



GOBIERNO DEL
ESTADO DE
TABASCO

SAGARPA



SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN

ESTUDIO PARA DETERMINAR ZONAS DE ALTA POTENCIALIDAD DEL CULTIVO DEL ZAPOTE MAMEY (*Pouteria sapota* Jacq.) EN EL ESTADO DE TABASCO



SECRETARÍA DE
DESARROLLO AGROPECUARIO
FORESTAL Y PESCA



inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Dr. Lorenzo Armando Aceves Navarro

Dr. José Francisco Juárez López

Dr. David Jesús Palma López

Dr. Rutilo López López

M.C. Benigno Rivera Hernández

M.C. Joaquín Alberto Rincón Ramírez

Ing. Ambiental Román Morales Colorado

Lic. En Biología Rocío Hernández Alvarado

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ZAPOTE MAMEY POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL.....	2
IV. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS	7
V. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS	8
VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA.....	8
VII. SELECCIÓN Y REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE ZAPOTE MAMEY.....	10
7.1. INVENTARIO CLIMÁTICO.....	12
7.1.1. División climática.....	12
7.1.2. Período de crecimiento	12
7.2. INVENTARIO EDAFOLÓGICO	13
7.2.1. División edafológica	13
7.3. FUENTES DE INFORMACIÓN	13
7.3.1. Información climática.....	13
7.3.2. Información edafológica	13
7.3.3. Información cartográfica.....	14
VIII. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO POTENCIAL EN EL CULTIVO DE ZAPOTE MAMEY	14
IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
X. CONCLUSIONES	20
XI BIBLIOGRAFÍA	21
XII. ANEXOS.....	25

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. SUPERFICIE CULTIVADA DE ZAPOTE POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL EN SU MODALIDAD DE TEMPORAL.	2
CUADRO 2. SUPERFICIE CULTIVADA DE ZAPOTE POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL EN SU MODALIDAD DE RIEGO.....	3
CUADRO 3. RENDIMIENTOS DE ZAPOTE POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL EN SU MODALIDAD DE TEMPORAL.....	4
CUADRO 4. RENDIMIENTOS DE ZAPOTE POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL EN SU MODALIDAD DE RIEGO.	4
CUADRO 5. SUPERFICIE CULTIVADA DE ZAPOTE EN EL ESTADO DE TABASCO, A NIVEL MUNICIPAL, EN LA MODALIDAD DE TEMPORAL.....	5
CUADRO 6. RENDIMIENTO DE ZAPOTE EN EL ESTADO DE TABASCO, A NIVEL MUNICIPAL, EN LA MODALIDAD DE TEMPORAL.	6
CUADRO 7. RENDIMIENTO DEL ZAPOTE MAMEY EN MONOCULTIVO Y DOS DENSIDADES DE SIEMBRA EN MÉXICO.....	7
CUADRO 8. VARIABLES SELECCIONADAS PARA DEFINIR ÁREAS DE ALTA POTENCIALIDAD PARA EL CULTIVO ZAPOTE MAMEY EN EL ESTADO DE TABASCO.....	11

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. SUPERFICIE CULTIVADA DE ZAPOTE EN LA MODALIDAD DE TEMPORAL Y DE RIEGO EN MÉXICO.	5
FIGURA 2. METODOLOGÍA SIMPLIFICADA DE LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA PARA EL CULTIVO DE ZAPOTE MAMEY	9
FIGURA 3. SUPERFICIE POR MUNICIPIOS CON ALTO POTENCIAL PARA CULTIVAR ZAPOTE MAMEY EN EL ESTADO DE TABASCO.	19
FIGURA 4. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA SUPERFICIE CON ALTO POTENCIAL PRODUCTIVO PARA EL CULTIVO DE ZAPOTE MAMEY EN TABASCO.....	19

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN EL ESTADO DE TABASCO.....	26
ANEXO 2. REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DEL ZAPOTE MAMEY (FAO, 1994).....	27
ANEXO 3. ZONAS CON ALTO POTENCIAL CLIMÁTICO PARA EL CULTIVO DE ZAPOTE MAMEY EN EL ESTADO DE TABASCO.	28
ANEXO 4. ZONAS CON ALTO POTENCIAL EDAFOLÓGICO PARA EL CULTIVO DE ZAPOTE MAMEY EN EL ESTADO DE TABASC.....	29
ANEXO 5. ZONAS CON ALTO POTENCIAL EDAFOCLIMÁTICO PARA EL CULTIVO DE ZAPOTE MAMEY EN EL ESTADO DE TABASCO.	30
ANEXO 6. RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE ZAPOTE MAMEY EN EL ESTADO DE TABASCO.....	31

I. INTRODUCCIÓN

El Mamey Colorado o Zapote (*Pouteria sapota* Jacq), es originario de las partes más bajas de América Central y México y se encuentra distribuido principalmente en huertos caseros. Los árboles de las tres especies de *Pouteria* son originarios del sureste de México y la mayoría de los países de América central, desde Guatemala hasta Panamá.

Se han introducidos a Colombia, Venezuela, Ecuador, Brasil, Cuba, República Dominicana, Puerto Rico, Florida, Hawái, Bahamas y en países Asiáticos como Malasia y Filipinas.; marcando así una distribución que va de la región tropical-húmeda de los países de América Central y algunos de América del Sur, así como en algunas partes de México.

Está presente en las zonas bajas de los bosques lluviosos, aunque algunas veces se le puede encontrar en zonas cálido-secas (Nava-Cruz y Richer, 2004). La importancia de las especies de *Pouteria* es el valor comercial de sus frutos. Los frutos son utilizados principalmente como alimento, aunque también se fabrican alimentos procesados, se obtienen aceites empleados en la industria de cosméticos, y tienen algunos usos medicinales o como madera.

La fruta se come directamente de los frutos frescos o se elaboran con ella diferentes alimentos procesados como helados, yogurt, conservas, pasteles y pulpa deshidratada. Los frutos son ricos en vitamina "A" y "C", proteínas, carbohidratos, calcio y hierro. El mamey es una fruta promisoría en cuanto a su valor nutricional. Sin embargo, la dificultad de multiplicar asexualmente aquellos árboles que muestran buenas características agronómicas ha limitado la difusión del cultivo.

