

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 HULE (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) 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

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. SUPERFICIE CULTIVADA Y RENDIMIENTO DE HULE EN MÉXICO Y EN TABASCO	2
IV. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS	4
V. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS	7
VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA.....	9
VII. SELECCIÓN Y REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE HULE.	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 HULE	15
IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
X. CONCLUSIONES	21
XI. BIBLIOGRAFÍA	22
XII. ANEXOS.....	26

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. SUPERFICIE CULTIVADA DE HULE POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL EN MÉXICO.....	2
CUADRO 2. RENDIMIENTOS DE HULE POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL EN MÉXICO.....	3
CUADRO 3. SUPERFICIE CULTIVADA DE HULE EN EL ESTADO DE TABASCO, A NIVEL MUNICIPAL.....	3
CUADRO 4. RENDIMIENTO DE HULE EN EL ESTADO DE TABASCO, A NIVEL MUNICIPAL.	4
CUADRO 5. EFECTOS DE LA TEMPERATURA EN EL CRECIMIENTO DEL ÁRBOL DE HULE.....	4
CUADRO 6. VARIABLES SELECCIONADAS PARA DEFINIR ÁREAS DE ALTA POTENCIALIDAD PARA EL CULTIVO HULE EN EL ESTADO DE TABASCO.....	12

ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA 1. METODOLOGÍA SIMPLIFICADA DE LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA PARA EL CULTIVO DE HULE.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
FIGURA 2. SUPERFICIE POR MUNICIPIOS CON ALTO POTENCIAL PARA CULTIVAR HULE EN EL ESTADO DE TABASCO.	199
FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA SUPERFICIE CON ALTO POTENCIAL PRODUCTIVO PARA EL CULTIVO DE HULE 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 HULE (FAO, 1994).....	28
ANEXO 3. ZONAS CON POTENCIAL CLIMÁTICO PARA EL CULTIVO DEL HULE EN EL ESTADO DE TABASCO.....	29
ANEXO 4. ZONAS CON POTENCIAL EDAFOLÓGICO DEL CULTIVO DE HULE EN EL ESTADO DE TABASCO.....	30
ANEXO 5. ZONAS CON ALTO POTENCIAL EDAFOCLIMÁTICO PARA EL CULTIVO DEL HULE EN EL ESTADO DE TABASCO.	311
ANEXO 6. RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE HULE EN EL ESTADO DE TABASCO.....	32

I. INTRODUCCIÓN

El hule es una planta originaria de las selvas tropicales de la región del Amazonas (Brasil, Venezuela, Ecuador, Colombia, Perú y Bolivia), introducido a su vez a otras regiones tropicales del mundo entre ellas: Indonesia, Malasia, Liberia, India, Sri Lanka, Sarawak y Tailandia (Reed, 1976). Es una planta C3 y se adapta mejor a condiciones de moderadamente húmedas a húmedas y durante la estación seca puede tirar todas sus hojas.

El árbol de hule, es la especie más importante en la producción de hule a nivel comercial, por su nivel productivo, porque participa con el 99% en la producción mundial y por las características de su hule, materia prima necesaria para la fabricación de llantas, destino del 70% de la producción (Picón *et al.*, 1997).

Según el Consejo Mexicano del Hule hasta el año 1998, en México se cultivaban alrededor de 13,000 hectáreas con *Hevea brasiliensis*, cuya producción solo alcanza a cubrir el 10% de la demanda nacional. En el año 1997 México gastó 83 millones de dólares, en la importación de 65,727 toneladas de hule natural, que representaron el 90% de las necesidades del país.

El International Rubber Study Group (2003), argumentan que el Mercado más grande del mundo son Estados Unidos y Canadá los cuales consumieron 1.1 millones de toneladas de hule seco en el años 2001, lo que representó el 15.7% del consumo mundial. En contraste, para el mismo año la producción de hule natural de América Latina contribuyó con el 2.3% a la producción mundial, Asia contribuyó con el 92% y África con el 5.7%.

Por la cercanía geográfica que tiene el estado de Tabasco, con respecto a Estado Unido y Canadá y estando en vigor el tratado de libre comercio entre nuestro país y los mencionados anteriormente, el cultivo del hule representa una oportunidad de incrementar las exportaciones agroindustriales del estado.

