

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.

AUTORES: Zavaleta Vásquez EJ¹; Tobar Melgar JR²; Argueta Platero AA³.

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, geoprocésamiento, MultiCriterio, estaciones meteorológicas, fresa, lechuga y repollo.

Agroclimatic zoning strawberry crops (*Fragaria chiloensis* L.), lettuce (*Lactuca sativa* L.) and cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) in the department Chalatenango, El Salvador.

AUTHORS. Zavaleta Vásquez EJ¹; Tobar Melgar JR²; Argueta Platero AA³.

¹ Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Estudiante Tesista, E-mail: evazavaleta@gmail.com

² Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Docente director, E-mail: Jostobar@yahoo.es

³ Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Escuela de Posgrado y Educación Continua, Docente director, E-mail: abelalexeiap@gmail.com

SUMMARY

The investigation was carried out in the department of Chalatenango, during the period from October 2017 to May 2018; it consisted of conducting an agroclimatic zoning study to delimit potential or favorable areas suitable for strawberry, lettuce and cabbage crops. The methodology was carried out in three phases: the first phase consisted of collecting physical-chemical information on the soil, topography and climate of the department and the edaphoclimatic requirements of the crops under study. However, the information collected was scarce, so in the second phase fewer variables were used among them, precipitation, temperature, solar brightness, slope, altitude and texture. Subsequently, in the third phase, the MultiCriteria (EMC) evaluation method was used, using three criteria: not acceptable (1), acceptable (2) and favorable (3). With the Geographic Information Systems (GIS) tool, numbers were used, and as a result a set of three codes corresponding to the variables, slope, altitude and temperature were obtained. In the temperature variable seven meteorological stations were used, with an average of thirty years (1985-2015) and this was interpolated with the inverse distance weighting method (IDW). In the agroclimatic zoning maps by crop, we selected which were the favorable areas for the establishment and development of the crops, from all the department of Chalatenango the results of the favorable areas were 607 hectares (Ha) (0.5%) of lettuce, 829 Ha (0.7 %) strawberry and 1,319 Ha (1.5%) of cabbage. San Ignacio and La Palma are municipalities with the highest production of vegetables in the department of Chalatenango. In the field work, surveys were carried out on the lettuce and cabbage producers in the cantons of Las Pilas, municipality of San Ignacio and Los Planes, municipality of La Palma, with the objective of gathering information and verifying it's with the areas with the zoning of crops, which were the same. The methodology is valid for agroclimatic zoning of crops, but can be improved with more information, including edaphic information of the area.

Key words: Agroclimatic zoning, geoprocessing, MultiCriteria, weather stations, strawberry, lettuce and cabbage.

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 geoprocesamiento 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. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación

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.

2.2. Descripción del flujograma para la elaboración de la cartografía

El flujograma siguiente describe las actividades realizadas (figura 1):

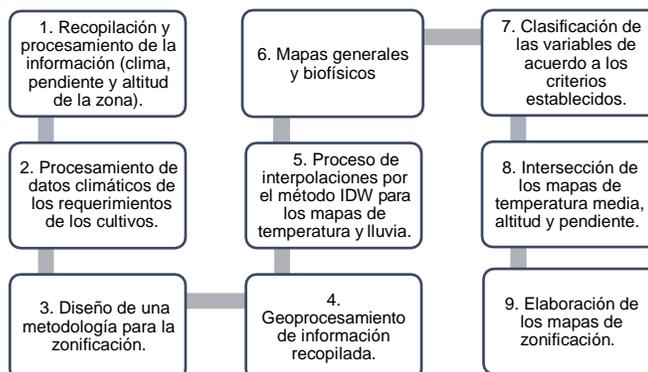


Figura 1. Flujograma de las actividades de trabajo para elaborar la cartografía.

2.3. Recopilación y procesamiento de los datos climatológicos, edafológicos y fisiográficos de los cultivos

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.

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.

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.

2.4. Requerimientos edafoclimáticos y fisiográficos de los cultivos

A continuación, se presenta los requerimientos edafológicos, precipitación, brillo solar, temperatura y elevación de los cultivos (cuadro 1, 2 y 3).