En el estado de Tabasco, no se cuenta con cultivos o plantaciones de esta fruta; el uso que se le ha brindado a este árbol es, el de proporcionar sombra, en las plantaciones de cacao.

II. OBJETIVOS

- ✚ Realizar la zonificación del cultivo de zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq) mediante la determinación de zonas con alta potencialidad productiva.
- ✚ Elaborar un mapa del estado de Tabasco donde se indiquen la(s) zonas con alta potencialidad productiva para el cultivo de zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq).

III. RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ZAPOTE MAMEY POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL

La superficie cultivada de zapote en la modalidad de temporal en México, en los últimos seis años se ha visto reducida en un 18% del año 2002 al 2007. En el año 2007 a nivel nacional se sembraron 593.25 hectárea, de ellas en tres estados se concentra el 71.7% que se jerarquizan a continuación: Veracruz (157 ha), Chiapas (156 ha) y Campeche (112 ha) (Cuadro 1) (SIAP-SAGARPA, 2008).

Cuadro 1. Superficie cultivada de zapote por estado y a nivel nacional en su modalidad de temporal.

ESTADOS	Superficie sembrada (ha)					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
CAMPECHE	220.25	220.25	220.25	112.00	112.00	112.00
CHIAPAS	212.00	157.00	160.00	154.25	153.75	156.75
COLIMA	0.00	0.00	0.00	1.00	11.00	6.50
GUERRERO	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	4.00
MEXICO	0.00	15.00	2.50	0.00	0.00	0.00
OAXACA	3.00	3.00	7.00	0.00	98.00	90.00
TABASCO	150.00	149.00	35.00	35.00	35.00	35.00
VERACRUZ	115.00	115.00	132.50	132.50	99.70	157.00
YUCATAN	45.00	38.00	36.00	36.00	32.00	32.00
TOTAL	745.25	697.25	593.25	470.75	545.45	593.25

Fuente: SIAP-SAGARPA (2008).

La superficie cultivada de zapote en la modalidad de riego en México, en los últimos seis años se ha visto incrementada 8.2% (Cuadro 2). En el año 2007 a nivel nacional se sembraron 1,803.50 hectáreas, de ellas en el estado de Campeche se concentra el 52%. El estado de Tabasco no figura en este rubro (SIAP-SAGARPA, 2008).

Cuadro 2. Superficie cultivada de zapote por estado y a nivel nacional en su modalidad de riego.

ESTADOS	Superficie sembrada (ha)					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
CAMPECHE	1,060.50	885.00	885.00	881.00	881.00	938.00
CHIAPAS	68.00	50.50	50.00	50.00	50.00	50.00
COLIMA	14.00	15.50	14.00	21.00	81.00	117.00
GUERRERO	8.00	8.00	7.00	6.00	4.00	4.00
HIDALGO	5.00	5.00	4.50	4.50	4.50	4.50
JALISCO	0.00	0.00	0.00	0.00	18.00	18.00
MEXICO	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
MICHOACAN	27.00	27.00	63.00	89.00	129.00	109.00
MORELOS	31.00	31.00	37.00	40.00	40.00	40.00
NAYARIT	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.50
OAXACA	157.00	157.00	197.00	197.00	203.00	233.00
PUEBLA	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
VERACRUZ	40.00	40.00	47.72	47.72	90.22	82.50
YUCATAN	219.25	215.25	208.00	209.00	179.00	179.00
TOTAL	1,656.75	1,461.25	1,540.22	1,572.22	1,708.22	1,803.50

Fuente: SIAP-SAGARPA (2008).

Los rendimientos a nivel nacional de zapote en la modalidad de temporal en los últimos seis años han mantenido constante (Cuadro 3). El estado de Colima es el que presenta los mayores rendimientos con 20 t ha⁻¹, seguido por el estado de Guerrero con 15 t ha⁻¹. El estado de Tabasco, también ha reportado un ligero incremento en sus rendimientos de 26.2%.

Cuadro 3. Rendimientos de zapote por estado y a nivel nacional en su modalidad de temporal.

ESTADOS	Rendimientos (t ha ⁻¹)					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
CAMPECHE	7.55	7.62	6.00	2.61	8.25	8.22
CHIAPAS	4.04	2.67	3.32	3.30	3.30	3.44
COLIMA	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	20.00
GUERRERO	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	15.00
MEXICO	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OAXACA	5.00	4.33	2.00	0.00	2.92	3.00
TABASCO	3.69	2.92	5.29	5.06	5.14	5.00
VERACRUZ	4.83	5.18	5.27	4.91	4.24	5.17
YUCATAN	4.14	5.86	6.96	7.41	7.43	6.34
PROMEDIO	5.14	5.01	4.81	4.28	5.06	5.17

Fuente: SIAP-SAGARPA (2008).

Los rendimientos a nivel nacional de zapote en la modalidad de riego en los últimos seis años se ha visto disminuido en un 23.82 % (Cuadro 4). Siendo los estado de Veracruz y Yucatán los que reportan los mayores rendimientos con 16.81 t ha⁻¹ y 14.25 t ha⁻¹ respectivamente.

Cuadro 4. Rendimientos de zapote por estado y a nivel nacional en su modalidad de riego.