II. OBJETIVOS

- ✚ Realizar la zonificación del cultivo de hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg) 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 hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg)

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

La superficie cultivada de hule en México, en los últimos cinco años (2003-2007) ha disminuido un 30% (Cuadro 1), debido principalmente a que el estado de Oaxaca ha disminuido su superficie sembrada en un 62%. En el año 2007 a nivel nacional se sembraron 17,218.40 hectárea, de ellas en el estados de Veracruz se concentra el 50% (SIAP-SAGARPA, 2008).

Cuadro 1. Superficie cultivada de hule por estados y a nivel nacional en hectáreas.

ESTADOS	AÑOS				
	2003	2004	2005	2006	2007
CHIAPAS	5,352.75	5,947.39	2,985.66	3,278.81	3,279.08
OAXACA	6,767.00	7,013.00	7,167.00	3,862.00	2,605.00
TABASCO	2,649.00	2,858.00	2,642.70	2,642.07	2,642.07
VERACRUZ	7,286.00	6,941.00	7,976.00	7,781.00	8,692.25
TOTAL	22,054.75	22,759.39	20,771.36	17,563.88	17,218.40

Fuente: SIAP-SAGARPA (2008)

Los rendimientos de hule a nivel nacional en los últimos cinco años (2003-2007) fluctúan entre 1.85 y 1.98 t ha⁻¹ (Cuadro 2), siendo el estado de Chiapas el que reporta los mayores rendimiento con 2.43 t ha⁻¹. La superficie cultivada de hule en el estado de Tabasco en los últimos cinco años (2003-2007) se ha mantenido constante con 2, 642.07 hectáreas, de ellas el 84% se concentra en el

Estudios para determinar zonas de alta potencialidad para el cultivo del hule en Tabasco.

municipio de Huimanguillo y en el municipio de Macuspana 14%, y en los cuatro municipios restante se concentra el 2% (Cuadro3).

Cuadro 2. Rendimiento de hule por estados y a nivel nacional (t ha⁻¹).

ESTADOS	AÑOS				
	2003	2004	2005	2006	2007
CHIAPAS	1.24	2.41	2.79	2.48	2.43
OAXACA	1.32	1.24	1.23	1.26	1.20
TABASCO	2.32	2.49	2.26	2.27	2.18
VERACRUZ	2.30	2.46	2.21	2.14	2.11
PROMEDIO	1.85	2.05	1.95	2.01	1.98

Fuente: SIAP-SAGARPA (2008)

Cuadro 3. Superficie cultivada de hule en el estado de Tabasco, a nivel municipal en hectáreas.

MUNICIPIOS	AÑOS				
	2003	2004	2005	2006	2007
HUIMANGUILLO	1,977.00	2,222.00	2,222.00	2,222.00	2,222.00
JALAPA	60.00	40.00	29.63	29.00	29.00
MACUSPANA	529.00	529.00	362.41	362.41	362.41
TACOTALPA	44.00	28.00	11.23	11.23	11.23
TEAPA	39.00	39.00	15.43	15.43	15.43
TENOSIQUE	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00
TOTAL	2,649.00	2,858.00	2,642.70	2,642.07	2,642.07

Fuente: SIAP-SAGARPA (2008)

Los rendimientos de hule a nivel estatal en los últimos cinco años (2003-2007) fluctúan entre 2.32 y las 2.18 t ha⁻¹ (Cuadro 4), siendo el municipio de Jalapa el que reporta los mayores rendimiento con 5.40 t ha⁻¹.

Cuadro 4. Rendimiento de hule en el estado de Tabasco, a nivel municipal y estatal (t ha⁻¹).

MUNICIPIOS	AÑOS				
	2003	2004	2005	2006	2007
HUIMANGUILLO	1.99	2.00	1.99	2.04	2.05
JALAPA	1.33	1.29	1.29	3.07	5.40
MACUSPANA	2.82	3.22	2.79	2.59	2.40
TACOTALPA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TEAPA	3.26	4.44	2.72	4.15	3.11
PROMEDIO	2.32	2.49	2.26	2.27	2.18

Fuente: SIAP-SAGARPA (2008)

IV. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS

El árbol de hule es una planta tropical de crecimiento rápido, que prospera en una gran diversidad de ambientes; sin embargo, requiere una serie de condiciones agroecológicas ideales para lograr un desarrollo y requerimiento optimo.

Camargo (1958) considera aptas para el cultivo a las regiones que registran una temperatura promedio anual superior a 20°C. La temperatura promedio anual es el parámetro climático más utilizado para definir zonas aptas para el cultivo de hule. Sin embargo, ésta puede ocultar variaciones que afectan al cultivo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efectos de la temperatura en el crecimiento del árbol de hule.

