



GOBIERNO DEL  
ESTADO DE  
TABASCO

SAGARPA



SECRETARÍA DE AGRICULTURA,  
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN

# ESTUDIO PARA DETERMINAR ZONAS DE ALTA POTENCIALIDAD DEL CULTIVO DE NONI (*Morinda citrifolia* L.) EN EL ESTADO DE TABASCO



SECRETARÍA DE  
DESARROLLO AGROPECUARIO  
FORESTAL Y PESCA



**inifap**  
Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



Dr. Lorenzo Armando Aceves Navarro

Dr. José Francisco Juárez López

Dr. David Jesús Palma López

Dr. Rutilo López López

M.C. Benigno Rivera Hernández

Ing. Rigoberto González Mancillas

## ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. ORIGEN DEL CULTIVO DE NONI .....	2
IV. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL NONI .....	3
V. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL NONI .....	3
VI. RELACIÓN DE PAÍSES QUE PRODUCEN NONI .....	5
VII. SUPERFICIE CULTIVADA Y RENDIMIENTO DE NONI POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL.....	6
VIII. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS DEL NONI .....	7
IX. REQUERIMIENTOS EDAFÓLOGICOS DEL NONI .....	8
X. TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE NONI.....	10
10.1. Siembra o trasplante .....	10
10.2. Hoyado .....	11
10.3. Abonos orgánicos .....	11
10.4. Poda .....	11
10.5. Propagación .....	12
10.6. Plaga y enfermedades.....	12
10.7. Cosecha .....	13
XI. VARIEDADES DE NONI.....	13
XII. MERCADO DEL NONI .....	14
XIII. PRODUCTOS DEL NONI.....	15
XIV. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA.....	17
XV. SELECCIÓN Y REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE NONI .....	19
15.1. Inventario climático.....	21
15.2. División climática .....	21
15.2. Período de crecimiento.....	21
15.2. Inventario edafológico .....	22
15.2.1. División edafológica .....	22

15.3. Fuentes de información .....	22
15.3.1. Información climática.....	22
15.3.2. Información edafológica .....	22
15.3.3. Información cartográfica .....	23
<b>XVI. ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE NONI.....</b>	<b>23</b>
<b>XVII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>26</b>
<b>XVIII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>29</b>
<b>XIX. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>31</b>
<b>XX. ANEXOS .....</b>	<b>35</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Rendimiento de fruta fresca de noni por árbol en Hawaii, bajo condiciones de monocultivo.....	6
Cuadro 2. Producción de frutos de noni en diferentes densidades de siembra.....	6
Cuadro 3. Variables seleccionadas para definir áreas potenciales para el cultivo de noni en el estado de Tabasco .	20

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología simplificada de la zonificación agroecológica para el cultivo de noni.....	18
Figura 2. Superficie por municipio con alto potencial para cultivar noni en el estado de Tabasco .....	28
Figura 3. Distribución geográfica de la superficie con alto potencial productivo para el cultivo de noni en en el estado de Tabasco.....	28

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas en el estado de Tabasco .....	36
Anexo 2. Requerimientos bioclimáticos del cultivo de noni (FAO, 1994). .....	37
Anexo 3. Zonas con alto potencial climático para cultivar noni en el estado de Tabasco.....	38
Anexo 4. Zonas con alto potencial edafológico para cultivar noni en el estado de Tabasco .....	39
Anexo 5. Zonas con alto potencial edafoclimático para cultivar noni en el estado de Tabasco .....	40
Anexos 6. Análisis químico de las subunidades de suelo.....	41

## I. INTRODUCCIÓN

Los productos naturales extraídos de las plantas medicinales han sido utilizados por siglos en todo el mundo. Los científicos y los profesionales de la medicina han mostrado en los últimos años un mayor interés en este campo, reconociendo los beneficios en la salud humana.

El noni (*Morinda citrifolia* L., *Rubiaceae*) es una planta tropical y subtropical que ha sido utilizada por más de 2000 años en las islas del Pacífico, en la medicina tradicional para tratar una amplia variedad de enfermedades (McClatchey, 2002).

En la planta del noni se han descubierto una amplia gama de compuestos biológicos como: glucósidos, polisacáridos, alcaloides, trisacáridos ésteres de ácidos grasos, vitaminas y minerales que se han aislado de la fruta, raíz y hoja (Liu *et al.*, 2001).

Dichos compuestos han sido utilizados en: disentería, tos, náuseas y cólicos, asma, diabetes, presión arterial, control menstrual, tintes “rojo, amarillo y morado” (Dixon *et al.*, 1999, Gurib-Fakim y Brendler, 2004 y Wiart, 2002). También se han reportado propiedades antibacterianas, antivirales, anti-fúngicos, antitumorales, anti-helmínticos, analgésicos, hipotensores, anti-inflamatorias e inmunológicas (Duke *et al.*, 2002; McClatchey, 2002; Wang *et al.*, 2002; Liu *et al.*, 2001; Wang y Su, 2001) los cuales se aplican directamente sobre la piel para el tratamiento de ulceraciones e infecciones leves (Fugh-Berman, 2003).

Es por ello que en los últimos años esta planta ha cobrado mucho interés a nivel mundial. En 2004, el mercado mundial de jugo de noni se estimó en un valor entre \$700 a \$750 millones de dólares, y se espera que el mercado experimentará un fuerte crecimiento por lo menos para los próximos años para llegar a \$ 1 billón de dólares (Macpherson *et al.*, 2007).

Uno de los principales importadores de jugo de noni es los Estados Unidos, vecino y socio comercial de México, el cual importa el mencionado jugo desde Asia. Por la cercanía continental que guarda México con los EUA, le confiere una gran ventaja geográfica con respecto a Asia.

Siendo una planta tropical, y que además puede cultivarse en monocultivo o bien en policultivo. El estado de Tabasco, podría por su gran diversidad de suelo y ambiente incursionar en el cultivo del noni con mira al mercado nacional e internacional.

Por lo que el gobierno del estado de Tabasco, ha puesto de manifiesto la importancia de conocer cuáles son las áreas de mayor potencial para el establecimiento de este cultivo, en escala comercial.

Es por ello, que ante tal escenario el gobierno del estado, a través de las instituciones mencionadas en la hoja de presentación, realiza el presente estudio de zonificación agroecológica, con la finalidad de identificar las áreas con el mayor potencial productivo para el establecimiento del cultivo de noni, por lo que se plantearon los siguientes objetivos.

## II. OBJETIVOS

- ✚ Realizar la zonificación del cultivo de noni (*Morinda citrifolia* L., *Rubiaceae*) 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 noni (*Morinda citrifolia* L., *Rubiaceae*).

## III. ORIGEN DEL CULTIVO DE NONI

El noni es originario del sureste de Asia (principalmente Indonesia), Papúa Nueva Guinea y norte de Australia (Nelson, 2005). Su distribución actual es

panropical entre las latitudes de 19° N y S. Se encuentra a través de la mayoría de las islas tropicales de los océanos Pacífico e Índico y el Sudeste asiático, así como el Caribe, Centro y Sudamérica; y algunas partes de África.

El noni se puede encontrar en bosques perturbados o en los bosques secos mesico (oferta moderada de humedad), áreas abiertas cercas de las costas, en pastizales y plantaciones de coco en el litoral, en sotobosque de bosques, áreas de descanso y los lugares alrededor de los pueblos (Nelson, 2005). Los frutos maduros son distribuidos por varios animales incluyendo murciélagos.

#### **IV. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL NONI**

El noni pertenece a la familia *Rubiaceae* que es la cuarta familia más grande de las plantas con flor, después de la *Asteraceae*, *Fabaceae* y *Orchidaceae* y comprende unos 650 géneros y 13,000 especies. La mayor parte de la familia es predominantemente leñosas tropicales y árboles y arbustos. El género *Morinda* abarca unas 80 especies, en su mayoría de origen del viejo mundo. El nombre científico para el género se obtuvo a partir de las 2 palabras latinas *Morus* (morera) y *indicus* (India) en referencia a la similitud de la fruta del noni (Macpherson *et al.*, 2007).

#### **V. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL NONI**

Es un arbusto o árbol pequeño, que a los 20 años logra una altura de 6 metros (Acosta, 2003). Aunque Nelson (2003), menciona que puede alcanzar una altura de 3 a 10 metros y es cuando alcanza su madurez productiva. Su crecimiento es erecto, compuesto de un tallo principal de donde se desprenden cuatro ramas angulares y glabras. Las ramas secundarias poseen nudos separados de donde emergen los racimos florales. Posee una raíz principal o pivotante, de donde se desprenden las raíces secundarias.



### **Hoja.**

Las hojas son opuestas de 12 a 28 cm de largo y de 7 a 16 cm de ancho. Son agudas en el ápice y cuneiformes (forma de cuña) en su base, de color verde oscuro y glabras tanto en el haz como en el envés. Posee un pecíolo alado, de 12 a 20 mm de largo y 2 mm de diámetro (Acosta, 2003).

