



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
CAMPUS V**



Áreas potenciales para limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) y mango  
Ataulfo (*Mangifera indica* L.) en la Depresión Central de Chiapas

**TESIS**

que para obtener el grado de  
**MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN  
AGROPECUARIA TROPICAL**

Presenta

**LEONARDO VALLE RUIZ**

Director de tesis

**DR. JOSÉ GALDÁMEZ GALDÁMEZ**

Codirector

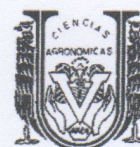
**DR. LUIS ALFREDO RODRÍGUEZ LARRAMENDI**

Villaflores, Chiapas, México

Enero, 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
CAMPUS V  
DIRECCIÓN



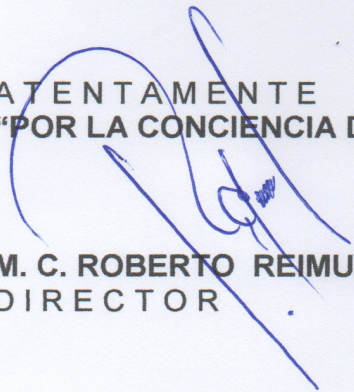
VILLAFLORES, CHIAPAS  
16 DE NOVIEMBRE DE 2018  
OFICIO N° D/542/18

**C. ING. LEONARDO VALLE RUIZ**  
MAESTRANTE EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL  
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
P R E S E N T E.

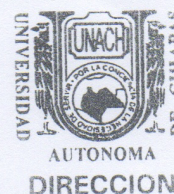
En atención a que usted ha presentado los votos aprobatorios del Honorable Jurado, designado para su evaluación de posgrado, de la tesis titulada: **“Áreas potenciales para limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) y mango Ataulfo (*Mangifera indica* L.) en la Depresión Central de Chiapas”**, por este conducto le comunico que se le autoriza la impresión del documento, de acuerdo a los lineamientos vigentes de la Universidad.

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
“POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR”

  
M. C. ROBERTO REIMUNDO COUTIÑO RUIZ  
DIRECTOR

FACULTAD DE  
CIENCIAS AGRONÓMICAS



C. c. p. Archivo

## **DEDICATORIA**

### ***A Dios***

*Por darme la vida, la tenacidad, la armonía y la sabiduría para poder llegar a una meta más en mi vida para mi formación personal y profesional, que estuvo lleno esfuerzos, pero que lo he logrado con gran satisfacción.*

### ***A mis padres***

#### ***Alfonso Valle Camacho (†) y María Mónica Ruiz Reyes (†)***

*Quienes me enseñaron a ser responsable, dedicado y perseverante para lograr mis metas con disciplina, que siempre estuvieron conmigo físicamente y ahora espiritualmente.*

### ***A mis hermanos (a)***

#### ***William, Jesús y Pascual***

*Por el cariño, el respeto, el apoyo moral y por los momentos alegres y difíciles que hemos pasado, que me ha permitido buscar y lograr mis metas.*

### ***A mi esposa***

#### ***María Antonia Díaz Coutiño***

*Por su amor, cariño, comprensión y todo su apoyo para el logro de una meta más juntos por siempre.*

### ***A mis hijos***

#### ***Diana Caroli, Leonardo Alfonso y Valeria Paoli***

*Por ser el motor, el centro de mi vida y mi motivo para lograr mis metas con la energía, la alegría y con la fe y la esperanza que serán mejores.*

## **A G R A D E C I M I E N T O S**

*A la **Universidad Autónoma de Chiapas**, la **Facultad de Ciencias Agronómicas, Campus V**, de Villaflores, Chiapas, y al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)**, por todo el apoyo brindado durante todo el posgrado. A la **Universidad de Granma de Bayamo, Cuba** por la atención en mi estancia. Asimismo agradezco a todos los **profesores investigadores del núcleo académico básico y del núcleo académico complementario de la MCPAT**, que participaron durante la realización de mis estudios de la Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical.*

*A la **Unidad de Educación Media Superior Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar (UEMSTAyCM)**, antes **Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA)** a través del **Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 42** de Villa Corzo, Chiapas, por facilitarme y darme el apoyo durante todo el desarrollo y obtención del grado.*

*A mi **Director de tesis, Dr. José Galdámez Galdámez**, por todo el tiempo que dedicó a mi trabajo de investigación, por su compromiso, su paciencia y por la confianza que me brindo durante todo el desarrollo de mi trabajo. Muchas gracias por siempre por sus sabios consejos.*

*A mi **codirector, Dr. Luis Alfredo Rodríguez Larramendi**, por su valioso apoyo en la revisión del escrito, por sus sugerencias y aportaciones en la realización de este trabajo.*

*A mi **asesor, Dr. Antonio Gutiérrez Martínez**, por su apoyo incondicional, sus aportaciones y sugerencias en la revisión del escrito y sus palabras de motivación.*

*Al **M.C. Roberto R. Coutiño Ruiz**, director de la Facultad de Ciencias Agronómicas, por toda la facilidad prestada en la realización y culminación de la presente investigación.*



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**CAMPUS V**



Esta Tesis titulada "Áreas potenciales para limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) y mango Ataulfo (*Mangifera indica* L.) en la Depresión Central de Chiapas", fue realizada por el Ing. Leonardo Valle Ruiz, bajo la dirección y la asesoría del Comité Tutorial indicado, como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL.

**COMITÉ TUTORIAL**

Director

Dr. José Galdámez Galdámez

Codirector

Dr. Luis Alfredo Rodríguez Larramendi  
(UNICACH)

Asesores

Dr. Antonio Gutiérrez Martínez

Dr. Adrian Gómez de Jesús



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**CAMPUS V**



Esta Tesis titulada “Áreas potenciales para limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) y mango Ataufo (*Mangifera indica* L.) en la Depresión Central de Chiapas”, fue realizada por el Ing. Leonardo Valle Ruiz, ha sido aprobada por la Comisión Revisora indicada, como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL.

**COMISIÓN REVISORA**

Dr. José Galdámez Galdámez

Dr. Luis Alfredo Rodríguez Larramendi  
(UNICACH)

Dr. Antonio Gutiérrez Martínez

## CONTENIDO

	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
RESÚMEN .....	xiv
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivo general .....	2
1.1.1 Objetivos específicos .....	2
1.2 Hipótesis .....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1 Zonificación agroecológica .....	4
2.1.1 El cultivo de limón .....	4
2.1.1.1 Entidades productoras de limón en México .....	4
2.1.1.2 Requerimiento agroclimático .....	6
2.1.1.2.1 Altitud .....	6
2.1.1.2.2 Temperatura .....	7
2.1.1.2.3 Precipitación pluvial .....	7
2.1.1.2.4 Luminosidad .....	8
2.1.1.3 Requerimiento edáfico .....	8
2.1.1.4 Manejo .....	8
2.1.1.4.1 Fertilización .....	9
2.1.1.4.2 Riego .....	9
2.1.1.4.3 Poda .....	10
2.1.1.5 Principales plagas y enfermedades .....	13
2.1.1.6 Cosecha .....	19
2.1.1.7 Mercado .....	20
2.2. El cultivo de mango .....	21
2.2.1. Entidades productoras de mango en México .....	21
2.2.2 Requerimiento agroclimático .....	23
2.2.2.1 Altitud .....	23
2.2.2.2 Temperatura .....	23

2.2.2.3 Precipitación pluvial.....	23
2.2.2.4 Luminosidad .....	24
2.2.3 Requerimiento edáfico .....	24
2.2.4 Manejo .....	25
2.2.4.1 Fertilización .....	25
2.2.4.2 Riego .....	26
2.2.4.3 Poda .....	26
2.2.5 Principales plagas y enfermedades .....	27
2.2.6 Cosecha .....	33
2.2.7 Mercado .....	34
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	35
3.1 Ubicación del área de estudio .....	35
3.2 Evaluación agroclimática .....	35
3.2.1 Base de datos .....	35
3.2.2 Índices agroclimáticos .....	36
3.2.3 Periodo de crecimiento .....	36
3.2.4 Régimen térmico o grados días desarrollo (GDD) .....	37
3.2.5 Índice de disponibilidad de humedad (MAI) .....	38
3.3. Evaluación edáfica .....	39
3.3.1 Información cartográfica .....	40
3.4 Información de manejo de los cultivos .....	40
3.5 Análisis de la información .....	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	42
4.1 Precipitación anual .....	42
4.2 Estación o periodo de crecimiento .....	44



4.3 Temperatura media anual .....	45
4.4 Grados día desarrollo (GDD) .....	47
4.5 Indices de disponibilidad de humedad (MAI) .....	49
4.6 Situación edáfica .....	52
4.7 Manejo de los cultivos .....	57
4.8 Comercialización del limón Persa y mango Ataulfo.....	63
5. CONCLUSIONES .....	66
6. LITERATURA CITADA .....	67
7. ANEXO .....	75

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Dosis de fertilización (g árbol <sup>-1</sup> ) según la etapa de desarrollo del limón Persa .....	9
2.	Dosis de fertilización (g árbol <sup>-1</sup> ) para mango de acuerdo a la edad de los árboles .....	25
3.	Valor del índice (MAI) y su clasificación .....	39
4.	Acciones requeridas en función del MAI .....	39
5.	Duración del periodo húmedo promedio anual para el limón Persa y mango Ataulfo en 30 años (1986-2016) en las estaciones climáticas .....	45
6.	Grados día desarrollo (GDD) total anual promedio de 30 años (1986-2016) durante los periodos activos y pasivos del mango Ataulfo en las áreas de influencia de las estaciones climáticas....	47
7.	Valores de los índices de la disponibilidad de humedad (MAI) ...	50
8.	Superficie de influencia por estación climática .....	51
9.	Superficie por municipio con suelos potenciales para el establecimiento de limón Persa y mango Ataulfo .....	57
10.	Proporción de productores de limón Persa y mango Ataulfo, que riegan su cultivo en la Depresión Central de Chiapas .....	58
11.	Proporción de productores y tipos de riego que realizan en limón Persa y mango Ataulfo, en la Depresión Central de Chiapas.....	59
12.	Inicio del riego por los productores en la Depresión Central de Chiapas .....	59
13.	Frecuencia de fertilización anual realizada por productores en la Depresión Central de Chiapas .....	60
14.	Tipo de fertilizantes y proporción de productores que aplican en la Depresión Central de Chiapas.....	61
15.	Porcentaje de productores y meses o etapas de fertilización de los cultivos de limón Persa y mango Ataulfo en la Depresión Central de Chiapas .....	61
16.	Productores que realizan actividades de manejo en el cultivo de limón Persa y mango Ataulfo .....	62
17.	Comercialización de limón Persa y mango Ataulfo en la Depresión Central de Chiapas .....	63
18.	Productores con problemas de comercialización de su producto.....	63
19.	Destino de la venta del limón Persa y mango Ataulfo en la Depresión Central de Chiapas .....	64
20.	Rendimiento de limón Persa y mango Ataulfo .....	65

Cuadro		Página
A1.	Requerimientos del cultivo del limón, según diferentes investigadores e instituciones .....	84
A2.	Requerimientos del cultivo del mango, según diferentes investigadores e instituciones .....	85
A3.	Resultados del análisis de suelo en limón Persa y mango Ataulfo en la Depresión Central de Chiapas .....	86
A4.	Resultados del análisis de suelo en limón Persa y mango Ataulfo en la Depresión Central de Chiapas .....	87
A5.	Productores y la textura del suelo de las plantaciones de limón Persa y mango Ataulfo en la Depresión Central de Chiapas .....	88
A6.	Área de influencia de las estaciones climáticas en los municipios y tipos de suelo inmersos .....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras		Página
1.	Principales estados productores de limón en México .....	5
2.	Principales estados productores de limón Persa en México .....	6
3.	Principales estados productores de mango en México .....	22
4.	Principales estados productores de mango Ataulfo en México ...	22
5.	Precipitación media anual en las estaciones climáticas en 30 años (1986-2016) .....	43
6.	Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1976-2016) en la estación climática El Boquerón del municipio de Suchiapa, Chiapas .....	44
7.	Temperatura máxima, media y mínima promedio de 30 años (1986-2016) en las áreas de influencia de las estaciones climatológicas .....	46
8.	Grados Días Desarrollo total anual promedio por estación climática, datos de 30 años (1986-2016) para el establecimiento de mango Ataulfo y limón Persa .....	49
9.	Distribución de las estaciones climáticas, su influencia en territorio y la disponibilidad de humedad en cada zona .....	52
10.	Áreas potenciales para el establecimiento de limón Persa y mango Ataulfo .....	56
11.	Fluctuación del precio de venta por reja del limón Persa en la Depresión Central de Chiapas .....	65
12.	Precio promedio de venta del mango Ataulfo en la Depresión Central de Chiapas .....	65
A1.	Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Puente Colgante del municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas .....	75
A2.	Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Las Flores del municipio de Jiquipilas, Chiapas .....	75
A3.	Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Villa de Chiapilla del municipio de Chiapilla, Chiapas .....	76
A4.	Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática La Mesilla del municipio de Tzimol, Chiapas ..	76
A5.	Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática La providencia del municipio de Cintalapa, Chiapas .....	77

Figuras		Página
A6.	Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Villaflores (SMN) del municipio de Villaflores, Chiapas .....	77
A7.	Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Acala del municipio de Acala, Chiapas .....	78
A8.	Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Revolución Mexicana del municipio de Villacorzo, Chiapas .....	78
A9.	Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Cascajal del municipio de Venustiano Carranza, Chiapas .....	79
A10.	Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Aquespala del municipio de Frontera Comalapa, Chiapas .....	79
A11.	Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Finca Ocotlan (Melchor Ocampo) del municipio de Villaflores, Chiapas .....	80
A12.	Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Benito Juárez del municipio de La Concordia, Chiapas .....	80
A13.	Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Ursulo Galván del municipio de Villaflores, Chiapas .....	81
A14.	Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Santo Domingo (CFE) del municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas .....	81
A15.	Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Jaltenango del municipio de Ángel Albino Corzo, Chiapas .....	82
A16.	Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática La Libertad del municipio de Jiquipilas, Chiapas .....	82
A17.	Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Flores Magón del municipio de Venustiano Carranza, Chiapas .....	83
A18.	Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Monterrey del municipio de Villa Corzo, Chiapas .....	83

## RESUMEN

México posee áreas geográficas tropicales con buen potencial agrícola para la producción exitosa de los cultivos; sin embargo en Chiapas se desconoce el recurso agroclimático y edáfico de sus regiones fisiográficas para los diversos cultivos, por lo que el conocimiento de estos recursos, permite hacer una ponderación geográfica para hacer una expansión más racional de los cultivos de las zonas productivas y productoras a otras zonas con potencial. Esta situación es aplicable a la Depresión Central de Chiapas, para la cual, no se cuenta con estudios sobre las condiciones en las que están establecidas y por establecer las especies de limón Persa y mango Ataulfo; especies de importancia económica y social. En ese sentido se determinaron las condiciones climáticas y edáficas en las que se encuentran las zonas o áreas con mejores condiciones para el desarrollo y producción y las condiciones de manejo, rendimiento y comercialización del limón Persa y mango Ataulfo. La investigación se realizó con datos climáticos de la Comisión Nacional del Agua (30 años) de 19 estaciones climáticas distribuidas en toda la Depresión Central, tomándose como criterio la altura sobre el nivel del mar, de acuerdo a los requerimientos de los dos cultivos, con datos de la Comisión de Sanidad Vegetal de Chiapas (CESAVE, CHIAPAS) de las plantaciones que se encuentran en producción de ocho municipios de la Depresión Central con mayor superficie establecida, mapas cartográficos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) con los grupos de suelo, los resultados del análisis del suelo donde se encuentran las plantaciones establecidas, analizados en El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) de San Cristóbal de las Casas, Chiapas. Así también, se utilizó el programa Arc-View SIG (Sistema de Información Geográfica) versión 9.3 para determinar las áreas con alto potencial productivo agroclimático y una encuesta semiestructurada para determinar el manejo y el rendimiento de los cultivos, así como la situación socioeconómica. Se evaluaron las variables: precipitación pluvial, temperaturas máximas y mínimas, evapotranspiración, evapotranspiración potencial, grados días desarrollo (GDD) e índice de disponibilidad de humedad (MAI), textura, densidad aparente, materia orgánica, pH y grupos de suelo, determinación en campo y por ha de los cultivos en estudio y el manejo y mercadeo.

La Depresión Central de Chiapas, cuenta con áreas potenciales para el establecimiento y producción de limón Persa y mango Ataulfo; cuenta con grupos de suelo adecuados; Phaeozem 186,885 ha, Luvisol 225,730 ha y Cambisol 132,021 ha, siendo un total de 544,636 ha. Además, se tienen condiciones adecuadas de temperatura, precipitación y grados días desarrollo o grados calor requeridos para limón Persa y mango Ataulfo. Los suelos tienen buena capacidad de retención de agua. Se cuenta con una superficie total de 689,983.49 ha para producir limón Persa y mango Ataulfo.

En las áreas en producción de limón Persa y mango Ataulfo, la mayoría de los productores no realizan el control de plagas (71.6 %) ni enfermedades (86 %), tampoco una fertilización adecuada (100 %), ni el manejo de podas (86 %). Lo cual, no les permiten obtener los máximos rendimientos. Aunque los productores no realizan el manejo adecuado de los cultivos, se observó que alcanzan rendimientos aceptables; en limón Persa 15.2 t ha<sup>-1</sup> y en mango Ataulfo 13.7 t ha<sup>-1</sup>, debido a que la mayoría de las plantaciones establecidas que están en producción se encuentran en las condiciones edafoagroclimáticas adecuadas, pudiendo hasta duplicarse los rendimientos al darle un buen manejo a los cultivos. Aunque los productores tienen problemas de comercialización de su producto, debido a que el 59 % venden con los intermediarios, por lo tanto, no tienen un precio justo en la venta del producto.

**Palabras clave:** Cambisol, edafoagroclimáticas, grados días desarrollo, Luvisol, Phaeozem.

## ABSTRACT

Mexico has tropical geographic areas with good agricultural potential for the successful production of crops; nevertheless in Chiapas the agroclimatic and edaphic resource of its physiographic regions for the different crops is unknown, reason why the knowledge of these resources, allows to do a geographic weighting to make a more rational expansion of the crops of the productive and productive areas to other areas with potential. This situation is applicable to the Central Depression of Chiapas, for which, there are no studies on the conditions in which they are established and to establish the species of Persian lemon and Ataulfo mango; species of economic and social importance. In this sense, the climatic and edaphic conditions in which the areas or areas with the best conditions for the development and production and the conditions of management, yield and commercialization of the Persian lemon and Ataulfo mango were determined. The research was carried out with climatic data from the National Water Commission (30 years) of 19 climatic stations distributed throughout the Central Depression, taking as a criterion the height above sea level, according to the requirements of the two crops, with data from the Plant Health Commission of Chiapas (CESAVE, CHIAPAS) of the plantations that are in production in eight municipalities of the Central Depression with the largest established area, cartographic maps of the National Institute of Statistics and Geography (INEGI) with the groups of soil, the results of the analysis of the soil where the established plantations are located, analyzed in the South Border College (ECOSUR) of San Cristóbal de las Casas, Chiapas. Likewise, the Arc-View SIG (Geographic Information System) version 9.3 program was used to determine the areas with high agroclimatic productive potential and a semi-structured survey to determine the management and yield of the crops, as well as the socioeconomic situation. The variables were evaluated: rainfall, maximum and minimum temperatures, evapotranspiration, potential evapotranspiration, degree days development (GDD) and humidity availability index (MAI), texture, bulk density, organic matter, pH and soil groups, determination in field and per ha of crops under study and management and marketing.



The Central Depression of Chiapas, has potential areas for the establishment and production of Persian lemon and Ataulfo mango; has adequate soil groups; Phaeozem 186,885 ha, Luvisol 225,730 ha and Cambisol 132,021 ha, with a total of 544,636 ha. In addition, there are adequate conditions of temperature, precipitation and degrees of development or heat degrees required for Persian lemon and Ataulfo mango. Soils have good retention capacity Water. It has a total area of 689,983.49 ha to produce Persian lemon and Ataulfo mango.

In the areas of production of Persian lemon and mango Ataulfo, the majority of producers do not perform pest control (71.6%) or diseases (86%), nor adequate fertilization (100%), nor the management of pruning (86 %). Which, they do not allow them to obtain the maximum yields. Although the producers do not carry out the proper management of the crops, they were observed to reach acceptable yields; in Persian lemon 15.2 t ha<sup>-1</sup> and in handle Ataulfo 13.7 t ha<sup>-1</sup>, because the majority of the established plantations that are in production are in the right edaphoagroclicmatic conditions, being able to duplicate the yields by giving a good management to the crops. Although producers have problems marketing their product, because 59% sell with intermediaries, therefore, they do not have a fair price in the sale of the product.

**Keywords:** Cambisol, edafoagroclicmáticas, degrees days development, Luvisol, Phaeozem.

## 1. INTRODUCCIÓN

México posee áreas geográficas tropicales con buen potencial agrícola para la producción exitosa de los cultivos; sin embargo, en Chiapas se desconoce el recurso agroclimático y edáfico de sus regiones fisiográficas para los diversos cultivos, por lo que, el conocimiento de estos recursos, permite hacer una ponderación geográfica para hacer una expansión más racional de los cultivos de las zonas productivas y productoras a otras zonas con potencial.

Esta situación es aplicable a la Depresión Central de Chiapas, para la cual, no se cuenta con estudios sobre las condiciones en las que están establecidas y por establecer las especies de limón Persa y mango Ataulfo, dos especies de importancia económica y social. En ese sentido, los bajos rendimientos para ambos cultivos y que reporta el SIAP<sup>1</sup> en Chiapas, puede ser debido a la falta de conocimiento de las condiciones edafo-climáticas real y óptima de las áreas en donde se establecen estos cultivos, aunado a esto, principalmente el mal manejo de las plantaciones, la comercialización y la situación socioeconómica que actualmente prevalece.

La zonificación agroecológica garantiza la identificación de las mejores zonas para el establecimiento de los diferentes cultivos y lograr un mayor aprovechamiento de los recursos naturales sin deterioro, a fin de alcanzar un mayor rendimiento debido a que la productividad de la tierra y la producción de los cultivos, depende de la relación entre las condiciones edafo-climáticas de los agroecosistemas, con los requerimientos de temperatura, precipitación pluvial, tipos de suelo (González *et al.*, 2002).

Se entiende como zonificación agroecológica a la sectorización de un territorio con diversos criterios para identificar unidades geográficas relativamente homogéneas con características físicas, biológicas y socioeconómicas, con potencial ecológico para su evaluación (Espinosa y Roquera, 2007; Lasso *et al.*, 2011). Su objetivo siempre se relaciona con clasificar y representar espacialmente la aptitud de la tierra con respecto a un determinado uso (Pérez y Geissert, 2006).

---

<sup>1</sup> Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera

En México se producen tres tipos de limones: limón mexicano *Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle, limón persa *Citrus latifolia* Tanaka y limonero *Citrus lemón* L., considerados como los más importantes. El limón mexicano sobresale por la superficie sembrada, volumen de producción, exportación de aceite esencial y pectina, y por el consumo nacional. El limón persa o sin semilla ocupa el segundo lugar y su importancia radica en que se destina fundamentalmente a la exportación en fresco; es importante señalar que México es el principal productor y exportador de limón persa a nivel mundial, mientras que el limonero italiano o amarillo se siembra en pequeñas extensiones (Herbert, 2009).

El mango es una de las frutas más sanas y consumidas en el mundo, se cataloga como la cuarta fruta más comercializada a escala mundial; sin embargo, no en todos los países existen las condiciones idóneas para su crecimiento y desarrollo. Un dato importante, es que sólo por debajo de la India, México es el segundo productor de mango en el mundo y se posiciona como el primer exportador según datos del Comité Nacional del Sistema Producto Mango A. C. (CONASPROMANGO<sup>2</sup>, 2012; SAGARPA<sup>3</sup>, 2017).

## **1.1 Objetivo general**

Determinar las áreas potenciales para el establecimiento de los cultivos de limón Persa y mango Ataulfo, y el rendimiento en la Depresión Central de Chiapas.

### **1.1.1 Objetivos específicos**

Caracterizar las condiciones climáticas y edáficas en las que se encuentran los cultivos de limón Persa y mango Ataulfo.

Determinar las zonas o áreas con mejores condiciones para el desarrollo y producción de los cultivos de limón Persa y mango Ataulfo.

---

<sup>2</sup> Consejo Nacional del Sistema Producto mango

<sup>3</sup> Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

Caracterizar las condiciones de manejo, rendimiento y comercialización de los cultivos de limón Persa y mango Ataulfo.

## **1.2 Hipótesis**

H: En la región fisiográfica Depresión Central de Chiapas, existen áreas con potencial productivo para la producción de limón Persa y/o mango Ataulfo y en las áreas donde ya están establecidos estos cultivos, presentan limitantes de manejo y socioeconómicas.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Zonificación agroecológica**

Se destaca la importancia y la necesidad de producir limón Persa y mango Ataulfo en las mejores condiciones en la Depresión Central de Chiapas, es necesario zonificar áreas con potencial debido a que está creciendo la superficie establecida, en ese sentido, Aquino *et al.* (2015) definen a la zonificación como la división de un área en unidades más pequeñas, que tienen similares características relacionadas con su aptitud y potencial de producción. Que también se podrá identificar los tipos de usos de la tierra que son más acordes con la capacidad productiva de los recursos naturales, procurando a la vez el equilibrio y la conservación de los agroecosistemas. Por otra parte, el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2014) menciona que la zonificación de cultivos, consiste en la delimitación de áreas biofísicas y económicas homogéneas que puedan responder a un uso determinado del suelo, con prácticas de manejo similares, bajo condiciones naturales y la influencia de polos de desarrollo en apoyo a la producción para los cultivos.

Por tal razón, es fundamental determinar las áreas con potencial productivo, ya que es una herramienta que sirve para la toma de decisiones para una adecuada planificación de nuevas plantaciones, así como para el fomento y la extensión de los cultivos de limón Persa y mango Ataulfo.

#### **2.1.1 El cultivo de limón**

##### **2.1.1.1 Entidades productoras de limón en México**

La exportación de cítricos en México, es una de las actividades económicas más relevantes para el sector agrícola nacional, de la cual, destaca la exportación de limón que se ha incrementado considerablemente en los últimos años. México se coloca entre los países líderes en producción y exportación del cítrico, siendo Estados Unidos de Norteamérica el principal receptor del producto seguido de Japón (Ruiz *et al.*, 2017).

En México, entre los 14 primeros estados productores de limón, los seis principales son; Michoacán, Veracruz, Oaxaca, Colima, Tabasco y Guerrero, de estos, los primeros cuatro estados mencionados, producen el 75 % de la producción nacional. Por lo que Chiapas no figura en los primeros lugares en la producción de esta especie (SIAP, 2017) (Figura 1).

