

**Posgrado en Ciencias y Biotecnología de Plantas**

**Evaluación de la relación planta-  
suelo en *Desmoncus orthacanthos*  
Martius “sustituto de ratán”  
(ARECACEAE).**

**Tesis que presenta para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias**

**Roberto Sibaja Hernández**

**Centro de Investigación Científica de Yucatán**

**Mérida, Yucatán, México.  
2004**





## LOS OBJETIVOS DE LA CIENCIA

¿Hemos de aceptar que el fin último de la ciencia sea procurar al hombre el mayor número de placeres posible y el menor displacer posible? Pero ¿cómo hacerlo, si el placer y el displacer se encontrasen tan unidos que quien quisiera tener el mayor número de placeres posible, debiese sufrir al menos la misma cantidad de displacer; que quien quisiera aprender a dar saltos de alegría debiese prepararse a estar triste hasta la muerte? ¡Pues así sucede tal vez!. Al menos eso creían los estoicos y eran consecuentes en la medida en que deseaban el menor placer posible para conseguir de la vida el menor displacer posible. (La máxima que tenían constantemente en la boca: El virtuoso es el mas feliz, podía servir tanto de enseñanza de la escuela dirigida a la gran masa como casuística sutil para los refinados.) Hoy seguimos ante la misma elección; o el menor displacer posible, la ausencia de dolor –y en el fondo los socialistas y los políticos de cualquier partido no deberían honradamente prometer más a sus gentes– o el mayor displacer posible, ¡al precio de una superabundancia creciente de gozo y de placeres refinados, raramente saboreados hasta entonces!. Si os decidís por lo primero, con la intención de disminuir y reducir la propensión de los hombres al dolor, habrá que disminuir y reducir la propensión al goce. En realidad, con ayuda de la ciencia, ¡se puede lograr tanto lo uno como lo otro!. Quizás la ciencia sea más conocida hoy por los poderosos medios que tiene de privar al hombre de sus alegrías, de hacerle más frío, más parecido a una estatua, más estoico. ¡Pero puede llegar un día en que la ciencia aparezca como la gran suministradora de dolor! -¡Y tal vez entonces se descubra a la vez su fuerza contraria, su inmenso poder para hacer brillar nuevas estrellas de gozo!.

**FRIEDRICH NIETZSCHE**



## **DEDICATORIA**

### **A MI MADRE:**

#### **NATALIA**

**Quiero agradecerte por todos tus cuidados y el gran amor que me has dado siempre, gracias por aguantar mis travesuras y mis errores, gracias por darme la vida y libertad para ejercerla, gracias por mostrarme tu filosofía, tu amor y tu amistad. Este trabajo te lo dedico a ti, por todo lo que has tenido que sacrificar para lograr el sueño que siempre tuviste... " Y después de estas cosas vi cuatro ángeles que estaban sobre los ángulos de la tierra, deteniendo los cuatro vientos de la tierra, para que no soplará viento sobre la tierra, ni sobre el mar, ni sobre ningún árbol. Apocalipsis 7.1 "**

### **A MIS HERMANOS:**

#### **ALEJANDRO**

**Quiero darte las gracias por estar en los momentos difíciles, por la protección que siempre me has dado, gracias porque me has enseñado a luchar y enfrentar los problemas, gracias por mostrarme que la dignidad se defiende sin importar el precio que haya que pagar. "Vuestra razón y vuestra pasión son el timón y las velas de vuestra alma viajera" Gibrán.**

#### **ARTURO**

**Gracias por mostrarme que la dedicación y el empeño son las mejores herramientas para lograr alcanzar los sueños académicos, gracias por compartir tu inteligencia y tu forma de ser, gracias por no olvidar nunca que eres humano. Eres el mejor maestro que he tenido en mi vida académica. "El maestro que camina a la sombra del templo, en medio de sus discípulos, no les da de su sabiduría, sino, más bien, de su fe y de su afecto." Gibrán.**

#### **CLEMENTE**

**Gracias por mostrarme la paciencia, bondad y fraternidad, gracias por ser el mejor amigo que tengo, gracias por hacer de la vida algo divertido, gracias por enseñarme la "Teoría del Caos" con ejemplos muy reales. "Somos las semillas de una planta tenaz y es en nuestra madurez y plenitud de corazón que somos dados al viento y esparcidos por doquier." Gibrán.**

**A MIS AMIGOS:**

**Gracias por compartir sus ideas, sueños y fantasías, por permitir ser una comunidad de retroalimentación, por todos los logros individuales que se festejan de forma colectiva. *“Dejad que los muertos entierren a sus muertos, el que tenga oídos oiga”***

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A mis Asesores:**

**DR. ROGER ORELLANA LANZA (CICY)**

**DR. ARMANDO ESCAMILLA BENCOMO (CICY)**

Gracias por el apoyo que me brindaron antes y durante el desarrollo de esta investigación.

### **A mi Comité Tutorial**

**DRA. LUCIA VARELA FREGOSO (IPN)**

**DRA. ENRIQUETA AMORA LAZCANO (IPN)**

**DR. FRANCISCO BAUTISTA ZUÑIGA (UADY)**

**DR. JOSÉ LUIS ANDRADE TORRES (CICY)**

Gracias por sus comentarios tan acertados que permitieron dar forma y calidad al presente trabajo, gracias por el apoyo brindado en el desarrollo de esta investigación, por su amistad y buenos consejos.

### **A:**

**MC. Armando Tapia Hernández (ICUAP-BUAP)**

Gracias por apoyarme desinteresadamente durante la etapa de licenciatura e inicios del postgrado, gracias a tu confianza pude aprender la mayoría de la metodología utilizada en este trabajo, también quiero agradecer a todo el laboratorio de cultivos orgánicos que me brindo su amistad; Teresita, Miguel Ángel, Luis Ernesto, Moisés, Lucia y José Cinco.

### **Compañeros de Postgrado**

Quiero agradecer a José Ramos Zapata, Joaquín Quiroz, Miguel Tzec, Fausto Quintal y Rubén Darío Bastida por los momentos juntos en laboratorio y campo, gracias por compartir sus experiencias académicas, también agradezco a los técnicos, Lilia Carrillo, Fátima Medina y Adolfo Guzmán por su apoyo logístico.

### **CONACYT**

Quiero agradecer a esta institución por el apoyo económico otorgado mediante la beca No. 153776 para la realización de los estudios de postgrado.





## CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	i
ABREVIATURAS UTILIZADAS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<i>Desmoncus orthacanthos</i> como sustituto del ratán	2
Importancia del estudio ecofisiológico en <i>Desmoncus orthacanthos</i>	2
Justificación	3
Hipótesis	4
Objetivo general	4
Objetivos particulares	4
<b>Capítulo 1</b>	
Antecedentes	7
Área de estudio	7
Localización geográfica	7
Fisiografía	9
Topografía	9
Aspectos climáticos	10
Aspectos hidrológicos	11
Aspectos edáficos	11
Aspectos socioeconómicos	12
Bibliografía	14
<b>Capítulo 2</b>	
Relaciones nutrimentales de raíces de <i>Desmoncus orthacanthos</i> Martius y suelo asociado en condiciones ambientales contrastantes.	17
Resumen	17
Abstract	18
Introducción	19
Hipótesis	21
Objetivo general	21
Objetivos particulares	21
Materiales y métodos	22
Área de estudio	22
Muestreo de suelo	22
Análisis de suelo	23
Muestreo de raíces	24
Análisis de raíces	24
Análisis estadístico	24

Resultados	25
Propiedades físicas y químicas	25
Nutrimentos en suelos y raíces	27
Discusión	36
Conclusiones	40
Recomendaciones	40
Bibliografía	41
<b>Capítulo 3</b>	
Relaciones hídricas en el suelo asociado y raíces de <i>Desmoncus orthacanthos</i> Martius en condiciones ambientales contrastantes; localidad y estacionalidad.	45
Resumen	45
Abstract	46
Introducción	47
Hipótesis	49
Objetivo general	49
Objetivo particular	49
Materiales y métodos	50
Área de estudio	50
Muestreo de suelo	50
Análisis de suelo	51
Muestreo de raíces	52
Análisis de raíces	52
Análisis de la relación suelo-planta	52
Análisis estadístico	52
Resultados	53
Porcentaje de humedad del suelo	53
Curva característica de la relación tensión-humedad del suelo	54
Potencial hídrico de suelo	55
Potencial hídrico en raíces de <i>Desmoncus orthacanthos</i>	57
Discusión	59
Conclusiones	62
Bibliografía	63
<b>Capítulo 4</b>	
Determinación de la presencia de microorganismos asimbióticos fijadores de nitrógeno y fosfolubilizadores en la rizósfera de <i>Desmoncus orthacanthos</i> Martius en condiciones ambientales contrastantes; localidad y estacionalidad.	67
Resumen	67
Abstract	68
Introducción	69
Hipótesis	73
Objetivo general	73
Objetivos particulares	73
Materiales y métodos	74

Área de estudio	74
Muestreo de raíces	74
Determinación de Microorganismos	74
Ensayo para la detección de microorganismos como: <i>Azotobacter</i> , <i>Azospirillum</i> y fosfosolubilizadores	75
Muestreo de suelo	75
Análisis estadístico	76
Resultados	77
Poblaciones de microorganismos dentro de la rizósfera	77
Microorganismos fijadores de nitrógeno de vida libre ( <i>Azospirillum</i> y <i>Azotobacter</i> ) y fosfosolubilizadores.	80
Discusión	82
Conclusiones	83
Recomendaciones	83
Bibliografía	84
<b>DISCUSIONES GENERALES</b>	89
Nutrimentos en suelos y raíces	89
Relaciones hídricas en suelo y raíces	91
Microorganismos	92
Ensayo para <i>Azospirillum</i> , <i>Azotobacter</i> y fosfosolubilizadores	92
<b>CONCLUSIONES GENERALES</b>	93
<b>PERSPECTIVAS GENERALES</b>	93
<b>ANEXO Y APÉNDICE</b>	
Diseño experimental del estudio de la relación Planta-Suelo	95
Promedios de concentraciones de nutrimentos en suelo y raíces	96
Promedios de potencial hídricos en suelos y raíces	97
Diseño experimental en el estudio de microorganismos de la rizosfera	98
<b>APÉNDICE 1</b>	
Revisión Taxonómica de <i>Desmoncus orthacanthos</i> Martius	99
Clasificación de 1981	99
Clasificación de 1999	100
Características generales de la familia Arecaceae	100
Descripción del género	101
Descripción de la especie	101
Datos moleculares de <i>Desmoncus orthacanthos</i> Martius	104
Distribución	105
Polinización y dispersión	105
Hábitat	106
Usos	106
Bibliografía	107



## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1</b>	Características físicas y químicas de los suelos de Noh Bec, Quintana Roo en localidades contrastantes con respecto al manejo.	26
<b>Cuadro 2</b>	Valores promedios de nutrimentos por estación.	34
<b>Cuadro 3</b>	Estadísticos de nutrimentos N, K, Ca, Mg, Na y P.	34
<b>Cuadro 4.</b>	Valores de proporciones de los elementos en los compartimentos suelo/raíces.	35
<b>Cuadro 5</b>	Humedad gravimétrica y el potencial hídrico en suelo y raíces.	59
<b>Cuadro 6</b>	Estadísticos de humedad por gravimetría, potencial hídrico en suelos y raíces.	60
<b>Cuadro 7</b>	Diferencias de humedad gravimétrica y el potencial hídrico en suelo y raíces entre la zona conservada y perturbada.	61
<b>Cuadro 8</b>	Unidades formadoras de colonias posibles (UFC).	77
<b>Cuadro 9</b>	Valores de probabilidad estadística de los microorganismos.	78
<b>Cuadro10</b>	Microorganismos de los géneros <i>Azotobacter</i> , <i>Azospirillum</i> , y fosfosolubilizadores en medios enriquecidos y selectivos.	81

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Mapa de ubicación del ejido Noh Bec, Quintana Roo.	8
<b>Figura 2</b>	Mapa de ubicación de las localidades El Huasteco y La Milpa en el ejido Noh Bec, Q. Roo.	8
<b>Figura 3</b>	Ubicación del ejido Noh Bec, Quintana Roo.	9
<b>Figura 4</b>	Diagramas ombrotérmicos de las estaciones cercanas: Carrillo Puerto y Limones	10
<b>Figura 5</b>	Distribución edafológica de la ubicación del ejido Noh Bec, Quintana Roo.	12
<b>Figura 6</b>	Diagrama ombrotérmico de la estación Felipe Carrillo Puerto. Modificado para mostrar las estaciones de muestreo.	23
<b>Figura 7</b>	Humedad gravimétrica del suelo	27
<b>Figura 8</b>	Nitrógeno total en suelo	28
<b>Figura 9</b>	Nitrógeno total en raíces	28
<b>Figura 10</b>	Fósforo en suelo	29
<b>Figura 11</b>	Fósforo en raíces	29
<b>Figura 12</b>	Potasio en suelo	30
<b>Figura 13</b>	Potasio en raíces	30

