

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 TAMARINDO (*Tamarindus indica* L.) 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. SUPERFICIE CULTIVADA Y RENDIMIENTO DE TAMARINDO EN MÉXICO Y EN TABASCO.....	3
IV. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS .....	8
V. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS .....	8
VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA.....	9
VII. SELECCIÓN Y REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE TAMARINDO .....	11
7.1. INVENTARIO CLIMÁTICO .....	13
7.1.1. División climática.....	13
7.1.2. Período de crecimiento .....	13
7.2. INVENTARIO EDAFOLÓGICO .....	14
7.2.1. División edafológica .....	14
7.3. FUENTES DE INFORMACIÓN .....	14
7.3.1. Información climática.....	14
7.3.2. Información edafológica.....	14
7.3.3. Información cartográfica.....	14
VIII. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE TAMARINDO .....	15
IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	18
X. CONCLUSIONES .....	21
XI. BIBLIOGRAFÍA .....	22
XII. ANEXOS.....	26

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. SUPERFICIE CULTIVADA DE TAMARINDO EN LA MODALIDAD DE TEMPORAL POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL. ....	4
CUADRO 2. SUPERFICIE CULTIVADA DE TAMARINDO EN LA MODALIDAD DE RIEGO POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL. ....	5
CUADRO 3. RENDIMIENTO DE TAMARINDO EN LA MODALIDAD DE TEMPORAL POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL. ....	5
CUADRO 4. RENDIMIENTO DE TAMARINDO EN LA MODALIDAD DE RIEGO POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL.....	6
CUADRO 5. SUPERFICIE CULTIVADA DE TAMARINDO EN EL ESTADO DE TABASCO A NIVEL MUNICIPAL EN LA MODALIDAD DE TEMPORAL. ....	7
CUADRO 6. RENDIMIENTO DE TAMARINDO EN EL ESTADO DE TABASCO A NIVEL MUNICIPAL EN LA MODALIDAD DE TEMPORAL. ....	7
CUADRO 7. VARIABLES SELECCIONADAS PARA DEFINIR ÁREAS DE ALTA POTENCIALIDAD PARA EL CULTIVO TAMARINDO EN EL ESTADO DE TABASCO. ....	12

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. SUPERFICIE CULTIVADA DE TAMARINDO EN LA MODALIDAD DE TEMPORAL Y RIEGO EN MÉXICO.....	6
FIGURA 2. METODOLOGÍA SIMPLIFICADA DE LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA PARA EL CULTIVO DE TAMARINDO. ....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.10
FIGURA 3. SUPERFICIE POR MUNICIPIOS CON ALTO POTENCIAL PRODUCTIVO PARA EL CULTIVO DE TAMARINDO EN EL ESTADO DE TABASCO.....	20
FIGURA 4 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA SUPERFICIE CON ALTO POTENCIAL PRODUCTIVO PARA EL CULTIVO DE TAMARINDO EN TABASCO.....	20

## ÍNDICE DE ANEXOS

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

## I. INTRODUCCIÓN

El tamarindo (*Tamarindus indica* L.) es un árbol de gran tamaño, de larga vida y usualmente siempre verde, se ha plantado extensamente en las regiones tropicales y subtropicales, incluyendo regiones del Caribe, América Central y el norte de América del Sur (Gunasena y Hughes 2000).

El cultivo de tamarindo es originario de las sabanas secas del África tropical, cultivado también en otros países tropicales donde con frecuencia se ha asilvestrado. Los árboles maduros pueden alcanzar hasta una altura de 25m, con diámetros en la parte basal de hasta 1.50m (Gunasena y Hughes 2000).

Los productos derivados del tamarindo tiene una gran diversidad de aplicaciones; su madera es utilizada en el medio rural para la fabricación de implementos de labranza, utensilios de cocinas leña y carbón vegetal; por sus propiedades culinarias se usa extensamente en la cocina, así como en la obtención de dulces y bebidas refrescantes; sobre saliendo el tamarindo por su utilización en la medicina tradicional (Coronel, 1991).

La pulpa de la fruta que comprende casi la mitad del peso de la vaina es fuente de vitaminas (ácido ascórbico, riboflavinas), 100gr de fruto maduro contienen 115 calorías (30 a 40% de azúcares), 18gr de carbohidratos 3% de proteínas, fibras de 3 a 5%, así como importantes minerales como: calcio, fósforo y hierro.

