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 MAÍZ (*Zea mays* L) 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

Ing. José Luis Hernández Soriano

TOMO X **2008**

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN **5**
II. OBJETIVOS **7**
III. SUPERFICIE CULTIVADA Y RENDIMIENTO DE MAÍZ EN MÉXICO Y EN TABASCO **7**
IV. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS **10**
V. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS **11**
VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA **12**
VII. SELECCIÓN Y REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE MAÍZ **14**
7.1. INVENTARIO CLIMÁTICO 16
7.1.1. Division climática 16
7.1.2. Período de crecimiento 16
7.2. INVENTARIO EDAFOLÓGICO 17
7.2.1. División edafológica 17
7.3. FUENTES DE INFORMACIÓN 17
7.3.1. Información climática 17
7.3.2. Información edafológica 17
7.3.3. Información cartográfica 18
VIII. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE MAÍZ **18**
IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN **21**
X. CONCLUSIONES **26**
XI. BIBLIOGRAFÍA **27**
XII. ANEXOS **32**

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. SUPERFICIE CULTIVA DE MAÍZ EN EL ESTADO DE TABASCO, A NIVEL MUNICIPAL, EN LA MODALIDAD DE TEMPORAL MÁS RIEGO..... 8

CUADRO 2. RENDIMIENTOS DE MAÍZ EN EL ESTADO DE TABASCO, A NIVEL MUNICIPAL, EN LA MODALIDAD DE TEMPORAL MAS RIEGO..... 9

CUADRO 3. VARIABLES SELECCIONADAS PARA DEFINIR ÁREAS DE ALTA POTENCIALIDAD PARA EL CULTIVO MAÍZ EN EL ESTADO DE TABASCO..... 15

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. METODOLOGÍA SIMPLIFICADA DE LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA PARA EL CULTIVO DE MAÍZ. 13

FIGURA 2. SUPERFICIE POR MUNICIPIOS CON ALTO POTENCIAL PRODUCTIVO PARA EL CULTIVO DE MAÍZ EN EL CICLO PRIMAVERA-VERANO. 23

FIGURA 3. SUPERFICIE CON ALTO POTENCIAL EDAFOCLIMÁTICO PARA EL CULTIVO DE MAÍZ EN EL ESTADO DE TABASCO EN EL CICLO PRIMAVERA-VERANO..... 23

FIGURA 4. SUPERFICIE POR MUNICIPIOS CON ALTO POTENCIAL PRODUCTIVO PARA EL CULTIVO DE MAÍZ EN EL CICLO OTOÑO-INVIERNO. 24

FIGURA 5. SUPERFICIE CON ALTO POTENCIAL EDAFOCLIMÁTICO PARA EL CULTIVO DE MAÍZ EN EL ESTADO DE TABASCO EN EL CICLO OTOÑO-INVIERNO. 25

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. SUPERFICIE CULTIVADA DE MAÍZ EN LA MODALIDAD DE TEMPORAL POR ESTADOS Y A NIVEL NACIONAL..... 33
CUADRO 2. SUPERFICIE CULTIVADA DE MAÍZ EN LA MODALIDAD DE RIEGO POR ESTADOS Y A NIVEL NACIONAL..... 34
CUADRO 3. RENDIMIENTO DE MAÍZ EN LA MODALIDAD DE TEMPORAL POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL..... 35
CUADRO 4. RENDIMIENTO DE MAÍZ EN LA MODALIDAD DE RIEGO POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL. 36
ANEXO 5. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN EL ESTADO DE TABASCO POR MUNICIPIOS (1960-2000)..... 37
ANEXO 6. REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DEL MAÍZ (FAO, 1994). 38
ANEXO 7. ZONAS CON POTENCIAL CLIMÁTICO PARA EL CULTIVO DE MAÍZ EN EL ESTADO DE TABASCO EN EL CICLO PRIMAVERA-VERANO..... 39
ANEXO 8. ZONAS CON POTENCIAL CLIMÁTICO PARA EL CULTIVO DE MAÍZ EN EL ESTADO DE TABASCO EN EL OTOÑO-INVIERNO..... 4040
ANEXO 9. ZONAS CON POTENCIAL EDAFOLÓGICO PARA EL CULTIVO DEL MAÍZ EN EL ESTADO DE TABASCO. 41
ANEXO 10. ZONAS CON ALTO POTENCIAL EDAFOCLIMÁTICO PARA EL CULTIVO DEL MAÍZ EN EL ESTADO DE TABASCO EN CICLO PRIMAVERA-VERANO. 42
ANEXO 11. ZONAS CON ALTO POTENCIAL EDAFOCLIMÁTICO PARA EL CULTIVO DEL MAÍZ EN EL ESTADO DE TABASCO EN CICLO OTOÑO-INVIERNO..... 43
ANEXO 12. RENDIMIENTO POTENCIAL DEL CULTIVO DEL MAÍZ EN EL ESTADO DE TABASCO EN EL CICLO PRIMAVERA-VERANO..... 44
ANEXO 13. RENDIMIENTO POTENCIAL DEL CULTIVO DEL MAÍZ EN EL ESTADO DE TABASCO EN EL CICLO OTOÑO-INVIERNO. 45

I. INTRODUCCIÓN

El maíz, originario de México, es desde hace milenios, el alimento principal de los mexicanos. Las razas y variedades nativas de maíz, han dado origen a las nuevas variedades e híbridos. Sin embargo, aunque estas últimas son más productivas, tienen requerimientos climático y edáficos distinto a los maíces criollos que se cultivan en temporal, además que las semillas de los maíces híbridos o variedades nuevas cuestan más, por lo que cuando se usan hay que invertir más en fertilizantes, plaguicidas, herbicidas y en maquinaria (Lesur, 2005).

De manera que la mayor producción en granos de las nuevas variedades o híbridos debe compensar con creces lo invertido. Sin embargo, eso no siempre sucede, pues se puede haber escogido el material vegetativo equivocado para las condiciones de una parcela en particular, por lo que los rendimientos pueden no ser los esperados. Cada variedad o híbrido tiene sus propias características y capacidades, ya que al provenir de antepasados diferentes, difieren en su potencial para crecer óptimamente en condiciones distintas para las que fue desarrollado y probado. Esto quiere decir que el productor debe elegir variedades e híbridos que satisfagan sus propias necesidades en las condiciones ambientales de su parcela.

Es indudable que el clima y su variabilidad juegan un papel importante en la productividad física de los cultivos agrícolas de temporal (López y Salazar 1998).

En la agricultura de temporal, los proceso de crecimiento y desarrollo de las plantas tienen como uno de los principales factores limitativo a la disponibilidad de humedad en el suelo, donde las fuentes de abastecimiento de agua es la lluvia. La variabilidad que tiene la lluvia en tiempo y espacio, la hace un indicador poco adecuado para evaluar la disponibilidad de humedad para las plantas en una región (Flores y Ruíz, 1998).

La relevancia de este cultivo, se remonta desde la época prehispánica cuando las culturas Totonaca y Olmeca habitaron en el sureste Mexicano, le atribuyeron un significado divino y lo utilizaron como alimento principal, manteniendo una importancia social y económica, esta gramínea en la actualidad sigue siendo importante en la económica mundial, por ser el alimento básico en los países en desarrollo, y en los países industrializados representa la principal la principal es fuente de alimento animal y fuente de una gran variedad de productos industriales.

En Tabasco, el maíz es el alimento básico en la población, principalmente para los de escasos recursos que viven en área marginales, los cuales lo ingieren de muy diversas formas: como grano (elote, esquites, pozole), tostado y molido (pinole y atoles), fermentado (pozol) y como masa nixtamalizada (tamales y tortillas). Es importante hacer notar que dicho grano aporta 59% de la energía necesaria (1,363 kilocalorías) y 39% de la proteína (29 gramos) a la dieta diaria del pueblo mexicano **(**Espinosa *et al*., s/f).

En Tabasco el cultivo de maíz es de temporal, donde los campesinos emplean las depresiones como la fuente principal de abastecimiento de agua para satisfacer la demanda fisiológica del cultivo. Sin embargo, la intensidad y duración de las lluvias se presentan irregularmente en la entidad, si mencionado fenómenos ocurren en las etapas criticas del cultivo (floración y llenado del grano) los rendimientos disminuyen un 40%.

Así mismo, la entidad cuentan con una diversa gamas de subunidades de suelo (Palma *et al.,* 2007), los cuales no todo son aptas para la producción de maíz. Por lo que el objetivo del presente estudios, fue determinar con base en las condiciones climáticas y edáficas, las zonas con alto potencial productivo para el cultivo de maíz, así como conocer el rendimiento potencial para el estado de Tabasco.

II. OBJETIVOS

- Realizar la zonificación del cultivo de maíz (*Zea mays* 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 maíz (*Zea mays* L).

