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 CHAYOTE (*Sechium edule* Jacq Swartz) EN EL ESTADO DE TABASCO.

TABASCO Trabajar para transformar

SECRETARÍA DE DESARROLLO AGROPECUARIO FORESTAL Y PESCA

Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable del Estado de Tabasco OEIDRUS-TAB

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

TOMO II **2008**

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....1
II. OBJETIVOS.....2
III. RENDIMIENTOS DE CHAYOTE POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL....2
IV. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS 5
V. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS 6
VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA.....7
VII. SELECCIÓN Y REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVOS DE CHAYOTE 9
7.1. INVENTARIO CLIMÁTICO..... 10
7.1.1. División climática..... 10
7.1.2. Período de crecimiento 11
7.2. INVENTARIO EDAFOLÓGICO 11
7.2.1. División edafológica 11
7.3. FUENTES DE INFORMACIÓN 12
7.3.1. Información climática..... 12
7.3.2. Información edafológica 12
7.3.3. Información cartográfica..... 12
VIII. ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE CHAYOTE 13
IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 16
X. CONCLUSIONES 18
XI. BIBLIOGRAFÍA 19
XII. ANEXOS.....24

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. SUPERFICIE CULTIVADA DE CHAYOTE POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL EN LA MODALIDAD DE TEMPORAL EN HECTÁREAS.....3

CUADRO 2. SUPERFICIE CULTIVADA DE CHAYOTE POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL EN LA MODALIDAD DE RIEGO EN HECTÁREAS. 4

CUADRO 3. RENDIMIENTO DE CHAYOTE POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL EN LA MODALIDAD DE RIEGO (T HA^{-1}). 5

CUADRO 4. RENDIMIENTO DE CHAYOTE POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL EN LA MODALIDAD DE TEMPORAL (T HA^{-1}). 5

CUADRO 5. VARIABLES SELECCIONADAS PARA DEFINIR ÁREAS DE ALTA POTENCIALIDAD PARA EL CULTIVO DE CHAYOTE EN EL ESTADO DE TABASCO. 9

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. METODOLOGÍA SIMPLIFICADA DE LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA PARA EL CULTIVO DE CHAYOTE. 8

FIGURA 2. SUPERFICIE POR MUNICIPIOS CON ALTO POTENCIAL PARA CULTIVAR CHAYOTE EN EL ESTADO DE TABASCO. 17

FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA SUPERFICIE CON ALTO POTENCIAL PRODUCTIVO PARA EL CULTIVO DE LA CHAYOTE EN TABASCO. 17

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN EL ESTADO DE TABASCO. 25
ANEXO 2. REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DEL CHAYOTE (FAO, 1994). 26
ANEXO 3. ZONAS CON ALTO POTENCIAL CLIMÁTICO PARA EL CULTIVO DEL CHAYOTE EN EL ESTADO DE TABASCO. 27
ANEXO 4. ZONAS CON ALTO POTENCIAL EDAFOLÓGICO PARA CULTIVAR CHAYOTE EN EL ESTADO DE TABASCO. 28
ANEXO 5. ZONAS CON ALTO POTENCIAL EDAFOCLIMÁTICO PARA CULTIVAR CHAYOTE EN EL ESTADO DE TABASCO. 29
ANEXO 6. RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DEL CHAYOTE EN EL ESTADO DE TABASCO. 30

I. INTRODUCCIÓN

El chayote *Sechium edule* (Jacq.) Sw, es originario de Mesoamérica (Newstrom, 1991; Hawkes, 1991) donde se encuentra la mayor diversidad genética, pero se cultiva de manera rústica en muchas regiones del mundo, siendo uno de los vegetales más accesibles para los grupos de bajos ingresos (Lira, 1996).

Es una planta herbácea domesticada, monoica y trepadora, de frutos vivíparos y carnosos, utilizada principalmente como alimento humano. Cuyos frutos, hojas tiernas y raíces tuberosas son consumidos como verdura (Chakravaty, 1990; Yang y Walters, 1992; Engels y Jeffrey, 1993) sin embargo, el consumo del fruto como vegetal de mesa es el más difundido.

También es utilizado en la industria, para la elaboración de alimentos infantiles, jugos, salsas y pastas, además se le atribuyen propiedades medicinales. Los tallos, duros y fibrosos, son la única parte de la planta que no se consume y se destinan a la fabricación artesanal de cestas y sombreros (Sosa, 1997; Alvarenga-Venutolo *et al.,* 2007). Aunque también se ha reportado como medicinal en calcificaciones renales, hipertensión, inflamaciones intestinales y cauterización de heridas (Cáceres, 1980).

La generación de empleos fijos y temporales es otra de las bondades del cultivo de esta especie. En una huerta comercial de chayote de 2 a 4 ha, se pueden emplear de 30 a 35 personas por espacios de 6 a 9 meses en su mayoría mano de obra femenina (Cadenas, 1998).