La madera del tamarindo tiene una gran variedad de aplicaciones industriales; se emplea para la fabricación de papel, insecticidas, venenos y antimicrobianos, se utiliza en la construcción de vivienda rural y carpintería en la construcción de muebles, mangos de herramientas e implementos agrícolas (Silvia y Lucatero, 2006).

Parrotta, (1990) considera que el tamarindo también desempeña una función social en programas de reforestación para la satisfacción de necesidades energéticas, como barrera rompe vientos para la protección y saneamiento del medio ambiente urbano; los árboles además de tener un valor económico para las comunidades que obtienen productos alimenticios.

En México, durante los últimos años ha cobrado importancia en la región tropical y subtropical. Sin embargo, en el periodo de 1980 a 2004 en el ámbito nacional, la superficie plantada ha mostrado variaciones con un comportamiento diferenciado en los estados productores, por lo que su dinamismo no ha sido permanente. El estado de Colima es el principal productor con una superficie de 2,222 hectáreas (incluye riego más temporal) que representa el 33.5% de la superficie establecida en el país (6,620 ha) con una producción de 9,866 toneladas que significa el 33.2% (Silvia y Lucatero, 2006).

La India es el principal exportador a nivel mundial de esta fruta (ICUC, 1999). El estado de Tabasco por su cercanía con los Estados Unidos que es el principal mercado de la India, podría aprovechar su ubicación geográfica para incursionar en el mercado de esta fruta, más una con las relaciones comerciales entre México y el mencionado país vecino.

## II. OBJETIVOS

- ✚ Realizar la zonificación del cultivo de tamarindo (*Tamarindus indica* L) 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 tamarindo (*Tamarindus indica* L).

### III. SUPERFICIE CULTIVADA Y RENDIMIENTO DE TAMARINDO EN MÉXICO Y EN TABASCO

El tamarindo generalmente comienza a producir fruta entre los 7 y 10 años de edad en plantaciones establecidas por semillas, por reproducción vegetativa produce a los 3 o 4 años y la producción de vainas se estabiliza alrededor de los 10 a 12 años (El-Siddig *et al.*, 2006).

Un árbol maduro (20 años) puede producir de 100 a 200 kilogramo de fruto por año, y de acuerdo con la característica de manejo, disponibilidad de agua para riego, sanidad y nutrición se obtienen producciones hasta de 500 kilos por árbol. De pendiendo de la densidad de plantación, edad y prácticas culturales es común observar rendimientos de 6 t ha<sup>-1</sup>, con adecuado nivel tecnológico de 12 t ha<sup>-1</sup> a 16 t ha<sup>-1</sup>, y bajo condiciones optimas hasta 30 t ha<sup>-1</sup>, la producción es cíclica (alternancia) con cosechas abundantes cada 2 o 3 años y el árbol sigue produciendo después de lo 30 o 60 años (Silvia y Lucatero, 2006).

En México, la superficie cultivada de tamarindo en la modalidad de temporal, se ha visto incrementada en un 11.86% en el año 2007 con respecto al año 2002 (Cuadro 1). En el año 2007 a nivel nacional se sembraron 59,046.79 hectárea, de las cuales cinco estados concentran el 91.77% que se jerarquizan a continuación: Veracruz (27,373.50 ha), Oaxaca (13,215.00 ha), Guerrero (6,278.50 ha), Puebla (3,395.00 ha) y Tabasco (3,927.52 ha) (SIAP-SAGARPA, 2008).

**Cuadro 1. Superficie cultivada de tamarindo en la modalidad de temporal por estado y a nivel nacional.**

ESTADOS	Superficie sembradas (ha)					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
CAMPECHE	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	4.00
CHIAPAS	64.00	69.00	69.00	69.00	64.00	54.00
COLIMA	932.50	888.70	1,120.50	919.60	1,214.00	1,522.70
GUERRERO	1,515.00	1,721.00	1,618.00	1,595.00	1,447.00	1,449.00
JALISCO	799.00	941.00	987.00	1,345.00	2,513.50	2,763.00
MEXICO	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
MICHOACAN	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
MORELOS	4.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NAYARIT	56.00	65.00	64.25	79.25	79.25	78.25
OAXACA	440.00	440.00	372.00	477.00	636.00	631.00
SINALOA	5.00	15.00	15.00	15.00	5.00	15.00
TABASCO	59.00	41.00	16.00	16.00	11.00	11.00
TAMAULIPAS	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
VERACRUZ	144.50	144.50	164.50	113.00	166.50	166.50
YUCATAN	36.00	35.50	35.50	35.50	30.50	30.50
<b>TOTAL</b>	<b>4,079.50</b>	<b>4,387.20</b>	<b>4,486.25</b>	<b>4,688.85</b>	<b>6,191.25</b>	<b>6,745.95</b>

Fuente: SIAP-SAGARPA (2008).