Temperatura del aire	Influencia en el crecimiento
<0	Ocurren daños severos por el frío
<5	Ocurren daños por frío
10	Puede darse la mitosis pero por debajo de esta punto la fotosíntesis se discontinúa
18	Las células se dividen normalmente manteniendo el crecimiento y desarrollo
18-24	Óptima para el flujo de látex
27-30	Óptima para la fotosíntesis
35	Se da el cierre de estomas
40	Tasa de respiración alta y fotosíntesis baja

Fuente: Huang y Zheng (1985) y Rao *et al.*, (1992) citados por Thomas y Menz (1995)

Rao *et al.*, (1998) en una plantación de Kottayam, India, estudiaron la relación entre el rendimiento de látex y algunas variables climáticas. Observaron que la variación en el rendimiento de látex fue 32%, 42% y 64%, por la temperatura máxima registrada durante 1, 7 y 30 días previos a la pica, respectivamente. Concluyen que la temperatura máxima, las horas brillo sol, el déficit de tensión de vapor y la evaporación muestran una correlación negativa con respecto al rendimiento, independientemente del periodo considerado. Mientras que la relación precipitación-rendimiento de látex fue positiva en periodos superiores a un mes.

Watson (1989) menciona que generalmente se ha pensado que el árbol de hule prospera mejor en los climas de las tierras bajas tropicales, con una lámina precipitada de 2000-4000mm anuales, uniformemente distribuidas a lo largo del año y con no más de un mes seco (cuando la evaporación potencial es mayor que la precipitación). Idealmente, el número de días con lluvia debería ser de 100 a 150. Las condiciones marginales las ubica a latitudes más alejadas del ecuador (hasta 29° N y 23° S) con una estación seca de más de cinco meses y una precipitación inferior a 1500mm por año.

Para Compagnon (1998) las precipitaciones de 1800 a 2500mm anuales satisfacen las exigencias del cultivo. Aunque menciona que el requerimiento hídrico no depende solamente de la cantidad precipitada sino también de la distribución de esta y la calidad del suelo. Así, zonas con una precipitación media de 1600mm, con una distribución desigual que implique una estación seca (menos de 100mm por mes) muy marcada, permiten un desarrollo y rendimiento del cultivo aceptables. Esto es posible gracias a un suelo volcánico, arcilloso y profundo, que permite una adecuada retención de agua.

La definición de estación seca es relativa y cubre una secuencia de periodos (meses) en los que se genera un déficit hídrico. Un mes con una precipitación menor de 100mm es considerado como un mes seco para el cultivo

(ensayos de riego con control de humedad del suelo resultaron en la adopción de una lámina aproximada de 30mm cada 10 días); con menos de 50mm, se juzgara como mes muy seco. Sobre esta base, el cultivo puede tolerar una estación seca de hasta seis meses con menos 100mm, incluyendo cuatro meses muy secos (Compagnon, 1998).

Las precipitaciones anuales superiores a 3000mm presentan problemas para la recolección, esto es porque cuando la pica se realiza sobre una corteza muy húmeda, el látex se coagula en algunos puntos del canal, provocando derrames, que causan una mayor proporción de calidades secundarias y eventualmente una pérdida de producción (Compagnon, 1998).

En todas las regiones donde se cultiva el árbol de hule, el grado higrométrico de la atmosfera en las primeras horas del día es cercano a la saturación. Estas condiciones son de suma importancia, ya que durante los primeros meses de la temporada seca y hasta antes de la renovación foliar, ayuda a tener producciones elevadas. En cambio, durante la renovación foliar, si dichas condiciones prevalecen, favorecen a la aparición de ciertas enfermedades de las hojas (Compagnon, 1998).

La temperatura media anual de las tierras bajas del trópico húmedo es aproximada de 28°C y decrece en promedio 0.6°C Por cada 100 metros de altitud. En tales condiciones el cultivo de hule crecerá más rápidamente hasta una altitud de 200 metros sobre el nivel del mar (msnm), los árboles requerirán de tres a seis meses más para alcanzar el tamaño de pica por cada incremento de 200 msnm, por lo que las plantaciones por arriba de los 600 msnm no son recomendables (Watson, 1989).