### **Inflorescencia.**

Las flores son sésiles, la corola es de color blanca carnosa, compuesta de cinco lóbulos. El cáliz es un tubo cilíndrico de donde emergen los estambres. El cáliz está compuesto por 4 o 6 estambres ligeramente separados, en la base de la corola. Las antenas se encuentran enroscada en los ápices de los estambres y son las estructuras donde se produce el polen. El estigma es el órgano receptor del polen y se encuentra ubicado en el interior del cáliz (Acosta, 2003).

### **Infrutescencia.**

El noni es un fruto compuesto formado por ovarios o carpelos unidos. Los carpelos individuales se distinguen fácilmente por las marcas en las paredes carpelares. Cada carpelo presenta un pequeño círculo u "ojo", que no es más que la cicatriz del cáliz o el disco ovarial que queda después de la caída de la flor. Una vez que se desprende la última flor, el crecimiento de la infrutescencia es bastante rápido, sin embargo, depende de las condiciones de humedad que imperen en el lugar. Este período toma alrededor de 40 días. Las infrutescencias son globosas, a veces deformes, cuyo peso puede variar de 50 a 300 gramos. Cuando la infrutescencia alcanza la madurez fisiológica adquiere una coloración blanca conocida como "punto de porcelana". Pasado tres días, la infrutescencia adquiere un color entre amarillo pálido a transparente, lo que indica que está lo suficientemente madura y lista para despulpar (Acosta, 2003).

### **Semilla.**

La semilla es discoidal, de 0.4 a 0.6 cm de diámetro y de color marrón, provista de una bolsa de aire que le permite flotar en el agua. Cada carpelo

produce cuatro semillas, sin embargo, el número total de semillas en la infrutescencia va a depender del número de carpelos. La viabilidad en la semilla de noni depende de tres factores básicos: 1) El peso de la infrutescencia; 2) el método de separación o extracción que se utilice; y 3) el tiempo de almacenamiento (Acosta, 2003).

## VI. RELACIÓN DE PAÍSES QUE PRODUCEN NONI

El cultivo de noni tiene un rango amplio de dispersión en los trópicos, y se produce a nivel de traspatio, sin embargo a continuación se da una lista de los países que lo producen a escala comercial por continente.

América	Asia	África	Oceanía
 Panamá	 Indonesia	 Surinam	 Australia
 Venezuela	 Fiji		
 Costa Rica	 China		
 Hawaii	 Japón		
 Estados Unidos			

Los rendimientos esperados en Hawaii son de 114 a 227 kg planta<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> en función de la nutrición y el espaciamiento de la planta, pero el rendimiento puede exceder a los 227 kg planta<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> con un buen manejo del cultivo. El fruto es generalmente recogido sólo cuando empiezan a madurar (Nelson, 2003). En Panamá según Acosta, (2003) los rendimientos de noni por planta son de 36 kg árbol año<sup>-1</sup>. Nelson, (2003) ha realizados estimaciones del rendimiento del noni en Hawaii sobre un base realista con excelentes prácticas de manejos agronómico (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Rendimiento de fruta fresca de noni por árbol en Hawaii, bajo condiciones de monocultivo.**

Meses	Rendimiento de fruta fresca árbol <sup>-1</sup> mes <sup>-1</sup>	Rendimiento de fruta fresca árbol <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>
0-9	Planta creciendo en vivero no hay producción de fruta	
9	Trasplante en campo no hay producción de fruta	
12-24 (año 1)	0.907	10.886
24-36 (año 2)	1.814	21.772
36-48 (año3)	3.628	43.545
48-60 (año4)	6.804	81.648
60-72 (año5)	9.072	108.864

Fuente: Nelson (2003)

Acosta, (2003), señala que los rendimientos están en función de la densidad de siembra, tal y como se muestra en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Producción de frutos de noni en diferentes densidades de siembra.**

Distancia espacial en metros		Densidad de plantas ha <sup>-1</sup>	Producción de frutos kg árbol <sup>-1</sup>	Producción de frutos t ha <sup>-1</sup>
Hileras	Filas			
1	1	10000	14.23	142.3
2	2	2500	8.32	20.8
3	3	1100	4.39	4.8

Fuente: Acosta, (2003).

## VII. SUPERFICIE CULTIVADA Y RENDIMIENTO DE NONI POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL

México en el año 2007 reporta una superficie 3 hectáreas sembrada en el estado de Michoacán, bajo condiciones de riego, en las cuales se obtuvo un rendimiento de 18.18 t ha<sup>-1</sup>. No obstante en el estado de Tabasco se observa en algunos solares, plantas de noni para remedios caseros, en las que se ha observado buenas cosechas aunque no se han cuantificado.

## VIII. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS DEL NONI

Un requisito fundamental que debe considerar el productor de noni es el manejo de la Información agroclimática para el manejo óptimo de la planta. Antes de tomar la decisión de establecer una plantación comercial de noni, el agricultor debe contar con registros locales de la altura sobre el nivel del mar del sitio de producción, la temperatura del aire, el viento, la luz solar, la precipitación pluvial y las características y propiedades del suelo, como son la textura, la profundidad, pendiente, drenaje, pH y los requerimiento de nutrientes.

Siendo el noni una planta propia del trópico, se le ha visto crecer y fructificar hasta los 500 msnm. Sin embargo, en la vertiente del Caribe panameño, las plantaciones silvestres se encuentran a 20 msnm. En cambio, las plantaciones comerciales del Pacífico se localizan entre los 10 y 200 msnm (Acosta, 2003). Nelson, (2005) menciona que el rango de altitud óptimo para el cultivo es de 0 a 800 msnm.

El máximo crecimiento y desarrollo del árbol se observa en aquellas zonas donde se registran temperaturas diurnas que fluctúan entre los 25 y 30 °C. Es importante considerar que cuando la temperatura del aire supera los 30 °C, se produce un efecto negativo directo en la planta (Acosta, 2003). Nelson, (2003) señala que las temperaturas mínimas para este cultivo son de 5 a 8 °C y las máximas de 32 a 38 °C.

Los vientos calientes desecan el follaje de la planta de noni, hasta el extremo de causar necrosis en las hojas y ramas. En las plantaciones cercanas al mar, las gotas de agua salina arrastradas por el viento a gran velocidad, chocan y se depositan sobre el follaje, provocando en las hojas quemaduras de consideración. Durante la estación seca las plantas expuestas a fuertes y constantes vientos sufren rajaduras en las hojas, caídas de flores, reducción en la población de insectos polinizadores, evapotranspiración excesiva, caída de frutos y una reducción en el número y peso del fruto (Acosta, 2003).

La luz solar es el factor climático que afecta en forma directa el crecimiento, desarrollo y fructificación de la planta de noni, una vez culminada la labor del trasplante definitivo. Nelson, (2003) menciona que la planta de noni puede crecer en una amplia gama de intensidad de luz desde pleno sol hasta más de 80% de sombra, aunque en esta últimas sus rendimientos bajan.

Según Nelson, (2003) menciona que al inicio el cultivo de noni fue considerado como una planta muy propia del sotobosque. Sin embargo, las plantaciones que han sido cultivadas a exposición solar, han expresado las mayores producciones de frutas. Un efecto contrario se ha observado en plantaciones que han crecido bajo sombra de plantaciones maderables, palmeras de coco, plátano y banano. En condición de semisombra la planta de noni apenas logra captar un 50% de luz solar, favoreciendo el alargamiento expresivo del tallo en detrimento de la producción de flores y frutos. Bajo estas condiciones, también se ha podido observar una reducción considerable de insectos polinizadores, importantes en la producción y productividad de la planta de noni (Acosta, 2003).

Nelson, (2003) menciona que el cultivo de noni puede resistir la sequía durante 6 meses o más, aunque no es sorprendente que la producción se reduzca. Por ello menciona que el rango de requerimientos hídricos puede variar entre 250 a 4000 mm, siendo esta última cifra la más recomendada para plantaciones comerciales. Por su parte Acosta (2003), menciona que la planta de noni parece adaptarse muy bien en aquellas zonas donde existen registros de precipitación superior a los 2800 mm anuales. Aquellas áreas donde la precipitación pluvial está por debajo de este requerimiento, es necesario que el cultivo cuente con un sistema de riego.

## **IX. REQUERIMIENTOS EDAFÓLOGICOS DEL NONI**

El noni es tolerante a la salinidad extrema en general, y se cree que posiblemente se beneficia de los minerales contenidos en el agua de mar (Nelson, 2005).

Según Acosta (2003), la planta de noni crece en suelos de diferentes texturas. Sin embargo, los árboles más desarrollados y productivos se encuentran en suelos de textura arenosa muy cercanos a las costas. Los suelos de textura franca, son ideales para establecer una plantación comercial de noni, ya que su estructura porosa facilita el crecimiento y desarrollo de las raíces, y almacenan el agua y los nutrientes en forma eficiente.

