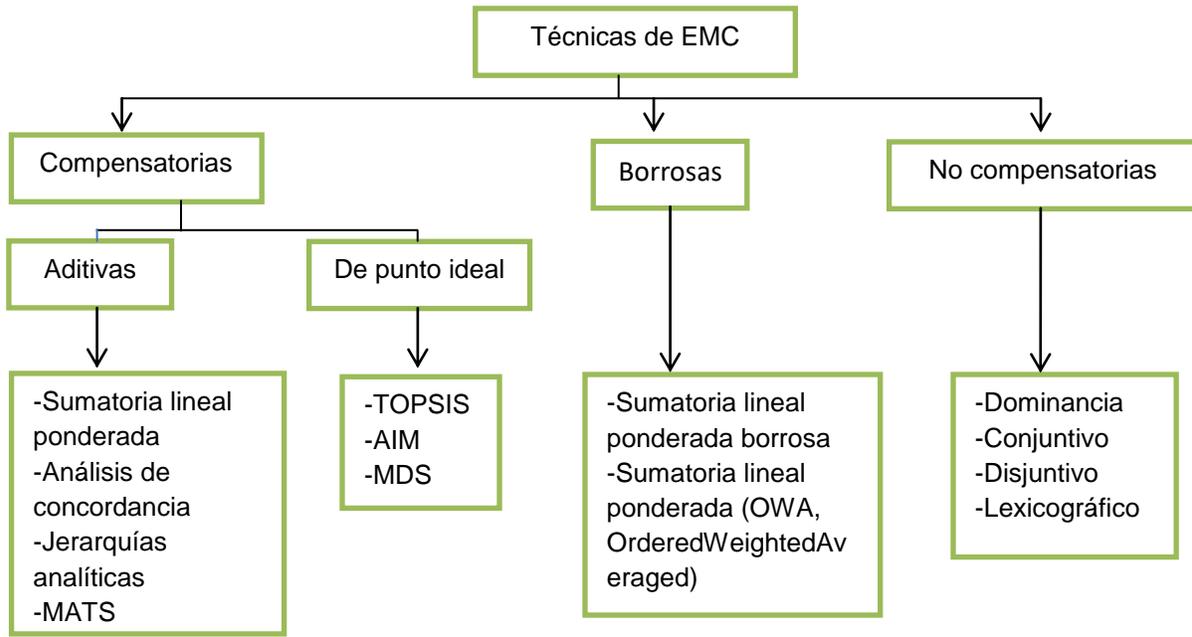


Figura 4. Técnicas de Evaluación de MultiCriterio

Fuente: Gómez Delgado y Barredo Cano 2005

2.7. El sistema de producción agrícola

Un sistema vegetal donde no habita el hombre se llama “sistema de producción cerrado”. En un sistema de producción cerrado los rendimientos de los cultivos son bajos o moderados y son una función del tipo de suelo, del clima y de las características de cada planta. El rendimiento se puede expresar de la siguiente manera (Cepeda 2010):

$$Y = \text{rendimiento (kg/ha)} = f(\text{suelo, clima, planta})$$

Cuando interviene el hombre, se modifica el sistema de producción cerrado y se rompe el reciclaje de nutrientes debido a que los frutos ya no se reciclan en el suelo, sino que son enviados a las comunidades y ciudades para servir de alimentos a los seres humanos y a sus animales. La ecuación del rendimiento posee un nuevo componente: el manejo agronómico producido por el hombre (Cepeda 2010).

$$Y = \text{rendimiento (kg/ha)} = f(\text{suelo, clima, planta}) + \text{manejo agronómico}$$

El manejo agronómico puede ser del suelo, del clima y de la planta pero para que se realice, se deben conocer las propiedades del suelo, de las plantas y del clima que se desean mejorar (Cepeda 2010).

Propiedades del suelo que afectan el crecimiento

- Estructura
- Textura
- Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)
- pH
- Fertilidad
- Pendiente
- Contenido de materia orgánica (MO)
- Compactación
- Capacidad de retención de humedad
- Espesor

Componentes del clima que afectan el rendimiento

- Temperatura del aire
- Radiación solar
- Precipitación anual
- Fotoperiodo
- Humedad relativa
- Velocidad del viento
- Composición de la atmósfera

Factores de cultivo que afectan el rendimiento

- Especie
- Variedad
- Arquitectura de la planta
- Tolerancia/susceptibilidad a enfermedades

Con las acciones de manejo agronómico el ser humano persigue mejorar las condiciones favorables al crecimiento o reducir el efecto de los factores desfavorable (de suelo, de clima y de cultivo) como pueden ser: pobre fertilidad del suelo, baja capacidad de retención de humedad, variedad de baja productividad, variedad de días largos, variedad que se acama, fuerte pendiente, entre otros (Cepeda 2010).

2.7.1. Textura

El término textura hace referencia a la proporción relativa de arena, limo y arcilla, en la masa del suelo, es decir, a las partículas inferiores a 2 mm de diámetro equivalente. Bajo un punto de vista “dinámico”, se puede definir la textura como el conjunto de propiedades que resultan directamente del tamaño de sus elementos individuales. El suelo generalmente no presenta una sola fracción granulométrica, sino una mezcla de

fracciones en diferentes proporciones. Una combinación de fracciones granulométricas en una determinada proporción define una clase textural (cuadro 1) (Giménez, s.f.).

Cuadro 1. Clases de textura de suelo

Arenoso	Textura gruesas	Arenoso
		Arenoso franco
Franco	Textura moderadamente gruesas	Franco arenoso
	Texturas medias	Franco
		Franco limoso
		Limoso
	Textura moderadamente finas	Franco arcilloso
		Franco arcilloso arenoso
		Franco arcilloso limoso
Arcilloso	Texturas finas	Arcillo arenoso
		Arcillo limoso
		Arcilloso

Fuente: Giménez, s.f.

2.8. Levantamiento de suelos

Según el USDA (United States Department of Agriculture, en inglés), el levantamiento de suelos describe las características de los suelos en un área específica, clasifica los suelos de acuerdo a un sistema de clasificación estándar, plotea los límites de los suelos en un mapa y hace predicciones acerca del comportamiento de los suelos. Los diferentes usos de la tierra y como respuesta del suelo al manejo son consideradas en el diseño y ejecución del levantamiento. La información recolectada en el levantamiento de suelos ayuda en el desarrollo de planes, evalúa y predice el efecto del uso de la tierra en el medio ambiente (Rossiter 2004).

2.9. Elementos climáticos que influyen en agricultura

Las condiciones atmosféricas afectan diversos aspectos del desarrollo y crecimiento de las plantas y pueden producir reducciones drásticas en la producción agrícola. El propósito fundamental de estudiar las relaciones entre el clima y la producción agrícola, es determinar los factores necesarios para una producción óptima y los factores climáticos limitantes de un área (Cely 2010).

2.9.1. Radiación solar

La radiación solar es el principal factor que determina el microclima de un área geográfica. Su energía condiciona la temperatura del aire, suelo, viento, la evapotranspiración y la fotosíntesis. Además, son factores que determinan la tasa de crecimiento de las plantas. Una de las formas para expresarla es como brillo solar, con un valor de medida de horas-luz (Jaramillo 1999).

2.9.2. Temperatura

La mayoría de plantas utilizan entre 15 a 40 grados centígrados (°C) de temperatura durante el crecimiento; a temperaturas mayores o menores la tasa de crecimiento decrece y la fotosíntesis se afecta. La temperatura afecta la fotosíntesis, la respiración, la permeabilidad de la pared celular, la velocidad de absorción de agua y nutrientes, la transpiración, la actividad de las enzimas y la coagulación de las proteínas (Arcila y Chávez 1995).

2.9.3. Precipitación

El agua es necesaria para la absorción de los nutrientes por las raíces, el transporte de sustancias dentro de la planta y la fotosíntesis. La falta de agua produce efectos devastadores en los cultivos como el estrés hídrico (Kulicov s.f.).

2.9.4. Período de referencia nacional para el estudio del clima

La información climática se puede analizar de 10 años continuos pasados hasta un período de referencia, la cual se denomina normal climática. Para la vigilancia climática operativa. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) recomienda, en el cálculo de la normal climatológica estándar, establecer un período de 30 años. La normal climatológica estándar se adopta para el cálculo de los productos nacionales de vigilancia del clima y se denomina período de referencia (OMM 2017).

2.9.5. Los polígonos de Thiessen

Para evaluar la lluvia sobre un área determinada se puede realizar mediante el uso de la posición relativa de los pluviómetros respecto del área. Si sólo hay un pluviómetro en la zona, el área de la cuenca puede estar representada por este pluviómetro. Sin embargo, es usual que en la zona en cuestión existan varios pluviómetros. Para evaluar cuál es el valor de lluvia que se puede asociar al área en cuestión, se utilizan muchos métodos; el método de la media aritmética, el método de los polígonos de Thiessen, el método del inverso de la distancia al cuadrado. Uno de los más utilizados es el método de los polígonos de Thiessen y este se describe así, sea una cuenca de área A en la cual se encuentran en ella y alrededor de ella una cierta cantidad de pluviómetros y en cada pluviómetro se registra una cantidad de lluvia acumulada P_i . Los polígonos de Thiessen tratan de evaluar qué área de la cuenca le pertenece a cada pluviómetro. De esta manera se puede establecer una correspondencia de cada parte de la cuenca con un pluviómetro concreto. La cuestión es que se define el alcance del pluviómetro como la mitad de la distancia entre dos pluviómetros consecutivos (Bateman Allen 2007).

2.10. Generalidades de los cultivos

2.10.1. Fresa (*Fragaria chiloensis* L.)

Es una fruta que pertenece a la familia de las rosáceas cultivada por su fruto comestible. Las variedades cultivadas comercialmente son híbridos (*Fragaria chiloensis* y *virginiana*). La planta de fresa es perenne ya que, por su sistema de crecimiento, constantemente está formando nuevos tallos, que la hacen permanecer viva en forma indefinida (IICA 2001).

2.10.2. Morfología

La planta de fresa es de tipo herbáceo y perenne, con estolones que enraízan en el ápice y hojas compuestas trifoliadas completamente. El sistema radicular; es fasciculado, se compone de raíces principales y secundarias. La profundidad del sistema radicular es en promedio de 40 cm, encontrándose el 90% en los primeros 25 cm; el tallo; está constituido por un eje corto de forma cónica llamado corona, en el que se encuentran numerosas escamas foliares; las hojas aparecen en roseta y se insertan en la corona, son pecioladas y provistas de dos estípulas rojizas; las inflorescencias se pueden desarrollar a partir de una yema terminal de la corona o de yemas axilares de las hojas. La flor tiene de 5 a 6 pétalos, de 20 a 35 estambres y muchos pistilos sobre un receptáculo carnoso, la cual es conocido como el fruto (Carrillo 2005).

El desarrollo de los achenios da lugar al fruto, la cual es un agregado, es decir, que proviene de una sola flor que tiene los carpelos separados y de cada ovario sale un pequeño fruto. El fruto está conformado por varios achenios dispuestos sobre un receptáculo carnoso. El achenio es un fruto monocárpico, indehiscente, seco y de una sola semilla. Después de realizada la fecundación, los óvulos al transformarse en achenios estimulan el engrosamiento del receptáculo, el cual al transformarse en carnoso forma el fruto. Se pueden presentar frutos con corazón lleno o corazón vacío. La capacidad germinativa de esta semilla es de más de 10 años (IICA 2001).

2.10.3. Variedades

Por ser una planta híbrida, no se utilizan sus semillas para propagarla. Su sistema de crecimiento y formación de nuevas coronas y estolones, permite una propagación vegetativa rápida y segura. La forma más común de propagar este cultivo es por medio de estolones, con una planta madre se puede obtener hasta 100 plantas hijas (Carrillo 2005).

El CENTA con el propósito de asegurar que el productor cuente con plantas sanas libres de plagas y enfermedades, propone la producción de plántulas de la variedad festival en dos fases. La primera fase es micropropagación y se desarrolla en los laboratorios. La segunda es la multiplicación de estas plantas in-vitro protegiéndolas para evitar la contaminación tanto en el sistema radicular como en el follaje de las mismas para lo cual se cultivan dentro de un invernadero y en un sustrato inerte. Posteriormente, las plantas se seleccionaron un material que este liberado o que no tenga restricciones legales para su uso y evitar demandas por los dueños de las patentes (Castellanos Hernández y Arias 2013).

2.10.4. Requerimientos edáficos

Requiere de terrenos planos o suaves, inferiores a 10% de pendiente. Se desarrolla bien en suelos francos y franco arenosas, ricos en materia orgánica, con profundidad efectiva mayor a 80 cm. El pH recomendable es de 5.7 a 6.5 (IICA 2001).

2.10.5. Requerimientos climáticos

La planta de fresa es termo y foto periódica, o sea que su crecimiento depende de las condiciones de luz y temperatura. La fresa requiere alturas ideales desde 800 a 3,000 metros sobre el nivel mar (msnm), con temperatura de 10 a 25 °C, con la humedad relativa 60 a 75%, y requiere una precipitación de 1,000 a 2,000 mm/año. Se adapta bien el cultivo en laderas con curvas a nivel o terrazas (IICA 2001).

2.10.6. Ciclo del cultivo

Las etapas de desarrollo del cultivo de fresa son: etapa vegetativa, las yemas principales comienzan a crecer, luego se desarrollan las primeras hojas emergentes, desplegadas nueve o más hojas. Posteriormente el comienzo de la formación de estolón (de 2 cm de longitud), brotes de hijos de la planta para ser trasplantado. Etapa reproductiva, aparición de órgano floral, primeras yemas florales salidas. Etapa productiva, formación del fruto, maduración del fruto, senescencia y comienzo del reposo vegetativo (MAG 2007).

2.10.7. Siembra

Se puede sembrar en eras o en lomillos, utilizando coberturas y riego, lo más recomendable es realizar con una cobertura del suelo, la cual consiste en cubrir las eras con polietileno negro, con el propósito de impedir que la fruta tenga contacto directo con el suelo y disminuir los problemas fitosanitarios. Para realizar las eras deben tener de 70 a 80 cm de ancho y de 20 cm de altura. En cada era se colocan dos hileras de plantas, separadas 40 cm entre sí y las plantas a 30 cm. Con este sistema se obtiene una densidad entre 50,000 a 55,000 plantas por hectárea (ha). La separación entre eras debe ser de por lo menos 40 centímetros (cm). La planta debe sembrarse a una profundidad tal que el cuello de la raíz quede a nivel de suelo, de manera que no queden raíces expuestas ni la corona enterrada. La siembra en invernadero puede durar todo el año por que la planta está protegida de la acción de la lluvia, sin embargo, a la intemperie se recomienda sembrar en el mes de agosto para iniciar la producción en octubre o noviembre y aprovechar toda la época seca produciendo frutos de buena calidad (MAG 2007).

2.10.8. Fertilización

El manejo equilibrado de la nutrición vegetal es fundamental para lograr la máxima productividad. El cultivo extrae del suelo las siguientes cantidades de nutrientes puros:

160 lb de nitrógeno, 90 lb de fósforo y 190 lb de potasio, de acuerdo con el análisis de suelo y a la cantidad de nutrientes que el cultivo extrae, se recomienda (cuadro 2).

Cuadro 2. Programa de fertilización del cultivo de fresa

Establecimiento	Primera fertilización	Segunda fertilización	Tercera fertilización
Cuando se realiza el trasplante se aplica por agujero una dosis de 250 ml de solución arrancadora (18-46-0).	A los 20 días de la siembra aplicar 6 qq/mz de fertilizante fórmula compuesta (15-15-15) colocando ¼ de onza (7 gr) por planta.	A los 2 meses después de la primera fertilización, suministrar 3 qq/mz de fertilizante nitrogenado (sulfato de amonio).	A los 30 días de sembrada la fresa, iniciar las aplicaciones de fertilizantes foliares

Fuente: Rubio 2008.

2.10.9. Plagas y enfermedades de importancia económica

Los ácaros o arañita roja *Tetranychus urticae* y *Brevipalpus obovatus*. Es un ácaro muy limitante cuya población aumenta en época seca o cuando la humedad relativa es muy baja. Asimismo, una plaga notable es la mosca blanca *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*, es una de las principales plagas de la fresa a escala mundial (MAG 2007).

El moho gris, es una enfermedad causada por agente *Botrytis cinérea*, presenta manchas pequeñas y de color amarillo al principio, pero posteriormente se extienden adquiriendo un color canela o gris claro en las hojas también puede aparecer en tallos con lesiones hundidas, alargadas y de color oscuro, con un contorno bien definido. Otra enfermedad que afecta la antracnosis, el agente causal es *Colletotrichum gloeosporioides*. Los síntomas son manchas de forma redondeada y formando círculos concéntricos, en hojas tallos, flores y frutos, en el caso de la fresa los frutos son sus preferidos por su alto contenido de agua (MAG 2007).

2.10.10. Cosecha

A los 4 meses después del trasplante se inicia la cosecha, la que se hace a mano, recolectando los frutos bien desarrollados, con el grado de la madurez deseado. Normalmente la plantación dura en producción de 5 -6 meses y se considera que, durante ese tiempo, cada planta debe producir un promedio de 1 lb. El rendimiento aproximado por manzana es de 30,000 a 35,000 lb, de 4 a 5 cosechas después de la siembra (Rubio 2008).

2.10.11. Lechuga (*Lactuca sativa* L.)

La lechuga es una planta anual que pertenece a la familia Compositae, presenta una gran diversidad genética ya que existen diferentes tipos de especies caracterizados por sus diferentes tipos de hojas y hábitos de crecimiento en las plantas (INIA 2005).

2.10.12. Morfología

La raíz: el sistema radicular es denso y superficial, normalmente es pivotante, alcanzando una profundidad máxima de 60 cm, con numerosas raíces laterales en los primeros 30 cm. El tallo: el tallo de la lechuga es muy corto y al llegar a la floración se alarga hasta un metro. Sus hojas son basales numerosas y grandes en densa roseta, además ovales, oblongas, brillantes y opacas, dependiendo del tipo y variedad. El fruto: después de la autofecundación se producen frutos secos, indehiscentes y uniseminados llamados aquenios de 2 a 3 mm, blancos o negros y conocidos como semilla de la especie. La inflorescencia: esta se constituye de grupos de 15 a 25 flores, las cuales están ramificadas y son de color amarillo (Rubio 2008).

2.10.13. Variedades

Las principales tipologías se pueden clasificar en los siguientes grupos botánicos:

- **Romanas:** *Lactuca sativa* var. *longifolia* L, tipos: Romanas (Baby, Cogollos, Little Gem, Mini Romanas).
- **Acogolladas:** *Lactuca sativa* var. *capitata* L, tipos: Iceberg (Mantecosa o Trocadero, Batavia).
- **De hojas sueltas:** *Lactuca sativa* var. *inybacea*L, tipos: Lollo Rossa (Red Salad Bowl, Leaf, Multileafy baby leaf, Grand Rapids).
- **De cabeza:** *Lactuca sativa* var. *crispa* L, tipos: Great Lakes
- **Esparrago o celtuce:** *Lactuca sativa* var. *augustaza* L.

Las variedades de lechuga que más se cultivan en El Salvador son Grand Rapid, FallGreer, Grandes Lagos, Green Towers, Alpha DMR, EM Aurora, Grandes Lagos Juli y Súper 59 (UES 2015).