El árbol de hule se fractura fácilmente, por lo que los vientos pueden causar pérdidas significativas. En la zona intertropical una situación de riesgo se da en los lugares donde las tormentas vienen acompañadas de ráfagas de hasta 100 km h⁻¹,

aunque en general se puede decir que el árbol tolera bastantes bien esta ráfagas y los daños son pocos frecuentes, lo cual implica considerar la topografía local y la dirección dominante de los vientos. Otra situación de mucho mayor riesgo se da en las regiones que sufren el paso de grandes depresiones tropicales (tifones o ciclones). En estas regiones los vientos sobrepasan los 150 km h^{-1} . Una manera de atenuar los daños que estos vientos puedan ocasionar es a través del establecimiento de cortinas rompe vientos (Compagnon, 1998).

V. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS

El árbol de hule se ha considerado como un árbol poco exigente y que se adapta a suelos donde la fertilidad no permite otros cultivos, tales como el cacao o el café. De hecho el cultivo crecerá en la mayoría de los suelos ácidos de los trópicos húmedos, pero son deseables ciertas propiedades físicas.

Las siguientes propiedades físicas son consideradas deseables para el cultivo del hule: suelos con una profundidad igual o superior a 1 metro, con buen drenaje, bien aireados, con una estructura fuerte, moderada o débilmente desarrollada, en bloques subangulares finos, una consistencia de friable a firme, con buena retención de agua, sin turbas mas allá de los primeros 20cm y una textura con suficiente arcilla (preferiblemente un mínimo de 35% para retener suficiente humedad y nutrientes, y aproximadamente 30% de arena que permita una buena aireación y un buen drenaje). En terrenos planos o lomeríos con pendientes inferiores al 8% (Rubber Research Institute of Malaysia, 1988).

Chan y Pushparajah (1973) realizaron una propuestas sobre un sistema de clasificación de suelos para el cultivo de hule. En este sistema se considera que algunas propiedades físicas y químicas del suelo limitan el crecimiento del cultivo. Estas limitaciones son consideradas como menores, serias y muy serias.

Suelos con una profundidad de 60-100cm; una textura con un contenido de arena, arcilla o limo arcilla de 50-70%; una estructura débil dentro de los primeros 90 cm; drenaje moderado; una capa endurecida a una profundidad superior a 50 cm; afloramiento de rocas menor al 50%; suelo susceptible a inundación u erosión; un estatus nutrimental subóptimo; con algunas deficiencias en nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio. Sobre terrenos con pendientes de 8-20%.

Las limitaciones serias se consideran a una profundidad del suelo de 25-60 cm; pendientes superiores al 20% pero inferiores al 36%, una textura con un contenido de arena, arcilla o limo arcilla de 70-90%; drenaje deficiente o rápidamente drenado; una capa endurecida entre los 20 y 50 cm de profundidad; afloramiento de rocas del 50 al 75%; un manto freático permanente una profundidad de 20 a 50 cm de la superficie; una fuerte compactación que afecta la permeabilidad e infiltración; sin estructura (suelos arenosos) o una estructura masiva, debida a arcillas en condiciones de inundación; suelo susceptible a estrés hídrico producto de la calidad textura y estructura; un estatus nutrimental pobre.

Las limitaciones muy serias se dan en suelo con una profundidad menor a 25 cm; pobre o excesivamente drenado; pendientes superiores al 36%; una textura con un contenido de arena, arcilla o limo arcilla superior al 90%; una capa endurecida muy cercana a la superficie (dentro de los primeros 20 cm); afloramiento de rocas mayor al 75%; un manto freático permanente muy cercano a la superficie (dentro de los primeros 20 cm); presencia de una turba acida cercana a la superficie; suelos afectados por actividades mineras; un estatus nutrimental muy pobre.

El cultivo tiene un desarrollo óptimo en suelos con un pH cercano a 4.5, en ausencia de condiciones salinas y de sulfatos ácidos. Son deseables al menos niveles medios en el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio, sin deficiencia de elementos traza (Rubber Research Institute of Malaysia, 1988). El rango de pH propuesto por Sys (1975) va de 5 a 6 (clasificado como deseable)

hasta suelos con un pH mayor a 7 (limitación muy severa). En cambio para Rubber Research Institute of Malaysia (1988) el pH deseable es de 4.3 a 4.6 y mayor a 6 para la limitación muy severa.

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 hule 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 hule.



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

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?

Estudios para determinar zonas de alta potencialidad para el cultivo del hule en Tabasco.

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 HULE.

Las variables principales que se consideraron para determinar las zonas con alto potencial productivos en el cultivo de hule 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 6). 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 6. Variables seleccionadas para definir áreas de alta potencialidad para el cultivo hule 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 hule.

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 alto térmico de $0.5^{\circ}\text{C}/100$ m de elevación, con el trazo de isólineas. 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 hule.