La superficie cultivada de tamarindo en la modalidad de riego en México, en los últimos seis años se ha visto incrementada 11.14% (Cuadro 2). En el año 2007 a nivel nacional se sembraron 2,480.72 hectárea, de ellas en el estado de Colima se concentra el 57.4%. El estado de Tabasco no figura en este rubro (SIAP-SAGARPA, 2008).

Los rendimientos a nivel nacional de tamarindo en la modalidad de temporal en los últimos seis años han disminuido un 16.6%. Aunque existen estado como Chiapas que sus rendimientos se han visto incrementados en un 13%. Así mismo, Jalisco ha disminuido sus rendimiento en un 53% Cuadro 3.

**Cuadro 2. Superficie cultivada de tamarindo en la modalidad de riego por estado y a nivel nacional.**

ESTADOS	Superficie sembradas (ha)					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
BAJA CALIFORNIA SUR	7.00	5.00	5.00	0.00	0.00	10.00
CAMPECHE	19.50	12.50	12.50	12.50	12.50	19.50
COLIMA	1,116.50	1,049.40	1,101.50	1,176.66	1,245.17	1,424.17
GUERRERO	104.25	101.50	101.25	121.25	78.00	118.75
JALISCO	54.00	134.00	80.80	58.00	97.30	132.30
MICHOACAN	798.50	713.00	747.00	794.00	810.00	691.00
MORELOS	36.00	33.00	33.00	34.00	34.00	34.00
NAYARIT	53.50	53.50	47.50	47.50	47.50	47.50
YUCATAN	15.00	5.00	5.00	3.50	3.50	3.50
<b>TOTAL</b>	<b>2,204.25</b>	<b>2,106.90</b>	<b>2,133.55</b>	<b>2,247.41</b>	<b>2,327.97</b>	<b>2,480.72</b>

Fuente: SIAP-SAGARPA (2008).

**Cuadro 3. Rendimiento de tamarindo en la modalidad de temporal por estado y a nivel nacional.**

ESTADOS	Rendimientos (t ha <sup>-1</sup> )					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
CAMPECHE	5.00	4.63	0	5.00	4.71	4.50
CHIAPAS	3.65	2.79	2.37	3.14	2.22	3.10
COLIMA	4.57	5.62	3.93	4.18	5.27	5.25
GUERRERO	5.21	4.32	4.66	4.45	4.55	4.64
JALISCO	3.73	2.61	4.67	3.96	3.61	2.13
MEXICO	15.00	8.00	15.00	15.00	8.00	7.00
MORELOS	5.50	5.50	5.50	5.50	5.00	4.50
NAYARIT	6.81	3.68	3.35	3.75	3.81	4.43
SINALOA	5.33	5.00	3.50	3.07	3.16	3.01
TABASCO	0.51	1.51	2.06	2.44	2.27	2.46
TAMAULIPAS	7.00	0.50	4.00	4.00	4.00	4.00
VERACRUZ	4.85	5.10	4.92	4.97	3.22	4.41
YUCATAN	3.64	3.76	4.41	3.81	3.20	3.74
<b>PROMEDIO</b>	<b>4.70</b>	<b>4.28</b>	<b>4.34</b>	<b>4.09</b>	<b>4.18</b>	<b>3.92</b>