<b>Figura 14</b>	Calcio en suelo	31
<b>Figura 15</b>	Calcio en raíces	31
<b>Figura 16</b>	Magnesio en suelo	32
<b>Figura 17</b>	Magnesio en raíces	32
<b>Figura 18</b>	Sodio en suelos	33
<b>Figura 19</b>	Sodio en raíces	33
<b>Figura 20</b>	Localización del ejido Noh Bec y localidades de muestreo.	50
<b>Figura 21</b>	Humedad gravimétrica del suelo a lo largo de las estaciones de año, en dos localidades de selva mediana, conservado (Huasteco) y perturbado (Milpa).	53
<b>Figura 22</b>	Curvas características de la relación tensión-humedad del suelo	54
<b>Figura 23</b>	Triángulo de clase textural	55
<b>Figura 24</b>	Potencial hídrico del suelo	56
<b>Figura 25</b>	Potencial hídrico de raíces. Localidad conservada	57
<b>Figura 26</b>	Potencial hídrico de raíces. Localidad perturbada	58
<b>Figura 27</b>	Esquema que representa la distribución de los microorganismos dentro de la rizósfera.	69
<b>Figura 28</b>	UFC en las poblaciones de los microorganismos.	79
<b>Figura 29</b>	Diseño Experimental; Relación Planta-Suelo en <i>Desmoncus orthacanthos</i> Martius	95
<b>Figura 30</b>	Diagrama de las proporciones de nutrimentos en <i>Desmoncus orthacanthos</i> Martius	96
<b>Figura 31</b>	Diagrama de la relaciones hídricas en <i>Desmoncus orthacanthos</i> Martius	97
<b>Figura 32</b>	Diagrama de la asociación de microorganismos heterotróficos en <i>Desmoncus orthacanthos</i> Martius	98
<b>Figura 33</b>	<i>Desmoncus orthacanthos</i> Martius	102

## ABREVIATURAS UTILIZADAS

ANOVA	=	análisis de varianza
Ca	=	calcio
CE	=	conductividad eléctrica
CICT	=	capacidad de intercambio catiónico total
cmol kg <sup>-1</sup>	=	centimoles por kilogramo
cm	=	centímetros
E+I+Lc/3	=	rendzina, litosol, luvisol crómico de textura fina
Gvs/3	=	gleysol, vértico salino de textura fina
ICBN	=	código internacional de nomenclatura botánica
K	=	potasio
km	=	kilometro
Kg	=	kilogramo
Mg	=	magnesio
m	=	metro
mg kg <sup>-1</sup>	=	miligramos por kilogramo
mm	=	milímetros
mmhos	=	milimhos
meq	=	miliequivalente
MPa	=	megapascales
N	=	nitrógeno
Na	=	sodio
NE	=	noreste
NFB	=	fijación biológica de nitrógeno
NMP	=	número mas probable
P	=	fósforo
PDA	=	papa-dextrosa-agar
PHB	=	poli-β-hidroxibutirato
pH	=	potencial de iones hidrógeno ó reacción del suelo
pcc	=	punto de capacidad de campo
pmp	=	punto de marchitez permanente
ppm	=	partes por millón
PVC	=	poli vinilo de clorato
S/R	=	proporción suelo-raíces
SW	=	suroeste
UFC	=	unidades formadoras de colonias
W	=	oeste
Δψ	=	diferencial de potencial hídrico
ΔS	=	micro siemens
μg	=	micro gramos
μL	=	micro litros
ψ	=	Potencial Hídrico
ψ <sub>s</sub>	=	Potencial hídrico del suelo
°C	=	grados centígrados
1N	=	uno normal





## RESUMEN

*Desmoncus orthacanthos* Martius es una palmera que crece en selva mediana perennifolia y vegetación secundaria; posee características que permiten considerarla como sustituta del ratán. El objetivo de este estudio fue determinar el potencial hídrico en raíz y suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes del suelo (N, P, K, Ca, Mg y Na) así como en raíces y su relación con los microorganismos que se encuentran en su rizósfera, en 4 condiciones de lluvias, sequía, canícula y nortes, con el fin de evaluar las características suelo-raíz. El estudio se llevó a cabo en el ejido Noh Bec, Q. Roo en condiciones contrastantes (conservado y perturbado). El potencial hídrico de la raíz y del potencial hídrico del suelo, tanto en localidades como en estaciones potenciales mantuvieron un continuo suelo-planta para el transporte de fósforo extractable fue significativamente mayor en el sitio conservado. Las concentraciones de los cationes  $K^+$  y  $Mg^{++}$  presentaron diferencias significativas entre sitios y la concentración del  $Ca^{++}$  entre estaciones. El contenido de  $Na^+$  fue mayor en localidades y estaciones. Las raíces de esta palma en el sitio conservado desarrollaron en suelos con mayor cantidad de N, P y agua disponible; factor importante ya que afecta en la diferenciación del desarrollo de la planta. Debido a que los suelos en los dos sitios fueron de textura arcillosa y frías y arenosa, respectivamente, esto dio como resultado potenciales hídricos contrastantes. El punto de capacidad de campo fue de -0.03 MPa (63%) y el punto de marchitez permanente de -1.5 MPa (41 y 37%H), respectivamente. La especie *Desmoncus orthacanthos* tuvo la habilidad de asociarse a bacterias de fijación de nitrógeno de vida libre, como es el caso de los géneros *Azotobacter* y *Beijerinckia* así como bacterias fosfolubilizadoras, las cuales se detectaron en mayor cantidad en el sitio conservado. Estos resultados permiten ampliar la posibilidad de utilizar esta especie basándose en un modelo de desarrollo sustentable para la región.



## INTRODUCCIÓN GENERAL

La industria del ratán (*Calamus sp.*) juega un papel importante en la economía de pueblos asiáticos como Tailandia, Filipinas, Indonesia, Singapur, Malasia, Vietnam y China, así como los países europeos, España, Portugal, Polonia y Rumania. Sin embargo en los años 90's dicha industria se vio afectada por motivos de sobre explotación de las poblaciones nativas (Moratingo, 1995). Esto, entre otras razones, origina la creación de dependencias como la red internacional de bambú y ratán "International Network for Bamboo and Rattan" (INBAR) integrada por 27 países, los cuales promueven investigación en la búsqueda de especies sustitutas del ratán (INBAR, 2002).

El género *Calamus* posee al menos 13 especies de ratanes de especial interés distribuidos en los continentes Africano y Asiático (Lewis *et al.*, 2000). Por ello la domesticación de otras especies silvestres similares y algunas especies de ratanes en peligro de extinción, por ejemplo; *Calamus acanthophyllus* podrían ser de utilidad a la industria del ratán, debido a que se conoce poco sobre las características taxonómicas y ecológicas de estas especies (Evans *et al.*, 2001, Henderson *et al.*, 1995).

En la actualidad los tallos de especies del género neotropical *Desmoncus* han sido ampliamente aprovechados en la fabricación de diversos artículos, tallos provenientes de selvas presentan buena calidad y longitud, debido a que conservan el hilo al obtener las fibras, estos son usados para la elaboración de muebles. A los tallos provenientes de sitios perturbados los artesanos los consideran duros, de mala calidad, mal formados que al obtener la fibra se pierde el hilo, estos se usan para elaborar cestos y artículos pequeños (Chinchilla, 1993).

El valor de mercado de la producción de los tallos de *Desmoncus* es insignificante en comparación con el valor comercial de la producción de ratanes en el Viejo Mundo, pero presenta características que lo hacen potencialmente un sustituto de los ratanes del viejo mundo en América tanto para la industria regional y como opción de producto forestal no maderable para los productores locales (Dransfield, 1992). *Desmoncus* es el único género de palmas escandentes en América, exceptuando *Chamaedorea elatior* (Listabarth, 1994).

En México, particularmente en la península de Yucatán; existen cuatro especies nativas de palmeras; que poseen características similares a las del ratán y pueden ser utilizadas como sus sustitutas en la elaboración de muebles y otros artículos. Estas palmeras son; *Desmoncus orthacanthos* Martius, *Acoelorrhaphe wrightii* (Griseb and Wendland H.), *Bactris major* y *B. mexicana* Martius (Orellana *et al.*, 1999).

En la península de Yucatán podemos encontrar a la especie *Desmoncus orthacanthos* Martius; Hist. Nat. Palm. 2:87.1824. Tipo: Brasil, Río Macurí, Max. Neuwied (Holotipo M; Fototipo FI). Tiene como sinónimos a *Desmoncus*

*chinantlensis* Liebm. ex Martius y *Desmoncus quasillarius* Bartlett que es una palma de hábito trepador y colonial, monóica con flores unisexuales en tríadas, en grupos de dos o solitarias (Quero, 1992), su tallo en forma de rizoma tiene la capacidad de emitir continuamente brotes o ramets, los cuales pueden alcanzar longitudes de hasta 40 metros o más. *D. orthacanthos* crece en sitios perturbados, al igual que en selvas maduras (Orellana *et al.*, 1999).

El ascenso del tallo, no es de manera totalmente vertical, sino que varía según las condiciones, éste puede ser decumbente, curvo, ondulado, recto, etc. *D. orthacanthos* es una especie “equilibradamente competitiva, resistente a las perturbaciones y al estrés a lo largo de su ciclo de vida, que se desarrolla en forma restringida dentro de la selva alta subperenifolia y en bordes de la misma, donde puede ser más competitiva” (Orellana *et al.*, 1999).

*Desmoncus orthacanthos* es la planta nativa con más potencial como sustituta del ratán en la región. Esto se deduce con base en observaciones realizadas de su anatomía por medio del microscopio óptico y al arreglo de sus tejidos y pruebas mecánicas realizadas como flexibilidad y dureza (Orellana *et al.*, 1998, 1999, 2002). Sin embargo, existen muy pocos trabajos sobre aspectos de nutrición y de las condiciones edáficas necesarias para dar soporte a los requerimientos de la especie. Es por eso que los estudios de los nutrimentos en ecosistemas naturales son importantes. Ya que éstos no siempre están en concentraciones óptimas y en balance perfecto para el crecimiento de la vegetación, de tal manera que el estrés provocado por estas variaciones traen influencias fisiológicas en la adaptación y distribución de las plantas (Percy *et al.*, 1994).

### ***Desmoncus orthacanthos* como sustituto del ratán**

*Desmoncus orthacanthos*, *Bactris major*, *B. mexicana*, *Acoelorrhapha wrightii*, y *Chamaedorea elatior* han sido propuestas como sustitutos potenciales del ratán. Estas palmeras son candidatas potenciales a los usos artesanales en México como productos no maderables (Orellana *et al.*, 1998). Las especies del género *Desmoncus* están ampliamente distribuidas desde el Sureste de México, Centro América, Sudamérica en el Este de los Andes, Sureste de Brasil y Bolivia, también en Trinidad y Tobago en elevaciones abajo de los 1000 m de elevación (Henderson *et al.*, 1995). En estos países, la especie *Desmoncus orthacanthos* Martius es usada para la elaboración de muebles y artesanías. Sin embargo, el uso final será de acuerdo a las características de la materia prima como flexibilidad y dureza que una estructura dada requiera; siendo los flexibles para artesanías y los duros para la elaboración de muebles.

### **Importancia del estudio ecofisiológico en *Desmoncus orthacanthos***

El estudio de los ecosistemas se puede ver desde varios enfoques; descriptivo, estructural y funcional. El funcional se refiere al flujo de energía,

productividad, estacionalidad y ciclo mineral (Granados, 1995). En este estudio abordaremos un enfoque funcional referido a la estacionalidad nutrimental de

*Desmoncus orthacanthos*, evaluando la disponibilidad de nutrimentos tales como N, P, K, Ca, Mg y Na relacionando el potencial hídrico del suelo y raíces en las estaciones climáticas a lo largo del año.

Las relaciones ecofisiológicas de esta especie en su ambiente permitirá aportar elementos al conocimiento del manejo de la misma, facilitando la selección de las condiciones ambientales óptimas para su establecimiento y optimización de la calidad comparable a la de los ratanes, entre otros. De tal manera que esto contribuirá a reducir la presión que existe actualmente sobre las especies vegetales maderables, además de permitir el desarrollo de las comunidades rurales cuyos medios de subsistencia se encuentran en el patrimonio forestal.