III. SUPERFICIE CULTIVADA Y RENDIMIENTO DE MAÍZ EN MÉXICO Y EN TABASCO

La superficie cultiva con maíz en México en la modalidad de temporal, durante los últimos tres años (2005- 2007) se ha mantenido constante (Anexo 1); siendo el estado de Chiapas el que siembra la mayor superficie (661,077.75 ha), se guido por los estados de: Jalisco (586,906.50 ha), Oaxaca (557,262 ha) Veracruz (541,457 ha), puebla (540,735 ha), Estado de México, (476,527.40 ha), Guerrero (448,213 ha) y Michoacán (385,299.50 ha). La superficie cultivada por el estado de Tabasco, solo representa el 1.28% a nivel nacional (SIAP-SAGARPA, 2008).

La superficie cultiva en la modalidad de riego, al igual que la modalidad de temporal no ha cambiado. Sin embargo, los estados productores de maíz en esta modalidad que más destacan (Anexo 2), se enlistan en forma jerárquica a continuación: Sinaloa (513,445.16 ha), Guanajuato (122,307.50 ha), Tamaulipas (113,546.68 ha) y Estado de México (105,126.50 ha). La superficie cultivada en Tabasco en el año 2007 fue de 20 ha, lo que representa el 0.0014% a nivel nacional (SIAP-SAGARPA, 2008).

Los rendimiento a nivel nacional de maíz en la modalidad de temporal es de 2.25 t ha^{-1}. Aunque existen cuatro entidades con rendimiento superiores que se jerarquizan a continuación: Jalisco (5.44 t ha^{-1}), Nayarit, (4.03 t ha^{-1}),

Morelos (3.48 t ha^{-1}) y Estado de México (3.31 t ha^{-1}) Tabasco en ésta modalidad reporta rendimientos de 1.55 t ha^{-1} (Anexo 3).

Los rendimiento a nivel nacional de maíz en la modalidad de riego es de 7.15 t ha^{-1}. Aunque existen cuatro entidades con rendimiento superiores que se jerarquizan a continuación: Sinaloa (9.78 t ha^{-1}), Chihuahua (8.38 t ha^{-1}), Guanajuato (8.23 t ha^{-1}) y Querétaro (8.03 t ha^{-1}). Tabasco en ésta modalidad reporta rendimientos de 3 t ha^{-1} (Anexo 4).

Cuadro 1. Superficie cultiva de maíz en el estado de tabasco, a nivel municipal, en la modalidad de temporal más riego en hectáreas.

	AÑOS				
MUNICIPIO	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**
Balancán	6,111.00	7,650.00	16,436.00	17,855.00	21,037.00
Cárdenas	3,650.00	3,080.00	8,725.00	8,300.00	7,826.50
Centla	2,893.00	2,955.00	1,977.00	3,869.00	3,452.00
Centro	5,652.00	5,840.00	3,070.00	2,510.00	1,570.00
Comalcalco	1,630.00	3,750.00	2,465.00	3,700.00	3,460.00
Cunduacán	2,980.00	3,320.00	3,750.00	5,100.00	3,494.00
Emiliano zapata	3,287.00	3,200.00	3,004.00	2,981.00	2,998.00
Huimanguillo	12,496.00	11,164.00	10,821.00	10,362.00	11,600.00
Jalapa	1,514.00	1,714.00	1,508.00	1,360.00	1,220.00
Jalpa de Méndez	151.00	628.00	559.00	1,310.00	1,263.50
Jonuta	5,300.00	5,400.00	5,550.00	5,100.00	5,019.00
Macuspana	5,790.00	4,336.00	2,499.00	2,736.00	2,400.00
Nacajuca	1,084.00	2,310.00	2,115.00	2,300.00	2,450.00
Paraíso	30.00	278.00	230.00	281.00	472.50
Tacotalpa	11,043.00	11,043.00	10,777.00	10,574.00	10,175.00
Teapa	1,100.00	765.00	617.00	529.00	466.00
Tenosique	8,207.00	6,827.00	8,882.00	8,619.00	6,797.00
TOTAL	**72,918.00**	**74,260.00**	**82,985.00**	**87,486.00**	**85,700.50**

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2008

Cuadro 2. Rendimientos de maíz en el estado de Tabasco, a nivel municipal, en la modalidad de temporal más riego (t ha^{-1})

	AÑOS				
Municipio	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**
Balancán	1.99	1.96	1.59	1.32	1.22
Cárdenas	1.76	1.78	1.52	1.61	1.31
Centla	1.52	1.47	1.53	1.44	1.34
Centro	1.95	2.00	1.69	1.72	1.57
Comalcalco	1.40	1.58	1.30	1.43	1.55
Cunduácan	1.80	1.77	1.60	1.51	1.50
Emiliano zapata	2.69	3.04	3.34	3.62	3.54
Huimanguillo	1.89	1.74	1.57	2.13	1.89
Jalapa	1.46	1.66	1.35	1.72	1.70
Jalpa de Méndez	1.20	1.63	1.88	1.35	1.10
Jonuta	1.73	1.44	1.30	1.31	1.03
Macuspana	1.26	1.10	1.06	1.15	1.29
Nacajuca	1.30	1.34	1.12	1.06	0.97
Paraíso	1.30	0.97	1.10	1.10	1.10
Tacotalpa	1.64	1.92	1.84	1.84	1.85
Teapa	1.31	1.20	1.06	1.15	1.17
Tenosique	1.37	1.42	1.01	1.30	1.36
PROMEDIO	**1.71**	**1.72**	**1.54**	**1.62**	**1.55**

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2008

En el ámbito estatal el maíz es cultivado en todo el estado de Tabasco, y en los últimos tres años (2005-2007), la superficie cultiva se ha mantenido entre las 85,700.50 hectáreas (Cuadro 1). Siendo el municipio de Balancán el que mayor superficie dedica a este cultivo (21,0.37 ha), se guido por los municipios de: Huimanguillo (11,600 ha) y Tacotalpa, (10,175 ha). El rendimiento estatal como fue señalado anteriormente es de 1.55 t ha^{-1}, siendo el municipio de Emiliano zapata, el que tiene los mayores rendimientos con 3.54 t ha^{-1} (Cuadro 2) (SIAP-SAGARPA, 2008).

IV. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS

El cultivo de maíz requiere de temperaturas media entre 21.2 a 24ºC. El óptimo diurno esta alrededor de los 25 y 30ºC, mientras que la mejor temperatura nocturna para el cultivo es de 15 a 18 ºC. Sin embargo, estos valores varían según la fase de desarrollo del cultivo. A partir del período de madurez, en que se encuentre la planta las óptimas son un poco más altas (Benacchio, 1982).

Warrington y Kanemasu (1983) han encontrado que la iniciación floral en maíz es rápida (17 días o menos) con temperaturas cálidas (>23°C), mientras que a temperaturas bajas (<15°C), las plantas tardan 40 días.

Crasta y Cox (1996), afirman que temperaturas menores de 14°C reducen la acumulación de materia seca en maíz durante el intervalo de crecimiento comprendido entre la emergencia y estado de ocho hojas. Cuando las temperaturas varían de 15 a 30°C, el índice de aparición foliar se incrementa aproximadamente al doble, por lo que se aumenta el promedio en el número de hojas con el rango de temperatura diurna (Coligado y Brown, 1975).

El maíz es un usuario eficiente del agua en cuanto a la producción total de materia seca y, entre los cereales, es potencialmente el cultivo de granos de mayor rendimiento (Doorenbos y Kassam, 1979). El consumo hídrico del maíz depende de factores como la duración del ciclo de cultivo, el clima, la disponibilidad de agua, características hidrodinámicas del suelo y prácticas de manejo del sistema suelo-planta. Al respecto Llanos (1984) menciona que las necesidades de agua consideradas normales para el cultivo son de aproximadamente 600 mm, aunque estas varían dependiendo del rendimiento máximo alcanzado en cada región.

Las sequías cercanas a la época de floración tienen un efecto multiplicador sobre el rendimiento, aparentemente porque reducen la formación de reservas. Por otra parte, el número de granos por planta puede reducirse a causa de dificultades en la polinización o porque los óvulos fertilizados detienen su crecimiento (Westgate, 1994). El crecimiento de los estambres es muy sensible al contenido de agua de la planta y su emergencia se demora con la sequía; la exerción de la panoja y el derrame del polen son menos afectados por el bajo contenido de agua de la planta, aunque los últimos estambres que emergen pueden no participar en la polinización (Westgate, 1994).

Se considera suficiente una estación de lluvia con 700 a 1000mm, los cuales deben estar bien distribuidos. En el maíz la disponibilidad de agua en el momento oportuno, es quizás el factor ambiental mas critico para determinar el rendimiento final. El período con mayor exigencia de agua, es el que va desde 15 días antes hasta 30 días después de la floración. Un "estrés" causado por deficiencia de agua en el período de floración puede ser motivo de una merma del 6 al 13% por día, en el rendimiento final.