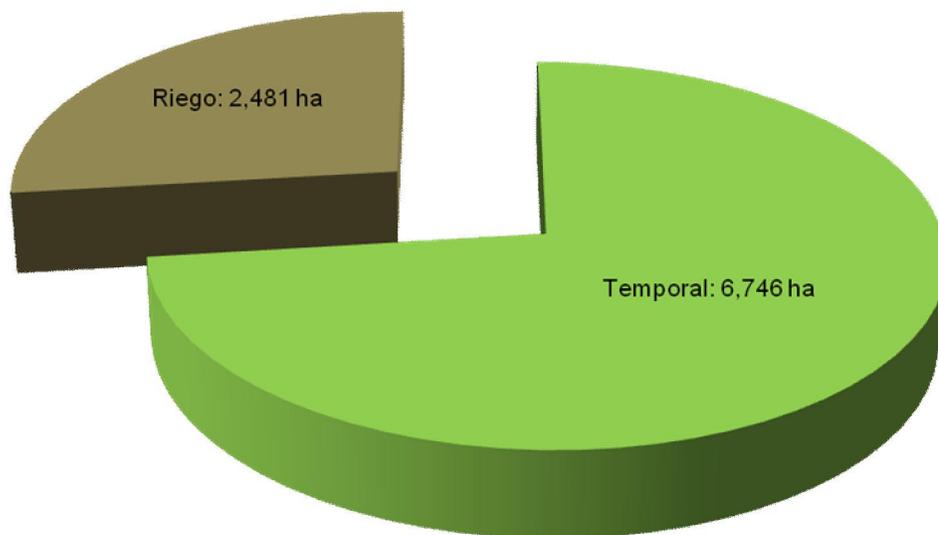
Fuente: SIAP-SAGARPA (2008).

Los rendimientos a nivel nacional de tamarindo en la modalidad de riego en los últimos seis años han incrementado en un 4.4% (Cuadro 4). Siendo el estado de Nayarit el que reporta los mayores rendimientos con 9.81 t ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 4. Rendimiento de tamarindo en la modalidad de riego por estado y a nivel nacional.**

ESTADOS	Rendimientos (t ha <sup>-1</sup> )					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
BAJA CALIFORNIA SUR	6.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAMPECHE	4.50	9.66	5.53	0.00	6.63	0.00
COLIMA	6.01	5.92	5.11	5.90	5.77	6.69
GUERRERO	5.90	4.87	7.35	6.80	5.71	6.35
JALISCO	6.70	7.98	6.71	6.98	7.35	5.77
MICHOACAN	5.29	3.67	4.18	4.69	7.17	4.91
MORELOS	10.94	5.89	6.73	5.91	4.75	3.21
NAYARIT	6.28	6.91	8.16	16.6	9.81	9.81
YUCATAN	8.20	9.00	9.75	6.29	3.86	4.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>5.86</b>	<b>5.27</b>	<b>5.03</b>	<b>5.77</b>	<b>6.28</b>	<b>6.13</b>

Fuente: SIAP-SAGARPA (2008).



**Figura 1. Superficie cultivada de tamarindo en México en la modalidad de temporal más riego.**

El tamarindo es cultivado en Tabasco en solo dos municipios: Cárdenas y Paraíso. El primero en los últimos seis años ha perdido más el 83% de su superficie Cuadro 5.

Los rendimientos de tamarindo a nivel estatal fluctúan entre 0.51 y las 2.45 t ha<sup>-1</sup>, en los últimos seis años en su modalidad de temporal (Cuadro 6), siendo el municipio de Paraíso quien reporta los mayor rendimiento con 3 t ha<sup>-1</sup>.

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

MUNICIPIOS	Superficie sembradas (ha)					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
CARDENAS	58.00	40.00	15.00	15.00	10.00	10.00
PARAISO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>TOTAL</b>	<b>59.00</b>	<b>41.00</b>	<b>16.00</b>	<b>16.00</b>	<b>11.00</b>	<b>11.00</b>

Fuente: SIAP-SAGARPA (2008).

**Cuadro 6. Rendimiento de tamarindo en el estado de Tabasco a nivel municipal en la modalidad de temporal.**

MUNICIPIOS	Rendimientos (t ha <sup>-1</sup> )					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
CÁRDENAS	0.50	1.50	2.00	2.40	2.20	2.40
PARAÍSO	1.04	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.51</b>	<b>1.51</b>	<b>2.06</b>	<b>2.44</b>	<b>2.27</b>	<b>2.45</b>

Fuente: SIAP-SAGARPA (2008).

#### **IV. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS**

Las plantas de tamarindo soportan sequías pero son sensibles a las heladas y se desarrollo en zonas con precipitación de 500mm anuales, encontrándose desde el nivel del mar con más de 30°C hasta altitudes de 1500 metros sobre el nivel de mar (msnm) con un promedio de 20°C (Silvia y Lucatero, 2006).

Se encuentra en lugares con clima cálido semiseco, aunque puede prosperar también en climas cálido húmedos, su rango de precipitación va de 800 a 1400mm anuales (Morton, 1987 y Orozco, 2001).