El chayote ha mantenido un crecimiento sostenido en las últimas décadas gracias a su consumo nacional y por ser un producto de calidad internacional y el tener características nutritivas lo hacen ser uno de los más consumidos dentro de las hortalizas. En el año 2007 la producción nacional de chayote fue de 100,452

toneladas con un valor de 190 millones 576 mil cien pesos y el rendimiento medio nacional fue de 57.66 t ha^{-1} (SIAP-SAGARPA, 2008).

En Tabasco esta hortaliza no figura en las estadísticas como cultivo de importancia económica, aunque es muy común su consumo en la entidad, por lo que el presente estudio tiene como objetivo identificar las áreas potenciales para establecer el cultivo a nivel comercial.

II. OBJETIVOS

- Realizar la zonificación del cultivo de chayote (*Sechium edule* Jacq Swartz) 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 chayote (*Sechium edule* Jacq Swartz)

III. RENDIMIENTOS DE CHAYOTE POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL

El frutos maduros de chayote puede llegar alcanzar un peso entre 400 a 500 gramos y la planta puede llegar a producir entre 75 a 300 frutos, el ciclo vegetativo es de nueve meses y produce una fruta por metro cuadrado por semana, es decir puede llegar a producir hasta 320,000 frutas por hectárea por ciclo de cultivo (FAO, 1994).

La superficie cultivada de chayote en su modalidad de temporal a nivel nacional se incremento en un 132.72% del año 2003 al 2004. Posteriormente, en los dos años siguientes se observó un ligero incremento (Cuadro 1). Para el año 2007, mostrar un tendencia negativa con una disminución del 6% (75.5 ha) en la superficie sembrada (SIAP-SAGARPA, 2008).

El cultivo de chayote empieza a producir a los 85 ó 120 días después de la siembra y la cosecha continua durante 6 ó 7 meses, los rendimientos varían de 50 a 145 t ha^{-1}, obtenidos con una densidad de población de 588 planta por hectárea, con un arreglo de 4mx4m (Lira-Saade, 1996).

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

	AÑOS				
ESTADOS	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**
MICHOACAN	3.00	3.00	5.00	5.00	4.00
MORELOS	2.00	1.00	1.00	0.00	1.00
VERACRUZ	903.00	1,151.00	1,184.00	1,191.00	1,128.00
MÉXICO	0.00	50.00	50.00	50.00	50.00
NAYARIT	0.00	0.50	0.50	12.50	0.50
TOTAL	**908.00**	**1,205.50**	**1,240.50**	**1,258.50**	**1,183.50**

Fuente: SIAP-SAGARPA (2008)

La superficie cultivada de chayote en la modalidad de riego a nivel nacional disminuyó un 21.86% del año 2003 al 2007. La superficie cultivada de chayote en el año 2007 en mencionada modalidad fue de 904.50 hectáreas, de las cuales tres entidades federativas siembran poco más del 86%, las cuales se jerarquizan a continuación: Veracruz (285 ha), Jalisco (272 ha) y Michoacán (222 ha) (SIAP-SAGARPA, 2008).

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

	AÑOS				
ESTADOS	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**
BAJA CALIFORNIA	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00
COLIMA	1.00	0.50	0.00	0.00	0.50
GUANAJUATO	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00
JALISCO	292.00	292.00	264.00	274.00	272.00
MICHOACAN	205.75	195.75	215.00	229.00	222.00
NAYARIT	1.75	2.25	0.25	1.00	0.00
SAN LUIS POTOSI	100.00	100.00	100.00	100.00	85.00
VERACRUZ	483.00	320.00	293.00	318.00	285.00
YUCATAN	36.00	18.50	16.00	27.90	14.00
TOTAL	**1,157.50**	**955.00**	**914.25**	**975.90**	**904.50**

Fuente SIAP-SAGARPA (2008).

Los rendimientos de chayote a nivel nacional en la modalidad de riego son de 49.5 t ha^{-1} (Cuadro 3). Aunque los estados de Michoacán y Veracruz, reportan rendimientos de 74.27 t ha^{-1} y 68 t ha^{-1} respectivamente (SIAP-SAGARPA, 2008).

En la modalidad de temporal ambas entidades mencionadas anteriormente tienen los rendimientos más alto a nivel nacional con 70 t ha^{-1} y 68.61 t ha^{-1} respectivamente. La producción nacional de chayote incluyendo la modalidad de riego y de temporal fue de 55,638.00 toneladas. El estado de Tabasco no figura en la producción de esta hortaliza (SIAP-SAGARPA, 2008).

Cuadro 3. Rendimiento de chayote por estado y a nivel nacional en la modalidad de temporal (t ha^{-1}).