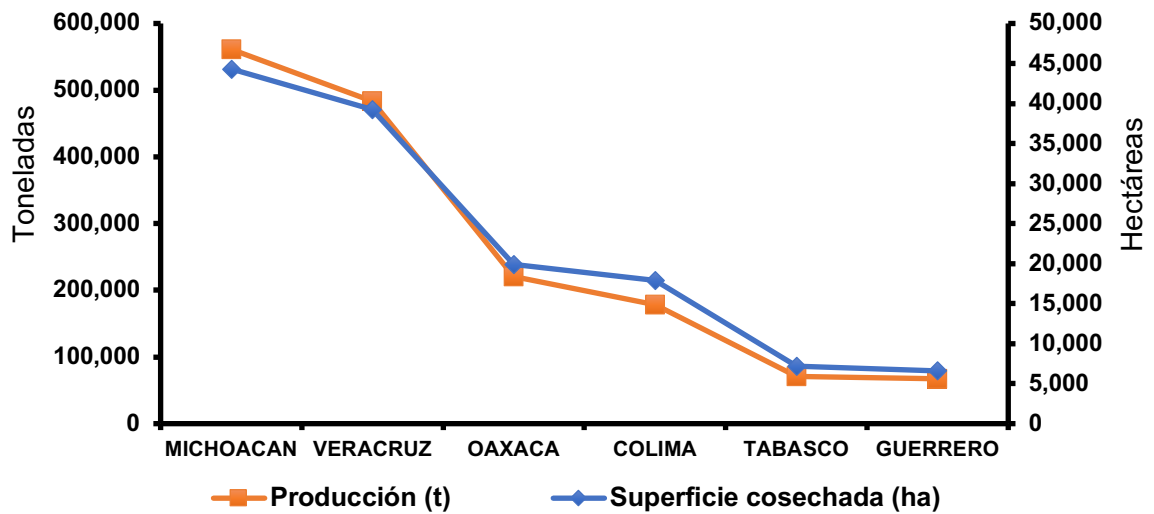


Figura 1. Principales estados productores de limón en México.

Por otra parte, es importante destacar a los principales estados productores de limón Pera en México; Veracruz, Oaxaca, Tabasco, Yucatán y Michoacán, siendo que solo en los tres primeros estados que se mencionan, se produce el 80 % de la producción de limón Pera en México (SIAP, 2015) (Figura 2). México es el principal productor y exportador de limón Pera a nivel mundial (Herbert, 2009).

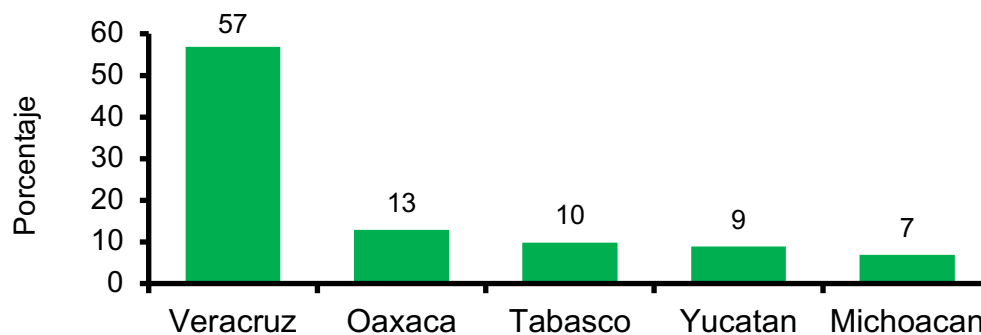


Figura 2. Principales estados productores de limón Persa en México.

### 2.1.1.2 Requerimiento agroclimático

Para el buen crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de limón, se requiere contar con las condiciones agroclimáticas adecuadas como las siguientes.

#### 2.1.1.2.1 Altitud

Para el establecimiento del cultivo de limón es muy importante determinar la ubicación altitudinal para su establecimiento, considerando que la altitud influye en la temperatura de las regiones o áreas. La temperatura decrece con la altitud a razón de un grado por cada 160 metros, siendo este descenso menor en invierno que en verano y menor también de noche que de día. Se estima que las alturas que varían entre 500 y 1,800 msnm, intervienen directamente en la apariencia física del fruto; a mayor altitud la consistencia es rugosa y la coloración verde intensa, mientras que a menor altitud la consistencia es lisa y la coloración menos intensa (verde claro) (Sánchez, 2005).

Por otra parte, Vanegas (2002) menciona que la altitud óptima para el cultivo del limón Persa es de 20 a 900 m sobre el nivel del mar pero no se descartan alturas superiores a 1,000 m. Mientras que SAGARPA (2016) menciona que las altitudes óptimas van de 200 a 900 msnm.

### **2.1.1.2.2 Temperatura**

El limón Persa tiene un amplio rango de adaptación en cuanto a la temperatura se refiere, tiene un rango de 13 a 35°C, siendo la óptima entre 23 y 30°C. Por debajo de los 13°C no existe crecimiento (SAGARPA-INIFAP<sup>4</sup>, 2013). Asimismo SAGARPA (2016) menciona que la temperatura óptima del cultivo para su buen desarrollo es de 22 a 28 °C, con una mínima de 17 °C y máxima de 38.6 °C.

El limón Persa, presenta una floración repartida durante todo el año cuando se encuentra en condiciones de clima cálido, y una floración más estacional bajo climas de estaciones más marcadas. En ese sentido la temperatura influye en forma determinante ya que el limón Persa varía el tiempo desde la floración hasta la maduración, acortándose en zonas de clima cálido y se alarga en regiones más frescas y frías, pudiendo variar de dos meses y medio a cuatro meses. También influye en el proceso de maduración, incluyendo la concentración de azúcares y desarrollo de la coloración de la cáscara (Sánchez, 2005). En ese sentido, SAGARPA (2016) concuerda que la temperatura influye de tal manera que varía el tiempo desde la floración hasta la maduración, acortándose en zonas de clima cálido, y alargándose en regiones frescas y frías, pudiendo variar de dos a cuatro meses.

### **2.1.1.2.3 Precipitación pluvial**

La precipitación pluvial es un factor decisivo para el buen desarrollo, producción y rendimiento del cultivo de limón Persa y requiere de una precipitación de 900 a 1,200 mm anuales, pero para el desarrollo adecuado de la plantación y sin tener problemas hídricos se recomiendan áreas con 1,200 a 2,000 mm de agua anuales (Sánchez, 2005; SAGARPA, 2016).

---

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias



#### **2.1.1.2.4 Luminosidad**

Otro factor ambiental importante es la luz solar, el limón y en general los cítricos, necesitan alta luminosidad, por esta razón debe hacerse podas en los cercos o cortinas de los campos de cultivo para la entrada de luz (Vegas y Narrea, 2011).

El cultivo del limón Persa, requiere en promedio de 5 a 9 horas de sol por día (García, 2014). La luminosidad permite realizar una buena fotosíntesis, desarrollo de un buen color y brillo en los frutos, los cítricos requieren de 1,600 a 2,000 horas luz por año (González, 2011).

#### **2.1.1.3 Requerimiento edáfico**

Las plantas de limón Persa crecen bien en un amplio rango de suelos, desde arenosos hasta arcillosos, sin embargo, son más adecuados los de textura franca, de origen aluvial, uniforme, profundo y fértil, con buen drenaje, y con un pH de 5.5 a 7.5 (Valladares, 2015).

SAGARPA (2016) menciona que el limón Persa requiere de suelo franco, franco arenoso y profundo, con buena humedad y un pH de 5.5 a 7. Así también González (2011) menciona que se debe evitar suelos arcillosos con mal drenaje y específicamente recomienda suelos de textura franca, franco arenoso, estructura granular y con buen drenaje.

#### **2.1.1.4 Manejo**

Para obtener buenos rendimientos de limón en áreas bajo cultivo, es fundamental realizar un manejo adecuado de la plantación utilizando prácticas compatibles con el ambiente y necesidades del cultivo.

#### 2.1.1.4.1 Fertilización

La nutrición de las plantas de limón Persa es fundamental, para poder lograr los mejores rendimientos en las plantaciones establecidas. En este sentido, según el INIFAP (2017), se debe considerar las siguientes recomendaciones (Cuadro 1).

Cuadro 1. Dosis de fertilización (g árbol<sup>-1</sup>) según la etapa de desarrollo del limón Persa.

Edad del árbol en años	Gramos de N, P, K por árbol y por aplicación		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	20	20 <sup>z</sup>	0
2	30	5	8
3	35	8	10
4	50	10	20
5	125	40	60
6	225	75	110
7	260	90	130
8	300	100	150
9 <sup>y</sup>	375	125	187.5

<sup>y</sup> A partir de esta edad se considera árboles adultos y debe mantenerse esta última fórmula de fertilización para años subsecuentes

<sup>z</sup> En una sola aplicación hecha en el fondo de la cepa al momento de plantar

La dosis señalada en el cuadro, debe aplicarse cuatro veces por año; por ejemplo, para una plantación con árboles de 9 años, se debe aplicar 1.5 kg de nitrógeno puro (375 g X4/1 000), 0.5 kg de fósforo y 0.75 kg de potasio. Siendo un total por año de 2.75 kg de NPK como elemento puro.

#### 2.1.1.4.2 Riego

Es importante definir la frecuencia de riego, como el tiempo que ocurre entre un riego y otro; está determinada por la textura del suelo, siendo más frecuente los riegos en los suelos ligeros de textura franco arenosa que en suelos pesados finos de textura

franco-arcillosos. En ese sentido se recomienda que en suelos arenosos, el limón debe regarse con poco caudal, evitando que los fertilizantes aplicados lleguen a mayor profundidad lixiviándose los nutrientes (Vegas y Narrea, 2011). Una vez determinada la lámina de riego y de acuerdo al sistema de riego a utilizar, se estima el tiempo de riego diario, esperando con esto mantener la humedad suficiente en el suelo que le permita al cultivo absorberla en el momento que lo requiera (Martínez, 2012).

Existen diversos sistemas de riego para el cultivo de limón, siendo los más eficientes en el uso del agua los riegos localizados, entre ellos la micro aspersion y el goteo; los menos eficientes son los riegos por gravedad. Con el riego localizado se pueden aplicar los fertilizantes en raciones oportunas, según las necesidades del cultivo y sin efectuar gastos en mano de obra (Vanegas, 2002).

El limón Persa no es tolerante a la sequía, el riego es esencial para la producción comercial de frutos en áreas donde exista una estación seca. Los árboles que se marchitan al mediodía en días soleados, deben ser regados con mayor frecuencia (University of Florida, 1990).

#### **2.1.1.4.3 Poda**

La realización de podas en el cultivo de limón es fundamental por los múltiples beneficios que se tienen; a continuación se mencionan según UNODC<sup>5</sup> (2017).

#### **Principios generales de la poda**

En la citricultura moderna, el concepto de poda parte de una serie de principios en los que hay que tener en cuenta los siguientes:

- Formar una estructura o esqueleto sobre el cual apoyar la capacidad productiva.
- Distribuir las ramas de producción de forma que no interfieran en la luminosidad.

---

<sup>5</sup> Oficina de Naciones Unidas contra la Droga y el Delito

- Dejar los órganos suficientes para tener una producción óptima.
- Adecuar el marco de plantación de acuerdo con el porte de la variedad.

### **Objetivos de la poda**

La poda del limonero tiene como objetivos los siguientes:

#### **Árboles bien formados y equilibrados**

- Facilitar la iluminación y la entrada de productos fitosanitarios en los tratamientos.
- Distribuir los frutos en las zonas más adecuadas.
- Aumentar tamaño y color de los frutos.
- Regular la producción, evitando años abundantes o de escasez en floración y fructificación (vecería).
- Mantener un equilibrio entre los órganos de vegetación y producción.
- Suprimir las ramas enfermas, secas o improductivas para evitar el envejecimiento del árbol y la propagación de plagas y enfermedades.
- Aumento de la calidad del fruto.

Al eliminar ramas que se estorban entre si, las que impiden una buena iluminación interior, las poco productivas y ramillas secas, se consigue;

- Una mejor distribución y aprovechamiento de nutrientes.
- Una mayor insolación y aireación interior.
- Una mejor distribución y desarrollo de los frutos en el exterior e interior del árbol.
- Aumento del tamaño de fruto al eliminar ramas menos vigorosas que dan frutos de menor tamaño.
- Disminución del rameado al eliminar ramillas secas y ramas que se entrecruzan.

## **Control de la vecería (años irregulares de fructificación)**

El problema de la alternancia de las producciones abundantes seguidas de las producciones escasas, es característico de determinadas variedades. Este comportamiento se denomina vecería.

La poda se puede utilizar para que no se produzcan grandes diferencias de producción entre años, sin llegar a eliminar completamente la alternancia.

## **Disminución de los gastos de cultivo**

La poda representa un gasto importante, pero si se efectúa de manera adecuada, los árboles estarán configurados de tal forma que su efecto benéfico se aprecia en otros aspectos y se puede afirmar que:

- Los tratamientos nutrimentales o de otro tipo son más efectivos, al penetrar más fácilmente al interior del árbol.
- La cosecha es más cómoda y frutos mejor distribuidos.
- Poda es más fácil y rápida a través de los años.
- Se tiene un buen ahorro de mano de obra.

## **Tipos de poda**

De acuerdo a UNODC (2017) se tiene los siguientes tipos de poda:

**Poda de plantación:** Consiste en eliminar parte de las ramas, principalmente las más tiernas. Normalmente el plantón debe tener una rama principal con una altura superior a 80 cm, la cual se cortará a unos 60-70 cm del suelo, bien sea en el propio vivero o bien en la parcela donde se vaya a plantar. También se eliminarán los brotes tiernos que estén a menos de 40 cm del suelo.

**Poda de formación:** Se lleva a cabo durante los primeros años de vida del árbol y

consiste en crear una estructura de ramas principales adecuada, para que puedan soportar bien el peso de la cosecha y evitar que las ramas de producción se apoyen demasiado en el suelo.

**Poda de mantenimiento o fructificación:** Mediante esta poda se pretende corregir los defectos originados por el desarrollo vegetativo del árbol y mantener el sistema de poda elegido, además de regular la producción y favorecer la iluminación, con ello se pretende renovar los órganos de fructificación que estén agotados, y repartir mejor la fruta, mejorando su calidad.

Cuando se siguen los pasos para la poda de formación y se corrigen los defectos ocasionados por el desarrollo vegetativo, la poda queda en un simple aclareo de ramas cuya intensidad depende de los problemas de luz y de producción.

**Poda de regeneración:** Este tipo de poda se realiza en los huertos viejos, con árboles agotados, pero sanos y cuyas ramas principales son muy largas, es posible restaurarlos o rejuvenecerlos mediante una poda severa.

#### **2.1.1.5 Principales plagas y enfermedades**

Según SENASICA<sup>6</sup>-SAGARPA (2012), uno de los problemas que impacta significativamente en el crecimiento, desarrollo y producción de limón son las plagas y las enfermedades que se presentan en las plantaciones. En limón y cítricos en general, los problemas fitosanitarios son abundantes, ya que son afectados por una gran cantidad de insectos, hongos, virus, bacterias y otros organismos parásitos.

Muchas veces la importancia del ataque de insectos no radica únicamente en el daño directo que produce, sino en problemas conexos como es el caso de los insectos transmisores de enfermedades virósicas, infecciones bacterianas y toxinas. Por lo que, a continuación se mencionan solamente las principales plagas y enfermedades que se presentan en el cultivo del limón.

---

<sup>6</sup> Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria

## **Principales plagas**

### **Pulgón café**

El pulgón café *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) es el principal vector del virus tristeza de los cítricos (VTC), se detectó en México por primera vez en el año 2000 en la parte norte de los estados de Quintana Roo y Yucatán. Actualmente su distribución comprende también a los estados de Campeche, Tabasco, Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo, Chiapas, Oaxaca y Guerrero.

### **Mosca de la fruta**

Se le llama también mosca mediterránea de la fruta *Ceratitis capitata* (Wied), ya que en los países mediterráneos es donde su incidencia económica se ha hecho más patente, afectando a numerosos cultivos, sobre todo cítricos y frutales de hueso y de pepita.

Los producidos por la picadura de la hembra en la oviposición produce un pequeño orificio en la superficie del fruto que forma a su alrededor una mancha amarillenta.

Cuando la larva se alimenta de la pulpa favorece los procesos de oxidación y maduración prematura de la fruta originando una pudrición del fruto que queda inservible para el mercado.

### **Escama roja de california**

El insecto ocasiona daños en todas las partes del árbol incluyendo ramitas, hojas, ramas, frutos y tronco, ataca succionando el tejido de las plantas. Los frutos infestados son los de baja calidad comercial y severas infestaciones, pueden causar la muerte de pequeñas ramas y hojas, lo que ocasiona disminución en la producción y calidad de frutos e incluso pueden matar a los árboles.

## **Mosquita blanca**

La mosquita blanca *Aleurothrixus floccosus* Mask succiona la savia de las hojas. La mielecilla producida por las secreciones de las ninfas es un medio para que se acumule polvo y se desarrollen hongos produciendo fumagina. Este hongo es de color negro y no permite el paso de la luz. En alta infestaciones pueden ocasionar que los árboles se pongan completamente negros, reduciendo la fotosíntesis y que pueden provocar su defoliación.

## **Ácaros**

La especie fue identificada como *Eutetranychus banksi* McGregor, conocida comúnmente como ácaro de Texas. Las poblaciones son más comunes en otoño e invierno; estos ácaros tienen preferencia por invadir el haz de las hojas, alcanzando en ocasiones más de 100 individuos por hoja. Afecta al fruto cuando succiona los aceites de la cáscara, los cuales ocasionan que la superficie del mismo tome un color plateado café más o menos uniforme y adquiera una textura áspera.

## **Trips**

La especie de trips reportada atacando cítricos es *Scirtothrips citri* Moulton, el cual es un insecto pequeño, amarillo-naranja, las alas con flecos, Las larvas son iguales al adulto, con la diferencia de no presencia de alas. El trips de los cítricos, únicamente afecta la calidad de la fruta, y no afecta la producción.

## **Minador de la hoja**

Las larvas de este insecto penetran la epidermis de las hojas y comienzan a minar formando una galería en forma de zig-zag, lo que reduce la capacidad fotosintética de la hoja; posteriormente ocurre la defoliación del árbol. Las hojas fuertemente atacadas se secan, en los frutos afecta la calidad y en las hojas reduce su tamaño y la deforma, afectando al rendimiento.



## **Principales enfermedades**

### **Enfermedades causadas por bacterias**

#### **Huanglongbing (HLB)**

Esta enfermedad también conocida como enverdecimiento de los cítricos Greening, es una enfermedad bacteriana de las plantas, que aunque no es peligrosa para los humanos, destruye la producción, apariencia, sabor de la fruta y jugo, así como el valor económico de la plantación.

En el mundo, es la enfermedad más destructiva de las plantas de cítricos y una vez que un árbol está infectado, no tiene cura. Los árboles enfermos producen frutos amargos, no se pueden comer, deformes y, con el tiempo, mueren. El HLB ya ha destruido la producción citrícola en varias regiones del mundo, incluida la Florida y Texas, donde las industrias están decayendo con rapidez.

El HLB se reportó por primera vez en México en julio de 2009 en la localidad de El Cuyo en el municipio de Tizimín, Yucatán (SENASICA, 2009, 2010). En noviembre del mismo año, un nuevo foco de infección de la misma especie es reportado en los estados de Jalisco y Nayarit. Sinaloa y Colima reportan la presencia de la enfermedad en el año 2010.

De acuerdo con datos del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), hasta el año 2011, el HLB tenía presencia en los estados de Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Chiapas, Hidalgo, Baja California Sur y San Luis Potosí.

#### **Cáncer de los cítricos**

Es causado por la bacteria *Xanthomonas campestris* Hasse. Las lesiones del cáncer de los cítricos comienzan como manchitas, el tamaño de las lesiones depende del

hospedero y de la edad del tejido infectado. Las lesiones originalmente son circulares, pero con el tiempo se tornan irregulares. El minador asiático de la hoja *Phyllocnistis citrella* Stainton, incrementa notablemente el número de lesiones individuales que rápidamente coalescen y forman lesiones largas a lo largo de las galerías del insecto.

El síntoma característico de la enfermedad en las hojas, es el halo amarillo que rodea a las lesiones; sin embargo, este halo tiende a desaparecer conforme envejece la lesión. Otro síntoma del cancro es el margen acuoso de las lesiones que es fácilmente visible con luz transmitida.

## **Enfermedades causadas por virus y viroides**

### **Tristeza de los cítricos**

Esta enfermedad es la más devastadora de los cítricos injertados con naranja agria a nivel mundial. El virus es transmitido por un insecto conocido como pulgón café de los cítricos. Este virus provoca que los árboles no se desarrollen adecuadamente y hace que mueran cuando están injertados con naranja agria.

### **Psorosis**

Es una enfermedad de avance lento, a veces tarda 10 a 20 años en expresar los síntomas. Todas las especies de cítricos son susceptibles y está presente en todas las áreas citrícolas de México. El síntoma más típico de la enfermedad es el descortezamiento del árbol en forma de escamas, localizada o generalizada en el tronco o sus ramas. Los árboles se tornan improductivos al poco tiempo de presentarse la enfermedad.

### **Exocortis**

Esta enfermedad se encuentra distribuida en todas las áreas citrícolas de México, aproximadamente el 50% de los árboles están infectados, pero como la citricultura está

basada en el uso del porta injerto tolerante de naranjo agrio, no hay síntomas visibles en los árboles. Los patrones trifoleados, citranges, lima Rangpur, las limas dulces y las cidras son susceptibles a la enfermedad.

Por otra parte, entre las enfermedades causadas por hongos, según Sánchez (2005), se pueden mencionar a las siguientes:

### **Gomosis**

Esta enfermedad es causada por los hongos *Phytophthora citrophthora* Sm y Sm o *P. parasítica* D. Considerada como una de las más importantes para los cítricos de todo el mundo. Ataca a plántulas en almácigos, viveros, así como a árboles jóvenes y adultos en sus diferentes etapas de desarrollo.

La gomosis se manifiesta por pudriciones de la corteza del cuello del tronco hacia las raíces. La pudrición del pie se caracteriza porque se presenta del cuello hacia arriba. Esta enfermedad ataca la corteza del tronco, generalmente en la unión de la yema o inmediatamente arriba de ella. El primer indicio de la infección, es la presencia de gotas de goma de color ámbar en la superficie de la corteza, posteriormente puede ocurrir exudación abundante de goma sobre la corteza.

### **Antracnosis**

El agente causal es el *Colletotrichum acutatum* S, antes *Colletotrichum gloeosporoides* Penz. Este hongo ataca a los tejidos jóvenes en desarrollo; causa graves daños a los brotes, hojas, botones y frutos en desarrollo. Los capullos infectados pueden desprenderse sin haberse abierto. La caída de los frutos después de la floración, está precedida por lesiones acuosas o necróticas de color anaranjado en los pétalos, los frutos dañados se amarillan en su base poco antes de desprenderse. Cuando las condiciones son favorables afectan los racimos florales completos.

## **Mancha grasienta**

El agente causal es *Mycosphaerella citri* Whiteside, ataca a frutos y ramas pequeñas, aunque principalmente ataca a las hojas. Los daños de mayor importancia que ocasiona este hongo son: defoliación, pérdida de vigor del árbol y disminución del rendimiento, indica el síntoma típico de la enfermedad cuando inicia con un ligero ampollamiento en el reverso de la hoja, al mismo tiempo en la parte superior de la misma se torna amarillenta. El área ampollada cambie de color naranja claro a un café o negro, semejando una mancha de grasa. En los frutos se presentan puntos oscuros o negros que desarrollan glándulas de aceite.

## **Roña**

El agente causal es *Elsinoe fawcettii* Bitancourt y Jenkins. La susceptibilidad del limón Pérsico es mayor cuando el patrón utilizado es naranjo agrio, limón rugoso o citrange carrizo. Los síntomas se presentan como pequeños puntos de color amarillo, pardo claro o rojizo sobre protuberancias en la hoja infectada; así como los distorsionan, arrugan y lo deforman. En los frutos, las lesiones son proyecciones suberosas y ligeramente levantadas “costras irregulares”. El color es cremoso a pardo claro.

## **Fumagina**

El agente causal es *Capnodium citri* Berk y Desm. Este hongo no ataca a los tejidos de los árboles, pero crece saprófitamente en la mielecilla que segregan los insectos tales como escamas, áfidos, ninfas de mosca blanca. Cuando hay una fuerte infestación de estos insectos, las frutas y las ramas quedan cubiertas por una solución azucarada que al descomponerse permite el desarrollo del hongo de color negro como el hollín, el cual obstaculiza la entrada de la luz dificultando la fotosíntesis.

### **2.1.1.6 Cosecha**

La cosecha de limón Persa se realiza cuando llega a la madurez fisiológica, con la

cáscara completamente verde, brillante, piel lisa y de formas redondeadas. El fruto debe tener el tamaño comercial con un buen contenido de jugo, la acidez debe estar entre 4 y 7%. El limón para exportación se cosecha cuando tiene un color verde oscuro intenso, sin estrías o espacios amarillos. La madurez comercial ocurre cuando se tiene una coloración verde oscuro a verde mediano y no en verde claro. El manejo cuidadoso de la fruta durante el proceso de cosecha es de importancia fundamental para evitar daños por magulladuras y agrietamientos. Por otra parte, se recomienda que no debe ser expuesta al sol después de la cosecha; debe colocarse bajo sombra o transportarla lo antes posible al centro de acopio o empacadora para proceder al enfriamiento. La época de recolección de la fruta es un factor importante en el manejo de las plantaciones, ya que esto contribuye a obtener mejores resultados e ingresos (González, 2011).

#### **2.1.1.7 Mercado**

En el proceso de comercialización del limón persa, participan los intermediarios locales, las empacadoras, la industria, las centrales de abasto, bodegas, brokers, mercados locales e internacionales y cadenas de autoservicio, antes de que el producto llegue al consumidor final. Por la amplitud de esta cadena, la derrama económica que se genera es de suma importancia en la economía del país (Corona, 2015).

Veracruz es el principal estado productor de limón Persa en el país, con un volumen anual de 558 mil toneladas, lo cual genera un valor de 1,484 millones de pesos (mdp), es decir, el 30% del total nacional. Le siguen en importancia Michoacán con 1,053 mdp, Colima con 765 mdp y Oaxaca con 574 mdp. Esto significa que estos cuatro estados concentran el 79% del valor de la producción nacional de limón y el 77% del volumen de producción (un millón 588 mil toneladas) (Corona, 2015).

Estados Unidos es el principal receptor de los productos agrícolas mexicanos, siendo uno de los principales el limón, debido al desabasto de esta fruta. Cabe destacar que la producción interna de limón en ese país no logra cubrir en su totalidad las

necesidades de consumo, por lo que, es altamente cotizado y depende de lo exportado por México; debido al alto consumo de esta fruta, en México crece el interés de su siembra y producción, como una alternativa de exportación hacia EUA y a otros países como Rusia, Reino Unido y China (Ruiz *et al.*, 2017).

## **2.2. El cultivo de mango**

### **2.2.1. Entidades productoras de mango en México**

El cultivo de mango es una especie preponderantemente importante para México, ya que ocupa el primer lugar en exportación, siendo su principal comprador Estados Unidos (SAGARPA, 2017). Y en cuanto a superficie establecida ocupa el segundo lugar después de la India (CONASPROMANGO, 2012).

Los diez primeros estados con mayor producción de mango en México, son: Chiapas, Sinaloa, Nayarit, Guerrero, Michoacán, Oaxaca y Veracruz. Pero solamente los primeros cuatro de los que se mencionan producen el 69.3 % de la producción nacional, destacando Chiapas por la mayor superficie establecida, sin embargo, produce menos en comparación a Sinaloa, Guerrero y Nayarit que tienen menores superficies en producción (SIAP, 2017) (Figura 3).