Otros requerimientos edáficos de gran importancia son la profundidad y el drenaje del suelo. Cuando los suelos son profundos la raíz principal de la planta crece y penetra sin obstáculo, permitiendo a la planta de noni sostenerse y extraer de los estratos inferiores del suelo, los nutrientes requeridos. En cuanto al drenaje, la planta de noni es muy sensible al encharcamiento, y sobre todo cuando el nivel freático se mantiene permanentemente sobre la superficie del suelo. Cuando ocurre esta situación, se observan en el follaje signos de clorosis, muy particular cuando ocurre una deficiencia de nitrógeno (Acosta, 2003).

La planta de noni no parece reaccionar en forma negativa a la acidez del suelo, ya que se han observado plantaciones creciendo en suelos con pH inferiores a 5. Sin embargo, para establecer un cultivo de noni se prefieren suelos ligeramente ácidos (entre 5.5 y 6.8 de pH). Como cualquier especie halófila, la planta de noni tolera la salinidad. Prueba de ello es que en el Caribe panameño, las plantas de noni crecen muy cerca de la costa y en las zonas de manglares, donde las concentraciones de sodio (Na) son extremadamente altas.

Al establecer un cultivo de noni se deben escoger preferiblemente aquellas parcelas con pendientes que no superen el 10%. Cuando el cultivo se establece en parcelas escarpadas, las labores de cultivo, la cosecha y el transporte de la fruta del campo al sitio de acopio se dificultan; a tal punto que los costos de producción se incrementan, con respecto a las plantaciones de noni ubicadas en terrenos completamente planos (Acosta, 2003).

## **X. TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE NONI**

### **10.1. Siembra o trasplante**

La siembra del noni en el semillero, debe hacerse preferiblemente en hileras, ya que facilita las labores de limpieza y la extracción de plántulas con las raíces completa. Las semillas se depositan en hileras separadas a 8 cm cada una y a 3 cm de profundidad, y se cubren con una capa de arena de 3 a 5.0 cm de espesor. El semillero debe permanecer cubierto con pencas u hojas de plátano durante la noche y destapada durante el día. También debe recibir por lo menos dos riegos suaves durante el día, que garanticen la emergencia y crecimiento de las plántulas (Acosta, 2003).

El trasplante o embolsado debe hacerse cuando las plántulas en el semillero, emiten la tercera o cuarta hoja. Se utilizan bolsas de polietileno negro perforadas con capacidad de un kilogramo de substrato. Como substrato se recomienda utilizar la mezcla de una porción de arena, dos porciones de suelo franco y una porción de bocashi (composta).

Además de suministrar diariamente a las plántulas un riego suave, también deben recibir una aspersion de un fertilizante foliar al 5% (5 .0 cc 1 litro de agua) cada 15 días. La aspersion foliar de nutrientes en los plantas de noni han garantizado un crecimiento de hasta 40 centímetros de altura en 90 días después del embolsado (Acosta, 2003).

La propagación también puede ser vía vegetativa, la cual tiene la ventaja de reducir el tiempo necesario para obtener plantas listas para trasplante. Su otra ventaja sería que son genéticamente uniformes en la medida en que una árbol se puede multiplicar a partir de cortes sobre 20-40 cm de largo de la vertical de crecimiento (Nelson, 2005).

En el cultivo de noni se debe iniciar con una población de 10,000 plantas por hectárea. Esta recomendación técnica se basa en la concepción de que la producción de frutos es directamente proporcional al número de plantas productivas. En la medida que ocurran incrementos en el número de planta por unidad de superficie, ocurrirán incrementos en la producción de frutos; como se puede observar en el Cuadro 2.

## **10.2. Hoyado**

Una vez que se marca la parcela, se construyen los huecos. Para el caso del noni, se recomiendan hoyos de 20 cm de diámetro y 30 cm de profundidad. Para el trasplante definitivo de la plántula de noni en el campo, se prefieren plantas de tallos fuerte y leñosos, con follaje exuberante y con alturas que superen los 40 cm (Nelson, 2003).

## **10.3. Abonos orgánicos**

La planta de noni responde favorablemente a la adición de 1.1 y 1.3 kilos de bocashi (composta). Este debe ser incorporado a un lado de la planta en el sistema conocido como media luna. En caso de que las plantas muestren signos de deficiencia de calcio, se recomienda adicionar en el suelo 1 a 1.3 kilos de harina de hueso o harina de caparazón de camarón, respectivamente.

## **10.4. Poda**

La planta de noni responde bien a la poda de formación, la cual consiste en suprimir las ramas viejas e improductivas, localizadas en los dos últimos tercios de la planta. Cuando el noni se establece en alta densidad, 10 000 plantas ha<sup>-1</sup>, (1x1 m), el cultivo se cierra de tal manera, que las operaciones de manejo del cultivo y la recolección de frutos, es inoperante. Una manera de corregir los problema agronómico que traen el uso de alta densidad consiste en suprimir el 50% de las hileras, con la cual la población se reduce a la mitad (5 000 plantas ha<sup>-1</sup>) y cuya distribución en el campo se modifica (2 m x1 m). Posteriormente, se suprime el



50 % de las entre plantas, reduciendo la población de noni a la mitad (2500 plantas ha<sup>-1</sup>); y se modifica la distribución espacial de siembra (2x2m) (Morton, 1992, Acosta, 2003).

### 10.5. Propagación

Noni se propaga a partir de semillas o tallo. La principal desventaja de la reproducción por semilla, es que sin tratamiento con calor, la uniformidad de la germinación de la semilla puede ser poco fiable y puede tomar la producción de plántulas 6 a 12 meses para la germinación y 9 a 12 meses más antes para el trasplante, mientras que el tallo puede enraizar en unos 2 meses y estará listo para el trasplante de 4 a 6 meses. La desventaja de la producción de plantas vegetativamente a partir de esquejes es que puede no ser tan fuerte y resistente a las enfermedades como las plantas de semillero.

### 10.6. Plaga y enfermedades

El único insecto plaga de importancia económica en el cultivo de noni, es la hormiga cortadora conocida también como arriera (*Atta sp.*). Este insecto defolia la plántula, que de no mantener un control continuo y efectivo, puede causar la muerte inmediata de la misma (Acosta, 2003).

Nelson, (2003) menciona que la enfermedad más importante en el cultivo de noni son los nematodos, lo cuales retardan el crecimiento. La mayor concentración de nódulos o agallas producidas por el nematodo se localizan en el ápice de las raíces, que impiden la absorción del agua y los nutrimentos del suelo y además, bloquean el paso ascendente y descendente de estos a otros órganos de la planta. Los nematodos agalladores del género *Meloidogyne* se encuentran. De este género, se reportan las especies patogénicas: *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, *M. hapla* y *M. salasi*.

En el semillero se han encontrado los hongos *Colletotrichum sp.*, *Phytophthora sp.* y *Fusarium sp.*, a quienes se le atribuyen la muerte de plántulas

de noni en el semillero. La presencia de los hongos *Colletotrichum sp.*, *Fusarium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* y *Trichoderma sp.*, en frutos podrido de noni, es muy común . También se ha identificado el hongo *Colletotrichum sp.*, agente causal de la enfermedad conocida como antracnosis; parasitando el follaje de la planta de de noni; sin embargo, hasta el presente no se tiene reporte sobre el efecto económico de esta enfermedad en el cultivo de noni.

### 10.7. Cosecha

Una vez que la fruta alcance la madurez fisiológica, tres días después estará de cosecha. En esta fase o etapa, el fruto adquiere el color blanco hueso, conocido también como "punto de porcelana". Siendo el noni un fruto perecedero, en tres días después alcanza la madurez completa, distinguiéndose por el color amarillo pálido y el olor penetrante muy característico (Acosta, 2003). El fruto es una sincarpo (compuesto de la fruta) y suele ser de color blanco crema o verdoso y 4-10 cm de largo y 3-4 cm de diámetro (Nelson, 2003)

## XI. VARIEDADES DE NONI

Existe relativamente un alto grado de variabilidad en la morfología de las frutas y hojas dentro de la especie. Sin embargo, poco de selección hasta la fecha se ha producido, ni ha habido ningún intento deliberado en la reproducción. A pesar de esto McClatchey (2003), ha llegado a la conclusión de que las plantaciones comerciales en Hawaii son probablemente basadas en árboles muy estrechamente relacionados. Nelson, (2005) detalla 3 variedades:

- ✚ Morinda c. var. citrifolia esto se describe como una población que contiene miembros con una amplia gama de características.
  
- ✚ Morinda c. var. bracteata - afrutado con pequeñas brácteas exconspicua. Indonesia y regiones vecinas.

- ✚ Morinda c. cv. 'Potteri' – ornamentales de tipo variado (hoja verde y blanco) que se produce en todo el Pacífico.

