



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 PLÁTANO MACHO (*Mussa paradisiaca*) EN EL ESTADO DE TABASCO.



SECRETARÍA DE
DESARROLLO AGROPECUARIO
FORESTAL Y PESCA



inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Dr. Lorenzo Armando Aceves Navarro

Dr. José Francisco Juárez López

Dr. David Jesús Palma López

Dr. Rutilo López López

M.C. Benigno Rivera Hernández

M.C. Joaquín Alberto Rincón Ramírez

Ing. Ambiental Román Morales Colorado

Lic. En Biología Rocío Hernández Alvarado

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS.....	2
IV. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS	5
V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA.....	6
VI. SELECCIÓN Y REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVOS DE PLÁTANO MACHO	8
6.1. INVENTARIO CLIMÁTICO.....	10
6.1.1. División climática.....	10
6.1.2. Período de crecimiento	10
6.2. INVENTARIO EDAFOLÓGICO	10
6.2.1. División edafológica	10
6.3. FUENTES DE INFORMACIÓN	11
6.3.1. Información climática.....	11
6.3.2. Información edafológica	11
6.3.3. Información cartográfica.....	11
VII. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE PLÁTANO MACHO	12
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
IX. CONCLUSIONES	17
X. BIBLIOGRAFÍA	17
XI. ANEXOS.....	22

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. DESCRIPCIÓN DEL CLIMA EN VARIOS PAÍSES PRODUCTORES DE PLÁTANO MACHO.....	3
CUADRO 2. VARIABLES SELECCIONADAS PARA DEFINIR ÁREAS DE ALTA POTENCIALIDAD PARA EL CULTIVO PLÁTANO MACHO EN EL ESTADO DE TABASCO.	9

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. METODOLOGÍA SIMPLIFICADA DE LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA PARA EL CULTIVO DE PLÁTANO MACHO.....	7
FIGURA 2. SUPERFICIE POR MUNICIPIOS CON ALTO POTENCIAL PRODUCTIVO PARA EL CULTIVO DEL PLÁTANO MACHO EN EL ESTADO DE TABASCO.....	16
FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA SUPERFICIE CON ALTO POTENCIAL PRODUCTIVO PARA EL CULTIVO DE PLÁTANO MACHO EN TABASCO.	16

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN EL ESTADO DE TABASCO.....	23
ANEXO 2. REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO PLÁTANO MACHO (FAO, 1994).	24
ANEXO 3. ZONAS CON POTENCIAL CLIMÁTICO PARA EL CULTIVO DE PLÁTANO MACHO EN EL ESTADO DE TABASCO.....	25
ANEXO 4. ZONAS CON POTENCIAL EDAFOLÓGICO PARA EL CULTIVO DE PLÁTANO MACHO EN EL ESTADO DE TABASCO.	26
ANEXO 5. ZONAS CON ALTO POTENCIAL EDAFOCLIMÁTICO PARA EL CULTIVO DE PLÁTANO MACHO EN EL ESTADO DE TABASCO.	27
ANEXO 6. RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE PLÁTANO MACHO EN EL ESTADO DE TABASCO.....	28

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de las principales frutas producidas a nivel mundial el banano (*diversas variedades para consumo en fresco*) ocupó el segundo lugar en el año 2004, con un volumen de 70.9 millones de toneladas, producto de cosechar una superficie de 4.3 millones de hectárea. Para el caso del plátano macho, la producción mundial el año 2004 fue de 32.8 millones de toneladas (FAOSTAT, 2006).

El rendimiento promedio mundial de plátano macho es de 10 toneladas por hectárea, registrando una tasa media de crecimiento anual para el periodo 1994 al 2004 de 1.15%. México ocupó décimo sexto el lugar en rendimiento a nivel mundial con 29 t ha⁻¹ en el 2004. Sin embargo, dichos rendimientos están muy por debajo a los reportados en los países centroamericanos (ej: Nicaragua, Costa Rica, Guatemala y Panamá) con rendimientos de 45 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2006).