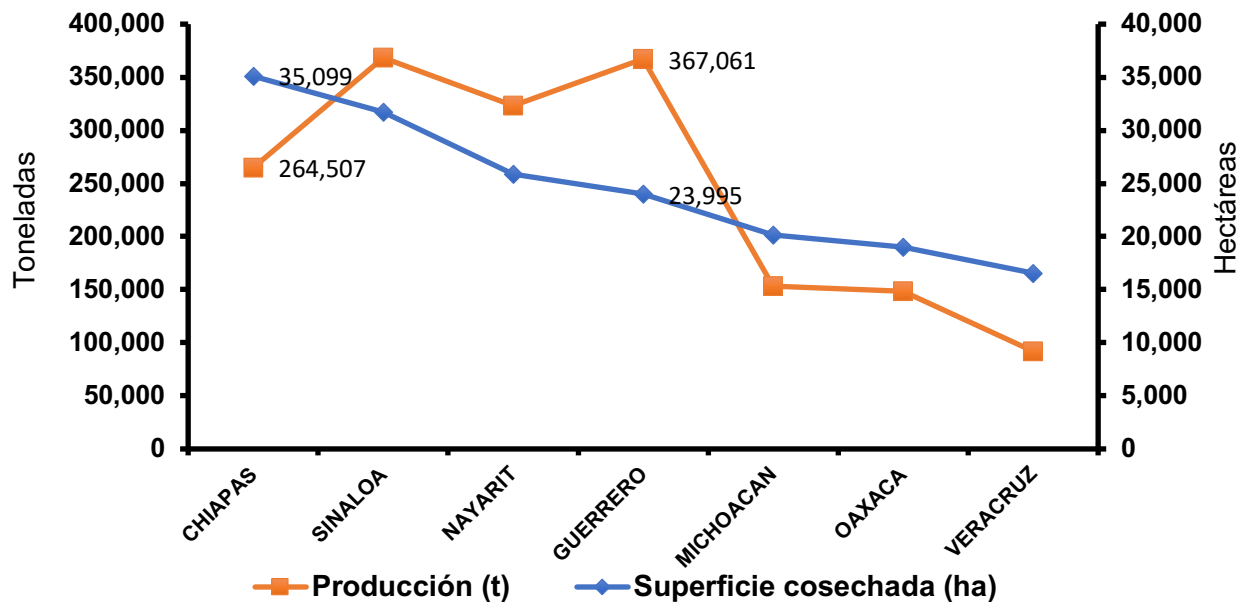


Figura 3. Principales estados productores de mango en México.

Así también, es importante mencionar a los principales estados productores de mango Ataulfo en México; Chiapas, Guerrero y Nayarit (SIAP, 2015) (Figura 4).

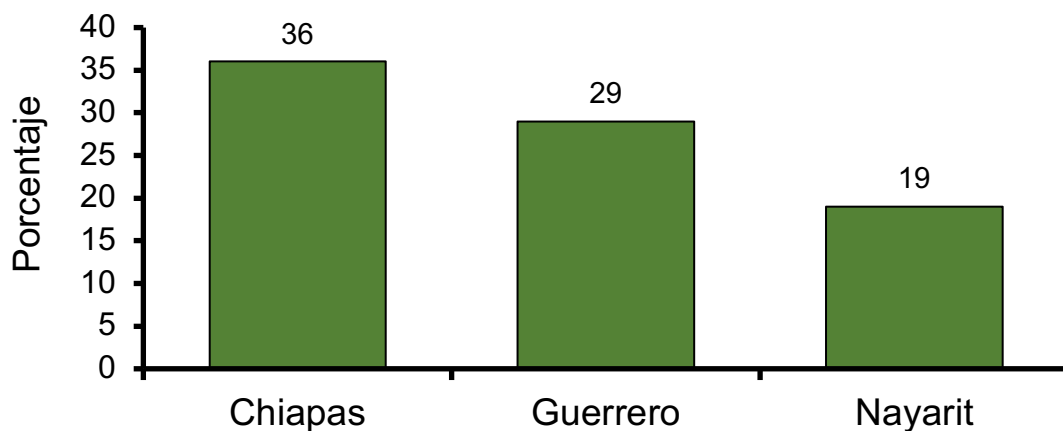


Figura 4. Principales estados productores de mango Ataulfo en México.

## **2.2.2 Requerimiento agroclimático**

Para toda especie frutícola a establecer, para el buen crecimiento, desarrollo y producción, se requiere contar con las condiciones agroclimáticas adecuadas para obtener mejores rendimientos. En ese sentido se mencionan los requerimientos para el cultivo de mango.

### **2.2.2.1 Altitud**

El cultivo de mango se desarrolla mejor en alturas inferiores a 600 m (Purseglove, 1987), mientras que Mederos (1988) y Benacchio (1982), mencionan que la altura más adecuada está comprendida entre 0 y 600 m, siendo preferentemente en clima tropical (INIFAP, 2013).

Las plantaciones productoras de mango, están limitadas a zonas por debajo de los 800 metros de elevación en clima tropical. Esto puede variar un poco dependiendo de la latitud y las condiciones de microclima. Siendo 630 msnm la altura ideal para el cultivo (Huete y Arias, 2007).

### **2.2.2.2 Temperatura**

Sin duda alguna, la temperatura es el factor climático con mayor influencia en el crecimiento desarrollo y floración del mango. Las condiciones ideales de temperatura para su cultivo se encuentra entre 22°C y 33°C (Huete y Arias, 2007).

El mango tiene umbrales mínima y máxima de temperatura que va de 10 a 35°C, siendo la media óptima anual 24 a 27°C y la óptima para fotosíntesis máxima entre 25 y 30°C (INIFAP, 2013).

### **2.2.2.3 Precipitación pluvial**

Otro factor fundamental para el cultivo de mango Ataulfo es la precipitación pluvial, éste necesita una precipitación mínima de 700 mm al año, bien distribuida, aunque se



considera unos 1000 a 1500 mm como las necesidades reales de una plantación en edad adulta (Gamboa y Mora, 2010); sin embargo, el mango se adapta muy bien a diferentes condiciones de lluvia, desde los 250 mm (con riegos frecuentes). La distribución anual de la lluvia es muy importante, sobre todo en zonas tropicales, puesto que el mango requiere de un clima en el cual alternen la época lluviosa con la época seca. La época seca debe coincidir con la época de prefloración. La lluvia durante el período de floración, de cuaje y crecimiento inicial del fruto puede provocar caída de flores y frutos por el ataque de enfermedades (Huete y Arias, 2007).

#### **2.2.2.4 Luminosidad**

El cultivo de mango requiere mucha luz, debe recibir 2000 horas de sol al año para satisfacer todas sus funciones fisiológicas (Mederos, 1988). Por otra parte, Mora *et al.* (2002) mencionan que necesita buena luminosidad para el crecimiento, desarrollo reproductivo y rendimiento, y es poco tolerante a la sombra (INIFAP, 2013).

El fotoperiodo no influye en la iniciación floral, pero si tiene gran efecto en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del árbol. La intensidad de luz afecta el tamaño y coloración de la fruta, siendo un hecho muy conocido que los frutos con mayor exposición a la luz solar desarrollan un mejor color y sabor (Huete y Arias, 2007).

#### **2.2.3 Requerimiento edáfico**

Para el cultivo de mango requiere un mínimo 75 cm de profundidad, aunque lo ideal son profundidades de 1.0 a 1.5 m. Puede desarrollarse bien en suelos arenosos, con pH entre 5.5 y 7,0, siempre y cuando se fertilicen adecuadamente (Mora *et al.*, 2002). Asimismo, Benacchio (1982) menciona que el mango no es muy exigente en cuanto a suelos, pero prefiere suelos francos o franco-arcillosos bien drenados. Por otra parte Mederos (1988) indica que en suelos pesados (arcillosos) tiene problemas en su crecimiento, y que se pueden desarrollar buenas plantaciones en suelos areno-arcillosos, arcillo-arenosos y arenosos, con pH del suelo entre 5.0 y 7.5 para asegurar máximas producciones de fruto (INIFAP, 2013).

## 2.2.4 Manejo

### 2.2.4.1 Fertilización

Debido a la amplia superficie que cubre el sistema radicular del mango, éste posee una gran capacidad para utilizar eficientemente la fertilidad original del suelo, por lo que, es necesario realizar una buena nutrición con fertilizantes orgánicos o inorgánicos. Primeramente es necesario realizar un análisis de suelos con el fin de poder determinar la cantidad de nutrientes requeridos para corregir deficiencias nutrimentales. Los periodos de floración e inicio de formación de frutos son los más críticos en la demanda de nutrimentos. Se recomienda fertilizar de acuerdo con la etapa fenológica de la planta; antes de la floración, después del amarre de frutos y después de la cosecha. Se sugiere no fertilizar durante el periodo de quiescencia (estado de reposo del árbol), que precede a la floración. Para árboles de diferentes edades se recomiendan las fórmulas que aparecen en el Cuadro 2 (SAGARPA, 2015).

Cuadro 2. Dosis de fertilización (g árbol<sup>-1</sup>) para mango de acuerdo a la edad de los árboles.

Edad del árbol	Gramos de nutrimento puro/árbol/año			Aplicaciones
	Nitrógeno (N)	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasio (K <sub>2</sub> O)	
1	60	60	30	Cada 3 meses
2	120	80	50	Cada 3 meses
3	160	120	70	Cada 3 meses
4	250	150	90	Cosecha-floración
5	260	160	100	Cosecha-floración
6	300	190	110	Cosecha-floración
7	420	140	280	Cosecha-floración
8	500	170	330	Cosecha-floración
9	570	190	380	Cosecha-floración

#### 2.2.4.2 Riego

La cantidad de agua y frecuencia de riegos requerido por el mango, depende del tipo de suelo, época del año y edad del árbol. Es necesario regar las plantaciones en la época seca durante los dos primeros años. En el caso de los árboles en producción existen dos periodos en los cuales se recomienda no regar; después de finalizado el periodo de lluvias hasta el inicio de floración, debido a que el árbol necesita una temporada seca para florecer, de lo contrario, se producen inflorescencias colgantes del árbol durante varios meses; el segundo es 30 a 45 días antes de la cosecha, debido a que el árbol retrasa la maduración de la fruta y disminuye el contenido de azúcares en ésta (SAGARPA, 2015).

El sistema de riego sugerido para mango es el de goteo, por su mayor eficiencia de aplicación del agua, el cual oscila entre 90 y 95 %; con la microaspersión, la eficiencia es de aproximadamente 85 % (INTA<sup>7</sup>, 2015). Al respecto, Medina *et al.* (2005), mencionan que las especies frutales cultivadas pueden producir mejor con los sistemas de riego por goteo y microaspersión, evitando el encharcamiento del agua y posibles enfermedades.

#### 2.2.4.3 Poda

Según SAGARPA (2015), la poda de los árboles de mango tiene un efecto significativo en las etapas de crecimiento y desarrollo de la plantación. Y de acuerdo con el objetivo y edad del árbol se distinguen 5 tipos de poda.

**Poda de formación.** Se realiza en los árboles en desarrollo, con el fin de formar el esqueleto del árbol. El corte deberá hacerse abajo del entrenudo, con el fin de evitar el problema denominado “pata de gallo”. Al salir los brotes o retoños se seleccionan de 2 a 4 brotes. Durante los tres primeros años se realiza de dos a cuatro despuntes por año. Durante el periodo de crecimiento del árbol deberán de eliminarse las inflorescencias con el fin de favorecer el crecimiento y formación del árbol.

---

<sup>7</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

**Poda de fructificación o producción.** El objetivo principal es para mejorar las cosechas y calidad de la fruta; en segundo lugar para simplificar el cultivo, restringiendo las plagas y enfermedades a un nivel mínimo al favorecer la entrada de luz, la aireación y penetración de las aspersiones. Se deben de eliminar las ramas que crecen en el interior del árbol e igualmente aquellas que se encuentran demasiado largas pues después se encorvan como ocurre con ciertas variedades. Se debe mantener la base o “falda” de la copa del árbol a no más de 60 cm para evitar la entrada del sol en el área de goteo de la copa y así evitar el mayor grado de presencia de malezas.

**Poda sanitaria.** Consiste en eliminar toda madera o ramas secas en los árboles, para evitar que sean hospederos de plagas y enfermedades. Se debe de realizar cada año al término de la cosecha.

**Sustitución de copa.** Se practica cuando se tienen variedades indeseables. Se descopeta el árbol a una altura de 1.0 a 1.5 m y se deja una rama nodriza para asegurar la rebrotación del tronco. Se recomienda la aplicación de un sellador comercial para proteger los cortes de la entrada de agua, del ataque de insectos o enfermedades. Aproximadamente a los 5 a 6 meses después del eliminado del follaje, los brotes o retoños deben tener de 1 a 1.5 cm de grosor, se eligen los más vigorosos y mejor ubicados y se injertan con vareta de la variedad seleccionada mediante el injerto de enchapado lateral.

**Poda de rejuvenecimiento.** Hacer la poda cuando la producción y el tamaño de la fruta han disminuido drásticamente. Es similar a la de sustitución de copa, excepto que no se cambiará la variedad. Se debe de tener el cuidado especial de no eliminar el injerto.

### **2.2.5 Principales plagas y enfermedades**

Según Gil *et al.* (2013) el cultivo del mango tiene algunas limitantes para su buen desarrollo, entre éstas destacan la presencia de plagas y enfermedades, las cuales

afectan los diferentes órganos de la planta reduciendo su actividad productiva. En ese sentido, se mencionan las principales plagas y enfermedades.

## **Principales plagas**

### **Piojos o escamas**

Los piojos o escamas *Chrysomphalus* spp. y *Aonidiella* spp. sus formas son acorazadas y con una cubierta cerosa; los adultos son de color rojizo o de aspecto harinoso. Los huevecillos de color amarillo, al eclosionar poseen patas y las antenas bien desarrolladas; se desplazan hasta que se fijan en alguna hoja o rama y empiezan a formar su caparazón. Maduran sexualmente en dos o tres meses. Los machos son de forma alargada y a diferencia de las hembras poseen alas y antenas bien desarrolladas. Sus daños se producen tanto en el tronco como en hojas y frutos; además originan una melaza sobre las partes afectadas que favorece el ataque de diversos hongos como la fumagina. Causan manchas amarillas al follaje; los frutos pueden sufrir decoloraciones, las flores se tornan negras, y se caen los frutos pequeños. En los frutos ya desarrollados el ataque se manifiesta a través de manchas negras, causando una maduración prematura del fruto con disminución de su calidad.

### **Trips**

EL trips *Frankliniella párvula* Hood representan un problema durante la época seca. Se caracterizan por tener un aparato bucal del tipo “raspador-picador”. Se alimentan a base de polen, esporas de hongos y afectan el follaje, a las inflorescencias y a los frutos del mango.

Son de color amarillo-anaranjado o blancuzco y miden de 0.25 a 1.0 mm de longitud. Poseen un cuerpo delgado y pequeño; los estados juveniles no tienen alas, mientras que los adultos tienen dos pares de alas angostas y con flecos, son de color castaño oscuro. Su longitud varía de 0.9 a 1.5 mm de longitud. Los inmaduros y los adultos se agrupan en las nervaduras principales del envés de las hojas, en donde pican y raspan

ocasionando marcas necróticas; cuando el daño es severo provoca la caída de follaje tierno, flores y frutos pequeños.

### **Mosca de la fruta**

La mosca de la fruta *Anastrepha* spp. las larvas son de color blanco cremoso, ápodas, con ganchos negros en la boca. Los adultos se caracterizan por tener un tamaño aproximado al de la mosca casera; son de colores variados, predominando el amarillo; tienen las alas transparentes con manchas y bandas longitudinales y transversales. Viven normalmente de uno a tres meses y las hembras alcanzan su madurez sexual a los tres o cuatro días de edad.

Las hembras de esta mosca ponen sus huevecillos en la cáscara de los frutos; posteriormente emergen las larvas que se alimentarán y destruirán completamente la pulpa, ocasionando en algunos casos la madurez prematura del fruto atacado. Finalmente, las larvas caen al suelo para empupar y completan su ciclo de desarrollo dando origen a nuevos adultos.

### **Broca del mango**

La broca *Hypocryphalus mangiferae* Stebbing es una de los insectos plaga más destructivas de los árboles de mango y se encuentra asociada con la transmisión de microorganismos causantes de la enfermedad secamiento del mango. Es un pequeño cucarrón de color castaño. El color de la larva es blanco y de forma encorvada. El adulto posee rangos de tamaño entre 1.6 y 1.9 mm de longitud y tienen pequeños pelos erectos por toda la superficie del cuerpo. Este insecto perfora la corteza del árbol hasta el leño, aunque no penetra en éste.

## **Principales enfermedades**

### **Antracnosis**

La antracnosis *Colletotrichum gloeosporioides* L. es reconocida como la enfermedad más importante en mango. Su presencia se caracteriza por la aparición de manchas oscuras en hojas, flores y pedúnculos. Adicionalmente, los frutos pueden ser afectados, particularmente en la etapa de cuajado, pudiendo sufrir daños antes de llegar a la madurez. En las hojas se producen manchas de color marrón grisáceo y necrosis en las nervaduras de las hojas. En las inflorescencias produce manchas negras en el raquis y ennegrecimiento de las flores. Estas manchas se extienden rápidamente y causan desecamiento y caída de las flores. Así también en frutos inmaduros se observan manchas pardas aceitosas. Los frutos pequeños afectados caen fácilmente.

### **Muerte regresiva o muerte apical descendente**

La muerte regresiva *Botryodiplodia theobromae* Pat. = *Lasiodiplodia theobromae* (Patouillard) Griffon y Maublanc la enfermedad comienza con un necrosado y secamiento de las partes terminales de las ramas y avanza en forma descendente hasta alcanzar el tronco. Está asociada normalmente a insectos que perforan la madera, lo cual, puede generar daños severos en la epidermis de las ramas. Ataca a las plantas durante mucho tiempo, sin que muestren los síntomas.

El tronco, presenta apariencia corchosa, agrietamiento de la corteza, presencia de heridas abiertas con bordes pronunciados y emisión de sustancias gomosas.

### **Mildiú polvoso o ceniza**

El mildiú polvoso *Oidium mangiferae* Berthet puede atacar flores, frutos, brotes nuevos y hojas. Las partes afectadas se cubren de un polvo de color blanquecino o grisáceo. En los frutos pequeños, el ataque provoca deformación, amarillamiento y su caída. Es

un polvillo de color blanco que puede cubrir ambas caras de las hojas, inflorescencias y frutos.

Ataca primero hojas tiernas cercanas a las inflorescencias, y luego se extiende hacia las ramas hasta llegar al pedúnculo. Las hojas se deforman, sus áreas afectadas se tornan de color púrpura y finalmente se secan y la inflorescencia afectada, toma una apariencia blanquecina, produciendo la apariencia de haber sido espolvoreada con harina de trigo.

### **Mancha negra**

La mancha negra *Alternaria alternata* (Fries) Keissler se trata de una enfermedad fundamentalmente de poscosecha, aunque también causa problemas al follaje, flores y frutos; en casos severos puede reducir notablemente el cuajado del fruto. En el envés de las hojas aparecen manchas negras redondas; en los frutos después de cosechados se presentan pequeñas manchas negras circulares, al comienzo de la maduración. Luego las manchas se agrandan llegando a cubrir hasta la mitad del fruto, la mancha pasa a la pulpa oscureciéndola y ablandándola.

### **Roña**

La roña *Elsinoe mangiferae* Bit y Jenkis afecta a las hojas, tallos y frutos jóvenes. En los tallos y hojas, se forman numerosas lesiones o costras, ligeramente elevadas, grisáceas o de color café oscuro y de forma ovalada a elíptica. En frutos jóvenes las lesiones son costras negras y cuando la infección es severa pueden causar la caída del mismo. A medida que el fruto crece se desarrolla tejido cicatrizante alrededor de las lesiones negras y no es comercializable debido a los defectos. Esta enfermedad es más frecuente en regiones húmedas.

Usualmente no es importante en las plantaciones comerciales porque los programas de prevención de la *antracnosis* también la controla.



La enfermedad afecta a las hojas, tallos y frutos jóvenes. En los tallos y hojas, se forman numerosas lesiones o costras, ligeramente elevadas, grisáceas, de forma ovalada a elíptica. En frutos jóvenes las lesiones son costras negras y cuando la infección es severa, pueden causar la caída del fruto. A medida que el fruto crece, se desarrolla tejido cicatrizante alrededor de las lesiones negras y el fruto no es comercializable, debido a los defectos.

### **Mancha negra bacteriana**

Esta enfermedad mancha negra bacteriana *Xanthomonas campestris* Pammel y Dowson de importancia económica en las zonas productoras tropicales y subtropicales. Puede causar graves infecciones en un amplio rango de cultivares de mango, produce lesiones elevadas, angulares, lesiones negras en las hojas y algunas veces con un halo clorótico.

En el tronco aparecen chancros negros alargados, generalmente con exudados aceitosos. En las hojas aparecen manchas angulares negras sobresalientes, con o sin halo amarillo; en los frutos se observan manchas hundidas negras con presencia de exudados de resina y en algunos casos con cuarteamientos.

### **Secamiento del mango**

El secamiento del mango se trata de una enfermedad destructiva que puede causar la muerte del árbol, siendo el agente causal un hongo *Ceratocystis fimbriata* Ellis y Halsted, que normalmente se asocia a su vector que es un insecto *Hypocryphalus mangiferae* Stebbing, o que puede acceder también a través de las raíces. Los síntomas se manifiestan en la parte aérea con un amarillamiento, marchitez y muerte de las hojas. Si se realiza un corte a la rama se observan los tejidos internos totalmente dañados. El color es un amarillamiento general o en ramas individuales, marchitamiento y muerte de las hojas e inclusive muerte de la planta.

## **Mal rosado**

El mal rosado *Corticium salmonicolor* Berk y Br. afecta a muchas plantas leñosas de importancia económica en los trópicos húmedos y es una de las enfermedades más destructivas del mango; reduce el vigor y el rendimiento de fruta. Los síntomas son: rama con costra color rosado. Tallo con costra rosada. Corteza dañada y levantada en el tallo.

El tallo y/o las ramas pueden presentar una costra de color blanco que con el tiempo se torna de color rosado. Las hojas de ramas afectadas se marchitan, se secan y caen; en ocasiones la corteza se raja y se separa de la madera.

## **Fumagina**

La fumagina *Capnodium sp.* se presenta cuando existen insectos chupadores que excretan sustancias azucaradas en la superficie de las hojas.

Este patógeno es fácil de reconocer por la presencia de un polvillo u hollín de color negro, que puede cubrir de manera parcial o total la superficie de las ramas y las hojas.

El daño principal es su interferencia en la fotosíntesis y en la formación de azúcares y carbohidratos. Los frutos suelen presentar decoloración, lo cual, deteriora su valor en el mercado.

### **2.2.6 Cosecha**

El momento preciso del inicio de la cosecha está determinada por la madurez fisiológica, y la madurez comercial (el momento del corte o grado de madurez) lo determina el destino de la fruta, de manera que llegue al consumidor ya maduro y listo para el consumo. Para mercados locales la cosecha se realiza cuando la fruta ha madurado en el árbol. Para el mercado exterior se cosecha según la distancia y el tiempo que tarde el producto en llegar a su destino, para esto debe realizarse un

muestreo y determinar el grado de maduración de la fruta (considerando el color de la pulpa interna). Para el mercado de exportación, debe evitarse el traslado de frutos con manchas de antracnosis, golpes, rasguños, deformaciones, manchas de látex y de escamas, daños por insectos, pasados o faltos de maduración o peso, para evitar altos porcentajes de rechazo en la planta de empaque (Huete y Arias, 2007).

### **2.2.7 Mercado**

Los principales países exportadores de mango son los siguientes: México (21%), India (16%), Tailandia (15%) y Perú (8%). En 2013, el valor de las exportaciones de mango se incrementó en 16%, lo que contribuyó a consolidar a México con el primer lugar mundial en las ventas de este producto. Los países a los que llega el mango mexicano en orden de importancia son: Estados Unidos, Canadá, Japón, Reino Unido, Países Bajos, Bélgica, España, Francia, Alemania, Guatemala, Australia, Suiza, Austria, Costa Rica, Israel, Italia, Luxemburgo, Nueva Zelanda, Brasil, Corea del Sur, Colombia y Suecia (Pat-Fernández *et al.*, 2017).

Actualmente satisface el 100 % del requerimiento nacional con la producción interna. Las importaciones mundiales han aumentado en 34.8% en la última década, lo que ha generado un incremento en la exportación mexicana; en el 2016 la exportación de mango a Estados Unidos fue de 65.41 %, Canadá 63.86 % y a Japón 47.7 %. Por tal razón, México es el país líder mundial en la exportación, de mango, con una amplia brecha respecto de los otros proveedores (SAGARPA, 2017).

El mango es el tercer fruto tropical en términos de producción e importación a nivel mundial, situado tras del plátano y la piña tropical. Esta fruta se cultiva en alrededor de 100 países, es una de las más consumidas a nivel mundial. Se encuentra ampliamente distribuida en países asiáticos y latinoamericanos, y en general, en regiones con clima cálido. Se cultiva en todo el mundo, con una producción de más de 28.8 millones de toneladas (Pat-Fernández *et al.*, 2017).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Ubicación del área de estudio**

La presente investigación se realizó en la región fisiográfica Depresión Central de Chiapas, que tiene una superficie estimada en 19 854.09 km<sup>2</sup>, inicia en Cintalapa y concluye en la Trinitaria. Está conformada por 19 municipios; Cintalapa, Jiquipilas, Ocozocoautla de Espinosa, Berriozabal, Suchiapa, Chiapa de Corzo, Venustiano Carranza, Socoltenango, Acala, Chiapilla, Trinitaria, Frontera Comalapa, Chicomuselo, La Concordia, Ángel Albino Corzo, Villa Corzo, Villaflores, Tzimol y Tuxtla Gutiérrez. Los tipos de clima son: cálido subhúmedo, cálido húmedo y templado húmedo; la precipitación pluvial promedio anual fluctúa entre 850 y 1200 mm, con una temperatura media anual entre 22.6 y 25.8 °C (INEGI<sup>8</sup>, 2017).

#### **3.2 Evaluación agroclimática**

##### **3.2.1 Base de datos**

Para identificar, zonificar y caracterizar las áreas potenciales para las especies en estudio, se identificaron a los ocho principales municipios que cuentan con áreas establecidas de limón Persa y mango Ataulfo en producción, con datos proporcionados por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Chiapas (CESAVE, CHIAPAS), plantaciones en las que se tomaron 34 muestras compuestas de suelo (formadas con 15 a 25 submuestras) a 20 cm de profundidad y se analizaron en el Laboratorio de suelos del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) de San Cristobal de las Casas, Chiapas. Las determinaciones fueron: densidad aparente (con ésta se determinó la capacidad de retención de agua), textura del suelo, pH y materia orgánica.

---

<sup>8</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía

Se realizó una revisión bibliográfica para identificar los requerimientos bioclimáticos y edáficos del limón Persa y del mango Ataulfo en las zonas productivas y productoras de México con el fin de realizar una comparación analógica.

### **3.2.2 Índices agroclimáticos**

Se identificaron 19 estaciones climáticas en la región fisiográfica Depresión Central de Chiapas tomando como criterio la altura sobre el nivel del mar de acuerdo a los requerimientos de las dos especies en estudio. Para cada una de las 19 estaciones climatológicas identificadas se estudiaron 30 años de datos normales de precipitación pluvial, temperatura máxima y mínima y de evaporación a partir de 2016 hacia atrás. La información se solicitó a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y con ella se determinaron los índices agroclimáticos: estación o periodo de crecimiento, grados día de desarrollo (GDD) y el índice de disponibilidad de humedad (MAI).