McClatchey (2003), describe las notas de 3 tipos de variedades en el Pacífico Occidental:

- (i) Los árboles con pequeñas hojas elípticas, con fruta pequeña dispuesta en los nudos a lo largo de las ramas, y tallos delgados cuya corteza y raíces son utilizadas para tintes.
- (ii) Árboles con hojas grandes, de igual aroma que las frutas, tallos más gruesos y más cortos que las ramas se utilizan, esta variedad es más utilizada por los curanderos.
- (iii) Árboles más pequeños con numerosas hojas redondas a elípticas, la fruta presenta un olor fuerte, por lo que tiene un uso medicinal.

## **XII. MERCADO DEL NONI**

A partir de la década de 1990, el jugo de noni ha ganado una importante penetración en el mercado mundial. Los principales mercados son Estados Unidos y Japón, y Europa los cuales presentan un lucrativo mercado emergente. Casi todo jugo de noni se obtiene a partir de frutas cultivadas en las regiones costeras de Tahití, Australia, Hawaii e Indonesia (Macpherson *et al.*, 2007).

En 2004, el mercado mundial de jugo de noni se estimó en un valor entre US \$ 700 a \$ 750 millones, y se espera que el mercado experimentará un fuerte crecimiento por lo menos para los próximos años para llegar a US \$ 1 billón en 2007 (Macpherson *et al.*, 2007).

Los Estados Unidos de América y Japón representan actualmente los dos mayores mercados para el jugo de noni. Otros mercados importantes son Canadá,

Tailandia, Filipinas, Alemania y países de Oceanía, como Australia, Tahití y Samoa. Desde que obtuvo la aprobación reglamentaria como nuevo alimento en 2003, la Unión Europea (UE) presenta un lucrativo nuevo mercado para el jugo de noni (Macpherson *et al.*, 2007).

Los principales motores del crecimiento del mercado de jugo de noni son:

- ✚ La elevada demanda de la salud y/o alimentos funcionales. Muchas personas, especialmente en los EE.UU, Australia y Japón, están adoptando dietas para incorporar los alimentos funcionales y/o nutracéuticos. Este cambio ha sido etiquetada por algunos como la el movimiento (CAM) medicina complementaria y alternativa.
  
- ✚ Generalización de la aprobación reglamentaria del jugo de noni. El jugo de noni se vende como un suplemento dietético y no como un producto farmacéutico, no es necesario someterse a estrictos procesos de aprobación (por ejemplo, de la FDA en los EE.UU.) para su comercialización y venta. Esto ha permitido la adopción generalizada del jugo de noni.

### **XIII. PRODUCTOS DEL NONI**

El producto más conocido y de mayor demanda del noni es el jugo concentrado. A continuación se enlistan las empresas más importante que comercialización el noni “jugo” misma que producen y compran materia prima” fruto” para la obtención del jugo.

#### ***Tahitian Noni International opens new plant***

Abril, 2005.- El desarrollador y proveedor exclusivo de Jugo TAHITIAN NONI ®, Tahitian Noni Internacional, recientemente abrió una nueva planta de fabricación y transformación de la costa oeste de Tahití en la comunidad de Mataiea. En más de 85.000 pies cuadrados (8.000 m<sup>2</sup>) y con un costo de más de \$ 21 millones de EE.UU. dólares (16,7 millones de euros). Es la mayor instalación

de techo en Tahití y puede procesar más del doble de la cantidad de fruta de noni que la anterior planta (Business Wire).

*Niue's first Nonu juice hits the market*

Diciembre, 2004.- Niue envió su primera entrega de noni orgánicos al mercado internacional en forma de jugo, el envío estuvo conformado por nueve contenedores de 1000 litros cada uno.

*PINA group gains novel foods approval*

Diciembre, 2004.- Los miembros de la Asociación de las Islas del Pacífico Noni (PINA) recibieron la probación europea y de las autoridades del Reino Unido para la comercialización de jugo de noni.

*Samoans place hope in smelly cash crop*

Noviembre, 2004.- Tía Tinielu y George han creado un hogar, la oficina y la fábrica de procesamiento dedicada a noni. Su empresa, Nonu Samoa, ganó la adjudicación de exportador de noni en el 2002 y 2003 para Japón y Estados Unidos respectivamente.

*Nature's Products seeks noni juice market in UK*

Octubre, 2004.- Nueva Zelanda empresa Productos de la Naturaleza ha exportado a Gran Bretaña y Alemania.

*Niue's elixir of life*

Septiembre, 2004.- Auckland empresa de envío de coral y el Gobierno de Niue han abierto una fábrica de jugo de noni que, en plena producción, procesará 200 toneladas de noni por mes.

### *Tahitian Noni launches novel fibre blend*

Julio de 2004.- Tahitian Noni International ha anunciado el lanzamiento de una fibra versátil llamada Tahitian Noni Fiber Blend. La empresa alega que se trata de un perfecto equilibrio de la fibra soluble e insoluble que contiene los beneficios de la fruta noni (Nutracéuticos Internacional).

### *Japan eager to add domestic noni to marketplace*

2004.- Debido al movimiento que sobre medicina complementaria y alternativa (CAM) se está experimentado en Japón y en muchas otras partes del mundo, los agricultores en Okinawa (Japón) están trabajando para añadir al mercado nacional el cultivo de noni (The Japan Times).

## **XIV. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA**

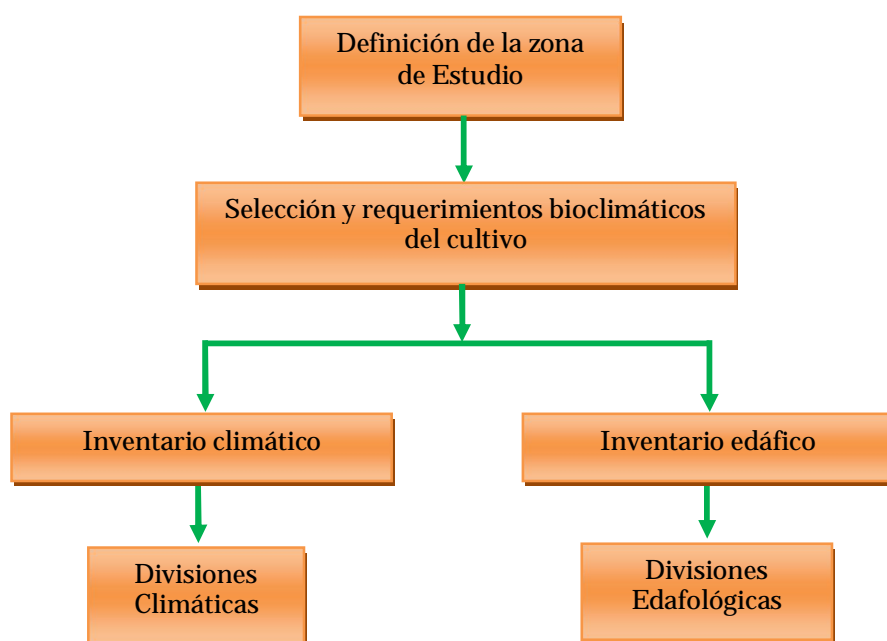
Con la finalidad de proporcionar una idea general del procedimiento empleado en la zonificación, en los siguientes párrafos se explica de manera resumida el método y, para mayor información al respecto se sugiere consultar “El Manual de la Metodología para Evaluar la Aptitud de las Tierras para la Producción 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 el cultivo del noni 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.*, 1999). Derivado de ello la FAO desarrolló el programa de computo AEZWIN que integra todo lo anterior y que se puede adquirir en el portal de la FAO ([www.fao.org](http://www.fao.org)).

En la Figura 1 se esquematiza de manera sucinta la metodología de la zonificación agroecológica (FAO, 1981) utilizada en el cultivo del noni.



**Figura 1. Metodología simplificada de la zonificación agroecológica para el cultivo del noni.**

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

- ✚ ¿Existe la posibilidad de expandir o introducir con éxito un cultivo?
- ✚ ¿Dónde sembrarlo o establecerlo?

- ✚ En cultivos anuales de secano: ¿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).

## **XV. SELECCIÓN Y REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVOS DE NONI**

Las variables principales que se consideraron para determinar las zonas con alto potencial productivo en el cultivo del noni fueron: clima y suelo por la relación directa guardan con el rendimiento del cultivo. Dentro de las variables bioclimáticas 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, (1994) en el siguiente sitio de Internet:

<http://www.ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropFindForm>.



**Cuadro 3. Variables seleccionadas para definir áreas potenciales para el cultivo noni 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 noni.

### **15.1. Inventario climático**

La elaboración de un inventario climático de acuerdo a los lineamientos de la FAO, (1978 y 1981) consta de dos etapas: 1) definición de las divisiones climáticas mayores, y 2) obtención de los periodos de crecimientos.