Para otros países como Cuba, Ghana y Colombia, el rendimiento se ubica en poco más de 8 t ha⁻¹, mientras que para otras naciones como Rwanda, Ecuador, Uganda, Nigeria, Camerún y Congo, el rendimiento fluctúa entre 4.5 a 6.8 t ha⁻¹. Los principales países importador son: Estados Unidos, (*con una cuarta parte del volumen mundial*), Alemania, Japón, Bélgica, la Federación Rusa, Reino Unido e Italia, (*en conjunto participan con casi dos terceras partes del total de las compras externas de banano*) (FAOSTAT, 2006).

En México después del plátano enano gigante, el plátano macho es la segunda variedad que más se produce. La mayor parte se produce en el Estado de Chiapas y en 2007 se obtuvieron 94,326 toneladas, seguido por el estado de de Tabasco con 76,405 toneladas, seguido por el estado de Veracruz con 44, 307 toneladas. En el Estado de Colima se obtuvo una producción de 6,852 toneladas y en Michoacán 4,765 toneladas (SIAP-SAGARPA, 2008).

Estudio para determinar zonas de alta potencialidad de plátano macho en Tabasco

El plátano es una de las frutas más nutritivas por su riqueza en azúcares (levulosa, glucosa y sacarosa) contiene vitamina a, B1,B2 y vitamina C, minerales como calcio, fósforo, hierro, potasio, magnesio y zinc. Es una de las frutas más concentradas en principios energéticos, ya que deja residuos alcalinos por lo que nutre, alcaliniza y desintoxica al organismo, es rico en líquidos volátiles que estimulan la secreción de sustancias digestivas y ejercen una ligera acción antiséptica en el conducto intestinal.

II. OBJETIVOS

- ✚ Realizar la zonificación del cultivo de plátano macho (*Mussa spp*) 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 plátano macho (*Mussa spp*).

III. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS

Es muy importante tener en cuenta, que los factores climáticos, a diferencia de los edáficos son inmodificables, delimitando directa o indirectamente zonas aptas para el desarrollo de cualquier cultivo, dado que sus componentes, como la temperatura, precipitación, humedad ambiental y el brillo solar permiten el establecimiento y desarrollo del cultivo, o bien afectan la incidencia al ataque de enfermedades o plagas.

El plátano crece en un clima el tropical, subtropical cálido, pero el mejor clima para su desarrollo es el cálido húmedo, durante todo el año sin vientos fuertes. Los factores favorables para su distribución son: precipitación superior a 100mm por mes (Simmonds, 1966), de 1500 a 3000mm por año. Temperatura en un rango de 10 a 40°C con óptimos entre 25 a 30°C y mínima promedio de 15.5°C.

Temperaturas por debajo de 12°C ocasionan coagulación del látex, impiden la inflorescencia y la malformación del fruto (Soto, M. 1985).

El crecimiento y desarrollo de la planta comienza a los 18°C, alcanzando un óptimo a los 27°C, y declina hasta los 30°C cuando muere la planta. La tasa de aparición de nuevas hojas y la tasa de crecimiento del fruto está fuertemente influenciada por la temperatura (Simmonds, 1966)

Este género se cultiva en áreas con isoyetas de 120cm y 15.5°C de isotermas, basados en la precipitación mensual y en la temperatura, Simmonds (1966) dividió las siguientes categorías para áreas representativas de Musáceas, para determinar su distribución, en base al clima de los países. Ver Cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción del clima en varios países productores de plátano macho.