En general la W.M.O (1973) menciona que los rendimientos se incrementan con la utilización de agua, y solamente con un abastecimiento hídrico adecuado, el uso de fertilizante aumenta considerablemente los rendimientos.

V. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS

El suelo ideal para el cultivo de maíz son los de textura intermedia, de franco a franco-limoso en el horizonte superficial, y con más contenido de arcilla en el subsuelo. Esto combinado con una buena estructura permite un buen almacenamiento de agua y nutrimentos. El maíz crece bien en suelos con una profundidad de 60cm. Los suelos para el cultivo de maíz deben estar bien drenados y aireados, por ser este uno de los cultivos de menor tolerantes a la baja difusión de aire en el suelo (Luna y Gutiérrez, 2003).

Su pH está comprendido entre 5 y 8; los valores inferiores a 5 pueden dar problemas de toxicidad de aluminio, manganeso y hierro, y con altos valores de pH existen problemas nutricionales de fósforo, zinc y hierro. Los suelos con pH entre 7.5 y 8.4 tienen deficiencias en fósforo debido a que se encuentra en forma de fosfatos tricálcicos de baja solubilidad al igual que el zinc y el hierro que también tienen poca solubilidad.

El maíz tolera aguas con conductividad eléctrica de 1 a 4 dSm^{-1}, por encima de este nivel el descenso es progresivo, siendo grave para valores de 8 dSm^{-1}, y el rendimiento se reduce a la mitad cuando la conductividad eléctrica es de 6 dSm^{-1}.

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 maíz 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 maíz.

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

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: ¿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 CULTIVO DE MAÍZ

Las variables principales que se consideraron para determinar las zonas con alto potencial productivos en el cultivo de maíz 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 3). 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 3. Variables seleccionadas para definir áreas de alta potencialidad para el cultivo maíz 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 7).

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 maíz.

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. Division 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 0.5ºC/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 maíz.

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 3. 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 maíz.

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

VIII. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE MAÍZ

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 maíz 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)

$$Y = Bn*Hi \qquad (1)$$

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).

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

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 $\geq$ 5)

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

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

IAF = Índice de área foliar utilizado fue 6 (Camacho *et al.,* 1995)

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

N = Duración del ciclo del cultivo 135 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 maíz que no es 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 maíz, el cual fue de es de 0.50 (Flores, 1988).

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de las variables climáticas y edáficas, que más influye en el crecimiento y desarrollo en el cultivo de maíz, se ilustran en la ficha técnica (Anexo 6).

El análisis climático (Temperatura y precipitación) del estado de Tabasco, muestra que el cultivo de maíz puede ser cultivado en los dos ciclos de siembra. En el ciclo primavera-verano en todo el estado de Tabasco, es factible sembrar el cultivo de maíz, ya que todo el estado cumple con el período de crecimiento requerido por este cultivo que es de 120 a 135 días (Anexo 7). En el ciclo otoño-invierno, el estado solo tiene un potencial de 594,427 hectáreas (Anexo 8).

En cuanto a los requerimientos de suelo para el cultivo de maíz, Tabasco cuenta con una superficie de 269,603 hectáreas, las cuales

corresponden a las subunidades de suelo: Fluvisol Éutrico (FLeu), Fluvisol Éutri-Gléyico (FLeugl), Fluvisol Dístrico (Fldy), Fluvisol Dístri-Gléyico (FLdygl), Fluvisol Éutrico+Vertisol Crómico (FLeu+VReu) y Cambisol Dístrico (CMdy), Cámbisol Éutri-Calcárico (CMEUCA) y (Anexo 9).

El resto de la superficie de la entidad, no presenta suelos aptos para este cultivo. Por ejemplo los suelos Gleysoles que tienen catorce subunidades de suelo, y que abarcan una superficie de 565,272.38 ha, en su primer horizonte A1 presentan pH, 5.4 a 7.4 (Palma *et al*., 20007) lo cual, no representa una limitante para el cultivo. Sin embargo, los factores de demerito para este grupo de suelos están ligados con la inundación, el manto freático elevado. Otro ejemplo más, son los suelos Acrisoles Férricos (ACfr), que en general son suelos con muy bajos contenidos de nutrimentos, y con alta fijación de fósforo por hierro y aluminio Palma *et al.,* (2007) lo cual limita el crecimiento y desarrollo del cultivo, lo que se ve reflejado en los bajos rendimientos.

El análisis edafoclimático (clima y suelo) muestra que el estado de Tabasco en el ciclo de siembra primavera-verano, cuenta con una superficie con alto potencial de 269,511 hectáreas para cultivar maíz (Figura 2), que se distribuyen en todo el estado, de las cuales el 62.5% de ellas se concentran en seis municipios que se jerarquizan a continuación: Cárdenas (42,221 ha) Huimanguillo (38,927 ha), Cunduacán (26,227 ha), Tacotalpa (22,001 ha), Tenosique (19,597 ha) y Jalapa (19,430 ha). En la Figura 3 se ilustra de color verde la superficie con alto potencial productivo por municipio.

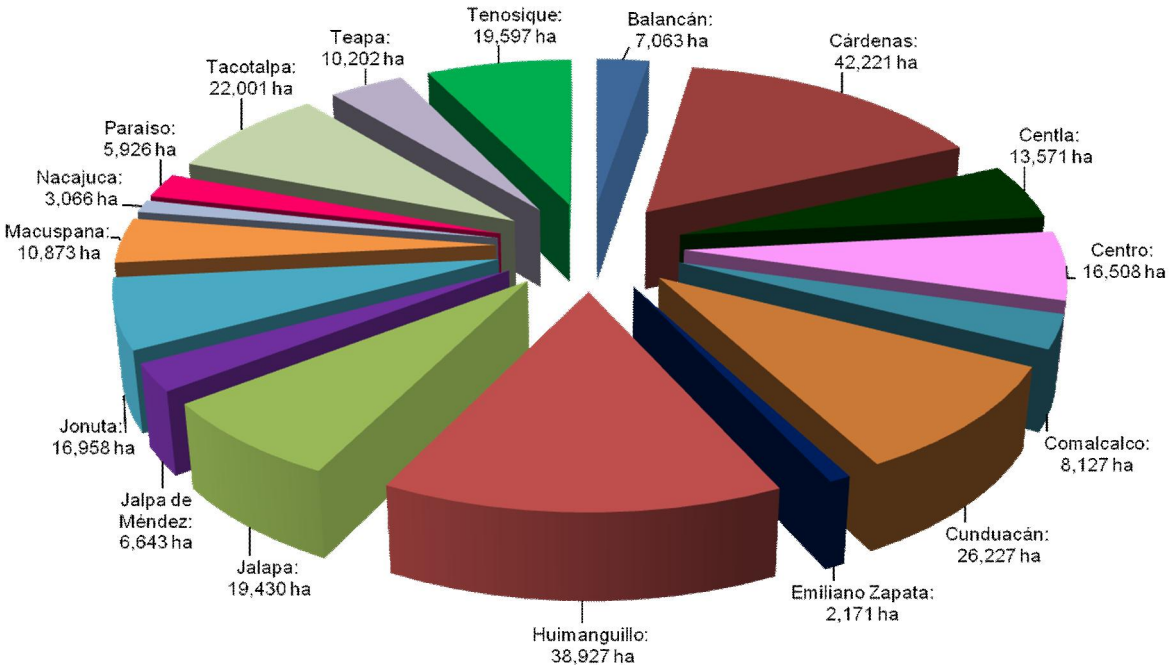


Figura 2. Superficie por municipios con alto potencial productivo para el cultivo de maíz en el ciclo primavera-verano.

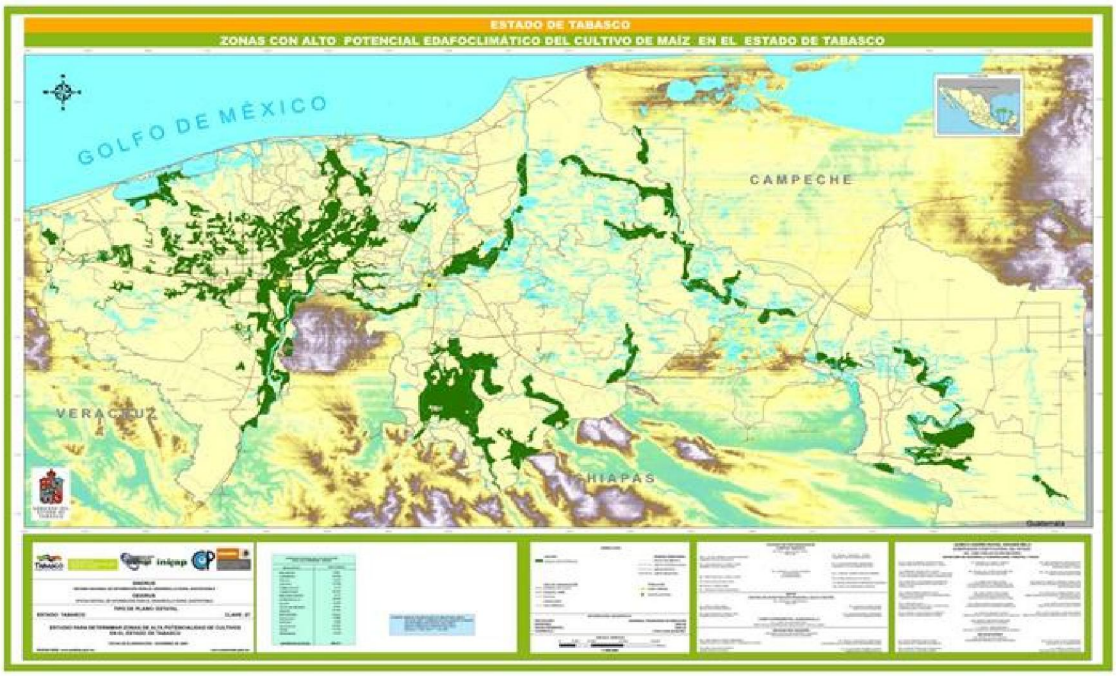


Figura 3. Superficie con alto potencial edafoclimático para el cultivo de maíz en el estado de Tabasco en el ciclo primavera-verano.