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 6. 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 hule.

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:

Estudios para determinar zonas de alta potencialidad para el cultivo del hule en Tabasco.

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

VIII. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE HULE

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 hule en Tabasco.

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

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

Donde:

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

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

H_i = Índice de cosecha (adimensional)

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

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

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

Donde:

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

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

Donde:

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

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

Donde:

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

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

También se reportan en tablas los valores de b_c y b_0 para plantas con una fotosíntesis máxima (P_m) de $20 \text{ kg CH}_2\text{O ha}^{-1} \text{h}^{-1}$, para lo cual se requiere calcular la temperatura diurna (T_{foto}), la cual se calcula con la ecuación (5)

Estudios para determinar zonas de alta potencialidad para el cultivo del hule en Tabasco.

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

T_{max} = Temperatura máxima

T_{min} = Temperatura mínima

R_g = Radiación global medida ($\text{cal cm}^{-2} \text{d}^{-1}$)

b_o = Tasa de fotosíntesis bruta en días completamente nublados ($\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$) ($P_m = 20 \text{ kg ha}^{-1} \text{h}^{-1}$). Se obtiene de Tablas, entrando con el valor de la latitud de la localidad en cuestión.

b_c = Tasa fotosíntesis bruta en días completamente despejados ($\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$) ($P_m = 20 \text{ kg ha}^{-1} \text{h}^{-1}$). Se obtiene de Tablas, entrando con el valor de la latitud de la localidad en cuestión.

b_o y b_c son valores diarios y en cultivos cerrados ($\text{IAF} \geq 5$)

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 fue de 5.8 (Templeton, 1968).

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

N = Duración del ciclo del cultivo 365 días.

C_t = Coeficiente de respiración (R_m) este coeficiente se calcula con la ecuación (7)

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

$C_{30} = 0.0108$ para cultivo como el hule 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 hule. El valor de Hi fue de 0.056 estimado a partir de los datos de Shorrocks, (1965), Templeton, (1968) y Templeton, (1969).

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

Desde el punto de vista climático (temperatura y precipitación) el estado de Tabasco tiene 2,225,705 hectáreas con alto potencial productivo, para cultivar hule (Anexo 3). El resto de la superficie del estado no es apta, por presentar un período de crecimiento menor a 280 días, las cuales no son consideradas optimas para cultivo del hule (Compagnon, 1998).

En cuanto a los requerimientos de suelo para este cultivo, Tabasco cuenta con una superficie de 249,823 hectáreas, las cuales corresponden a las subunidades de suelo: Acrisol Húmico (Acu), Luvisol Crómico (LVx), Acrisol Férrico (ACf), Arenosol Lúvico (ARI) y Feralsol Ródico (FRr) (Anexo 4).

El resto de la superficie de la entidad, no presenta suelos aptos para este cultivo. Por ejemplo los suelos Gleysoles Mólicos (GLmo), Gleysoles Úmbricos (GLum), Gleysoles Éutricos (GLEu) y los Cambisoles Éutricos (CMeu), los factores de demerito para estos grupo de suelo están ligado principalmente a problemas de anegamiento, manto freático elevado etc., los cuales limitan el desarrollo del hule.

El análisis edafoclimático (clima y suelo) muestra que el estado de Tabasco, cuenta con una superficie con alto potencial productivo de 249,811 hectáreas para cultivar hule, distribuidas en trece municipios (Figura 2) de las cuales el 77% de ellas se concentran en cinco municipios que se jerarquizan a continuación: Huimanguillo (73,777ha), Macuspana (43,180 ha), Centro (25,549 ha), Jalapa (25,407 ha) y Emiliano Zapata (24,747 ha). En la figura 3, se ilustran de color naranja las áreas potenciales por municipios en el estado de Tabasco.