CLIMAS	PAISES
1.- Climas con temperaturas y precipitación uniformes	Hawái – Malasia – Norte de Jamaica
2.- Climas con temperaturas uniformes, pero con distribución estacional de la precipitación	Samoa – Fiji – Uganda – Camerún – Sur de Jamaica – Honduras Panamá
3.- Climas con precipitación uniforme, pero temperatura variable	Queensland – Sur de África – Islas Canarias Brasil
4.- Climas variables y con una gran variación estacional de la temperatura y de la precipitación.	India – Israel – Tailandia

La temperatura es un factor que esta correlacionado con la altitud, radiación solar y los movimientos de la atmósfera, por la influencia que ejercen directamente, sobre los procesos respiratorios y fotosintéticos de la planta, y en la duración del ciclo vegetativo (Hedge y Srinivas, 1989).

El plátano es una especie susceptible a las heladas, con un rango térmico de desarrollo entre 16 y 38°C, y un óptimo de 25 a 30°C. Doorenbos y Kassam, (1979), mencionan que las temperaturas de 8°C por tiempo prolongado causan

daños. Y que la temperatura media debe de estar entre los 25 y 27°C, para que de esa manera igual presente una tasa fotosintética adecuada.

A temperaturas menores que 16°C, el crecimiento del plátano se reduce y la emergencia de las hojas se detiene. El látex del plátano se coagula en el pericarpio de la fruta a 12°C, originando una coloración café pálida. Bajas temperaturas provocan una extensión del periodo de la siembra a la aparición de las primeras inflorescencias.

En general las áreas donde se cultiva el plátano tienen una temperatura mínima por encima de 15.4°C. Una temperatura media menor a 21°C causa retardo en la madurez de la inflorescencia (Montaldo, 1982). El plátano recibe daño por frío a 11.7°C (Ochse *et al.*, 1972).

Las necesidades de agua del cultivo es de 1200 a 2200mm por período vegetativo. Tiene una evapotranspiración máxima de 5 a 6mm día⁻¹. Debe cuidarse el no sobrepasar el 35% de agotamiento del agua total disponible en el suelo (Doorenbos y Kassam, 1979), aunque también se da en ambientes de 2000 a 4000mm anuales. La precipitación mensual no debería ser inferior a los 120-130mm. Aunque puede tolerar períodos cortos de sequía.

Este cultivo es muy exigente en agua, por lo que debería cultivarse en áreas donde se disponga de agua para riegos de auxilio. El consumo elevado de agua del cultivo se debe a que la planta tiene una gran superficie foliar que transpira. Por ello la demanda de agua por planta es muy variable debido a que la radiación solar y el área foliar no permanecen constantes, dado que todos los días no son soleados, y las plantas no representan la misma superficie foliar a la transpiración, por periodos mayores de 7-10 días (Hedge, y Srinivas, 1989).

La precipitación óptima es de alrededor de 1300mm al año, bien distribuidos. La escasez de humedad causa maduración prematura de las plantas

y frutos mal desarrollados y formados. En plantaciones con estación seca debe practicarse el riego (Montaldo, 1982). 100 a 150mm por mes, excepto en los suelos muy porosos. Tiene sensibilidad a la falta de humedad en todas las etapas de desarrollo (Baradas, 1994).

La luz ejerce una influencia directa e indirecta, sobre varios procesos de crecimiento y desarrollo de una planta, sin embargo, esta regulación de luz, no depende únicamente de la presencia o ausencia de luz, sino también de la calidad de la misma.

El rango más favorable para fotosíntesis está entre 10,000 y 30,000 flux, de ahí la conveniencia del auto sombreado. Sin embargo, en áreas con altos niveles de nubosidad se ha observado que el ciclo de cultivo se alarga (Benacchio, 1982). La actividad fotosintética de las hojas del plátano se incrementa rápidamente a una iluminación entre 2,000 y 10,000 flux y más lentamente entre 10,000 y 30,000 flux. Quemaduras por el sol en la fruta resultan de la exposición a altas intensidades de luz acompañadas de elevadas temperaturas (Emden, 1967). El rango de intensidad óptima va de 3,230 a 8,610 flux (Baradas, 1994).