	AÑOS				
ESTADOS	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**
MICHOACAN	80.00	80.00	80.00	80.00	70.00
MORELOS	5.00	4.80	16.00	0.00	7.00
VERACRUZ	65.06	59.47	52.44	55.48	68.61
MÉXICO	0.00	15.00	20.00	20.00	19.00
NAYARIT	0.00	4.00	4.00	8.84	4.00
PROMEDIO	**64.96**	**59.47**	**51.2**	**53.71**	**66.43**

Fuente: SIAP-SAGARPA (2008).

Cuadro 4. Rendimiento de chayote por estado y a nivel nacional en la modalidad de riego (t ha^{-1}).

	AÑOS				
ESTADOS	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**
COLIMA	5.00	6.00	0.00	0.00	8.00
GUANAJUATO	50.00	50.00	12.00	12.00	15.00
JALISCO	13.03	17.43	24.34	21.10	24.47
MICHOACAN	88.00	79.77	80.00	80.00	74.27
NAYARIT	19.20	20.00	0.00	20.00	0.00
SAN LUIS POTOSI	20.00	20.00	15.00	24.00	20.00
VERACRUZ	62.41	68.00	68.00	72.00	68.00
YUCATAN	20.21	9.19	8.00	13.87	14.00
PROMEDIO	**48.67**	**48.15**	**49.77**	**51.37**	**49.55**

Fuente: SIAP-SAGARPA (2008).

IV. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS

Fisiológicamente la planta de chayote se adapta a los climas tropicales y subtropicales permitiéndole al cultivo desarrollarse mejor y alcanzar mayores rendimientos, ya que según Gamboa, (2005) las condiciones climáticas necesarias son: alturas de 1000 a 1200 msnm, temperaturas entre 13 y 21°C y precipitaciones entre 1500 y 2000mm por año. La planta requiere aproximadamente 200 litros de agua cada 48 horas (Abdelnour y Rocha, 2008).

Aunque Cadenas (1998) menciona que en los trópicos, el chayote crece mejor en alturas que van entre 300 a 2000 msnm.

El rango de temperatura para que la planta de chayote crezca y fructifique va de 17 a 26°C. Sin embargo, el rendimiento se reduce cuando las temperaturas son superiores a los 30°C e inferiores a los 17 °C (Engels, 1983).

Temperaturas inferiores a 13ºC reducen la producción, ya que daña los frutos pequeños; temperaturas superiores a 28ºC favorecen el crecimiento excesivo, la caída de flores y de frutos pequeños que disminuyen la producción;

requiere alta humedad relativa entre 80 y 85% y una precipitación entre 1500 y 2000mm, bien distribuidos a través del año (Cadena-Iñiguez, 2005).

El crecimiento de la planta de chayote se desarrolla a plena exposición de la luz (con periodos de 10 horas luz). Lapsos menores de luz, influyen en un crecimiento más lento de las guías y la producción de flores (Cadena-Iñiguez, 2005). El viento es un factor que afecta la constitución herbácea, por la pérdida de las flores, ocasionando así una baja producción de frutos de chayote.

V. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS

El chayote muestra un buen crecimiento y desarrollo en suelos profundos, fértiles y ricos en materia orgánica, con pH que oscila entre 7.0. En suelos pobres, esta planta se desarrolla bien, si se le adiciona al suelo suficiente materia orgánica (Gamboa, 2005). Si se desea cultivar esta especie en suelos arcillosos es indispensable realizar un buen sistema de drenaje.

Aunque Vieira *et al*., (2001) mencionan que tolera suelos de cualquier textura, siempre que sean bien drenados. Los mejores son aquellos de texturas cercanas a franca o un poco más arcillosa, con profundidades mayores a 0.5m.

Es una planta exigente en nitrógeno (N) y fósforo (P), aunque mucho N puede causar exceso de follaje, responde bien a la fertilización orgánica y su pH óptimo es de 5.5 a 6.7.

La topografía, como la pedregosidad no son factores limitantes para este cultivo, ya que normalmente no se hace una previa preparación del terreno. Es muy importante tener en cuenta que sembrar al chayote en suelos arcillosos o con alta retención de humedad, favorecen la incidencia de las enfermedades "*fusarium*" que causa la muerte de las plantas.

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 "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 chayote 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 1 se esquematiza de manera sucinta la metodología de la zonificación agroecológica (FAO, 1981) utilizada en el cultivo de chayote.

Figura 1. Metodología simplificada de la zonificación agroecológica para el cultivo de chayote.

El 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: ¿Cuando 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 CULTIVOS DE CHAYOTE

Las variables principales que se consideraron para determinar las zonas con alto potencial productivos en el cultivo de chayote 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 5). 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 5. Variables seleccionadas para definir áreas de alta potencialidad para el cultivo chayote 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 chayote.

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 ºC/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 chayote.

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 5. 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 chayote.

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 chayote, las cuales se denomina áreas con alto potencial productivo.

VIII. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE CHAYOTE

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 chayote 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)

$$\mathbf{Y = Bn*Hi} \qquad \mathbf{(1)}$$

Donde:

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

Bn = Producción de biomasa neta (t 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).