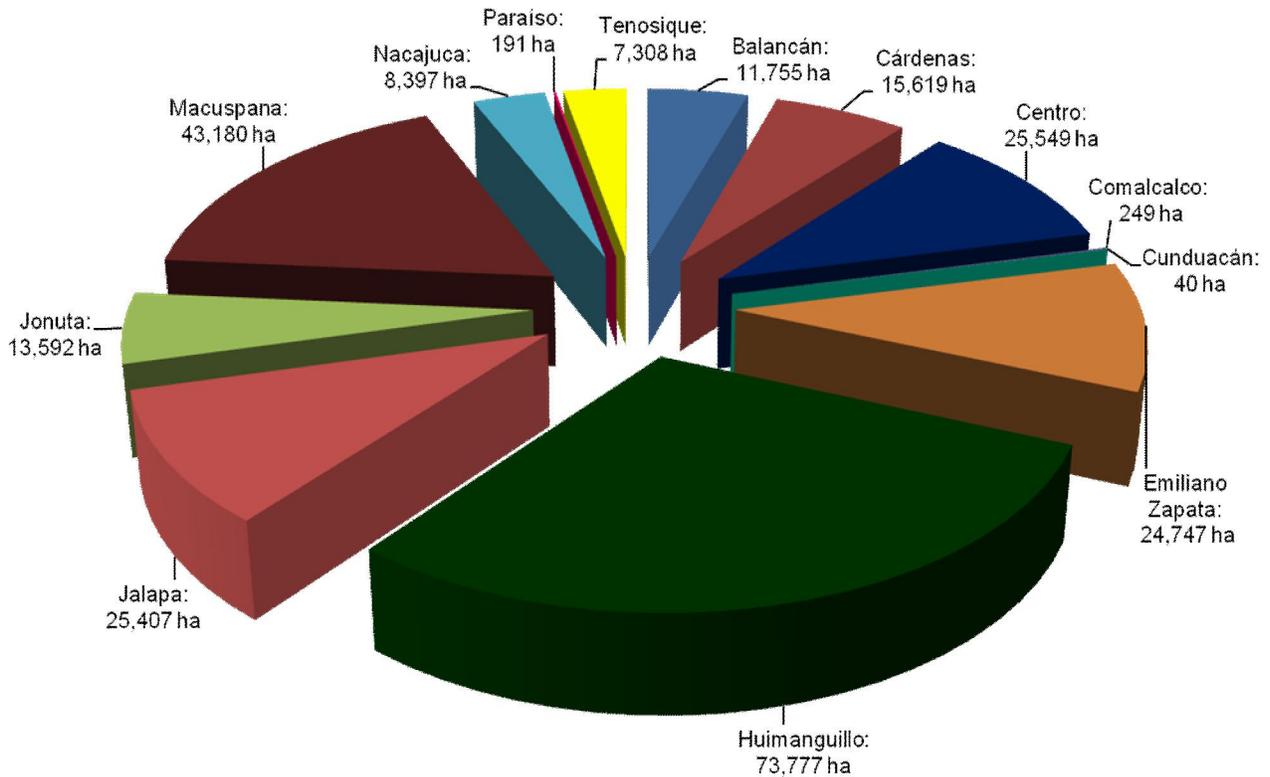


Figura 2. Superficie por municipios con alto potencial para el cultivo de hule en el estado de Tabasco.

Estudios para determinar zonas de alta potencialidad para el cultivo del hule en Tabasco.



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

El rendimiento potencial estimado para el estado de Tabasco es de 8 t ha^{-1} para plantaciones entre 10 y 12 años de edad, que cuando el rendimiento de látex se estabiliza en el árbol, sin sufrir periodo de estrés hídrico y con buen manejo agronómico (Templeton, 1969). Mencionados rendimientos potenciales son superiores al promedio nacional que es de 1.98 t ha^{-1} reportados en el año 2007, a nivel nacional los rendimientos más altos los reporta el estado de Chiapas con 2.43 t ha^{-1} . (SIAP-SAGARPA, 2008).

El rendimiento promedio en el estado de Tabasco es de 2.18 t ha^{-1} , es decir que en el estado de Tabasco se están dejando de producir 5.6 t ha^{-1} . No obstante en el municipio de Jalapa se reportan rendimientos de 5.4 t ha^{-1} en el año 2007.

Por otra parte la estimación del rendimiento potencial en este estudio, son muy similares a los estimados por Rojo (2003) de 7.8 t ha^{-1} utilizando una función gama incompleta. Considerando lo antes expuesto, los bajos rendimientos de producción de hule en el estado de Tabasco, están más ligados a los factores de manejo (picas, fertilización, etc.) que a factores ambientales.

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 (Temperatura y precipitación) el estado de Tabasco, cuenta con 2,225,705 hectáreas para el cultivo del hule.
- ✚ El potencial edafológico del estado de Tabasco, para el cultivo de hule es de 249,823 hectáreas.
- ✚ La superficie con alto potencial edafoclimático, para cultivar hule en el estado de Tabasco es de 249,811 hectáreas.
- ✚ El principal factor ambiental que más limita el potencial productivo para el cultivo de hule en el estado de Tabasco es el factor suelo.
- ✚ El 77% de la superficie con alto potencial edafoclimático se concentran en cinco municipios: Huimanguillo (73,777ha), Macuspana (43,180 ha), Centro (25,549 ha), Jalapa (25,407 ha) y Emiliano Zapata (24,747 ha).
- ✚ Los rendimientos potenciales esperados para el cultivo de hule en el estado de Tabasco son de 8 t ha⁻¹.
- ✚ La fecha de siembra del cultivo del hule es del 1 de junio al 15 de 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.