IV. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS

Por la gran adaptabilidad que presenta el plátano, este se cultiva en una gran variedad de suelos., sin embargo es necesario analizar si el suelo cumple con los requerimientos o exigencias de la planta (composición orgánica y mineral, condiciones de fertilidad, características físicas en especial aquellas que se relacionan con el contenido, retención y movimiento del agua y aire).

En el estado de Tabasco los suelos óptimos para hacer un cultivo rentable del plátano son los Fluvisoles, con una profundidad no menor de 1.20m, libres de grava, piedras y estratos endurecidos (Ghavani, 1974).

Sin embargo Benacchio, (1982) menciona que el suelo franco con textura franco-arcillosa y franco arenosa, es ideal para crecimiento y desarrollo de *Musa spp*, es importante señalar que el desarrollo radical es mejor en suelos de textura de migajón.

Otra característica importante del plátano es que es medianamente tolerante a la salinidad (Ascott et al., 1965). La acumulación de sales en la superficie del suelo a concentración mayor de 500 ppm, es tóxica para el plátano (Emden, 1967).

Crece bien en suelos con pH 6.0 a 7.5, siendo el ideal 6.5 (Benacchio, 1982). Las Plantas de plátano vigorosas, saludables y productivas ocurren en suelos con pH de 4.5 a 8.0. Sin embargo, a pH bajo, el efecto de sigatoka negra es más severo; fuera de pH de 6.0 a 7.0, es afectada la absorción de algunos nutrimentos; en suelos ácidos, el plátano sufre deficiencias de fósforo y en suelo básicos la nutrición con potasio es limitante (Egbert, 1977).

V. 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 plátano macho 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 plátano macho.

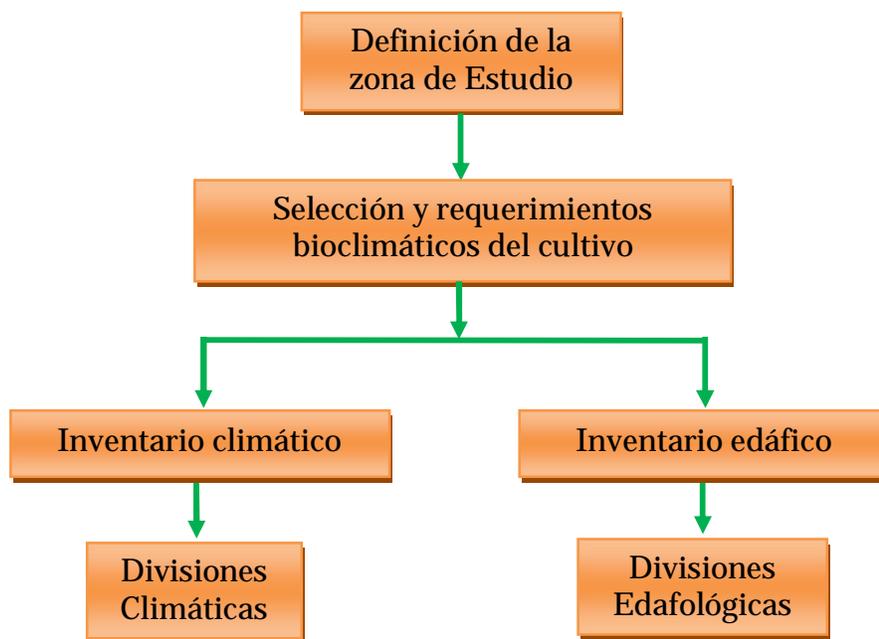


Figura 1. Metodología simplificada de la zonificación agroecológica para el cultivo de plátano macho.

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

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

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

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

VI. SELECCIÓN Y REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVOS DE PLÁTANO MACHO

Las variables principales que se consideraron para determinar las zonas con alto potencial productivos en el cultivo de tomate 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 2). 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 2. Variables seleccionadas para definir áreas de alta potencialidad para el cultivo plátano macho 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 plátano macho.

6.1. 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.