Cuadro 1. 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.

Cuadro 2. Requerimientos de 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 2003.

Cuadro 3. 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

2.5. 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 los cuadros 4, 5 y 6.

Cuadro 4. 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			
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 5. 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 6. 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 de 10 y mayores de 28
Lechuga	3	16 – 20	2	10-15;21-28	1	Menores de 10 y mayores de 29
Repollo	3	15 – 20	2	10-14;21-30	1	Menores de 10 y mayores de 30

2.6. Elaboración de la cartografía según la 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 se les aplicó esta metodología, con el objetivo de realizar una agrupación de las variables de los requerimientos de cada cultivo y se crearon criterios en números y calificativos (Cuadros 4, 5 y 6). Las capas con las variables de temperatura, altitud y pendiente fueron seleccionadas para realizar la unión por atributos, lo cual generó una tabla con datos de tres 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 la cartografía temática de tipo descriptiva, biofísica, edafológica referente a la zonificación para los cultivos de fresa, lechuga y repollo. Utilizando herramientas de geoprocetamiento 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 4, 5 y 6, asignando 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).

2.7. Metodología de campo

Se realizaron encuestas con un tamaño de muestra del 5% de 638 productores salvadoreños de repollo y lechuga, dando como resultado encuestar a 32 productores de ambos cultivos. La muestra fue aleatoria. Una vez identificadas las zonas agroclimáticas, se realizaron las visitas a los productores utilizando el tipo de formulario de la encuesta. 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 por año 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 (anexo 1 y 2) 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 (anexo 3 y 4). Con el propósito de conocer el escenario en cuanto a la superficie, rendimientos y el manejo agronómico de los cultivos y cuáles han sido los problemas fitosanitarios y de manejo agronómico para obtener sus cosechas. Las variedades e híbridos de los cultivos más predominantes en El Salvador son:

- Fresa: Festival.
- Lechuga: Grand Rapid, FallGreer, Grandes Lagos, Green Towers, Alpha DMR, EM Aurora, Grandes Lagos Juli y Súper 59.
- Repollo: Supertte, Copenhagen market, Izalco, Blue Vantage, Green Boy, Granadier, Fortuna, Nova, Tropicana-B, Bronco y Pacayas F-1.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Zonificación agroclimática del cultivo de fresa

En la figura 2, 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 Hernández 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.

Los códigos representan diferentes zonas, clasificándose con número: (1) No Aceptable, Aceptable y (3) Favorable. El código 112, posee una pendiente mayor del 35%, la altitud (1), menor a 1,200 y mayor a 2,500 msnm (1) y una temperatura media de 19 a 28°C (2), siendo el código con dos características no aceptables y una aceptable, con área de 69,880 ha, la cual no es recomendable para el establecimiento del cultivo, debido a que posee una pendiente accidentada, baja o alta altitud y temperatura alta, provocando bajo crecimiento y desarrollo del cultivo, por lo que se pueden obtener bajos rendimientos, 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 áreas recomendables para el buen desarrollo del cultivo.