### **3.2.3 Periodo de crecimiento**

El concepto de período de crecimiento es esencial para la zonificación agroecológica, y es una manera de incluir la estacionalidad en la evaluación de las tierras (secano o riego). El periodo de crecimiento define la época del año en la que las condiciones de humedad y temperatura son idóneas para la producción del cultivo o cultivos. Proporciona un marco ideal para resumir en el tiempo elementos variables del clima, que se pueden comparar con los requerimientos y las posibles respuestas de las plantas. Parámetros como el régimen de temperatura, precipitación pluvial, evapotranspiración e incidencia de riesgos climáticos son relevantes para el desarrollo del cultivo.

El criterio que se utilizó para definir el periodo o estación de crecimiento es el reportado originalmente por la FAO<sup>9</sup> (1978), que consiste en la determinación del periodo en días durante el cual la precipitación pluvial es igual o mayor a un medio de la

---

<sup>9</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

evapotranspiración potencial ( $ET_p/2$ ), para las diecinueve estaciones climatológicas seleccionadas.

La estimación del periodo de crecimiento se fundamenta en el modelo de balance hídrico que relaciona la precipitación pluvial ( $P_p$ ) con la evapotranspiración potencial ( $ET_p$ ). Si el periodo de crecimiento no está limitado por temperatura, la relación  $P/ET_p$  determina el comienzo, el fin y el tipo de período de crecimiento, los cuales pueden ser: a) periodo de crecimiento húmedo, cuando todo el año  $P_p > ET_p$ ; b) normal, cuando  $P_p > ET_p$  en una parte del año; c) intermedio, cuando  $P_p$  normalmente no excede a la  $ET_p$ , pero si la supera en una parte del año; y d) sin periodo de crecimiento (seco todo el año), cuando  $P_p$  en todo el año es menor que la  $ET_p$ .

La determinación del comienzo del periodo de crecimiento se basó en el inicio de la estación lluviosa o periodo húmedo. Las primeras lluvias caen sobre el suelo que está generalmente seco en la superficie y que tiene un gran déficit de humedad en el perfil. En ausencia de reservas de humedad en el suelo, la siembra, la germinación de la semilla y el crecimiento de los cultivos están en función de la cantidad y de la distribución de las primeras lluvias.

La eficiencia de las primeras lluvias se incrementa considerablemente, cuando  $P_p$  es igual o mayor que la mitad de la  $ET_p$ . El periodo de crecimiento continúa más allá de la estación lluviosa, cuando los cultivos maduran con las reservas de humedad almacenadas en el perfil del suelo. Por lo tanto, debe considerarse que el almacenamiento de humedad del suelo también determina la duración del periodo de crecimiento (DPC).

#### **3.2.4 Régimen térmico o Grados Días Desarrollo (GDD)**

El régimen térmico es un parámetro básico que se utilizó para definir las zonas agroecológicas de acuerdo al requerimiento de calor por los cultivos. El régimen térmico o grados día de desarrollo (GDD), se refiere a la cantidad de calor disponible para el crecimiento y desarrollo de la planta, y producción de frutos (McMaster y

Wilhelm, 1997). Donde se consideró la temperatura promedio del día y la temperatura base o cero fisiológico (Tb) de los cultivos en estudio.

Por lo que, en el presente estudio se utilizaron los grados día de desarrollo (GDD) calculados con el método residual, considerando la temperatura base (Tb) requerida por el limón y el mango.

$$\text{Cuando, } T_{\text{máx}} < 30^{\circ}\text{C y } T_{\text{mín}} > T_b, \quad \text{GDD} = \frac{(T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}})}{2} - T_b$$

Tb = 15°C, para mango y limón (Medina *et al.*, 2012).

### **3.2.5 Índice de disponibilidad de humedad (MAI)**

Se determinó el índice de disponibilidad de humedad propuesto originalmente por Hargreaves (1977), con el cual se clasificaron las áreas de producción en función de la precipitación pluvial y la evapotranspiración potencial, como sigue:

$$\text{MAI} = \frac{P_p}{\text{ETP}}$$

En donde:

MAI = Índice de disponibilidad de humedad

Pp= Precipitación media mensual, mm

ETp= Evapotranspiración potencial, mm

El MAI está en función del tipo de planta, etapa de desarrollo, capacidad de almacenamiento y conservación de agua en el suelo. En ese sentido para limón Persa y mango Ataulfo se evaluó con la siguiente escala (Cuadro 3).

Cuadro 3 . Valor del índice (MAI) y su clasificación.

Valor del Índice (MAI)	Clasificación
00 – 0.33	Muy deficiente
0.34 – 0.67	Moderadamente deficiente
0.68 – 1.00	Poco deficiente
1.01 – 1.33	Adecuado
1.34 y mayores	Excesivo

En donde 0.34 es el valor mínimo que indica suficiente humedad para la producción de cultivos; tomando en cuenta las modificaciones que hace Hancock y Hargreaves (1977) a partir de la mínima humedad, se define el requerimiento de riego, o del exceso el requerimiento de drenaje como se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Acciones requeridas en función del MAI.

MAI	Significado
1.21 o mayores	Drenaje requerido para mejores rendimientos
0.80 – 1.20	Humedad adecuada
0.40 – 0.79	Riego suplementario requerido para mejores rendimientos
0.00 – 0.39	Riego requerido para la producción agrícola

### 3.3. Evaluación edáfica

Para la evaluación del recurso suelo se tomó en cuenta el procedimiento de zonificación agroecológica propuesto por la FAO (1978). En este estudio se utilizó la información taxonómica de suelos de la WRB (Base referencial mundial del recurso suelo) reportada por el INEGI, respecto a las características físicas y químicas, y tipos de suelos. Las características y propiedades de cada una de las subunidades de suelos, se compararon con las características de suelo que requieren los cultivos de limón Persa y mango Ataulfo encontradas en la revisión bibliográfica y de los estados productores, así como los resultados que se encontraron en los análisis de suelos en ECOSUR de las parcelas muestreadas de limón Persa y mango Ataulfo. Aquellas subunidades de suelo que cumplieron con los requisitos, se denominaron subunidades con potencial edafológico.



### **3.3.1 Información cartográfica**

La herramienta que se utilizó para la elaboración de la cartografía fue el programa Arc-View SIG (Sistema de Información Geográfica) versión 9.3, que consistió en un sistema de mapeo computarizado, que relaciona lugares con la información agroclimática y suelo iguales o similares a las requeridas por los cultivos de limón Persa y mango Ataulfo, las cuales se denominaron áreas con alto potencial productivo. En este sentido se utilizó mapas cartográficos de suelo proporcionados por INEGI y las coordenadas de los sitios muestreados de cada especie. En donde la combinación de estos dio origen al mapa con alto potencial edafoclimático para los cultivos de limón Persa y mango Ataulfo.

Así también se utilizó la metodología de los Polígonos de Thiessen (Th) (Thiessen, 1911; Guelfi y López-Vázquez, 2015; Pizarro *et al.*, 2003), para determinar y representar el área de influencia de cada estación climática en un plano cartográfico del INEGI. La metodología se resume en los siguientes pasos: 1. Se unieron las estaciones con líneas rectas, formando triángulos, 2. Se trazaron mediatrices a cada lado de los triángulos, 3. Con el cruce de las mediatrices se formaron los polígonos que representan el área de influencia de cada estación climática, 4. El área de influencia se determinó con el método de pesadas de cada polígono, considerando el área total de la Depresión Central de Chiapas.

### **3.4 Información de manejo de los cultivos**

Se aplicaron encuestas semi-estructuradas a 50 productores, para determinar el manejo agronómico que se le está dando al limón Persa y mango Ataulfo en producción, considerando las plantaciones de ocho municipios identificados de la región fisiográfica Depresión Central de Chiapas. Se determinaron las condiciones en las que se encuentran los cultivos, el rendimiento, limitaciones sociales y económicas, y las condiciones de manejo de podas, fertilización, plagas y enfermedades.

### **3.5 Análisis de la información**

Se organizó la información en hojas de cálculo del Programa Excel, para ordenar la información climática y dividirla en forma decenal, también se obtuvieron los promedios mensuales y anuales. Con esta información se obtuvieron las gráficas de los periodos de crecimiento de cada una de las estaciones climáticas; con estos periodos de crecimiento se determinaron: el inicio de lluvias, el periodo humedo, la duración del periodo humedo y el periodo seco.

Con el programa SPSS (Statistical Package For Social Sciences) se obtuvo las frecuencias de las respuestas a las preguntas planteadas en el cuestionario de encuesta aplicadas a los productores; posteriormente se realizó la interpretación de los resultados obtenidos.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Precipitación anual

La zonas donde se dan las mayores precipitaciones son las correspondientes a las estaciones climatológicas: Jaltenango del municipio de Ángel Albino Corzo, Santo Domingo del municipio de Chiapa de Corzo y Monterrey del municipio de Villa Corzo, encontrándose las menores precipitaciones en las zonas de influencia de las estaciones: La Providencia del municipio de Cintalapa, Villa de Chiapailla del municipio de Chiapilla y La Mesilla del municipio de Tzimol. Por lo que se encontró una máxima precipitación media anual de 1 947 mm y una mínima de 782 mm, con un promedio de 1180 mm, muy cercana a la precipitación que se registró en la estación climática de Úrsulo Galván del municipio de Villaflores, Chiapas, con 1181 mm (Figura 5).

De acuerdo con los resultados encontrados, se determina que para los cultivos limón Persa y mango Ataulfo, cuentan con las condiciones óptimas de precipitación requerida para el buen crecimiento, desarrollo y producción. Sánchez (2005) menciona que el limón Persa requiere de una precipitación de 900 a 1 200 mm anuales, pero para un desarrollo adecuado de la plantación y sin problemas hídricos se recomiendan áreas con 1 200 a 2 000 mm de agua anuales; otros autores concuerdan que el limón requiere un rango de precipitación de 400 a 2 000 mm (Cuadro A1).

El limón Persa, especie frutícola de importancia socioeconómica en la Depresión Central, debe contar con los requerimientos necesarios de precipitación desde el establecimiento, crecimiento y desarrollo, para lograr los máximos rendimientos. SAG<sup>10</sup>-PNDA<sup>11</sup> (2014) mencionan que en la etapa de crecimiento es fundamental que exista un adecuado suministro de agua por lo que es necesaria una precipitación entre 400 y 1,200 mm anuales.

Por otra parte, Huete y Arias (2007) mencionan que para mango Ataulfo, el rango ideal de precipitación es de 700 a 1 500 mm anuales, pero también se adapta a condiciones

---

<sup>10</sup> Secretaría de Agricultura y Ganadería

<sup>11</sup> Programa Nacional de Desarrollo Agroalimentario

desde los 250 mm con riegos frecuentes. Para ambos cultivos se requiere en promedio 1150 milímetros (Cuadro A2).

Se destaca también al mango Aaulfo, por ser otra especie de importancia socioeconómica, requiere de una precipitación bien distribuida durante todo el año, para que los productores logren los mejores rendimientos. Al respecto, Gamboa y Mora (2010) recomiendan áreas con una precipitación mínima de 700 mm al año, bien distribuida, aunque se considera unos 1000 a 1500 mm como las necesidades reales de una plantación en edad adulta.

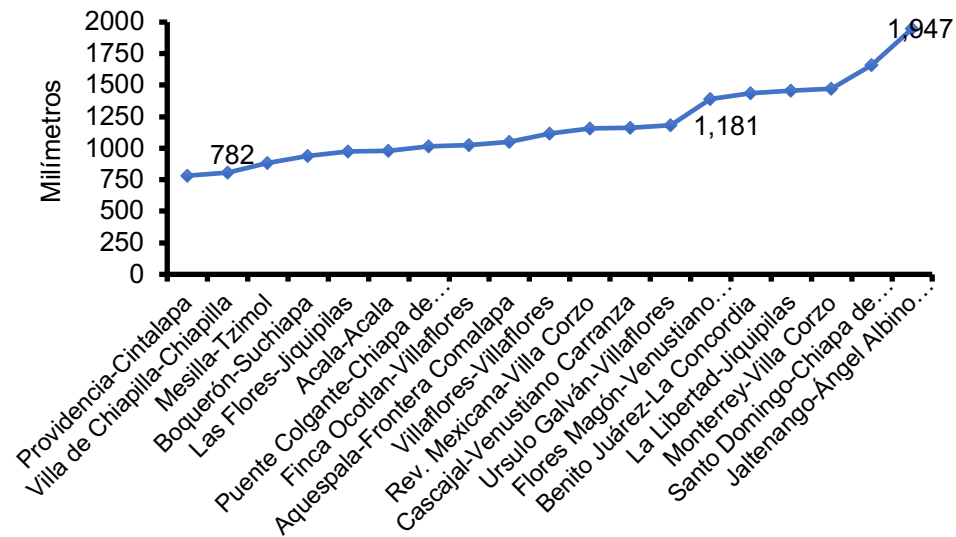


Figura 5. Precipitación media anual en las estaciones climáticas en 30 años (1986-2016).

## 4.2 Estación o periodo de crecimiento

Con relación al ciclo normal de crecimiento para las plantas de ambas especies, se encontró que hay una variación de la precipitación pluvial, dependiendo de la ubicación de las estaciones climáticas consideradas en la Depresión Central. En este sentido, se muestra en la Figura 6, el inicio y fin de lluvias, y el periodo húmedo más corto encontrado (129 días), tomando en cuenta la precipitación pluvial normal (PP), la evapotranspiración potencial (ETP) y la evapotranspiración media (0.5ETP); en el Cuadro 5 se muestra la duración del periodo húmedo de las 19 estaciones climáticas estudiadas (en las Figuras A1-A18 se muestran los 18 periodos de crecimiento de las estaciones climáticas restantes).

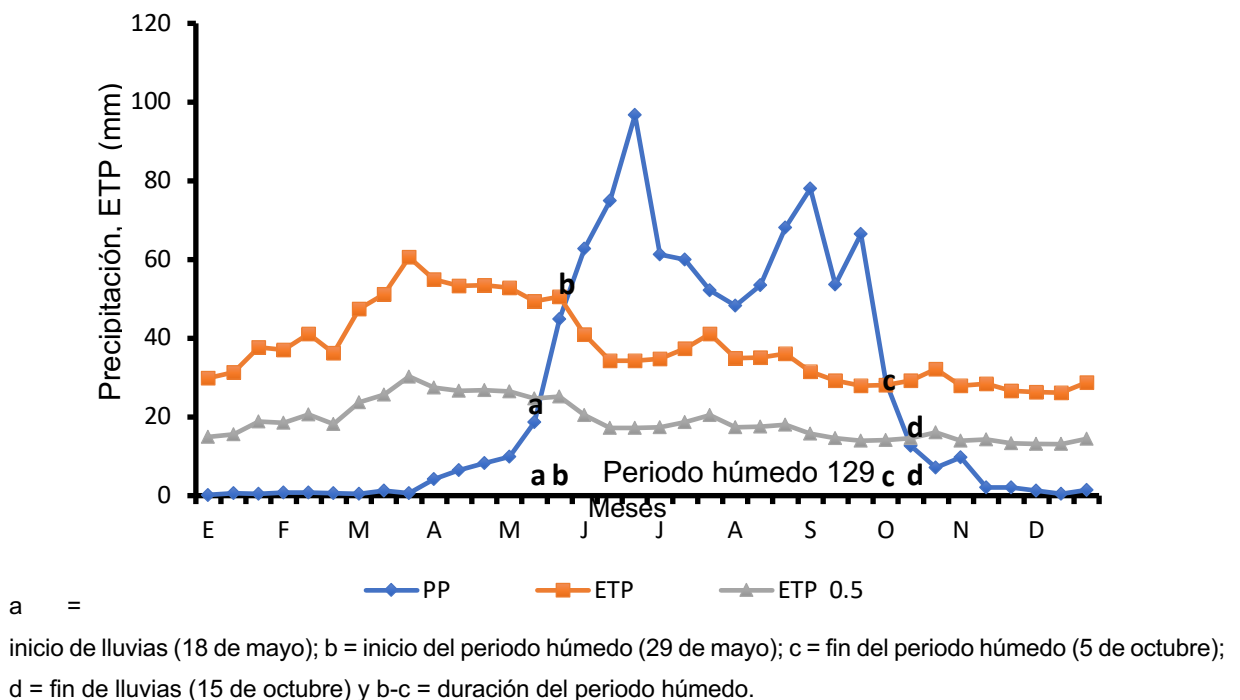


Figura 6. Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática El Boquerón, municipio de Suchiapa, Chiapas.

Cuadro 5. Duración del periodo húmedo promedio anual para el limón Persa y mango Ataulfo en 30 años (1986-2016) en las estaciones climáticas.

Estaciones climáticas Nombre-municipio	Inicio	Fin	Periodo húmedo (Días)
El Boquerón-Suchiapa	29 mayo	5 octubre	129
Puente Colgante-Chiapa de Corzo	30 mayo	7 octubre	130
Las Flores-Jiquipilas	25 mayo	6 octubre	134
Villa de Chiapilla-Chiapilla	28 mayo	12 octubre	137
La Mesilla-Tzimol	27 mayo	12 octubre	138
La Providencia-Cintalapa	18 mayo	5 octubre	140
Villaflores (SMN)-Villaflores	22 mayo	9 octubre	140
Acala-Acala	23 mayo	12 octubre	142
Rev. Mexicana-Villa Corzo	25 mayo	14 octubre	142
Cascajal-Venustiano Carranza	22 mayo	12 octubre	143
Aquespala-Frontera Comalapa	25 mayo	15 octubre	143
Finca Ocotla-Villaflores	21 mayo	12 octubre	144
Benito Juárez-La Concordia	20 mayo	16 octubre	149
Ursulo Galván-Villaflores	15 mayo	12 octubre	150
Santo Domingo-Chiapa de Corzo	13 mayo	21 octubre	160
Jaltenango-Ángel Albino Corzo	12 mayo	22 octubre	163
La Libertad-Jiquipilas	24 mayo	12 Nov.	172
Flores Magón-Venustiano Carranza	15 mayo	6 Nov.	175
Monterey-Villa Corzo	3 mayo	12 Nov.	193
			Promedio 153 días

### 4.3 Temperatura media anual

La temperatura, es un factor también determinante para el crecimiento, desarrollo y producción de los cultivares de limón Persa y mango Ataulfo. Que en el presente trabajo se encontró temperaturas mínimas promedio normal de 16 °C a 19.9 °C, las promedio normal desde 24.1 °C a 26.7 °C y las temperaturas máximas promedio normal desde 31.1 °C a 35.4 °C, obteniéndose un promedio general de las mínimas

normales de 18 °C, las promedio de las medias normales de 25 °C y de las máximas normales de 32 °C (Figura 7).

De acuerdo a las temperaturas encontradas y a los requerimientos del limón Persa y mango Ataulfo, se determina que éstas cuentan con las temperaturas adecuadas para el buen crecimiento, desarrollo y producción en la Depresión Central de Chiapas. Al respecto, SAGARPA (2016) menciona que la temperatura óptima del cultivo del limón para su buen desarrollo es de 22 a 28 °C, con mínima de 17 °C y máxima de 38.6 °C. Por otra parte, Huete y Arias (2007) mencionan que para el mango, las condiciones ideales de temperatura son entre los 22°C y 33°C para su cultivo. Otros autores e instituciones concuerdan que el limón requiere de un rango de temperatura de 13 a 38.6 °C (Cuadro A1) y para mango un rango de 20 a 33 °C, con un promedio de 26.5 °C para el limón y 24.8 °C para el cultivo de mango (Cuadro A2).

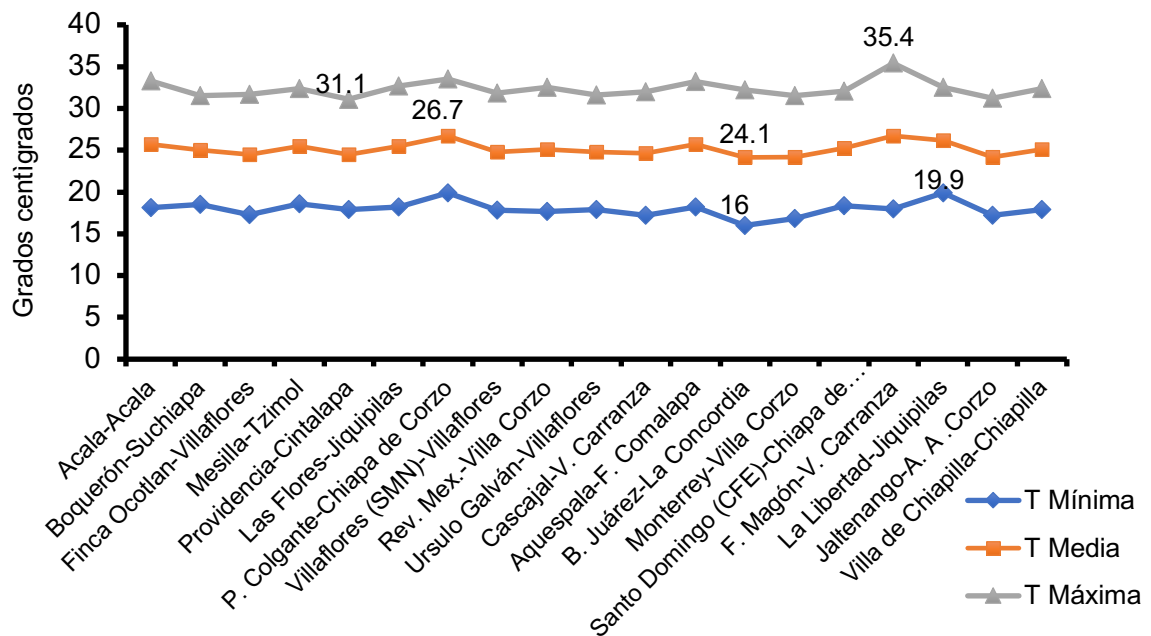


Figura 7. Temperatura máxima, media y mínima promedio de 30 años (1986-2016) en las áreas de influencia de las estaciones climatológicas.

#### 4.4 Grados días desarrollo (GDD)

Respecto a los grados días desarrollo (GDD), se observó que a mayor temperatura mayor acumulación de grados calor anual, y se encontró una acumulación máxima de 4 218.5 grados calor y una mínima de 3 290.5; en promedio se tuvo 3 659.3 grados calor, Este calor es muy cercano al que se encontró en la zona de influencia de la estación climática Villa de Chiapilla del municipio de Chiapilla, con 3 641.7 grados calor (Figura 8).

Destaca también que se obtuvo la acumulación de grados calor por periodo de crecimiento del mango Ataulfo (activo e inactivo) (Cuadro 6). Para el periodo activo los grados día desarrollo fueron de 1 662.1 °C y en el inactivo 1 997.2 °C. En razón a que el cultivo de mango Ataulfo presenta los dos periodos bien definidos, el periodo activo de noviembre a abril; inicio de floración y formación de frutos hasta la cosecha y el periodo inactivo de mayo a octubre desde fin de la cosecha hasta el inicio de floración. En cambio en el limón Persa no se diferencian los periodos, debido a que todo el año produce frutos mientras tenga humedad suficiente.

Cuadro 6. Grados día desarrollo (GDD) total anual promedio de 30 años (1986-2016) durante los periodos activos y pasivos del mango Ataulfo en las áreas de influencia de las estaciones climáticas.

Estaciones Climáticas-municipios	Periodo activo (°C)	Periodo inactivo (°C)	GDD Anual (°C)
Acala-Acala	1694.5	2157.0	3851.5
El Boquerón-Suchiapa	1639.0	1956.5	3595.5
Finca Ocotlán-Villaflores	1613.0	1807.0	3420.0
La Mesilla-Tzimol	1795.5	1990.0	3785.5
La Providencia-Cintalapa	1554.5	1861.5	3416.0
Las Flores-Jiquipilas	1645.0	2125.5	3770.5
Puente Colgante-Chiapa de Corzo	1953.5	2262.5	4216.0
Villaflores (SMN)-Villaflores	1537.5	1982.0	3519.5
Revolución Mexicana-Villa Corzo	1631.0	2002.5	3633.5



Cuadro 6. Continuación

Estaciones Climáticas-municipios	Periodo activo (°C)	Periodo inactivo (°C)	GDD Anual (°C)
Úrsula Galván-Villaflores	1664.5	1847.0	3511.5
Cascajal-Venustiano Carranza	1579.0	1891.0	3470.0
Aquespala-Frontera Comalapa	1724.5	2136.0	3860.5
Benito Juárez-La Concordia	1456.0	1834.5	3290.5
Monterey-Villa Corzo	1457.5	1838.5	3296.0
Santo Domingo (CFE)-Chiapa de Corzo	1682.4	2001.6	3684.0
Flores Magón-Venustiano Carranza	1967.0	2251.5	4218.5
La Libertad-Jiquipilas	1761.5	2270.0	4031.5
Jaltenango-Ángel Albino Corzo	1506.4	1808.1	3314.5
Villa de Chiapilla-Chiapilla	1717.5	1924.2	3641.7

Por lo anterior, se determina que tanto para el mango Ataulfo como para el limón Persa, se tienen las condiciones adecuadas en cuanto a la cantidad de acumulación anual de grados calor o grados días desarrollo (GDD), debido a que las temperaturas son adecuadas. En ese sentido McMaster y Wilhelm (1997) mencionan que las Unidades Calor (UC) o grados día desarrollo (GDD) se definen como la integración de la curva de temperatura ambiental entre la temperatura crítica máxima y crítica mínima de crecimiento, las cuales definen el rango de temperatura donde el cultivo se desarrolla adecuadamente, fuera de ese rango, el cultivo detiene su crecimiento o muere.

Las zonas cuya temperatura promedio oscila entre 23.7 y 26.0 °C permiten la acumulación de 1 000 Grados día desarrollo o unidades calor, durante la estación de crecimiento (periodo activo), siendo suficiente para el buen desarrollo del cultivo de mango (Prieto-Martínez *et al.*, 2005).