### **15.2. 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.

### **15.2. Período de crecimiento**

El período 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 noni.

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 *et al.*, 2008) 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.

## **15.2. Inventario edafológico**

### **15.2.1. 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 las que se muestran 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 del noni.

## **15.3. Fuentes de información**

### **15.3.1. 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, del banco de datos histórico nacional del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2005). De las cuales se seleccionaron las 35 estaciones meteorológicas que cumplían con los requisitos mencionados en el apartado XV.

### **15.3.2. Información edafológica**

Se utilizó la información reportada en el 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) Palma *et al.*, (2007).

### 15.3.3. 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 noni las cuales se denomina áreas con alto potencial productivo.

## XVI. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DEL NONI

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 noni en Tabasco.

La estimación de rendimiento 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 ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

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

$H_i$  = Índice de cosecha (adimensional).

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

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

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

Donde:

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

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

Donde:

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

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

Donde:

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

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

También se reportan en tablas los valores de bc y bo para plantas con una fotosíntesis máxima (Pm) de 20 kg CH<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, para lo cual se requiere calcular la temperatura diurna (T<sub>foto</sub>), la cual se calcula con la ecuación (5).

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

T<sub>max</sub> = Temperatura máxima

T<sub>min</sub> = Temperatura mínima

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

bo = Tasa de fotosíntesis bruta en días completamente nublados (kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) (Pm = 20 kg ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>). Se obtiene de Tablas, entrando con el valor de la latitud de la localidad en cuestión.

bc = Tasa fotosíntesis bruta en días completamente despejados (kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) (Pm = 20 kg ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>). Se obtiene de Tablas, entrando con el valor de la latitud de la localidad en cuestión.

bo y bc son valores diarios y en cultivos cerrados (IAF ≥ 5)

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

$$L = 0.3424 + 0.9051 \cdot \log_{10}(\text{IAF}) \quad (6)$$

IAF = Índice de área foliar utilizada fue de 5.

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

N = Duración del ciclo del cultivo (365 días).

Ct = Coeficiente de respiración (Rm). 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<sub>30</sub> = 0.0108 para cultivos como el noni 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 rambután. El valor de Hi del cultivo de noni utilizado fue de 0.38, el cual fue calculado a partir de los datos de Acosta (2003) y Nelson, (2006).

## **XVII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

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

Desde el punto de vista climático (temperatura y precipitación) todo el estado de Tabasco es apto para cultivar noni (Anexo 3). Por otra parte, Tabasco tiene un periodo de crecimiento superior a los 250 días, lo que garantiza que el cultivo del noni no tendría ningún problema para su crecimiento y desarrollo. Nelson, (2006) menciona que es una planta rustica que prospera en una gama diversa de condiciones ambientales. Sin embargo, para obtener cosechas económicamente rentables, el medio físico donde se pretende cultivar esta planta debe cumplir con los requisitos del anexo 2.

En cuanto, a los requerimientos de suelo para el cultivo del noni, el estado de Tabasco cuenta con 22 subunidades de suelo aptas para este cultivo, que en conjunto suman una superficie de 1,195,611 hectáreas, las cuales se mencionan a continuación: Fluvisol Éutrico (FLeu), Fluvisol Éutrico, Vertisol Crómico (FLeu, VRcr), Fluvisol Eutri-Gléyico (FLeugl), Fluvisol Dístrico (FLdy), Cambisol Dístrico (CMdy), Cambisol Crómico (CMcr), Cambisol Éutri-Calcárico (CMeuca), Cambisol Éutrico (CMeu), Cambisol Endogléyico (CMgln), Vertisol Pélico (VRpe), Vertisol

Crómico (VRcr), Vertisol Crómico, Fluvisol Éútrico (VRcr, FLeu), Vertisol Éútrico (VReu), Vertisol Éútrico en lomerios (VReu), Vertisol Eutri-Pélico (VReupe), Luvisol Crómico (LVcr), Luvisol Crómico, Acrisol Plíntico (LVcr, ACpl), Luvisol Crómico, Alisol Gléyico (LVcr, ALgl), Luvisol Gléyico (LVgl), Plintisol Éútrico (PTeu), Leptosol Réndzico, Vertisol Éútrico (LPrz, VReu) y Leptosol Réndzico (LPrz).

Estas subunidades de suelo, son las que cumplieron con las variables edáficas (química y física) del Cuadro 3, que exige como mínimo el cultivo de noni, para alcanzar rendimientos aceptables de frutas y que se reportan en el Anexo 2.

El resto de la superficie de Tabasco, no presenta suelos aptos para este cultivo. Por ejemplo la unidad de suelo Arenosol (AR) que abarca una superficie de 81,469.1 ha son suelos, de textura más gruesa que los franco arenoso hasta una profundidad de al menos 100 cm de la superficie, por lo que tienen una capacidad limitada para la retención de humedad y nutrimentos, lo cual limita su capacidad de uso para cultivar noni.

El análisis edafoclimático (clima y suelo) muestra que el estado de Tabasco, cuenta con una superficie potencial de 1,195,457 hectáreas para cultivar noni, que se distribuye en los 17 municipios del estado de Tabasco (Figura 2), de las cuales el 54% de ellas se concentran en cuatro municipios que se jerarquizan a continuación: Balancán (315,743 ha), Cárdenas (124,074 ha), Tenosique (103,913 ha) y Huimanguillo (100,959 ha). En la Figura 3 se ilustran las zonas de color verde con alto potencial productivo para producir noni en el estado de Tabasco.



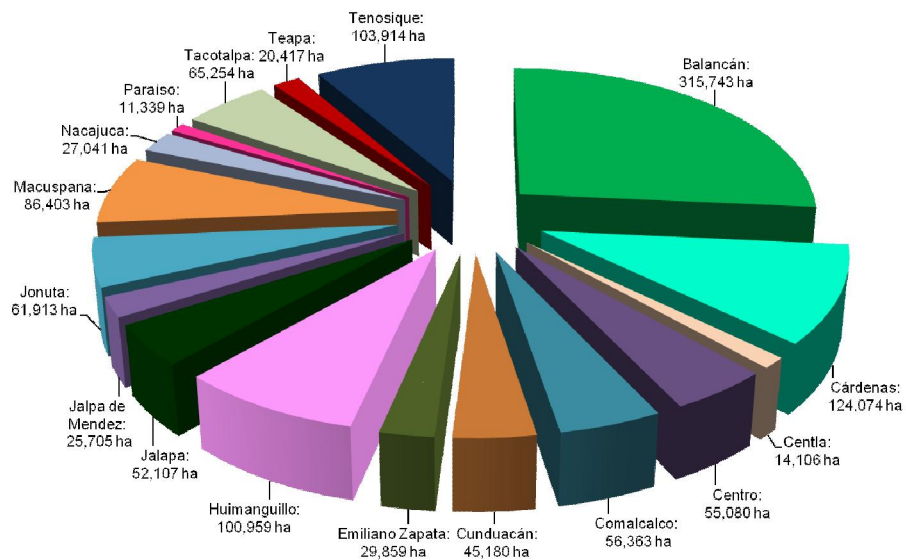


Figura 2. Superficie por municipio con alto potencial para cultivar noni en el estado de Tabasco.

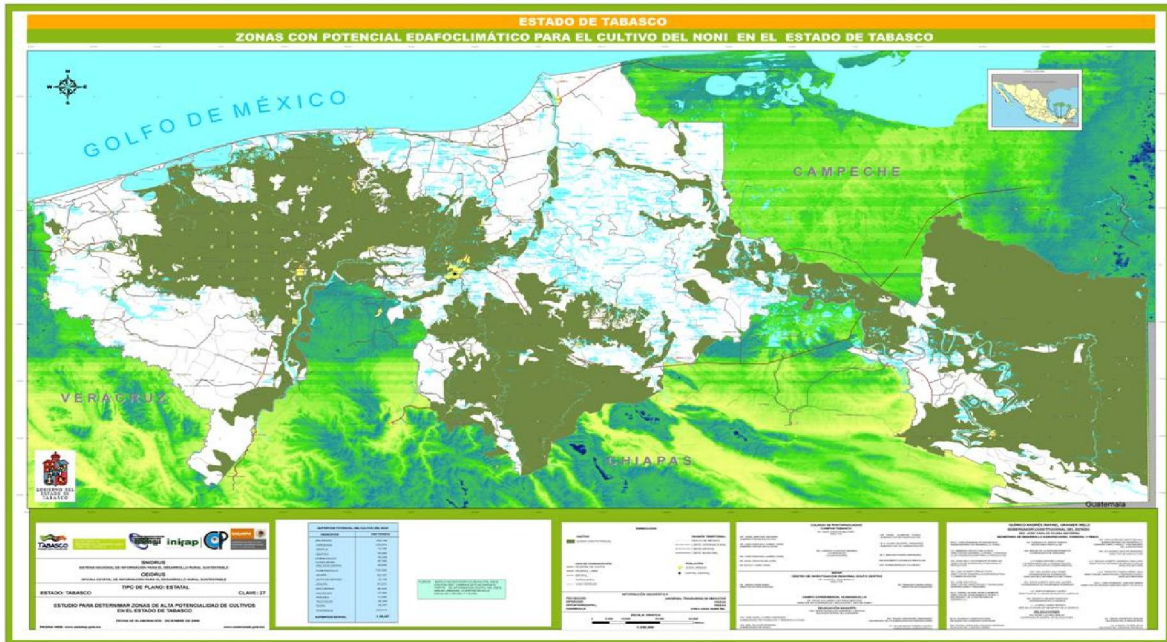


Figura 3. Distribución geográfica de la superficie con alto potencial productivo para el cultivo de noni en Tabasco.