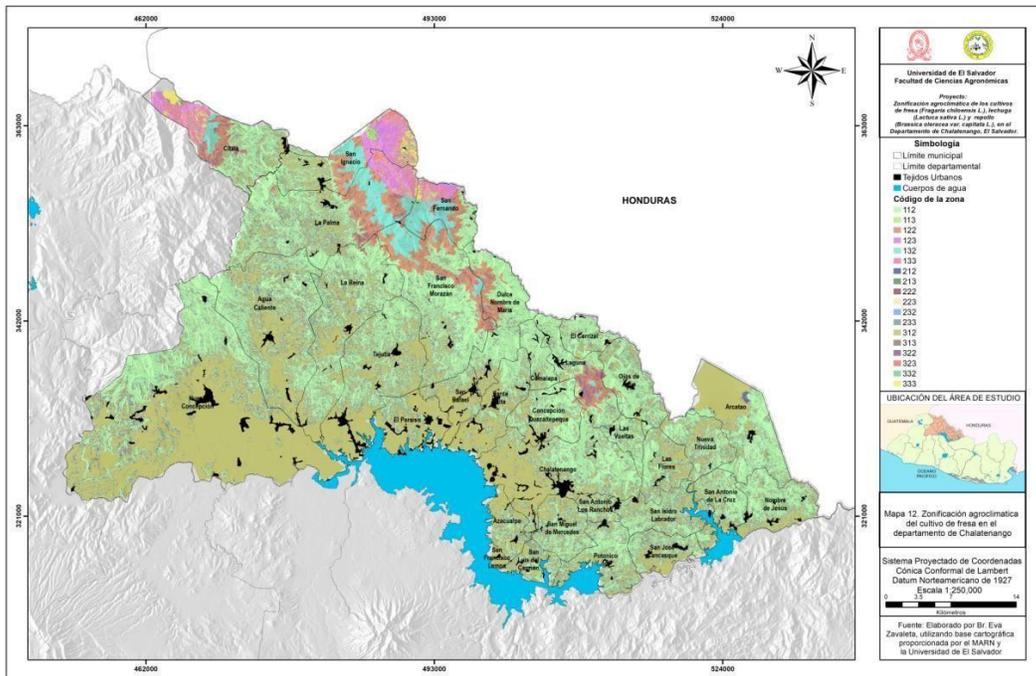


Figura 2. Mapa de zonificación agroclimática del cultivo de fresa

3.2 Zonificación agroclimática del cultivo de lechuga

En la figura 3, el mapa de zonificación agroclimática para el cultivo de lechuga 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. El municipio de San Ignacio y La Palma cumplieron con el registro de los productores según del CENTA. 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.

Los códigos representan diferentes zonas, clasificándose: (1) No Aceptable, (2) Aceptable y (3) 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 no es recomendable para el establecimiento del cultivo, debido a que posee una pendiente accidentada, baja o alta altitud y temperatura alta, provocando bajo crecimiento y desarrollo del cultivo, por lo que se pueden obtener bajos rendimientos, 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 áreas más recomendables para el buen desarrollo del cultivo.

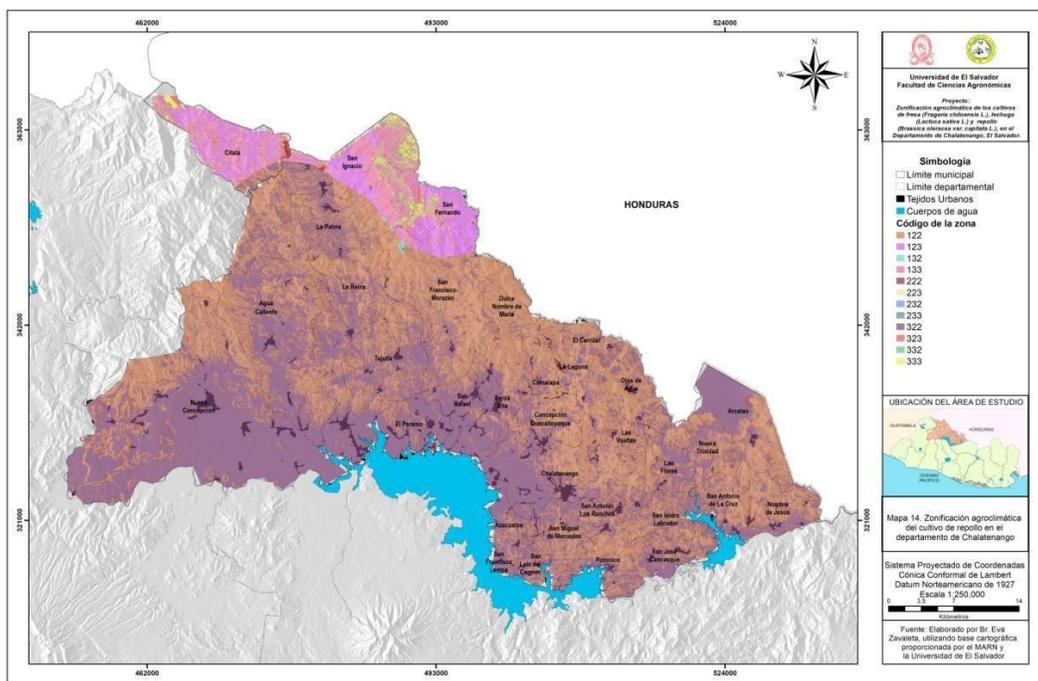


Figura 4. Mapa de zonificación agroclimática del cultivo de repollo.