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

Donde:

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

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

Donde:

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

$$\mathbf{F = (A_c - 0.5*Rg)/(0.80*Rg)} \qquad \mathbf{(4)}$$

Donde:

Ac = Radiación fotosintéticamente activa en un día totalmente despejado (cal cm^{-2} d^{-1}) (Tablas para Pm = 20 kg ha^{-1} h^{-1})

Los valores de (Ac) para diferentes latitudes se reportan tabulados por FAO, (1978). Asumiendo que la radiación fotosintéticamente activa de un día totalmente cubierto es el 20% de (Ac) y que la radiación fotosintéticamente activa equivale al 50% de la radiación global total de onda corta (Rg) 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 CH_2O ha^{-1} h^{-1}, para lo cual se requiere calcular la temperatura diurna (T_{foto}), la cual se calcula con la ecuación (5)

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

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)

$$\mathbf{L = 0.3424 + 0.9051*\log_{10}(IAF)} \qquad \mathbf{(6)}$$

IAF = Índice de área foliar utilizada fue de 6 (Borrego *et al.,* 2002)

$\log_{10}$(IAF) se obtiene de gráfica.

N = Duración del ciclo del cultivo 270 días.

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

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

C_{30} = 0.0108 para cultivos como el chayote 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 (Hi) del cultivo de chayote. El valor de Hi del cultivo de chayote utilizado fue de 0.8, el cual fue calculado a partir de los datos de Flores, (1989), Núñez, (1994) y Lira-Saade, (1996).

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

Desde el punto de vista climático (temperatura y precipitación) el estado de Tabasco tiene 2,376,569 hectáreas con alto potencial productivo para cultivar chayote (Anexo 3). El resto de la superficie del estado no es apta para cultivar esta hortaliza “chayote”, ya que presentan un periodo de crecimiento menor al requerido por este cultivo que es de 270 días.

En cuanto a los requerimientos de suelo para este cultivo, Tabasco cuenta con una superficie de 219,419 hectáreas, las cuales corresponden a las subunidades de suelo: Fluvisol Éutrico (FLeu) y Fluvisol Éutrico+Vertisol Crómico (Fleu+VReu), Fluvisol Dístri-Gléyico (FLdygl), Fluvisol Éutri-Calcárico+Gleysol Mólico (FLeuca+GLmo) y Gleysol Mólico+Vertisol Éutrico (GLmo+Vreu) (Anexo 4).

El resto de la superficie de la entidad, no presenta suelos aptos para este cultivo. Por ejemplo los suelos Plíntoles Éutricos (PTeu) y Plíntoles Úmbricos (PTum) que representan 1.6 % (40111.6 ha) de la superficie estatal, los factores de demerito para este grupo de suelo están ligado al pH, drenaje imperfecto y pendiente (Palma *et al.,* 2007)

El análisis edafoclimático (clima y suelo) muestran que el estado de Tabasco, cuenta con una superficie potencial de 219,331 hectáreas para cultivar chayote, que se distribuyen en los diecisiete municipios del estado de Tabasco (Figura 2), de las cuales el 51% de ellas se concentran en cuatro municipios que se jerarquizan a continuación: Cárdenas (38,306 ha), Huimanguillo (35,431 ha), Tacotalpa (22,001 ha) y Jonuta (16,958 ha). En la Figura 3 se ilustran las zonas de color verde con alto potencial productivo para producir chayote en el estado de Tabasco.