En el proyecto se analizaron los factores físicos, químicos y anatómicos de la planta, relacionándolos con factores bióticos como microorganismos presentes en la rizósfera y los factores abióticos como las características físicas y químicas del suelo y sus implicaciones para esta especie, además de los parámetros microambientales, aunado a los estudios previos de morfo-anatomía, biomecánica y microclimas.

## JUSTIFICACIÓN

*Desmoncus orthacanthos* crece y se desarrolla en diversas localidades del estado de Quintana Roo. Por observaciones de campesinos de otras localidades (Guatemala), se sabe que la calidad de *D. orthacanthos* es variable, esto de acuerdo con la productividad y capacidad de recuperación del suelo. En zonas forestales la calidad es más aceptada por los campesinos que la de sitios con sucesión secundaria, lo cual implica que los tallos que se extraen de selvas se utilizan para muebles y los que son extraídos de vegetación secundaria se usan para artesanías (Orellana *et al*, 1999). Esto sugiere la idea de que la calidad de *D. orthacanthos* se deba a las condiciones edáficas y microclimáticas, lo que afecta su crecimiento y contribuye a su calidad mecánica. Por ello, para poder proponer a *D. orthacanthos* como sustituto del ratán, es necesario evaluar las relaciones suelo-planta que influyen en la absorción de iones y agua del suelo. Dichos estudios bajo condiciones naturales contrastantes (área conservada vs área perturbada) permitirán un entendimiento de la ecofisiología de la especie, que contribuyan a desarrollar un plan de manejo y hacer de ello un sistema productivo en las comunidades de la región peninsular.

Esta investigación forma parte de un proyecto que permitirá elaborar un modelo para *Desmoncus orthacanthos*; en el cual se plantea su cultivo con fines de producción.



## HIPÓTESIS GENERAL

Las condiciones microclimáticas afectan a los sitios donde crece *Desmoncus orthacanthos* mismas que modifican las condiciones hídricas en el suelo, lo que influye en las plantas y su concentración de nutrimentos, potencial hídrico (suelo y raíz), así como también en las poblaciones microbianas de su rizósfera.

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar la relación entre el potencial hídrico, la disponibilidad de nutrimentos y presencia de microorganismos asociados a la rizósfera de *Desmoncus orthacanthos* Martius comparando las estaciones de sequía y lluvias en localidades de manejo contrastantes, con la finalidad de conocer las características del suelo que permitan su crecimiento.

## OBJETIVOS PARTICULARES

- 1) Determinar las concentraciones de nutrimentos (N, P, K, Ca, Mg y Na), en las raíces y el suelo asociado a *D. orthacanthos* comparando las diferencias a nivel estacional y local.
- 2) Determinar el potencial hídrico en el suelo y las raíces de *D. orthacanthos* durante los periodos estacionales y haciendo comparaciones entre localidades, en condiciones contrastantes de manejo: conservación y perturbación.
- 3) Determinar las población microbiana asociados a la rizósfera de *D. orthacanthos* en los periodos estacionales y comparándolos entre localidades.

A continuación se da cumplimiento a los objetivos, designando un capítulo para cada uno de ellos, posteriormente se plantea un discusión y conclusiones generales.





# CAPITULO 1

## Antecedentes

### ÁREA DE ESTUDIO

En la actualidad el Ejido Noh Bec tiene 216 socios con una superficie de 23,100 hectáreas. Los suelos predominantes son de tipo kankab (vertisol crómico) cubiertos por 18,000 hectáreas de selvas medianas que los ejidatarios han destinado a uso forestal permanente (Argüelles *et al*, 1998). Además, el ejido tiene bajo el régimen de reserva ejidal 400 hectáreas de una zona conocida como "El Huasteco". El 50 % de la población del municipio se dedica a las actividades del sector primario como: explotación forestal, actividades agrícolas, pecuarias, extracción de chicle, entre otras (SEGOB, 2000).

En esta investigación se seleccionaron dos sitios de muestreo: uno conservado (El Huasteco) y otro perturbado (La Milpa), que poseen historias diferentes con respecto a su manejo. El sitio conservado se localiza 26.8 km al noreste de la zona urbana, de vocación forestal; ubicada a los 19° 07' Norte y 88° 20' Oeste. Se estima que este sitio aproximadamente ha permanecido por 100 años sin perturbación. El sitio perturbado ubicado a 19° 05' Norte y 88° 13' Oeste, se encuentra a 12.1 km del ejido, ahí se estableció una milpa que se realizó por dos años y actualmente está en recuperación; dicha perturbación se estima que fue hecha hace 8 años aproximadamente.

**Localización geográfica:** El Ejido Noh Bec, se localiza al sur del Municipio Felipe Carrillo Puerto, estado de Quintana Roo; México. Se encuentra entre los paralelos 19° 02' 30" y 19° 12' 30" latitud norte y los meridianos 88° 13' 30" y 88° 27' 30" de longitud oeste. La altitud promedio de los terrenos de Noh Bec es de 10 metros sobre el nivel del mar. Se llega al poblado Noh Bec siguiendo la carretera Reforma Agraria – Puerto Juárez, en el Km 82 se toma la desviación a Petcacab hacia el oeste por la carretera vecinal. A la altura del Km 7 se encuentra el núcleo de población Noh Bec. Colinda al Norte con el Ejido Petcacab, al Sur con el Ejido Chacchoben, al Este con el ejido Cuauhtémoc, al oeste con los ejidos Los Divorciados y Díaz Ordaz.

El ejido Noh Bec está dentro de la formación geológica de la Península de Yucatán denominada "Carrillo Puerto" (INEGI 1994). Al igual que toda la península es parte de una placa calcárea de origen marino que emergió a causa de una serie de movimientos epirogénicos que se iniciaron desde el cretácico superior. Se caracteriza porque sus niveles inferiores están constituidos por coquinas de alrededor de 1 metro de espesor cubiertas por calizas impuras y arcillosas, que originan suelos de color amarillento a rojizo producto de la oxidación del hierro.

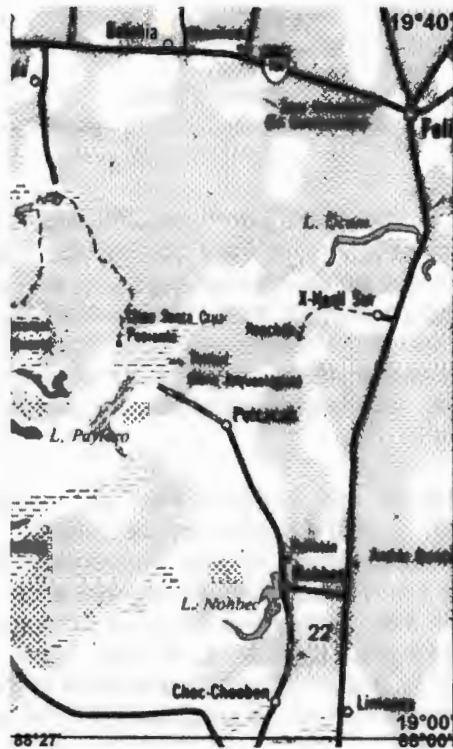
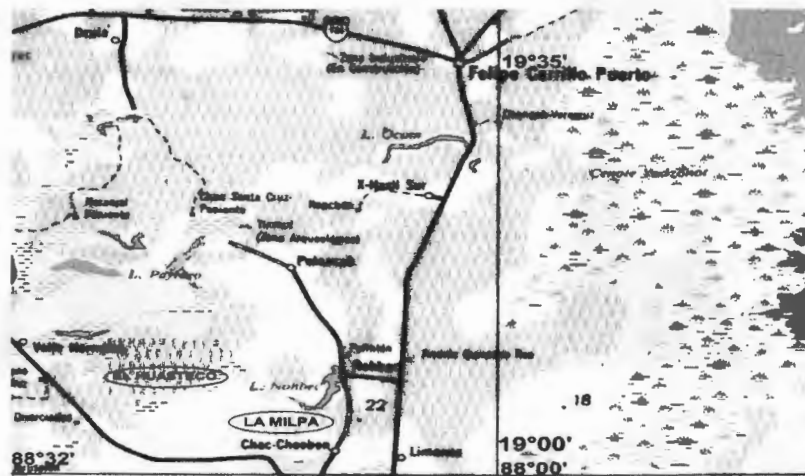


Figura 1.- Mapa de la ubicación del ejido Noh Bec, Quintana Roo.



Figura 2.- Mapa de la ubicación de las localidades El Huasteco y La Milpa en el ejido Noh Bec, Q. Roo.

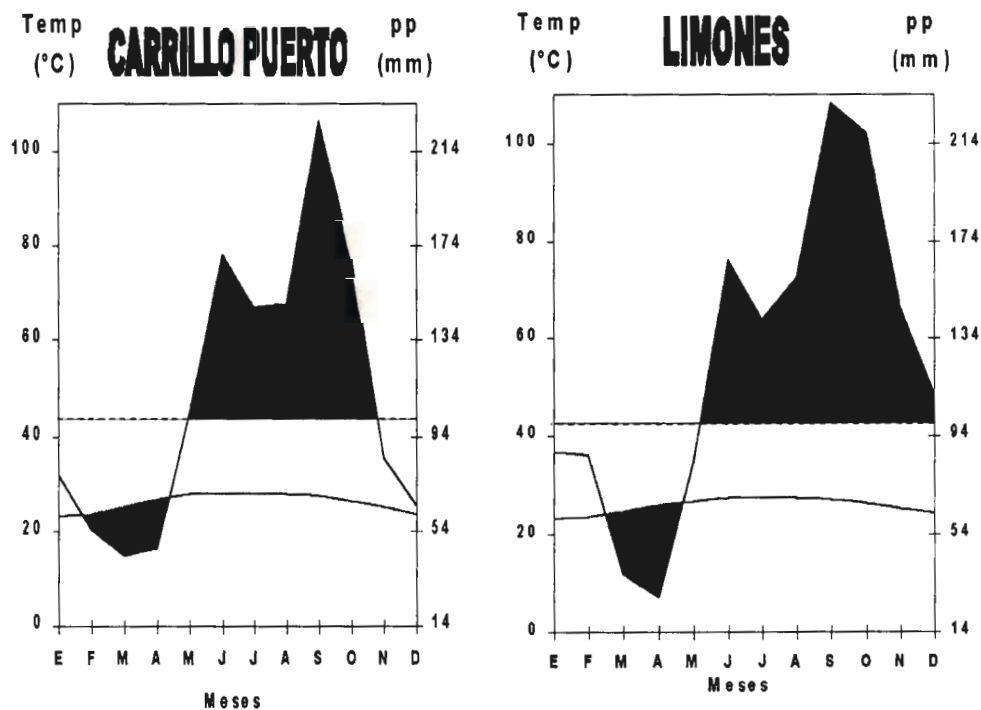
**Fisiografía:** Según la subdivisión fisiográfica de la Península de Yucatán hecha por Miranda (1959), la zona de estudio se localiza en la región Peninsular dentro de la subregión "Planicies del Caribe y del Noreste". Esta subregión se caracteriza por ser prácticamente una planicie con ondulaciones donde los desniveles varían entre 2 y 3 metros (Miranda, 1959). El material basal o roca madre en términos generales presenta areniscas calcáreas, con o sin material conchífero, zonas extensas de material calizo y margas calizas, así como calcíferas con inclusiones de dolomitas y óxidos de hierro (Aguilera, 1959). En ella, se presentan terrenos bajos inundables que pueden ser muy extensos y pueden formar en sus partes más hondas lagunas y aguadas. La altitud de los terrenos de Noh Bec es de 10 metros sobre el nivel del mar. No se dan límites superior e inferior porque prácticamente no existen diferencias de altitud significativas.



**Figura 3.-** Ubicación del ejido Noh Bec, Quintana Roo. (Tomado de INEGI, 1997 Carta de Vegetación Nacional escala 1:1, 000, 000. Formato digital)

**Topografía:** Noh Bec está en una "planicie". Las partes más bajas son dos franjas casi paralelas que atraviesan el ejido en dirección SW-NE, en las que corre el agua en la época de lluvias. La transición de "planicie" a "bajos" se da en distancias muy cortas, que se caracterizan por su escasa pendiente (Argüelles, 1998).

**Aspectos climáticos:** Este municipio tiene un clima de acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1988): cálido subhúmedo con lluvias en verano y otro periodo corto de lluvias intermedias denominado abatimiento de temperaturas "Nortes". El clima de Noh Bec es del tipo Ax'(w1)igw" (Orellana *et al.*, 1999). La temperatura promedio anual es de 25.8 °C, con una precipitación media anual de 1204.5 mm (ver figura 4), la altura sobre el nivel del mar es de 10 metros. Cuenta con diversos cuerpos de agua como las lagunas de Chunyaxche, Paytoro, Ocom, Mosquiteros y Noh Bec, entre otras. Sus principales localidades son: Chunhuhub, Tihosuco, Señor, Tepic, Noh Bec, X-pichil, Polyuc, X-hazil sur, Dzula y Santa Rosa, las cuales representan el 27.2 % de la superficie del estado (INEGI, 1994).