El rendimiento potencial estimado para el cultivo del noni para el estado de Tabasco es de 69 t ha<sup>-1</sup> (Anexo 6), para plantaciones de 4 años de edad, utilizando una distancia de siembra de 2x2 metros. Estos rendimientos son ligeramente inferiores a los reportados por Nelson (2003) para Hawaii que son de 81.64 t ha<sup>-1</sup>, en plantaciones de cuatro años. El mismo autor reporta rendimientos de 108.8 t ha<sup>-1</sup> en plantaciones de cinco años de edad.

En el presente trabajo no fue posible estimar rendimiento para plantaciones con edad más avanzada, dado que existen muy pocos estudios sobre la distribución de la materia seca del cultivo del noni, mismos que son utilizados para calcular el índice de cosecha, que utiliza el método de FAO, para la estimación de los rendimientos potenciales.

La radiación global en el estado de Tabasco, presenta una variación muy pequeña, ya que las tierras continentales del estado de Tabasco son en su mayoría planicies, por ello los rendimientos estimados son similares en todo el territorio tabasqueño.

## **XVIII. 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) todo el estado de Tabasco es apto para establecer el cultivo del noni en la entidad.
- ✚ El potencial edafológico del estado de Tabasco, para el cultivo del noni es de 1,195,611 hectáreas.
- ✚ La superficie con alto potencial edafoclimático (clima y suelo) para cultivar noni en el estado de Tabasco es de 1,195,457 hectáreas.

- ✚ El principal factor ambiental que más limita el potencial productivo para el cultivo del noni en el estado de Tabasco es el factor suelo.
- ✚ Los rendimientos potenciales esperados para el cultivo del noni en el estado de Tabasco son de 69 t ha<sup>-1</sup>.
- ✚ El 54% de la superficie con alto potencial edafoclimático se concentra en cuatro municipios: Balancán (315,743 ha), Cárdenas (124,074 ha), Tenosique (103,913 ha) y Huimanguillo (100,959 ha).
- ✚ Las fechas de siembra para este cultivo son del 15 de mayo al 15 de septiembre.

## XIX. BIBLIOGRAFÍA

- Aceves-Navarro, L.A.; Arrieta-Rivera, A. y Barbosa-Olán, J.L. 2008. Manual de AGROCLIM 1.0. Colegio de Postgraduados. H. Cárdenas, Tabasco. 28 p.
- Acosta, M. 2003. Manual de Opciones Tecnológicas para el Manejo Ecológico del Cultivo del Noni (*Morinda citrifolia* L.) en Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá - Agencia Española de Cooperación Internacional. 73 p.
- Dixon, A.; McMillen, R. H y Etkin, N. L. 1999. Ferment this: The transformation of noni, a traditional Polynesian medicine (*Morinda citrifolia*, Rubiaceae). *Economic Botany*, 53, 51–68.
- Duke, J.; Bogenschutz, M y Duke, P. 2002. Handbook of Medicinal Plants. 2<sup>nd</sup> ed. Boca Raton, FL: CRC Press. 529 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.  
Disponible en: [www.ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropFindForm](http://www.ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropFindForm).
- Fischer, G.; Granat, J y Makowski, M. 1999. AEZWIN An interactive multiple-criteria analysis tool for land resources appraisal. World Soil Resources Reports 87. Food and Agriculture Organization of the United Nations. International Institute for Applied Systems Analysis. 91 p.
- Fugh-Berman, A. 2003. The 5 Minute Herbal and Dietary Supplement Consult. Philadelphia: Lippincott; pp. 236-237.
- Gurib-Fakeem, A y Brendler, T. 2004. Medicinal and Aromatic Plants of the Indian Ocean Islands. Boca Raton, FL: CRC Press; pp. 331-332.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2003. ERIC III. Extractor Rápido de Información Climatológica v.1.0. 2007.
- Liu, G. M.; Bode, A.; Ma, W. Y.; Sang, S. M.; Ho, C. T y Dong, Z. G. 2001. Two novel glycosides from the fruits of *Morinda citrifolia* (noni) inhibit AP-1 transactivation and cell transformation in the mouse epidermal JB6 cell line. *Cancer Research*, 61, 5749–5756.
- Macpherson, H.; Daniells, J.; Wedding, B y Davis, C. 2007. The potential for a new value adding industry for noni tropical fruit producers. RIRDC. Rural Industries Research and Development Corporation. Australia Government. Publication No. 07/132. pp. 34-45.
- McClatchey, W. 2002. From Polynesian healers to health food stores: Changing perspectives of *Morinda citrifolia* (Rubiaceae). *Integrative Cancer Therapies*, 1, 110–120.

- McClatchey, W. C. (2003) Diversity of growth forms and uses in the *Morinda citrifolia* L. complex. Proceedings of the 2002 Hawaii Noni Conference. S.C. Nelson (ed.) CTAHR. pp. 5-10.
- Morton, J.F. (1992) The ocean-going noni, or Indian mulberry (*Morinda citrifolia*, Rubiaceae) and some of its “colorful relatives”. *Economic Botany* **46** (3): 241-256.
- Nelson, S. C. 2003. Noni cultivation and production in Hawaii. Proceedings of the 2002 Hawai'i Noni Conference. S.C. Nelson (ed.) CTAHR. pp. 33-50.
- Nelson, S. C. 2005. *Morinda citrifolia* (noni). Species profiles for pacific Island agroforestry. *Disponible* en: [www.traditionaltree.org](http://www.traditionaltree.org).
- Nelson, S. C. 2006. Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources. 16p. *Disponible* en: [www.traditionaltree.org](http://www.traditionaltree.org).
- Palma-López, D.J.; Cisneros, D.E.; Moreno C.E y Rincón-Ramírez, J.A. 2007. Suelos de Tabasco: Su Uso y Manejo Sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FRUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 195 p.
- Peralta-Gamas, M.; Jiménez-Jiménez, R.; Martínez-Gallardo, J.B.; Castro, F.C.R.; Bautista-Bautista, E.; Rivera-Hernández, B.; Pascual-Córdova, A.; Caraveo-Ricardez, A.C y Aceves-Navarro, L.A. 2008. Estimación de la variación espacial y temporal de la radiación solar en el estado de Tabasco, México. XX Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria de Tabasco. Villahermosa Tabasco. pp. 243-253.

- Tijerina-Chávez L.; Ortiz-Solorio C.; Pájaro-Huertas D.; Ojeda 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 págs.
- Wang, M. Y y Su, C. 2001. Cancer preventive effect of *Morinda citrifolia* (Noni). Ann. NY Acad. Sci. 952:161-8.7.
- Wang, M. Y.; West, B. J.; Jensen, C.J.; Nowicki, D.; Su, C.; Palu, A. K y Anderson, G. 2002. *Morinda citrifolia* (Noni): A literature review and recent advances in noni research. Acta Pharmacol Sin. 23(12):1127-41.
- Wiat, C. 2002. Medicinal Plants of Southeast Asia 2<sup>nd</sup> Ed. Selangor, Malaysia: Prentice-Hall. pp. 292-293.