3.4 Productores de repollo y lechuga

En la figura 5, muestra las zonas de producción de repollo y lechuga de los productores encuestados, con el apoyo de CENTA en el municipio de San Ignacio y La Palma, los cuales fueron 11 productores de lechuga y 21 productores de repollo.

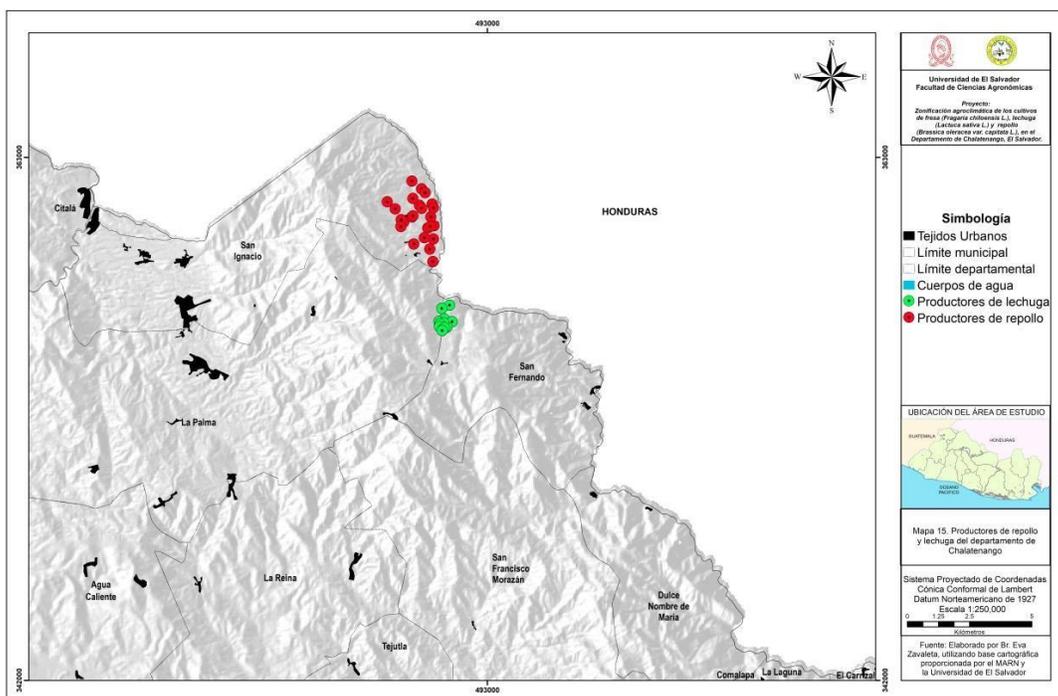


Figura 5. Mapa de los productores de repollo y lechuga

De acuerdo a los resultados de las encuestas, en el cultivo de repollo se obtuvieron 25 productores encuestados, en cual, los productores poseen una superficie promedio de una manzana con un rendimiento de 8 camionadas (12,000 cabezas/mz) en el caso del híbrido Nova, con respecto al autor (Fuente y Pérez 2003) es de (11,900 cabezas/mz), por lo que los rendimientos consultados por la literatura cumplen con los productores encuestados.

En el caso del cultivo de lechuga el rendimiento promedio por manzana es de 8 a 9 lechugas/m², con respecto al autor (Quintero 1900) es de 8 lechugas/m² (56,000 lechugas/mz), dependiendo la variedad y la época de siembra, sin embargo los rendimientos de los productores encuestados son bajos a los que la literatura menciona.