2.10.14. Requerimientos edáficos

Se adapta a diferentes condiciones de suelos, prefiriendo los francos y francos arcillosos, ricos en materia orgánica, profundos y drenados, pendientes inferiores a 30%. Con un pH de 6.0 a 7.0 (Quintero 1990).

2.10.15. Requerimientos climáticos

Cálido, templado y frío, alturas comprendidas entre los 800 a 2,700 msnm, temperaturas medias de 12-24 °C, temperaturas nocturnas de 7.2 a 10°C, precipitación de 1000 a 1200 mm y una humedad relativa de 60-80% (Quintero 1990).

2.10.16. Siembra

El cultivo de la lechuga se puede realizar por siembra directa o por trasplante. La siembra directa no es recomendable debido a la fuerte competencia de las malezas y al ataque de enfermedades. La multiplicación de la lechuga se debe obtener por semilleros. El trasplante se realiza entre 25 y 30 días de estar las plántulas en el semillero. El terreno debe estar muy bien humedecido para evitar el estrés de la planta. La distancia de siembra más utilizada en la producción de lechuga Batavia o de cabeza es de 35 a 40 cm entre plantas y 40 cm entre surcos. A una distancia de siembra de 40 cm por 40 cm se tiene una población de 56.100 plantas por hectárea. Para lechugas tipo mantequilla y romana, las distancias es de 30 cm por 30 cm. Para las lechugas foliares se utilizan distancias de siembra entre 20 y 30 cm entre plantas y de 20 a 30 cm entre surcos (Jaramillo *et al.* 2016).

2.10.17. Fertilización

Para obtener un buen rendimiento de lechuga, el cultivo extrae del suelo, 95 lb de nitrógeno, 30 lb de fósforo y 185 lb de potasio. De acuerdo al análisis de suelo se recomienda la siguiente aplicación de fertilizantes (cuadro 3) (Pérez Ascencio 2015).

Cuadro 3. Plan de fertilización para el cultivo de lechuga

Establecimiento	Primera fertilización	Segunda fertilización	Tercera fertilización
Al trasplante se aplica solución arrancadora (8-46-0), de 250 ml por planta.	10 días después del trasplante se aplica $\frac{1}{4}$ onza por planta con fórmula compuesta (15-15-15 o 16-20-0).	30 días después del trasplante se aplica $\frac{1}{4}$ de onza por planta con fórmula de sulfato de amonio (21-0-0).	45 días después del trasplante se aplica $\frac{1}{4}$ de onza por planta con fórmula nitrogenada como sulfato de amonio.
	A partir de la primera fertilización de sulfato de amonio aplicar cada 10 días fertilizante foliar.		

Fuente: Pérez Ascencio 2015.

2.10.18. Cosecha

Dependiendo del cultivo, las lechugas están listas para la cosecha entre seis a ocho semanas después del trasplante. La cosecha se realiza generalmente por la mañana, cortando la planta bajo la última hoja con una herramienta adecuada, luego se colocan con el tronco hacia arriba sobre la cama para que se seque el látex de ésta, posteriormente se levantan y se ubican en capas en la misma posición en un canasto grande con un plástico en el fondo para evitar cualquier tipo de contaminación. Luego se transportan hacia la empacadora. El rendimiento promedio es de 8-11lechugas/m², y varía con la variedad sembrada y la época de siembra (Campos *et al.* 2005).

2.10.19. Plagas y enfermedades de importancia económica

Los áfidos (*Myzus persicae*) es una de las plagas más importantes de la lechuga. Además del daño directo que ocasionan a la planta mediante la succión de savia, también pueden ser portadores de virus. Su presencia en las plantas listas para cosechar les da un aspecto desagradable que disminuye su calidad. Otra plaga es la babosa (*Deroceras sp.*, *Limax sp.*) que se esconden durante el día en sitios húmedos y salen sólo de noche (Jaramillo 2016).

El mildew veloso es causado por el hongo *Bremia lactucae*. Este patógeno produce la mayoría de las lesiones sobre el follaje más viejo, aunque puede infectar cualquier parte de la planta. Las manchas comienzan en forma de áreas amarillentas o verde claro sobre la superficie superior de la hoja. La pudrición blanda de la lechuga es otra enfermedad causada por el hongo *Sclerotinia sclerotiorum*. Los factores que favorece el crecimiento son las altas humedades, las densidades de siembra, la inadecuada rotación de cultivos, los suelos contaminados con este microorganismo, la rotación con cultivos susceptibles como frijol, repollo y papa, ya que estos son hospederos que favorecen la multiplicación del patógeno y la incidencia de esta enfermedad, se presenta tanto en el cultivo como en el almacenamiento, semilleros y pudrición de plántulas adultas (Jaramillo 2016).

2.10.20. Repollo (*Brassica oleracea var. capitata* L.)

Es una planta bianual que pertenece a la familia Brassicaceae es cultivada por el aprovechamiento de sus hojas que conforman la cabeza (Fuentes y Pérez 2003).

2.10.21. Morfología

La raíz, es cilíndrica, pivotante y posee raíces secundarias que absorben los nutrientes y el agua. Al igual que las otras variedades botánicas de la especie, presenta un sistema radical reducido y superficial, entre 40 y 45 cm, que limita la capacidad exploratoria del suelo. El tallo, durante el primer ciclo vegetativo la planta forma un tallo herbáceo, relativamente grueso, corto, jugoso, erecto y sin ramificaciones; con la parte exterior leñosa y entrenudos cortos, no presenta ramificaciones y no alcanza más de 30 cm. La hoja la cabeza del repollo corresponde a un tallo que sostiene gran número de hojas modificadas y parten del tallo, con un ángulo que es diferente según la variedad y que va a definir su compactación. El fruto es una silicua alargada, terminada en un cuernecillo cilíndrico, con numeras semillas, dehiscente cuando seco. Las semillas, son pequeñas, redondas y color café, pardo rojizo o negro (Fuentes y Pérez 2003).

2.10.22. Variedades

Las variedades del cultivo de repollo disponibles en El Salvador se presenta en el cuadro 4.

Cuadro 4. Variedades del cultivo de repollo disponibles en El Salvador

Cultivar	Tipo	Maduración (días)	Peso de la cabeza (kg)
Supertte	Híbrido	90-100	3
Copenhagen market	Variedad	75-80	2
Izalco	Híbrido	80-100	2
Blue Vantege	Híbrido	100	2
Green Boy	Híbrido	105	2.5
Granadier	Híbrido	85	2
Fortuna	Híbrido	85	2
Nova	Híbrido	120	7
Tropicana-B	Híbrido	85-90	3
Bronco	Híbrido	60	2
Pacayas F-1	Híbrido	66-74	3

Fuente: Fuentes y Pérez 2003.

2.10.23. Requerimientos edáficos

El cultivo de repollo se adapta a una amplia variedad de suelos, sin embargo, se obtiene buen desarrollo en los de texturas franca, ricos en materia orgánica; en suelos arcillosos, es necesario hacer un buen drenaje para evitar el encharcamiento. Debido a la constante demanda de agua, especialmente desde la formación de cabeza hasta la cosecha, el cultivo se ve seriamente afectado cuando se siembra en suelos arenosos, por lo que se recomienda evitar cultivar en aquellos que drenan el agua rápidamente, a menos que se provee de riego adecuado, con un pH 6.0 – 7.0 (Fuentes y Pérez 2003).

2.10.24. Requerimientos climáticos

El repollo se cultiva en zonas con alturas que oscilan desde los 400 hasta los 1800 msnm. En la última década en El Salvador se han desarrollado híbridos y variedades que se adaptan a climas cálidos, es decir en un rango desde 15 a 28 °C y alturas 100 hasta 500 msnm. Requiere una precipitación de 400 a 2,800 mm por año (Fuentes y Pérez 2003).

2.10.25. Ciclo del cultivo

Fase vegetativa, el primer ciclo de vida del repollo, es la más importante para los productores y el único que se cumple de forma natural en nuestras condiciones climáticas. Esta fase se divide en cuatro etapas, útiles para planificar prácticas de manejo del cultivo. En la primera etapa, se realiza los ocho y diez días, inicia con la germinación de la semilla y termina cuando la plántula tiene entre cuatro y cinco hojas verdaderas; corresponde al momento apropiado para el trasplante. La segunda etapa, inicia desde el establecimiento de la planta al trasplante hasta que ésta tiene de seis a ocho hojas. El área foliar se incrementa rápidamente al igual que el sistema radical y el tallo de la planta. La tercera etapa, llamada de preformación de cabeza, la planta continúa produciendo hojas de pecíolos alargados y limbos extendidos, finaliza cuando la planta tiene aproximadamente doce hojas. En la cuarta etapa, se caracteriza por la producción de hojas sin pecíolo, que

se superponen formando una bola (pella), estas crecen rápidamente, permitiendo el desarrollo de más hojas suculentas hasta que la bola o cabeza alcanza el tamaño propicio de cada cultivar (MAG 1991).

2.10.26. Siembra

La producción de plántulas se realiza en bandejas, para facilitar la germinación y mejorar la uniformidad del desarrollo de las plántulas se puede utilizar, el sustrato 60 % Materia orgánica + 20% de suelo + 20% de granza de arroz. Luego se debe manejar el riego que se le aplicara, para mantener húmedo. El trasplante se realiza transcurrido los 22 y 28 días después de la siembra. En época lluviosa, la siembra en encamado ayuda y evita la diseminación de patógenos al disminuirse la escorrentía. Para los repollos de cabeza pequeña se establece de 1.2 m entre cama y cama luego se forma el tres bolillo en cada cama con un distanciamiento es de 50 y 60 cm, llegando a manejar hasta 24,000 plantas por hectárea. Otra forma de siembra puede ser en surcos, con un distanciamiento de 70 x 60 cm (López Montes *et al.* 2012).

2.10.27. Fertilización

El análisis del suelo es un buen indicativo de la cantidad de fertilizante que se debe aplicar. El cultivo extrae 380 lb de nitrógeno, 130 lb de fósforo y 400 lb de potasio (cuadro 5).

Cuadro 5. Plan de fertilización de repollo

Establecimiento	Primera fertilización	Segunda fertilización	Tercera fertilización
Al trasplante se aplica solución arrancadora (8-46-0), de 250 ml por planta.	8 días después del trasplante aplicar de 8 a 10 qq/mz fórmula compuesta (15-15-15), más 40 lb de boro distribuyendo ½ onza de por planta.	A los 30 días después del trasplante, suministrar 3 qq/mz de fertilizante nitrogenado (sulfato de amonio), distribuyendo 5 gr por planta.	50 días después del trasplante aplicar sulfato de amonio ½ onza por planta.
Efectuar 3 aplicaciones de fertilizante foliar cada 10 días, iniciado la primera fertilización.			

Fuente: Pérez 2015.

2.10.28. Plagas y enfermedades de importancia económica

La gallina ciega (*Phyllophaga sp*), se alimentan de las raíces del cultivo y bases de los tallos, causan daños graves durante los meses de junio a septiembre. El gusano del repollo (*Leptophobia aripa*) es otra plaga en la cual las larvas pequeñas viven en grupos en el envés de las hojas, de color amarillo-verdoso con rayas transversales azul-gris, los gusanos más grandes se dispersan por todas las hojas externas, alimentándose de ellas antes de llegar al corazón del repollo. La podredumbre negra causada por *Xanthomonas*

campestris la cual puede penetrar en las plantas sanas a través de lesiones en las hojas, tallos o raíz, ocasionadas durante el trasplante o las labores culturales. Las plantas infectadas pueden presentar acaparamiento, hojas amarillas y oscurecimiento de las venas, sin embargo, lo característico es el requemo y marchitez del borde de las hojas. El mal del talluelo es causado por *Pythium spp*, *Fusarium spp*, *Rhizoctonia solani*, las lesiones se observan en el tallo a la altura del cuello de la planta; el tejido enfermo es café oscuro, acuoso, ocasionando la marchitez de la planta (Fuentes y Pérez 2003).

2.10.29. Cosecha

Las cabezas deben ser cosechadas cuando más del 40 % de las plantas han alcanzado su tamaño y consistencia, antes de que alcancen su punto de madurez, cuando están compactas, pero sin reventarse, de acuerdo con las características de cada variedad. Después de la cosecha las raíces y tallo deben ser cortados justamente cerca de la base de la cabeza y dejar al menos una capa de hojas externas para protegerlas del manipuleo y almacenaje. Para el caso de los genotipos de tamaño de cabeza intermedia los rendimientos por hectárea pueden alcanzar las 21,000 cabezas (14,700/mz), mientras que en el caso del híbrido Nova, los productores pueden obtener hasta 17,000 cabezas/ha (Fuentes y Pérez 2003).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción del estudio

La investigación se realizó en los meses de octubre de 2017 a mayo de 2018, en el departamento de Chalatenango, que está conformado por 33 municipios; posee una extensión de 2,017 km² y una población de más de doscientos mil habitantes. Tiene zonas altamente productoras de hortalizas, como los municipios de San Ignacio y La Palma, entre otros, por su clima templado. Limita al norte con el país de Honduras, al sur con el departamento de La Libertad, San Salvador y Cuscatlán, al sureste con Cabañas y al oeste con Santa Ana. Se encuentra en las coordenadas 14°10'23"N y -89°04'34"O. El promedio anual de las temperaturas fluctúa entre los 12°C en las montañas más altas y 27°C en las partes más bajas. El promedio anual de lluvia es de 1600 mm en las regiones bajas y los 2400 mm en las regiones más altas (Chalatenango 2017).



Figura 5. Ubicación de la zona de estudio en El Salvador

3.2. Tipo de investigación

El estudio fue de carácter descriptivo exploratorio, el cual consistió en analizar y procesar información agroclimática, edáfica, biofísica y cartografía física y digital, esta última mediante los SIG, para identificar las áreas favorables para los cultivos de fresa, lechuga y repollo, con base a los requerimientos edafoclimáticos.

- En una primera fase se recopiló toda información físico-química de los suelos, tales como: profundidad efectiva del suelo, materia orgánica, textura, drenaje, altitud y pH. de las bases de datos recolectadas como los cuadrantes de suelo, puntos ABES para el pH y los perfiles de suelos de SISLAC, pero la información del departamento estaba incompleta, por lo que se decidió trabajar en una hoja de cálculo de excel con la información edafoclimática recolectada de la zona de estudio. Por otro lado se creó una tabla con las características deseables de los cultivos de fresa, lechuga y repollo,

luego se estableció con la información estructurada, una fórmula lógica de asociación condicionante para ser aplicada a los datos tabulados.

Con este proceso se obtuvieron calificaciones de idoneidad para cada suelo con diferentes características edafoclimáticas. Cabe mencionar que los primeros resultados se obtuvieron excluyendo algunos datos inexistentes, esto hizo que se replantearan las variables a incluir en el proceso de calificación y selección del suelo con condiciones adecuadas para el cultivo de interés (cuadro A1, A2, A3, A4 y A5).

- En una segunda fase se trabajó con las variables precipitación, temperatura, brillo solar, pendiente, altitud y textura de los suelos, de la cual se hizo una clasificación y ponderación (cuadro 8, 9, 10, 11, 12 y 13). A pesar de la escala de trabajo de los mapas, en especial del mapa de textura que la escala es de 1:300,000 a diferencia de los mapas de pendiente y de elevación que es 1:25,000, por lo cual no se pudieron usar. Sin embargo, se realizaron procedimientos para trabajar los mapas en conjunto ya que eran los únicos posibles de coleccionar. Debido a que la información, referente a brillo solar carecen de la precisión adecuada en la zona, de igual forma la variable de precipitación no encontramos mayor información en cuanto a la necesidad de los cultivos en el país. Finalmente, estas variables se omitieron para trabajar.
- En la tercera fase y, haciendo uso de herramientas de SIG se desarrollaron mapas de intersección involucrando el mapa de temperatura promedio anual, altitud y pendiente de la zona, de acuerdo a los criterios técnicos del especialista en suelos, y según los requerimientos de los cultivos. Una vez trazada la intersección de los mapas se seleccionaron los códigos de las zonas favorables, aceptables y otras para los cultivos. Con ello se elaboraron los mapas de la zonificación agroclimática (cuadro 11,12 y 13).

3.3. Descripción del flujograma para la elaboración de la cartografía

El flujograma siguiente permitió describir las actividades realizadas durante la investigación (figura 6):

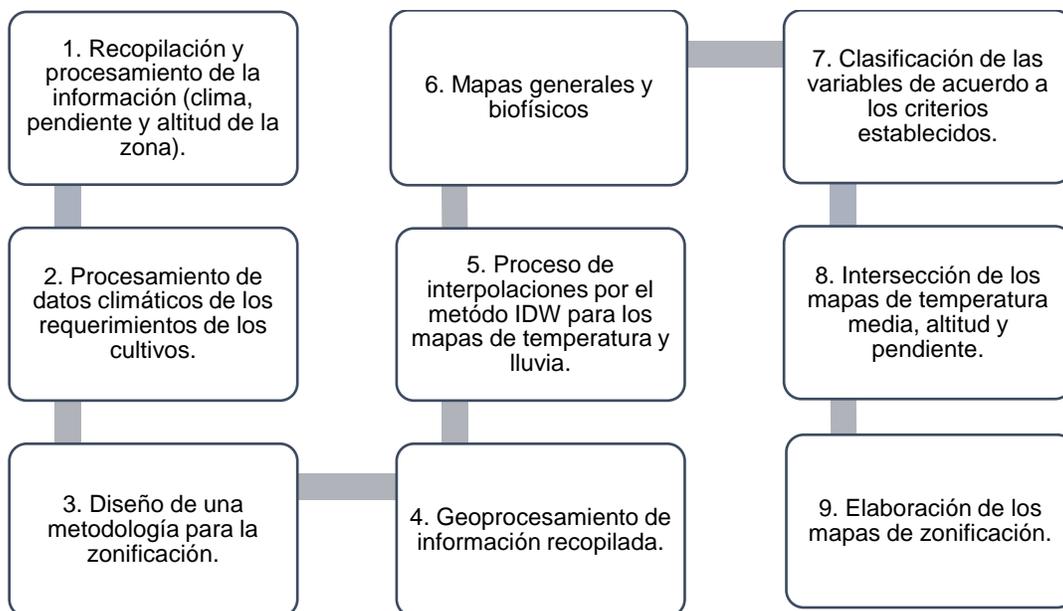


Figura 6. Flujograma de las actividades de trabajo para elaborar la cartografía.

3.4. Metodología de gabinete

3.4.1. Recopilación y procesamiento de la información

El estudio consistió primeramente en la búsqueda y recolección de información de tipo climática de la zona para un período de 30 años (1985-2015), edafológica, fisiográfica y requerimientos edafoclimáticos de los cultivos. La información fue procesada para analizar e identificar las zonas o áreas óptimas para el desarrollo de los cultivos de fresa, lechuga y repollo.

3.4.2. Datos climatológicos

Según la OMM (2017), los años utilizados como un período de referencia para el estudio del clima fue con un promedio 30 años (1985 al 2015), usando datos de precipitación promedio anual (mm), temperatura promedio anual (°C) y brillo solar promedio anual (horas/luz) de las estaciones meteorológicas seleccionadas por el método del polígono de Thiessen del departamento de Chalatenango, con la información de la Dirección General del Observatorio Ambiental del MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales).