Para el ciclo de siembra otoño-invierno, Tabasco cuenta con una superficie potencial de 80,002 hectáreas para cultivar maíz, que se distribuyen en siete municipios (Figura 4), de las cuales el 49.6% de ellas se concentran en dos municipios que se jerarquizan a continuación: Tacotalpa (21,812 ha) y Tenosique (17,901 ha). En la Figura 5 se ilustra de color verde la superficie con alto potencial productivo.

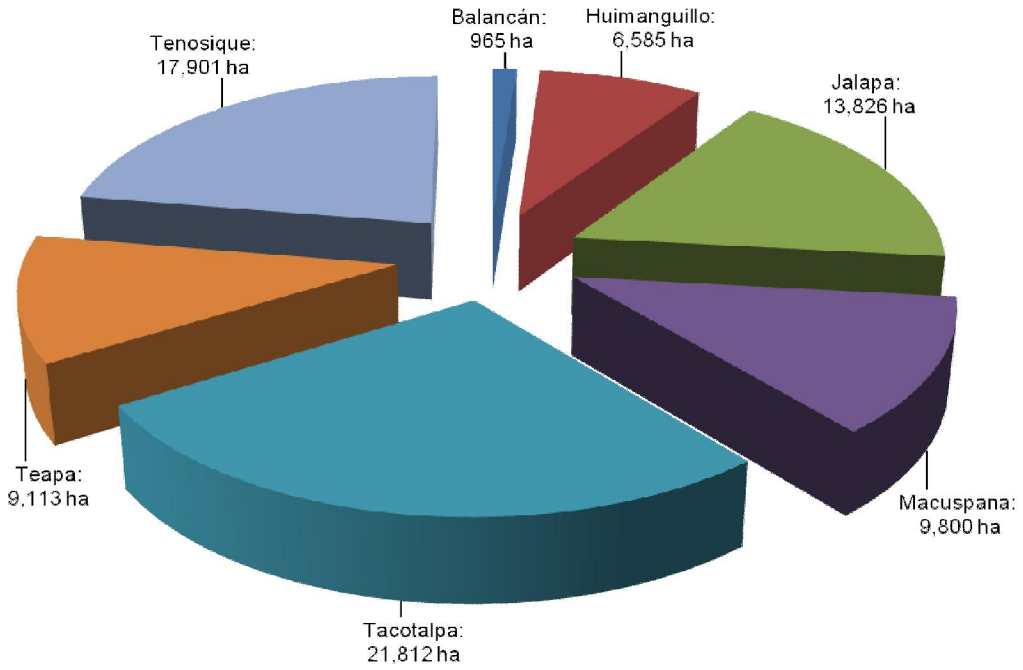


Figura 4. Superficie por municipios con alto potencial productivo para el cultivo de maíz en el ciclo otoño-invierno.

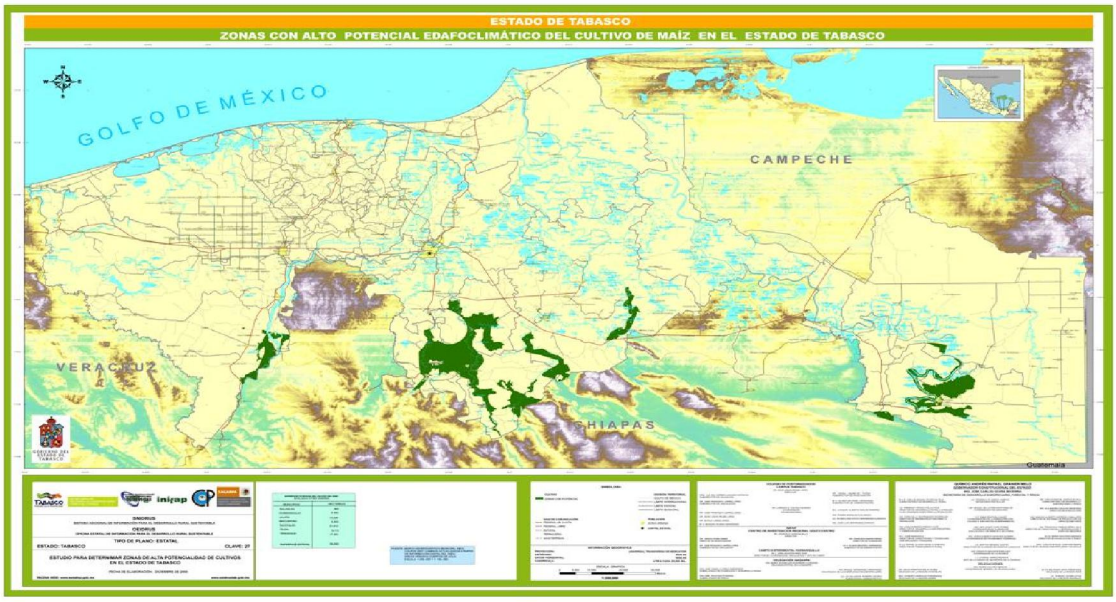


Figura 5. Superficie con alto potencial edafoclimático para el cultivo de maíz en el estado de Tabasco en el ciclo otoño-invierno.

El rendimiento potencial para el estado de Tabasco en el ciclo primavera-verano es de 9.50 t ha^{-1} (Anexo 10) y para el ciclo otoño-invierno es de 10.21 t ha^{-1} (Anexo 11) ambos rendimientos estimados superan al promedio nacional en su modalidad de temporal, reportados en el año 2007 que fue de 2.25 t ha^{-1}. Así mismo, solo el rendimiento estimado para el ciclo primavera-verano es ligeramente inferior a los rendimientos en la modalidad de riego reportados por el estado de Sinaloa quien reporta los rendimientos más altos en el año 2007 con 9.78 t ha^{-1} (SIAP-SAGARPA, 2008).

A pesar que en el presente estudio los rendimientos potenciales para el cultivo de maíz son de 9.52 t ha^{-1} y 10.21 t ha^{-1} respectivamente, a nivel estatal el rendimiento promedio del maíz es de 1.55 t ha^{-1}. Aunque, para el estado de Tabasco Barrón, (2005) reporta rendimientos de 9.05t ha^{-1} y 9.29 t ha^{-1}, en los genotipos orca y H-553C para el ciclo primavera-verano.

X. CONCLUSIONES

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

- Desde el punto de vista climático en el ciclo primavera-verano, se puede sembrar maíz en todo el estado de Tabasco. En el ciclo otoño-invierno Tabasco solo cuenta con una superficie potencial para cultivar maíz de 594,427 hectáreas.

- El potencial edafológico del estado de Tabasco, para el cultivo de maíz es de 269,603 hectáreas.

- La superficie con alto potencial edafoclimático para ciclo primavera-verano es de 269,511 hectáreas y 80,002 hectáreas para el ciclo otoño-invierno.

- El principal factor ambiental que más limita el potencial productivo para el cultivo de maíz en el estado de Tabasco es el factor suelo.

- El 62.5% de la superficie con alto potencial edafoclimatico en el ciclo primavera-verano se concentran en seis municipios: Cárdenas (42,221 ha) Huimanguillo (38,927 ha), Cunduacán (26,227 ha), Tacotalpa (22,001 ha), Tenosique (19,597 ha) y Jalapa (19,430 ha).

- El 49.6% de la superficie con alto potencial productivo en el ciclo otoño-invierno se concentran en dos municipios Tacotalpa (21,812 ha) y Tenosique (17,901 ha).

- El rendimientos potencial esperados para el cultivo de maíz en el ciclo primavera-verano es de 9.5 t ha^{-1} y para el ciclo otoño-invierno es de 10.21 t ha^{-1}.