Camargo, A. P De. 1958. Regioes climáticas favoráveis a seringueira no Brasil. In: Cultura de Seringueira (Primer curso para engenheiros agrónomos do DFA- PDV) Secretaria de Agricultura. Sao Paulo. pp. 1-2.

Compagnon, P. 1998. El Caucho Natural, Biología-Cultivo-Producción. Consejo Mexicano del Hule – CIRAD. México, D. F. 70 p.

Chan, H. Y. and Pushparajah, E. 1973. Productivity Potentials of *Hevea* on West Malaysian Soil. A Preliminary Assessment. Proc. Rubber Research Institute of Malaysia. Planters Conference. Kuala Lumpur. 97 p.

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>.

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

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

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.

Picón R, L, Cervantes O., E., y Hernández C., J. M. 1997. Manual para el Cultivo del Hule *Hevea brasiliensis* Muell Arg. Folleto Técnico No. 18. INIFAP. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental el Palmar, Tezonapa, Ver. 103 p.

- Rao, S. P., Saraswathamma, C. K., Sethuraj, M. R. 1998. Studies on the relationship between yield and meteorological parameters of rubber Tree (*Hevea brasiliensis*). In: *Agricultural and Forest Meteorology*. (90): 235-245.
- Rojo, M.G.E. 2003. Evaluación del rendimiento en plantaciones de árboles del hule (*Hevea brasiliensis* Mull, Arg) en México. Tesis de Doctor en ciencias. Colegio de Postgraduados, Instituto de Recursos Naturales. Programa Forestal. Montecillos, Texcoco, Edo. México. 135 p.
- Rubber Research Institute of Malaysia. 1988. Soil Suitability for Rubber. In: Soils, Management of Soils and Nutrition of *Hevea*. Jalil bin Haji Yusoff (ed) Malaysia. p 50-79.
- 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>.
- Shorrocks, V.M. 1965. Mineral nutrition, growth, and nutrient cycle of *Hevea brasiliensis*. I. Growth and nutrition content. *J. Rubber Res. Inst. Malays.* (19).32-47.
- Sys, C. 1975. Report on the ad hoc expert consultation on land evaluation, FAO World Soil Resources Report No. 45. Rome, Italy. p. 59-79.
- Templen, J.K. 1968. Growth studies in *Hevea brasiliensis*. I. Growth analysis up to seves years after budgrafting. *J. Rubber Res. Inst. Malays.* (20). 136-146.
- Templen, J.K. 1969. Partition of assimilate. *J. Rubber Res. Inst. Malays.* (21).259-263.

- Thomas, P. G y Menz, K. 1995. Modeling Rubber Growth as a Function of Climate and Soils. Imperata Project Paper. Centre for Resource and Environmental Studies (CRES), Australian National University; Canberra; Australia. 20 p.
- 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.
- Watson, G. A. 1989. Climate and soil. In: Rubber. Tropical Agriculture Series. C.C. Webster and W.J. Baulkwill (eds). Longman. UK. pp. 125-164.