Los datos se colocaron en una hoja de cálculo excel para realizar una matriz en la cual por columnas se ubicó el índice de las estaciones, las coordenadas geográficas (longitud y latitud), precipitación, temperatura media o brillo solar, utilizando el promedio de 30 años.

Las matrices con datos promedios de temperatura, precipitación y brillo solar de las 8 estaciones meteorológicas identificadas por el polígono de Thiessen. Este método se usa cuando la variabilidad de precipitación es grande y la distribución de la red pluviométrica

es heterogénea y tiene como principal objetivo ponderar el área de influencia de cada pluviómetro en el cálculo de la variabilidad espacial de la precipitación en una zona. Las estaciones utilizadas fueron las siguientes (Bateman Allen 2007) (cuadro 6 y figura 20).

Cuadro 6. Estaciones meteorológicas identificadas por el polígono de Thiessen.

Estaciones meteorológicas			Departamento
1	A-15	Guija	Santa Ana
2	A-31	Planes de Montecristo	
3	A-37	Santa Ana – UNICAES	
4	B-01	Chorrera del Guayabo	Cabañas
5	B-10	Cerrón Grande	Chalatenango
6	G-03	Nueva Concepción	
7	G-04	La Palma	
8	G-13	Las Pilas	

Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Información edafológica y fisiográfica

La información edafológica se obtuvo del mapa del Levantamiento Pedológico de El Salvador (1:300,000) del año 1974, correspondiente a los Grandes Grupos de suelo para describir los suelos de la zona de estudio; las clases agrologicas o uso potencial, uso actual del suelo, y fisiográficas a partir de curvas a nivel (año 1983) (escala 1:25,000, a 10 metros de separación entre curvas con respecto a elevación) en formato digital y mapas cartográficos en físicos, consultados en la biblioteca de la Universidad de El Salvador, MAG (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y Ministerio de Agricultura y Ganadería).

3.4.4. Requerimientos edafoclimáticos y fisiográficos de los cultivos

La información de los requerimientos edafológicos de los cultivos se recopiló a través de las guías técnicas, libros y digital (cuadro 7).

Cuadro 7. Requerimientos edafológicos de los cultivos

Cultivo	Textura	Drenaje	Materia orgánica	pH	Profundidad del suelo (cm)	Pendiente (%)
Fresa	Franco y Franco Arenoso	Bien drenado	Alto	5.7-6.5	> 25	0 – 40 %
Lechuga	Franco	Bien drenado	Alto	6.0-7.0	> 25	0 – 40 %
Repollo	Franco	Bien drenado	Alto	6.0-7.0	> 25	0 – 40 %

Fuente: IICA 2001, Quintero 1990, Fuentes y Pérez 2003.

Los requerimientos climáticos recolectados fueron temperaturas, precipitación, brillo solar de los cultivos, de guías técnicas, libros y de forma digital (cuadro 8 y 9).

Cuadro 8. Requerimientos precipitación y brillo solar de los cultivos

Cultivos	Precipitación (mm/año)	Brillo solar (horas/luz)
Fresa	900-1500	12
Lechuga	1000-1200	12
Repollo	900-1200	12

Fuente: IICA 2001, Quintero 1990, Fuentes y Pérez 2017.

Las variables de temperaturas y la elevación obtenidas de diversas fuentes bibliográficas fueron comparadas y analizadas por el Ingeniero Agrónomo Mario Pérez docente de la asignatura Horticultura de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, con el objetivo de hacer una clasificación de los valores de los cultivos (cuadro 9).

Cuadro 9. Clasificación de los requerimientos de temperatura y elevación de los cultivos

Cultivos	Temperaturas (°C)			Elevación (msnm)		
	Mínima	Optima	Máxima	Menor	Optima	Mayor
Fresa	10-12	14-18	24-28	1200-1300	1500-2000	2200-2500
Lechuga	10-14	16- 20	22-28	600-800	1000-1500	1600-2500
Repollo	10-12	15-20	25-30	100-500	1800-2500	2600-3000

Fuente: elaboración propia

3.4.5. Metodología para la zonificación de cultivos

Para la zonificación de cultivos se estableció un proceso metodológico que consistió asignar criterios para la agrupación de las variables que se toman en cuenta para el establecimiento y el desarrollo de los cultivos. Para la agrupación se utilizaron los criterios por número y el calificativo (Gómez Delgado y Barredo Cano 2005) los cuales fueron:

- No Aceptables (1): este criterio fue para cada una de las zonas con características que no cumplen con los requerimientos de los cultivos seleccionados.
- Aceptables (2): este criterio se asignó a cada una de las zonas con características que pueden, con limitaciones o restricciones ser adecuadas o apropiadas para el desarrollo de los cultivos seleccionados.
- Favorables (3): este criterio es para cada una de las zonas con características que cumplen con las exigencias para el buen desarrollo de los cultivos seleccionados.

Con la información de los requerimientos de los cultivos se elaboraron diferentes cuadros (cuadro 10, 11, 12 y 13) que agrupan el grado de inclinación del terreno en porcentaje dependientes, los rangos de altitud en metros sobre el nivel del mar y temperatura en grados Celsius de acuerdo a los criterios mencionados.

Cuadro 10. Clasificación de pendientes

N°	Pendiente	Criterio	Sistema de siembra
----	-----------	----------	--------------------

1	0 - 3 %	Plano ligeramente inclinado	3.3	Favorable	Cultivo intensivo
2	3 - 5 %	Ondulado suave			
3	5 - 12 %	Ondulado	3.2		Cultivo intensivo con restricciones
4	12 - 26 %	Alomado	3.1		Cultivo con restricciones
5	26 - 35 %	Quebrado	2	Aceptable	Cultivos con mayor restricciones
6	35 - 70 %	Accidentado	1	No Aceptable	No apto para los cultivos
7	> 70 %	Muy accidentado			

Fuente: Elaborado con base en UES s.f.

Cuadro 11. Clasificación de la elevación

Cultivo	Altitud (msnm)					
	Criterio	Favorable	Criterio	Aceptable	Criterio	No Aceptable
Fresa	3	1500-2000	2	1200-1400;2100-2500	1	<1200, >2500
Lechuga	3	1000-1500	2	600-900;1600-2500	1	<600,>2500
Repollo	3	1800-2500	2	100-1700;2600-3000	1	<100, >3000

Cuadro 12. Clasificación de la temperatura media

Cultivo	Temperatura (°C)					
	Criterio	Favorable	Criterio	Aceptable	Criterio	No Aceptable
Fresa	3	14 – 18	2	10-13;19-28	1	Menores de10 y mayores de 28
Lechuga	3	16 – 20	2	10-15;21-28	1	Menores de10 y mayores de 29
Repollo	3	15 – 20	2	10-14;21-30	1	Menores de10 y mayores de 30

Cuadro 13. Matriz resumen de las variables de temperatura, elevación y pendiente

Variables	Cultivos								
	Fresa			Lechuga			Repollo		
	Criterios								
	Favorable	Aceptable	No aceptable	Favorable	Aceptable	No aceptable	Favorable	Aceptable	No aceptable
Temperatura (°C)	14 – 18	10-13;19-28	< 10; >28	16 – 20	10-15;21-28	< 10; > 29	15 – 20	10-14; 21-30	< 10; > 30
Elevación (msnm)	1500-2000	1200-1400; 2100-2500	<1200, >2500	1000-1500	600-900; 1600-2500	<600,>2500	1800-2500	100-1700; 2600-3000	<100, >3000
Variables	Fresa, Lechuga y Repollo								
	Criterios								
	Favorable			Aceptable			No Aceptable		
Pendiente (%)	0-5%; 5-12%; 12-26%			26-35%			Mayores del 35%		

En el cuadro 13 en una matriz se agruparon las variables de temperatura, elevación y pendiente, clasificándolos de acuerdo a los criterios.

3.5. Generación de mapas en SIG

3.5.1. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Para la creación de los mapas de zonificación de acuerdo a los criterios establecidos, se utilizó la herramienta de SIG para facilitar el manejo y análisis de la información.

3.5.2. Elaboración de la cartografía

3.5.3. Mapas biofísicos

Se utilizaron diversas herramientas de geoprocésamiento para extraer del mapa base de El Salvador los mapas temáticos y biofísicos del departamento de Chalatenango, los cuales son:

- Estructura política o administrativa
- Red hídrica
- Clases agrológicas
- Uso de suelo
- Textura de los suelos
- Modelo de Elevación Digital (DEM)
- Pendientes

3.5.4. Modelo de Elevación Digital (DEM)

El DEM por sus siglas en inglés, representa una superficie continua dentro de un archivo tipo raster en formato .tif, este archivo se basa en una estructura básica llamada pixel que posee la información de elevación sobre el nivel del mar (Torres Gámez y Vásquez Méndez 2017).

El mapa del departamento de Chalatenango posee una resolución de 10 metros, con la información de elevación en rangos, clasificada según los requerimientos por cultivo.

3.5.5. Pendiente

A partir del DEM correspondiente a la zona de interés se generó el mapa de pendiente, utilizando herramientas SIG, obteniendo como resultado un raster con valores de pendientes expresado en unidades de porcentaje, con clasificación de 0% hasta mayores de 70% para toda la zona de estudio.

3.5.6. Mapas climáticos

3.5.7. Método de interpolación

Se utilizó el método de la ponderación inverso a la distancia, en donde el algoritmo calcula valores de las celdas por medio de una composición ponderada de los datos de la muestra, el modelo sugiere que el resultado predicho reduce su incidencia en la medida en que aumenta la separación entre el punto a evaluar y los puntos de su entorno. Es así como se acepta que los puntos más cercanos al centroide poseen un mayor peso en el cálculo del valor definitivo de la celda, su modelo matemático (Watson y Philip 1985).

$$z = \left(\sum \left(\frac{Z_i}{d_i^n} \right) \right) / \left(\sum \left(\frac{1}{d_i^n} \right) \right)$$

Donde (Z) es el valor a interpolar, (i, Z) son los valores de los puntos vecinos, (i, d) distancia entre los puntos vecinos y el punto de la celda a predecir, (n) es la potencia a la cual se eleva la distancia, oscila entre 0.5 a 4. La IDW (Inverse Distance Weighted) determina los valores de celda a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de puntos de muestra. La ponderación es una función de la distancia inversa (Watson y Philip 1985).

3.5.8. Metodología de la Evaluación MultiCriterio (EMC)

Por medio de la Evaluación MultiCriterio, se llevó a cabo el procedimiento para la zonificación con varias modificaciones según especialistas, se consensaron las variables a utilizar y por las que se les aplicó esta metodología, con el objetivo de realizar una agrupación de las variables de los requerimientos de cada cultivo y según crearon con criterios en números y calificativos (cuadro 10, 11, 12 y 13).

En la figura 7 utilizando las capas temáticas con las variables de altitud, pendiente y temperatura media, se determinaron criterios dentro de los cuales hay factores y limitantes. En el primero se encuentran los mapas con la información de los requerimientos de los cultivos y su clasificación; en el segundo esta la limitante de ausencia de la información para realizar un estudio más completo con información edafológica y climática. Como regla de decisión se consideró la variable altitud, considerando los productores siembran principalmente al norte del departamento, donde la altitud cumple y se encuentran las zonas más productoras

Posteriormente se seleccionaron las variables de las capas temáticas para realizar una unión de atributos, lo cual se generó una tabla con datos de 3 dígitos que se consideraron como códigos a lo que se le hizo una extracción de una tabla resumen con la lista de las combinaciones o códigos por zona.

Con herramientas SIG se elaboró cartografía temática de tipo descriptiva, biofísica, edafológica referente a la zonificación para los cultivos.

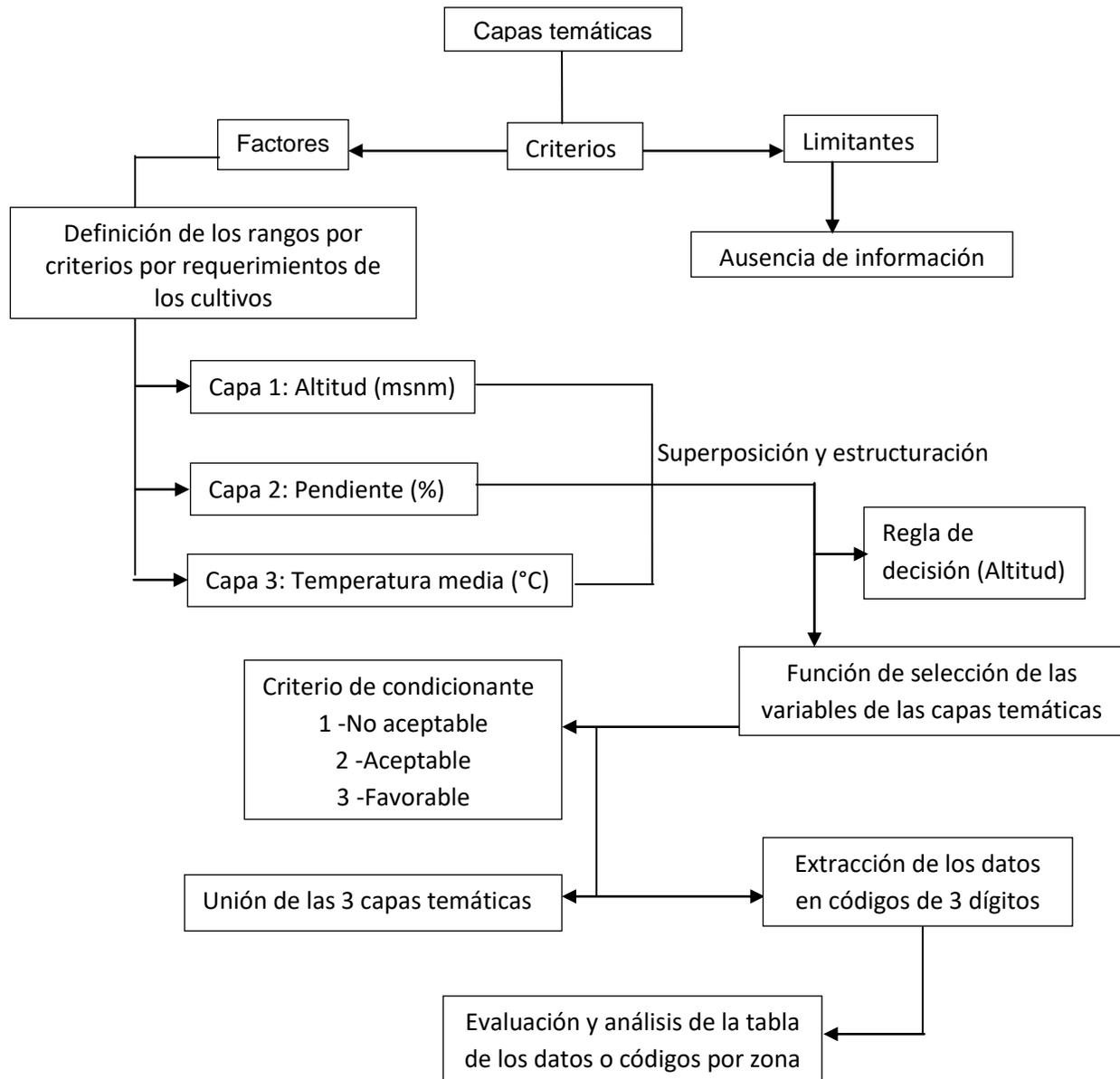


Figura 7. Flujograma la metodología utilizada en la zonificación de los cultivos con EMC.

Utilizando herramientas de geoprocésamiento y teniendo como base mapas de pendiente, altitud y temperatura promedio en formato *raster*, se realizaron procedimientos para la elaboración de mapas de clases o rangos de cada una de las variables analizadas, de acuerdo a los requerimientos de cada cultivo mencionadas en los cuadros 11, 12 y 13, se asignó una calificación correspondiente a “1” no aceptable, “2” aceptable y “3” favorable; el objetivo principal es asignar un valor cuantificable que sirven para evaluar el grado de idoneidad de las zonas respecto a los requerimientos específicos de cada cultivo (Gómez Delgado y Barredo Cano 2005), transformando los datos desde formato *raster* a formato

de polígono, lo que simplifico la operación de integrar directamente al mapa generado la calificación de cada variable.

Posteriormente se utilizó el proceso de intersección de información para analizar las superposiciones de datos que generaron las unidades de mapeo o zonas, este procedimiento fue realizado para cada uno de los cultivos.

Una vez generados los mapas resultantes se analizó la tabla de atributos para identificar las columnas con las calificaciones numéricas, como paso siguiente se procedió a unir las dentro de cada mapa resultante mediante concatenación de datos. El número resultante fue el correspondiente a cada zona identificando con las diferentes características, ejemplo del código 333 (favorable para las tres variables: pendiente, altitud y temperatura).

3.6. Metodología de campo

3.6.1. Consulta a productores sobre el manejo agronómico y las características edafoclimáticas de los cultivos: fresa, lechuga y repollo.

Se elaboró una encuesta semiestructurada que incluyó los factores de indagación: clima, suelo y manejo agronómico para recolectar información de los productores de los municipios de San Ignacio y La Palma, se tomaron estos por ser las zonas principales del departamento en la producción de los cultivos en cuestión, de acuerdo información dada por el jefe de la agencia CENTA de La Palma, quien a la vez proporciono una lista de los productores de lechuga y repollo. La lista no contiene productores que cultivan fresa, ya que este cultivo se ha dejado de producir en la zona (cuadro 14).

Cuadro 14. Listado de las variedades de los cultivos de los productores encuestados

Cultivo	Área en ha
Lechuga frisada	0.12
Lechuga mantequillada	0.12
Lechuga morada	0.36
Lechuga palmita	5.09
Lechuga repollada	1.60
Lechuga romana	3.29
Repollo hibrido grande	2,500

Fuente: MAG 2017

Se calculó un tamaño de muestra del 5 % de 638 productores de repollo y lechuga, la cual dio como resultado de 32 productores a encuestar. La muestra fue aleatoria. Una vez identificadas las zonas agroclimáticas se realizó las visitas a los productores utilizando el tipo de formulario de la encuesta (Anexo 1). La encuesta comprendió las generalidades de ubicación, preguntas acerca de la situación del uso del suelo, los rendimientos, superficie de siembra, variedades que se cultivan, sistema de siembra, número de cosechas y el manejo agronómico de los cultivos en estudio.

Se recopiló información por medio de las encuestas a los productores hortícolas en los municipios de San Ignacio y La Palma, en el caso del cultivo de fresa, las fotografías fueron durante la participación del curso de manejo y procedimientos de hortalizas con enfoque orgánico en la cooperativa ACOPO de R.L. (Asociación de Productores Orgánicos) y CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”), Las Pilas, Chalatenango en el año 2015 y por la cual únicamente se recolectaron fotografías de los cultivos de lechuga y repollo (figura 8, 9, 10, 11 y 12). Con el propósito de conocer el escenario en cuanto a la superficie, rendimientos y el manejo agronómico de los cultivos Y los cuales han sido los problemas fitosanitarios y de manejo agronómico para obtener sus cosechas.



Figura 8. Cultivo de lechuga en La Palma, Chalatenango.