- La fechas de siembra del cultivo de maíz para el ciclo primavera-verano es del 15 de mayo al 30 junio y para el ciclo otoño-invierno del 15 de noviembre al 15 de enero.

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.

Barrón, F.S. 2004. Caracterización de híbridos de maíz bajo condiciones de temporal en Tabasco. XVII. Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria de Tabasco. Villahermosa Tabasco. pp. 16-20.

Benacchio, S.; Comerma, J. y Granados, F. 1982. Algunas Exigencias Agroecológicas en 58 Especies de Cultivo con Potencial de Producción en el Trópico Americano. Compendio. FONAIAP, Caracas. 202 p.

Camacho, R.G.; Garrido,O y Lima, M.G. 1995. Caracterización de nueve genotipo de maíz (*Zea mays* L) en relación al área foliar y coeficiente de extinción de luz. Sci. Agric. Piracicaba (2) 294-290.

Coligado, M.C y Brown, D.M. 1975. Response of corn (Zea mays L.) in the pre-tassel initiation period to temperature and photoperiod. Agric. Meteorol. (14): 357-367.

Crasta, O.R. y Cox, W.J. 1996. Temperature and soil water effects on maize growth, development yield, and forage quality. Crop Sci. (36): 314-348.

Doorenbos, J. y Kassam, A.H. 1979. Yield Response to Water. FAO. Irrigation and Drainage Paper 33. Rome, FAO.

Espinosa C.A.; Gómez M.N.; Sierra, M.M.; Caballero H.F.; Coutiño E.B.; Palafox C.A.; Rodríguez, M.F.; García B.A.; Cano R.O y Betanzos M.E. (s/f). Los Maíces de Calidad Proteínica y la Producción de Semilla en México. Ciencia y Desarrollo en Internet. p.1-10. Disponible *In*: http://www.conacyt.mx/comunicacion/revista/articuloscompletos/pdf/maiz.pdf.

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.

FAOSTAT, 2006. Bases de Datos Estadísticos de la Organización FAO. FAOSTAT-Agricultures. (En red) Disponible en: *http://www.faostat.fao.org/site/408/default.aspx*. Ultima modificación 24 de abril 2006.

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, H.E.L y Ruíz, J.A. 1998. Estimación de la humedad del suelo para maíz de temporal mediante un balance hídrico. TERRA Latinoamericana. 16 (003) pp. 219-229.

Flores, M.J.P. 1988. Determinación de la dosis de fertilización nitrogenada para maíz y cebada en el estado de Tlaxcala mediante un modelo simplificado. Tesis de maestría en ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillos Estado de México. 134p.

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

IMTA. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). ERIC. 2003. Extractor Rápido de Información Climatológica v.1.0.

Lesur, L. 2005. Manual del Cultivo del Maíz. Editorial Trillas. Primera edición. Impreso en México. pp. 6-53.

Llanos, M.C. 1984. El Maíz, su Cultivo y Aprovechamiento. Ediciones Mundiprensa, Madrid, España. 75 p.

López. M.J.D. y Salazar, S.E. 1998. Comparación de genotipos de maíz bajo condiciones deficientes de humedad en el suelo. TERRA Latinoamericana. (16). pp. 331-335.

Luna, F.M. y Gutiérrez S.J.R. 2003. Guía para Cultivar Maíz de Temporal en el Altiplano de Zacatecas. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Calera. Calera, Zacatecas., México. (Folleto para productores No. 26). 16 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.; 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 In*: http://www.siap.sagarpa.gob.mx.*

Tijerina-Chávez L.; Ortiz-Solorio C.; Pájaro-Huertas D.; Ojeda T. E.; Aceves-Navarro L 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.

Warrington, I.J. y Kanemasu, E.T. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. III. Leaf number. Agron. J. 75: 762-766.

Westgate, M.E. 1994. Seed formation in maize during drought. In: K.J. Boote, J.M. Bennett, T.R. Sinclair & G.M. Paulsen, eds. Physiology and Determination of Crop Yield. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy. pp. 361-364.

ANEXOS

Anexo 1. Superficie cultivada de maíz en la modalidad de temporal por estados y a nivel nacional en hectáreas.

	AÑOS				
ESTADOS	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**
Aguascalientes	48,453.00	47,286.00	39,600.00	37,727.00	43,326.00
Baja California	840.00	592.00	427.00	250.00	0.00
Campeche	157,975.00	151,111.50	162,158.50	146,886.00	161,474.00
Chiapas	932,168.75	904,717.21	831,140.32	829,546.27	661,077.75
Chihuahua	143,302.66	222,082.22	167,294.05	106,111.18	197,896.11
Coahuila	30,935.00	33,489.25	25,666.50	23,535.50	26,704.00
Colima	9,615.00	9,923.50	8,811.00	7,842.00	11,922.50
Distrito Federal	6,621.00	6,248.80	6,120.80	6,296.60	6,234.80
Durango	183,392.60	166,918.81	142,393.76	160,264.00	170,614.80
Guanajuato	320,192.60	325,775.80	271,403.00	284,790.79	299,674.80
Guerrero	463,076.50	453,334.00	453,305.50	442,963.00	448,213.00
Hidalgo	207,870.50	219,362.00	186,768.50	196,372.00	205,157.00
Jalisco	604,248.40	607,942.60	579,949.74	569,637.00	586,906.50
México	486,592.52	487,947.75	438,283.10	479,137.80	476,527.40
Michoacán	413,306.93	393,911.40	394,906.05	321,812.68	385,299.50
Morelos	25,882.10	23,167.30	25,100.40	24,403.60	25,893.70
Nayarit	41,513.25	45,853.23	46,788.00	37,649.75	48,718.75
Nuevo León	47,773.90	64,143.20	58,504.10	28,485.50	54,851.86
Oaxaca	537,491.00	557,177.50	529,471.50	526,149.25	557,262.00
Puebla	458,856.00	515,432.00	499,272.00	528,974.55	540,735.00
Querétaro	84,660.40	91,248.00	82,248.60	85,029.20	92,796.00
Quintana roo	94,386.95	69,243.50	63,712.00	60,740.00	63,785.50
San Luis Potosí	240,973.47	249,284.00	220,816.00	219,466.60	242,362.00
Sinaloa	77,349.50	86,136.08	68,213.69	62,748.28	77,270.75
Sonora	3,426.50	2,432.00	3,895.00	1,925.00	1,946.00
Tabasco	96,009.00	99,721.00	82,985.00	87,436.00	85,680.50
Tamaulipas	92,329.49	107,730.40	80,962.17	80,731.00	75,162.93
Tlaxcala	94,938.00	104,198.00	101,669.75	99,936.75	107,513.50
Veracruz	620,537.70	575,981.23	593,215.55	576,360.42	541,457.08
Yucatán	166,513.16	158,903.00	178,449.50	161,534.94	163,240.98
Zacatecas	320,020.50	295,771.00	228,400.00	260,745.00	305,341.00
TOTAL	**7,011,251.3**	**7,077,064.3**	**6,571,931**	**6,455,487.6**	**6,665,045.7**

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2008

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

ESTADOS	AÑOS				
	2003	2004	2005	2006	2007
Aguascalientes	5,343.00	5,770.00	5,938.00	6,038.00	6,184.00
Baja California	840.00	0.00	304.00	33.00	0.00
Baja California Sur	5,160.00	8,043.25	4,546.50	4,847.50	4,691.00
Campeche	480.50	172.50	429.75	247.00	464.00
Chiapas	11,551.40	12,367.15	10,428.50	10,708.70	10,539.25
Chihuahua	63,661.95	67,822.92	72,269.08	59,860.07	79,672.48
Coahuila	4,744.24	6,068.07	4,560.72	4,508.75	4,715.50
Colima	2,035.30	2,059.00	2,757.00	2,513.01	3,411.50
Durango	29,664.83	33,657.39	33,268.50	31,073.75	34,946.54
Guanajuato	92,653.50	113,251.50	118,130.50	105,839.34	122,307.50
Guerrero	28,019.00	35,423.25	33,010.02	31,902.00	32,998.50
Hidalgo	57,511.25	58,459.23	57,266.00	56,644.13	56,926.88
Jalisco	37,101.20	34,074.65	31,529.12	30,455.00	31,781.90
México	104,970.10	102,470.10	103,325.10	100,481.00	105,126.50
Michoacán	85,130.94	88,128.02	100,076.77	87,665.58	98,434.75
Morelos	5,862.85	5,185.75	4,661.50	3,796.40	3,412.80
Nayarit	5,887.50	5,835.22	5,329.00	5,672.50	4,998.84
Nuevo León	6,208.90	5,264.50	8,222.00	5,161.00	6,204.00
Oaxaca	48,187.00	47,060.50	47,193.50	39,094.00	38,751.00
Puebla	42,654.00	49,229.00	45,079.00	49,849.00	50,478.00
Querétaro	24,761.00	24,134.40	24,480.60	21,599.00	24,706.80
Quintana roo	546.00	1,010.50	560.00	1,020.00	796.00
San Luís Potosí	16,727.50	14,479.50	15,649.50	15,889.49	17,504.48
Sinaloa	294,328.57	453,450.00	462,526.00	452,589.99	513,445.16
Sonora	36,373.25	33,634.00	21,942.00	29,837.80	23,785.60
Tabasco	10.00	0.00	0.00	50.00	20.00
Tamaulipas	48,962.09	68,084.67	141,363.00	139,127.00	113,546.68
Tlaxcala	16,687.00	16,288.00	16,292.75	16,997.75	16,927.75
Veracruz	4,705.50	4,269.00	4,748.08	5,988.12	4,827.59
Yucatán	2,016.50	2,232.00	2,827.80	2,112.62	1,956.60
Zacatecas	32,785.00	28,652.00	27,958.00	30,251.00	38,761.00
TOTAL	**1,115,569.9**	**1,326,576**	**1,406,672.3**	**1,351,852.5**	**1,452,322.6**