ESTADOS	Rendimiento (t ha ⁻¹)					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
CAMPECHE	9.38	7.78	11.05	3.11	9.08	6.12
CHIAPAS	5.67	5.50	5.50	5.20	6.15	4.10
COLIMA	7.64	9.00	8.07	4.48	5.81	5.62
GUERRERO	16.00	14.00	9.00	14.00	10.00	10.00
HIDALGO	3.60	3.60	3.22	4.78	3.22	3.72
JALISCO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEXICO	12.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00
MICHOACAN	5.14	5.14	3.38	2.66	4.26	4.84
MORELOS	15.74	8.97	13.89	12.44	10.8	14.00
NAYARIT	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	4.67
OAXACA	7.54	7.30	7.12	7.14	6.72	6.22
PUEBLA	8.00	9.00	8.00	12.00	8.00	8.00
VERACRUZ	15.78	17.9	17.88	15.73	17.69	16.81
YUCATAN	14.61	14.6	14.62	14.13	14.1	14.25
TOTAL	9.99	9.10	10.61	6.59	9.35	7.61

Cuadro 5. Superficie cultivada de zapote en el estado de Tabasco, a nivel municipal, en la modalidad de temporal.

MUNICIPIOS	Superficie sembrada (ha)				
	2002	2003	2004	2005	2006
CARDENAS	29.00	29.00	0.00	0.00	0.00
COMALCALCO	85.00	85.00	0.00	0.00	0.00
JALAPA	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
JONUTA	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
TEAPA	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TENOSIQUE	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
TOTAL	150.00	149.00	35.00	35.00	35.00

Fuente: SIAP-SAGARPA (2008).

En la Figura 1, se observa de manera claramente que el cultivo de zapote a en México se mayormente en la modalidad de riego, el cual representa el 75.25% de la superficie que se cultiva.

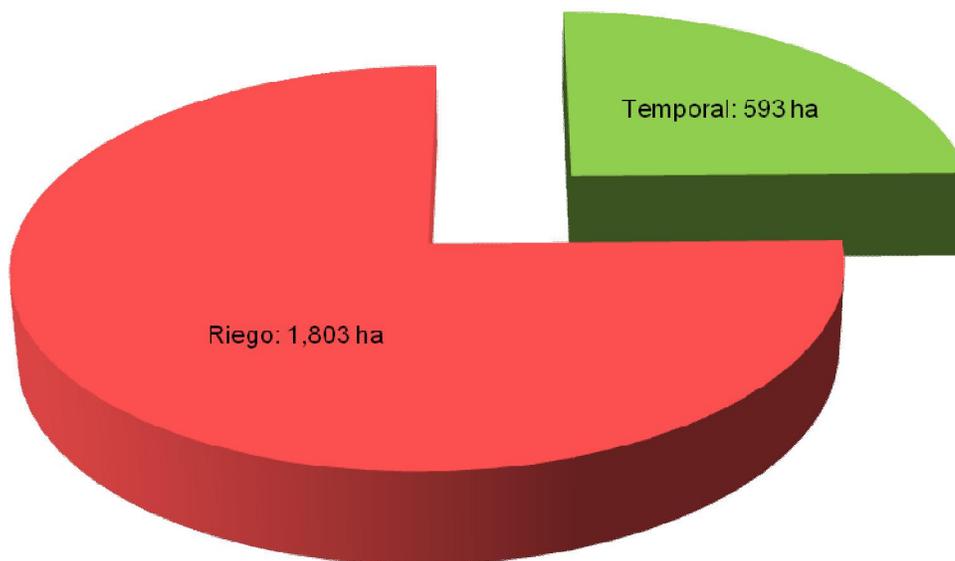


Figura 1. Superficie cultivada de zapote en la modalidad de temporal y de riego en México.

Los rendimientos de zapote a nivel estatal fluctúan entre 3.69 y las 5.14 t ha⁻¹, en su modalidad de temporal en los últimos cinco años (Cuadro 6). Del año 2002 al 2006 los rendimientos de zapote a nivel estatal se han incrementado un 28.2%.

Cuadro 6. Rendimiento de zapote en el estado de Tabasco, a nivel municipal, en la modalidad de temporal.

MUNICIPIOS	Rendimiento (t ha ⁻¹)				
	2002	2003	2004	2005	2006
CARDENAS	3.48	2.00	0.00	0.00	0.00
COMALCALCO	3.00	2.20	0.00	0.00	0.00
JALAPA	8.00	8.00	8.00	8.00	6.00
JONUTA	5.00	5.00	5.00	5.25	5.00
TEAPA	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TENOSIQUE	5.00	5.00	4.77	4.32	5.00
PROMEDIO	3.69	2.92	5.29	5.06	5.14

Fuente: SIAP-SAGARPA (2008).

Según Azurdia y Ortiz (2003) mencionan que los árboles de *Pouteria sapota* producen un promedio de 136 a 250 kilogramos de fruta por árbol, cuando se cultivan como árboles de sombra para el cultivo de café en Guatemala.

El rendimiento varía dependiendo de la edad y tamaño del árbol así como del sistema de producción. Se ha reportado una producción de zapote mamey en monocultivo de 120 frutos por árbol (alrededor de 7 t ha⁻¹) en 60 árboles por hectárea (Cuadro 7) (Azurdia, 2005).

Cuadro 7. Rendimiento del zapote mamey en monocultivo y dos densidades de siembra en México.

Región	Producción/árbol	No. árboles/ha	Producción (kg ha ⁻¹)
Pacífico sur, Colima	100 frutos	69 a 51	6900 a 5100
Centro, Michoacán	100 frutos	69 a 51	6900 a 5100
Pacífico norte, Nayarit	104 frutos	69 a 51	7176 a 5304
Zona del golfo	173 frutos	69 a 51	11937 a 8823

IV. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS

El zapote mamey está adaptado a las tierras bajas cálidas y húmedas. Sin embargo, crece muy bien en áreas cálidas y secas si se le proporciona humedad adecuada. El área potencial de producción es la tropical y subtropical. Las altitudes comúnmente van de 0 a 1300 msnm, pero las localidades ubicadas de 0 a 800 son óptimas para el cultivo (ICUC, 2005).

Es importante aplicar riego suficiente, ya que el zapote mamey es susceptible a sequías relativamente cortas e inundaciones. En caso de que no llueva, las plantas recién plantadas deben recibir un riego, el cual debe continuarse cada dos días hasta que las raíces estén bien establecidas. Los árboles maduros deben ser irrigados una o dos veces por semana durante periodos de sequía y garantizar buen drenaje en la época lluviosa.