**Figura 4.-** Diagramas Ombrotérmicos de las estaciones cercanas: Carrillo Puerto y Limones. Los valores de temperatura promedio a lo largo del año se encuentran en el eje Y, los valores promedio de precipitación se encuentran en el eje Y', la intersección de las líneas de temperatura y precipitación muestran la época de sequía, la intersección de la precipitación y la línea punteada muestra el superávit de lluvias, la intersección de la precipitación, temperatura y línea punteada hace referencia a la condición húmeda lluviosa. (Datos tomados de la Comisión Nacional del Agua; por Orellana *et al.*, 1999).

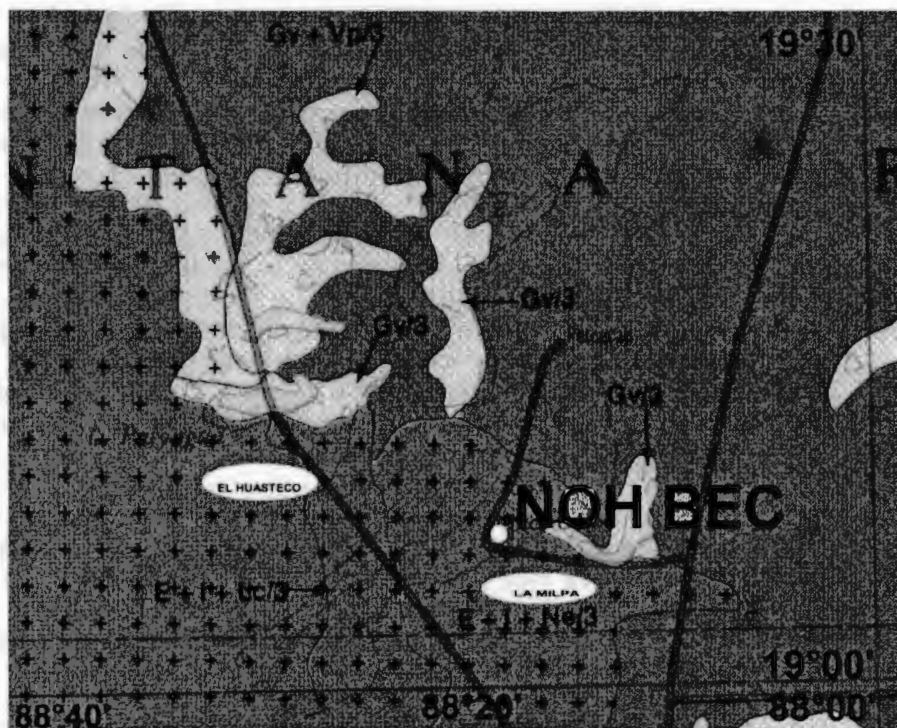
**Aspectos hidrológicos:** En Noh Bec se encuentran dos tipos de aguas superficiales:

- a) Mantos de agua, que resultan de la acumulación de las aguas que traen los corrientales que vienen del sur en la época de lluvias. Así se forma la "Aguada el Resbalón" y la "Laguna de Noh Bec". Esta última tiene una longitud aproximada de 12 Km y un ancho máximo de 8 Km. Estos cuerpos de agua se encuentran en la subcuenca hidrológica laguna de Noh Bec, "RH33Ac"; RH = Yucatán Este, A = bahía de Chetumal y otras, c = Laguna Noh Bec (INEGI 1990; inédita).
- b) Afloraciones de agua, resultado del desplome de la bóveda calcárea descubriendo corrientes de agua subterránea. Estos son los característicos cenotes de la Península de Yucatán. De estos cuerpos de agua solamente hay uno en la zona de estudio conocido como "El Cenote Noh Bec" (Argüelles, 1998).

**Aspectos edáficos:** Los análisis físico, químicos y roetnogenológicos, indican que las calizas son muy escasas en minerales formadores de suelos, por lo cual la formación de suelos profundos es muy poco probable. La arcilla dominante en las rocas calcíferas y calcáreas es la motmorillonita, que hace que los suelos posean alta capacidad de intercambio de cationes, bajo una acción intempérica continua y condiciones de humedad permanente a lo largo del año (Aguilera, 1959).

Las unidades de suelo reportados por Flores y Espejel (1994) para el estado de Quintana Roo son las siguientes: Rendzina, Vertisol, Solonchak, Cambisol, Regosol, Luvisol, Gleysol y Litosol. Las asociaciones reportadas por INEGI; en estas localidades son las siguientes: Gvs/3; Gleysol, vértico salino de textura fina, y E+I+Lc/3; Rendzina, Litosol, Luvisol crómico de textura fina (INEGI, 1984).

De acuerdo con INEGI (1994) la unidad representativa en la zona es la Rendzina (E); Estos suelos muestran una capa superficial de suelo con un pH de 7.1 – 7.4 (ligeramente alcalinos), 7 – 11% de materia orgánica que descansa sobre roca caliza o algún material rico en cal, el desarrollo es moderado, muy poco profundos 12 - 22 cm, son arcillosos de clase (3) fina, con 42-52% de arcilla, 16-20% de limo y 28-42% de arena. El drenaje interno va de muy drenado a excesivamente drenado, la susceptibilidad a la erosión es moderada. Presenta fase física de clase lítica (L), fase química con sales solubles. Sus características químicas son; conductividad eléctrica de 4 - 16 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  a 25°C, una capacidad de intercambio catiónico total (CICT) de 51 – 52.5 meq/100g, 55 – 70% de saturación de bases, <15 – 15% de saturación de sodio, 0.2 - 0.3 cmol  $\text{kg}^{-1}$  de Na, 1.1 - 1.7 cmol  $\text{kg}^{-1}$  de K, 24.4 - 30 cmol  $\text{kg}^{-1}$  de Ca, 4 – 4.6 cmol  $\text{kg}^{-1}$  de Mg y en cuanto a fósforo se tiene de 1.4 – 2.5 mg  $\text{kg}^{-1}$  de P. Con variación en el color del suelo; rojizos 10YR3/2 y 7.5YR3/2 suelo seco y café rojizos 10YR2.5/2 y 7.5YR2.5/2 esto en perfiles denominados mólicos, encontrados en el horizonte A1 (INEGI, 1984).



**Figura 5.-** Distribución edafológica de la ubicación del ejido Noh Bec, Quintana Roo. Donde; Gv/3 = Gleysol, vértico de textura fina, E+I+Lc/3 = Rendzina, Litosol, Luvisol crómico de textura fina y E+I+Ne/3 = Rendzina, Litosol, Nitosol eutrítico de textura fina (Tomado de INEGI, 1997; Formato digital).

**Aspectos socioeconómicos:** El ejido Noh Bec se encuentra en la porción sur del municipio, la actividad principal de sus pobladores es la explotación forestal, pero también se desarrollan actividades agrícolas, pecuarias, extracción de chicle, artesanías, entre otras. Hasta hace algunos años el mercado solamente demandaba maderas preciosas. Ahora en la región se consumen alrededor de 10 especies tropicales para chapa y aserrío. Además, se desarrolló un mercado de madera rolliza que consume una gran variedad de especies. Esto crea el marco adecuado para comenzar los primeros ensayos silvícolas y de especies forestales no maderables: a) Corte de bejucos, b) Refinamiento de bosquetes y c) Liberación de árboles prometedores.

La vegetación secundaria existente es el resultado de las prácticas agrícolas de los ejidatarios, estas áreas se encuentran en las márgenes de los terrenos inundables, ya que ahí están los mejores suelos para las actividades agropecuarias Luvisoles y Vertisoles en maya; Yaaxhom (Duch, 1988). La composición es muy heterogénea porque estas zonas representan áreas de transición de selvas medianas a selvas bajas que al ser desmontadas y quemadas inician la sucesión

vegetal. Generalmente solo pasan la etapa herbácea e inician la etapa arbórea constituida por especies blandas arbustivas y arbóreas de rápido crecimiento, porque de nuevo son desmontadas para uso agrícola o en su defecto algunas son transformadas en pastizales.

Por tradición los ejidatarios de Noh Bec han respetado un paraje conocido como "El Huasteco". En esta área existen árboles muy viejos que en general son refugios de varias especies de mamíferos y reptiles. Aquí también se refugian los animales ahuyentados por el ruido de las máquinas. Otro aspecto interesante del Huasteco es que colinda con las selvas bajas que circundan las corrientes que abastecen el Cenote, esto hace que se convierta en zona de refugio de fauna en la época de sequía, pues aprovechan los embalses de agua que quedan de la escorrentía que se genera en la época de lluvia.

Esta área (400 hectáreas) queda excluida de los cálculos de volúmenes aprovechables y se le reconoce como Reserva Ejidal de Flora y Fauna "El Huasteco" y forma parte de la mitigación de los impactos sobre la fauna silvestre. Con esto se cumple un acuerdo de la Asamblea General Ejidal que data desde hace varias décadas (Argüelles *et al.* 1998).

## BIBLIOGRAFÍA

Argüelles S. L. A., F. Sánchez, A. Caballero y A. Ramírez. 1998. **Programa de manejo forestal para el bosque tropical del ejido Noh Bec**. Asamblea general del Ejido Noh Bec, Municipio Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, México. pp 99.

Aguilera H. N. 1959. **Suelos**; Capitulo V. En: Beltrán (Editor). Los Recursos Naturales Del Sureste y su Aprovechamiento. II parte: Estudios Particulares. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México D.F. pp 177-212.

Beltrán E. 1959. **Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento**. I parte: Situación, Problemas, Perspectivas. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México D.F. pagina10.

Duch G. J. 1988. **La conformación territorial del estado de Yucatán**. "Los componentes del medio físico" FAO/UNESCO- Universidad Autónoma de Chapingo. Pag. 325.

Escalante, S., R. Orellana, C. Montaña y L. Eguiarte. 1997. **Proyecto estudio demográfico y genético de *Desmoncus quasillarius* (Arecaceae)**. Centro de Investigación científica de Yucatán, pp. 2-13.

Evans T. y K. Sengdala. 2001. **The indochinese rattan *Calamus acanthophyllus* a fire loving palm**. Palms. 45 (1): 25-28.

Granados, J. 1995. **El ciclo del P y K en una selva alta perennifolia del sur de Quintana Roo, México**. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Veterinaria y Zootecnia. Licenciatura de Biología. Mérida Yucatán. México, pp. 1-25.

INEGI. 1990. **Carta Hidrológica de aguas superficiales 1:250 000**. (Inédito)

INEGI. 1994. **Carta Edafológica Felipe Carrillo Puerto**. 1: 250 000.

INEGI 1997. **Carta edafológica. Cobertura nacional escala 1:1 000000**. [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)

INEGI 1999. **Anuario estadístico del estado de Quintana Roo**. Q. Roo. México.

Miranda F. 1959. **Rasgos fisiográficos** (de interés para los estudios biológicos) Capitulo IV. En: Beltrán E. (Editor). Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento. II parte: Estudios Particulares. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México D.F. pp 161-173.

Orellana, R. y N. Ayora. 1993. **Population structure of two palm species in a community of sand dune scrub in the Yucatan peninsula, Mexico**. Principes 37 (1): 26-34.



Orellana, R., P. Herrera, S. Escalante y S. Rebollar. 1998. **In search of rattan substitutes in the Yucatan peninsula, Mexico.** Forest Products Society, 52nd Annual Meeting. June 1998, Yucatán, México.

Orellana, R., P. Herrera, S. Rebollar, J. Escalante, G. López, S. Escalante y L. Gus. 1999. **Studies on the potential uses of some native palms of the Yucatan peninsula (Mexico) as substitutes of rattan.** Proc. of the 2nd Int. Symp. On Ornamental Palms and other Monocots from tropics. Eds M. Caballero Ruano. Acta Horticultura. 486, ISHS.

Orellana, R., M. Balam y I. Bañuelos. 1999. **Balance ombrotérmico; III.2 Evaluación climática: Atlas de procesos territoriales de Yucatán.** UADY. Facultad de Arquitectura.

SEGOB. 2001. **Sistema Nacional de Información Municipal Versión 5. Ficha Básica de Economía.** Secretaría de gobernación. Centro Nacional de Desarrollo Municipal CEDEMUN. México.

SEGOB. 2002. **Sistema Nacional de Información Municipal Versión 6. Ficha Básica de Economía.** Secretaría de gobernación. Centro Nacional de Desarrollo Municipal CEDEMUN. México.