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2008

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

ESTADOS	AÑOS				
	2003	2004	2005	2006	2007
Aguascalientes	0.68	0.50	0.41	0.55	0.61
Baja California	0.8	2.50	0.62	0.00	0.00
Campeche	1.36	2.06	2.38	2.18	1.78
Chiapas	2.14	1.54	1.73	1.88	2.29
Chihuahua	0.72	0.94	1.01	1.18	1.08
Coahuila	0.83	1.06	0.52	0.85	0.55
Colima	2.45	2.80	2.86	2.66	2.80
Distrito federal	1.44	1.51	1.03	1.29	1.56
Durango	1.42	0.95	0.64	0.97	0.68
Guanajuato	2.42	2.44	0.94	1.50	1.69
Guerrero	2.44	2.32	2.45	2.53	2.68
Hidalgo	1.26	1.22	1.22	1.47	1.27
Jalisco	5.00	5.35	4.62	5.25	5.43
México	3.19	2.65	2.30	2.97	3.31
Michoacán	2.59	2.51	2.27	2.82	2.78
Morelos	2.55	2.87	2.72	3.18	3.48
Nayarit	3.66	3.67	2.20	3.85	4.03
Nuevo León	0.83	0.89	0.78	0.63	0.76
Oaxaca	1.31	1.18	1.12	1.21	1.29
Puebla	1.82	1.59	1.71	1.71	1.59
Querétaro	1.58	1.69	0.81	1.08	2.17
Quintana roo	0.67	0.64	0.77	0.74	0.57
San Luís Potosí	0.73	0.69	0.73	0.77	0.69
Sinaloa	0.79	1.02	0.81	0.85	1.52
Sonora	0.70	0.81	0.81	0.63	0.93
Tabasco	1.68	1.64	1.54	1.62	1.55
Tamaulipas	1.58	2.75	1.62	1.23	1.55
Tlaxcala	2.16	2.3	1.37	2.10	2.19
Veracruz	1.91	1.92	1.77	1.99	2.05
Yucatán	0.74	0.80	1.00	0.90	0.85
Zacatecas	1.23	1.00	0.69	1.03	0.82
PROMEDIO	**2.18**	**2.06**	**1.97**	**2.14**	**2.25**

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2008

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

ESTADOS	AÑOS				
	2003	2004	2005	2006	2007
Aguascalientes	5.11	5.42	5.78	5.61	6.24
Baja California	4.58	5.08	2.17	2.60	0.00
Baja California Sur	6.17	0.00	6.48	5.75	6.00
Campeche	4.10	3.36	3.78	2.87	3.96
Chiapas	3.47	3.45	3.49	3.32	3.30
Chihuahua	7.85	9.20	8.54	9.48	8.38
Coahuila	2.09	2.86	2.12	2.01	2.48
Colima	3.05	3.95	4.47	4.12	2.95
Durango	5.65	6.76	6.58	6.16	5.83
Guanajuato	7.18	8.26	7.93	7.17	8.23
Guerrero	3.18	3.23	3.26	3.39	3.66
Hidalgo	6.32	6.25	6.26	6.60	6.58
Jalisco	5.88	5.85	5.21	6.10	6.43
México	4.12	3.96	3.41	3.94	4.29
Michoacán	5.2	4.92	5.02	6.26	5.68
Morelos	3.24	3.36	3.45	3.82	3.68
Nayarit	6.24	6.13	5.29	6.2	6.32
Nuevo León	2.36	2.62	3.18	3.49	3.08
Oaxaca	2.72	2.48	2.34	2.49	2.39
Puebla	3.52	3.46	3.77	3.68	4.32
Querétaro	7.11	7.32	6.85	7.10	8.03
Quintana roo	3.00	2.18	2.94	3.53	3.87
San Luís Potosí	3.01	3.16	3.36	3.03	3.39
Sinaloa	9.18	9.12	9.58	9.65	9.78
Sonora	6.27	4.7	5.94	6.24	6.00
Tabasco	4.00	0.00	0.00	5.00	3.00
Tamaulipas	3.36	5.04	4.41	4.4	4.82
Tlaxcala	3.68	3.27	3.11	3.42	3.10
Veracruz	5.22	3.95	4.00	4.12	4.47
Yucatán	3.08	3.35	3.42	3.08	3.19
Zacatecas	4.05	4.25	4.58	4.77	5.33
PROMEDIO	**6.19**	**6.69**	**6.61**	**6.82**	**7.15**

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2008

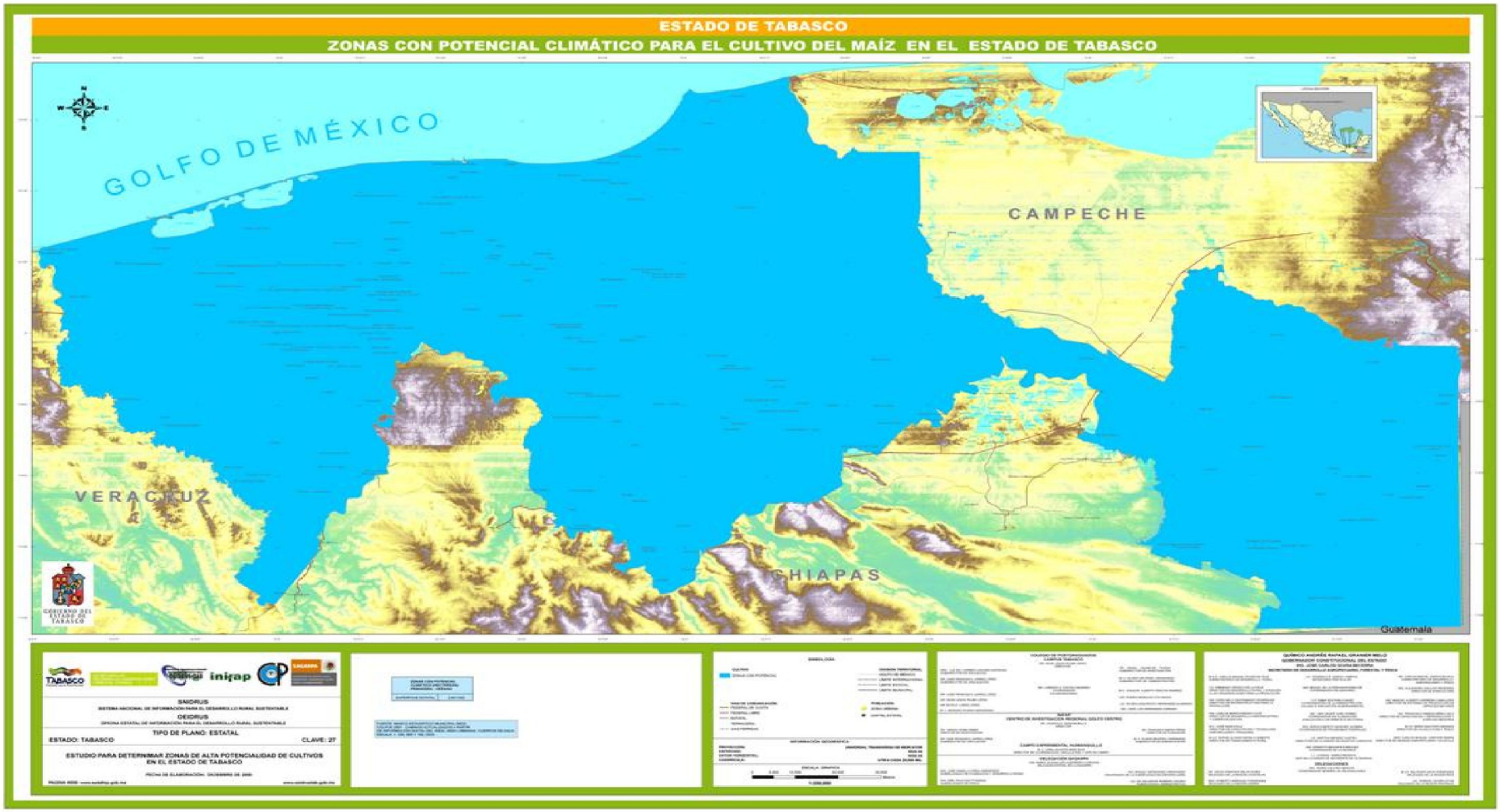
Anexo 5. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas en el estado de Tabasco por municipios (1960-2000).