Plantas silvestres de esta especie crecen en climas con lluvia superior a los 1,000mm anuales. Es sensible a las sequías e inundaciones prolongadas; en cuanto a la temperatura, las plántulas de zapote mamey son muy sensibles a bajas temperaturas (frío). Sin embargo, pueden sobrevivir a ligeras heladas de corta duración. En árboles en producción las temperaturas por debajo de 0°C producen daños severos como: caída de frutos, quemaduras, muerte de hojas y ramas, por lo que la temperatura óptima oscila entre 20° a 32°C. (ICUC, 2005).

La irrigación durante la época de floración y época inicial de la formación del fruto es sumamente importante para obtener una buena cosecha. La luz que requiere es de buena luminosidad (FAO, 1994), aunque puede desarrollarse en condiciones de mediana luminosidad.

V. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS

El zapote mamey se desarrolla mejor en los suelos de textura media a pesada (FAO, 1994). Estos son los suelos francos, franco-arcillosos, franco-arcillo-limosos, franco-limosos y arcillosos; franco-arenosos, profundos y fértiles con buena provisión de materia orgánica.

Los suelos frescos bien drenados son inmejorables, y en los arcillosos y calizos encuentra condiciones para producir con regularidad. La mejor producción en México corresponde a suelos café-rojizos y grisáceos, en migajones rojizos y amarillos de tipo laterítico. Los suelos de gley y de aluvión con lluvias todo el año, también favorecen una buena producción.

La planta del zapote mamey se desarrolla adecuadamente en suelos, profundos a medianamente profundos (FAO, 1994), lo que equivale aproximadamente a suelos con una profundidad efectiva mayor a 1.8 m. Además, este cultivo es poco tolerante a la presencia de sales en el suelo el pH varía entre 5 a 8.0, siendo el nivel óptimo alrededor de 6.5 (FAO, 1994).

Los suelos óptimos son los profundos, con buen drenaje, ligeramente ácidos, permeabilidad y fertilidad moderada. No tolera suelos mal drenados o con manto freático alto, ni suelos rocosos. El zapote mamey es tolerante a diferentes tipos de suelos, pero es altamente sensible a la acidez (pH menor a 6) y conductividad eléctrica mayor a 1000 uS/m (ICUC, 2005).

VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA

Con la finalidad de proporcionar una idea general del procedimiento empleado en la zonificación, en los siguientes párrafos se explica de manera resumida el método y, para mayor información al respecto se sugiere consultar “El Manual de la Metodología para Evaluar la Aptitud de las Tierras para la Producción de Cultivos Básicos en Condiciones de Temporal” de Tijerina *et al.*, (1990).

La producción sustentable de alimentos es determinada por un lado, por los factores ambientales (suelo y clima) y por el otro lado, por un complejo de factores socio-económicos, culturales y tecnológicos. La determinación de zonas de alta potencialidad para cultivos de zapote mamey en el presente estudio, solo analiza los factores ambientales.

Para la determinación de las zonas de alta potencialidad para el cultivo se utilizó el procedimiento de Zonificación Agroecológica propuesto por la FAO (1981). En colaboración con el *International Institute for Applied Systems Analysis* (IIASA) el procedimiento expandió sus capacidades al incorporar una herramienta de ayuda en la toma de decisiones con múltiples criterios para optimizar el uso del recurso suelo, analizando diferentes escenarios en función de un objetivo (Fischer *et al.*, 1998). Derivado de ello la FAO desarrolló el programa de computo AEZWIN que integra todo lo anterior y que se puede adquirir en el portal de la FAO (www.fao.org).

En la Figura 2 se esquematiza de manera sucinta la metodología de la zonificación agroecológica (FAO, 1981) utilizada en el zapote mamey.

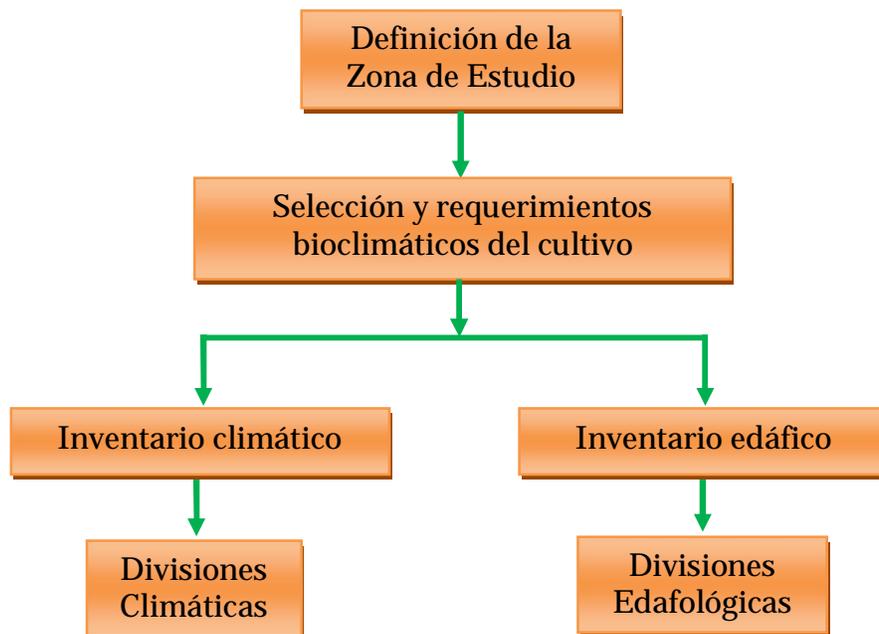


Figura 2. Metodología simplificada de la zonificación agroecológica para el cultivo de zapote mamey.

Mencionado esquema se basa en el análisis del marco biofísico (ambiental), y trata de responder las siguientes preguntas:

- ✚ ¿Existe la posibilidad de expandir o introducir con éxito un cultivo?
- ✚ ¿Dónde sembrarlo o establecerlo?
- ✚ En cultivos anuales de secano: ¿Cuándo es la época propicia para sembrarlo o establecerlo?
- ✚ ¿Cuánto rendimiento puedo esperar?