Figura 9. Cultivo de repollo, en San Ignacio, Chalateno.



Figura 10. Cultivo de repollo en laderas en San Ignacio, Chalateno.



Figura 11. Cultivo de fresa del año 2015, La Palma, Chalatenango.



Figura 12. Eras de cultivo de fresa del año 2015 en La Palma, Chalatenango.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diagnostico biofísico

4.1.1. División política y administrativa

El departamento de Chalatenango está conformado por 33 municipios, los cuales son: Arcatao, Concepción Quezaltepeque, Chalatenango, San Miguel de Mercedes, San Francisco Lempa, San Isidro Labrador, Nueva Trinidad, Nombre de Jesús, San Antonio Los Ranchos, El Carrizal, San Antonio de La Cruz, Las Vueltas, Potonico, San Luis del Carmen, Azacualpa, San José Cancasque, Ojos de Agua, Las Flores, Tejutla, Nueva Concepción, La Palma, Citalá, La Reina, San Ignacio, Agua Caliente, Dulce Nombre de María, San Fernando, La Laguna, El Paraíso, San Francisco Morazán, San Rafael, Santa Rita, Comalapa (figura 13). El departamento posee una superficie total de 2,017 km².

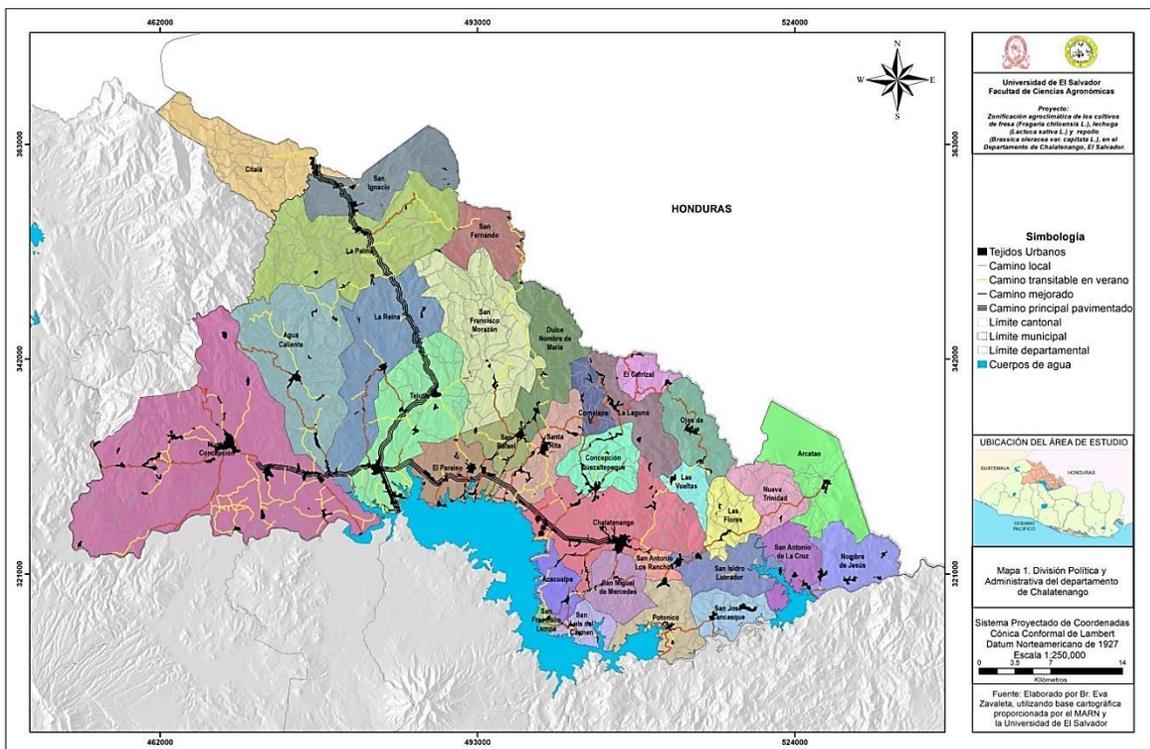


Figura 13. División política y administrativa del departamento de Chalatenango

4.1.2. Red hídrica

El departamento posee 11 ríos principales con su respectiva longitud en kilómetros, cuadro 15 y figura 14.

Cuadro 15. Longitud de los ríos del departamento de Chalatenango.

Nº	Nombre	Longitud en km
1	Río El Potrero	9
2	Río El Potrero o La Canoa	5
3	Río Grande de Tilapa	28

4	Río Ipayo o de Taxis	0
5	Río Jayuca	15
6	Río Lempa	50
7	Río Metayate	15
8	Río Motochico	13
9	Río Potrero o La Canoa	3
10	Río Sumpul	62
11	Río Tamulasco	24

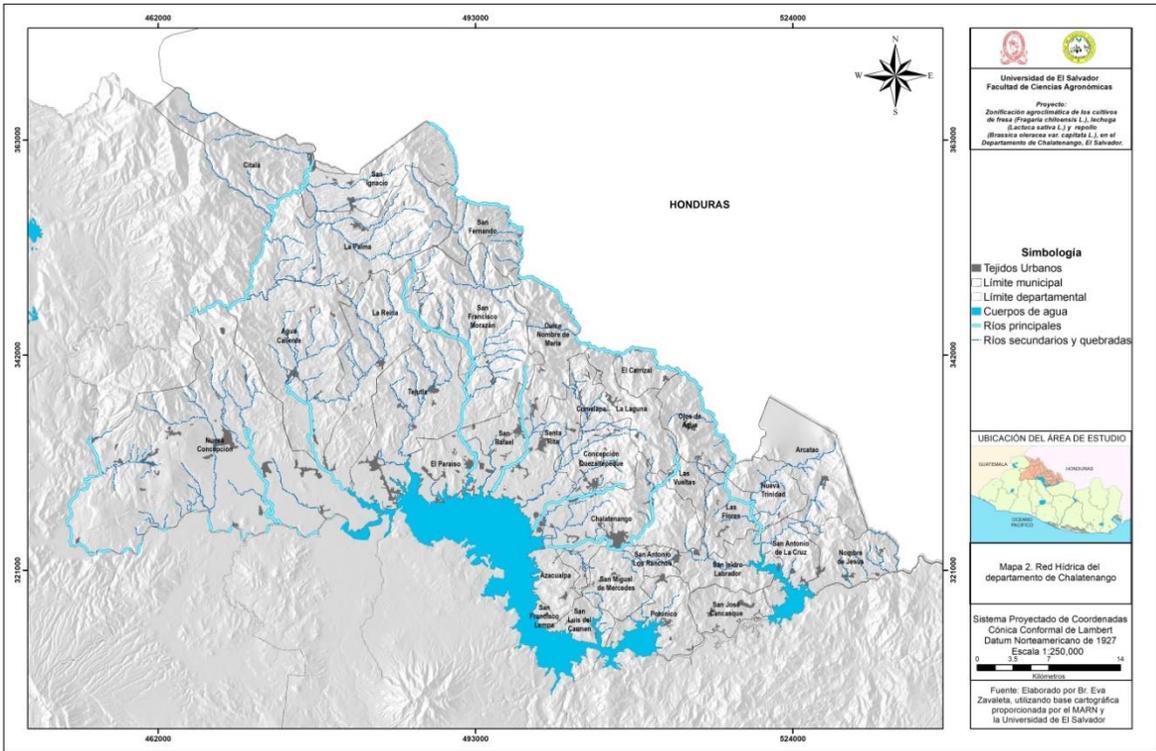


Figura 14. Mapa de la red hídrica del departamento de Chalatenango

4.1.3. Agrolología

Según la pendiente, profundidad, tipo de suelo, drenaje, facilidad para erosionarse las tierras se clasifican agrológicamente en categorías I a la VIII, siguiendo la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. La clasificación de suelos por su capacidad de uso se describe a continuación (cuadro 16 y figura 15).

Cuadro 16. Clases agrológicas de los suelos predominantes en la zona de estudio

Capacidad del uso	Características de la clase	Aptitud principal para su utilización	Área en ha
Clase II	Se encuentran en las terrazas aluviales recientes. Estas son tierras productivas pero que requieren prácticas cuidadosas	Aptas para cultivos intensivos mecanizados, cultivos permanentes y forestales, apropiados a la zona. No	497

	de manejo, conservación de suelos y drenajes; la selección de cultivos debe ser cuidadosa.	tienen factores limitantes.	
Clase III	Está constituida por tierras que se ubican en distintas posiciones fisiográficas, con inclinaciones que varían desde 4% hasta 12% de pendiente; con alguna presencia de pequeñas dimensiones en la superficie y ligero riesgo de inundaciones o de erosión. Están constituidas por suelos moderadamente profundos, con texturas finas o muy gruesas, limitados por estratos de materia rocosa poco permeable y aluviones compactos; el drenaje interno puede tener presencia de fragmentos pedregosos, sus demás características químicas son moderadas.	Su vocación natural es para el cultivo intensivo o semiintensivo y mecanizado de especies anuales, semipermanentes y permanentes, incluyendo pastos; todos ellos adaptables según la zona climática donde se ubiquen. Estas productivas pero que requieren practicas agronómicas para el mantenimiento de su capacidad productiva.	3,368
Clase IV	Son tierras que se ubican en distintas posiciones fisiográficas y de relieve, su inclinación varia de 12 hasta 25% de pendiente y pueden o no representar moderadas limitaciones por pedregosidad o rocosidad superficial. Los suelos que las caracterizan son pocos profundos, de texturas finas y eventualmente muy gruesas; el drenaje interno es lento o rápido, cuando la textura es gruesa; presenta moderada fertilidad y en las zonas del área montañosa, es adecuada.	La variabilidad de condiciones le imprime amplia aptitud de uso. En las zonas planas son aptas para el cultivo semiintensivo y mecanizado de cultivos anuales y semipermanente, donde las texturas son moderadas o gruesas, así como para pastos intensivamente manejos y algunos cultivos permanentes (frutas y forestales), propios de cada zona.	9,094
Clase V	Son tierras que ocupan áreas casi planas a ligeramente depresionadas en el valle. Son suelos de topografía bastante homogénea, sin mayores declives y por tanto no erosionables. Las mayores limitaciones de uso en esta Clase de suelo radican en el factor drenaje (imperfectamente a pobremente drenados) y en el factor edáfico (arcillosos).	Las diferentes características físicas de esta Clase de suelo la hacen más apropiada para la vegetación permanente y para el desarrollo de actividades pecuarias.	1,856
Clase VI	Esta clase representa las tierras mayormente inclinadas, con pendientes que oscilan de 25 a 50%, con o sin presencia de pedregosidad superficial o interna. Sus suelos son moderadamente profundos, de textura moderada y generalmente limitados por material rocoso fragmentado y parcialmente compuesto; son de fertilidad buena a moderada y en la zona montañosa son altamente susceptibles a la erosión.	Aunque puede cultivarse con pastos, cultivos anuales o granos básicos usando prácticas intensivas de conservación de suelos, mayormente son aptos para cultivos permanentes (especialmente frutales) o bosques maderables, no se recomienda el pastoreo libre debido a la fuerte susceptibilidad erosiva.	16,481
Clase VII	Estas tierras presentan muchas limitaciones para la producción agropecuaria, por regla general son de topografía irregular con pendientes del	Debido a sus limitaciones, la aptitud se limita a cultivos forestales y eventualmente frutales como Marañón, Guayaba u otros no muy exigentes en	6,686

	30% predominando pendientes de 50 a 70%. Pueden tener inclinación menor a 30% pero con fuerte limitación por pedregosidad dentro del suelo que las caracteriza, son pocos profundos o superficiales, de texturas franco arenosas, franco arcillo arenosas o arcillo gravilosa y bajo nivel de fertilidad, pero como denominador común se presentan combinadas sus características desfavorables.	suelos, así como para el cultivo de pastos naturales o mejorados dedicados a la ganadería extensiva.	
Clase VIII	En esta categoría se incluyen todas aquellas tierras que por sus limitantes extremas no presentan posibilidad para el aprovechamiento agropecuario o forestal. En general, son tierras muy accidentadas, con pendientes mayores del 70%, de menor inclinación, pero extremadamente pedregosas o rocosas. Sus suelos, cuando los contienen, son muy superficiales, pero generalmente el estrato útil es la roca madre en estado de descomposición físico-química. Se caracteriza por tener excesiva pendiente y ausencia de suelo.	Debido a sus extremas limitaciones, su aptitud de uso es de tipo conservacionista de las especies de flora y fauna presentes.	22,698

Fuente: Torres Gámez y Vásquez Méndez 2017

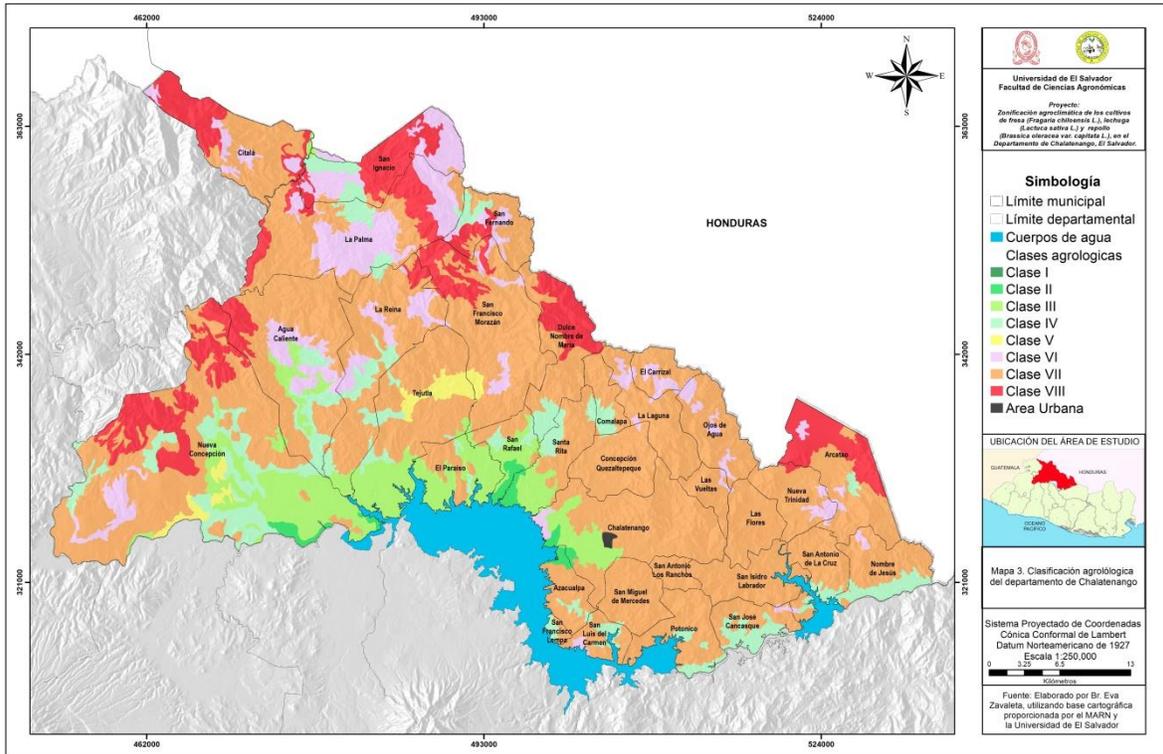


Figura 15. Mapa de clasificación agrológica del departamento de Chalatenango

4.1.4. Uso actual del suelo

La zona de estudio se obtuvo a partir del mapa de uso de suelo a nivel nacional del año 2012 de Corine Land Cover (Cobertura de tierra) del año 2010, cuadro 17.

Cuadro 17. Áreas del uso actual del suelo

Uso de suelo	Área en ha
Bosque caducifolio	2,847
Bosque de galería	2,978
Bosque siempre verde	568
Bosques de coníferas	19,015
Bosques mixto	9,201
Bosques mixtos semicaducifoleos	616
Caña de azúcar	3,587
Cultivos anuales asociados con cultivos	537
Granos básicos	18,759
Mosaico de cultivos y pastos	44,345
Otros cultivos irrigados	689
Pastos cultivados	7,588
Pastos naturales	28,592
Plantaciones de bosque monoespecífico	49
Playas, dunas y arenales	9
Praderas pantanosas	4
Tejido urbano continuo	361
Tejido Urbano discontinuo	4,290
Tejido urbano precario	55
Tejido urbano progresivo	237
Terrenos principalmente agrícola	29,179
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	12
Vegetación arbustiva baja	11,783
Vegetación esclerófila o espinosa	401
Vegetación herbácea natural	9,213

En el cuadro 17 y figura 16, el uso actual del suelo muestra que los mosaico de cultivos y pastos tiene 44,344.9 ha; seguido los terrenos principalmente agrícola con 29,178.7 ha.

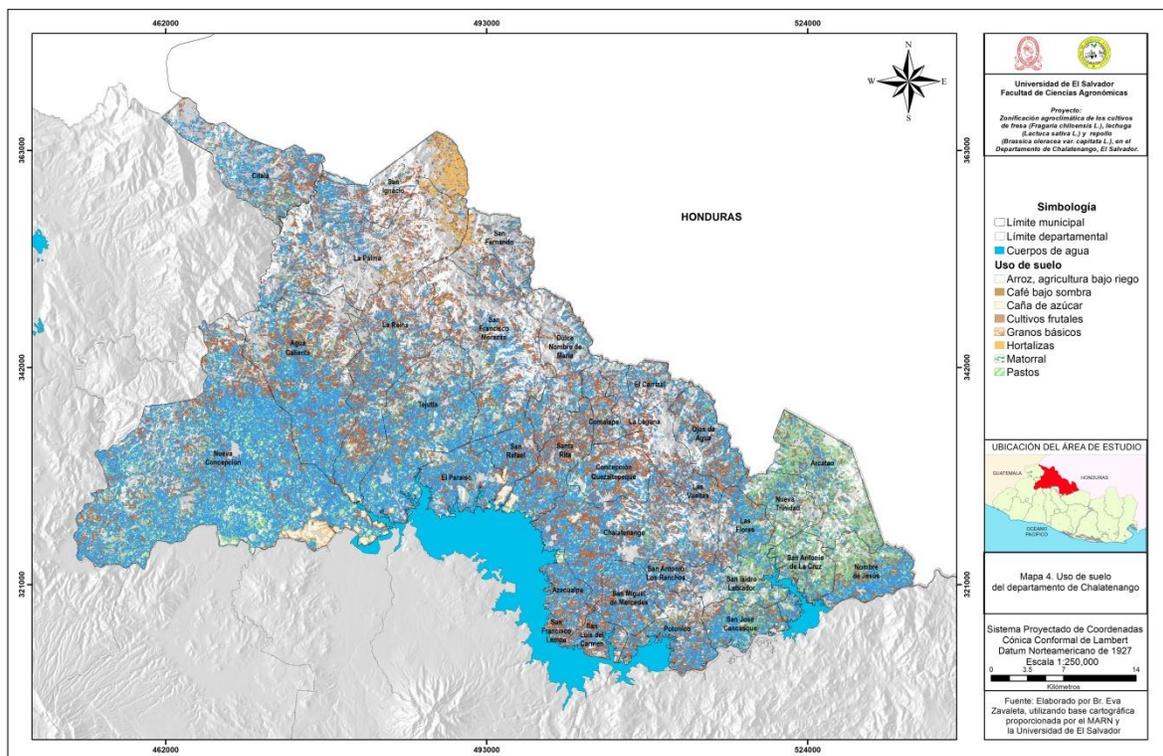


Figura 16. Mapa de uso actual del suelo del departamento de Chalatenango

4.1.5. Descripción de los suelos

Los suelos clasificados por su gran grupo, están compuestos en su mayoría por:

- **Latosoles arcillosos ácidos:** suelos por lo general profundos, arcillosos, rojizos y amarillentos, de estructura débil. Bajo bosques tienen una capa de materia orgánica de buen espesor, por lo general con pH ácidos. El potencial agrícola de estos suelos posee una productividad que varía de muy baja a moderada. Debido a que la fisiografía de la zona presenta fuertes pendientes, la mayoría de estos suelos son aptos para la vegetación permanente. Sin embargo, en la actualidad parte de estos suelos son utilizados para el cultivo de hortalizas y cultivos frutales (UES 1974). Se encuentran la mayor parte en los municipios de Citala, San Ignacio, La Palma y San Fernando.
- **Latosoles arcillosos rojizos y litosoles:** suelos arcillosos, pardos, poco profundos y generalmente muy pedregosos. Abundan los afloramientos rocosos. Potencial agrícola bajo a muy bajo, pocas áreas pueden ser cultivadas por métodos modernos, la mayoría son cultivos de subsistencia. El uso más recomendable son los pastos extensivos y bosque. Se encuentran en la mayor parte del departamento (UES 1974).
- **Litosoles y regosoles:** es un complejo de suelos no desarrollados; texturas moderadamente gruesas, poco profundos y frecuentemente pedregosos. El potencial agrícola es bajo a moderado. Poseen cultivos anuales sembrados en forma rudimentaria. Son áreas más adecuadas para la reforestación (UES 1974). Se

encuentran en los municipios de Agua Caliente, La Reina, Tejutla, San Rafael y San Isidro Labrador.