6.1.1. División climática

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

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

6.1.2. 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 plátano macho.

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.

6.2. INVENTARIO EDAFOLÓGICO

6.2.1. 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 2. 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 plátano macho.

6.3. FUENTES DE INFORMACIÓN

6.3.1. 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.

6.3.2. 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).

6.3.3. 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 plátano macho, las cuales se denomina áreas con alto potencial productivo.

VII. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE PLÁTANO MACHO

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 plátano macho en Tabasco.

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

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

Donde:

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

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

Hi = Índice de cosecha.

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).

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

Donde:

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

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

Donde:

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

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

Donde:

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

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

También se reportan en tablas los valores de 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)

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

T_{max} = Temperatura máxima

T_{min} = Temperatura mínima

Estudio para determinar zonas de alta potencialidad de plátano macho en Tabasco

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

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

bc = Tasa fotosíntesis bruta en días completamente despejados ($\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$) ($\text{Pm} = 20 \text{ kg ha}^{-1} \text{h}^{-1}$). 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 ($\text{IAF} \geq 5$)

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 4 (Turner, 1994)

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

N = Duración del ciclo del cultivo 385 días.

Ct = 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 el cultivo de plátano macho 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 (H_i) del

cultivo de plátano macho que fue de 0.15. El valor de H_i fue estimado a partir de los datos de Turner y Barkus (1980) y Maldonado *et al.*, (2006).

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

Desde el punto de vista agroclimático el estado de Tabasco, cuenta con una superficie de 2,225,405 hectáreas con alto potencial productivo para producir plátano macho, el resto de la superficie del estado no es apta para éste cultivo, ya que presenta un periodo de crecimiento menor a los 289 días (Anexo 3).

En cuanto a los requerimientos de suelo para este cultivo, Tabasco cuenta con una superficie de 255,642 hectáreas, las cuales corresponden a las subunidades de suelo: Fluvisol Éútrico (FLeu), Fluvisol Éútrico+Vertisol Crómico (Fleu+VReu) y Fluvisol Éútrico-Gléyico (FLeugl) (Anexo 4).

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

El análisis edafoclimático (clima y suelo) muestran que el estado de Tabasco, cuenta con una superficie potencial de 241,991 hectárea para cultivar plátano macho que se distribuyen en los diecisiete municipios (Figura 2), de las cuales el 60% de ellas se concentran en cinco municipios que se jerarquizan a continuación: Cárdenas (44,432 ha), Huimanguillo (38,289 ha), Tacotalpa (22,001 ha), Jalapa (19,430 ha) y Cunduacán (18,607ha). En la Figura 3 se ilustran las zonas de color rojo con alto potencial productivo para el estado de Tabasco.