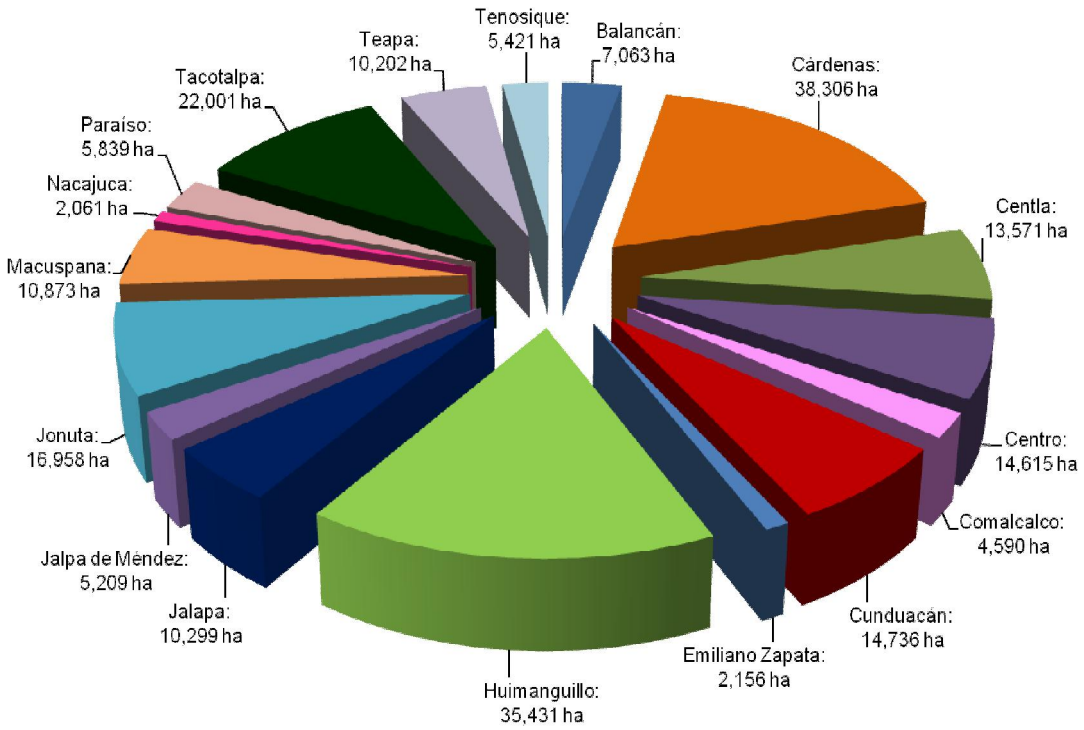


Figura 2. Superficie por municipios con alto potencial para cultivar chayote en el estado de Tabasco.

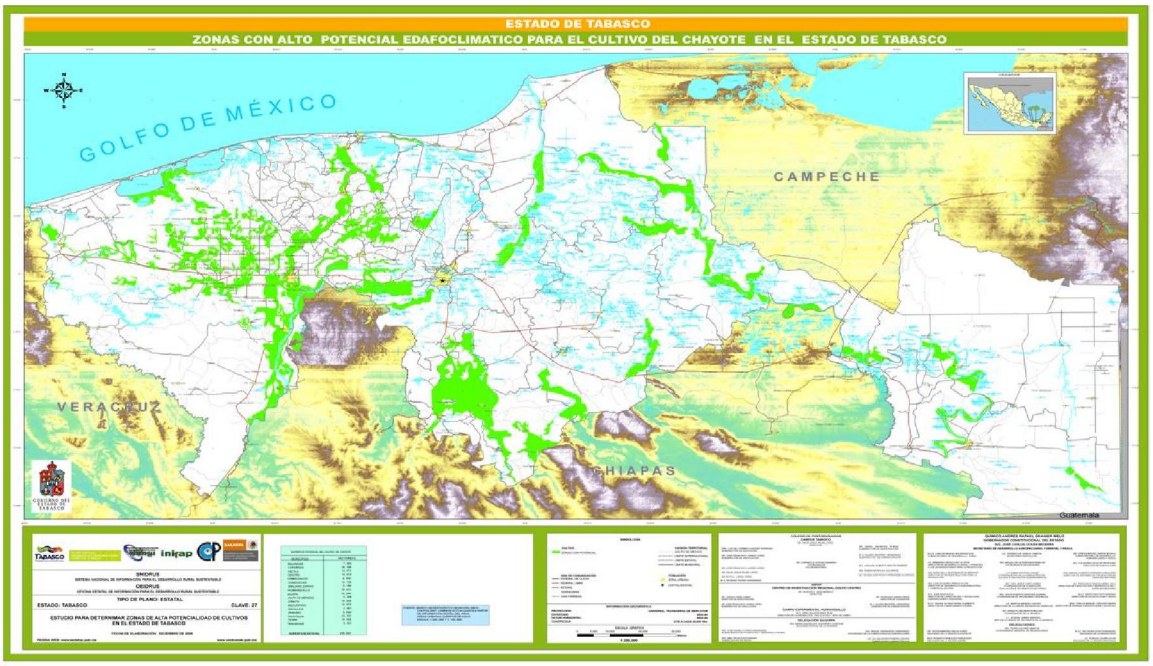


Figura 3. Distribución geográfica de la superficie con alto potencial productivo para el cultivo de la chayote en Tabasco.

El rendimiento potencial para el estado de Tabasco es de 59.5 t ha^{-1}, dicho rendimiento son estimado para una plantación de 5 a 9 mese de edad. Mencionados rendimientos potenciales son inferiores a los reportados por los estados Michoacán y Veracruz con 70 t ha^{-1} y 68 t ha^{-1} respectivamente en su modalidad de temporal (SIAP-SAGARPA, 2008) (Anexo 4).

X. CONCLUSIONES

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

- El estado de Tabasco, tiene un potencial climático (temperatura y precipitación) de 2,376,569 hectáreas para cultivar chayote.
- El potencial edafológico del estado de Tabasco, para el cultivo de la chayote es de 219,331 hectáreas.
- La superficie con alto potencial edafoclimático (clima y suelo) para cultivar chayote en el estado de Tabasco es de 219,331 hectáreas.
- El principal factor ambiental que más limita el potencial productivo para el cultivo de chayote en el estado de Tabasco es el factor suelo.
- El cultivo de chayote se puede cultivar en todo el estado de Tabasco, siempre que se establezca en las zonas de alta potencialidad, marcadas de color verde ene l mapa edafoclimático.
- Los rendimientos potenciales esperados para el cultivo de chayote en el estado de Tabasco son de 59.5 t ha^{-1}.