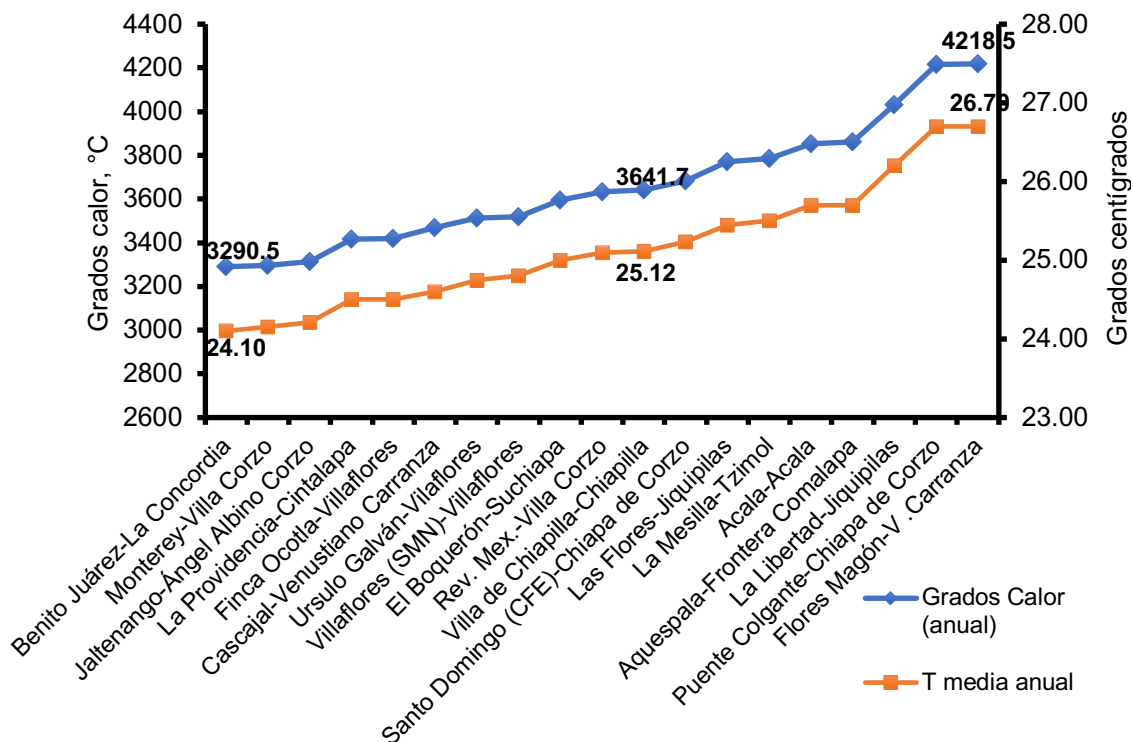


Figura 8. Grados Días Desarrollo total anual promedio por estación climática, datos de 30 años (1986-2016) para el establecimiento de mango Ataulfo y limón Persa.

#### 4.5 Índices de disponibilidad de humedad (MAI)

En cuanto a la disponibilidad de humedad en los suelos, se encontró en ocho estaciones climáticas que corresponde al 42.1 % de los suelos, tienen una adecuada humedad, en seis estaciones (31.6 %) requieren riego suplementario y en cinco estaciones (26.3 %) requieren de drenaje por el exceso de humedad (Cuadro 7).

Cuadro 7. Valores de los índices de disponibilidad de humedad (MAI).

Estaciones climáticas	MAI	Significado
Villa de Chiapilla-Chiapilla	0.62	Riego suplementario
Puente Colgante-Chiapa de Corzo	0.66	Riego suplementario
Las Flores-Jiquipilas	0.68	Riego suplementario
El Boquerón-Suchiapa	0.69	Riego suplementario
Aquespala-Frontera Comalapa	0.73	Riego suplementario
La Mesilla-Tzimol	0.76	Riego suplementario
La Providencia-Cintalapa	0.80	Humedad adecuada
Acala-Acala	0.82	Humedad adecuada
Cascajal-Venustiano Carranza	0.83	Humedad adecuada
Villaflores (SMN)-Villaflores	0.84	Humedad adecuada
Rev. Mexicana-Villa Corzo	1.00	Humedad adecuada
Benito Juárez-La Concordia	1.07	Humedad adecuada
Finca Ocotla-Villaflores	1.11	Humedad adecuada
Santo Domingo (CFE)-Chiapa de Corzo	1.15	Humedad adecuada
La Libertad-Jiquipilas	1.30	Drenaje requerido
Jaltenango-Ángel Albino Corzo	1.39	Drenaje requerido
Úrsulo Galván-Villaflores	1.40	Drenaje requerido
Flores Magón-Venustiano Carranza	1.50	Drenaje requerido
Monterey-Villa Corzo	2.70	Drenaje requerido

Sin embargo, al determinar el área de influencia de cada estación climática (Cuadro 8) de acuerdo a la superficie total de la Depresión Central de Chiapas (19,854.09 km<sup>2</sup>). Se encontró que el 34.5 % de la superficie total (689,983.49 ha) es adecuada para producir las especies de limón Persa y mango Ataulfo, ya que tienen una adecuada humedad en el suelo; 47 % (937,071.32 ha) necesitan riego suplementario y solamente 18.3 % (363,354.19 ha) requieren drenaje para obtener una buena producción de ambos cultivos (Cuadro 8) y (Figura 9).

Cuadro 8. Superficie de influencia por estación climática.

Estaciones climáticas	ha	km <sup>2</sup>
Villa de Chiapilla-Chiapilla	24,339.51 <sup>Rs</sup>	243.40 <sup>Rs</sup>
Puente Colgante-Chiapa de Corzo	106,050.74 <sup>Rs</sup>	1,060.51 <sup>Rs</sup>
Las Flores-Jiquipilas	283,381.50 <sup>Rs</sup>	2,833.82 <sup>Rs</sup>
El Boquerón-Suchiapa	165,161.00 <sup>Rs</sup>	1,651.61 <sup>Rs</sup>
Aquespala-Frontera Comalapa	170,376.60 <sup>Rs</sup>	1,703.77 <sup>Rs</sup>
La Mesilla-Tzimol	187,761.97 <sup>Rs</sup>	1,877.62 <sup>Rs</sup>
La Providencia-Cintalapa	48,679.03 <sup>Ah</sup>	486.79 <sup>Ah</sup>
Acala-Acala	83,449.76 <sup>Ah</sup>	834.50 <sup>Ah</sup>
Cascajal-Venustiano Carranza	92,142.45 <sup>Ah</sup>	921.42 <sup>Ah</sup>
Villaflores (SMN)-Villaflores	67,802.93 <sup>Ah</sup>	678.03 <sup>Ah</sup>
Rev. Mexicana-Villa Corzo	71,280.01 <sup>Ah</sup>	712.80 <sup>Ah</sup>
Benito Juárez-La Concordia	146,037.10 <sup>Ah</sup>	1,460.37 <sup>Ah</sup>
Finca Ocotlán-Villaflores	60,848.78 <sup>Ah</sup>	608.49 <sup>Ah</sup>
Santo Domingo (CFE)-Chiapa de Corzo	114,743.43 <sup>Ah</sup>	1,147.43 <sup>Ah</sup>
La Libertad-Jiquipilas	102,573.67 <sup>Dr</sup>	1,025.74 <sup>Dr</sup>
Jaltenango-Ángel Albino Corzo	92,142.45 <sup>Dr</sup>	921.42 <sup>Dr</sup>
Úrsulo Galván-Villaflores	20,862.44 <sup>Dr</sup>	208.62 <sup>Dr</sup>
Flores Magón-Venustiano Carranza	126,913.19 <sup>Dr</sup>	1,269.13 <sup>Dr</sup>
Monterey-Villa Corzo	20,862.44 <sup>Dr</sup>	208.62 <sup>Dr</sup>
Totales	1 985,409.00 ha	19 854.09 km <sup>2</sup>

Rs=Riego suplementario

Ah=Adecuada humedad

Dr=Drenaje requerido



Rs = Riego suplementario Ah =Adecuada humedad Dr = Drenaje requerido

▲ 1-19 Ubicación de las estaciones climáticas de acuerdo a sus coordenadas

Figura 9. Distribución de las estaciones climáticas, su influencia en territorio y la disponibilidad de humedad en cada zona.

#### 4.6 Situación edáfica

Para la cartografía de suelos de donde se encuentran y en donde se pueden adaptar los cultivos de limón Persa y mango Ataulfo, se utilizaron los mapas de la base referencial mundial (WRB) proporcionados por el INEGI, en estos mapas se ubicaron los suelos en los que ya están establecidos los cultivos con base a las coordenadas latitud y longitud de cada parcela; se utilizaron las características del suelo analizado en el ECOSUR para definir el grupo de suelo correspondiente, y el requerido en las áreas por definir su aptitud para la producción de limón y mango. Posteriormente se utilizó el programa Arc-View SIG (Sistema de Información Geográfica) versión 9.3, y los mapas cartográficos con los grupos de suelos de la WRB, para fijar en el espacio la ubicación de los grupos de suelo. Se definieron los tres mejores grupos de suelos para los cultivos de limón Persa y mango Ataulfo en la Depresión Central de Chiapas, así como los tipos de suelo en que se encuentran las plantaciones en producción. En ese sentido se determinó que existen áreas potenciales para el establecimiento de las dos especies.

De 34 muestras compuestas (15 en mango Ataulfo y 19 en limón Persa) de suelo realizadas, los análisis arrojaron que el 91.2 % se encuentran en muy buenas texturas de suelo (francos, franco arcillo arenoso, franco arcillo limoso, franco arenoso y franco limoso) que son las más recomendables para el cultivo de limón Persa y mango Ataulfo; SAGARPA (2016) menciona que el limón Persa requiere de suelo franco, franco arenoso y profundo, con buena humedad. Y solamente se encontró 8.8 % con texturas arcillosa y arcillo limosa, las cuales no son recomendables para las dos especies. En ese sentido, también González (2011) menciona que para el cultivo de limón es recomendable evitar suelos arcillosos con mal drenaje, y que específicamente se recomiendan suelos de textura franca, franco arenoso, con estructura permeable y de fácil drenaje. Así también, INIFAP (2013) indica que en el cultivo de mango no prospera bien en suelos pesados (arcillosos), sino que se pueden desarrollar buenas plantaciones en suelos areno-arcillosos, arcillo-arenosos y arenosos.

Por otra parte, a partir de los resultados del análisis físico y químico de las muestras compuestas de suelo, y con el uso de la NOM-021-SEMARNAT-2000, se determina que en 11.8 % de los suelos el contenido de N total es alto; 47.1 % de los suelos se clasifican con fertilidad media con relación al nitrógeno total; en 38.2 % el contenido de N total es bajo y solamente en 2.9% de los suelos se consideran como muy bajo en contenido de nitrógeno total. En ese sentido se observa que la mayor cantidad de suelos (58.9 %) tienen de medio a alto contenido de nitrógeno total y 41.1 % tienen bajo a muy bajo contenido de N total. En cuanto al contenido de materia orgánica, se encontró que el 58.8% de los suelos están en la clase de suelos medio (de 1.73 a 3.24) y en 3% (4.76) el contenido es alto; encontrándose 38.2% de suelos en la categoría de suelos con bajo contenido de materia orgánica (de 0.62 a 1.48). Por lo que, en general, la mayoría de las plantaciones de las dos especies se encuentran en suelos con nivel medio de contenido de nutrientes para obtener buenos rendimientos (Cuadro A3). Venegas (2002), menciona que el contenido de materia orgánica en el cultivo del limón Persa debe mantenerse entre el 2 y 4%. Mientras IFAPA<sup>12</sup> (2015) menciona que en mango no es muy exigente, y afirma que suelos muy ricos en materia orgánica pueden ocasionar excesivo crecimiento del árbol y dificultad para una adecuada

---

<sup>12</sup> Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria

floración). En general se requiere aplicaciones de abono orgánico de origen animal y vegetal para promover la estructuración del suelo y la nutrición de los cultivos en estudio.

Con relación al pH del suelo, se observa que hay 23.5% de suelos fuertemente ácidos; 17.7% medianamente alcalinos; 8.8% suelos neutros y la mayoría de los suelos moderadamente ácidos (50%). De acuerdo a las necesidades de las especies en estudio, se observa que 93.3 % de las plantaciones de mango Ataulfo y que fueron muestreadas se encuentran con pH apropiada para la especie y 6.7 % está ligeramente abajo del pH requerido. Por otra parte, en las plantaciones de limón Persa, 42.1 % se encuentra con un pH adecuado, mientras que 57.9 % de las parcelas están ligeramente por debajo de lo requerido. En promedio de las dos especies, se cuenta con el 67.7 % de las parcelas con un pH adecuado, donde SAGARPA (2016) menciona que el limón Persa requiere un pH de 5.5 a 7.0, y se encontró que el 32.3 % está ligeramente por debajo de lo requerido por ambas especies (Cuadro A4).

INIFAP (2013) indica que el mango requiere de un pH del suelo entre 5.0 y 7.5 para asegurar máximas producciones.

Con las densidades aparentes de los suelos y el valor de la densidad real promedio ( $2.65 \text{ t m}^{-3}$ ), se determinó la porosidad total; con las densidades debajo de  $1.3 \text{ t m}^{-3}$  se determinó que 58.8 % de los suelos son muy buenos para el crecimiento de las raíces; mientras que 41.2 % de los suelos tienen densidades ligeramente arriba de  $1.3 \text{ t m}^{-3}$  (Cuadro A4) y por lo mismo, tienen ligeros problemas de porosidad. Al respecto, la FAO (2009) menciona que los valores de densidad aparente arriba  $1.3 \text{ t m}^{-3}$ , indican un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, aireación reducida y cambios indeseables en la función hidrológica, como la reducción de la infiltración del agua, siendo los valores de densidad aparente por debajo de  $1.3 \text{ t m}^{-3}$ , lo cual, indica una condición porosa del suelo, siendo la densidad aparente un parámetro importante para la descripción de la calidad del suelo y la función ecosistémica. Por lo que, se deben realizar prácticas de conservación y de mejoramiento de sus cualidades biofísicas y

nutricionales. En ese sentido la mayoría de los productores tienen buenos suelos (Cuadro A5).

Con los resultados anteriores y con las cartas edafológicas del INEGI, se determina que en la Depresión Central de Chiapas, se cuenta con una superficie y grupos de suelos idóneos para los cultivos de limón Persa y mango Ataulfo, siendo éstos los siguientes: Phaeozem (186,885 ha), Luvisol (225,730 ha) y Cambisol (132,021 ha), haciendo una superficie total de 544,636 ha, que corresponde al 27.4 % de la superficie total (1,985,409 ha) de la Depresión Central, siendo los suelos más fértiles y aptos para el mejor crecimiento, desarrollo y producción del limón Persa y de mango Ataulfo (Figura 10). En ese sentido FAO (2008) menciona que los suelos Phaeozem son suelos oscuros ricos en materia orgánica, porosos, fértiles y son excelentes tierras agrícolas; la mayoría de los Luvisoles son suelos fértiles y apropiados para un rango amplio de usos agrícolas y los Cambisoles generalmente constituyen buenas tierras agrícolas y están entre los más productivos. En la Figura 10 se muestra la ubicación de las estaciones climáticas y las parcelas en las que se tomaron muestras de suelo. Por lo que, se determinó la superficie potencial por municipio, siendo los municipios de La Concordia, Villaflores y Villa Corzo, los que tienen mayor superficie con potencial (Cuadro 9). Asimismo se complementó al determinar el área de influencia de las estaciones climáticas en los municipios y tipos de suelo inmersos (Cuadro A6).



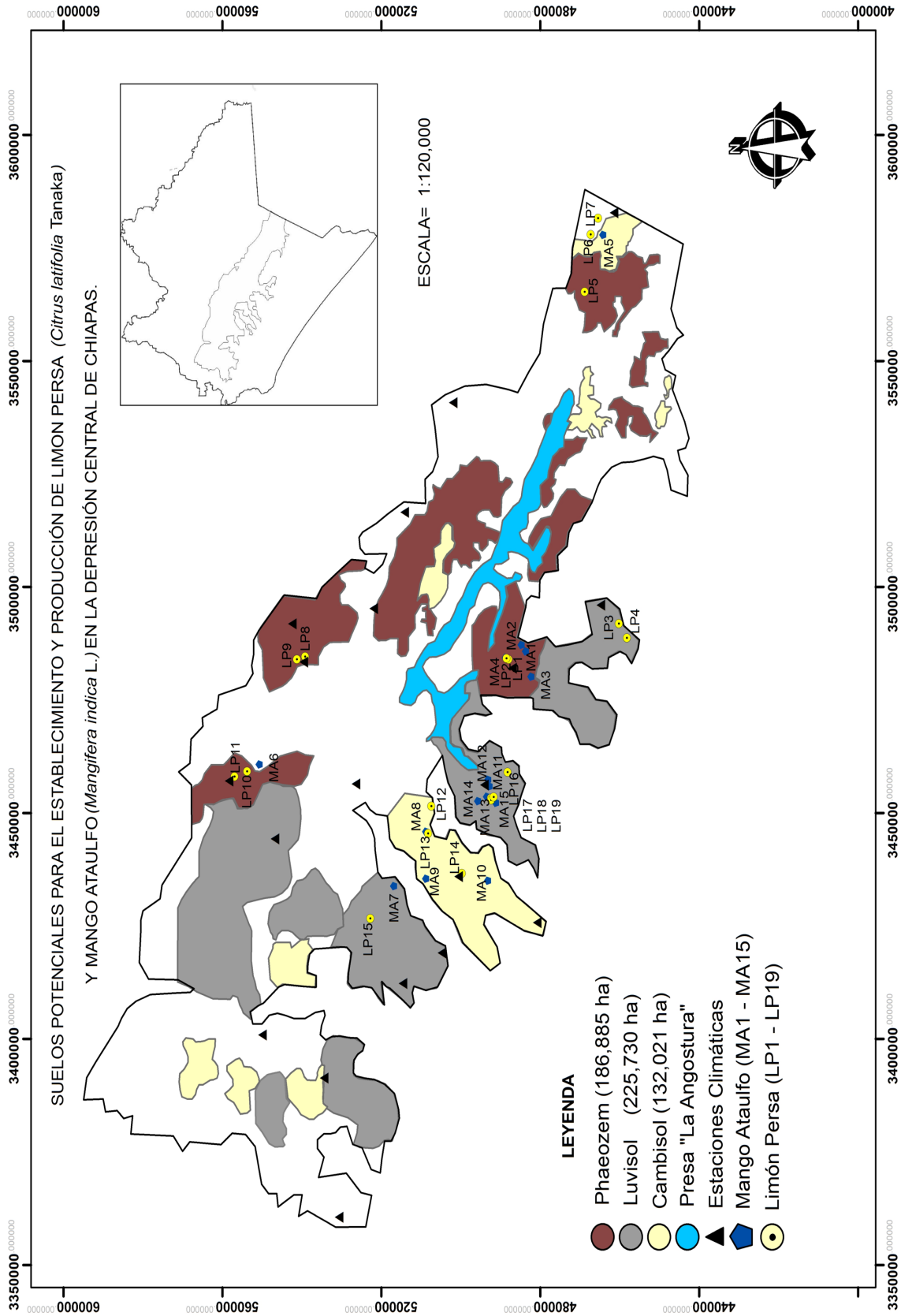


Figura 10. Áreas potenciales para el establecimiento de limón Persa y mango Ataulfo.

Cuadro 9. Superficie por municipio con suelos potenciales para el establecimiento de limón Persa y mango Ataulfo.

Municipio	Tipos de suelo (ha)			Total (ha)
	Phaeozem	Luvisol	Cambisol	
La Concordia	49,434	38,387	0	87,821
Villaflores	0	55,609	27,443	83,052
Villa Corzo	0	39,724	29,315	69,039
Venustiano Carranza	51,269	0	7,926	59,195
Ocozocoautla	0	45,688	9,180	54,868
Frontera Comalapa	25,636	0	7,958	33,594
Acala	0	0	21,230	21,230
Tuxtla Gutiérrez	5,296	14,310	0	19,606
Socoltenango	16,639	0	0	16,639
Chiapa de Corzo	15,444	1,103	0	16,547
Chicomuselo	9,764	0	5,481	15,245
Cintalapa	0	0	13,848	13,848
Berriozabal	0	12,832	0	12,832
Suchiapa	690	11,239	0	11,929
Jiquipilas	0	1,978	7,902	9,880
Chiapilla	7,783	0	0	7,783
Trinitaria	4,930	0	1,738	6,668
Ángel Albino Corzo	0	4,860	0	4,860
<b>Total</b>	<b>186,885</b>	<b>225,730</b>	<b>132,021</b>	<b>544,636</b>

#### 4.7 Manejo de los cultivos

Se encontró que 16.7% de los productores no riegan su cultivo, mientras que el 83.3% si lo hacen. Se hace notar que en limón Persa, es mayor la proporción de productores que riegan en comparación al mango Ataulfo (Cuadro 10). Se considera que es debido a que inician con el riego del limón Persa en cuanto inicia el periodo seco y mientras que en mango Ataulfo, requiere de un periodo seco de 2 a 3 meses para el inicio de la floración. En limón Persa se requiere el riego para que haya producción de fruto en la

temporada que tiene mejor precio, siendo el periodo del mes de noviembre al mes de abril. Huete y Areas (2007) mencionan la importancia de considerar que el exceso de agua antes de la floración es perjudicial para la planta de mango, ya que ésta necesita de un período de sequía para poder responder satisfactoriamente a los tratamientos de inducción floral o inicio de floración normal.

Cuadro 10. Proporción de productores de limón Persa y mango Ataulfo, que riegan su cultivo en la Depresión Central de Chiapas.

Especie	Riegan (%)	No riegan (%)
Limón Persa	89.3	10.7
Mango Ataulfo	77.3	22.7
Promedio	83.3	16.7

Del 83.3% de los productores que riegan, se observa que 42.5% de ellos riegan por goteo, 25.5% por gravedad, 22.6% con microaspersores y solamente 9.4% de ellos riegan con cubeta (Cuadro 11). De las cuatro formas o tipos de riego que realizan los productores, es importante destacar que la mayor cantidad de productores utilizan los dos tipos de riegos más eficientes para los frutales; el riego por goteo y microaspersión que corresponde al 65.1 %.

Con el riego presurizado (goteo y aspersión) se evita la pérdida de agua por evapotranspiración, ya que, el agua es transportada por tuberías hasta la planta, reduciendo también la pérdida por infiltración, lo cual, es muy común en el riego por superficie o gravedad. Por lo tanto, la eficiencia del riego es del 90 al 95 % en goteo y 85 % en microaspersión (INTA, 2015). En ese sentido, al contar con un buen sistema de riego y tipo de suelo, se tendrán altos rendimientos en el cultivo de limón Persa y mango Ataulfo; además se evita el exceso de humedad que puede propiciar condiciones favorables para enfermedades. Medina *et al.* (2005) mencionan que con los sistemas de riego por goteo y microaspersión se puede hacer producir mejor los suelos y las especies frutales cultivadas, evitando el encharcamiento del agua y posibles enfermedades.

Cuadro 11. Proporción de productores y tipos de riego que realizan en limón Persa y mango Ataulfo, en la Depresión Central de Chiapas.

Especie	Gravedad o superficial (%)	Goteo (%)	Microaspersores (%)	Cubeta (%)
Limón Persa	23.1	46.2	23.0	7.7
Mango Ataulfo	27.8	38.9	22.2	11.1
Promedio	25.5	42.5	22.6	9.4

En limón Persa, la mayoría de los productores inician el riego en noviembre y diciembre, mientras que en mango Ataulfo en el mes de enero (Cuadro 12), siendo una fecha determinante para el buen rendimiento en amarré de frutos o cuajado de los mismos. Rodríguez *et al.* (2002) mencionaron que los riegos deben de iniciarse después del cuajado de los frutos hasta la madurez.

Cuadro 12. Inicio del riego por los productores en la Depresión Central de Chiapas.

Especie	Noviembre (%)	Diciembre (%)	Enero (%)	Febrero (%)
Limón Persa	36.0	36.0	28.0	0
Mango Ataulfo	0.0	35.3	58.8	5.9

En promedio, la mayoría de los productores (52.3 %) realizan una sola aplicación de fertilizante y 30.2% realizan dos aplicaciones. Destaca que en limón Persa el 10.7 % de los productores realizan tres aplicaciones de fertilizantes; sin embargo, se aprecia que 10.7% de los productores de limón Persa no fertilizan. En mango Ataulfo, 13.6 % no fertilizan y 54.6% fertiliza una sola vez (Cuadro 13). Se considera que este comportamiento es debido a que los productores no tienen el conocimiento de la importancia y beneficios de fraccionar la fertilización en dos o tres aplicaciones, así como la cantidad adecuada y la etapa fenológica en la que se debe aplicar para un mayor rendimiento. En este sentido INIFAP (2017) indica que la nutrición de las plantas de limón Persa es fundamental para poder lograr los mejores rendimientos de frutos en las plantaciones establecidas. Así también SAGARPA (2015) menciona que en mango Ataulfo es necesario realizar una fertilización adecuada con fertilizantes orgánicos o inorgánicos para una nutrición óptima, principalmente en los periodos de

floración e inicio de formación de frutos, que son las etapas críticas en demanda de nutrimentos.

Cuadro 13. Frecuencia de fertilización anual realizada por productores en la Depresión Central de Chiapas.

Especie	Una vez (%)	Dos veces (%)	Tres veces (%)	Ninguna (%)
Limón Persa	50.0	28.6	10.7	10.7
Mango Ataulfo	54.6	31.8	0.0	13.6
Promedio	52.3	30.2	5.35	12.15

Se encontró que en la Depresión Central de Chiapas, los productores de limón Persa aplican en mayor cantidad los fertilizantes inorgánicos Triple 17 y Urea, complementado con fertilización foliar. En mango Ataulfo utilizan principalmente el triple 17 y complementado también con fertilización foliar. Siendo el fertilizante triple 17 el más utilizado en ambos frutales. Destaca que en promedio, 33.8 % de los productores aplican fertilizante foliar como complemento (Cuadro 14).

Destaca, que la mayoría de los productores aplican los macronutrientes de primer nivel (N,P,K), complementados con nutrientes foliares, en búsqueda de buenos rendimientos. García-Serrano *et al.* (2010) mencionan que el nitrógeno es el principal factor de crecimiento y desarrollo, por lo que favorece a nuevos brotes en la fase de floración y cuajado de frutos. El fósforo estimula el desarrollo de las raíces y también favorece a la floración y cuajado de los frutos; el potasio es el factor de calidad que interviene en la resistencia de la planta a la sequía, heladas y enfermedades. Sin embargo, a pesar de estos beneficios, los productores de limón Persa y mango Ataulfo los aplican en muy bajas cantidades, en promedio solamente aplican 620 g/planta en limón Persa, mientras que en mango Ataulfo 1.31 kg/planta. Siendo que son plantaciones de limón Persa con 9 años de edad en promedio y 15 años en mango Ataulfo. En este sentido, Venegas (2002) menciona que la cantidad recomendada para plantaciones de limón Persa de 9 años es de 5.86 kg/planta en cuatro aplicaciones con fertilizantes simples que contengan N, P y K para alcanzar mejores rendimientos.

Mientras que para mango se requieren 5.26 kg de NPK por planta de once a quince años de edad en dos aplicaciones (Tucuch *et al.*, 2005).

Cuadro 14. Tipos de fertilizantes y proporción de productores que aplican en la Depresión Central de Chiapas.

Especie	S. A.	Urea	18-46-00	Triple 17	Foliar	Composta	Cloruro de potasio	Acido húmico	Nitrofoska	No fertiliza
L. Persa	24.0	36.0	24.0	36.0	36.0	8.0	4.0	12.0	0.0	12.0
M. Ataulfo	10.5	26.3	21.0	47.4	31.6	10.5	5.3	5.3	31.6	15.8
Promedio	17.3	31.2	22.5	41.7	33.8	9.3	4.7	8.7		13.9

Se encontró que en el mes de junio, el 45.5% de los productores fertilizan al mango Ataulfo (un mes después que termina la cosecha de mango); y el 42.8% fertiliza al limón Persa. En ambos casos para aprovechar el periodo de lluvias. También se encontró que el 31% de los productores de mango Ataulfo fertilizan en el mes de octubre a finales del periodo de lluvias; y el 25% de productores de limón Persa en octubre y diciembre (Cuadro 15).

Cuadro 15. Porcentaje de productores y meses o etapas de fertilización de los cultivos de limón Persa y mango Ataulfo en la Depresión Central de Chiapas.