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 MANDEZ	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 6. Requerimientos bioclimáticos del cultivo del maíz (FAO, 1994).

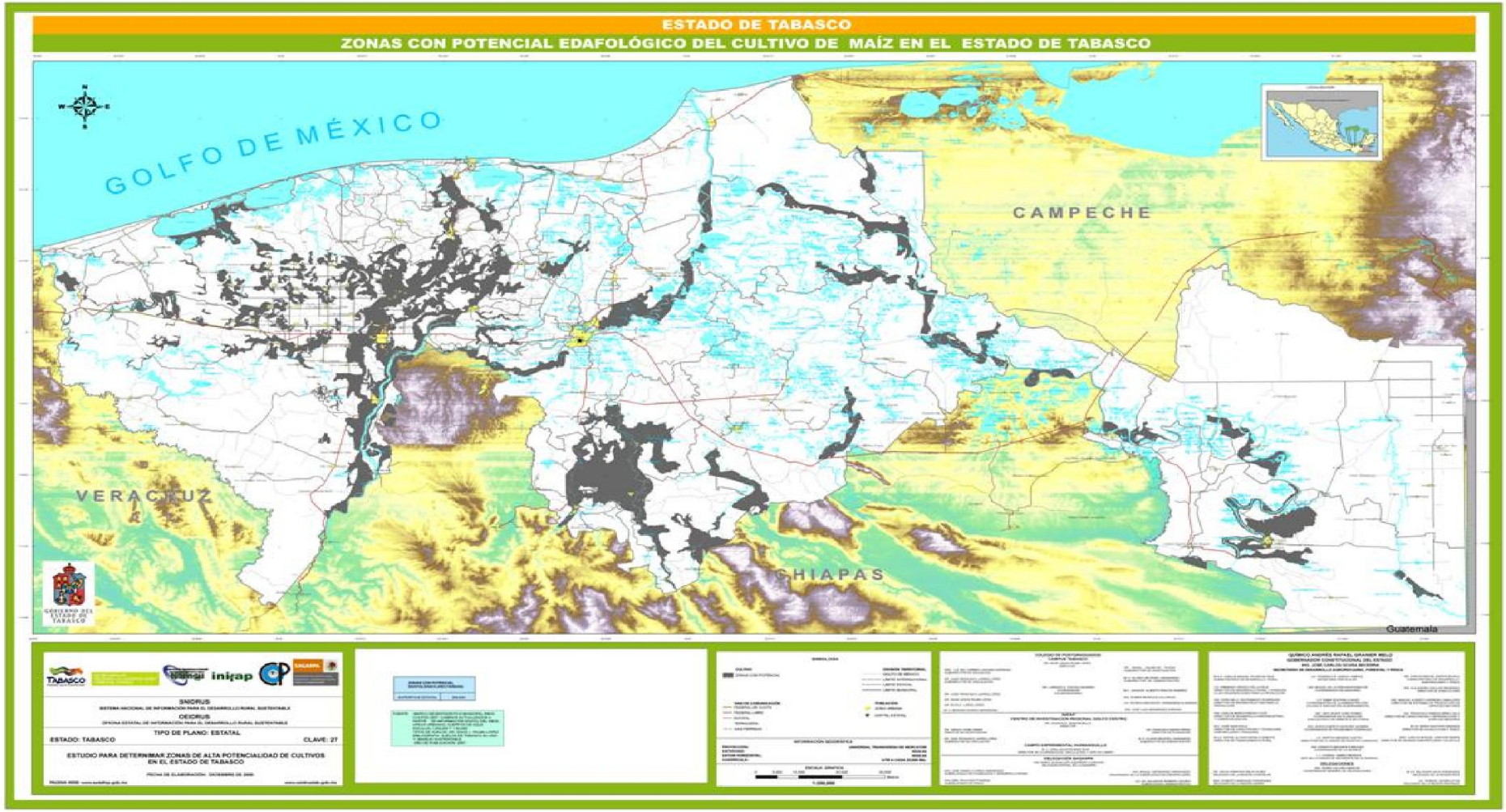
	ÓPTIMA		ABSOLUTA			ÓPTIMA	ABSOLUTA
	Mínima	**Máxima**	**Mínima**	**Máxima**	**PROFUNDIDAD**	Alta (>150cm)	Media (50 -150cm)
REQUERIMIENTOS DE TEMP °C	22	32	13	38	**TEXTURA**	Media	Media
PRECIPITACIÓN ANUAL (mm)	2400	2700	2000	3500	**FERTILIDAD**	Alta	Baja
LATITUD			20	35	**TOXICIDAD POR ALUMINIO**		
ALTITUD				2400	**SALINIDAD**	Baja (<4 dS/m)	Baja (<4 dS/m)
pH	5	7	4.5	7.5	**DRENAJES**	Moderado	Moderado
INTENSIDAD LUMINOSA	Muy brillante	Muy brillante	Nublado	Muy brillante			

Anexo 7. Zonas con potencial climático para el cultivo de maíz en el estado de Tabasco en el ciclo primavera-verano.

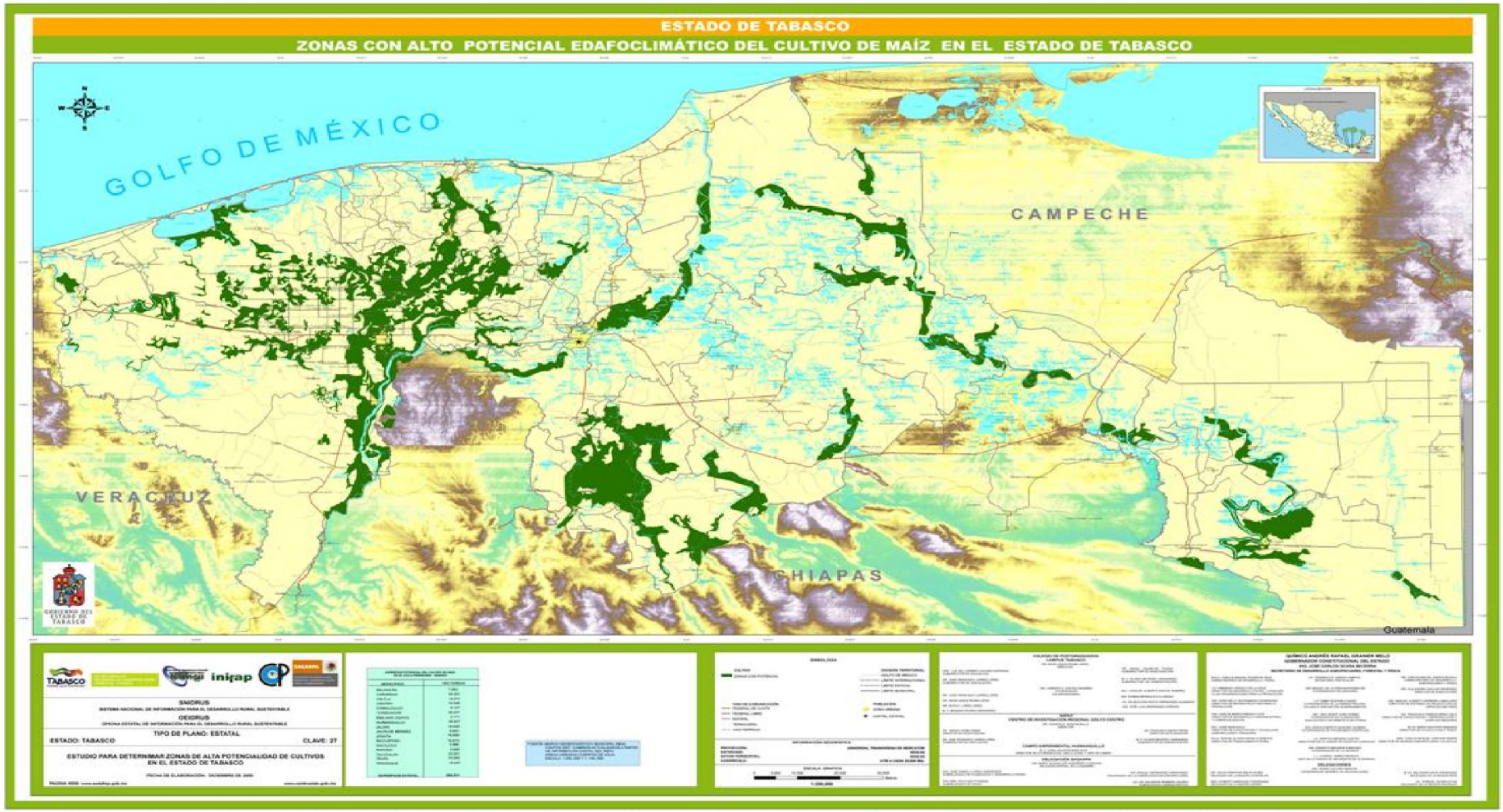


Anexo 8. Zonas con potencial climático para el cultivo de maíz en el estado de Tabasco en el otoño-invierno