Requiere de una buena exposición solar, para el buen funcionamiento fisiológico del mismo, es tolerante a los vientos, debido a que sus ramas son fuertes y flexibles, así mismo se conoce que es un árbol resistente a huracanes. Es un árbol muy resistente a la sequía, tolera inundación temporal, y tolera el rocío salino, por lo que puede ser plantado cerca de las costas (Orozco y López 1997).

Es un árbol susceptible a heladas, los árboles jóvenes son muy sensibles a las heladas, pero los adultos pueden soportar hasta -3°C, sin sufrir daños serios, se adapta bien desde 40 msnm hasta los 600msnm (Gunasena y Hughes 2000).

#### **V. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS**

Para un buen desarrollo requiere suelos bien drenados y crece mejor en suelos aluviales profundos con textura migajón-arcilloso-arenoso y un pH, de 6.5 a 7.5. Sin embargo prospera en gran variedad de suelos incluyendo las arenas costeras, los suelos rocosos, y en sitios caracterizados por capas inferiores sólidas calcáreas y pocos profundos puede localizarse en márgenes de ríos pero no es tolerante a zonas inundables (Gunasena, 2000).

Es un cultivo que no es muy exigente en cuanto a suelo se refiere, aunque prefiere suelos profundos, con buen drenaje textura de migajón arcilloso y un pH de 6.5 a 7.5 (Orozco, 2001).

Puede, sin embargo vegetar en suelos ligeramente ácidos, relativamente pobres o crecer en terrenos calcáreos siempre y cuando se le dé una buena fertilización y se cuente con agua para riegos en períodos secos.

## **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 tamarindo 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](http://www.fao.org)).

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



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

El anterior 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 TAMARINDO**

Las variables principales que se consideraron para determinar las zonas con alto potencial productivos en el cultivo de tamarindo 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 7). 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 7. Variables seleccionadas para definir áreas de alta potencialidad para el cultivo tamarindo 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 tamarindo.

## **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  $0.5^{\circ}\text{C}/100$  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 tamarindo.

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 4. 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 tamarindo.

## **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 tamarindo, las cuales se denomina áreas con alto potencial productivo.

## VIII. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE TAMARINDO

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 cultivo de tamarindo en Tabasco.

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

$$Y = Bn \cdot Hi \quad (1)$$

Donde:

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

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

Hi = Índice de cosecha (adimensional)

La biomasa neta (Bn) 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 (Hi) por lo tanto, una parte proporcional de la biomasa neta.

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

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

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 *et al.*, 2008).

También se reportan en tablas los valores de bc y bo para plantas con una fotosíntesis máxima (Pm) de 20 kg CH<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, para lo cual se requiere calcular la temperatura diurna (T<sub>foto</sub>), 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<sub>foto</sub> = Temperatura diurna.

T<sub>max</sub> = Temperatura máxima

T<sub>min</sub> = Temperatura mínima

Rg = Radiación global medida (cal cm<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>)

bo = Tasa de fotosíntesis bruta en días completamente nublados (kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) (Pm = 20 kg ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>). 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<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) (Pm = 20 kg ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>). 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 6 (El-Siddig *et al.*, 2006)

log<sub>10</sub>(IAF) se obtiene de gráfica.

N = Duración del ciclo del cultivo 365 (Chturvedi *et al.*, 1986)

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

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

$C_{30}$  = 0.0283 para leguminosas como el cultivo de tamarindo.

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 (IH) del cultivo de tamarindo. El valor de  $H_i$  fue de 0.05, estimado a partir de los datos reportados por Mehtta, (2001), El-Siddig *et al.*, (2006) NAS, (1979) y Orozco, (2001).

## IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de las variables climáticas y edáficas, que más influye en el crecimiento y desarrollo en el cultivo de tamarindo, se mencionan en la ficha técnica FAO, (1994) (Anexo 2).

Desde el punto de vista agroclimático el estado de Tabasco, cuenta con un superficie de 2,376,589 hectáreas con alto potencial productivo para cultivar tamarindo, el resto de la superficie del estado no es apta para éste cultivo, ya que presentan un periodo de crecimiento menor de 200 días (Anexo 3).

En cuanto a los requerimientos de suelo para este cultivo el estado de Tabasco cuenta con una superficie de 216,250 hectáreas, las cuales corresponden a las subunidades de suelo: Fluvisol Éútrico (FLeu), Fluvisol Éútrico-Gléyico (FLeugl), Fluvisol Éútrico+Vertisol Crómico (Fleu+VReu) y Fluvisol Éútri- Calcárico+Gleysol Mólico (FLeuca+GLmo) (Anexo 4).