Una vez definida la zona de estudio, el procedimiento en general, comprende ocho etapas, las cuales son:

1. Definición de los requerimientos agroecológicos del cultivo.
2. Acopio de datos climatológicos y estimación de elementos faltantes.
3. Análisis agroclimático, para definir el inventario climático y las divisiones climáticas.
4. Análisis fisioedáfico para definir el inventario edáfico y las divisiones edafológicas.
5. Elaboración de los mapas componentes.
6. Síntesis cartográfica sucesiva.
7. Presentación de resultados.
8. Verificación de campo (cuando el cultivo existe en el campo).

VII. SELECCIÓN Y REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE ZAPOTE MAMEY

Las variables principales que se consideraron para determinar las zonas con alto potencial productivos en el cultivo de zapote mamey fueron: clima y suelo por la relación directa guardan con el rendimiento del cultivo, dentro de las variables climáticas se analizaron cinco elementos climáticos y ocho propiedades

edafológicas (físicas y químicas) (Cuadro 8). Estos requerimientos bioclimáticos se tomaron de los reportados por la FAO en el siguiente sitio de Internet: <http://www.ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropFindForm>.

Cuadro 8. Variables seleccionadas para definir áreas de alta potencialidad para el cultivo zapote mamey en el estado de Tabasco.

Variable climáticas	Variable edáficas
Precipitación total	Profundidad
Temperatura media anual	Fertilidad
Promedio de la temperatura mínima	Textura
Promedio de la temperatura máxima.	pH
Radiación	Pendiente (%)
	Drenaje
	Salinidad
	Toxicidad por aluminio.

Como parte del proceso de selección de la información, se utilizó la base de datos del programa ERIC III (IMTA, 2003); que permitió analizar los registros diarios de temperatura y precipitación de 93 estaciones meteorológicas en el estado de Tabasco, utilizando como criterios la longitud de la serie histórica y su distribución geográfica para el Estado.

De estas 93 estaciones reportadas para el estado de Tabasco, solo 35 cumplían con los requisitos anteriores, ya que el resto mostraban información incompleta, registros cortos y/o poca representatividad geográfica.

Para complementar la información reportada por ERIC III, (IMTA, 2003), se acudió a la base de datos reportada por García, (2004), para las variables de precipitación y temperaturas, buscando que cubriesen de manera regular al estado de Tabasco. De esta manera, se seleccionaron las 35 estaciones meteorológicas que se reportan en el (Anexo I).

Se consultó información vía INTERNET, así como la documentación disponible en la Biblioteca del Colegio de Postgraduados en Cárdenas Tabasco y la biblioteca del INIFAP en Huimanguillo Tabasco. Esto con la finalidad de hacer una investigación más extensa en conocimientos edafoclimáticos del cultivo de zapote mamey.

7.1. INVENTARIO CLIMÁTICO

La elaboración de un inventario climático de acuerdo a los lineamientos de la FAO (1978 y 1981) constan de dos etapas: 1) definición de las divisiones climáticas mayores, y 2) obtención de los periodos de crecimientos.

7.1.1. División climática

Las divisiones climáticas fueron definidas en base a los requerimientos térmicos del cultivo, que limitan su distribución a escala global.

Para establecer las divisiones climáticas mayores, como primer paso se considera el efecto de la altitud, en espacio y tiempo, sobre la temperatura media. Para lo cual, las temperaturas medias mensuales se convirtieron a temperaturas a nivel del mar, con un gradiente altotérmico de $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ de elevación, con el trazo de isolíneas. Es importante mencionar que para el estado de Tabasco no hubo problemas en la clasificación del clima porque es similar en toda la región.

7.1.2. Período de crecimiento

El periodo de crecimiento se considera como el número de días durante el año en los que existe disponibilidad de agua y temperaturas, favorables para el desarrollo del zapote mamey.

Para calcular el inicio, final y duración en días, del periodo de crecimiento de los cultivos, de acuerdo con el método de la FAO (FAO, 1978 y 1981), se utilizó el programa AGROCLIM, (Aceves-Navarro, 2000) que realiza dicho cálculo a partir de datos mensuales de precipitación y temperatura observados y datos

de evapotranspiración potencial que se estiman para cada estación meteorológica.

7.2. INVENTARIO EDAFOLÓGICO

7.2.1. División edafológica

La segunda etapa del método consiste en la evaluación del recurso suelo con base en las unidades del sistema FAO/UNESCO, las variables utilizadas fueron mencionan en el Cuadro 8. Las cuales fueron comparadas con las subunidades de suelo del estado de Tabasco de Palma *et al.*, (2007).

Posteriormente, se realizó la sobreposición de los mapas de clima y suelo para delimitar las áreas aptas para el cultivo de zapote mamey.

7.3. FUENTES DE INFORMACIÓN

7.3.1. Información climática

El presente estudio se realizó a partir de las siguientes fuentes:

Se usó el Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC) (IMTA, 2003), el cual, facilita la extracción de la información contenida en la base de datos CLICOM, el banco de datos histórico nacional del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2005). La información consiste en reportes diarios de 35 estaciones meteorológicas del Estado.

7.3.2. Información edafológica

Se realizó en base al Plan de Uso Sustentable de los Suelos de Tabasco de la Fundación Produce Tabasco, que contiene resultados generados de los últimos 25 años, sobre el conocimiento de los suelos; aborda aspectos físicos y químicos, clasificándolos de acuerdo a la Organización de la Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación y Organización de la Naciones Unidad para la Educación, Ciencia y la Cultura (FAO/UNESCO).

7.3.3. Información cartográfica

La herramienta que se utilizó para la elaboración de cartografía fue el sistema de información siguiente:

Programa ArcView GIS (ESRI, 2004), que consiste en un sistema de mapeo computarizado que relaciona lugares con información agroclimática, iguales a las del cultivo de tomate, las cuales se denomina áreas con alto potencial productivo.