- Aluviales y grumosoles: suelos de origen relativamente reciente, con texturas finas y pesadas, el drenaje es pobre, son suelos pocos profundos. El potencial agrícola varía de moderado a alto. Son de textura muy arcillosa, por lo cual son difíciles de trabajar. (UES 1974). Se encuentran en los municipios de Nueva Concepción, Agua Caliente, Tejutla, El Paraíso, San Rafael, Santa Rita, Chalatenango y Azacualpa.
- Grumosoles, latosoles arcillo-rojizos y litosoles: por lo general son suelos pedregosos y poco profundos, los primeros son arcillas negras muy pesadas difíciles de trabajar, los segundos son suelos rojos arcillosos, pero no pesados y con afloramiento rocoso. El potencial agrícola es bajo a muy bajo, de manejo difícil, son áreas adecuadas para pastos; sin embargo, se encuentran áreas cultivadas con maíz y maicillo (UES 1974).

4.1.6. Mapa de textura de los suelos

La información de textura de los suelos se extrajo del mapa pedológico del país, escala 1:300,000. La textura del suelo más predominante del departamento es la clase textural franco arcillosa con un área de 57,176 ha, seguido de franco arenoso con 43,496 ha y finalmente de textura arcillosa con un 26,938 ha (cuadro 18, figura 17)

Cuadro 18. Áreas de textura de suelo

Textura de suelo	Área en ha
Franco arcillosos	57,176
Franco arenosos	43,496
Arcillosos	26,938

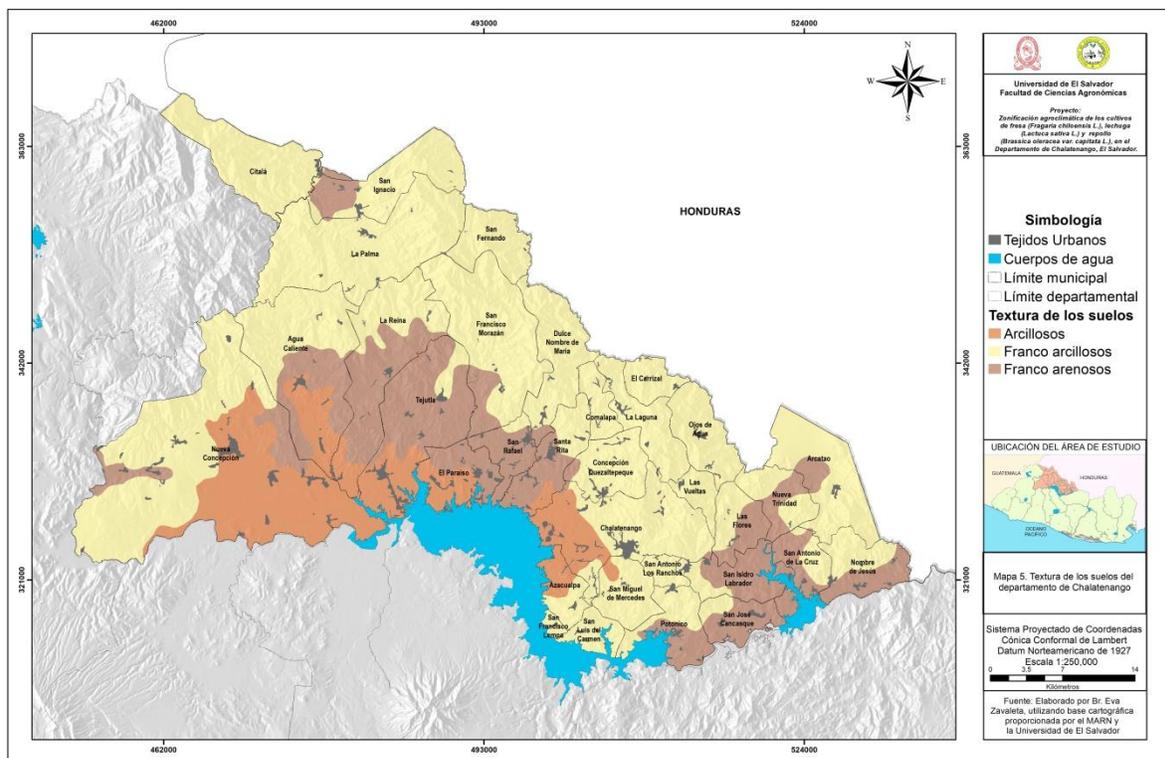


Figura 17. Mapa de textura de suelo del departamento de Chalatenango

4.1.7. Modelo de Elevación Digital (DEM)

Con el DEM se puede conocer las altitudes de una zona, la cual sirve para la evaluar las tierras en áreas montañosas en metros sobre el nivel de mar y considerar si influye directamente con la aptitud de los suelos. También de este se derivan el mapa de pendientes.

En el cuadro 19, figura 18, se pueden observar los rangos altitud del departamento. Las zonas con una altitud de 1,000 a 1,500 msnm son las predominantes con 20,963 ha en la zona, mientras que las altitudes mayores de 2,500 msnm son las que menor área con 141 ha.

Cuadro 19. Rangos altitudinales del departamento

Nº	Rangos altitudes (msnm)	Área en ha
1	Menores a 500	489
2	500-1,000	12,550
3	1,000-1,500	20,963
4	1,500-2,000	8,655
5	2,000-2,500	3,932
6	Mayores a 2,500	141

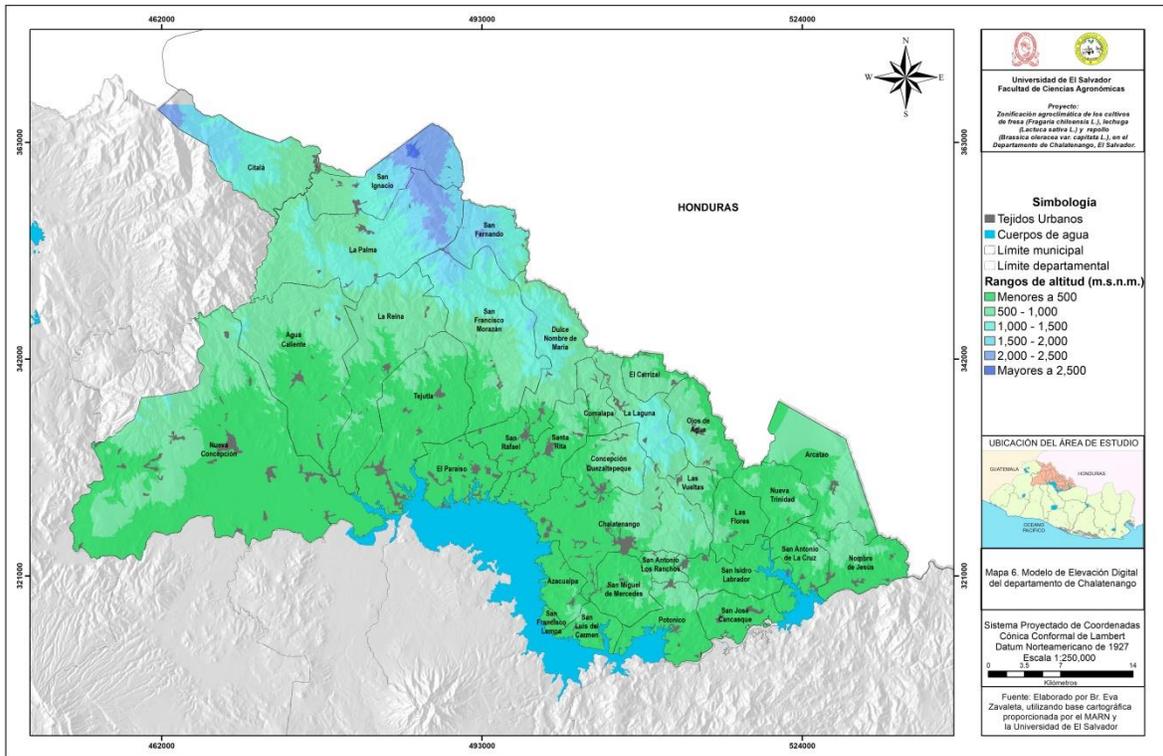


Figura 18. Modelo de Elevación Digital del departamento de Chalatenango

4.1.8. Pendiente

En el cuadro 20 y la figura 19, la zona de estudio se pueden observar que las pendientes más prevalecen son de 35 a 70% con un área total de 66,592 ha mientras que las áreas más pequeñas son de 3 a 5% con 1,470 ha.

Cuadro 20. Áreas de porcentajes de pendientes

N°	Clases de pendientes		Área en ha
1	0 - 3 %	Plano Ligeramente Inclinado	13,655
2	3 - 5 %	Ondulado suave	1,470
3	5 - 12 %	Ondulado	16,992
4	12 - 26 %	Alomado	30,563
5	26 - 35 %	Quebrado	7,314
6	35 - 70 %	Accidentado	66,592
7	> 70 %	Muy accidentado	16,159

Fuente: Elaborado con base en UES s.f.

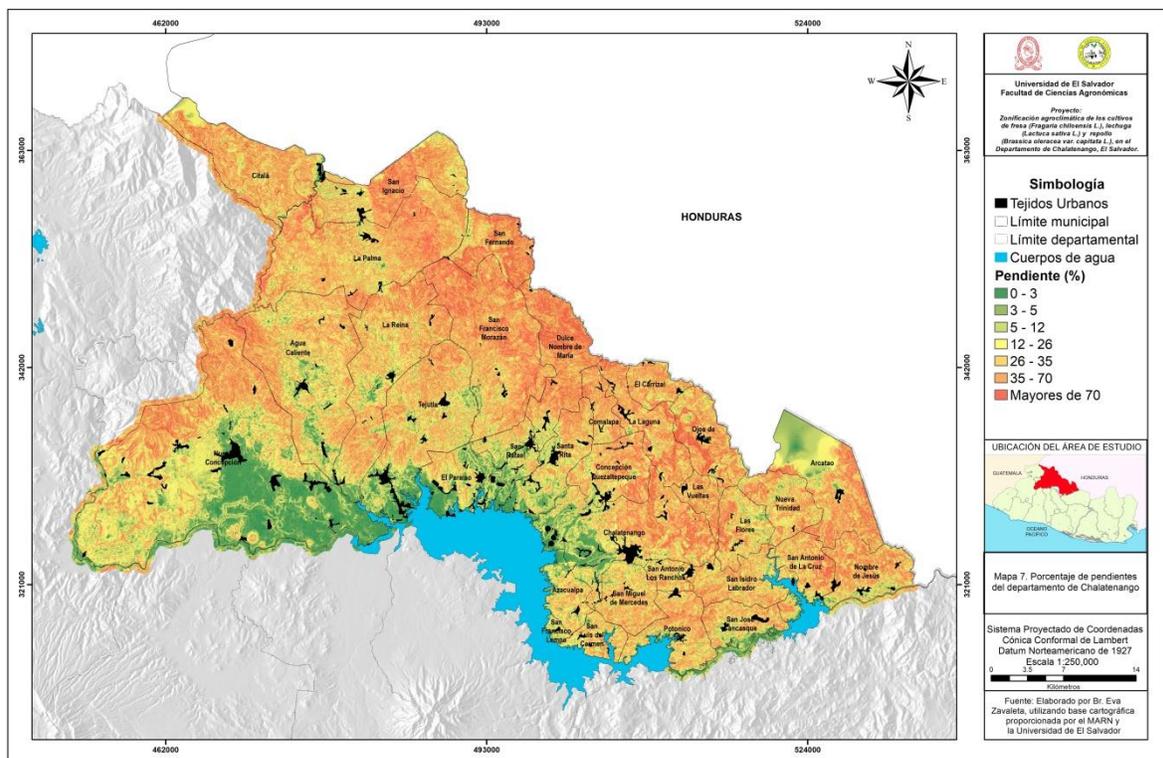


Figura 19. Porcentaje de pendientes del departamento de Chalatenango

4.1.9. Estaciones meteorológicas utilizadas

La información de variables climáticas fue procesada con las estaciones meteorológicas que se encuentran en el departamento y algunas aledañas, las cuales fueron seleccionadas por el método de Thiessen (cuadro 21, figura 20).

Cuadro 21. Estaciones meteorológicas seleccionadas

Índice	Estación	Departamento	Latitud	Longitud	Elevación (msnm)
A-15	Guija	Santa Ana	14.2284	-89.4691	449
A-31	Planes de Montecristo		14.3989	-89.3606	1,857
B-01	Chorrera del Guayabo	Cabañas	13.9878	-88.7559	205
B-10	Cerrón Grande		13.9342	-88.8979	207
G-03	Nueva Concepción	Chalatenango	14.1254	-89.2883	327
G-04	La Palma		14.2783	-89.1591	1,024
G-13	Las Pilas		14.3725	-89.0964	1,966

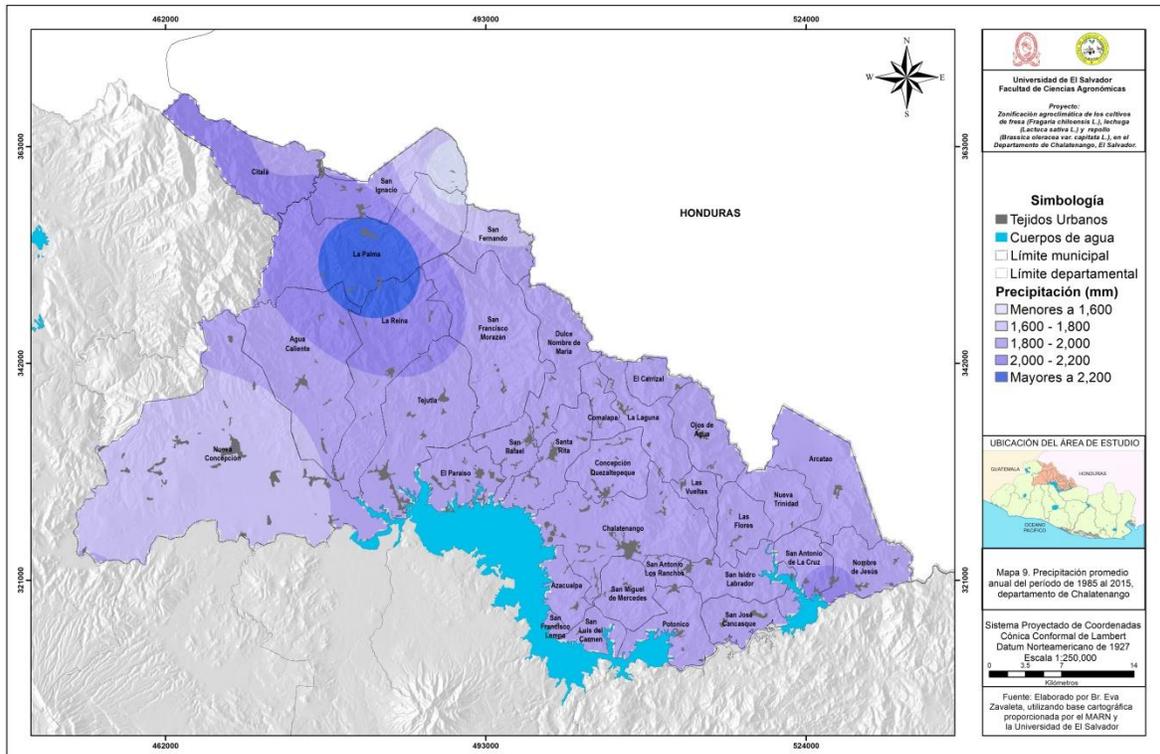


Figura 21. Mapa de precipitación anual del período de 1985 al 2015 del departamento

4.1.11. Temperatura promedio anual de 1985 al 2015

La figura 22, el mapa de temperatura promedio anual muestra que el rango de temperaturas de 21 a menores de 18°C se presentó en la zona norte del departamento, mientras que las temperaturas mayores de 21°C fueron de la zona central y sur del departamento.