El resto de la superficie de la entidad, no presenta suelos aptos para este cultivo. Por ejemplo los suelos Histosol Sápricos (HSsa) y Histosol Sodi-Sápricos (PSsosa) que representan 3.6% (90,581.87 ha) de la superficie estatal, los factores de demerito para este grupo de suelo están ligado al drenaje que es muy pobre o nulo y puede presentar materiales sulfídicos u horizonte sulfúrico en los primeros 125cm de profundidad, presentan un pH de 4.7 (Palma *et al.*, 2007). Tales detrimentos como pH bajo provocan crecimiento raquítrico en la planta (Orozco, 2001).

El análisis edafoclimático (clima y suelo) muestra que el estado de Tabasco, cuenta con una superficie potencial de 258,948 hectárea para cultivar tamarindo, que se distribuyen en todo el estado de Tabasco (Figura 3), de las cuales el 60% de ellas se concentran en cinco municipios que se jerarquizan a continuación: Cárdenas (44,432 ha), Huimanguillo (38,289 ha), Cunduacán (24,040 ha), Tacotalpa (22,001 ha) y Centro (20,780 ha). En la figura 4 se ilustran las zonas de color rosado las aéreas con alto potencial productivo en para el estado de Tabasco.

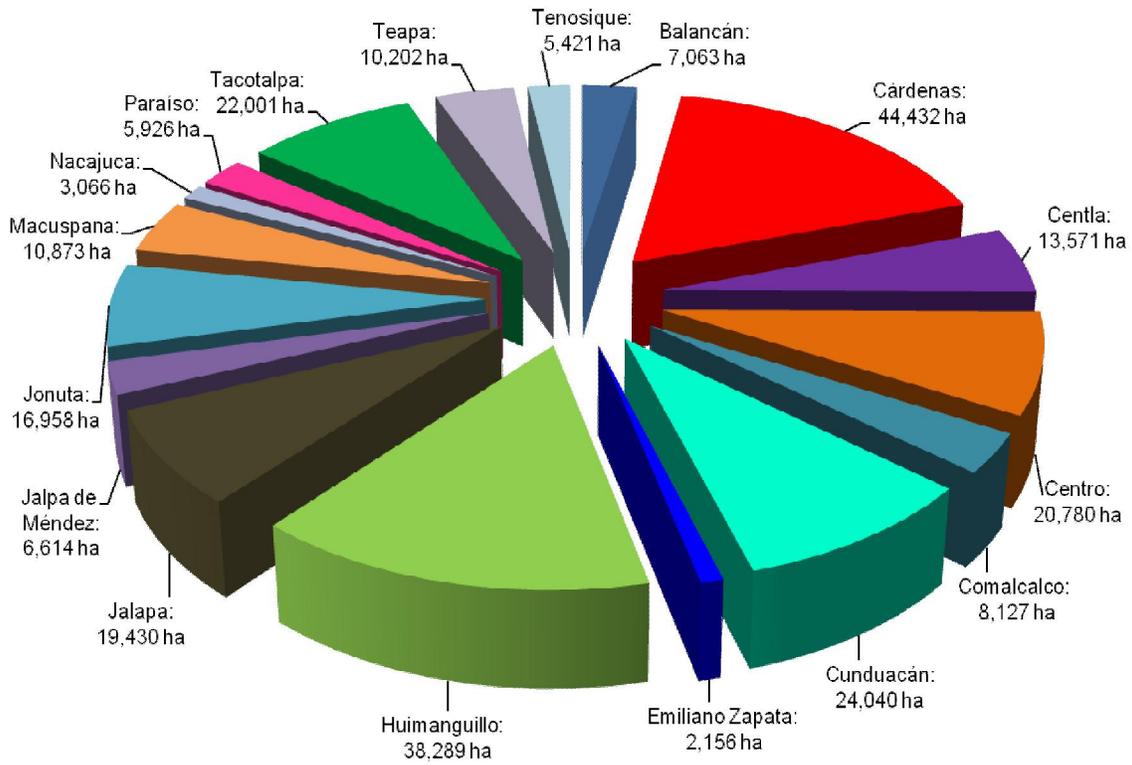


Figura 3 Superficie por municipios con alto potencial productivo para el cultivo de tamarindo en el estado de Tabasco.