**XX. ANEXOS**

# **ANEXOS**



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

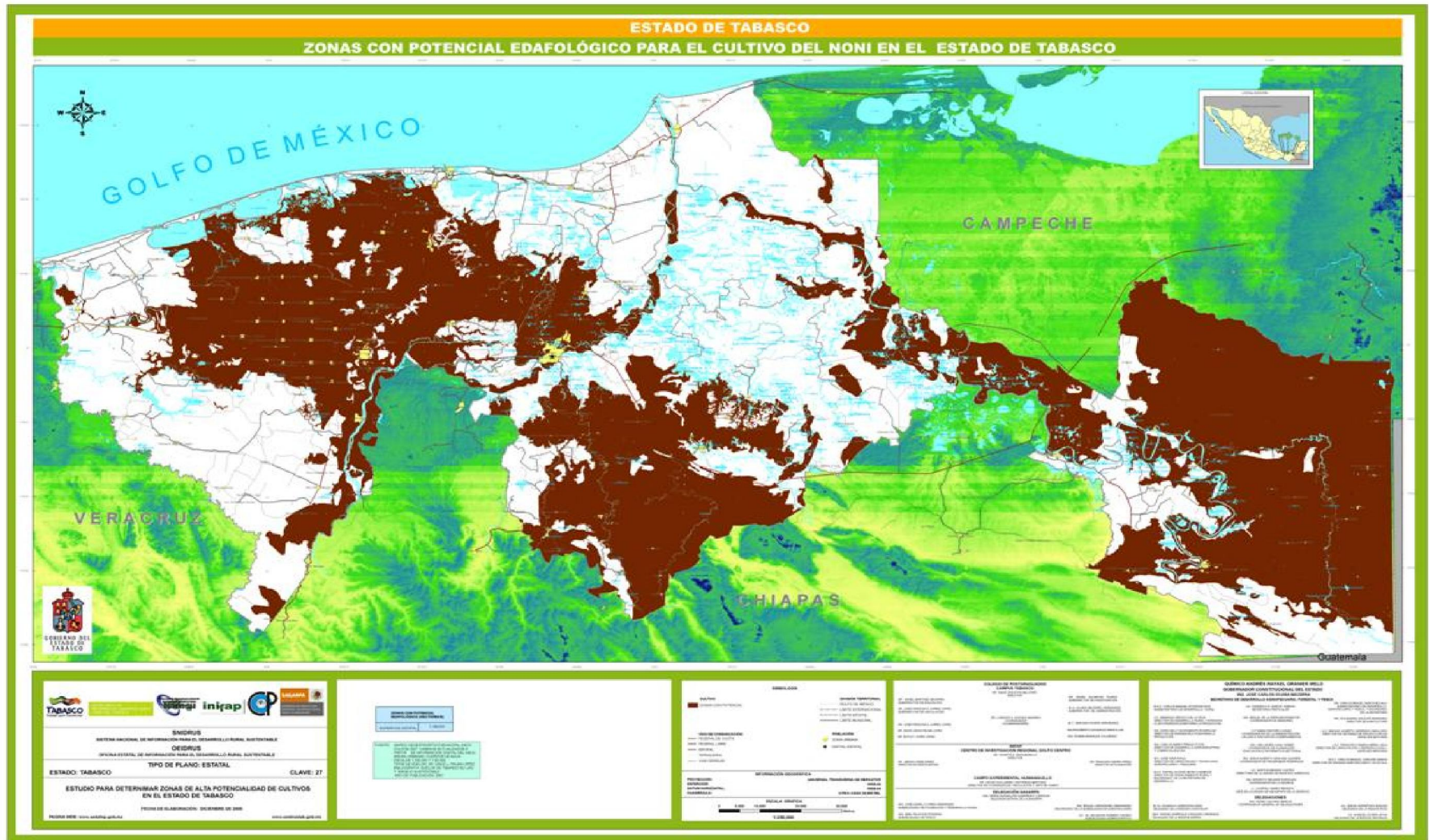
MUNICIPIO		ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
BALANCÁN	1	APATZINGAN	705156	1946979	65
	2	BALANCAN	655091	1969771	18
	9	EL TRIUNFO	693295	1984127	60
	27	SAN PEDRO	695219	1968096	40
CÁRDENAS	4	CAMPO EW-75	557540	1983263	8
	5	CARDENAS	459419	1990228	21
CENTLA	34	VICENTE GUERRERO	510562	2033891	8
CENTRO	18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

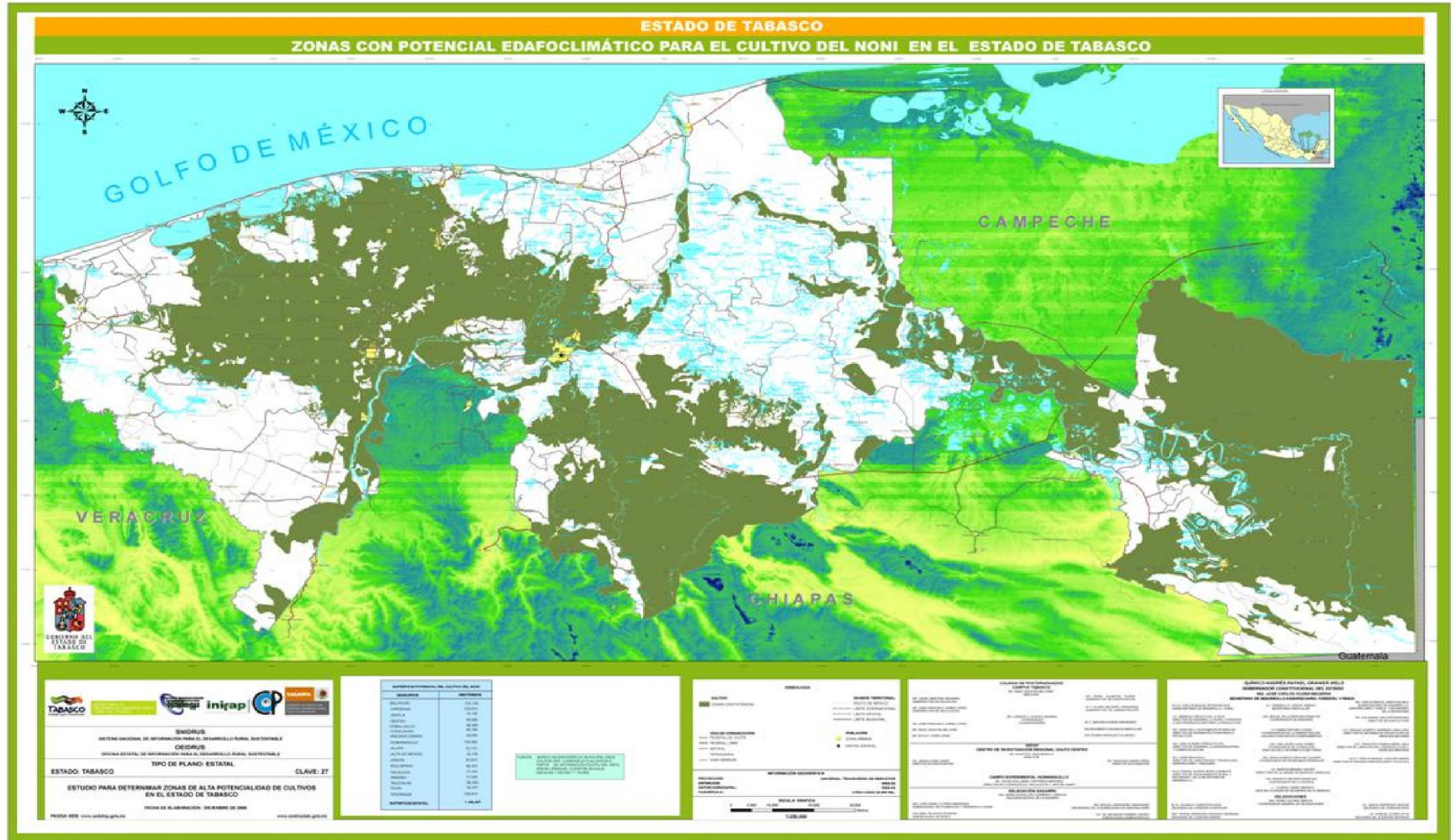
	Óptima		Absoluta		Suelo	Óptima	Absoluta
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima			
Requerimientos de temperatura	24	30	12	36	Profundidad	Mayor (>150 cm)	Media (50 a 150 cm)
Lluvia anual	1500	3000	700	4200	Textura	Media	Pesada, Media y Ligera
Latitud	-	-	30	30	Fertilidad	Alta	Baja
Altitud	-	-	-	1500	Toxicidad al aluminio	-	-
pH del suelo	5	6.5	4.3	7	Salinidad	Baja (<4 dS/m)	Baja (<4 dS/m)
Intensidad de la luz	Muy brillante	Cielos despejados	Muy brillante	Cielo nublados	Drenaje	Buen drenaje	Mal (saturación > 50% del año), así (secos), excesivo (seco / moderadamente seco)



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



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



## Anexos 6. Análisis químico de las subunidades de suelo.

SUBUNIDAD: Fluvisol Éutrico (FLeu).

Horizonte	T E X T U R A			pH H <sub>2</sub> O	M.O. %	cmol (+) kg <sup>-1</sup>					P. asim mg kg <sup>-1</sup>	C.C. %	P.M.P. %	D.A. Mg m <sup>-3</sup>
	A%	L%	R%			C.I.C.	Ca	Mg	Na	K				
A1	46.1	16.3	37.6	6.3	2.52	31.0	16.75	7.30	0.54	0.46	2.62	33.10	-	1.56
C	43.2	29.9	26.9	6.3	0.28	28.30	12.87	6.94	0.65	0.27	0.70	-	-	1.49
2C1	92.3	4.8	2.9	6.4	0.42	8.10	3.37	1.27	0.41	0.13	8.05	-	-	1.45
2C2	94.3	1.8	3.9	6.7	0.49	5.70	2.87	0.82	0.30	0.10	4.55	-	-	1.40
2C3	96.3	1.8	1.9	6.7	2.81	4.40	2.0	1.80	0.22	0.06	5.25	-	-	1.89

SUBUNIDAD: Fluvisol Éutri-Gléyico (FLeugl).