- El 51% de la superficie con alto potencial edafoclimático se concentran en cuatro municipios: Cárdenas (38,306 ha), Huimanguillo (35,431 ha), Tacotalpa (22,001 ha) y Jonuta (16,958 ha).

- Las fechas de siembra para este cultivo son del 15 de mayo al 15 de agosto.

XI. BIBLIOGRAFÍA

Abdelnour, A y Rocha, O.J. 2008. Genetic characterization of a collection of chayote, Sechium edule (Jacq.) Swartz, in Costa Rica by using isozyme markers. Genet. Resour. Crop Evol. 55:163–170

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.

Alvarenga-Venutolo. S.; Abdelnour-Esquivel, A y Villalobos-Aránbula, V. 2007. Conservación *in vitro* de chayote (*Sechium edule).* Agronomía Mesoamericana 18(1): 65-73.

Cásseres, E.H. 1980. Producción de Hortalizas. IICA, San José. 387 p.

CNA (Comisión Nacional de Agua). 2005. Productos Climatológicos. Servicio Meteorológico Nacional. Disponible e*n*: *http://smn.cna.gob.mx*.

Cadena, I. J. 2005. Caracterización morfoestructural, fisiológica, química y genética de diferentes tipos de chayote (*Sechiun edule* (Jacq.) Sw.). PhD Thesis, Colegio de Postgraduados, Texcoco, México, 156 p.

Cadena, I. J. 1998. El Chayote (*Sechiun edule* (Jacq.) Sw). Apuntes de campo y productividad para la región de Actopan, Ver. Sin publicar. 83 p.

Engels, J.M y Jeffrey. C. 1993. Sechium edule (Jacq) Swartz In: J.S. siemonsma y K. Piluek (eds). Plan Resources of South-East Asia. No. 8. Vegetables. Pudoc Scientific Publisher. Wageningen. pp. 246-248

Engels, J.M. 1983. Variation in *Sechium edule Sw. in central America. J. Amer. Soc. Hort. Sci. (108):706-710.*

ESRI. (Environmental System Research Institute). 2004. ArcGIS 9. Getting Started With ArcGIS. 2004. Sistema de información. USA.

Chakravaty, H.L. 1990. Cucurbits of India and their role in the development of vegetable crops. In: Bates, D. M., R.W. Robinson y C. Jeffrey (eds). Biology and Utilization of the Cucurbitaceae. Cornell University Press. Ithaca, N. Y. pp. 325-334.

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, 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 Apparaisal. FAO – IIASA, Interin Report. IR – 98-051.

Flores, M.E. 1989. El chayote *Sechiun edule* Swartz (Cucurditaceae). Revista biología tropical Supl. 37. Universidad de Costa Rica, Costa Rica, C.A. (1)1-54.

Gamboa W. 2005. Producción Agroecológica. Una Opción para el Cultivo de Chayote (Sechium edule (Jacq) Sw.) Universidad de Costa Rica. 219 p.

García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. Serie Libros, Num. 6. México D.F. 90 p.

Hawkes J.G. 1991. The centers of plant genetic diversity in Latin America. Diversity 7:7–9.

IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2003. ERIC III. Extractor Rápido de Información Climatológica v.1.0.2007.

Lira-Saade, R. 1996. Chayote Sechium edule (Jacq) Sw. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 8. Institute of Plant Genetics and Crops Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Instittute, Roma, Italia. IPGRI. 58 p.

Newstrom, L.E .1991. Evidence for the origin of chayote Sechium edule (Jacq.) SW. (Cucurbitaceae). Econ Bot. 45:410–428.

Nuñes, B. 1994. Las Plantas Cultivadas de los Productores de Exportación no Tradicionales. El Caso del Chayote MSc. Thesis, Universidad de Costa Rica. 294 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.

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.

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.

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 *In*: *http://www.siap.sagarpa.gob.mx.*

Sosa, R. 1997. El Poder Medicinal de las Plantas. Miami, Florida, Estados Unidos de América. Asociación Publicadora Interamericana. 223 p.

Vieira, M.J.; Escobar, B.J.C y Mejía, N. 2001. Cultivos para el Mejoramiento y Diversificación de los Sistemas de Producción. Requerimientos Agroecológicos y Aspectos Productivos. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, CENTA y Proyecto CENTA - FAO – Holanda - El Salvador. 23 p.

Yang, S.L y Walter T.1992. Ethnobotany and the economic role of the Cucurbitaceas of China. Econ. Bot. 46: 349-367.