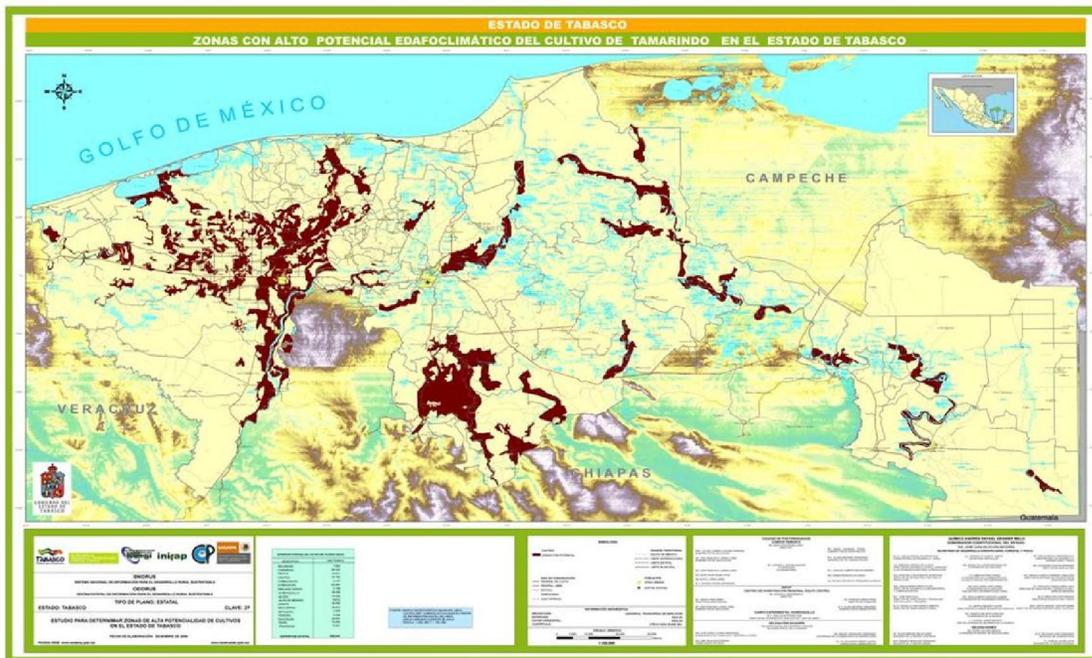


Figura 4. Distribución geográfica de la superficie con alto potencial productivo para el cultivo de tamarindo en Tabasco.

El rendimiento potencial para el cultivo de tamarindo en el estado de Tabasco es de  $13.5 \text{ t ha}^{-1}$ , dichos rendimientos son estimados para una plantación de 12 años de edad, la cual es reportada como la edad que el árbol de tamarindo tarda en estabilizar su producción, siempre que las plantas establecidas en campo provengan de propagación vegetativa “injertos” (El-Siddig *et al.*, 2006).

Los rendimientos estimados de  $13.5 \text{ t ha}^{-1}$  son superiores al promedio nacional en la modalidad de temporal en el año 2007 que fueron de  $3.92 \text{ t ha}^{-1}$ , siendo el estado de México el que reporta los mayores rendimientos con  $15 \text{ t ha}^{-1}$  (SIAP-SAGARPA, 2008). Esto se podría deber principalmente entre otras cosas a la edad de los árboles o bien al manejo agronómico.

Es importante resaltar que dichos rendimientos potenciales estimados superan cinco veces al promedio estatal que es de  $2.45 \text{ t ha}^{-1}$  (SIAP-SAGARPA, 2008). Lo cual podría deberse a que en el estado de Tabasco, existe poca investigación tecnológica que permitan incrementar los rendimientos por unidad de superficie.

## 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 2,376,589 hectáreas para cultivar tamarindo.
- ✚ El potencial edafológico del estado de Tabasco, para el cultivo del tamarindo es de 261,250 hectáreas.
- ✚ La superficie con alto potencial edafoclimático, para cultivar tamarindo en el estado de Tabasco es de 258,948 hectáreas.