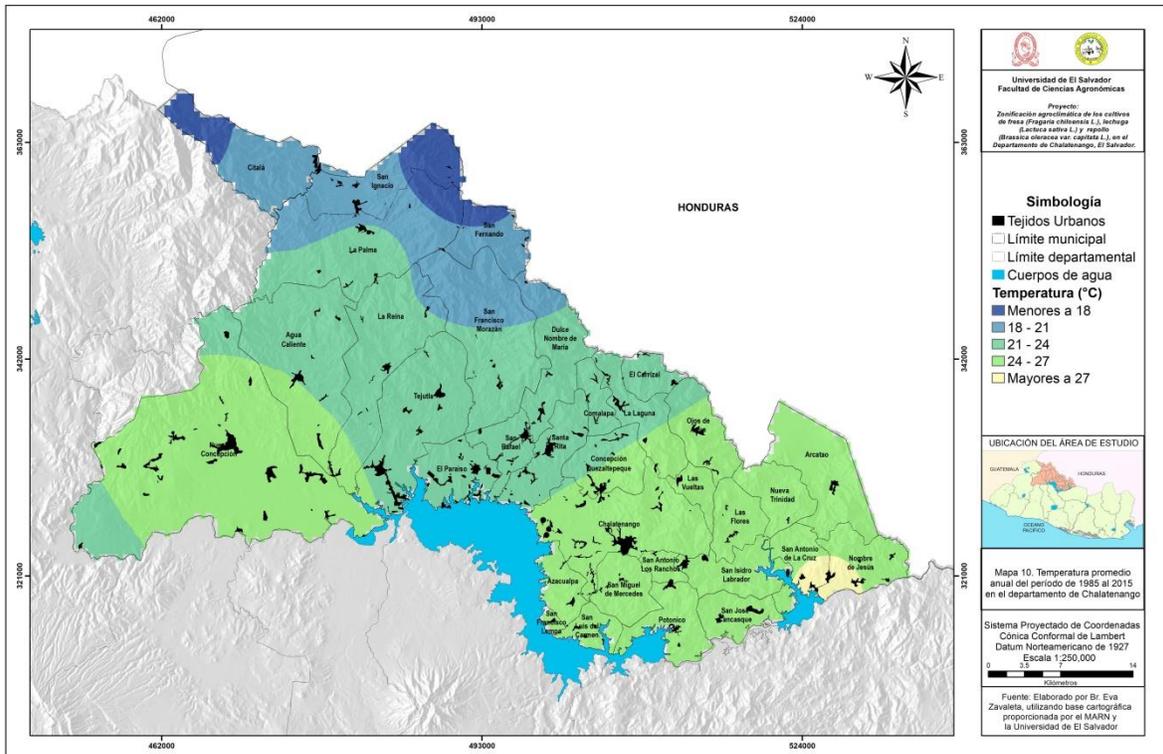


Figura 22. Mapa de temperaturas promedio anual del período de 1985 al 2015

4.1.12. Brillo solar promedio anual de 1985 al 2015

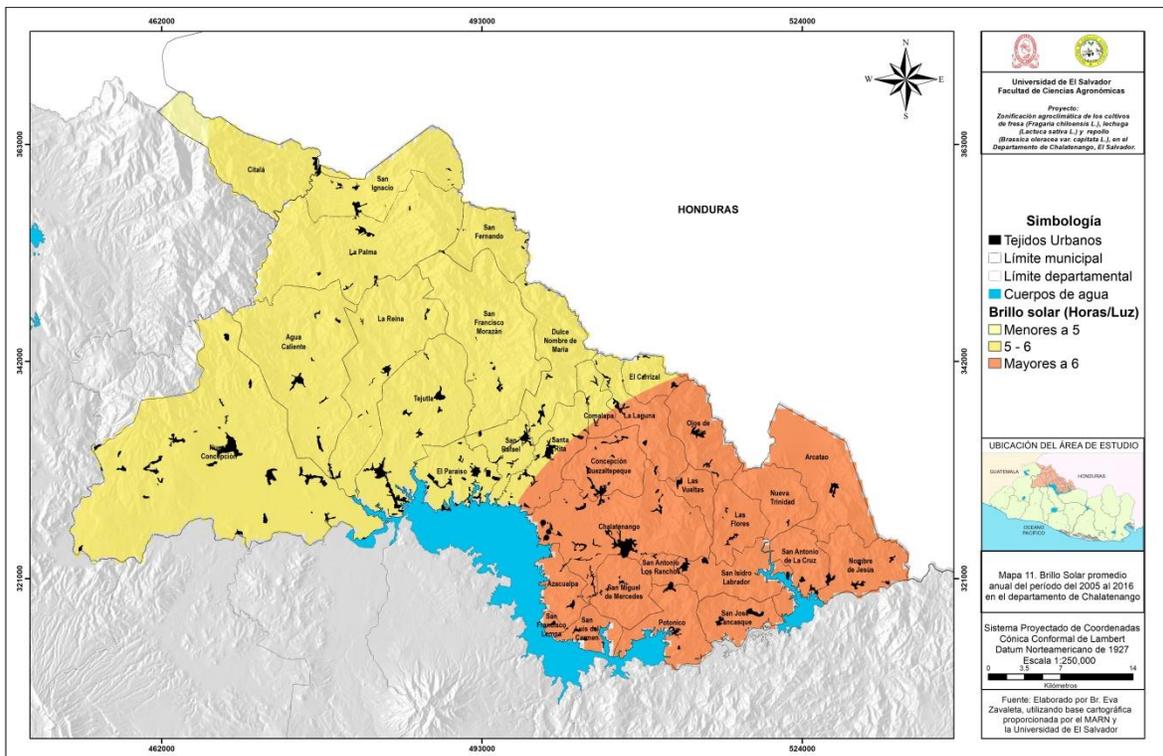


Figura 23. Mapa de brillo solar promedio anual del período de 1985 al 2015

En la figura 23, el mapa de brillo solar promedio anual, la mayor cantidad de horas luz fueron 6 en la zona sureste y las menores de 6 se dieron en el resto del departamento.

4.1.13. Zonificación agroclimática del cultivo de fresa

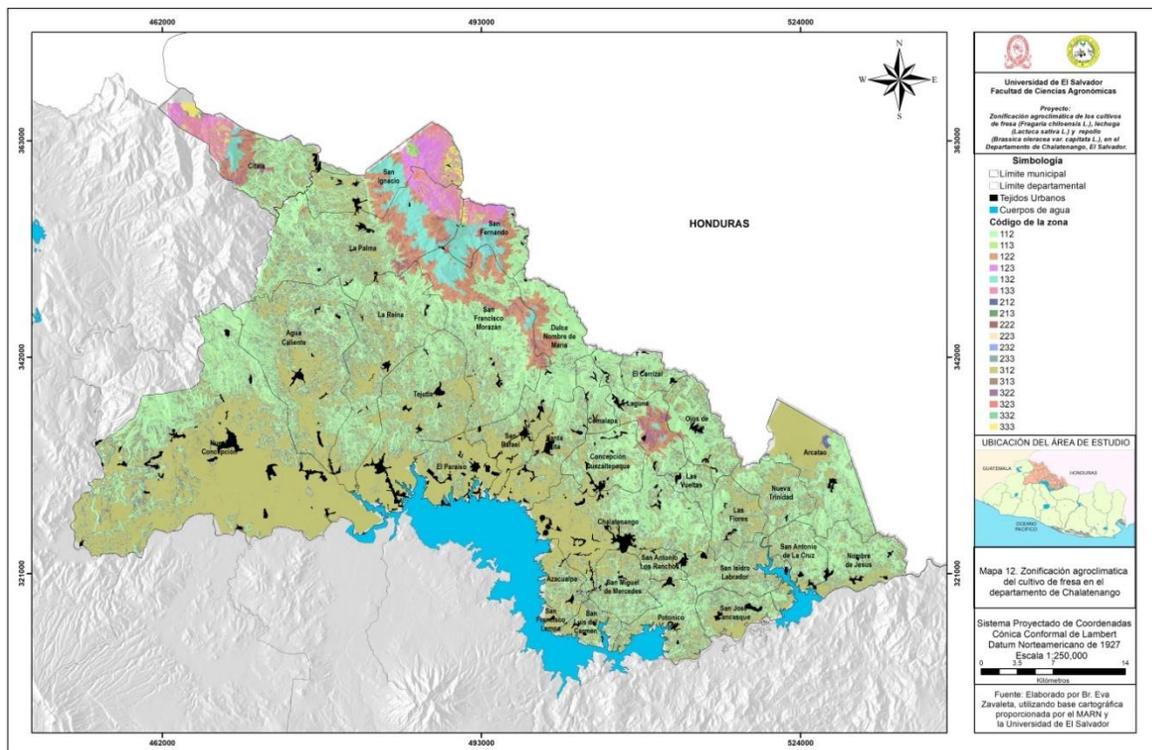


Figura 24. Mapa de zonificación agroclimática del cultivo de fresa

En la figura 24, el mapa de zonificación agroclimática del cultivo de fresa muestra que las zonas favorables para el cultivo se encuentran en la zona alta y norte, las cuales se ubican en los municipios de Citalá, San Ignacio, La Palma y San Fernando.

Castellanos y Arias (2013) indican que esta planta puede ser cultivada en zonas altas del país, Apaneca, Los Naranjos, zona El Trifinio en Metapan y cantón Las Pilas (San Ignacio) en Chalatenango, ya que estos lugares presentan temperaturas y elevaciones adecuadas para el desarrollo de este cultivo.

En el cuadro 22, a continuación se describen los códigos de las zonas las diferentes agrupaciones de criterios, además de la clasificación (NA) No Aceptable, (A) Aceptable y (F) Favorable. El código 112 posee un pendiente mayor del 35%, la altitud de menor a 1,200 y mayor a 2,500 msnm y una temperatura media de 19 a 28°C, siendo el código con dos características no aceptables y una aceptable, con área de 69,880 ha, la cual son las áreas no recomendable para el cultivo, mientras en el código 333 posee pendientes de 0 a 26 %, una altitud de 1,500 a 2,000 msnm y una temperatura promedio entre 14 a 18°C, indicando tres características favorables, con un área de 829 ha, por lo cual son las más recomendables para el buen desarrollo del cultivo.

Cuadro 22. Descripción de los códigos de las zonas agroclimáticas por hectáreas y porcentaje para el cultivo de fresa.

Nº	Código	Pendiente (%)		Altitud (msnm)			Temperatura media (°C)			Área en ha	Porcentaje (%)	
1	112	1	> 35	No aceptable	1	<1200, >2500	No aceptable	2	19 -28	Aceptable	69,880	56.9%
2	113	1	> 35	No aceptable	1	<1200, >2500	No aceptable	3	14 – 18	Favorable	113	0.1%
3	122	1	> 35	No aceptable	2	1200-1400;2100-2500	Aceptable	2	19 -28	Aceptable	7,455	6.1%
4	123	1	> 35	No aceptable	2	1200-1400;2100-2500	Aceptable	3	14 – 18	Favorable	1,971	1.6%
5	132	1	> 35	No aceptable	3	1500-2000	Favorable	2	19 -28	Aceptable	4,112	3.3%
6	133	1	> 35	No aceptable	3	1500-2000	Favorable	3	14 – 18	Favorable	1,868	1.5%
7	212	2	26 - 35	Aceptable	1	<1200, >2500	No aceptable	2	19 -28	Aceptable	6,444	5.2%
8	213	2	26 - 35	Aceptable	1	<1200, >2500	No aceptable	3	14 – 18	Favorable	3	0.0%
9	222	2	26 - 35	Aceptable	2	1200-1400;2100-2500	Aceptable	2	19 -28	Aceptable	195	0.2%
10	223	2	26 - 35	Aceptable	2	1200-1400;2100-2500	Aceptable	3	14 – 18	Favorable	199	0.2%
11	232	2	26 - 35	Aceptable	3	1500-2000	Favorable	2	19 -28	Aceptable	158	0.1%
12	233	2	26 - 35	Aceptable	3	1500-2000	Favorable	3	14 – 18	Favorable	217	0.2%
13	312	3	0 - 26	Favorable	1	<1200, >2500	No aceptable	2	19 -28	Aceptable	27,453	22.3%
14	313	3	0 - 26	Favorable	1	<1200, >2500	No aceptable	3	14 – 18	Favorable	6	0.0%
15	322	3	0 - 26	Favorable	2	1200-1400;2100-2500	Aceptable	2	19 -28	Aceptable	891	0.7%
16	323	3	0 - 26	Favorable	2	1200-1400;2100-2500	Aceptable	3	14 – 18	Favorable	533	0.4%
17	332	3	0 - 26	Favorable	3	1500-2000	Favorable	2	19 -28	Aceptable	545	0.4%
18	333	3	0 - 26	Favorable	3	1500-2000	Favorable	3	14 – 18	Favorable	829	0.7%

4.1.14. Zonificación agroclimática del cultivo de lechuga

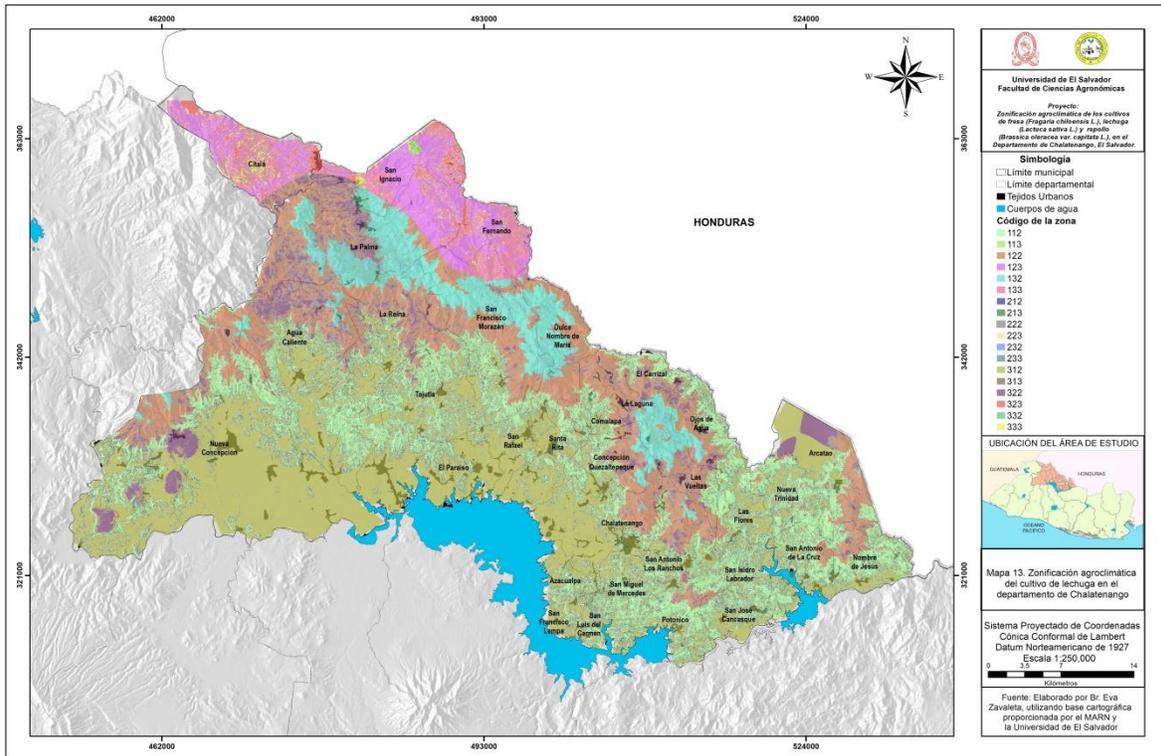


Figura 25. Mapa de zonificación agroclimática del cultivo de lechuga

En la figura 25, el mapa de zonificación agroclimática para el cultivo lechuga muestra que la zonas favorables para el cultivo se encuentran en la zona alta y norte, las cuales se ubican en los municipios de Citalá, San Ignacio, La Palma y San Fernando. El municipio de San Ignacio y La Palma cumplieron con el registro de los productores según del CENTA (cuadro A-15). Un ejemplo de esto según Campos *et al.* (2005), la lechuga se cultiva en la cooperativa ACOPO de R.L, la cual está ubicada en el cantón Los Planes, municipio de La Palma, departamento de Chalatenango, a una altura de 1800 msnm.

En el cuadro 23, a continuación se describen los códigos de las zonas las diferentes agrupaciones de criterios, además de la clasificación (NA) No Aceptable, (A) Aceptable y (F) Favorable. El código 112 posee un pendiente mayor del 35%, la altitud de menores a 600 y mayores a 2,500 msnm y una temperatura media de 21 a 28°C, siendo el código con dos características no aceptables y una aceptable, con un área de 32,528 ha, la cual son las áreas no recomendable para el cultivo, mientras en el código 333 posee pendientes de 0 a 26 %, una altitud de 1,000 a 1,500 msnm y una temperatura promedio entre 16 a 20°C, estableciendo tres características favorables, con área de 607 ha, por lo cual son las más recomendables para el buen desarrollo del cultivo.

Cuadro 23. Descripción de los códigos de las zonas agroclimáticas por hectáreas y porcentaje para el cultivo de lechuga.

Nº	Código	Pendiente (%)			Altitud (msnm)			Temperatura media (°C)			Área en ha	Porcentaje (%)
1	112	1	>35	No aceptable	1	<600,>2500	No aceptable	2	21 - 28	Aceptable	32,528	26.2%
2	113	1	>35	No aceptable	1	<600,>2500	No aceptable	3	16 – 20	Favorable	115	0.1%
3	122	1	>35	No aceptable	2	600-900; 1600-2500	Aceptable	2	21 - 28	Aceptable	28,948	23.4%
4	123	1	>35	No aceptable	2	600-900; 1600-2500	Aceptable	3	16 – 20	Favorable	8,714	7.0%
5	132	1	>35	No aceptable	3	1000-1500	Favorable	2	21 - 28	Aceptable	11,317	9.1%
6	133	1	>35	No aceptable	3	1000-1500	Favorable	3	16 – 20	Favorable	3,832	3.1%
7	212	2	>35	No aceptable	1	<600,>2500	No aceptable	2	21 - 28	Aceptable	4,106	3.3%
8	213	2	26 - 35	Aceptable	1	<600,>2500	No aceptable	3	16 – 20	Favorable	3	0%
9	222	2	26 - 35	Aceptable	2	600-900; 1600-2500	Aceptable	2	21 - 28	Aceptable	1,819	1.5%
10	223	2	26 - 35	Aceptable	2	600-900; 1600-2500	Aceptable	3	16 – 20	Favorable	673	0.5%
11	232	2	26 - 35	Aceptable	3	1000-1500	Favorable	2	21 - 28	Aceptable	435	0.4%
12	233	2	26 - 35	Aceptable	3	1000-1500	Favorable	3	16 – 20	Favorable	124	0.1%
13	312	3	0 - 26	Favorable	1	<600,>2500	No aceptable	2	21 - 28	Aceptable	16,338	13.2%
14	313	3	0 - 26	Favorable	1	<600,>2500	No aceptable	3	16 – 20	Favorable	6	0%
15	322	3	0 - 26	Favorable	2	600-900; 1600-2500	Aceptable	2	21 - 28	Aceptable	9,617	7.8%
16	323	3	0 - 26	Favorable	2	600-900; 1600-2500	Aceptable	3	16 – 20	Favorable	2,601	2.1%
17	332	3	0 - 26	Favorable	3	1000-1500	Favorable	2	21 - 28	Aceptable	2,181	1.8%
18	333	3	0 - 26	Favorable	3	1000-1500	Favorable	3	16 – 20	Favorable	607	0.5%

4.1.15. Zonificación agroclimática del cultivo de repollo

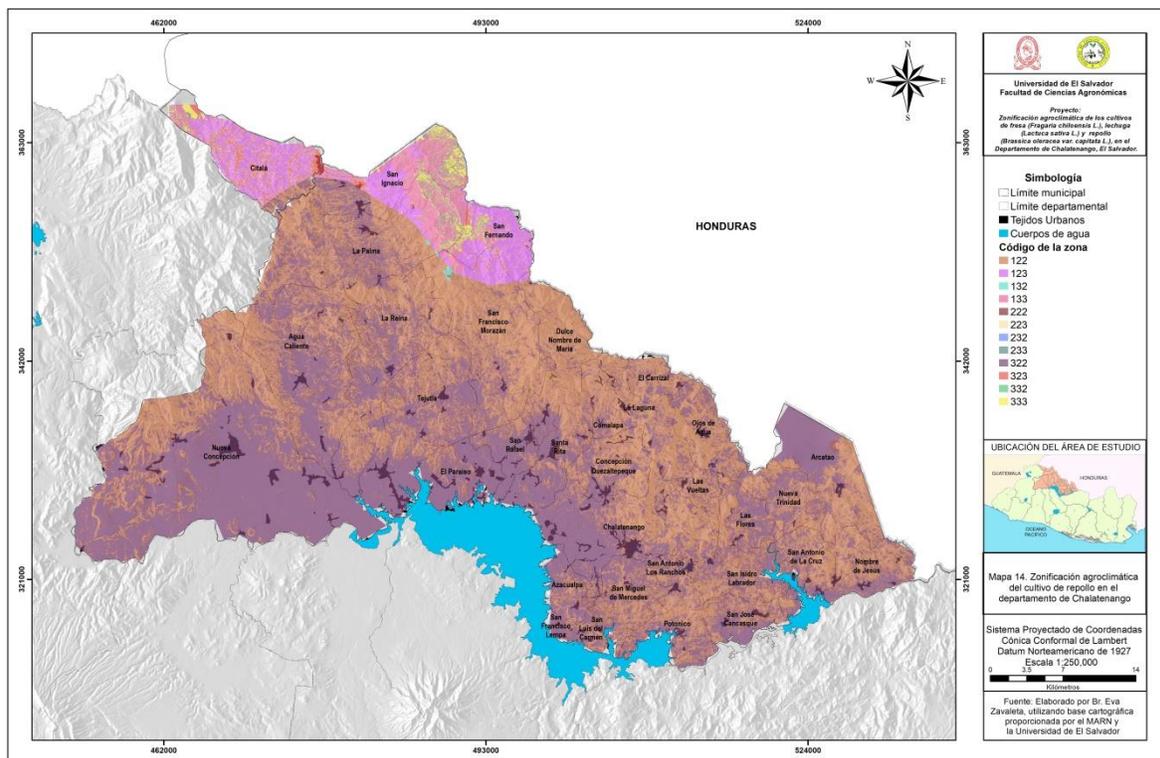


Figura 26. Mapa de zonificación agroclimática del cultivo de repollo.