XII. ANEXOS

ANEXOS

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

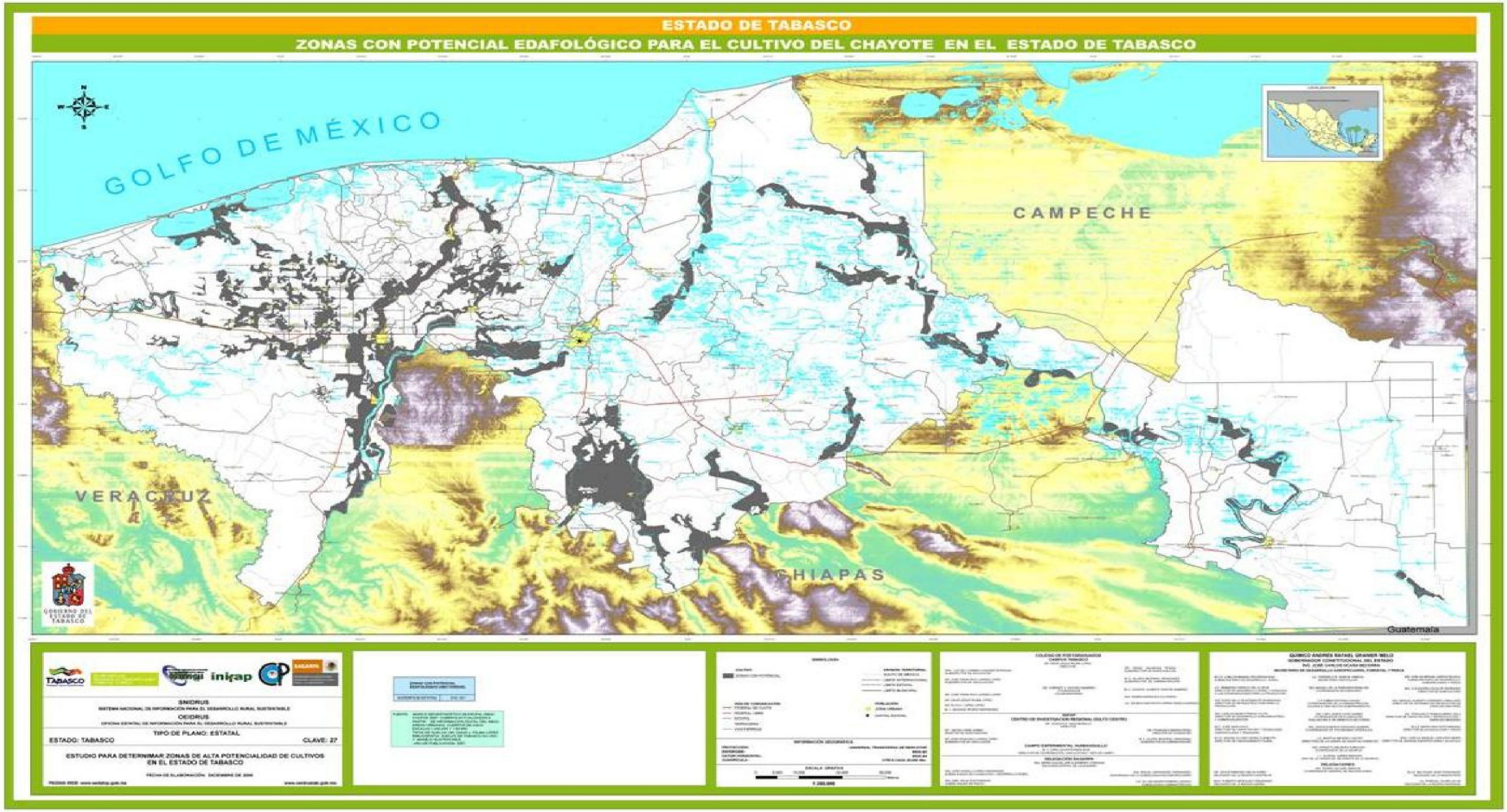
MUNICIPIO		ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
BALANCÁN	1	APATZINGAN	705156	1946979	65
	2	BALANCAN	655091	1969771	18
	9	EL TRIUNFO	693295	1984127	60
	27	SAN PEDRO	695219	1968096	40
CÁRDENAS	4	CAMPO EW-75	557540	1983263	8
	5	CARDENAS	459419	1990228	21
CENTLA	34	VICENTE GUERRERO	510562	2033891	8
CENTRO	18	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 chayote (FAO, 1994).