XII. ANEXOS

ANEXOS

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

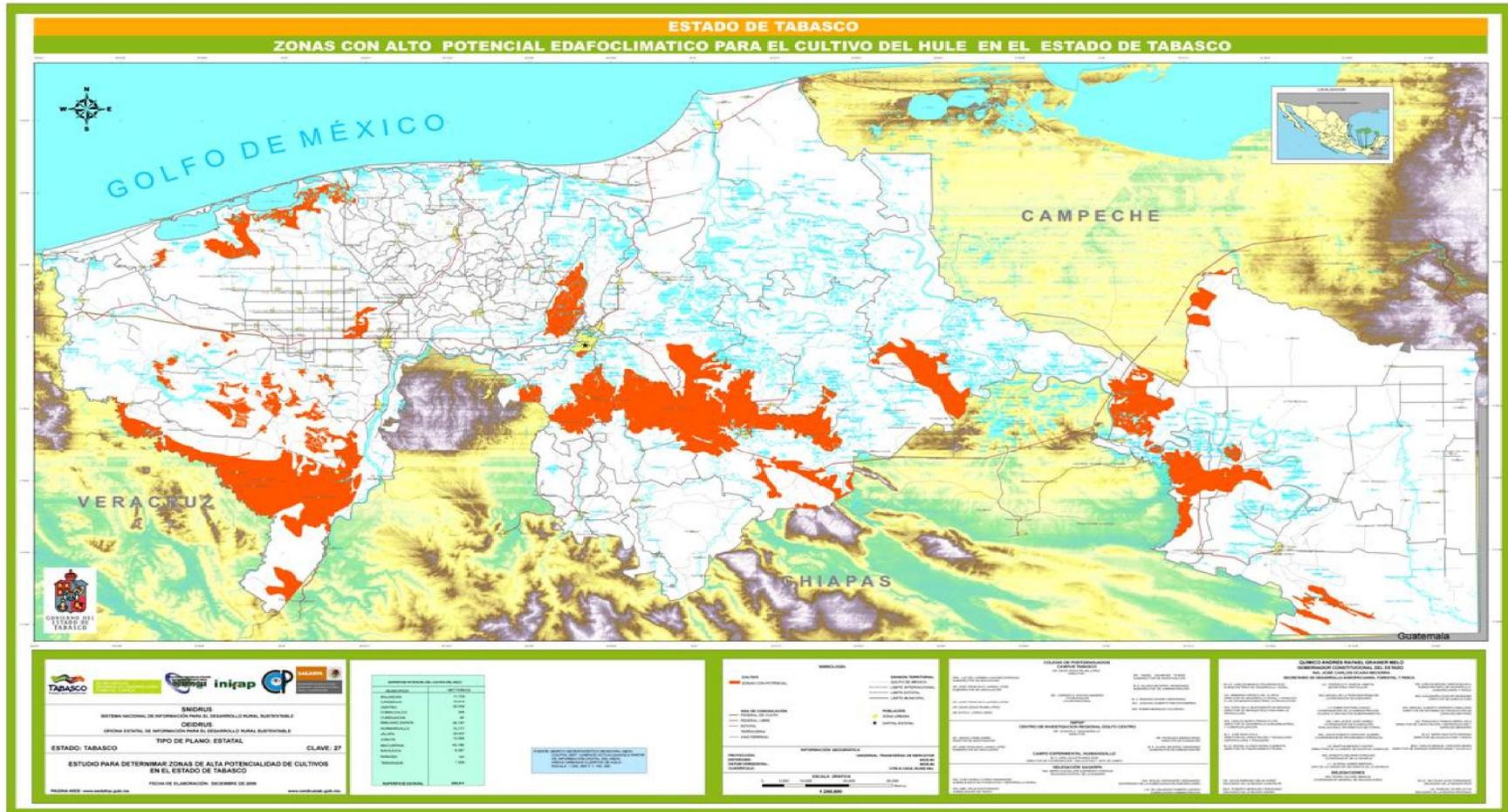
MUNICIPIO		ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
BALANCÁN	1	APATZINGAN	705156	1946979	65
	2	BALANCAN	655091	1969771	18
	9	EL TRIUNFO	693295	1984127	60
	27	SAN PEDRO	695219	1968096	40
CÁRDENAS	4	CAMPO EW-75	557540	1983263	8
	5	CARDENAS	459419	1990228	21
CENTLA	34	VICENTE GUERRERO	510562	2033891	8
CENTRO	18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

	ÓPTIMA		ABSOLUTA			ÓPTIMA	ABSOLUTA
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima		PROFUNDIDAD	Somero (20-150 cm)
REQUERIMIENTOS DE TEMP °C	24	33	10	45	TEXTURA	Profundo (>150 cm)	Pesada, media, y ligera
PRECIPITACIÓN ANUAL (mm)	2000	4000	1200	6000	FERTILIDAD	Medio	Baja
LATITUD			10	15	TOXICIDAD POR ALUMINIO		
ALTITUD				500	SALINIDAD	baja (<4 dS/m)	alta (>10 dS/m)
pH	4.5	6	3.5	8	DRENAJES	Moderado	
INTENSIDAD LUMINOSA	Muy brillante	Cielo despejado	Muy brillante	Sombreado ligero			

Estudios para determinar zonas de alta potencialidad para el cultivo del hule en Tabasco.

Anexo 5. Zonas con alto potencial edafoclimático para el cultivo del hule en el estado de Tabasco.



Estudios para determinar zonas de alta potencialidad para el cultivo del hule en Tabasco.

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