VIII. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO POTENCIAL EN EL CULTIVO DE ZAPOTE MAMEY

En la actualidad existen diferentes procedimientos para establecer el potencial de producción de cultivos para una zona, los cuales en general, consisten en estimar el rendimiento máximo y demeritarlo de acuerdo a los problemas ambientales o de manejo que se presenten.

Uno de esos procedimientos es el conocido como el método de Zonas Agroecológicas que fue propuesto por FAO (1978). En el presente trabajo se utilizó este procedimiento, adaptándolo y modificándolo para estimar el rendimiento potencial del zapote mamey en Tabasco.

La estimación de rendimientos máximos propuestos en el proyecto de Zonas de Agroecológicas de la FAO (1978 y 1981), se basa en la ecuación (1)

$$Y = B_n * H_i \quad (1)$$

Donde:

Y = Rendimiento máximo sin restricciones ($t \text{ ha}^{-1}$)

B_n = Producción de biomasa neta ($t \text{ ha}^{-1}$)

H_i = Índice de cosecha.

La biomasa neta (B_n) se entiende como la materia seca total y el rendimiento (Y) como la materia seca económicamente aprovechable que pueden producir plantas sanas, con un suministro adecuado de agua y nutrientes. Siendo el índice de cosecha (H_i) por lo tanto, una parte proporcional de la biomasa neta.

La biomasa neta (B_n) para un cultivo se calcula mediante la ecuación (2).

$$B_n = (0.36 * b_{gm} * L) / ((1/N) + 0.25 * C_t) \quad \text{Expresada en (kg ha}^{-1}\text{)}. \quad (2)$$

Donde:

b_{gm} = Tasa máxima de producción de biomasa bruta para un IAF 5 en ($\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$) se calcula mediante la ecuación (3)

$$b_{gm} = F * b_0 + (1 - F) * b_c \quad \text{Expresada en (kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}\text{)} \quad (3)$$

Donde:

F = Fracción del día cubierta con nubes estimada con la ecuación (4).

$$F = (A_c - 0.5 * R_g) / (0.80 * R_g) \quad (4)$$

Donde:

A_c = Radiación fotosintéticamente activa en un día totalmente despejado ($\text{cal cm}^{-2} \text{d}^{-1}$) (Tablas para $P_m = 20 \text{ kg ha}^{-1} \text{h}^{-1}$)

Los valores de (A_c) para diferentes latitudes se reportan tabulados por FAO, (1978). Asumiendo que la radiación fotosintéticamente activa de un día totalmente cubierto es el 20% de (A_c) y que la radiación fotosintéticamente activa equivale al 50% de la radiación global total de onda corta (R_g) tomada de (Peralta-Gama, 2008).

También se reportan en tablas los valores de bc y bo para plantas con una fotosíntesis máxima (Pm) de 20 kg CH₂O ha⁻¹ h⁻¹, para lo cual se requiere calcular la temperatura diurna (T_{foto}), la cual se calcula con la ecuación (5)

$$T_{\text{foto}} = T_{\text{max}} - (1/4)(T_{\text{max}} - T_{\text{min}}) \quad (5)$$

T_{max} = Temperatura máxima

T_{min} = Temperatura mínima

Rg = Radiación global medida (cal cm⁻² d⁻¹)

bo = Tasa de fotosíntesis bruta en días completamente nublados (kg ha⁻¹ d⁻¹) (Pm = 20 kg ha⁻¹ h⁻¹). Se obtiene de Tablas, entrando con el valor de la latitud de la localidad en cuestión.

bc = Tasa fotosíntesis bruta en días completamente despejados (kg ha⁻¹ d⁻¹) (Pm = 20 kg ha⁻¹ h⁻¹). Se obtiene de Tablas, entrando con el valor de la latitud de la localidad en cuestión.

bo y bc son valores diarios y en cultivos cerrados (IAF ≥ 5)

L = Coeficiente de tasa máxima de crecimiento, fue calculado mediante la ecuación (6)

$$L = 0.3424 + 0.9051 \cdot \log_{10}(\text{IAF}) \quad (6)$$

IAF = Índice de área foliar utilizado fue de 7 (González, 1994)

log₁₀(IAF) se obtiene de gráfica.

N = Duración del ciclo del cultivo 365 días.

Ct = Coeficiente de respiración (Rm) este coeficiente se calcula con la ecuación (7)

$$C_t = C_{30} \cdot (0.044 + 0.00019 \cdot T + 0.0010 \cdot T^2) \quad (7)$$

C₃₀ = 0.0108 para cultivo como el zapote mamey que no son leguminosas.

T = Temperatura media (Celsius).

Para un mayor detalle y ejemplificación de la utilización de éste procedimiento de cálculo, se recomienda al lector consultar a Tijerina *et al.*, (1990). Así como el Boletín 73 de la FAO (FAO, 1977).

Obtenida la biomasa neta se procede a calcular el rendimiento potencial; el cual se obtiene al multiplicar la biomasa neta por el índice de cosecha (H_i) del cultivo de zapote mamey el cual fue de 0.048. El valor de H_i fue estimada partir de los datos reportado por Torral y Enero, (1980), Paradas, (2003) y Azurdía,(2006).

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de las variables climáticas y edáficas, que más influye en el crecimiento y desarrollo en el cultivo de zapote mamey se muestra en el Anexo 2.

El estado de Tabasco tiene un potencial climático de 2,376,569 hectárea para cultivar zapote mamey. Las temperaturas promedio mensuales y anuales fluctúan entre 21.7 a 29.2°C y 25.5 a 28.1°C respectivamente (Anexo 3), las cuales cumplen con los requisitos de temperatura mínima promedio de 20°C, y máxima 32°C, para este cultivo. El resto de la superficie del estado, aunque cumplen con los requisitos de temperatura, no cumplen con los de precipitación, motivo por el cual en el análisis del periodo de crecimiento no salieron como áreas potenciales.