## CAPITULO 2

### **Relaciones nutrimentales de las raíces de *Desmoncus orthacanthos* Martius y el suelo asociado en condiciones ambientales contrastantes**

#### **RESUMEN**

*Desmoncus orthacanthos* es una palmera cuyo hábitat incluye tanto sitios perturbados, como ambientes conservados. Debido a que se le considera un sustituto del ratán, por las propiedades mecánicas de sus tallos, es imperativo documentar la disponibilidad de nutrimentos en épocas de sequía y lluvia bajo condiciones naturales contrastantes (área conservada contra área perturbada). La zona de estudio fue el ejido Noh Bec, que se localiza al sur del Municipio de Felipe Carrillo Puerto; Quintana Roo. (19° 02' 30" y 19° 12' 30" N y 88° 13' 30" y 88° 27' 30" W). Se realizaron análisis de rutina para los suelos: densidad aparente, color, textura, pH, conductividad eléctrica, humedad gravimétrica. En raíces y suelo se determinaron los siguientes nutrimentos: nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio. Los sitios de estudio conservado y perturbado presentaron valores en pH que van de 7.3 a 7.8, materia orgánica 12 y 7%, conductividad 500 y 290  $\mu\text{S cm}^{-1}$  respectivamente. Las concentraciones de nitrógeno total en suelo mostraron una variación significativa entre sitios ( $< 0.001$ ) y entre estaciones ( $< 0.001$ ). El nitrógeno total en raíces presentó diferencias estacionales ( $< 0.001$ ), así como en la interacción de estaciones y localidades ( $< 0.001$ ). Las determinaciones de fósforo en suelo mostraron diferencias a nivel de localidad ( $< 0.001$ ) y de estacionalidad ( $< 0.001$ ). El fósforo en raíces mostró diferencias a nivel de estacionalidad ( $< 0.001$ ). El contenido de potasio intercambiable en los suelos presentó diferencias entre localidades ( $< 0.001$ ) y estaciones ( $< 0.001$ ). El potasio en raíces presentó diferencias a nivel de estacionalidad ( $< 0.001$ ). El contenido de calcio intercambiable en los suelos y raíces presentó diferencias de acuerdo a la estacionalidad ( $< 0.001$ ). El contenido de magnesio intercambiable en suelo mostró diferencias entre localidades ( $< 0.001$ ) y a nivel de la estacionalidad ( $< 0.001$ ). El contenido del sodio intercambiable en los suelos presentó diferencias a nivel de estacionalidad ( $< 0.001$ ) y en la interacción entre localidad y estacionalidad ( $< 0.001$ ). Los nutrimentos en el sitio conservado se encontraron en mayor cantidad y disponibilidad en comparación con el sitio perturbado. Estos datos nos sugieren que el crecimiento y la calidad de los tallos de *Desmoncus orthacanthos* están muy relacionados con la disponibilidad de los nutrimentos y sus fluctuaciones de concentración y disponibilidad de acuerdo a los periodos estacionales. Con estos datos podemos concluir que los nutrimentos analizados en suelo N, P, K, Mg, Ca y Na presentan una variación de acuerdo al factor estacionalidad y N, P, K y Mg presentan variaciones por el factor localidad, debido posiblemente a la composición florística presente en cada área y al manejo dado en los suelos. Los nutrimentos N, P, K, y Ca en raíces presentan diferencias solamente por efecto de la estacionalidad.

## ABSTRACT

*Desmoncus orthacanthos* is a palm whose habitat includes so much perturbed places, like set conserved. Because this palm is considered a substitute of the rattan, for the mechanical properties of their ramets, it is imperative to document the availability of nutriments in dry seasons and rain under contrasting natural conditions (area conserved against perturbed area). The study area was the public land Noh Bec that is located to the south of the Municipality of Felipe Carrillo Puerto; Quintana Roo. (19° 02 ' 30" and 19° 12 ' 30" N and 88° 13 ' 30" and 88° 27 ' 30" W). They were carried out routine analysis for the soils: apparent density, color, texture, pH, electric conductivity, humidity gravimetric. In roots and soils the following nutriments were determined: total nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sodium. The sites of conserved study and perturbed they presented values in pH that go from 7.3 to 7.8, organic matter 12 and 7%, conductivity 500 and 290 S cm<sup>-1</sup> respectively. The concentrations of total nitrogen in soils showed a significant variation among sites (< 0.001) and among seasons (< 0.001). The total nitrogen in roots presented seasonal differences (< 0.001), as well as in the interaction of stations and sites (< 0.001). The phosphorus determinations in soils showed differences at sites (< 0.001) and of seasons (< 0.001). The phosphorus in roots showed differences at seasons (< 0.001). The content of extractable potassium in the soils presented differences among sites (< 0.001) and seasons (< 0.001). The potassium in roots presented differences at seasons (< 0.001). The content of extractable calcium in the soils and roots presented differences according to the seasons (< 0.001). The content of extractable magnesium in soils showed differences among sites (< 0.001) and at level of the seasons (< 0.001). The content of the extractable sodium in the soils presented differences at seasons (< 0.001) and in the interaction between sites and seasons (< 0.001). The nutriments in the conserved site were in bigger quantity and available in comparison with the perturbed site. These data suggest us that the growth and the quality of the ramets of *Desmoncus orthacanthos* are very related with the availability of the nutriments and their concentration fluctuations and available according to the seasonal periods. Also, we can conclude that the nutriments analyzed in soils: N, P, K, Mg, Ca and Na presented a variation according to the factor seasons and N, P, K and Mg presented variations for the factor sites, due possibly to the composition floristic present in each area and to the handling given in the soils. The nutriments N, P, K, and Ca in roots only present differences for effect of the seasons.

## INTRODUCCIÓN

Las especies vegetales utilizan una cantidad considerable de energía en el desarrollo del sistema radical para la absorción de nutrimentos del suelo (Escamilla, 1999). Esto se debe a que el factor limitante para la nutrición está en el suelo (Nye y Tinker 1977; Escamilla *et al.* 1991) donde la abundancia de las diferentes sustancias es irregular en cada tipo de suelo, ya que pueden formar diferentes compuestos químicos y tener diversos grados de solubilidad, de manera que un mismo nutrimento puede estar en cantidades excesivas en un sitio y ser más escaso en otro (Vázquez-Yanes, 1999).

La interfase más importante entre el suelo y la planta es el sistema radical, el cual mantiene el crecimiento foliar. Debido a esto es posible estimar la nutrición de las plantas a partir de las determinaciones hechas en raíces (Nielsen *et al.*, 2001), ya que la función principal del sistema radical es absorber agua y nutrimentos, es por esto que el estudio del sistema radical es uno de los caminos más importantes para entender la relación planta-suelo en un ecosistema (Escamilla, 1999).

Las evaluaciones de los nutrimentos del suelo N, P y K son importantes para predecir la productividad potencial de la planta. Aunado a esto el N y P son componentes importantes en la calidad del suelo. Pero no es la cantidad total de nutrimentos en el suelo la que nos dice cuál es la capacidad de un suelo de proveer nutrimentos a la planta, sino cómo se mueven estos nutrimentos en el suelo (Nye y Tinker 1977; Escamilla *et al.* 1991).

La Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo define la fertilidad como: "El estatus del suelo con respecto a su habilidad para proporcionar nutrimentos esenciales en el crecimiento de las plantas" (Arshad, *et al.*;1976). Sin embargo, Comerford (1999) menciona que el estatus del sistema suelo-planta, está definido por la capacidad del suelo para proporcionar los nutrimentos esenciales al crecimiento de las plantas, a través de mecanismos de: a) liberación de nutrimentos de su fase sólida a su fase soluble, b) el movimiento de los nutrimentos a través de la solución del suelo hacia las raíces de las plantas y c) la absorción por las raíces.

Las características físicas y químicas del suelo influyen de forma decisiva en el grado de fertilidad y especialmente en el desarrollo de las plantas. La historia del manejo del suelo debe considerarse, ya que suelos aparentemente iguales pero con diferente manejo tendrán, propiedades químicas diferentes (Arnold *et al.*, 1990), debido a la cantidad y calidad de la materia orgánica, así como a la presencia de diversos grupos microbianos (Allan *et al.*, 1996).

El movimiento y retención de nutrimentos en suelos con humedad cercana a capacidad de campo permiten mantener un flujo en el transporte de solutos, creando un flujo de masa a lo largo de un gradiente de humedad, horizontal o vertical, formando áreas con alta concentración cercanas a las raíces y áreas de bajas concentraciones de nutrimentos lejos de las zonas radicales (Bigelow *et al.*, 2001). La

La función radical consiste en lograr la disponibilidad de los recursos y la capacidad de la especie para obtenerlos, siendo los análisis de nutrimentos en raíces finas mejores indicadores del estado nutrimental del ecosistema como lo demostraron Persson *et al.*, (1995) y Bakker (1999). Por lo anterior el análisis de las relaciones suelo-planta debe centrarse en el conocimiento de los dos componentes que la forman raíz y suelo. El estudio de estos dos componentes debe ser funcional y no descriptivo (Escamilla, 1999).

Las plantas no necesitan altas concentraciones de nutrimentos en la solución del suelo, requiriendo solamente concentraciones bajas pero adecuadas en todas las veces que sean requeridas, de tal forma que un suelo con una gran cantidad de nutrimentos de forma lábil y sólida no es fértil hasta que el régimen de humedad en el suelo, permite las condiciones para el movimiento de esos nutrimentos hacia las raíces. De tal forma que el contenido de agua del suelo además de diluir, arrastra los nutrimentos, por lo cual la humedad del suelo juega un papel extremadamente importante en la fertilidad del suelo (Comerford 1999).

Este conocimiento es importante porque los nutrimentos no siempre están en concentraciones óptimas para el crecimiento de la vegetación, estas variaciones traen influencias fisiológicas en adaptación y distribución de plantas, debido a ciertas características del suelo (Percy *et al.*, 1994).

*Desmoncus orthacanthos* Martius generalmente crece en bosques tropicales maduros, en diversas localidades del estado de Quintana Roo, donde produce una cantidad considerable de tallos y ramets, potencialmente puede crecer en sitios perturbados (Quero 1992, Orellana, *et al* 1997; Escalante *et al* 1997). De acuerdo con Belsky y Siebert (1995) se desarrolla mejor en sitios perturbados o ambientes con alta iluminación. Esto sugiere la idea de que la calidad de *D. orthacanthos* se deba a las condiciones edáficas y microclimáticas que afectan su crecimiento y contribuyen a su calidad mecánica.

Por ello para poder proponer como sustituto del ratán a *D. orthacanthos*, se considera necesario evaluar las relaciones de suelo-planta que influyen en la absorción de iones y agua del suelo. Dichos estudios bajo condiciones naturales contrastantes de vegetación conservada contra vegetación perturbada permitirán un entendimiento de las propiedades ecofisiológicas de la especie, que contribuyan a desarrollar un plan de manejo y hacer de ello un sistema productivo en las comunidades de la región peninsular.

## HIPÓTESIS

Las condiciones de manejo y uso de suelo en las localidades donde crece *Desmoncus orthacanthos*, afectan el hábitat modificando las condiciones hídricas en el suelo y en la vegetación, influyendo así en la disponibilidad de nutrientes del suelo hacia las raíces de la planta.

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar la relación entre el contenido de nutrientes del suelo y en las raíces de *Desmoncus orthacanthos* Martius comparando las estaciones de sequía y lluvias en dos localidades de condiciones ambientales contrastantes (Perturbada y Conservada) con la finalidad de conocer las características nutrimentales del suelo que favorecen su crecimiento.

## OBJETIVOS PARTICULARES

- 1) Determinar las concentraciones de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg y Na), en suelo asociado a *D. orthacanthos* de forma estacional en condiciones locales contrastantes.
- 2) Determinar las concentraciones de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg y Na), en raíces de *D. orthacanthos* de forma estacional en condiciones locales contrastantes.