En la figura 26, la zonificación para el cultivo repollo muestra que las zonas favorables para el cultivo se encuentran en la zona alta y norte, las cuales se ubican en los municipios de Citalá, San Ignacio, La Palma, San Fernando y San Francisco Morazán. El municipio de San Ignacio y La Palma cumplieron con el registro de los productores según del CENTA (cuadro A-15).

Esto se corrobora con lo que dice Arévalo y Mercedes (2004), quienes señalaron la rentabilidad económica de la producción de repollo y tomate en los municipios: La Palma y San Ignacio, que constituyen de la zona alta de Chalatenango dedicada al cultivo de hortalizas.

En el cuadro 24, a continuación se describen los códigos de las zonas las diferentes agrupaciones de criterios, además de la clasificación (NA) No Aceptable, (A) Aceptable y (F) Favorable. El código 122 posee un pendiente mayor del 35%, la altitud de 100 a 1,700 o 2,600 a 3,000 msnm y una temperatura media de 21 a 30°C, siendo el código con una característica no aceptables y dos aceptables, con un área de 36,232 ha, la cual son las áreas no recomendable para el cultivo, mientras en el código 333 posee pendientes de 0 a 26 %, una altitud de 1,800 a 2,500 msnm y una temperatura promedio entre 15 a 20°C, marcando tres características favorables, con un área de 1,319 ha, por lo cual son las más recomendables para el buen desarrollo del cultivo.

Cuadro 234. Descripción de los códigos de las zonas agroclimáticas por hectáreas y porcentaje para el cultivo de repollo.

Nº	Código	Pendiente (%)			Altitud (msnm)			Temperatura media (°C)			Área en ha	Porcentaje
1	122	1	>35	No aceptable	2	100-1700; 2600-3000	Aceptable	2	21-30	Aceptable	36,232	41.9%
2	123	1	>35	No aceptable	2	100-1700; 2600-3000	Aceptable	3	15-20	Favorable	8,165	9.4%
3	132	1	>35	No aceptable	3	1800-2500	Favorable	2	21-30	Aceptable	68	0.1%
4	133	1	>35	No aceptable	3	1800-2500	Favorable	3	15-20	Favorable	4,496	5.2%
5	222	2	26 - 35	Aceptable	2	100-1700; 2600-3000	Aceptable	2	21-30	Aceptable	6,435	7.4%
6	223	2	26 - 35	Aceptable	2	100-1700; 2600-3000	Aceptable	3	15-20	Favorable	375	0.4%
7	232	2	26 - 35	Aceptable	3	1800-2500	Favorable	2	21-30	Aceptable	2	0%
8	233	2	26 - 35	Aceptable	3	1800-2500	Favorable	3	15-20	Favorable	424	0.5%
9	322	3	0 - 26	Favorable	2	100-1700; 2600-3000	Aceptable	2	21-30	Aceptable	27,037	31.3%
10	323	3	0 - 26	Favorable	2	100-1700; 2600-3000	Aceptable	3	15-20	Favorable	1,895	2.2%
11	332	3	0 - 26	Favorable	3	1800-2500	Favorable	2	21-30	Aceptable	8	0%
12	333	3	0 - 26	Favorable	3	1800-2500	Favorable	3	15-20	Favorable	1,319	1.5%

4.1.16. Productores de repollo y lechuga

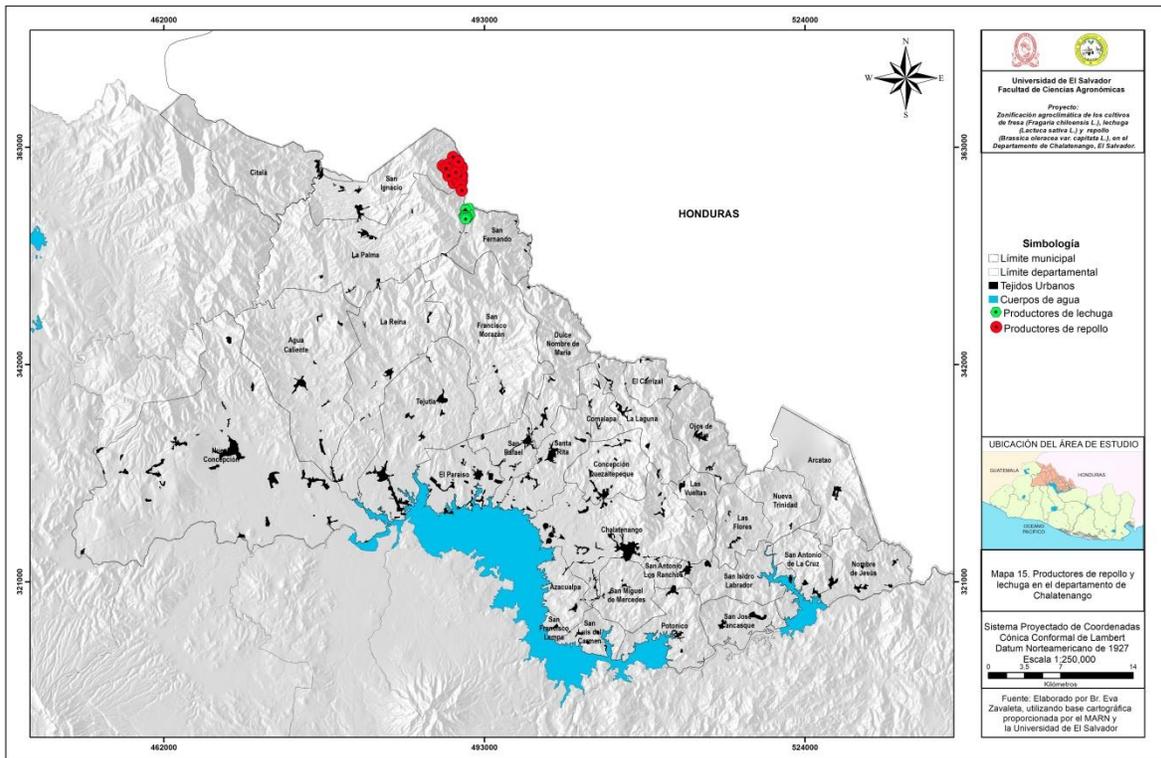


Figura 27. Mapa de los productores de repollo y lechuga

En la figura 27, muestra los productores de repollo y lechuga, quienes fueron encuestados con el apoyo de CENTA en el municipio de San Ignacio y La Palma, de los cuales fueron 11 productores de lechuga y 21 productores de repollo (figura A1 y A3).

De acuerdo a los resultados de las encuestas se graficó la siguiente información:

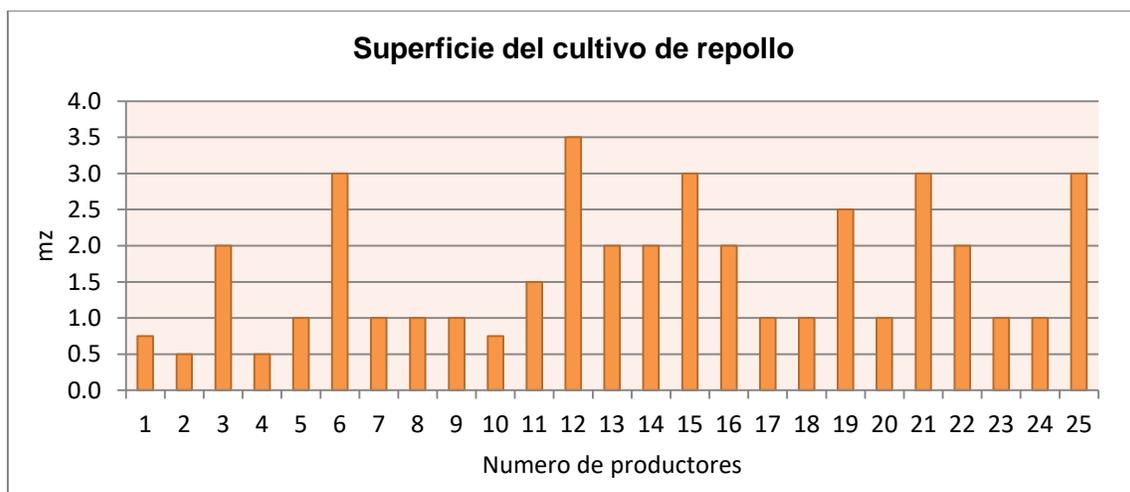


Figura 28. Superficie del cultivo de repollo en los municipios de San Ignacio y La Palma.

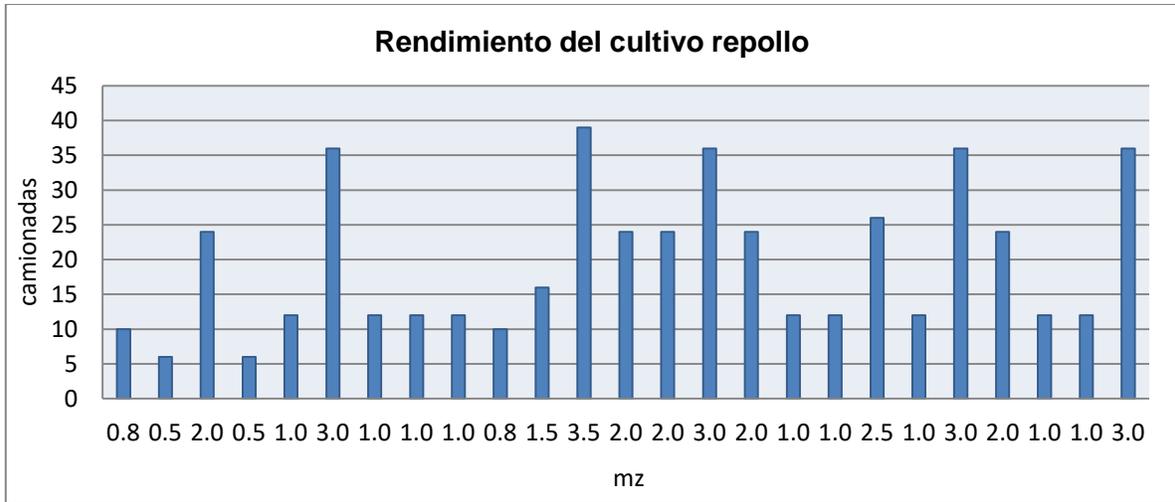


Figura 29. Rendimiento del cultivo de repollo en los municipios de San Ignacio y La Palma.

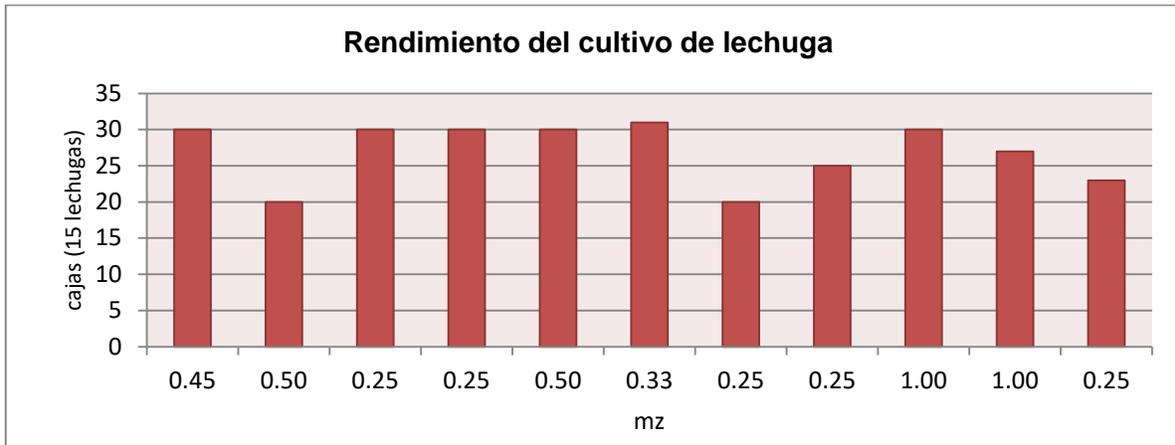


Figura 30. Rendimiento del cultivo de lechuga en los municipios de San Ignacio y La Palma.

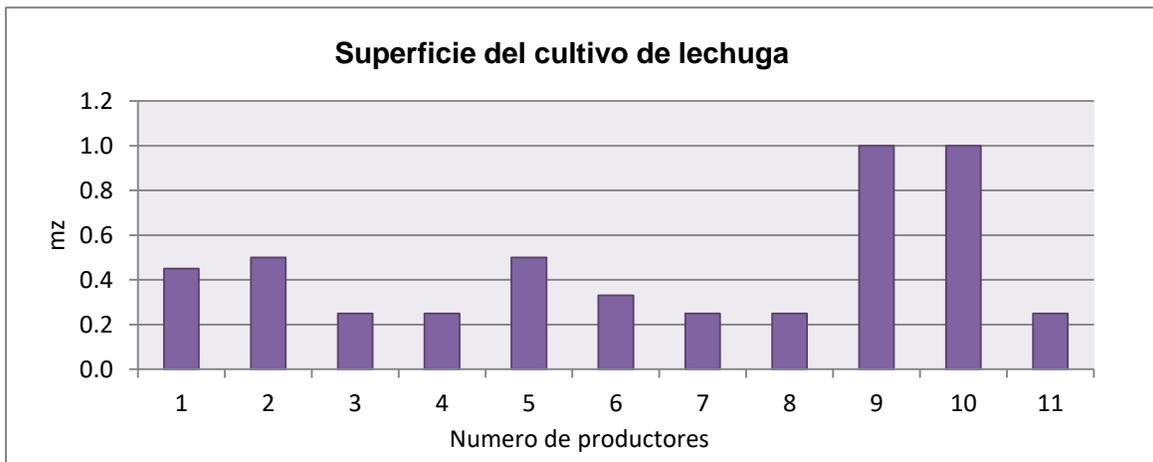


Figura 301. Superficie de los productores de lechuga en los municipios de San Ignacio y La Palma.

5. CONCLUSIONES

El mapa de zonificación agroclimática del cultivo de fresa, lechuga y repollo muestra que las zonas favorables para el cultivo se encuentran en la zona alta y norte, las cuales se ubican en los municipios de Citalá, San Ignacio, La Palma, San Fernando y San Francisco Morazán.

Los porcentajes de las áreas favorables para los cultivos fueron: 0.5% (607 ha) lechuga, 0.7% (829 ha) fresa y 1.5% (1,319 ha) repollo del área total de estudio.

La metodología de SIG permite analizar e identificar la zonificación agroclimática con base a las características edafoclimáticas.

El estudio mostro áreas con pendientes muy inclinadas, no adecuadas para ser cultivables con estas especies de hortalizas.

En la información climática, solo se utilizó la variable de temperatura para evaluar las zonas con mayor aptitud potencial para los cultivos.

La ubicación de los productores de repollo y lechuga encuestados coincidió con las áreas favorables de la zonificación de los cultivos.

La metodología propuesta de la evaluación multicriterio con las variables fisiográficas y de temperatura permitió elaborar los mapas de zonificación de las condiciones favorables, aceptables y no aceptables para el desarrollo de los cultivos y validado en campo a través de los productores encuestados.

6. RECOMENDACIONES

Las áreas encontradas por la zonificación y descrita por códigos podrían ser monitoreadas ya que a pesar de sus limitantes de uso, con el propósito de establecer políticas o programas de prácticas de conservación de suelo que mejor convenga por la zona.

Con el método de evaluación multicriterio se puede explorar más variables de interés para en la zonificación se obtenga un mejor resultado con ayuda del SIG.

Georreferenciar las zonas cultivadas con fresa, lechuga y repollo para un seguimiento del comportamiento de la zona.

Para un mejor análisis e interpretación de la zonificación agroclimática, el diseño debe disponer de la mayor información edafoclimática y fisiográfica de la zona e información técnica de los cultivos.

La metodológica utilizada puede ampliarse para otros cultivos.

Monitorear las áreas zonificadas y describir por códigos para establecer políticas.

Incorporar más estaciones agrometeorológicas para poder realizar un estudio más completo.