Estudio para determinar zonas de alta potencialidad de plátano macho en Tabasco

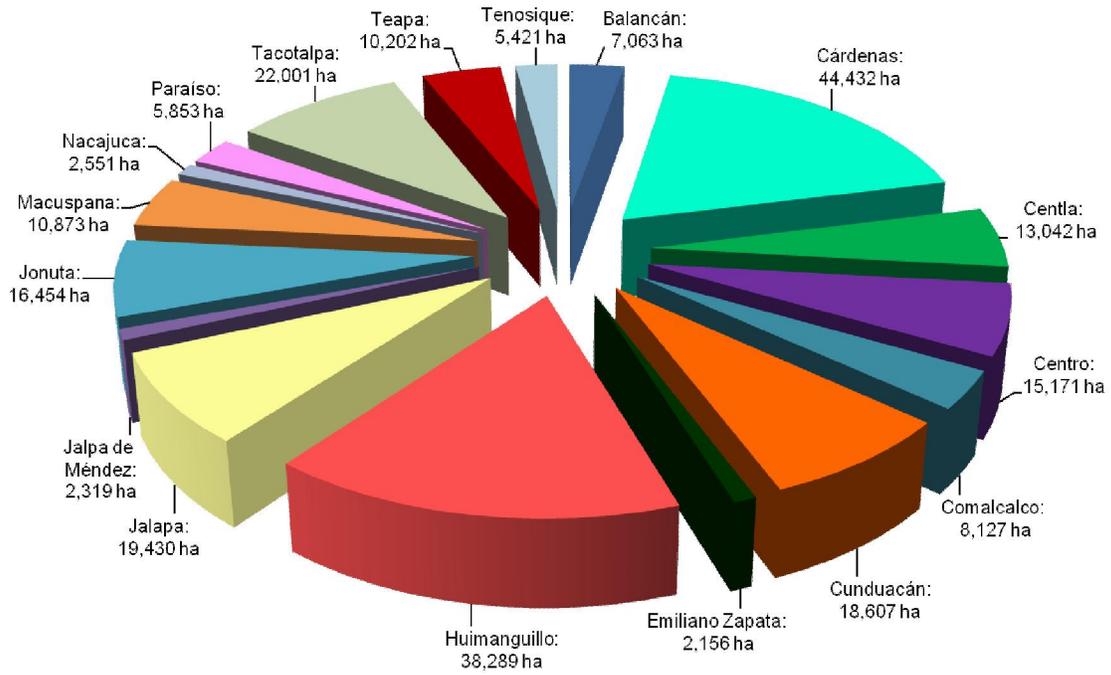


Figura 2. Superficie por municipios con alto potencial productivo para el cultivo el plátano macho en el estado de Tabasco.

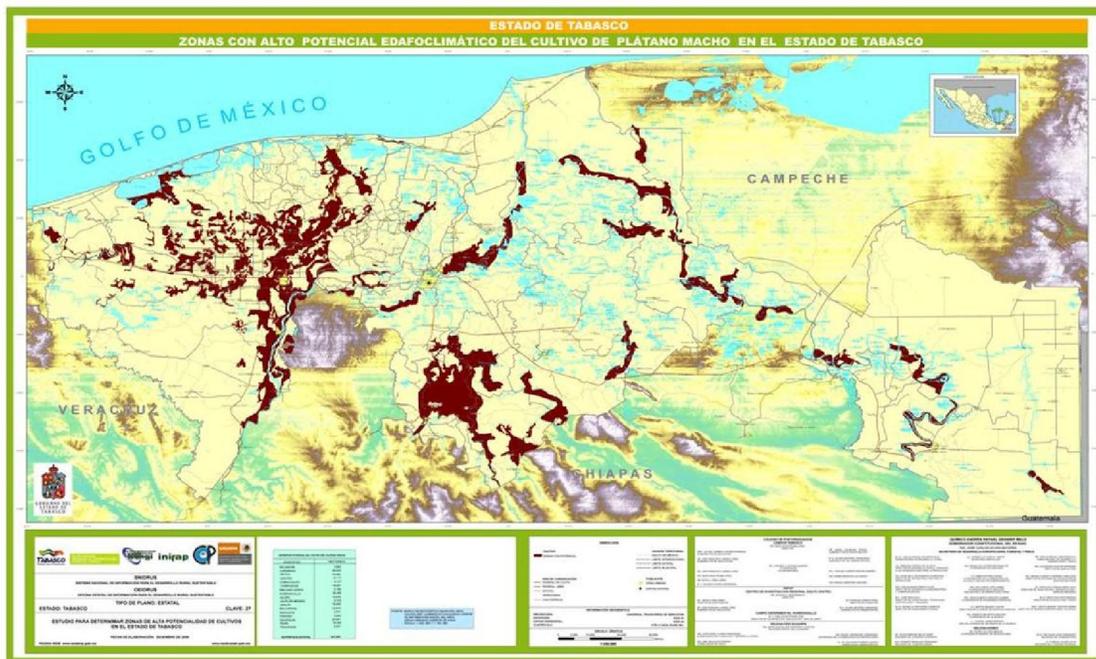


Figura 3. Distribución geográfica de la superficie con alto potencial productivo para el cultivo de plátano macho en Tabasco.