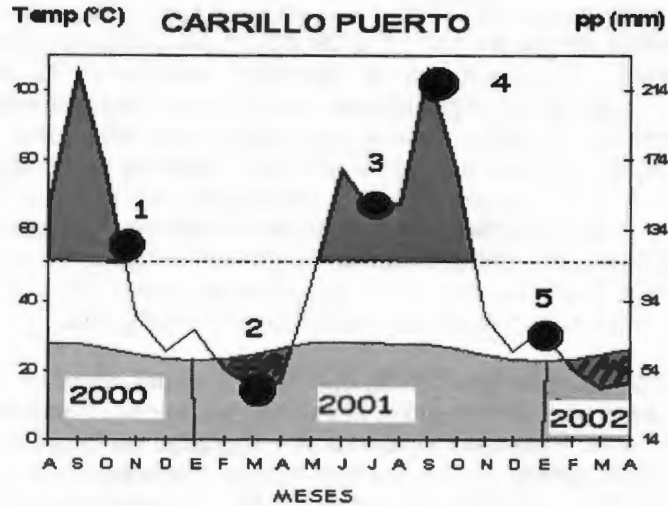
## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio:** En el área de estudio se seleccionaron dos sitios: uno conservado (El Huasteco) y otro perturbado (La Milpa), que poseen historias diferentes con respecto a su manejo. El sitio conservado se localiza 26.8 Km. al noreste de la zona urbana, de vocación forestal; ubicada a los 19° 07' N y 88° 20' W. Se estima que este sitio aproximadamente ha permanecido por 100 años sin perturbación. El sitio perturbado ubicado a 19° 05' N y 88° 13' W, se encuentra a 12.1 Km. del ejido, ahí se estableció una milpa que se llevo a cabo por dos años y actualmente está en recuperación; dicha perturbación se estima que se realizo hace 8 años aproximadamente (al momento de la realización de este trabajo).

Los muestreos para suelos y raíces se realizaron a lo largo de un año y medio, haciendo énfasis en los periodos con meses de máxima precipitación para la estación de lluvias (septiembre-octubre) y el mes de mínima precipitación para la estación de sequía (marzo), durante los años 2000-2002. El primer muestreo se realizó en noviembre del 2000 (estación de lluvias), el segundo muestreo se realizó en marzo 2001 (sequía), el tercero en junio 2001 (canícula), el cuarto muestreo en septiembre 2001 (lluvias) y el quinto muestreo en enero 2002 (estación de nortes) ver figura 6.

**Muestreo de suelo:** Para cada muestreo se colectaron 25 muestras de suelo a 10 cm de las plantas de *Desmoncus orthacanthos*, usando nucleadores de plástico PVC-hidráulico (4 cm de diámetro x 10 cm longitud) obteniéndose 50 núcleos por los dos sitios. Los núcleos se sellaron con cinta canela evitando la evaporación del agua del suelo, se rotularon y se colocaron en bolsas de polietileno negro, después se colocó una etiqueta dentro de la bolsa y se introdujo el núcleo en otra bolsa de manera que una etiqueta queda entre las dos bolsas, después fueron transportados al laboratorio (Bautista, 2000). Se tomaron 25 muestras por sitio (La Milpa y El Huasteco).





**Figura 6.-** Diagrama Ombrotérmico de la estación Felipe Carrillo Puerto. Modificado para mostrar las estaciones de muestreo: 1 = Lluvias 2000, 2 = Sequía, 3 = Canícula, 4 = Lluvias 2001 y 5 = Nortes. Los valores de temperatura promedio a lo largo del año se encuentran en el eje Y (color gris claro), los valores promedio de precipitación se encuentran en el eje Y' (color gris oscuro), la intersección de las líneas de temperatura y precipitación muestran la época de sequía (área con líneas diagonales), la intersección de la precipitación y la línea punteada muestra el superávit de lluvias, la intersección de la precipitación, temperatura y línea punteada hace referencia a la condición húmeda lluviosa, que en los meses de diciembre a febrero muestran un abatimiento de temperatura denominado Nortes.

**Análisis de suelo:** Del primer muestreo de suelo se realizaron las siguientes determinaciones: densidad aparente por el método del cilindro; color (Munsell, 1954), textura; (Bouyoucos, 1962), pH relación 1:2, con H<sub>2</sub>O y conductividad eléctrica, materia orgánica por el método Walkley and Black, tomando un número de quince muestras. Estas son propiedades que cambian muy poco y los valores son muy estables a lo largo de varios años (Bautista, 2000), por lo cual las determinaciones sólo se realizaron en una ocasión con sus respectivas repeticiones.

Las 250 muestras de los suelos procedentes de cinco muestreos fueron analizadas con las siguientes determinaciones: contenido de humedad; por gravimetría, nitrógeno total; método semi-microKjeldahl (LABCONCO, 1988; Chapman *et al.*, 1984), fósforo extractable (Olsen *et al.*, 1965). Los cationes intercambiables (Potasio, Calcio, Magnesio y Sodio) por extracción con acetato de amonio 1N pH 7 y cuantificación por espectrofotometría de absorción atómica, realizando curvas de calibración para cada elemento de acuerdo a la sensibilidad del equipo y la concentración de las muestras, siguiendo la metodología de intercalibración de análisis de suelos promovido por la Sociedad Mexicana del Suelo (INIRAT-COLPOS 1998). Los datos se reportaron en centimoles sobre kilogramo (miliequivalentes/ 100 g), excepto el fósforo que se reporta en miligramos por kilogramo (ppm).

**Muestreo de raíces:** Se tomaron raíces de 25 plantas por sitio de estudio, las plantas son de aproximadamente la misma edad 1-3 años (25-50 cm de altura) además están representadas en mayor frecuencia en la densidad poblacional de acuerdo a Chinchilla (1994) . Las raíces originalmente se tomaron en tres tiempos a lo largo del día (mañana, mediodía y tarde) mismas que fueron utilizadas para evaluar el potencial hídrico de las mismas (ver capítulo 3). En cada medición se consideraban 25 raíces, por lo cual se tenían 75 raíces de las tres mediciones por sitio. Las raíces que se eligieron fueron de segundo orden, se tomaban de los primeros 10 centímetros de profundidad, se usaron pinzas y tijeras de disección para evitar daño, se rotularon con cintas adhesivas en uno de los extremos y se colocaban en bolsas de nylon donde se conservaban en hielo para poder ser transportadas hasta el laboratorio.

**Análisis de raíces:** Para la determinación de nutrimentos en las raíces se tomaron 5 muestras compuestas por sitio, debido a que el peso de las raíces no permitía realizar el análisis para cada planta. Para cada muestreo se mezclaban las raíces en grupo de cinco con sus respectivas réplicas de las tres mediciones realizadas; considerando 15 raíces en total por muestra . Las raíces se secaron a 65 °C. Después se trituraron en un molino tipo Wiley y las muestras fueron guardadas en bolsas de papel encerado para evitar contaminación por polvo o humedad, los nutrimentos que se analizaron fueron: **N**; nitrógeno, por el método semi-microKjeldahl modificado para incluir nitratos. **K**; potasio, **Ca**; calcio, **Mg**; magnesio y **Na**; sodio, por calcinación a 500°C (Chapman *et al*, 1984; Comerford *et al*, 1993), después se cuantificaron por espectrofotometría de absorción atómica (INIRAT-COLPOS 1998). **P**; fósforo se determinó por el método de ácido ascórbico Murphy-Riley descrito por Comerford y Mcleod (1993), a una longitud de onda de 880 nm. Los datos se reportaron en centimoles sobre kilogramo (miliequivalentes/ 100 g), excepto el fósforo que se reporta en miligramos por kilogramo (ppm).

**Análisis estadístico:** Para los resultados de los análisis de materia orgánica, pH y CE, se realizó un análisis de varianza de una sola vía (ANOVA). Para los resultados obtenidos en las determinaciones de cada nutrimento (N, P, K, Ca, Mg y Na), así como para los parámetros de humedad; se realizó un ANOVA utilizando un diseño estadístico de dos vías; donde el factor A hace referencia a las diferencias en localidad (PL), el factor B se refiere a las diferencias mostradas a lo largo de la estacionalidad (PE). Para el análisis estadístico se usó el software SigmaStat 2.0 y para los gráficos su usó Sigmaplot 7.0.

## RESULTADOS

**Propiedades físicas y químicas:** En lo que respecta a los análisis de las propiedades físicas y químicas de los suelos en los sitios de estudio; conservado y perturbado, éstos presentan un pH ligeramente alcalino; encontramos que los valores en pH van de 7.3 a 7.8, ( $P > 0.05$ ) (ver cuadro No.1). En trabajos similares se han reportado valores promedio de pH = 8.2 para parcelas donde crece *Desmoncus spp.* en Guatemala (Chinchilla, 1994).

Los valores de pH pueden interpretarse como una propiedad que está representada de forma constante en la región, de acuerdo al origen de la roca madre, que está formada por carbonatos de calcio y magnesio en su mayoría. Además se considera que algunos parámetros como textura, capacidad de intercambio catiónico, pH, y saturación de bases tienen un tasa de cambio muy baja (Dick *et al.*, 1996). De la misma manera la materia orgánica cambia por lo general en un periodo de diez a cien años (Sarrantonio *et al.*, 1996). Debido a lo anterior se consideró el realizar estos análisis sólo en una ocasión.

Las pequeñas variaciones de pH pueden verse afectadas por los cambios en las concentraciones de materia orgánica (conservado 12 % y perturbado 7 % respectivamente) de acuerdo al tipo de vegetación que hay entre sitios y posiblemente esto no influye en el proceso de la discriminación y absorción de nutrientes para algunas especies vegetales. No se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de materia orgánica entre los sitios ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, para organismos como bacterias y hongos las diferencias en pH pueden afectar sus comunidades, a su vez los microorganismos modifican el pH del suelo cercano a las raíces de las plantas. La densidad aparente del suelo (conservado 0.7 y perturbado 0.9 respectivamente) presenta diferencias significativas ( $P < 0.001$ ). Los valores reportados por INEGI (1984) de pH y materia orgánica son similares a los encontrados en este trabajo.

La conductividad eléctrica promedio en la localidad conservada fue de  $540 \mu\text{S cm}^{-1}$  y para la perturbada  $297 \mu\text{S cm}^{-1}$  ( $P < 0.0001$ ). La conductividad eléctrica generalmente se relaciona con la cantidad de algunos cationes como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{H}^+$  y aniones  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  y  $\text{OH}^-$  solubles en la solución del suelo (Smith *et al.*, 1996). También se le considera como una medida de fertilidad, ya que los nutrientes en solución del suelo están disponibles para las plantas. Estos datos nos sugieren que el desarrollo de *Desmoncus orthacanthos* se ve favorecida en la localidad conservada.

El porcentaje de humedad gravimétrica en los suelos presenta diferencias entre estaciones  $P < 0.0001$ , por efecto del régimen de lluvias presente en la zona de estudio (ver figura 6). La diferencia entre las localidades en la capacidad de retención de agua se relaciona con la textura de los suelos; franco arcillo limoso para el sitio conservado y arcilloso para el sitio perturbado.

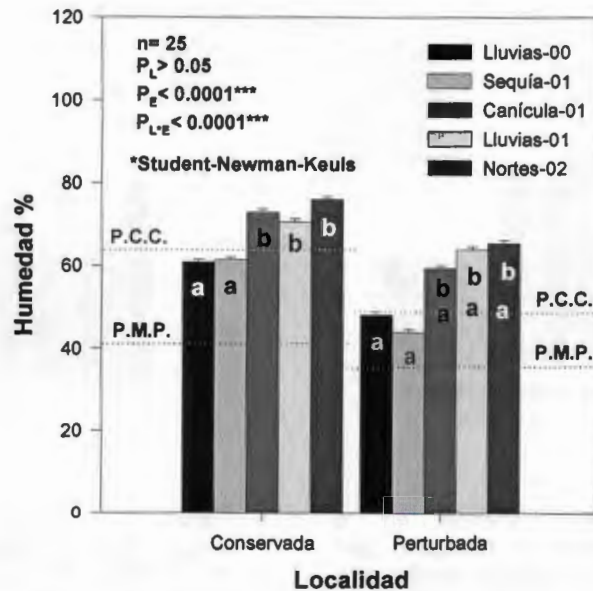
**Cuadro 1.-** Características físicas y químicas de los suelos de Noh Bec, Quintana Roo en localidades contrastantes con respecto al manejo.

Sitio	Conservado	Perturbado	Probabilidad
Parámetros	n = 15	n = 15	ANOVA
pH (1:2.5 H <sub>2</sub> O)	7.5 ± 0.02	7.6 ± 0.08	P > 0.05 ns
CE. (μS cm <sup>-1</sup> en H <sub>2</sub> O)	540 ± 29.3	297 ± 10.5	P < 0.0001***
Densidad aparente (g cm <sup>-3</sup> )	0.7 ± 0.01	0.9 ± 0.02	P < 0.001**
Materia Orgánica(%)	12 ± 0.27	7 ± 1.05	P > 0.05 ns
Textura	Franco Arcillo Arenosa	Arcillosa	
Arena/Limo/Arcilla (%)	58/12/30	35/12/53	
Color	Rojo muy oscuro	Café oscuro	
Hue/Value/Croma/	10YR 2/2	7.5YR 3/2	

Se muestran los valores promedio (n=15) y entre paréntesis el error estándar, los asteriscos muestran el grado de significación; ns = no significativo; \* P ≤ 0.05, ligeramente significativo; \*\* P < 0.001, significativo y \*\*\* P < 0.0001 altamente significativo.