Horizonte	T E X T U R A			pH H <sub>2</sub> O	M.O. %	cmol (+) kg <sup>-1</sup>					P. asim mg k <sup>-1</sup>	C.C. %	P.M.P. %	D.A. Mg m <sup>-3</sup>
	A%	L%	R%			C.I.C.	Ca	Mg	Na	K				
A1	38.4	12.7	48.9	6.5	1.96	35.7	23.9	10.7	.55	.30	18.45	30.69	19.56	1.26
C	41.1	28.7	30.2	7.1	.75	29.2	19.9	8.4	.46	.16	1.12	23.82	12.07	-
2ICg	89.8	0.0	10.2	7.1	.20	8.6	4.4	3.6	.26	.06	9.79	4.06	4.06	-

SUBUNIDAD: Cambisol Éutrico (CMeu)

Horizonte	T E X T U R A			pH H <sub>2</sub> O	M.O. %	cmol (+) kg <sup>-1</sup>					P. asim mg kg <sup>1</sup>
	A%	L%	R%			C.I.C.	Ca	Mg	Na	K	
A1	17	47	36	5.9	4.41	23.3	16.8	5.9	0.10	0.21	16.2
A2	15	45	40	5.6	1.46	18.4	12.4	5.4	0.11	0.11	2.7
Bw	17	37	46	6.4	0.60	19.5	13.4	6.9	0.16	0.10	NSD
C1	15	41	44	6.5	0.73	22.7	18.0	7.4	0.19	0.11	NSD
C2	17	43	40	6.6	0.33	21.7	15.8	8.1	0.21	0.09	2.6

**SUBUNIDAD: Cambisoles Endogléricos (CMgIn)**

Horizonte	T E X T U R A			pH H <sub>2</sub> O	M.O. %	cmol (+) kg <sup>-1</sup>					P. asim mg kg <sup>-1</sup>	C.C. %	P.M.P. %	D.A. Mg m <sup>-3</sup>
	A%	L%	R%			C.I.C.	Ca	Mg	Na	K				
A1	43.80	16.0	40.19	6.0	4.90	39.28	28.27	9.47	0.51	0.77	26.0	29.18	16.07	1.05
Bwg	40.72	14.0	45.27	5.6	2.32	40.19	28.15	10.64	0.41	0.73	24.0	27.06	18.10	-
Cg	45.80	26.0	28.19	6.4	1.73	31.99	21.31	9.47	0.36	0.52	27.66	23.85	11.27	-

**SUBUNIDAD: Luvisoles Crómicos (LVcr)**

Horizonte	T E X T U R A			pH H <sub>2</sub> O	M.O. %	cmol (+) kg <sup>-1</sup>					P. asim mg kg <sup>-1</sup>	C.C. %	P.M.P. %	D.A. Mg m <sup>-3</sup>
	A%	L%	R%			CIC	Ca	Mg	Na	K				
A1	77.1	2.6	20.3	6.5	1.98	8.22	5.25	1.07	0.13	0.12	5.27	7.24	-	1.26
A2	81.3	4.4	14.3	6.3	0.80	4.31	2.73	0.16	0.08	0.04	1.70	7.31	-	1.29
Bt1	70.1	2.8	27.1	5.1	0.93	11.17	5.04	2.57	0.22	0.07	1.08	19.27	-	1.31
Bt2	67.9	4.8	27.3	5.3	0.19	10.94	3.57	1.86	0.16	0.07	0.62	17.68	-	1.35

**SUBUNIDAD: Luvisol Gléyico (LVgl)**

Horizonte	T E X T U R A			pH H <sub>2</sub> O	MO %	cmol (+) kg <sup>-1</sup>					P. asim mg kg <sup>-1</sup>
	A%	L%	R%			C.I.C.	Ca	Mg	Na	K	
A1	47.8	24.0	28.1	5.8	1.69	9.40	5.4	2.83	.25	.21	10.64
Btg1	45.8	10.0	44.1	5.7	.98	24.11	11.76	9.55	.44	.22	2.69
Btg2	47.8	10.0	42.1	6.3	.06	35.51	18.37	15.83	.49	.29	1.35
Cg	45.2	8.3	46-3	5.8	.35	46.71	24.67	21.24	.62	.18	t

**SUBUNIDAD: Vertisol Éútrico (VReu)**

Horizonte	TEXTURA			pH H <sub>2</sub> O	MO %	CIC	cmol (+) kg <sup>-1</sup>				P Asim. mg kg <sup>-1</sup>	CC %	PMP %	Dap Mg m <sup>-3</sup>
	A%	L%	R%				Ca	Mg	Na	K				
A1	36.0	12.0	52.0	7.5	1.21	34.0	17.75	16.45	0.72	0.28	0.70	32.0	-	1.46
A2	16.0	30.0	54.0	7.2	0.13	28.7	16.5	11.31	0.74	0.33	0.77	36.0	-	1.53
Cg1	30.0	34.0	46.0	7.5	0.55	26.3	13.12	10.74	0.70	0.45	1.08	32.40	-	1.64
Cg2	35.6	22.3	42.1	7.0	2.42	24.5	13.12	10.74	0.59	0.58	8.57	28.50	-	1.60

**SUBUNIDAD: Leptosol Réndzico (LPrz)**

Horizonte	A%	TEXTURA		pH H <sub>2</sub> O	MO %	CIC	Ca	cmol (+) kg <sup>-1</sup>			P Asim. mg kg <sup>-1</sup>
		L%	R%					Mg	Na	K	
Ap	57	15	28	8.2	6.72	56.29	54.01	2.07	-	0.21	9.5
CR	52	22	26	8.4	1.88	44.21	43.32	0.84	-	0.05	1.36

**SUBUNIDAD: Plintosoles Éútricos (PTeu)**

Horizonte	Prof. cms.	T E X T U R A			pH H <sub>2</sub> O	M.O. %	C.I.C.	cmol (+) kg <sup>-1</sup>				P. asim mg kg <sup>-1</sup>
		A%	L%	R%				Ca	Mg	Na	K	
A1	0-33	80.4	4.0	15.6	6.4	1.67	3.32	1.98	0.7	0.05	0.08	10.9
B1	33-55	80.4	4.0	15.6	6.5	0.15	2.64	1.521	0.8	0.06	0.04	2.2
Btg2	55-(+130)	72.4	2.0	25.6	5.7	0.33	6.80	2.69	2.2	0.19	0.24	0.8



**SUBUNIDAD: Vertisol pélico (VRpe)**

Horizonte	TEXTURA			pH H <sub>2</sub> O	MO %	_____ cmol (+) kg <sup>-1</sup> _____					P Asim. mg kg <sup>-1</sup>	CC %	PMP %	Dap Mg m <sup>-3</sup>
	A%	L%	R%			CIC	Ca	Mg	Na	K				
A1	41.08	14.0	44.91	7.1	3.19	46.63	34.54	11.34	0.18	0.33	0.56	30.95	17.96	1.28
A2	39.80	12.0	48.91	7.6	1.05	48.25	34.54	12.51	0.62	0.40	t	28.92	19.27	-
Cg	41.80	14.0	44.19	7.6	0.94	46.87	33.85	12.05	0.48	0.27	0.56	30.53	17.67	-

**SUBUNIDAD: Cambisol Dístrico (CMdy)**

Horizonte	pH (H <sub>2</sub> O) rel. 1:2	CE dS m <sup>-1</sup>	MO %	P mg kg <sup>-1</sup>	K	_____ cmol (+) kg <sup>-1</sup> _____					Da t m <sup>-3</sup>	PSB	Arcilla	Limo	Arena	Textura
						Na	Ca	Mg	CIC	Suma de bases						
Ap	4.8	0.04	6.6	5.4	0.18	0.05	2.38	0.14	10.37	1.16	2.7	26.6	37	14	49	Arcillo arenosa
BA	4.7	0.02	2.2	NSD	0.04	0.03	0.49	0.02	5.43	1.08	0.5	9.7	39	15	46	Arcillo arenosa
Bw1	4.5	0.04	0.7	NSD	0.02	0.03	0.85	0.03	4.94	1.35	0.9	18.8	41	17	42	Arcilla
Bw2	4.6	0.02	0.4	NSD	0.02	0.07	0.69	0.04	3.66	-	0.8	22.6	40	13	47	Arcillo arenosa
C	4.8	0.05	0.2	NSD	0.03	0.11	0.78	0.07	16.30	-	0.9	6.0	51	14	35	Arcilla