Especie	Junio* Fin de cosecha**	Agosto* A mitad de lluvias**	Octubre* Finales de lluvia**	Noviembre* Inicio de floración**	Diciembre* Floración**	Febrero*
L. Persa	42.8	14.3	25.0	10.7	25.0	7.1
M. Ataulfo	45.5	13.6	31.8	22.7	18.2	0.0

\* Para limón Persa

\*\* Para mango Ataulfo

Por otra parte, se encontró que la mayoría de los productores no realizan el control de plagas (71.6 %), enfermedades (86 %) y el manejo de poda (86 %), que son tres actividades indispensables para obtener mejores rendimientos de ambas especies (Cuadro 16). Martínez *et al.* (2014) indican que para mantener y elevar los niveles de producción y calidad de la fruta de mango, es necesario prevenir y controlar las plagas y enfermedades. Así como algunas prácticas de manejo agronómico que permiten reducir la incidencia de problemas fitosanitarios como son el control adecuado de malezas y podas.

Cuadro 16. Productores que realizan actividades de manejo en el cultivo de limón Persa y mango Ataulfo.

Especie	Control de plagas (%)		Control de enfermedades (%)		Manejo de poda (%)	
	Si	No	Si	No	Si	No
Limón Persa	25.0	75.0	14.3	85.7	14.3	85.7
Mango Ataulfo	31.8	68.2	13.6	86.4	13.6	86.4
Promedio	28.4	71.6	14.0	86.0	14.0	86.0

Se considerará que el mal manejo del cultivo, es una de las principales limitantes para que no alcancen los máximos rendimientos. En virtud de que se cuenta con áreas en condiciones climáticas y edáficas adecuadas para ambos cultivos en la Depresión Central, se puede incorporar sistemas de plantación con altas densidades de población y con esto se podría hasta duplicar el promedio del rendimiento que actualmente se están obteniendo (Cuadro 20). En adición al mal manejo, SENASICA-SAGARPA (2012) y Gil *et al.* (2013) mencionan que para el cultivo de limón y el mango, las plagas y las enfermedades son de las principales limitantes que impactan significativamente en el crecimiento, desarrollo y producción, ya que afectan los diferentes órganos de la planta reduciendo su rendimiento potencial.

Por otra parte, el manejo de podas en los cultivos de limón Persa y mango Ataulfo, es fundamental, debido a que, con esta práctica se puede reducir significativamente algunas plagas y enfermedades, que además permite tener fruta de mejor calidad. Padrón-Chávez y Rocha-Peña (2007) indican que la poda forma parte del manejo integral de las huertas, la cual permite optimizar el tamaño de los árboles, facilitar su manejo, incrementar la producción y extender la vida productiva de las plantaciones. Cuando esta práctica se realiza sistemática y periódicamente, los árboles se mantienen sanos y productivos; mientras que cuando no se hace, la copa del árbol crece excesivamente, y con ello, dificulta las labores de cosecha y el manejo integral del árbol. Cuando esto ocurre, los problemas fitosanitarios se incrementan como consecuencia de una cobertura deficiente de los plaguicidas, lo que a su vez puede propiciar una reducción gradual de la productividad de las plantaciones.

#### 4.8 Comercialización del limón Persa y mango Ataulfo

Se encontró que uno de los principales problemas en limón Persa y mango Ataulfo en la Depresión Central de Chiapas, es la comercialización del producto; en promedio se vende 59 % a los intermediarios, siendo menor el porcentaje de venta directa a las empacadoras (41 %). Observándose claramente, que el mango Ataulfo es el producto que más se vende a los intermediarios (Cuadro 17). En promedio, 42.4 % de los productores señalaron que tienen problemas de la comercialización, debido a que se les dificulta mucho, por lo que, venden con los intermediarios para no perder su producto. 57.6 % de los productores comentaron que no tienen problemas en la comercialización, debido a que tienen contacto con comercializadoras locales y nacionales (Cuadro 18).

Cuadro 17. Comercialización de limón Persa y mango Ataulfo en la Depresión Central de Chiapas.

Especie	Venta directa (%)	Intermediario (%)
Limón Persa	50	50
Mango Ataulfo	32	68
Promedio	41	59

Cuadro 18. Productores con problemas de comercialización de su producto.

Especie	Si (%)	No (%)
Limón Persa	39.3	60.7
Mango Ataulfo	45.5	54.5
Promedio	42.4	57.6

Más del 50% de la producción de limón Persa y mango Ataulfo se queda en Chiapas; el 67.9 % de limón Persa y 54.5 % de mango Ataulfo, destacando el limón, ya que se exporta el 32.1% del producto. Solamente el 45.5% de mango Ataulfo se vende a cuatro estados de la República mexicana (Cuadro 19). En la compra del producto de las dos especies de limón Persa y mango Ataulfo intervienen las empresas y/o empacadoras como; Central de Abasto Chiapas, empacadora de Tapachula, Chiapas, empacadora de Chiapa de Corzo, Chiapas, empacadora de la Trinitaria, Chiapas,



empacadora de Villa Corzo, Chiapas, empacadora de Chauites, Oaxaca, empacadora de Nayarit, Tepic, y la empacadora de Mazatlán Sinaloa.

Cuadro 19. Destino de la venta del limón Persa y mango Ataulfo.

Especie	Nacional (%)					Exportación (%)
	Chiapas	Oaxaca	Nayarit	Sinaloa	Veracruz	Estados Unidos
Limón Persa	67.9	0.0	0.0	0.0	0.0	32.1
Mango Ataulfo	54.5	18.2	9.1	9.1	9.1	0.0

Es importante destacar que en la Depresión Central de Chiapas, en promedio se está produciendo 607.5 rejas de 25 kg por ha de limón Persa y de mango Ataulfo 549.4 rejas de 25 kg. Representando un rendimiento en limón Persa de 15.2 t ha<sup>-1</sup> y en mango Ataulfo 13.7 t ha<sup>-1</sup> (Cuadro 20). Siendo también necesario mencionar que el 100% de los productores de limón Persa venden por reja y para mango Ataulfo el 50% de los productores venden por corte y el otro 50% por reja. Los productores mencionaron que el precio de venta del limón Persa es variable, dependiendo de la demanda, por lo que, los precios de venta en promedio se distribuye de la manera siguiente; en los meses de junio a septiembre (periodo de lluvias) se mantiene un precio de \$ 29 pesos por reja; de octubre a diciembre \$ 69 pesos en los meses de enero y mayo \$ 250 pesos alcanzando el precio promedio más alto en los meses de febrero a abril de \$ 369 pesos (Figura 11). Para el mango Ataulfo, la reja tiene un precio de \$ 66.7 pesos, y por corte tiene un precio de \$ 21,833.00 pesos en promedio (Figura 12). Al realizar la comparación de precios de venta de las dos especies, resulta que el mayor ingreso por ha se obtiene con el limón Persa. El precio promedio de cuatro de ellos, indica que de acuerdo a la demanda es de \$ 179.2 pesos por reja de limón, si en promedio se cosechan 607.5 rejas, se tiene un ingreso por hectárea de \$ 108,864.00 pesos, mientras que con el mango se tiene \$ 36,645.00 pesos por ha, y por corte como ya se indicó es de \$ 21,833.00 pesos. Donde es muy evidente la diferencia en cuanto ingresos se refiere de los dos cultivos, siendo mayor con el limón Persa, superando al mango en 199 %.

Cuadro 20. Rendimiento de limón Persa y mango Ataulfo.

Especie	Rejas ha <sup>-1</sup>	Kg reja <sup>-1</sup>	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )
Limón Persa	607.5	25	15.2
Mango Ataulfo	549.4	25	13.7

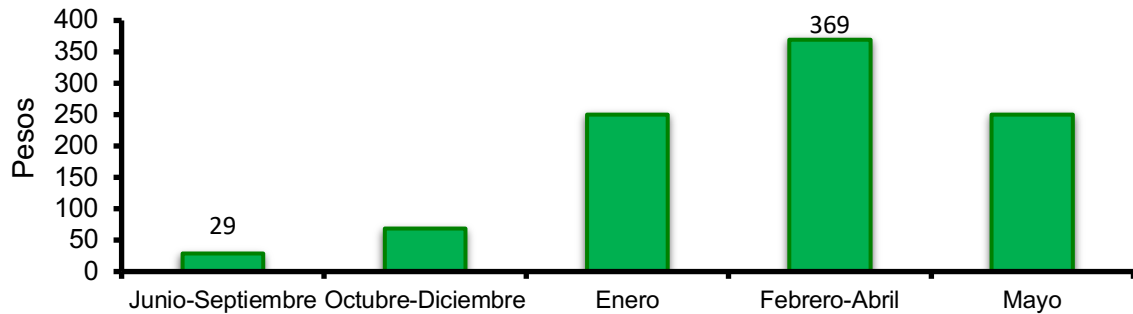


Figura 11. Fluctuación del precio de venta por reja del limón Persa en la Depresión Central de Chiapas.

En mango Ataulfo, la mejor forma de venta es por reja, debido a que por corte se reduce en 40.4 por ciento su precio, de \$ 36 645.00 a \$ 21 833.00 (Figura 12). Siendo un problema muy importante para los productores de mango, debido a que 68.2 % de ellos lo vende por corte a los intermediarios.

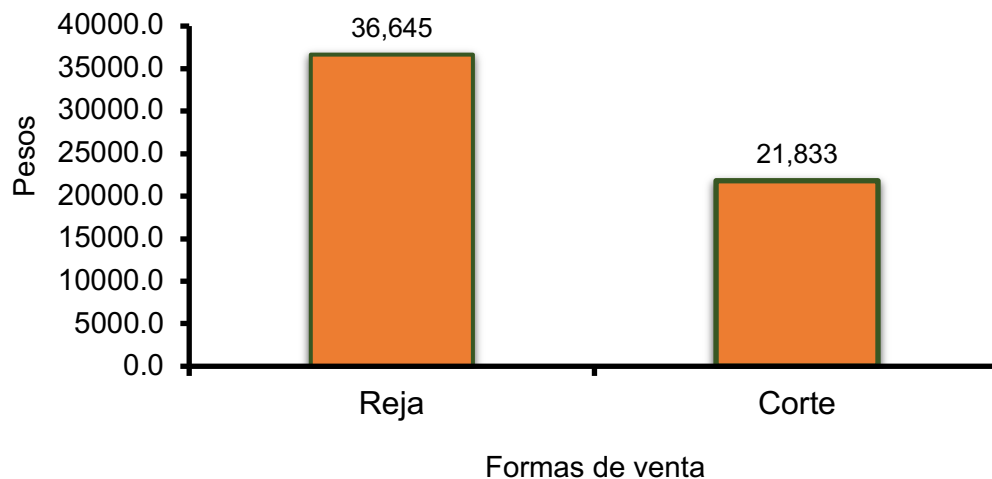


Figura 12. Precio promedio de venta del mango Ataulfo en la Depresión Central de Chiapas.

## V. CONCLUSIONES

- La Depresión Central de Chiapas, tiene áreas con potencial para el establecimiento y producción de limón Persa y mango Ataulfo, debido a que cuenta con grupos de suelo adecuados; Phaeozem 186885 ha, Luvisol 225,730 ha y Cambisol 132,021 ha, siendo un total de 544,636 ha de superficie con potencial productivo, que corresponde a 27.4 % de la superficie total de la Depresión Central (1,985,409 ha); por condiciones de retención de humedad, asciende a 689,983.49 ha.
- Las condiciones de temperatura, precipitación y grados día desarrollo existentes son adecuadas para cubrir las necesidades del limón Persa y mango Ataulfo para su crecimiento y desarrollo.
- La mayoría de los productores no realizan el control de plagas (71.6 %) y enfermedades (86 %), no fertilizan adecuadamente (100 %) y no realizan el manejo de poda (86 %), lo cual, repercute en los rendimientos.
- Aunque los productores no realizan el manejo adecuado de los cultivos, se considera que alcanzan rendimientos aceptables; en limón Persa 15.2 t ha<sup>-1</sup> y en mango Ataulfo 13.7 t ha<sup>-1</sup>, debido a que la mayoría de las plantaciones establecidas y que están en producción se encuentran en condiciones edafo-agroclimáticas adecuadas, pudiendo hasta duplicarse los rendimientos al darle un buen manejo a los cultivos.
- Los productores tienen problemas de comercialización de su producto, debido a que el 59 % venden con los intermediarios. En ese sentido no les pagan un precio justo a su producto.

Con las conclusiones anteriores se cubren los objetivos y se hacepta la hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación.

## 6. LITERATURA CITADA

- Aquino, C. M. G., C. H., Mazzoleni, H. S., Bertoni y F. J. R. Gattini. 2015. Zonificación agroecológica de rubros agropecuarios del Paraguay zafra 2013/2014. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Planificación. Unidad de Estudios Agroeconómicos. Asunción – Paraguay. p. 9.
- Benacchio, S.S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP-Centro Nal. de Inv. Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.
- Consejo Nacional del Sistema Producto Mango (CONASPROMANGO). 2012. *Plan Rector Nacional de Sistema Producto Mango. Comité Nacional Sistema Producto Mango*. Tecomán, Colima, México. 57 p.
- Corona, V. E. 2015. Factores que interfieren en la comercialización y producción de limón Persa (*Citrus latifolia*) en Cuitláhuac, Veracruz. Monografía, presentada como requisito para la obtención de licenciado en agronegocios internacionales. Veracruz, Veracruz. p. 27.
- Espinosa, J. y A. Roquera. 2007. Zonificación agroecológica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en las provincias de: Bolívar, Cotopaxi, Chimborazo y Tungurahua. Rev. Rumipamba, vol. 21(1): 54-56.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 1978. Report on the Agroecological zones project. Methodology and results for *Africa*. World resouerces, Report 48, Roma, Italia.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

2008. Base referencial mundial del recurso suelo. Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional. Informe sobre recursos mundiales de suelos. Roma. Italia. 117 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2009. Guía para la descripción de suelos. 4ª. Edición. Roma Italia. pp. 51-52.

Gamboa, P. J. R. y M. J. Mora. 2010. Guía para el cultivo del mango (*Mangifera Indica* L.) en Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). San José Costa Rica. p. 22.

García, D. B. K. 2014. “Estudio de mercado y prefactibilidad del cultivo de limón tahiti (*Citrus aurantifolia*) en la provincia de Santa Elena”. Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. Guayaquil – Ecuador. p. 10.

García-Serrano, J. P., M. J. J. Lucena, C. S. Ruano y G. M. Nogales. 2010. *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. España. P 20-21.

Gil, V. L. F., C. Á. M. Arcila, M. R. A. Achury, B. M. C. Sanabria, B. H. Arias y L. K. Y Baquero. 2013. Guía de campo para la identificación y manejo de enfermedades y plagas en el cultivo de mango. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA. ISBN: 978-958-740-136-3. Colombia. 35 p.

González C. F. 2011. Compilación bibliográfica del limón persa (*Citrus latifolia*). Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. Orizaba, Veracruz. pp. 21, 50, 51.

González, A. I. J., C.J. A. Ruiz, P. R. A. Martínez, M K. F. Byerly, H.L. Mena y G. J. A. Osuna. 2002. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el municipio de Jala, Nayarit. Folleto de investigación Num. 9. SAGARPA-INIFAP Campo Experimental Santiago Ixcuintla. 49 p.

- Guelfi, M. y C. López-Vázquez. 2015. Comparación del Método de Thiessen con alternativas más simples mediante Simulación de Monte Carlo<sup>1</sup>. Revista Cartográfica 91. Consultado el 23 de junio del 2018 en:  
<http://redgeomatrica.rediris.es/redlatingeo/2015/2015ComparacionDelMetodoDeThiessenConAlternativasMasSimplesMedianteSimulacionDeMonteCarlo.pdf>
- Hancock, J. A. y G. H. Hargreaves. 1977. Precipitación, clima y potencial para la producción agrícola en Costa Rica. Univ. Estado de UTAH, PIADIC-IICAROCAP. p.136.
- Hargreaves, G. H. 1977. *Moisture Availability and Crop Production*. TRANSACTIONS of the ASAE 18, 980–984.
- Herbert, R. M. 2009. La inocuidad alimentaria en el Mercado mexicano de limón persa (*Citrus latifolia Tanaka*). Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de doctora en ciencias. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. México. 31 p.
- Huete, M. y S. Arias. 2007. Manual para la producción de mango. USAID-RED. Proyecto de Diversificación Económica Rural. La Lima, Cortes, Honduras. pp. 4-34.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2017. *Anuario estadístico del estado de Chiapas*. Aguascalientes, Aguascalientes.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2015. Manual de Capacitación de riego por goteo. Programa de Servicios Agrícolas Provinciales, PROSAP/UCAR. Argentina. p. 22.
- Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria (IFAPA). 2015. El

cultivo del mango, *Mangifera indica*, y su comportamiento frente a las condiciones ambientales y de manejo. República de Colombia. Boletín mensual Num. 31.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2017. Agenda Técnica Agrícola Tabasco. Ciudad de México. p. 55.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos, 2da. Edición. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Libro Técnico Núm. 3, ISBN: 978-607-37-0188-4. pp. 291, 318, 329-330.

Lasso, B., G. Cruz, P. Haro. 2011. *Zonificación agroecológica de tres cultivos estratégicos (Maíz, *Zea mays*; Arroz, *Oryza sativa*; Caña de azúcar, *Saccharum officinarum*) en catorce cantones de la cuenca baja del río Guayas, Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN), Venezuela.*

Martínez, B. M., E. A. Sandoval, C. M. E. Ovando, G. G. López y B. M. Alonso 2014. Manejo fitosanitario y fertilización del cultivo de mango en la costa de Oaxaca. SAGARPA-INIFAP. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur Campo Experimental Rosario Izapa. Tapachula, Chiapas. Folleto para productores No. 27. p.26.

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. 2014. Zonificación agroecológica económica del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en el Ecuador a escala 1:250.000. Resumen ejecutivo. Quito – Ecuador.

Mederos, O. E. 1988. Fruticultura. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 123 p.

- Medina, R. J., Y. Himeur, Z. J. L. Romero, V. C. Zúñiga, y P. L. Alvarado. 2005. Manual de operación y mantenimiento de un sistema de riego por goteo. PREDES. Centro de Estudios y Prevención de Desastres. San Isidro Lima, Perú. 26 p.
- Medina, T. R., G. S. Salazar, B. R. Valdivia y M. E. Martínez. 2012. *Fenología de la floración y ciclos reproductivos del Nanche [Byrsonima crassifolia (L.) HBK] en Nayarit*. Universidad y Ciencia, Trópico húmedo. 28(3):259-269.
- Mora, M. J., P. J. Gamboa y M. R. Elizondo. 2002. Guía para el cultivo del mango. INTA. San José, Costa Rica. 74 p.
- McMaster, G.S. y W.W. Wilhelm. 1997. Growing degree-days: one equation, two interpretations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 87(4): 291–300.  
Consultado el 23 de junio del 2018 en:  
<http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/aplicaciones/ucalor.aspx>
- Padrón-Chávez, J. E. y M. A. Rocha-Peña. 2007. La poda de los cítricos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pesqueras. Centro de Investigación Regional del Norte. Campo Experimental General Terán. Folleto Técnico No. 7. Nuevo León. México. pp. 1-2.
- Pat-Fernández, V. G., I. Caamal-Cauich y Z. H. Caamal-Pat. 2017. Comportamiento y competitividad del mango de México en el mercado mundial. *Economía. Posgrado en Socioeconomía Estadística e Informática*. Colegio de Posgraduados. Texcoco de Mora, México. pp. 79-80.
- Pérez, E. y D. Geissert. 2006. *Zonificación agroecológica de sistemas agroforestales: el caso café (Coffea arabica L.) – palma camedor (Chamadorea elegans Mart)*, Caracas, Venezuela, *INCI*, Vol. 31(8).
- Pizarro, T. R., B.C. Ramírez y V. J. P. Flores. 2003. Análisis comparativo de cinco



métodos para la estimación de precipitaciones reales anuales en períodos extremos. Universidad de Talca, Casilla 721, Talca. Chile. Nota Técnica. BOSQUE 24(3): 32.

Prieto-Martínez, J. J., J. E. Covarrubias-Alvarado, A. Romero-Cadena y J. Figueroa-Viera. 2005. Paquete tecnológico para el cultivo de mango en el estado de Colima. Secretaria de Desarrollo Rural. Colima, Colima. 52 p.

Purseglove, J. W. 1987. Tropical crops: Dicotyledons. Longman Scientific and Technical. Singapore. 719 p.

Rodríguez, C. M., B. M. Guerrero y R. Sandoval. 2002. Cultivo de mango. Guía Técnica. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. San Salvador. El Salvador. p. 18.

Ruiz, R. R., H. G. V. Vela y L. R. G. Moreno. 2017. Exportación de cítricos mexicanos, alternativas para el mercado de exportación. Horizontes de la Contaduría en las Ciencias Sociales. Año 3, Número 6. México. pp. 77, 84.

Sánchez, P. R. 2005. Cultivo del Limón Persa (*Citrus latifolia* L.) y sus Principales Plagas y Enfermedades. Monografía. Saltillo, Coahuila, México. p. 19.

SAGARPA-INIFAP. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos, 2da. Edición. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Libro Técnico Núm. 3, ISBN: 978-607-37-0188-4. pp. 291, 318.

SAG-PNDA. 2014. Perfil de mercado del limón Persa (*Citrus latifolia*). Gobierno de la República de Honduras. p.4.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2015. Agenda Técnica Agrícola de Colima. 2da. Edición. México D. F. pp. 152-155.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2016. Cítricos, limón, naranja y toronja Mexicanos. Plan Agrícola Nacional 2016-2030. p. 1.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2017. Mango mexicano. Plan Agrícola Nacional 2016-2030. pp. 2-4.

*SENASICA-SAGARPA, 2012. Ficha Técnica HLB Huanglongbing. Colegio de Postgraduados. Diseminación de bacterias, virus y viroides mediante semillas, portainjertos, varetas y plantas. Biociencia, S. A. de C. V. y Principales plagas de cítricos en el estado de Sonora. Campo Experimental Costa de Hermosillo INIFAP. Consultado el 7 de septiembre del 2018 en: <http://www.inforural.com.mx/citricos-plaga-y-enfermedades/>*

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2017. Avance de siembras y cosechas. Resumen Nacional por estado. SAGARPA.

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. Avance de siembras y cosechas. Resumen Nacional por estado. SAGARPA.

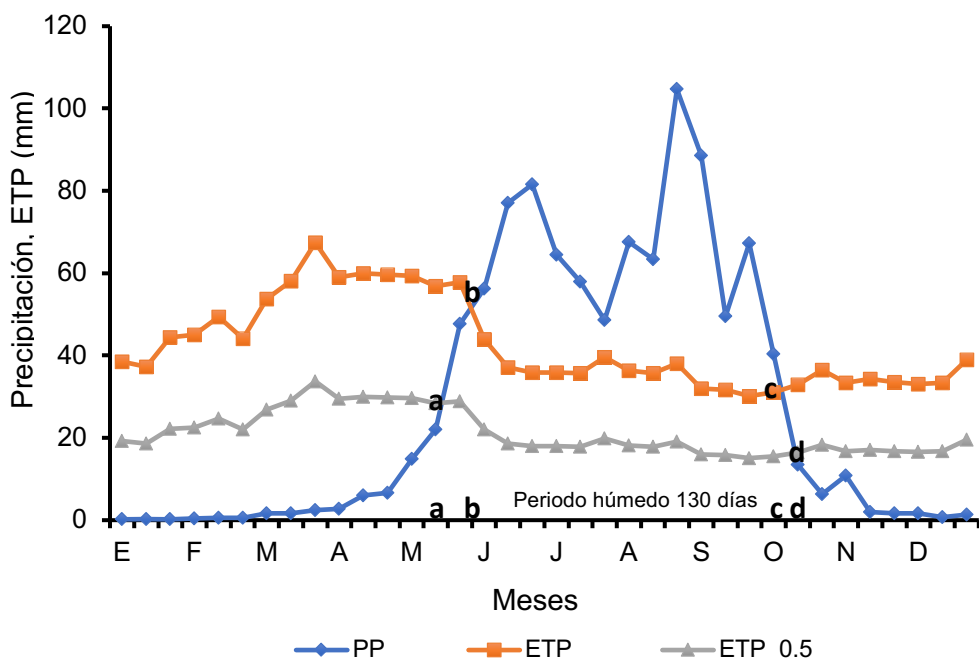
Thiessen, A. 1911. "Precipitation averages for large áreas". Monthly Weather. Rview, 39(7): pp.1082-1084.

Tucuch, C. F. M., P. A. Palacios, N. R. Ku y E. C. Guzmán. 2005. Manejo del cultivo de mango en Campeche. INIFAP. SAGARPA. Folleto Técnico. Campeche, Campeche. p. 21.

Valladares, A. L. P. 2015. Implementación del cultivo de limón Persa en la finca Gibraltar, Chiquimulilla, Santa Rosa (2006-2011) Campus Central Guatemala de la Asunción, estudio de caso. p. 5.

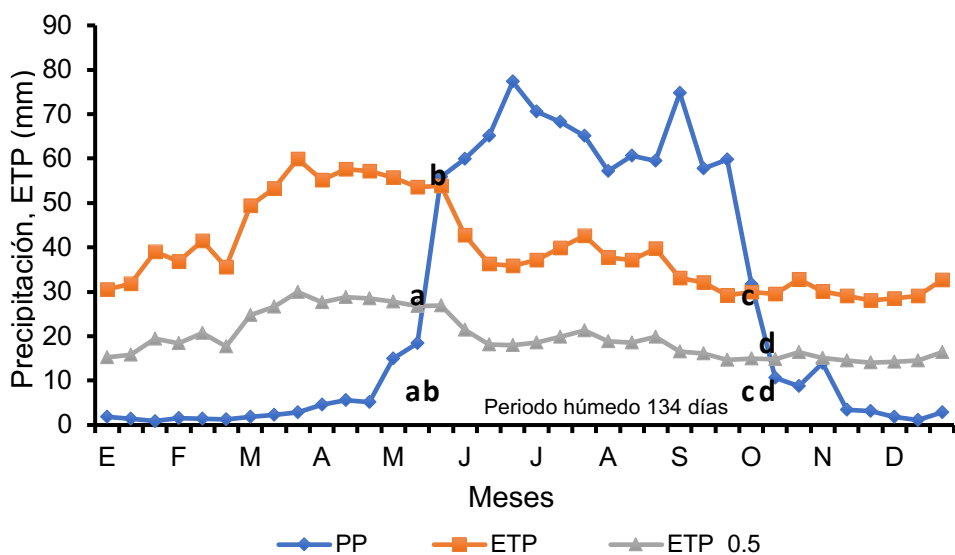
- Vegas R. U. y C. M. Narrea. 2011. Manejo integrado del limón. Jornada de Capacitación” Unalm – Agrobanco. Cieneguillo – Sullana – Piura. Perú. p. 6.
- Venegas, M. J. 2002. Guía Técnica del Cultivo del Limón Pérsico. Programa Nacional de Frutas del Salvador. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Nueva San Salvador. pp. 5-25.
- UNODC. 2017. Manual para el productor. Poda de cítricos. Manejo Integral de Recursos Naturales en el trópico de Cochabamba y los Yungas de La Paz – Bolivia. 28 p.
- University of Florida. 1990. Publicación de Horticultural Sciences. Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida.