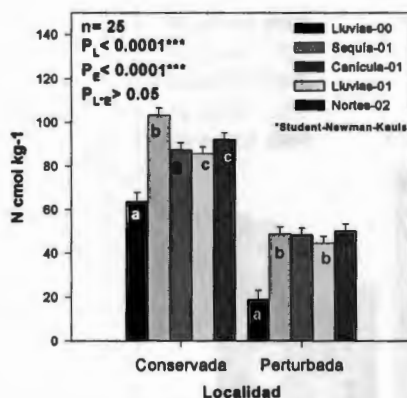
Aunado a esto hay diferencias en la interacción localidad y estacionalidad P<sub>L-E</sub> <0.0001\*\*\* producto de las diferencias que existen entre la cantidad de materia orgánica presente en los suelos de los dos sitios. Se observa además, un incremento en el régimen de la precipitación que va del año 2000 al 2002; en el cual, la época de nortes presenta mayor precipitación que las estaciones de lluvias de los años 2000 y 2001 (ver figura No. 7).

Sin embargo, en estas localidades la cantidad de materia orgánica es uno de los factores que hace la diferencia en la disponibilidad de agua a las plantas, siendo el sitio conservado el que presenta mayor cantidad de agua disponible para las mismas, pese a que su clase de textura (franco arcillo limoso) debería de retener menor cantidad de agua que el sitio perturbado (arcilloso). Ya que al realizar las determinaciones de textura del suelo se omite la materia orgánica, debido a que la textura del suelo solo valora la fracción inorgánica (arenas, limo y arcilla). Chinchilla (1994) reporta la presencia de *Desmoncus spp.* en suelos con clase textural franco, franco arcilloso y franco arcillo arenoso; con predominio en la última clase.

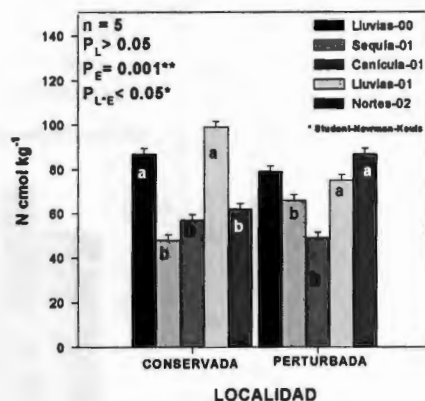


**Figura 7.-** Variación en la humedad gravimétrica del suelo a lo largo de las estaciones de año, en dos localidades de selva mediana, conservada (Huasteco) y perturbada (Milpa). Donde  $P_L$ ,  $P_E$  y  $P_{L-E}$  hacen referencia al ANOVA de dos vías. Las letras a y b corresponde a la prueba estadística de \*Student-Newman-Keuls.

**Nutrientos en suelos y raíces:** Los valores de nitrógeno total en suelo (ver figura 8) para la estación de muestreo correspondiente al periodo de lluvias del 2000, fueron bajos en comparación a los valores encontrados en los siguientes muestreos. Se sabe que el contenido de nitratos presentan cambios en menos de un mes; aunque los cambios notorios se presentan en las estaciones a lo largo de un año a otro (Sarrantonio *et al*, 1996). Las raíces de *Desmoncus orthacanthos* mantienen concentraciones similares o mayores a las presentes en los suelos de las localidades conservada y perturbada sin mostrar diferencias  $P_L > 0.05$  (Ver figura 9); lo cual nos muestra la importancia de este nutriente para las plantas. Se ha demostrado que la composición de especies en comunidades vegetales de bosques boreales están fuertemente relacionadas con los suministros de nitrógeno (Tamm, 1991).



**Figura 8.-** Variación en la concentración de nitrógeno total en suelo. Se observa la diferencia entre las dos localidades de selva mediana, conservado (Huasteco) y perturbado (Milpa), en las estación climáticas. Las letras a y b corresponde a la prueba estadística de Student-Newman-Keuls.  $H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$

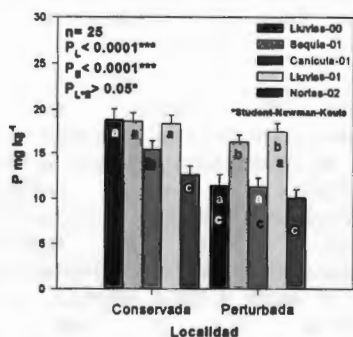


**Figura 9.-** Variación en la concentración de nitrógeno total en raíces. Se observa la diferencia entre las dos localidades de selva mediana, conservado (Huasteco) y perturbado (Milpa), en las estación climáticas. Las letras a y b corresponde a la prueba estadística de \*Student-Newman-Keuls.  $H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$

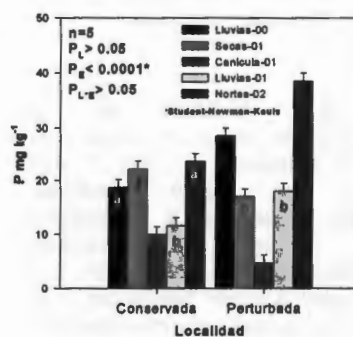
Las concentraciones de nitrógeno total en suelo muestran una variación significativa entre sitios  $P_L < 0.0001$  y entre estaciones  $P_E < 0.001$ . El nitrógeno total en raíces presenta diferencias estacionales  $P_E < 0.001$ , así como en la interacción de estaciones y localidades  $P_{L \cdot E} < 0.05$ . Estos resultados nos muestran que en el sitio conservado se encuentra una mayor cantidad nitrógeno en el suelo y podemos atribuirlo al grado de conservación del hábitat, además de que las condiciones edáficas son mucho mas favorables, debido a la acumulación de materia orgánica, y quizá a la descomposición de la misma en tiempos mas cortos. En las raíces observamos que la presencia de nitrógeno depende básicamente de la condición estacional en la que se encuentren, siendo las estaciones de lluvia donde las raíces presentan mayor contenido de nitrógeno. Esto implicaría que la mineralización de este elemento está influenciado por la precipitación y posiblemente tiene una relación estrecha con la cantidad de microorganismos y materia orgánica presentes (Chapin *et al.*, 1987).

La proporción de nitrógeno total en el sitio conservado puede deberse a que los nitratos son significativamente superiores en vegetación con mayor cantidad de plantas herbáceas en el sotobosque que otros tipos de bosques (Nordin, *et al.* 2001).

Las determinaciones de fósforo en suelo (ver figura 10) nos muestran diferencias a nivel de localidad  $P_L < 0.0001$  y de estacionalidad  $P_E < 0.0001$ . El fósforo en raíces (ver figura 11) muestra solo diferencias a nivel de estacionalidad  $P_E < 0.0001$ . Este elemento presenta una variación mayor con respecto a las estaciones que entre los sitios. Es notorio como disminuye su concentración en el suelo en estaciones de poca precipitación y cómo las raíces mantienen mayor cantidad de fósforo en las estaciones donde la precipitación es más alta.

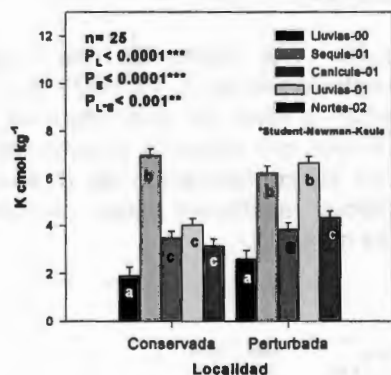


**Figura 10.-**Variación en la concentración de fósforo en suelo. Se observa la diferencia entre las dos localidades de selva mediana, conservado (Huasteco) y perturbado (Milpa), en las estación climáticas. Las letras a, b y c corresponde a la prueba estadística de \*Student Newman-Keuls.  $H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$

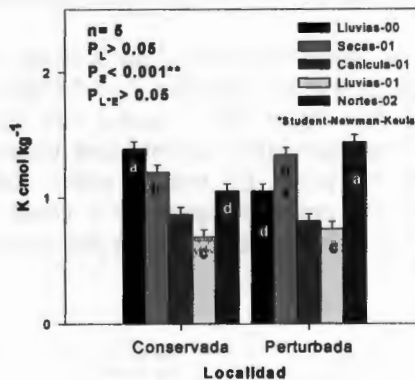


**Figura 11.-**Variación en la concentración de fósforo en raíces. Se observa la diferencia entre las dos localidades de selva mediana, conservado (Huasteco) y perturbado (Milpa), en las estación climáticas. Las letras a, b y c corresponde a la prueba estadística de \*Student Newman-Keuls.  $H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$

El contenido de potasio (ver figura 12) en los suelos presenta diferencias entre localidades  $P_L < 0.0001$ , estaciones  $P_E < 0.0001$  y la interacción  $P_{L*E} < 0.001$ . El potasio en raíces (ver figura 13) presenta diferencias a nivel de estacionalidad  $P_E < 0.001$ . Este elemento parece estar relacionado directamente con la variación en la precipitación, el potasio en suelo disminuye en las estaciones de mayor precipitación (ver figura 7) y se presenta en mayor concentración en las raíces, cuando se incrementa el potasio en suelo en las estaciones de poca precipitación, las raíces disminuyen la concentración del mismo, aquí es importante notar como las raíces mantienen concentraciones menores a las presentes en los suelos a lo largo de todas las estaciones.



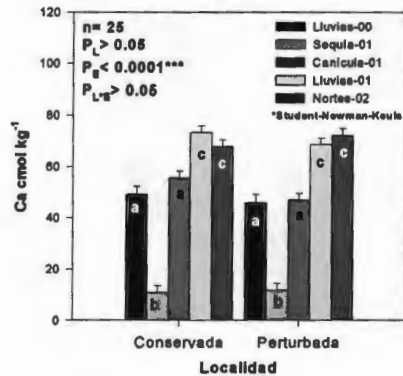
**Figura 12.-** Variación en la concentración de potasio en suelo a lo largo de las estaciones de año, en dos localidades de selva mediana, conservado (Huasteco) y perturbado (Milpa). Donde se hicieron comparaciones con un ANOVA de dos vías; el factor A hace referencia a la localidad ( $P_L$ ), el factor B estacionalidad ( $P_E$ ) y además la interacción entre localidad y estacionalidad ( $P_{L*E}$ ). Las letras a, b y c muestran la diferencia verdaderamente significativa de acuerdo al análisis de \*Student-Newman-Keuls.  $H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$



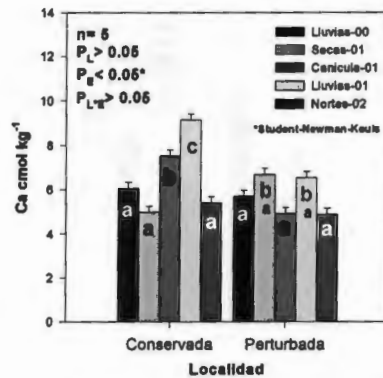
**Figura 13.-** Variación en la concentración de potasio en raíces a lo largo de las estaciones de año, en dos localidades de selva mediana, conservado (Huasteco) y perturbado (Milpa). Donde se hicieron comparaciones con un ANOVA de dos vías; el factor A hace referencia a la localidad ( $P_L$ ), el factor B estacionalidad ( $P_E$ ) y además la interacción entre localidad y estacionalidad ( $P_{L*E}$ ). Las letras a, b y c muestran la diferencia verdaderamente significativa de acuerdo al análisis de \*Student-Newman-Keuls.  $H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$

El contenido de calcio (ver figuras 14 y 15) en los suelos y raíces presentó diferencias de acuerdo a la estacionalidad ( $P < 0.0001$  y  $P < 0.05$ , respectivamente) la concentración de calcio en suelo presenta una relación directamente proporcional con respecto a la estación del año. Cuando hay sequía la concentración es menor, cuando se incrementa la precipitación la concentración aumenta por efecto de disolución de la roca madre del suelo observando que mientras mayor sea la precipitación mayor es la concentración encontrada.