En las figuras 6, 7, 8 y 9 se representan los resultados de los rendimientos y superficie de los productores encuestados de repollo y lechuga, con excepción del cultivo de fresa ya que las fotos que se mencionaron en la metodología de campo son las que se obtuvieron por la participación de un curso de manejo y procedimiento de hortaliza en el año 2015, pero se ha dejado de producir en el departamento de Chalatenango debido a crecimiento de plagas y enfermedades, entre otros aspectos.

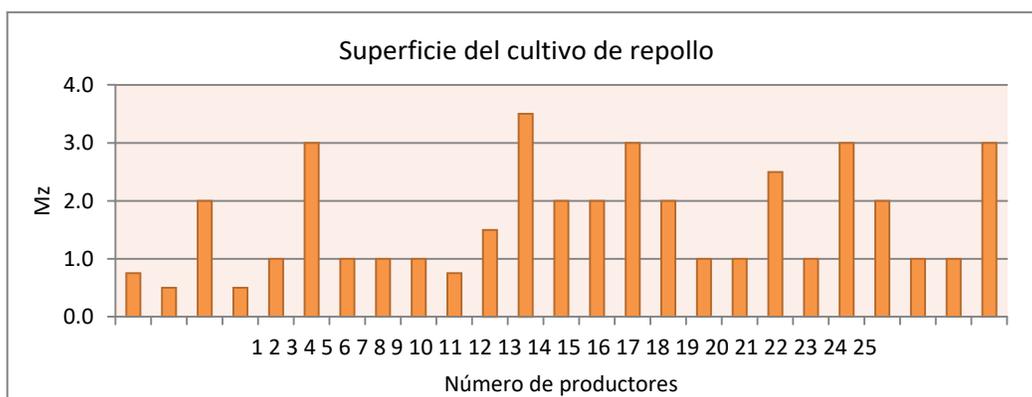


Figura 6. Superficie del cultivo de repollo en los municipios de San Ignacio y La Palma.

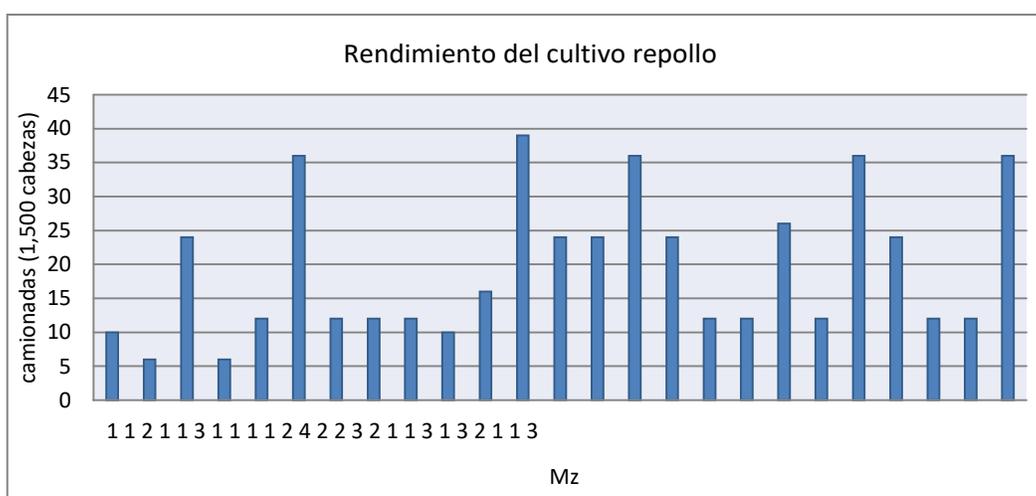


Figura 7. Rendimiento del cultivo de repollo en los municipios de San Ignacio y La Palma.