## 7. ANEXO



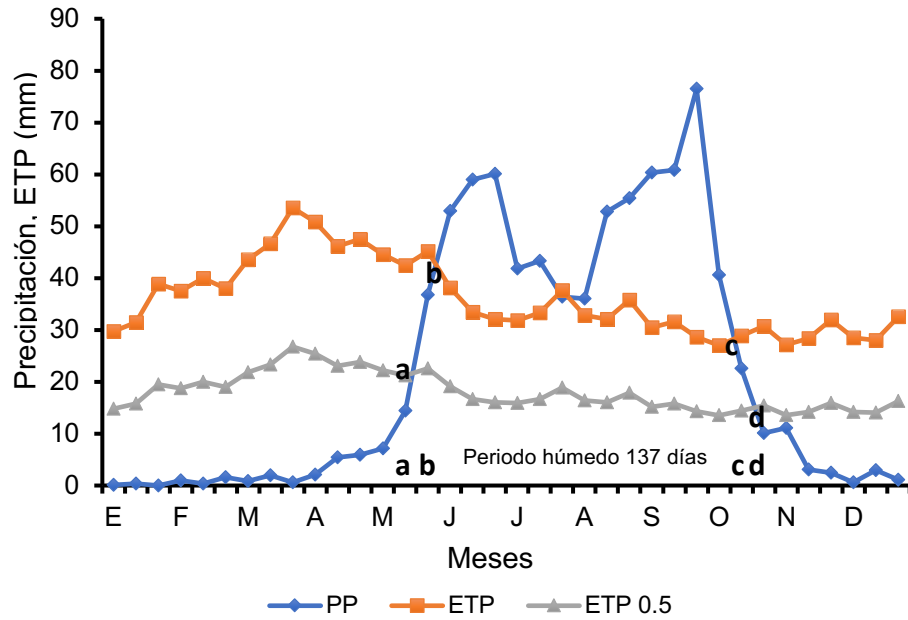
a = inicio de lluvias (18 de mayo); b = inicio del periodo húmedo (30 de mayo); c = fin del periodo húmedo (7 de octubre); d = fin de lluvias (12 de octubre) y b-c = duración del periodo húmedo

Figura A1. Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Puente Colgante del municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas.



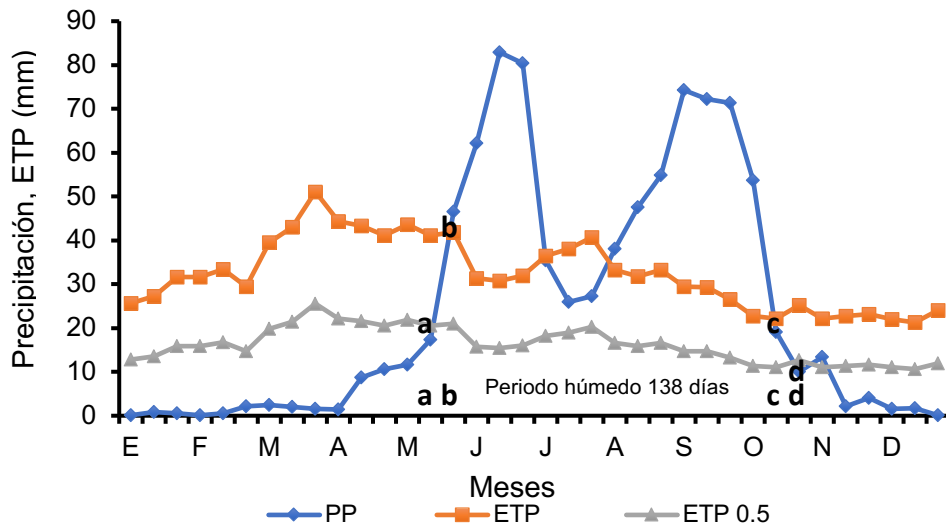
a = inicio de lluvias (17 de mayo); b = inicio del periodo húmedo (25 de mayo); c = fin del periodo húmedo (6 de octubre); d = fin de lluvias (12 de octubre) y b-c = duración del periodo húmedo.

Figura A2. Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Las Flores del municipio de Jiquipilas, Chiapas.



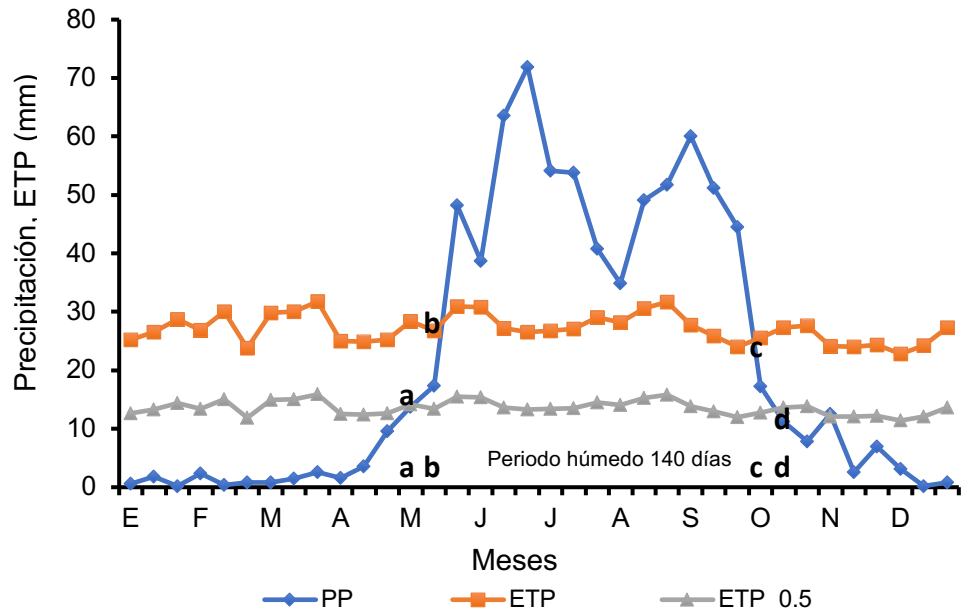
a = inicio de lluvias (18 de mayo); b = inicio del periodo húmedo (28 de mayo); c = fin del periodo húmedo (12 de octubre); d = fin de lluvias (22 de octubre) y b-c = duración del periodo húmedo

Figura A3. Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Villa de Chiapilla del municipio de Chiapilla, Chiapas.



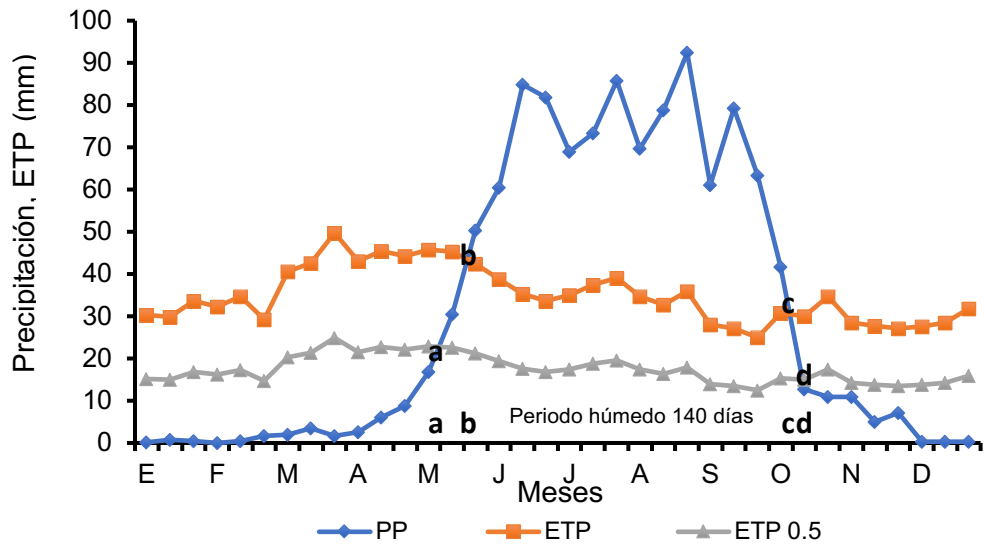
a = inicio de lluvias (14 de mayo); b = inicio del periodo húmedo (27 de mayo); c = fin del periodo húmedo (12 de octubre); d = fin de lluvias (24 de octubre) y b-c = duración del periodo húmedo.

Figura A4. Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática La Mesilla del municipio de Tzimol, Chiapas.



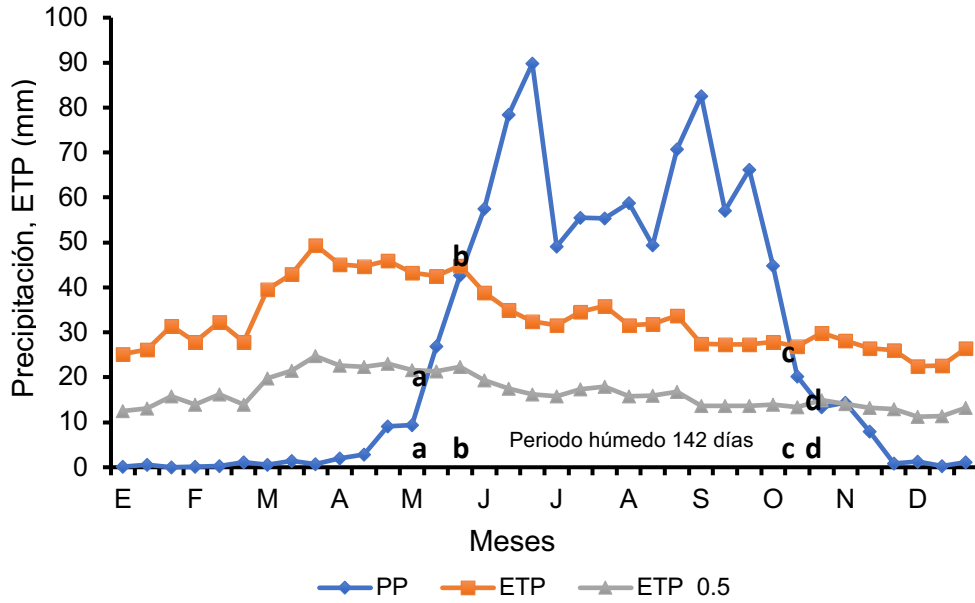
a = inicio de lluvias (6 de mayo); b = inicio del periodo húmedo (18 de mayo); c = fin del periodo húmedo (5 de octubre); d = fin de lluvias (14 de octubre) y b-c = duración del periodo húmedo.

Figura A5. Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática La providencia del municipio de Cintalapa, Chiapas.



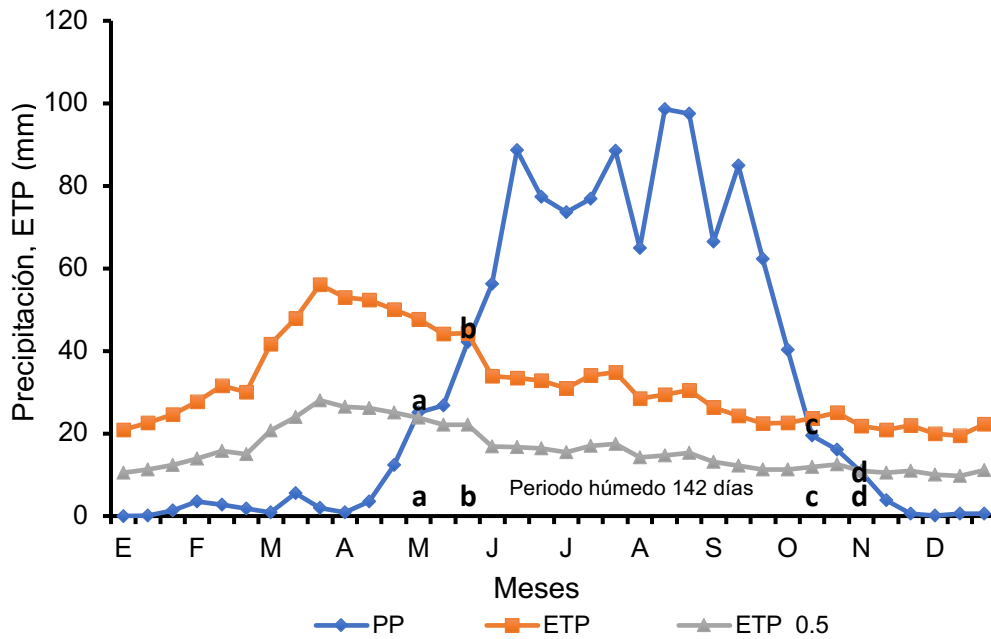
a = inicio de lluvias (8 de mayo); b = inicio del periodo húmedo (22 de mayo); c = fin del periodo húmedo (9 de octubre); d = fin de lluvias (13 de octubre) y b-c = duración del periodo húmedo

Figura A6. Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Villaflores (SMN) del municipio de Villaflores, Chiapas.



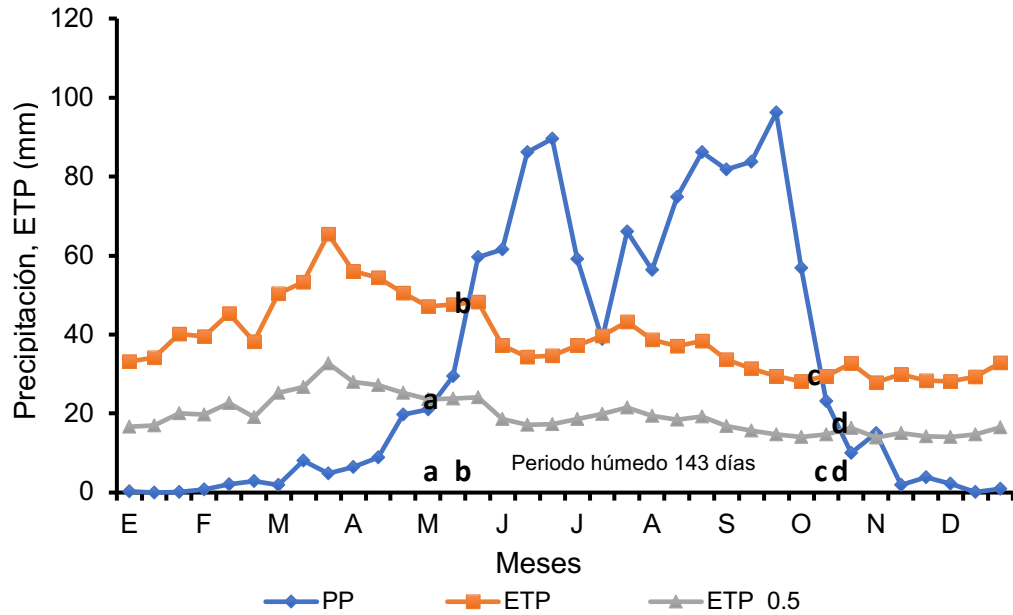
a = inicio de lluvias (10 de mayo); b = inicio del periodo húmedo (23 de mayo); c = fin del periodo húmedo (12 de octubre); d = fin de lluvias (23 de octubre) y b-c = duración del periodo húmedo.

Figura A7. Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Acala del municipio de Acala, Chiapas.



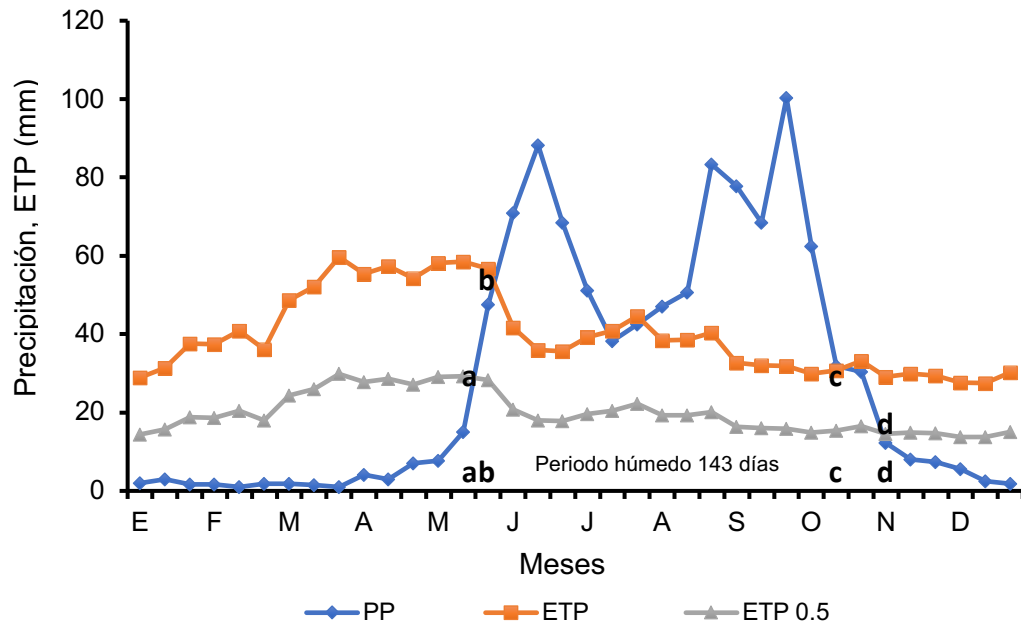
a = inicio de lluvias (4 de mayo); b = inicio del periodo húmedo (25 de mayo); c = fin del periodo húmedo (14 de octubre); d = fin de lluvias (5 de noviembre) y b-c = duración del periodo húmedo

Figura A8. Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Revolución Mexicana del municipio de Villa Corzo, Chiapas.



a = inicio de lluvias (8 de mayo); b = inicio del periodo húmedo (22 de mayo); c = fin del periodo húmedo (12 de octubre); d = fin de lluvias (21 de octubre) y b-c = duración del periodo húmedo

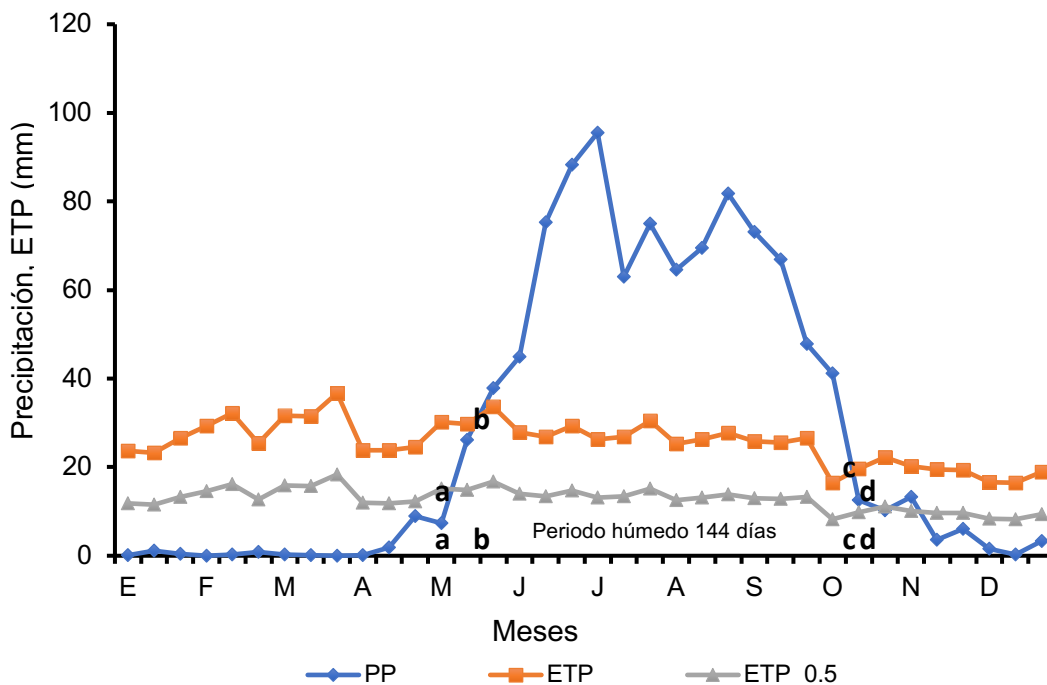
Figura A9. Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Cascajal del municipio de Venustiano Carranza, Chiapas.



a = inicio de lluvias (20 de mayo); b = inicio del periodo húmedo (25 de mayo); c = fin del periodo húmedo (15 de octubre); d = fin de lluvias (5 de noviembre) y b-c = duración del periodo húmedo

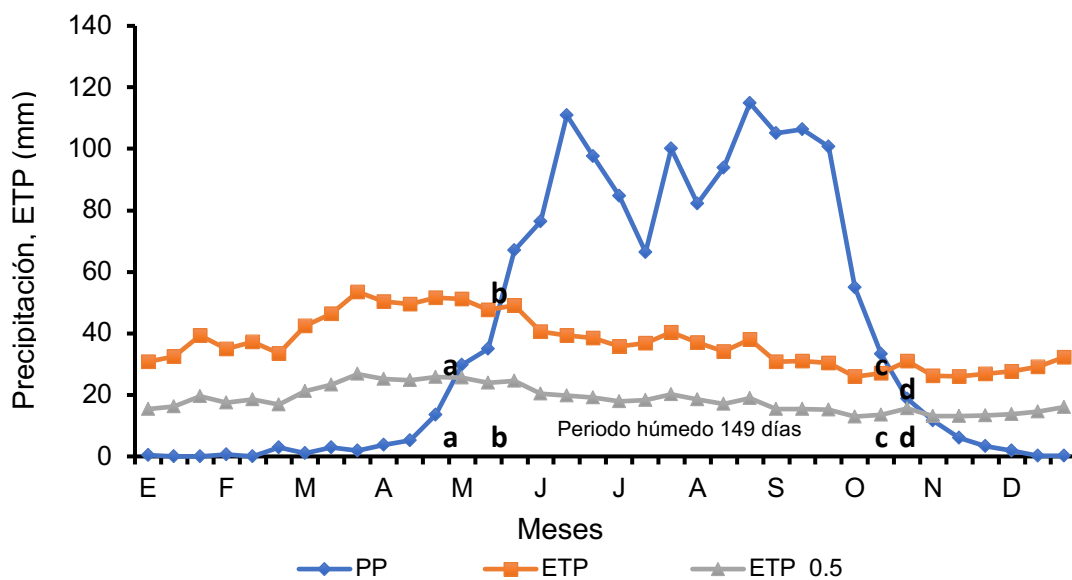
Figura A10. Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Aquespala del municipio de Frontera Comalapa, Chiapas.





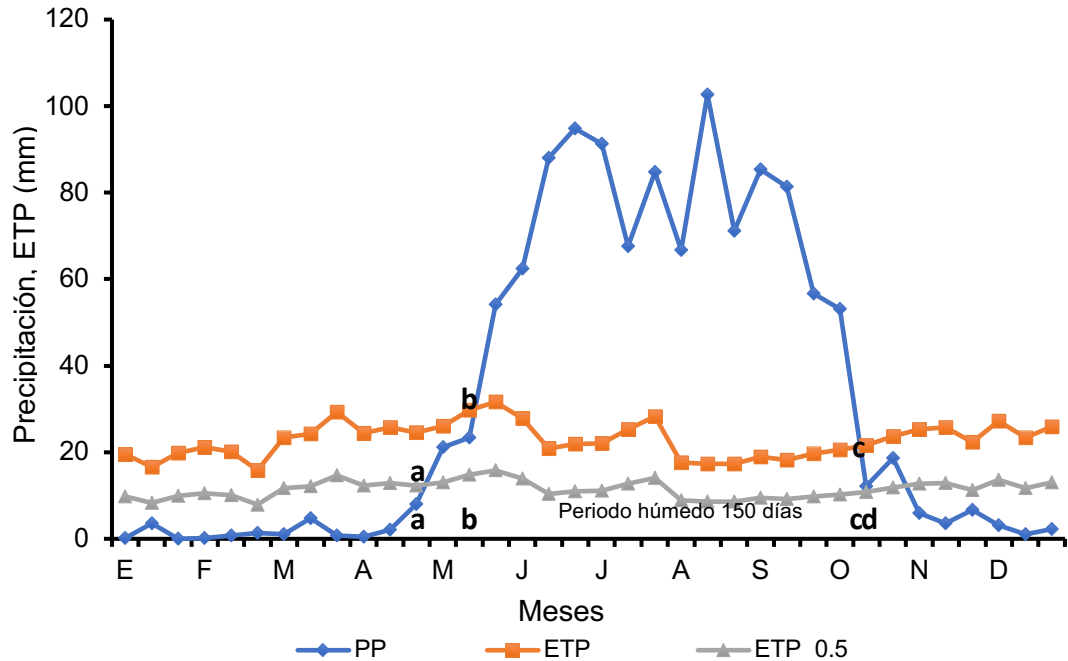
a = inicio de lluvias (9 de mayo); b = inicio del periodo húmedo (21 de mayo); c = fin del periodo húmedo (12 de octubre); d = fin de lluvias (20 de octubre) y b-c = duración del periodo húmedo.

Figura A11. Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Finca Ocotlan del municipio de Villaflores, Chiapas.



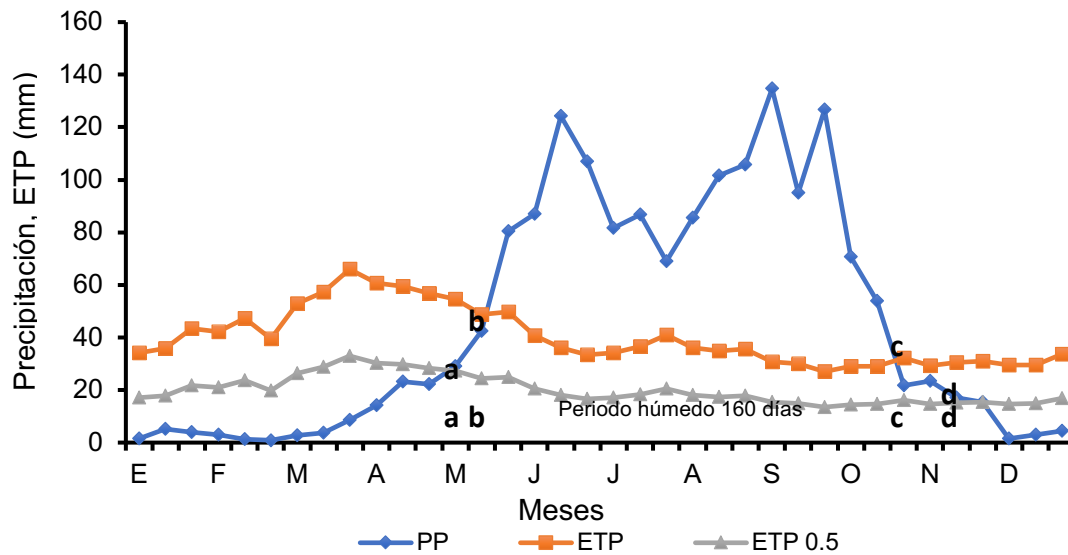
a = inicio de lluvias (3 de mayo); b = inicio del periodo húmedo (20 de mayo); c = fin del periodo húmedo (16 de octubre); d = fin de lluvias (25 de octubre) y b-c = duración del periodo húmedo

Figura A12. Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Benito Juárez del municipio de La Concordia, Chiapas.