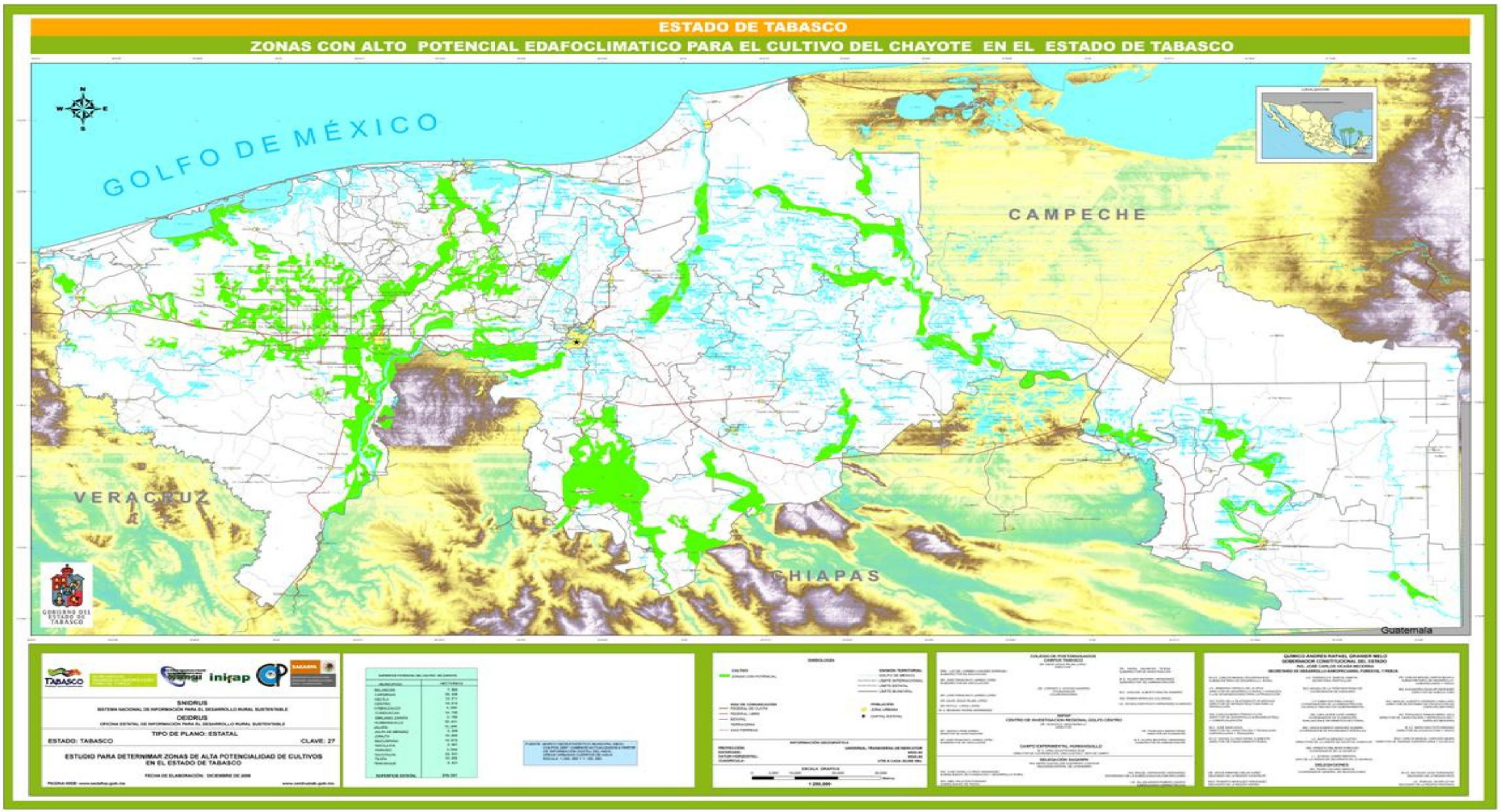
	ÓPTIMA		ABSOLUTA			ÓPTIMA	ABSOLUTA
	Mínima	**Máxima**	**Mínima**	**Máxima**	**PROFUNDIDAD**	Someros (20 -50cm)	Someros (20 -50cm)
REQUERIMIENTOS DE TEMP °C	19	30	12	40	**TEXTURA**	Media	Pesada Media y Ligera
PRECIPITACIÓN ANUAL (mm)	800	2000	600	2600	**FERTILIDAD**	Alta	Moderada
LATITUD		15	25	30	**TOXICIDAD POR ALUMINIO**		
ALTITUD				2000	**SALINIDAD**	Baja (<4 dS/m)	Media (4-10 dS/m)
pH	5.5	7	4.3	8	**DRENAJES**	Moderado	Moderado
INTENSIDAD LUMINOSA	Muy brillante	Nublado ligero	Muy brillante	Nublado ligero			

Anexo 3. Zonas con alto potencial climático para el cultivo del chayote en el estado de Tabasco.

Anexo 4. Zonas con alto potencial edafológico para cultivar chayote en el estado de Tabasco.



Anexo 5. Zonas con alto potencial edafoclimático para cultivar chayote en el estado de Tabasco.



Anexo 6. Rendimiento potencial para el cultivo del chayote en el estado de Tabasco.