7. BIBLIOGRAFÍAS

- Alcaraz Ariza, FJ. 2013. Bioclimatología. Universidad de Murcia. España. 16 p.
- Arcila, PJ; Chávez, C. 1995. Desarrollo foliar del cafeto en tres densidades de siembra. Caldas. Colombia. CENICAFÉ. 31 p.
- Argueta Rivas, J. s.f. Sistemas de producción sostenible en laderas. Universidad de El Salvador. 31 p.
- Arévalo Landaverde, Mercedes M. 2004. Estudio de la rentabilidad económica del repollo (*Brassica oleracea, var capitata*) y tomate (*Lycopersicon sculentum, Mill*) para los agricultores de la zona alta de San Ignacio y La Palma, Chalatenango. Tesis Ph.D. San Salvador, Universidad de El Salvador. 106 p.
- Asociación Agropecuaria de Servicios Múltiples Fresas de Apaneca de R.L. s.f. El cultivo de fresa en El Salvador. Apaneca. Ahuachapán. 5 p.
- Bateman Allen, 2007. Hidrología Básica y Aplicada. Grupo de Investigación en Transporte de Sedimentos (en línea) Consultado 20 jul. 2018 Disponible en <https://www.upct.es/~minaeees/hidrologia.pdf>
- Boshell, FJ. s.f. Curso básico de meteorología agrícola. Organización Meteorológica Mundial (OMM), Grecia. 155 p.
- Campos JR; Rodríguez Flores HE; Salinas Guerrero RE. 2005. Caracterización y Evaluación de la Sostenibilidad de la Producción Orgánica de ACOPO de R.L. En Los Planes, Chalatenango. Tesis Ing. San Salvador. Universidad de El Salvador. 207 p.
- Carrillo, MO. 2005. Variedades de Fresa para el Subtrópico de México. XVIII curso de actualización frutícola. Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX S.C. Coatepec Harinas, México. 34 p.
- Castellanos Hernández PA y Arias, LL. 2013. Solución tecnológica para la producción de plantines de fresa (*Fragaria x annassa*). Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), La Libertad, El Salvador. 8 p.
- Cely Reyes, GE. 2010. Determinación de parámetros de riego para el cultivo cebolla de bulbo en el distrito de riego del alto Chicamocha. Tesis Ph.D. Bogota. Colombia. UNC. 109 p.
- Cepeda J. 2010. Fertilidad de suelos I. Capitulo II Factores de crecimiento y sistema de producción agrícola. UASD (Universidad Autónoma de Santo Domingo) Republica Dominicana. 15 p.
- Chalatenango, El Salvador 2017. Chalatenango (en línea, sitio web). Consultado 20 jun. 2017. Disponible en <https://www.chalatenangosv.com/>

- Fuentes, FE; Pérez J. 2003. Guía técnica del cultivo del repollo. CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova"), La Libertad, El Salvador. 36 p.
- Giménez R. s.f. Física del suelo. Edafología, Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina. 16 p.
- Gómez Delgado M. y Barredo Cano JI. 2005. Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la ordenación del territorio. 2 ed. México D.F. México. Alfaomega Ra-Ma. 247 p.
- Guzmán GT. s.f. Guía de métodos agrometeorológicos, meteorología. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. San Salvador. 4 p.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica) y PROMECAFE (Programas Cooperativo Regional para la Protección y Modernización de la Caficultura, El Salvador) 1985. Memoria del curso internacional sobre agroclimatología. San Salvador. El Salvador. 137 p.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica) 2001. El cultivo de fresa (*Fragaria spp*). San José, Costa Rica. 11 p.
- INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Venezuela) 2005. El cultivo de Hortalizas. Maracay, Venezuela. 192 p.
- Jaramillo Noreña, J; Aguilar Aguilar, PA; Tamayo Molano, PJ; Arguello Rincón, EO; Guzmán Arroyave, M. 2016. Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el oriente Antioqueño. CORPOICA. Medellín, Colombia. 147 p.
- Jaramillo RA. 1999. Climatología de las regiones cafeteras, microclima y fenología del cultivo del café. CENICAFÉ. Caldas. Colombia. 45 p.
- Kulicov, VA. s.f. Agrometeorología tropical. Carreño MS. (ed.) Habana, Cuba. 125 p.
- López Montes, J; López Pérez, R; Lacayo Parajón, L. 2012. Manual de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de repollo. GEF-REPCAR. Costa Rica. 24 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica) 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas. San José, Costa Rica. 6 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica) 2007. Agrocadena de fresa. Alajuela, Costa Rica. 37 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador) 2018. Anuario de estadística agropecuario 2017-2018. Dirección de Estadísticas Agropecuaria (DEA). San Salvador, El Salvador. 76 p.

- OMM (Organización Meteorológica Mundial) 2017. Directrices de la Organización Meteorológica Mundial sobre la generación de un conjunto definido de productos nacionales de vigilancia del clima. N° 1204. Suiza. 13 p.
- Pérez Ascencio MA. 2015. Calendarización de fertilización química de las principales hortalizas. Materia de horticultura. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. San Salvador. 2 p.
- Pérez Ascencio MA. 2017. Generalidades de las hortalizas (diapositiva) Docente del Departamento de Fitotecnia, Universidad de El Salvador. San Salvador, 32 diapositivas, color.
- Quintero, J. 1990. El Cultivo de la Lechuga. Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador. 20 p.
- Rossiter D. 2004. Metodologías para el levantamiento del recurso suelo. International Institute for Geo-information Science & Earth Observation (ITC). 2da versión. 145 p.
- Roshell F. 1978. El uso de la agrometeorología en la zonificación de los cultivos. Bogotá, Colombia. 14 p.
- Rubio, J. F. 2008. SuperB: Manual agrícola. Guatemala, GT. Productos SuperB agrícola, 591 p.
- Torres Gámez, LD; Vásquez Méndez, FJ, 2017. Método de mapeo digital para una aproximación a la interpretación de la fertilidad de suelos y su relación con el rendimiento de maíz (*Zea mays*), en el municipio de Comacaran, San Miguel, El Salvador. Tesis Ing. Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador. 162 p.
- UES (Universidad de El Salvador) s.f. Clasificación por capacidad de uso en El Salvador Facultad de Ciencias Agronómicas. UES, San Salvador, El Salvador.
- UES (Universidad de El Salvador) 1974. Mapa de clasificación de suelos de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de suelos. Esc. 1:300.000. Color.
- UES (Universidad de El Salvador) 2015. Folleto de guías técnicas de hortalizas. Cultivo de lechuga. Materia de horticultura. Facultad de Ciencias Agronómicas. UES, San Salvador, El Salvador.
- Watson DF; Philip GM. 1985. "A Refinement of InverseDistanceWeightedInterpolation". Geoprocessin. 327 p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta para los productores



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

Título del proyecto:

“Zonificación agroclimática de los cultivos de fresa (*Fragaria chiloensis* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.) y repollo (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) en el Departamento de Chalatenango, El Salvador.”

Encuesta de opinión de productores de fresa, lechuga y repollo.

El objetivo de esta encuesta es el de recabar información sobre el uso de la tierra en campo mediante recorrido de campo y además identificar la situación del uso del suelo y el manejo agronómico de los cultivos de fresa, lechuga y repollo, a través de productores e investigación de campo.

Se solicitará información sobre superficie de la explotación, formas de tenencia, variedades, superficie y producción de cultivos.

Número de encuesta: _____

Nombre del productor: _____

Nombre del encuestador: _____

Indicaciones: Responda a las siguientes interrogantes.

I. UBICACIÓN DEL TERRENO:

Caserío: _____ Cantón: _____ Municipio: _____ Departamento: _____

Coordenadas geográficas, Longitud: _____ Latitud: _____

II. CONDICIONES NATURALES

Suelo (textura) Arcillosa () Arenosa () Limosa ()

Clima (lluvia) Abundante () Mediana () Poca ()

Fuente de agua Pozo () Nacimiento () Potable ()

III. USO DE SUELO

Cultivos	Superficie	Propio, arrendamientos o medianerías devueltas

IV. ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO

Cultivos Actividades			
Preparación del suelo <ul style="list-style-type: none"> • Maquinaria agrícola • Tracción animal • Labranza mínima 			
Instalación de riego <ul style="list-style-type: none"> • Época seca 			
1 ^{ra} fertilización *Con la siembra o trasplante, que fertilizante utiliza.			

V. MANEJO AGRONÓMICO

Cultivos Actividades			
Resiembra o retrasplante			
Control de malezas			
Aporco			
Fertilizaciones al suelo y foliar			
Riego			
Monitoreo de plagas y enfermedades			

VI. COSECHA

Cultivos Actividades			
Características para cosechar			
Tiempo de cosecha			
Siembras al año			

Variedades			
Rendimientos			

1. ¿Tipo de siembra (monocultivo o asocio)? _____
2. ¿La elección de ese cultivo son preferencia como productor o es demanda del mercado?

Cuadro A1. Diseño de la matriz de las variables a utilizar en la primera fase de la zonificación

Cultivo de repollo	Textura del suelo	Drenaje	Materia Orgánica	pH	Profundidad (cm)	Elevación (msnm)	Pendientes (%)
Suelos	Franca	Buen drenaje	Ricos en materia orgánica	5.5-6.8	25-30	450-2300	No mayores al 35%

Cuadro A2. Clasificación de la profundidad efectiva del suelo

Tipo	Profundidad del suelo (cm)
Muy profundo	> de 150
Profundo	150 - 100
Moderadamente profundo	100 - 50
Superficial	50 - 25
Moderadamente superficial	< de 25

Cuadro A3. Clasificación de la materia orgánica

Materia orgánica	
Rangos	Categoría
< 2 % de materia orgánica	Bajo
2 a 4 % de materia orgánica	Medio
> 4% de materia orgánica	Alto

Cuadro A 4. Relación de la velocidad de infiltración y drenaje del suelo

Relación de la velocidad de infiltración y drenaje del suelo		
Drenaje	Velocidad (cm/hr)	Características
Muy pobremente drenado	0,10 – 0,5	El agua no desaparece por la presencia cerca de la superficie de una napa cercana a ella.
Pobremente drenado	0,5 – 2,0	El agua desaparece muy lentamente y el suelo permanece mojado durante casi todo el año
Drenaje imperfecto	2,0 – 6,0	El agua desaparece en forma lenta y el suelo está saturado por largos períodos en el año
Moderadamente bien drenado	6,0 – 12,0	El agua desaparece del suelo en forma algo lenta y el suelo se ve saturado por periodos importantes del año
Bien drenado	12,0 – 25,0	El agua desaparece del suelo fácilmente pero no tan rápido
Excesivamente drenado	+ 25,0	El agua desaparece tan rápidamente que los suelos presentan un alto riesgo de sequía

Cuadro A5. Matriz con la textura de suelo y drenaje

Cultivo	Textura del suelo		Drenaje			
	Franca (Texturas medias)	Criterio	Buen drenaje (Vel. Inf. 12-25 cm/hr)		Criterio	
Ile	Bueno	3 F	Bueno		3	F
Iles	Moderadas FCL-FCA-FC-FAf	2 A	Bueno		3	F
Ilh-I	Bueno	3 F	Moderado (muy mojado con charcos dispersos después de fuertes lluvias)		2	A
Ilhs	Moderadas FCL-FCA-FC-FAf	2 A	Moderado (muy mojado con charcos dispersos después de fuertes lluvias)		2	A
III		3 F	bueno		3	F

Cuadro A6. Lista de los cultivos por zona según el CENTA.

Variedad de cultivo	Cultivo por zona	Área en ha
Lechuga frisada	Los Planes /Cruz calle	0.12
Lechuga mantequillada	Los Planes/Cruz calle	0.12
Lechuga morada	Los Planes/Cruz calle	0.36
Lechuga palmita	El Chile/ Los Planes	0.05
	Las Granadillas	0.02
	Las Pilas	0.01
	Los Planes/ El Centro	0.38
	Los Planes/ El Planon	4.19

	Los Planes/Cruz Calle	0.44
Lechuga repollada	Las Granadillas	0.13
	Los planes/ El Chile	0.14
	Los Planes/ El Planon	0.19
	Los Planes/Cruz calle	1.01
Lechuga repollada	Los Planes/ El Planon	0.02
	San Ignacio/ Rio Chiquito	0.06
Lechuga romana	Las Granadillas	0.12
	Las Pilas	0.07
	Los Planes/ Cruz calle	2.23
	Los planes/ El Chile	0.41
	Los Planes/ El Planon	0.47
Repollo hibrido grande	El Centro	800
	Las Granadillas	400
	Las Pilas	600
	Los Planes	300
	Rio Chiquito	400
Total		2,510.5

DENSIDAD DE PRODUCTORES DEL DEPARTAMENTO DE CHALATENANGO SEGÚN MUNICIPIOS

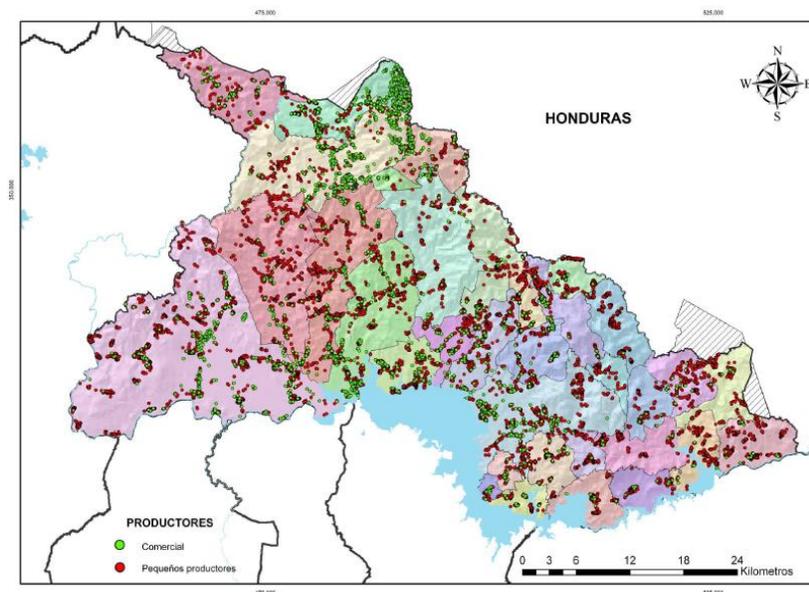


Figura A1. Densidad de los productores del departamento de Chalatenango por municipios.

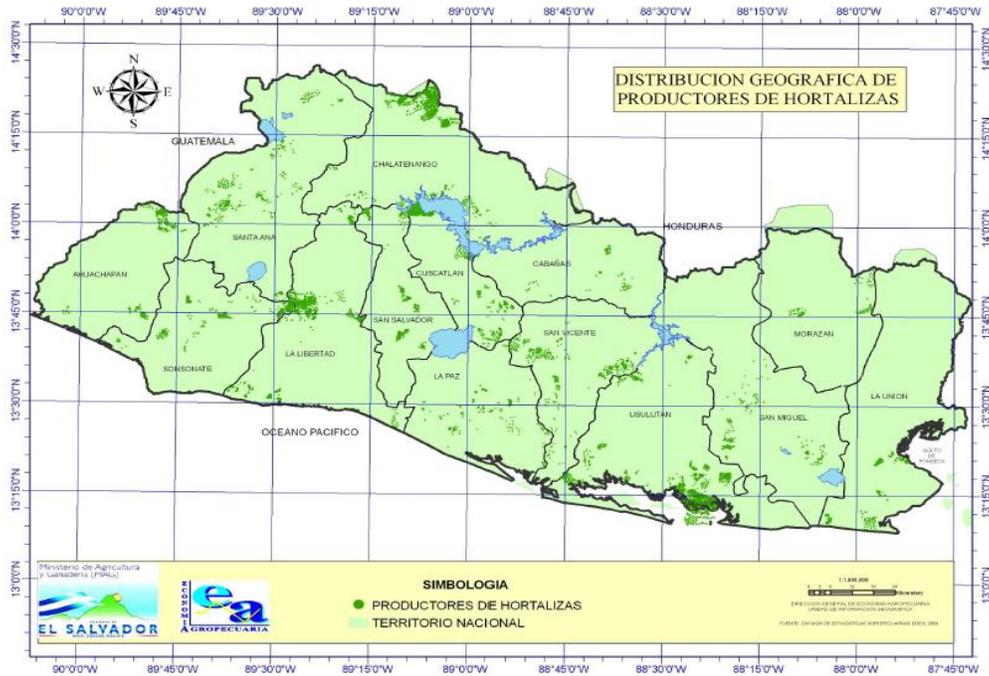


Figura A2. Distribución geográfica de los productores de hortalizas en El Salvador

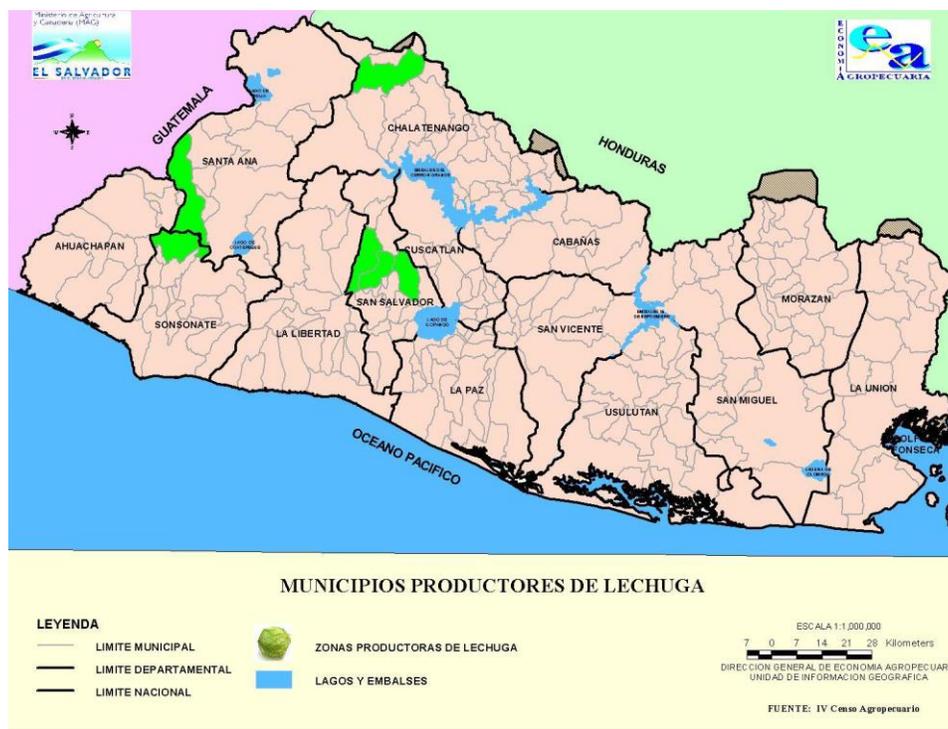


Figura A3. Productores del cultivo de lechuga en El Salvador

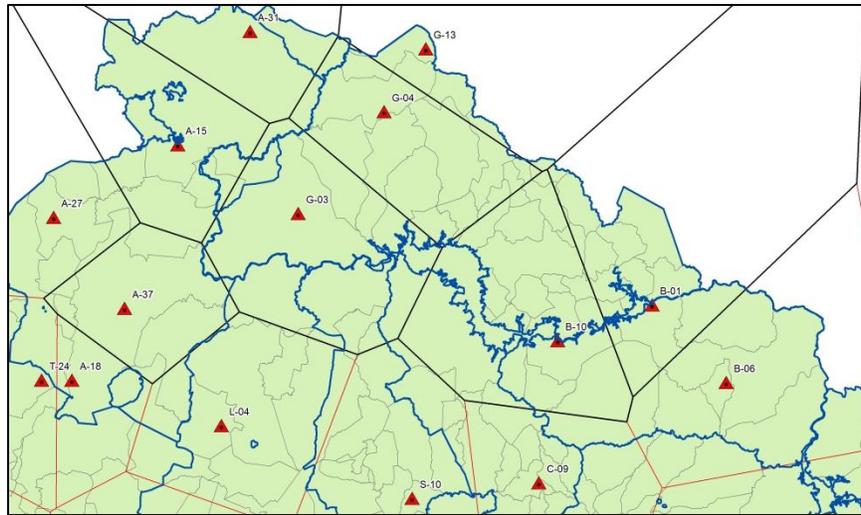


Figura A4. Estaciones seleccionadas por el polígono de Thiessen