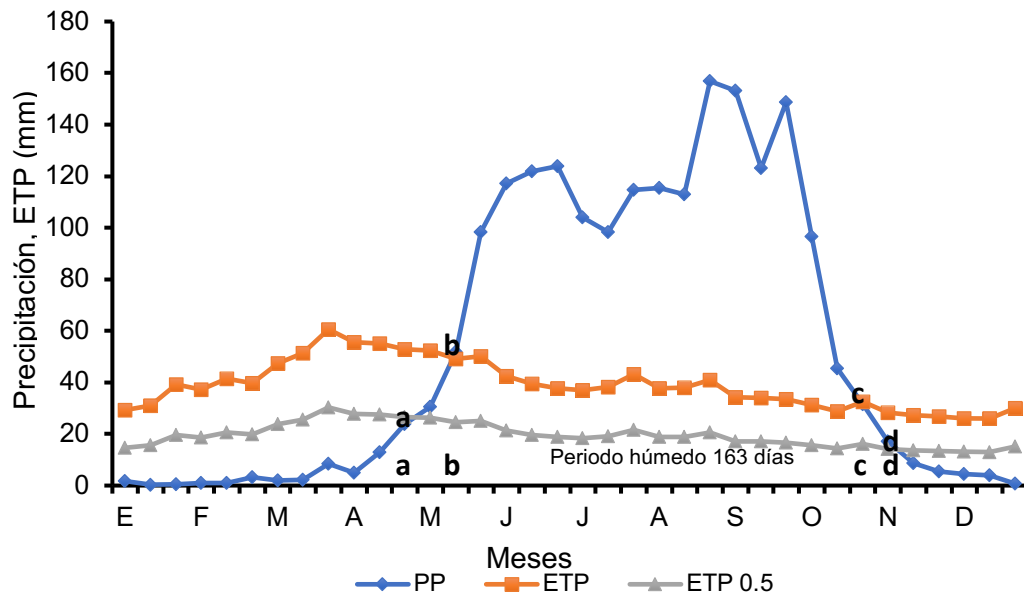
a = inicio de lluvias (26 de abril); b = inicio del periodo húmedo (15 de mayo); c = fin del periodo húmedo (12 de octubre); d = fin de lluvias (14 de octubre) y b-c = duración del periodo húmedo

Figura A13. Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Ursulo Galván del municipio de Villaflores, Chiapas.



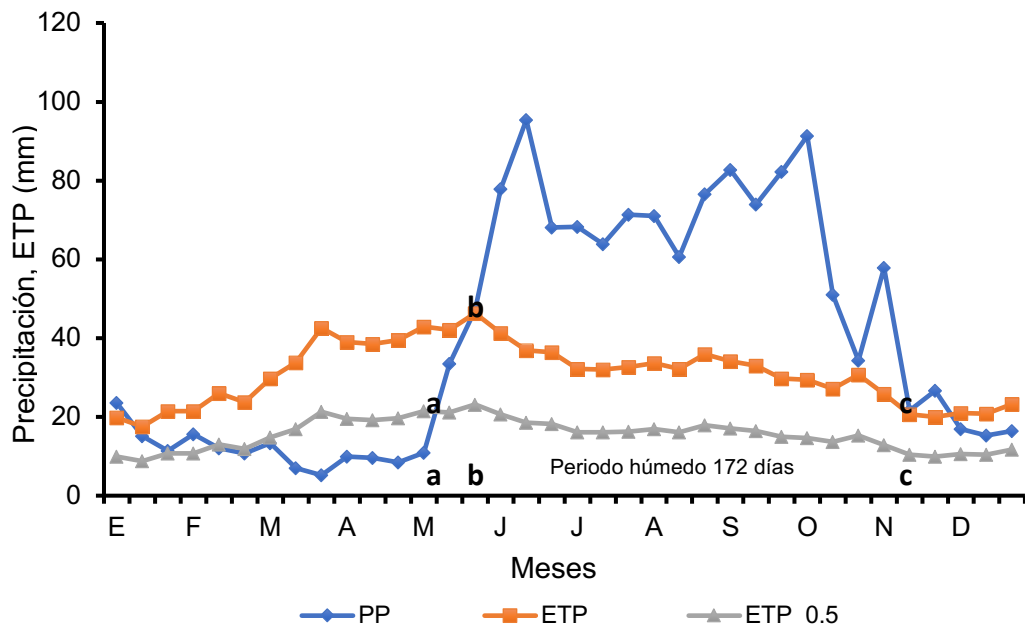
a = inicio de lluvias (5 de mayo); b = inicio del periodo húmedo (13 de mayo); c = fin del periodo húmedo (21 de octubre); d = fin de lluvias (14 de noviembre) y b-c = duración del periodo húmedo

Figura A14. Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Santo Domingo (CFE) del municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas.



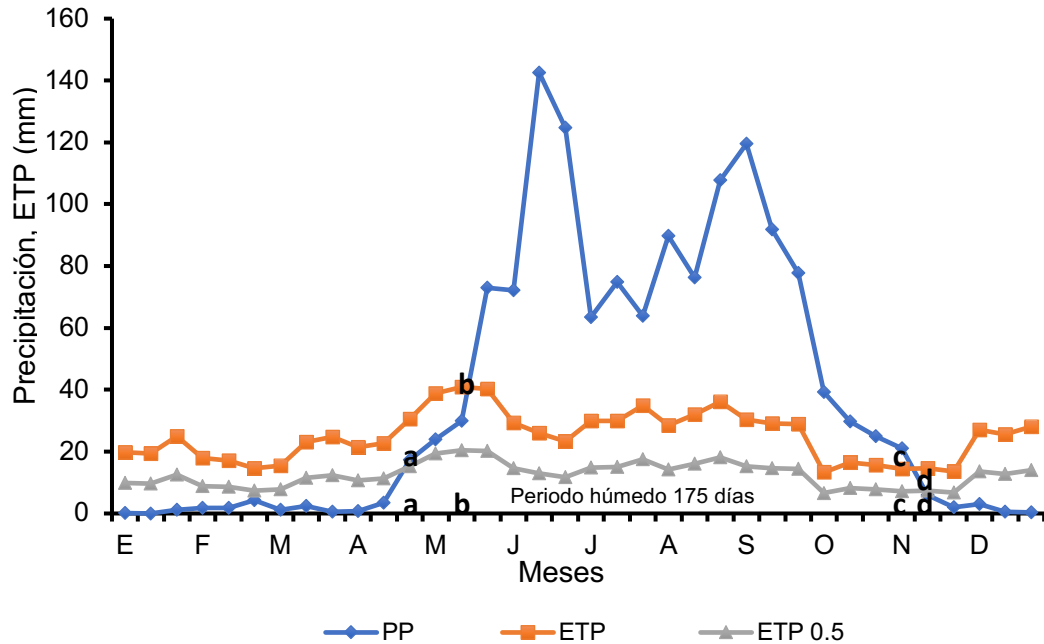
a = inicio de lluvias (28 de abril); b = inicio del periodo húmedo (12 de mayo); c = fin del periodo húmedo (22 de octubre); d = fin de lluvias (10 de noviembre) y b-c = duración del periodo húmedo

Figura A15. Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Jaltenango del municipio de Ángel Albino Corzo, Chiapas.



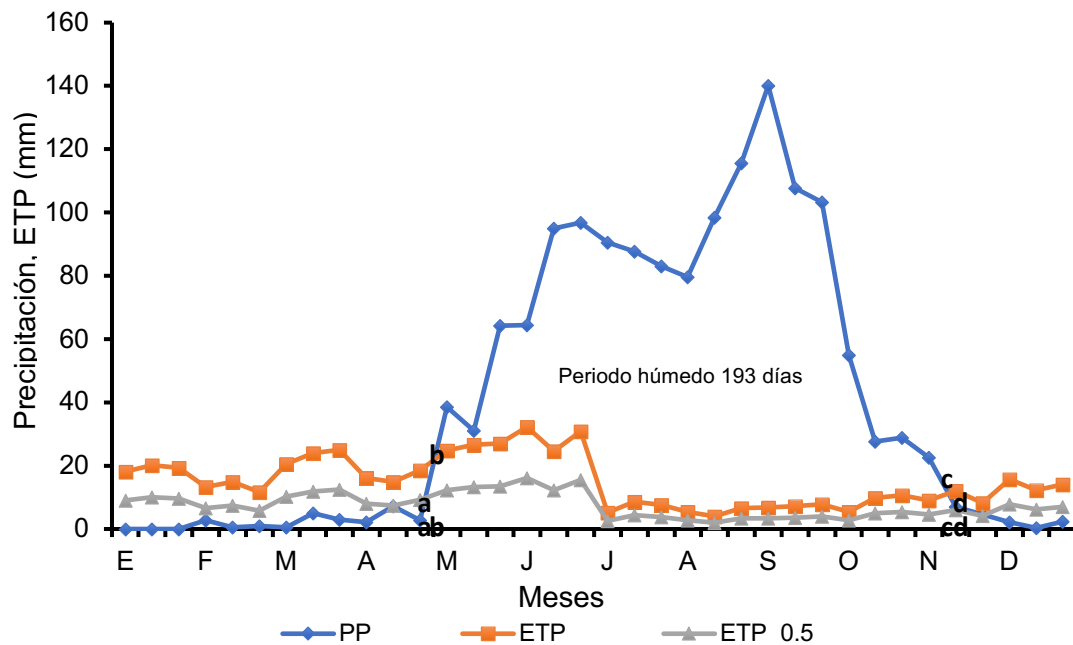
a = inicio de lluvias (9 de mayo); b = inicio del periodo húmedo (24 de mayo); c = fin del periodo húmedo (12 de noviembre); d = fin de lluvias indefinido y b-c = duración del periodo húmedo

Figura A16. Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática La Libertad del municipio de Jiquipilas, Chiapas.



a = inicio de lluvias (26 de abril); b = inicio del periodo húmedo (15 de mayo); c = fin del periodo húmedo (6 de noviembre); d = fin de lluvias (13 de noviembre) y b-c = duración del periodo húmedo

Figura A17. Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Flores Magón del municipio de Venustiano Carranza, Chiapas.



a = inicio de lluvias (29 de abril); b = inicio del periodo húmedo (3 de mayo); c = fin del periodo húmedo (12 de noviembre); d = fin de lluvias (16 de noviembre) y b-c = duración del periodo húmedo

Figura A18. Periodo de crecimiento promedio de 30 años (1986-2016) en la estación climática Monterrey del municipio de Villa Corzo, Chiapas.

Cuadro A1. Requerimientos del cultivo del limón, según diferentes investigadores e instituciones.

pH Autor	Temperatura (°C) Autor	Precipitación (mm) anuales Autor	Altura (m) Autor	Horas luz Anual Autor
5.5 a 6.5 CENTA, 2002.	22 a 28 SAGARPA, 2015.	1200 a 2000 SAGARPA, 2015.	200 a 900 SAGARPA, 2015.	1,600 a 2,000 Baradas, 1994; Sánchez, 2005.
5.5 a 6.5. González, 2011.	28 Méndez, 2003.	900 a 1200 Méndez, 2003.	50 a 800 Vegas y Narrea, 2011.	1,600 a 2,000 González, 2011.
5.6 a 6.8 SEDESOL, 2006.	28 °C SEDESOL, 2006.	400 a 1200 SEDESOL, 2006.	500-1000 Benacchio, 1982.	1,971 Jiménez, 2012.
5.5 y 8.5, Óptimo 5.5 a 7 FAO, 1994.	13-35 Óptima 23-30 Baradas, 1994.	900-1600 Benacchio, 1982.	500 a 1,800 Doorembos y Kassam, 1979.	
5.5 y 8.5, Óptimo 5.5 a 7.0. Venegas, 2002.	Optima 22 a 28 Mínima de 17.6 Máxima 38.6 Venegas, 2002.	900 a 1,200 Venegas, 2002	20 a 900 Venegas, 2002	
Promedio: 6.2 Rango: 5.5 a 8.5	Promedio: 26.5 Rango: 13 a 38.6	Promedio: 1150 Rango: 400 a 2000	Promedio: 667 Rango: 20-1800	Promedio: 1,800

Cuadro A2. Requerimientos del cultivo de mango Ataulfo, según diferentes investigadores e instituciones.

pH Autor	Temperatura (°C) Autor	Precipitación (mm) anuales Autor	Altura (m) Autor	Horas luz Anual Autor
5.5 y 6.5. Galán, 1999.	Óptima: 24 y 27 <i>R.D.S.M, A. C.,</i> 2003.	Ideal 1000 No mayor a 1500	0 – 600 <i>R.D.S.M, A. C.,</i> 2003.	2000 Maderos, 1988.
5-7 Benacchio, 1982.	20 a 25 Ibar, 1979; Mata y Mosqueda, 1998 y Ochse, <i>et al.</i> , 1985; Mata y Mosqueda, 1983 y Ochse, <i>et al.</i> , 1985.	Mayor a 1000 Ibar, 1979; Mata y Mosqueda, 1998 y Ochse, <i>et al.</i> , 1985; Mata y Mosqueda, 1983 y Ochse, <i>et al.</i> , 1985.	0 – 600 Ibar, 1979; Mata y Mosqueda, 1998 y Ochse, <i>et al.</i> , 1985; Mata y Mosqueda, 1983 y Ochse, <i>et al.</i> , 1985.	2113 ASOCIACIÓN HORTIFRUTÍCOLA DE COLOMBIA ASOHOFrucOL, 2013.
5 y 7.5 Mederos, 1988.	Rango 24 a 32 Óptimo 20 y 27 Maderos, 1988.	Óptimo 1000 a 1500 1200 Mora <i>et al.</i> , 2002; Mostert, 1997.	0 a 1200 Mejor en alturas inferiores a 600 (Purseglove, 1987). 0-600 Mederos, 1988; Benacchio, 1982.	
Óptimo de 6.5 Purseglove, 1987; FAO, 1994. 5.5 y 7 Mora <i>et al.</i> , 2002. 6.3	Ideal entre los 22°C y 33°C Huete y Arias, 2007.	700 y 1500mm Huete y Arias, 2007.	Por debajo de 800 Huete y Arias, 2007.	
Promedio: 6.2 Rango: 5-7.5	Promedio: 24.8 Rango: 20-33	Promedio: 1150 Rango: 700- 1500.	Promedio: 366 Rango: 0-600	Promedio: 2056.5

Cuadro A3. Resultados del análisis de suelo en limón Persa y mango Ataulfo en la Depresión Central de Chiapas.

Clave-Localidad-No. Muestra-Municipio	Materia Orgánica (%)	Clasificación de % M.O.	% N total	Clasificación de % NT
LP <sup>1</sup> - Ambar Echeverría (1)- La Concordia	2.03	Medio	0.10	Medio
LP <sup>1</sup> - Ámbar Echeverría (2)- La Concordia	2.05	Medio	0.10	Medio
LP <sup>1</sup> - Querétaro (3)- Angel Albino Corzo	2.91	Medio	0.15	Alto
LP <sup>1</sup> - Querétaro (4)- Angel Albino Corzo	4.76	Alto	0.24	Alto
LP <sup>1</sup> - Dr.Rodulfo Figueroa (5)- F. Comalapa	1.48	Bajo	0.07	Bajo
LP <sup>1</sup> -20 de Abril (6)- Trinitaria	2.33	Medio	0.12	Medio
LP <sup>1</sup> - Nvo. Llano grande (7)- Trinitaria	1.91	Medio	0.10	Medio
LP <sup>1</sup> - Acala (8)- Acala	0.91	Bajo	0.05	Bajo
LP <sup>1</sup> - Acala (9)- Acala	2.91	Medio	0.15	Alto
LP <sup>1</sup> - Chiapa de Corzo (10)- Chiapa de C.	1.19	Bajo	0.06	Bajo
LP <sup>1</sup> - Chiapa de Corzo (11)- Chiapa de C	2.48	Medio	0.12	Medio
LP <sup>1</sup> - Villa hidalgo (12)- Villaflores	0.91	Bajo	0.05	Bajo
LP <sup>1</sup> - 16-Sept. (13)- Villaflores	1.91	Medio	0.10	Medio
LP <sup>1</sup> - Villaflores (14)- Villaflores	1.48	Bajo	0.07	Bajo
LP <sup>1</sup> - Benito Juárez (15)- Villaflores	1.19	Bajo	0.06	Bajo
LP <sup>1</sup> - Rev. Mexicana (16)- Villa Corzo	2.62	Medio	0.13	Medio
LP <sup>1</sup> - 1ro. de Mayo (17)- Villa Corzo	1.19	Bajo	0.06	Bajo
LP <sup>1</sup> - 1ro. de Mayo (18)- Villa Corzo	0.62	Bajo	0.03	Muy bajo
LP <sup>1</sup> - 1ro. de Mayo (19)- Villa Corzo	1.17	Bajo	0.06	Bajo
MA <sup>2</sup> - Benito Juárez (1)- La Concordia	2.01	Medio	0.10	Medio
MA <sup>2</sup> - Benito Juárez (2)- La Concordia	2.69	Medio	0.13	Medio
MA <sup>2</sup> -Independencia (3)- La Concordia	2.01	Medio	0.10	Medio
MA <sup>2</sup> - Ambar Echeverria (4)- La Concordia	2.01	Medio	0.10	Medio
MA <sup>2</sup> - Chamic (5)- Frontera Comalapa	2.14	Medio	0.11	Medio
MA <sup>2</sup> - Rivera Cupasmi (6)- Chiapa de Corzo	3.24	Medio	0.16	Alto
MA <sup>2</sup> - J.Ma-Garza (7)- Villaflores	1.87	Medio	0.09	Bajo
MA <sup>2</sup> - 16 Septiembre (8)- Villaflores	1.19	Bajo	0.06	Bajo
MA <sup>2</sup> -Rancheria Mguel H. (9)- Villaflores	2.28	Medio	0.11	Medio
MA <sup>2</sup> -Sec. Téc 7 (10)- Villa Corzo	2.01	Medio	0.10	Medio
MA <sup>2</sup> - Rev.-Mex. (11)- Villa Corzo	1.46	Bajo	0.07	Bajo
MA <sup>2</sup> - Rev. Mex. (12)- Villa Corzo	1.32	Bajo	0.07	Bajo
MA <sup>2</sup> - 1ro. de Mayo (13)- Villa Corzo	1.19	Medio	0.10	Medio
MA <sup>2</sup> - 1ro. de Mayo (14)- Villa Corzo	1.73	Medio	0.09	Bajo
MA <sup>2</sup> - 1ro. de Mayo (15)- Villa Corzo	2.56	Medio	0.13	Medio

LP<sup>1</sup> Limón Persa MA<sup>2</sup> Mango Ataulfo

Cuadro A4. Resultados del análisis de suelo en limón Persa y mango Ataulfo en la Depresión Central de Chiapas.

Clave	pH	Grado de acidez	Arena	Arcilla	Limo	Textura	Da
LP-Ambar Echeverría (1)	4.98	Fuertemente ácido	51	25	24	Franco arcillo arenoso	1.32
LP-Ambar de Echeverría (2)	4.46	Fuertemente ácido	61	31	8	Franco arcillo arenoso	1.32
LP-Querétaro (3)	4.49	Fuertemente ácido	55	17	28	Franco arenoso	1.35
LP-Querétaro (4)	4.82	Fuertemente ácido	27	27	46	Franco	1.16
LP-R. Figueroa (5)	8.00	Medianamente alcalino	29	27	44	Franco	1.13
LP-20 de Abril (6)	8.19	Medianamente alcalino	3	73	24	Arcilloso	1.18
LP-Nvo. Llano grande (7)	8.00	Medianamente alcalino	3	71	26	Arcilloso	1.21
LP-Acala (8)	8.07	Medianamente alcalino	21	19	60	Franco limoso	1.26
LP-Acala (9)	6.75	Neutro	3	39	58	Franco arcillo limoso	1.22
LP-Chiapa de Corzo (10)	7.90	Medianamente alcalino	25	35	40	Franco arcilloso	1.25
LP-Chiapa de Corzo (11)	8.15	Medianamente alcalino	3	39	58	Franco arcillo limoso	1.09
LP-Villa Hidalgo (12)	4.56	Fuertemente ácido	57	19	24	Franco arenoso	1.38
LP-16 de Septiembre (13)	6.03	Moderadamente ácido	51	19	30	Franco	1.32
LP-Villaflores (14)	5.19	Moderadamente ácido	21	13	66	Franco limoso	1.28
LP-B. Juárez (15)	4.6	Fuertemente ácido	51	17	32	Franco	1.42
LP-Rev. Mexicana (16)	5.31	Moderadamente ácido	45	19	36	Franco	1.32
LP-1°. de Mayo (17)	4.89	Fuertemente ácido	15	15	70	Franco limoso	1.22
LP-1°. de Mayo (18)	5.02	Moderadamente ácido	21	13	68	Franco limoso	1.28
LP- 1°. de Mayo (19)	5.07	Moderadamente ácido	61	13	28	Franco arenoso	1.42
MA-B. Juárez (1)	5.34	Moderadamente ácido	57	33	10	Franco arcillo arenoso	1.34
MA-B. Juárez (2)	5.97	Moderadamente ácido	67	19	14	Franco arenoso	1.4
MA-Independencia (3)	6.41	Moderadamente ácido	35	25	40	Franco	1.32
MA-Ambar de Echeverría (4)	6.40	Moderadamente ácido	61	25	14	Franco arcillo arenoso	1.37
MA-Chamic (5)	6.59	Neutro	3	39	58	Franco arcillo limoso	1.28
MA-Rivera Cupasmi (6)	7.34	Neutro	3	49	48	Arcilla limosa	1.09
MA-J.Ma-Garza (7)	6.12	Moderadamente ácido	47	25	28	Franco	1.32
MA-16 Septiembre (8)	6.05	Moderadamente ácido	57	17	26	Franco arenoso	1.23
MA –R. Mguel. Hidalgo (9)	5.26	Moderadamente ácido	57	19	24	Franco arenoso	1.19
MA-Sec. Tec. 7 (10)	5.89	Moderadamente ácido	9	29	62	Franco arcillo limoso	1.22
MA -Rev-Mexicana (11)	4.41	Fuertemente ácido	21	19	60	Franco limoso	1.24
MA-Rev. Mexicana (12)	5.91	Moderadamente ácido	53	19	28	Franco arenoso	1.42
MA-1°. de Mayo (13)	5.21	Moderadamente ácido	51	31	18	Franco arcillo arenoso	1.39
MA-1°. de Mayo (14)	5.42	Moderadamente ácido	49	29	22	Franco arcillo arenoso	1.22
MA-1°. de Mayo (15)	5.32	Moderadamente ácido	25	35	40	Franco arcilloso	1.13



Cuadro A5: Productores y textura del suelo de las plantaciones de limón Persa y mango Ataulfo en la Depresión Central de Chiapas.

Clave	Nombre del productor	Textura del suelo
MA-BENITO JUAREZ(1)	Carlos Alberto Orantes Coutiño	Franco Arcillo Arenoso
MA-BENITO JUAREZ(2)	Carmen Gabriel Orantes Coutiño	Franco Arenoso
MA-INDEPEND-(3)	Victor Manuel Gómez Torres	Franco
MA-AMBAR DE E.(4)	David Perez Molina	Franco Arcillo Arenoso
MA-CHAMIC-(5)	Carlos Dominguez Jimenez	Franco Arcillo Limoso
MA-R.CUPASMI-(6)	Orbelin Flores Tipacamú	Arcillo Limoso
MA-J. MA. GARZA-(7)	Angel Javier Jimenz Espinosa	Franco
MA-16 SEPTIEMBR-(8)	Miguel Angel Gómez Chacon	Franco Arenoso
MA-R.MGUEL.HGO-(9)	José Federico Mendoza Estrada	Franco Arenoso
MA-SEC.TEC-(10)	Esc. Sec. Tec. No. 7	Franco Arcillo Limoso
MA-REV.MEX-(11)	Romeo Cruz Manzur	Franco Limoso
MA-REV.MEXI-(12)	Romeo Cruz Manzur	Franco Arenoso
MA- 1º. MAYO-(13)	Raul AcaCio Melchor Cordova	Franco Arcillo Arenoso
MA-1º. MAYO-(14)	Dagoberto Ramos Santos	Franco Arcillo Arenoso
MA-1º. MAYO-(15)	Parcela Ejidal 1o. Mayo	Franco Arcilloso
LP-AMBAR DE E.-(1)	Silvano Ramirez	Franco Arcillo Arenoso
LP-AMBAR DE E.-(2)	Rafael Gómez Aguilar	Franco Arcillo Arenoso
LP-QUERETARO-(3)	Genaro Hernández López	Franco Arenoso
LP-QUERETARO-(4)	Celin escalante Hdez.	Franco
LP-DR.R.FIGUEROA-(5)	Victoriano López López	Franco
LP-20 ABRIL-(6)	Lindoro Espinosa Alfaro	Arcilloso
LP-NVO.LLANO.GDE-(7)	Heriberto Ramírez	Arcilloso
LP-ACALA-(8)	Silvestre Perez Hdez.	Franco Limoso
LP-ACALA-(9)	Ramiro Masariegos Hdez.	Franco Arcillo Limoso
LP-CHIAPA DE C-(10)	Ausencio Molina Pavón	Franco Arcilloso
LP-CHIAPA DE C-(11)	Raul Molina Nanguse	Franco Arcillo Limoso
LP-VILLAHIDALGO(12)	Rene Espinosa Pola	Franco Arenoso
LP-16 SEPTIEMBR-(13)	Florencio Naturi Ruiz	Franco
LP-VILLAFLORES-(14)	Ariosto Galdámez Espinosa	Franco Limoso
LP-B.JUAREZ-VF(15)	Francisco López Altamirano	Franco
LP-REV.MEX-(16)	Isef Cruz Manzur	Franco
LP-1º. MAYO-(17)	Francisco Javier Castillejos Albores	Franco Limoso
LP-1º. MAYO-(18)	Neftali Ramos Cruz	Franco Limoso
LP-1º. MAYO-(19)	Dagoberto Ramos Santos	Franco Arenoso

Donde: MA = Mango Ataulfo; LP = Limón Persa

Cuadro A6. Área de influencia de las estaciones climáticas en los municipios y tipos de suelo inmersos.

Estación	Tipos de suelo (ha)			Municipios
	Phaeozem	Luvisol	Cambisol	
Acala	11,080	0	0	Acala y Chiapilla
Villa de Chiapilla	15,010	0	0	Chiapilla y Acala
El Boquerón	0	51,262	6,321	Suchiapa, Tuxtla Gutiérrez, Berriozabal y Villaflores
Finca Ocotlán	0	29,736	5,079	Villaflores y Ocozocuautila
Aquespala	26,316	0	12,757	Frontera Comalapa, Chicomuselo y Trinitaria
Flores Magón	27,230	0	3,468	Venustiano Carranza, Chiapa de Corzo, Acala, Chiapilla y La Concordia
La mesilla	11,617	0	4,540	Tzimol, Chicomuselo, Socoltenango, Trinitaria, V. Carranza, La Concordia
La Providencia	0	0	0	Cintalapa
Las Flores		21,075	28,655	Jiquipilas. Cintalapa y Ocozocuautila
Puente Colgante	17,481	11,167	0	Chiapa de Corzo, Tuxtla Gtz., Suchiapa y Berriozabal
Villaflores		2,822	37,833	Villaflores y Villa Corzo
Jaltenango	11,249	21,280	1,218	Ángel Albino Corzo, La Concordia y Chicomuselo
Monterrey		2,229	13,218	Villa Corzo y Villaflores
Benito Juárez	29,348	23,536		La Concordia
Santo Domingo	0	0	6,434	Chiapa de Corzo, Villaflores y Villa Corzo
La Libertad	0	21,143	3,841	Jiquipilas y Cintalapa
Rev. Mexicana	0	29,199	1,225	Villa Corzo
Ursulo Galván	0	12,281	1,855	Villaflores
Cascajal	37,554	0	5,577	Venustiano Carranza, Socoltenango y La Concordia
<b>Total</b>	<b>186,885</b>	<b>225,730</b>	<b>132,021</b>	