El rendimiento potencial para el cultivo de plátano macho para el estado de Tabasco es de 46.6 t ha^{-1} , dicho rendimiento son superiores al promedio reportado a nivel mundial de 10 t ha^{-1} (FOA, 2005). Así mismo, son superiores al promedio nacional reportado en el 2007 (15.57 t ha^{-1}), es decir los rendimientos estimados para Tabasco superan en 31 t ha^{-1} al promedio nacional. Mencionados rendimientos superan en 20 t ha^{-1} a los reportado por el estado de Jalisco, quien a nivel nacional reporta los mayores rendimientos con 26.45 t ha^{-1} (SIAP-SAGARPA, 2008) (Anexo 5).

IX. CONCLUSIONES

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

- ✚ Tabasco cuenta con un potencial agroclimático de 2,225,405 hectáreas para cultivar plátano macho.
- ✚ El potencial edafológico del estado de Tabasco, para el cultivo de plátano macho es de 255,642 hectáreas.
- ✚ La superficie con alto potencial edafoclimático, para cultivar plátano macho en el estado de Tabasco es de 241,991 hectáreas.
- ✚ El principal factor ambiental que más limita el potencial productivo para el cultivo de plátano macho en el estado de Tabasco es el factor suelo.
- ✚ En los diecisiete municipios del estado de Tabasco, se puede cultivar el plátano macho, siempre que se establezca en las zonas de color rojo, marcadas en el mapa edafoclimático.
- ✚ Los rendimientos potenciales esperados para el cultivo de plátano macho en el estado de Tabasco son de 46.6 t ha^{-1} .

- ✚ El 60% de la superficie con alto potencial edafoclimático para el cultivo de plátano macho se concentran en cinco municipios: Cárdenas (44,432 ha), Huimanguillo (38,289 ha), Tacotalpa (22,001 ha), Jalapa (19,430 ha) y Cunduacán (18,607 ha).
- ✚ La fecha de siembra para el cultivo de plátano macho es 15 mayo al 15 noviembre.

X. 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.
- Ascott, T.G.; Bhangoo, M. S y Karen, M.L. 1965. Irrigation of the Giant Cavendish Banana. I. Consumption of Water Applied to Banana Plantings in the Upper Aquan Valley, Honduras as influenced by temperature and humidity. Trop. Agric. 42: 139-144.
- Baradas, M.W. 1994. Crop requirements of tropical crops. In: Handbook of Agricultural Meteorology. J.F. Griffiths Editor. Oxford University Press. New York. USA. pp. 189-202.
- Champion, J. 1968. El Plátano. 2ª Edición. Blume. Barcelona. 257 p.
- Da Silva, L. A.; Da Silva, J.J.F.; Da Silva, A.L.C y De Oliveira, E.S.S. 2008. Avaliação de genótipos de bananeira na região do Baixo São Francisco, Sergipe. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 30, n. 3, pp. 691-695.
- Doorenbos, J. y A.H. Kassam. 1979. Efectos del Agua Sobre el Rendimiento de los Cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje Núm. 33. FAO. Roma. 212 p.

- Emden, J. V. 1967. Rapport over de bacoventuur in Suriname, LVV, Suriname.
- ESRI. (Environmental System Research Institute). 2004. ArcGIS 9. Getting Started With ArcGIS. 2004. Sistema de información. USA.
- Hedge, D.M.; Srinivas, K. 1989. Irrigation and nitrogen fertility influences on plant water relations, biomass, and nutrient accumulation and distribution in banana cv. Robusta. Journal of Horticultural Science, (64): 91-98.
- FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1977. Zonificación Agro-ecológica. Boletín de Suelos de la FAO 73.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1978. Agroecological zones project. World Soil Resources. Report Num. 48. Vol. 1, Africa. 158 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1981. Report on the Agro-ecological zones project. Vol. 1: Methodology and results for Africa. World soils report No. 48. Rome, Italia.
- FAO. 1994. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. FAO. Rome, Italy.
- FAOSTAT, 2006. Bases de datos estadísticas de la organización FAO. FAOSTAT-Agricultures. (En red) Disponible en: <http://www.faostat.fao.org/site/408/default.aspx>. Última modificación 24 de abril 2006.
- Fischer, G.; Granat, J y Makowski, M. 1998. AEZWIN – An Interactive Multi-criteria Analysis Tool for Land Resources Appraisal. FAO – IIASA, Interin Report. IR – 98-051.

- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. Serie Libros, Num. 6. México D.F. 90 p.
- Ghavani, M. 1974. Irrigation of Valery bananas in Honduras, Trop. Agric. (Trin). (51): 443 p.
- IMTA. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). ERIC. 2003. Extractor Rápido de Información Climatológica v.1.0.
- Israeli, Y.; Lahav, E y Nameri, N.1986. The effect of salinity and sodium adsorption ratio in the irrigation work on growth and productivity of bananas under drip irrigation conditions. Fruits. 41 (5):297-302.
- Maldonado, M. F.; Jasso, M. J.; Palma-López, D.J.; Salgado, G.S y Gonzáles, H. V.A. 2006. Dinámica de materia orgánica, P y K en suelos de sistemas agroforestales cedro-plátano en Tabasco, México. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 29 (3) 223-230.
- Martín-Prevel, P. 1979. La Fisiología de la Platanera en Relación con las Prácticas de Cultivo. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomo de Madrid Santa Cruz de Tenerife. 98 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.

Estudio para determinar zonas de alta potencialidad de plátano macho en Tabasco

- Peralta-Gamas, M.; Jiménez-Jiménez, R.; Martínez-Gallardo, J.B.; Castro, F.C.R.; Bautista-Bautista, E.; Rivera-Hernández, B.; Pascual-Córdova, A.; Caraveo-Ricardez, A.C y Aceves-Navarro, L.A. 2008. Estimación de la variación espacial y temporal de la radiación solar en el estado de Tabasco, México. XX Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria de Tabasco. Villahermosa Tabasco. pp. 243-253.
- SIAP-SAGARPA. 2008. Servicio de información agroalimentaria y pesca- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible *In. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>*
- Simmonds, E. W. 1966. Banana. 2ª Edit. Longmans London. 511 p.
- Soto, M. 1985. Bananas. Cultivo y Comercialización. LIL. San José. 627 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.
- Turner, D.W y Barkus, B.1980. Plant growth and dry matter production of the Williams banana in relation to supply of potassium, magnesium and manganese in sand culture. *Scientia Horticulturae*, pp.12-27.
- Turner, D.W 1994. Bananas and plantains. In: Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops Vol. II. Sub-Tropical and Tropical Crops. Edited by Bruce ,S y Andersen, D.C. p38-60.

XI. 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

Estudio para determinar zonas de alta potencialidad de plátano macho en Tabasco

Anexo 2. Requerimientos bioclimáticos del cultivo plátano macho (FAO, 1994).

	ÓPTIMA		ABSOLUTA			ÓPTIMA	ABSOLUTA
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima		PROFUNDIDAD	Profundo (>150cm)
REQUERIMIENTOS DE TEMP °C	22	32	13	38	TEXTURA	Media	Media,
PRECIPITACIÓN ANUAL (mm)	2400	2700	2000	3500	FERTILIDAD	Alta	Moderada
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	
INTENSIDAD LUMINOSA	Muy brillante	Muy brillante	Sombreado ligero	Muy brillante			

Estudio para determinar zonas de alta potencialidad de plátano macho en Tabasco

Anexo 3. Zonas con potencial climático para el cultivo de plátano macho en el estado de Tabasco.



Estudio para determinar zonas de alta potencialidad de plátano macho en Tabasco

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