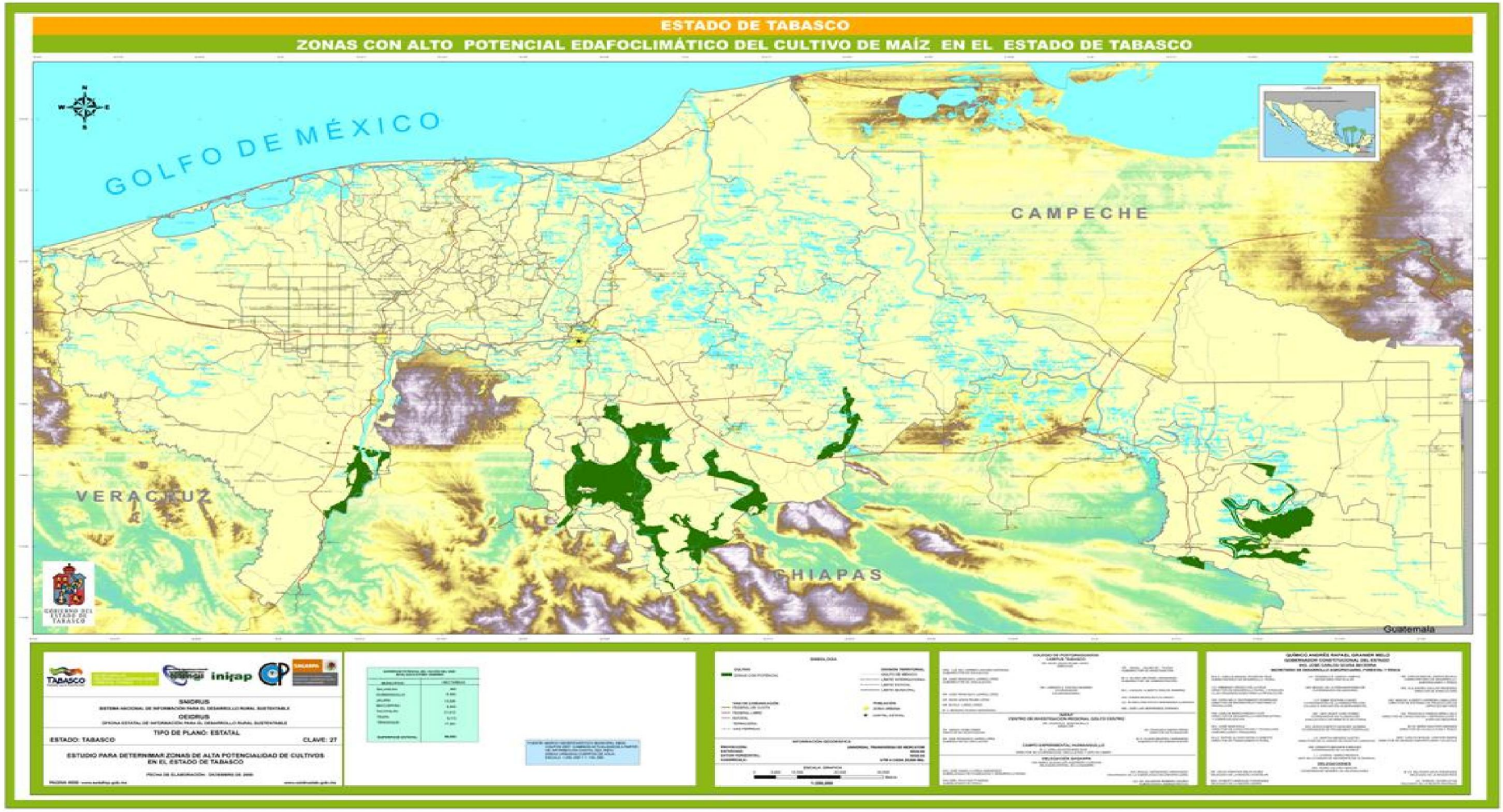
Anexo 9. Zonas con potencial edafológico para el cultivo del maíz en el estado de Tabasco.



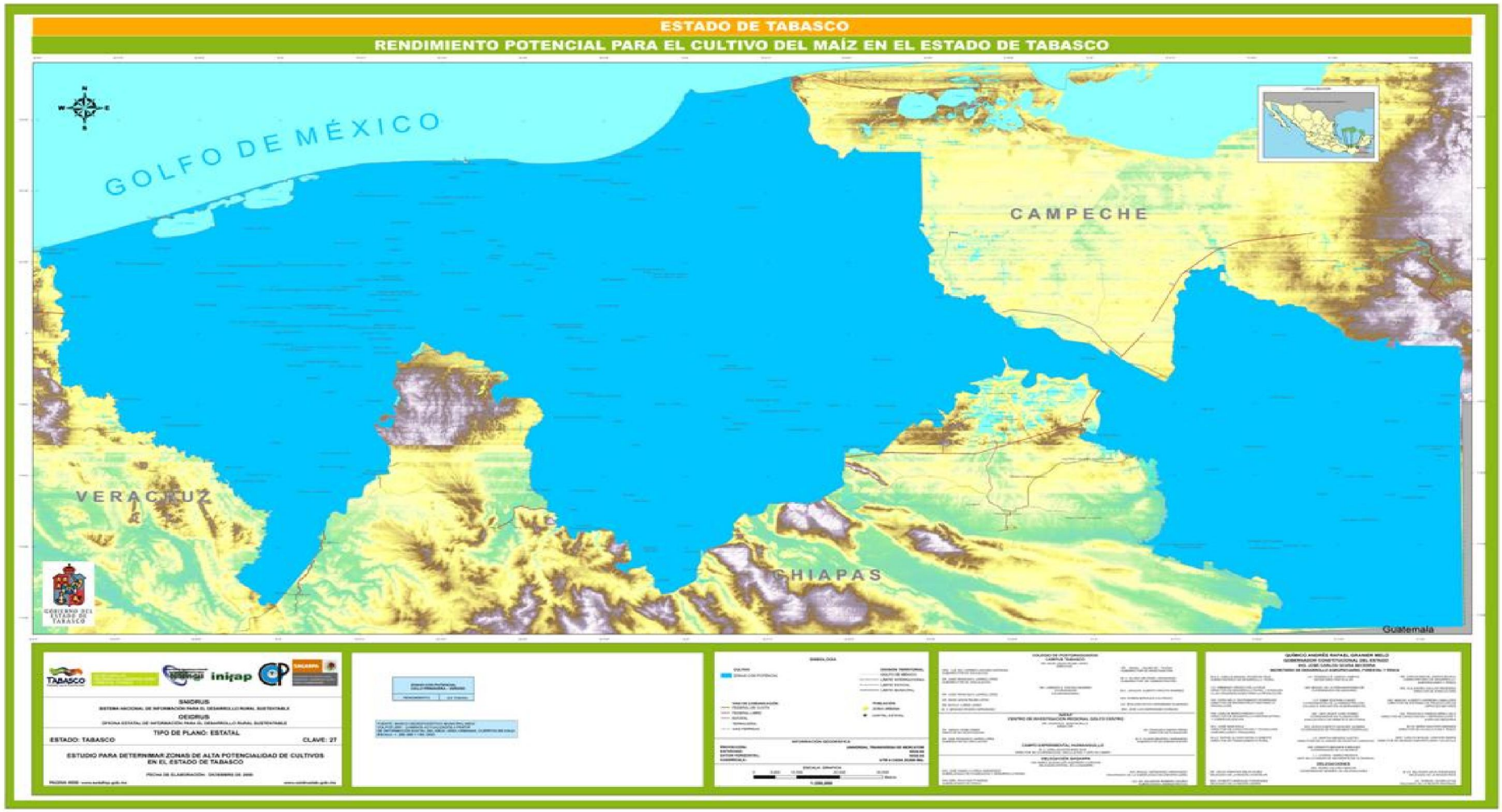
Anexo 10. Zonas con alto potencial edafoclimático para el cultivo del maíz en el estado de Tabasco en ciclo primavera-verano.



Anexo 11. Zonas con alto potencial edafoclimático para el cultivo del maíz en el estado de Tabasco en ciclo otoño-invierno.



Anexo 12. Rendimiento potencial del cultivo del maíz en el estado de Tabasco en el ciclo primavera-verano.



Anexo 13. Rendimiento potencial del cultivo del maíz en el estado de Tabasco en el ciclo otoño-invierno.