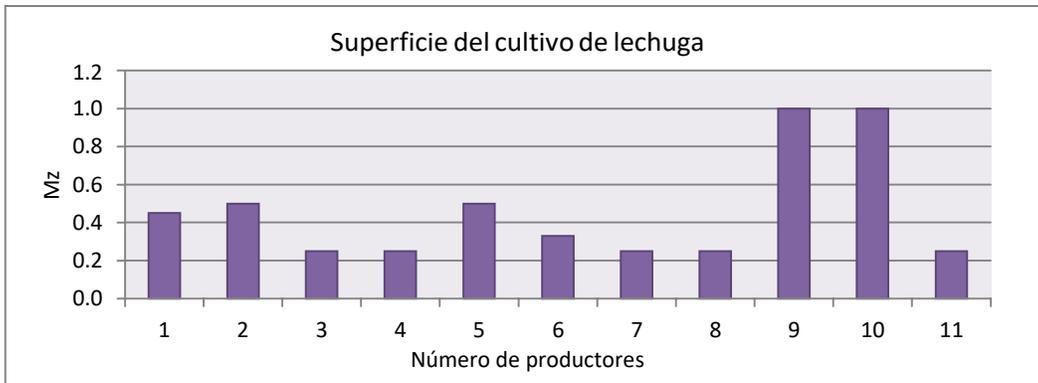


Figura 8. Superficie del cultivo de lechuga en los municipios de San Ignacio y La Palma.

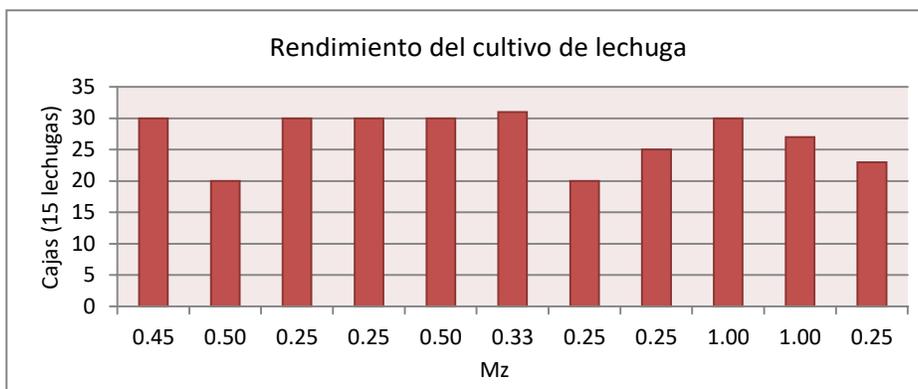


Figura 9. Rendimiento del cultivo de lechuga en los municipios de San Ignacio y La Palma.

4. 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 en el departamento de Chalatenango.

El estudio mostró áreas con pendientes muy inclinadas, no adecuadas para ser cultivables con estas especies de hortalizas, las cuales representan un 57% en fresa, 26% en lechuga y 42% en repollo del departamento de Chalatenango.

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.

5. RECOMENDACIONES

Las áreas encontradas por la zonificación y descrita por códigos podrían ser monitoreadas por sus limitantes de uso y además establecer políticas o programas de prácticas de conservación de suelo que mejor convenga por la zona.

Por medio de los SIG y con el método de evaluación multicriterio se puede explorar más variables de interés para que en la zonificación se obtenga un mejor resultado.

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.

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

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

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz Ariza, FJ. 2013. Bioclimatología. Universidad de Murcia. España. 16 p.
- Arévalo Landaverde, Mercedes M. 2004. Estudio de la rentabilidad económica del repollo (*Brassica oleracea, var capitata*) y tomate (*Lycopersicon esculentum, 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.
- 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.
- Castellanos Hernández PA y Arias, LL. 2013. Solución tecnológica para la producción de plantines de fresa (*Fragaria x anassa*). Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), La Libertad, El Salvador. 8 p.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Quintero, J. 1990. El Cultivo de la Lechuga. Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador. 20 p.
- Roshell F. 1978. El uso de la agrometeorología en la zonificación de los cultivos. Bogotá, Colombia. 14 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.

7. ANEXOS



A1. Cultivo de fresa del año 2015, La Palma, Chalatenango.



A2. Eras de cultivo de fresa del año 2015 en La Palma, Chalatenango.



A3. Cultivo de lechuga en La Palma, Chalatenango.



A4. Cultivo de repollo, en San Ignacio, Chalatenango.