En cuanto a los requerimientos de suelo para este cultivo, Tabasco cuenta con una superficie de 285,818 ha, las cuales corresponden a las subunidades de suelo: Fluvisol Éútrico (FLeu), Fluvisol Éútri-Gléyico (FLeugl) Fluvisol Dístri-Gléyico (FLdygl), Cambisol Éútrico-Calcárico (CMeuca), Cambisol Crómico+ (CMcr) y Fluvisol Éútri-Calcárico+ Gleysol Mólico (FLuca+GLmo) (Anexo 4).

El resto de la superficie de la entidad, no presenta suelos aptos para este cultivo. Por ejemplo los suelos Plintisol Úmbrico (PTum), presentan un pH de 5 en el horizonte A₁, lo cual demerita a este tipo de suelo (FAO 1994). Así mismo el contenido de bases intercambiables es muy bajo, así como la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Desde el punto de vista físico estos suelos presentan problemas de anegamiento temporal y permeabilidad lenta, además de su baja fertilidad.

Otro ejemplo más lo constituyen los suelos Acrisoles Férricos (ACfr) que se localizan principalmente en los lomeríos de las sabanas de Huimanguillo, con pendientes convexas pronunciadas entre 5-20%. Son suelos que tienen muy bajo contenido de nutrientes y con alta fijación de fósforo por hierro y aluminio (Palma *et al.*, 2007).

El análisis de las variables climáticas y edáficas (Cuadro 8) muestra que el estado de Tabasco, cuenta con una superficie potencial de 282,965 hectáreas para cultivar zapote mamey, que se distribuyen en los diecisiete municipios del estado (Figura 3), de las cuales el 69% se concentra en siete municipios que se jerarquizan continuación: Cárdenas (42,221 ha), Huimanguillo (38,536 ha), Tacotalpa (29,478 ha), Cunduacán (24,040 ha), Centro (20,958 ha), Tenosique (19,611 ha) y Jalapa (19,430 ha). En la Figura 4, se ilustran las áreas de color morado las zonas con alto potencial edafoclimático en el estado de Tabasco.

El rendimiento potencial del cultivo de zapote mamey para el estado de Tabasco es de 17.7 t ha^{-1} , los cuales corresponden a una plantación de 12 años, siempre que la planta a establecer provenga de injerto. Dichos rendimientos son superiores al promedio nacional en la modalidad de temporal que es de 5.17 t ha^{-1} . Asimismo, superan en 9.45 t ha^{-1} a los rendimientos reportados el estado de Campeche, que es quien reporta los mayores rendimientos a nivel nacional en la mencionada modalidad con 8.25 t ha^{-1} (SIAP-SAGARPA, 2008).

Es importante resaltar que dichos rendimientos potenciales (17.7 t ha^{-1}) son muy similares a los reportados por el estado de Veracruz en el 2006, en la modalidad de riego, estado que reporta los máximos rendimiento en esta modalidad con 17.69 t ha^{-1} (SIAP-SAGARPA, 2009)

X. CONCLUSIONES

Del presente estudio realizado, con la metodología propuesta por la FAO (1978) se desprenden las siguientes conclusiones.

- ✚ Tabasco cuenta con un potencial agroclimático de 2,376,569 hectáreas para cultivar zapote mamey.
- ✚ El potencial edafológico del estado de Tabasco, para el cultivo de zapote mamey es de 285,818 hectáreas.
- ✚ La superficie con alto potencial edafoclimático, para cultivar zapote mamey en el estado de Tabasco es de 282,965 hectáreas.
- ✚ El principal factor ambiental que más limita el potencial productivo para el cultivo de zapote mamey en el estado de Tabasco es el factor suelo.

- ✚ El cultivo de zapote mamey se pueden establecer en los diecisiete municipios del estado de Tabasco, siempre que se establezcan en las áreas de color verde, con alto potencial edafoclimático.
- ✚ Los rendimientos potenciales esperados para el cultivo de zapote mamey en el estado de Tabasco son de 17.7 t ha⁻¹.
- ✚ El 69% de la superficie con alto potencial edafoclimático se concentra en siete municipios: Cárdenas (42,221 ha), Huimanguillo (38,536 ha), Tacotalpa (29,478 ha), Cunduacán (24,040 ha), Centro (20,958 ha), Tenosique (19,611 ha) y Jalapa (19,430 ha).
- ✚ Se recomienda sembrar el cultivo de zapote mamey del 15 mayo al 30 de octubre

XI BIBLIOGRAFÍA

- Aceves-Navarro, L.A.; Arrieta-Agrícola y Barbosa-Olan, J.L. 2000. Manual de AGROCLIM 1.0. Colegio de Postgraduados. H. Cárdenas Tabasco. 28 p.
- Azurdia, C. y A. Ortiz. 2003. Sapotáceas de Guatemala: Diversidad Genética, Conservación y Utilización. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI).
- Azurdia, C. 2005. Canistel, Zapote y Zapote Verde. International Centre for Underutilized Crops, University of Southampton, Southampton, UK.
- Azurdia, C. 2006. Arboles Especie de Zapote en América Tropical (*Pouteria campechiana*, *P.sapota* y *P. viridis*). Southampton, Centre for Underutilized Crops. University of Southampton, Southampton, UK.254p.

- CNA (Comisión Nacional de Agua). 2005. Productos Climatológicos. Servicio Meteorológico Nacional. Disponible *in* <http://smn.cna.gob.mx>
- ESRI. (Environmental System Research Institute). 2004. ArcGIS 9. Getting Started With ArcGIS. 2004. Sistema de información. USA.
- FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1977. Zonificación Agro-ecológica. Boletín de Suelos de la FAO 73.
- FAO, 1978. Agroecological zones project. World Soil Resources. Report Num. 48. Vol. 1, Africa. 158 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1981. Report on the Agro-ecological Zones Project. Vol. 1: Methodology and Results for Africa. World Soils Report No. 48. Rome, Italia.
- FAO. 1994. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. FAO. Rome, Italy.
- Fischer, G.; Granat, J y Makowski, M. 1998. AEZWIN – An Interactive Multi-criteria Analysis Tool for Land Resources Appraisal. FAO – IIASA, Interin Report. IR – 98-051.
- González, L.J. 1994. Estudio agroecológico y perspectiva del cultivo de zapote mamey (*Pouteria sapota* (jacq) H.E. Moore Stearns, en la zona de Tezonapa, Veracruz. Tesis, Licenciatura Especialista en Fruticultura. H. Córdoba Veracruz. 76p.
- ICUC (International Centre for Underutilised Crops). 2005. Tres Especies de Zapote en América Tropical: *Pouteria campechiana* (Canistel), *P. sapota* (Zapote Mamey) y *P. viridis* (Zapote Verde). Universidad de Southampton, Southampton, UK.