- ✚ El principal factor ambiental que más limita el potencial productivo para el cultivo de tamarindo en el estado de Tabasco es el factor suelo.
- ✚ El cultivo de tamarindo se puede cultivar en los diecisiete municipios siempre que se establezcan en las áreas con alto potencial en cada uno de ellos.
- ✚ Los rendimientos potenciales esperados para el cultivo de tamarindo en el estado de Tabasco es de 13.5 t ha<sup>-1</sup>.
- ✚ El 60% de la superficie con alto potencial edafoclimático se concentran en cinco municipios: Cárdenas (44,432 ha), Huimanguillo (38,289 ha), Cunduacán (24,040 ha), Tacotalpa (22,001 ha) y Centro (20,780 ha).
- ✚ Se recomienda planta este cultivo en las épocas de lluvias del 15 de mayo hasta 15 noviembre.

## 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.
- Chaturvedi, A.N.; Bhatt, D.N.; Mishra, C.M.; Singh, S.L. 1986. Root development in some tree species on soils. *Journal of Tropical Forestry*. (2): 119-130.
- Coronel, R. E. 1991. *Tamarindus indica* L. In Plant Resources of South East Asia, Wageningen; Pudoc. No. 2. Edible Fruits and Nuts. Eds. E.W.M. Verheij and R.E. Coronel, PROSEA. Foundation, Bogor, Indonesia. pp. 298-301.

- El-Siddig.; Gunasena, H.P.M.; Prasad, B.A.; Pushpakumara, D.K.N.G.; Ramana, K.V.R.; Vijayanand, P.; Williams, J.T. 2006. Tamarind *Tamarindus indica* L. Southampton, Center for Underutilised Crops, Universidad de Southampton, Southampton UK.188p.
- 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 (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1978. Agroecological zones project. World Soil Resources. Report Num. 48. Vol. 1, África. 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.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. Serie Libros, Num. 6. México D.F. 90 p.
- Gunasena, H,P,M y Hughes, A. 2000. Tamarind- *Tamarindus indica*. International Center for Under Utilizerd Crops, Southampton, UK. 169 p.

- Gunaseena, H,P,M.2000. Tamarind Extension Manual. International Center for Under Utilized Crops, Southampton, UK. 34 p.
- ICUC. (International Centre for Underutilized Crops). 1999. Fruits for the Future Tamarind. Institute of Irrigation and Development Studies, University of Southampton, Southampton, SO17 1BJ, UK. *Disponible in: <http://www.soton.ac.uk/~icuc>*
- IMTA. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). ERIC. 2003. Extractor Rápido de Información Climatológica v.1.0.
- Mehhta, V.S. 2001. Tissue culture studies in tamarind (*Tamarindus indica* L). a leguminous tree species. Thesis: The degree of Doctor of Philosophy. Plant Tissue Culture Division National Chemical Laboratory Pune-India. 275 p.
- Morton, J. 1987. Tamarindo. *in*: Fruits of warm climates. Julia F. Morton, Miami FL. P.115-121p. *Disponible in: [www.hort.purdue.edu/tamarind.html](http://www.hort.purdue.edu/tamarind.html)*
- NAS. 1979. Trópicos legumes. Resource for the future. Washington. D.C. pp 117-121.
- Orozco, S.M. 2001. El cultivo de Tamarindo (*Tamarindus indica* L) en el trópico seco de México. SAGARPA, INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Tecmán, Colima, México. Folleto Técnico No 1. 56 p.
- Orozco, S.M. y López, A.O.S. 1997. El Cultivo de Tamarindo (*Tamarindus indica* L) en Colima México. SAGARPA, INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Tecmán, Colima, México. 32 p.

- 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.
- Parrotta, J.A. 1990. *Tamarindus indica* L. *Tamarind*. SO-ITF-SM-30. New Orleans, LA: US Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 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.
- 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.

## XII. ANEXOS

# ANEXO

**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 tamarindo (FAO, 1994).

ECOLOGÍA	ÓPTIMA		ABSOLUTA			ÓPTIMA	ABSOLUTA
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima			
					PROFUNDIDAD	Profundo (>150 cm)	Somero (20-50 cm)
REQUERIMIENTOS DE TEMP °C	20	35	12	45	TEXTURA	Media, ligera	Pesada, Media, y Ligera
PRECIPITACIÓN ANUAL (mm)	800	3000	300	4500	FERTILIDAD	Moderado	Baja
LATITUD			15	20	TOXICIDAD POR ALUMINIO		
ALTITUD				1500	SALINIDAD	Baja (<4 dS/m)	Alta (>10 dS/m)
pH	5.5	6.5	4.5	8.5	DRENAJES	Moderado	
INTENSIDAD LUMINOSA	Muy brillante	Cielo despejado	Muy brillante	Sombreado ligero			