- IMTA. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). ERIC III. 2003. Extractor Rápido de Información Climatológica v.1.0.
- Nava-Cruz, Y. y M. Ricker. 2004. El Zapote Mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. Moore y Stearn), un Fruto de la Selva Mexicana con Alto Valor Comercial. En: M.N. Alexiades y P. Shanley (eds.), *Productos Forestales, Medios de Subsistencia y Conservación: Estudios de Caso Sobre Sistemas de Manejo de Productos Forestales no Maderables (Volumen 3-América Latina)*, pp. 43-62. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia.
- Palma-López, D.J.; Cisneros, D.E.; Moreno C.E y Rincón-Ramírez, J.A. 2007. *Suelos de Tabasco: Su Uso y Manejo Sustentable*. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FRUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 195 p.
- Peralta-Gamas, M.; Jiménez-Jiménez, R.; Martínez-Gallardo, J.B.; Castro, F.C.R.; Bautista-Bautista, E.; Rivera-Hernández, B.; Pascual-Córdova, A.; Caraveo-Ricardez, A.C y Aceves-Navarro, L.A. 2008. Estimación de la variación espacial y temporal de la radiación solar en el estado de Tabasco, México. XX Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria de Tabasco. Villahermosa Tabasco. pp. 243-253.
- Parada, B.F.A. 2003. *Cultivo de Zapote. Guía Técnica N0. 13*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. El Salvador. 40 p.
- SIAP-SAGARPA. 2008. Servicio de información agroalimentaria y pesca- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible // <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>

- Tijerina-Chávez L.; Ortiz-Solorio C.; Pájaro-Huertas D.; Ojeda-Trejo. E.; Aceves-Navarro L. A. y Villalpando-Barriga O. 1990. Manual de la Metodología para Evaluar la Aptitud de las Tierras para la Producción de los Cultivos Básicos, en Condiciones de Temporal. Colegio de Postgraduados. Programas de Agrometeorología. SARH. Montecillo, México. 113 p.
- Torrall, J y Januario, P. 1988. El Cultivo del Mamey (*Calocarpum sapota* (Jacq) Moore. Comisión Nacional de Fruticultura. Escuela Nacional de Fruticultura. Jalapa Veracruz, México. 40 p.

XII. ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas en el estado de Tabasco.

MUNICIPIO		ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
BALANCÁN	1	APATZINGAN	705156	1946979	65
	2	BALANCAN	655091	1969771	18
	9	EL TRIUNFO	693295	1984127	60
	27	SAN PEDRO	695219	1968096	40
CÁRDENAS	4	CAMPO EW-75	557540	1983263	8
	5	CARDENAS	459419	1990228	21
CENTLA	34	VICENTE GUERRERO	510562	2033891	8
CENTRO	18	MACULTEPEC	517627	2008633	10
	25	PUEBLO NUEVO	513608	1957983	60
	33	VILLAHERMOSA	507587	1989818	10
COMALCALCO	6	COMALCALCO	687931	2021525	20
CUNDUACÁN	7	CUNDUACAN	481482	1998492	26
	26	SAMARIA	471059	1986519	17
	32	TULIPAN	463500	2002205	16
	10	EMILIANO ZAPATA	701469	1961701	16
HUIMANGUILLO	11	FCO. RUEDA	404399	1972592	7
	16	LA VENTA	391568	2005239	20
	20	MEZCALAPA	455800	1949668	50
	21	MOSQUITERO	432846	1958952	32
	24	PAREDON	459189	1964044	12
JALPA DE MÉNDEZ	12	JALPA DE MENDEZ	493478	2009179	10
JONUTA	13	JONUTA	589944	1999612	13
MACUSPANA	14	KM662	549151	1949496	100
	19	MACUSPANA	541873	1963308	60
	31	TEPETITAN	564905	1971084	10
PARAÍSO	23	PARAISO	478849	2034453	0
TACOTALPA	8	DOS PATRIAS	521395	1947419	60
	17	LOMAS ALEGRES	533597	1946882	70
	22	OXOLOTAN	526557	1921057	210
	28	TAPIJULAPA	318383	1931626	167
TEAPA	15	LA HUASTECA	507863	1961606	16
	29	TEAPA	505129	1941876	72
TENOSIQUE	3	BOCA DEL CERRO	659848	1927016	100
	30	TENOSIQUE	667062	1932608	32
	35	FRONTERA	538702	2047388	1

Anexo 2. Requerimientos bioclimáticos del cultivo del Zapote mamey (FAO, 1994)

	ÓPTIMA		ABSOLUTA			ÓPTIMA	ABSOLUTA
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima			
					PROFUNDIDAD	Someros (>150cm)	Mediana (50-150cm)
REQUERIMIENTOS DE TEMP °C	24	30	15	36	TEXTURA	Pesada Media	Pesada Media y Ligera
PRECIPITACIÓN ANUAL (mm)	2000	3300	800	4000	FERTILIDAD	Moderada	Moderada
LATITUD	10		20	25	TOXICIDAD POR ALUMINIO		
ALTITUD				1400	SALINIDAD	Baja (<4 dS/m)	Baja (<4 dS/m)
pH	6	6.5	5	7	DRENAJES	Moderado	Moderado
INTENSIDAD LUMINOSA	Clara	Nublado ligero	Clara	Nublado ligero			

Anexo 4. Zonas con alto potencial edafológico para el cultivo de zapote mamey en el estado de Tabasco