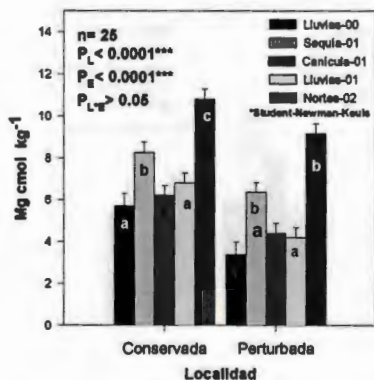
**Figura 14.-** Variación en la concentración de calcio en suelo a lo largo de las estaciones de año, en dos localidades de selva mediana, conservado (Huasteco) y perturbado (Milpa). Donde  $P_L$ ,  $P_E$  y  $P_{L \cdot E}$  hacen referencia al ANOVA de dos vías. Las letras a, b y c corresponden a la prueba estadística de \*Student-Newman-Keuls.  $H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$



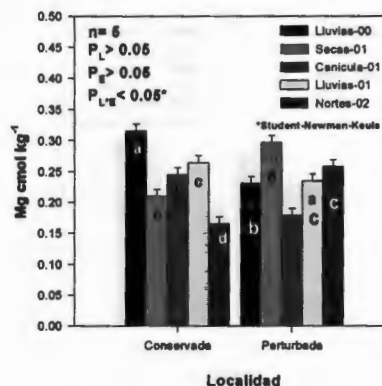
**Figura 15.-** Variación en la concentración de calcio en raíces a lo largo de las estaciones de año, en dos localidades de selva mediana, conservado (Huasteco) y perturbado (Milpa). Donde  $P_L$ ,  $P_E$  y  $P_{L \cdot E}$  hacen referencia al ANOVA de dos vías. Las letras a, b y c corresponden a la prueba estadística de \*Student-Newman-Keuls.  $H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$

El contenido de magnesio (ver figura 16) en suelo muestra diferencias entre localidades  $P_L < 0.0001$  y a nivel de la estacionalidad  $P_E < 0.0001$ . Las raíces no presentan diferencias por los factores estacionalidad ni localidad (ver figura 17), sin embargo se presentaron diferencias en la interacción de los factores  $P_{L \cdot E} < 0.05$ .

La concentración de magnesio en suelo se presentó en mayor magnitud en las estaciones de sequía y nortes en ambos sitios. En las raíces no se encuentran diferencias por los factores. Sin embargo se puede apreciar que la cantidad de magnesio en raíces es muy baja en comparación a la concentración presente en los suelos, aunque no se cuenta con valores de magnesio en tejido foliar se podría decir que el magnesio es un elemento que no es limitante para el crecimiento de *Desmoncus orthacanthos*. Chinchilla (1994) reportó suelos óptimos en magnesio  $1 \text{ cmol kg}^{-1}$ , en sitios donde crece *Desmoncus spp.* Etchevers (1988) reporta que suelos con un contenido  $> 3 \text{ cmol k}^{-1}$  tienen valores altos.

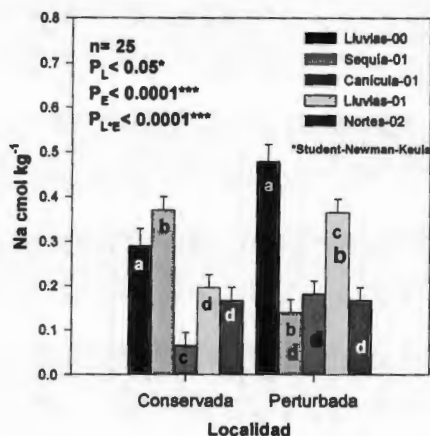


**Figura 16.-** Variación en la concentración de magnesio en suelo a lo largo de las estaciones de año, en dos localidades de selva mediana, conservado (Huasteco) y perturbado (Milpa). Donde  $P_L$ ,  $P_E$  y  $P_{L*E}$  hacen referencia al ANOVA de dos vías. Las letras a y b corresponde a la prueba estadística de \*Student-Newman-Keuls.  
 $H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$

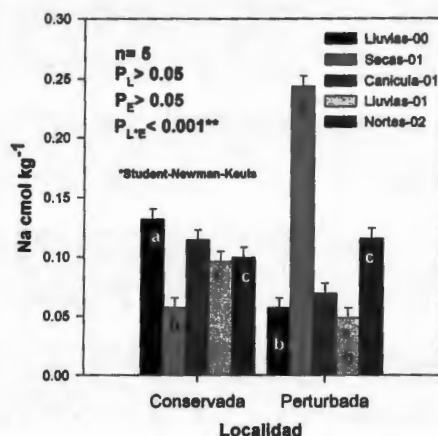


**Figura 17.-** Variación en la concentración de magnesio en raíces a lo largo de las estaciones de año, en dos localidades de selva mediana, conservado (Huasteco) y perturbado (Milpa). Donde  $P_L$ ,  $P_E$  y  $P_{L*E}$  hacen referencia al ANOVA de dos vías. Las letras a y b corresponde a la prueba estadística de \*Student-Newman-Keuls.  
 $H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$

El contenido del sodio (ver figura 18) en los suelos presenta diferencias a nivel de localidad  $P < 0.05$ , de estacionalidad  $P < 0.0001$  y en la interacción entre localidad y estacionalidad  $P < 0.0001$ . En las raíces no se presentan diferencias en los factores estacionalidad y localidad (ver figura 19), sin embargo se encuentran diferencias a nivel de interacción de los dos factores  $P < 0.001$ , lo cual implica consecuencias que deben ser estudiadas con más detalle. Las concentraciones en los suelos de ambos sitios son elevadas pero no son tóxicas para la mayoría de las plantas cultivadas por lo que habría que ver si sus concentraciones provocan un efecto importante en la nutrición de *Desmoncus orthacanthos*.



**Figura 18.-** Variación en la concentración de sodio en suelos a lo largo de las estaciones de año, en dos localidades de selva mediana, conservado (Huasteco) y perturbado (Milpa). Donde  $P_L$ ,  $P_E$  y  $P_{L*E}$  hacen referencia al ANOVA de dos vías. Las letras a y b corresponde a la prueba estadística de \*Student-Newman-Keuls.  $H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$



**Figura 19.-** Variación en la concentración de sodio en raíces a lo largo de las estaciones de año, en dos localidades de selva mediana, conservado (Huasteco) y perturbado (Milpa). Donde  $P_L$ ,  $P_E$  y  $P_{L*E}$  hacen referencia al ANOVA de dos vías. Las letras a y b corresponde a la prueba estadística de \*Student-Newman-Keuls.  $H_0 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$

Las plantas de *Desmoncus orthacanthos* crecen de forma rápida en lugares perturbados. Sin embargo los nutrientes en el sitio conservado se encuentran en mayor cantidad y disponibilidad en comparación con el sitio perturbado (ver cuadro No. 2). Estos datos nos sugieren que el crecimiento y la calidad de *Desmoncus orthacanthos* está muy relacionados con la disponibilidad de los nutrientes y sus fluctuaciones de concentración y disponibilidad de acuerdo a los periodos estacionales (ver cuadro No. 3). Esto también coincide con las observaciones que hacen los campesinos y sus predicciones de que las plantas con mejores características para la elaboración de muebles están en lugares conservados. Esto puede deberse a una mayor fertilidad del suelo en el sitio conservado, una mejor clase de textura y capacidad de retención de agua. Aunque también es importante considerar la calidad del hábitat que forma la vegetación acompañante (Chinchilla, 1994).

**Cuadro 2.- Valores promedio de los nutrimentos por estacionalidad.**

Elemento	Estación	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Sodio	
		S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R
Conservada	Lluvias-00	63.7 <sup>a</sup>	87 <sup>a</sup>	18.9 <sup>a</sup>	18.8 <sup>a</sup>	1.9 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>	48.9 <sub>a</sub>	6.1 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	0.32 <sup>a</sup>	0.29 <sup>a</sup>	0.13 <sup>a</sup>
	Secas-01	103.5 <sub>b</sub>	48 <sup>b</sup>	18.7 <sup>a</sup>	22.2 <sup>a</sup>	6.9 <sup>b</sup>	1.2 <sup>b</sup>	10.9 <sub>b</sub>	5.0 <sup>a</sup>	8.3 <sup>b</sup>	0.21 <sup>b</sup>	0.37 <sup>b</sup>	0.06 <sup>b</sup>
	Canícula-01	87.6 <sup>c</sup>	57 <sup>b</sup>	15.4 <sup>b</sup>	9.9 <sup>b</sup>	3.5 <sup>c</sup>	0.9 <sup>c</sup>	55.5 <sub>a</sub>	7.5 <sup>b</sup>	6.2 <sup>a</sup>	0.25 <sup>c</sup>	0.06 <sup>c</sup>	0.11 <sup>c</sup>
	Lluvias-01	85.7 <sup>c</sup>	99 <sup>a</sup>	18.5 <sup>a</sup>	11.7 <sup>b</sup>	4.0 <sup>c</sup>	0.7 <sup>c</sup>	73.2 <sub>c</sub>	9.2 <sup>c</sup>	6.8 <sup>a</sup>	0.26 <sup>c</sup>	0.20 <sup>d</sup>	0.10 <sup>c</sup>
	Nortes-02	92.1 <sup>c</sup>	62 <sup>b</sup>	12.7 <sup>c</sup>	23.5 <sup>a</sup>	3.2 <sup>c</sup>	1.1 <sup>d</sup>	67.8 <sub>c</sub>	5.4 <sup>a</sup>	10.8 <sub>c</sub>	0.17 <sup>d</sup>	0.17 <sup>d</sup>	0.10 <sup>c</sup>
Perturbada	Lluvias-00	18.9 <sup>a</sup> <sub>*</sub>	79 <sup>a*</sup>	11.5 <sup>ac</sup>	28.6 <sup>a</sup> <sub>*</sub>	2.6 <sup>a</sup>	1.1 <sup>a</sup> <sub>d</sub>	45.8 <sub>a</sub>	5.7 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a*</sup>	0.23 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	0.48 <sup>a</sup> <sub>*</sub>	0.06 <sup>a</sup> <sub>b</sub>
	Secas-01	48.9 <sub>b*</sub>	66 <sup>b*</sup>	16.2 <sub>b*</sub>	17.1 <sub>b*</sub>	6.2 <sup>b</sup>	1.3 <sup>b</sup> <sub>a</sub>	11.8 <sub>b</sub>	6.7 <sup>b</sup> <sub>a</sub>	6.4 <sup>ba</sup>	0.30 <sup>b</sup> <sub>a</sub>	0.14 <sup>b</sup> <sub>d</sub>	0.24 <sup>b</sup> <sub>*</sub>
	Canícula-01	48.4 <sub>b*</sub>	49 <sup>cb</sup>	11.4 <sup>ac</sup>	4.7 <sup>c</sup>	3.9 <sup>c</sup>	0.8 <sup>c</sup>	46.9 <sub>a</sub>	4.9 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a*</sup>	0.18 <sup>c</sup> <sub>d</sub>	0.18 <sup>b</sup> <sub>d</sub>	0.07 <sup>a</sup> <sub>b</sub>
	Lluvias-01	44.5 <sub>b*</sub>	75 <sup>a*</sup>	17.6 <sub>ba</sub>	18.1 <sub>b*</sub>	6.6 <sup>b</sup>	0.8 <sup>c</sup>	68.6 <sub>a</sub>	6.6 <sup>b</sup> <sub>a</sub>	4.2 <sup>a</sup>	0.24 <sup>a</sup> <sub>c</sub>	0.36 <sup>c</sup> <sub>b</sub>	0.05 <sup>a</sup> <sub>b</sub>
	Nortes-02	50.2 <sub>b*</sub>	87 <sup>a</sup>	10.1 <sup>ac</sup>	38.6 <sup>d</sup>	4.3 <sup>c</sup>	1.4 <sup>d</sup> <sub>a</sub>	72.1 <sub>c</sub>	4.9 <sup>a</sup>	9.2 <sup>cb</sup>	0.26 <sup>d</sup> <sub>c</sub>	0.17 <sup>b</sup> <sub>d</sub>	0.12 <sup>c</sup>

N, K, Ca, Mg y Na se presentan en  $\text{cmol kg}^{-1}$  y P se presenta en  $\text{mg kg}^{-1}$ . S = Suelo y R = Raíces. Las letras a, b, c y d corresponden a la prueba estadística de \*Student-Newman-Keuls.

**Cuadro 3.- Valores de probabilidad estadística de un ANOVA de dos vías para los nutrimentos N, K, Ca, Mg, Na y P.**

Elemento	Componente	P <sub>Localidad</sub>	P <sub>Estacionalidad</sub>	P <sub>Loc*Est</sub>
Nitrógeno (N) Total	Suelo	P < 0.0001***	P < 0.0001***	ns
	Raíces	ns	P < 0.0001***	P ≤ 0.05*
Fósforo (P) Extractable	Suelo	P < 0.0001***	P < 0.0001***	P ≤ 0.05*
	Raíces	ns	P < 0.0001***	ns
Potasio (K <sup>+</sup> ) Intercambiable	Suelo	P < 0.0001***	P < 0.0001***	P < 0.0001***
	Raíces	ns	P < 0.001**	ns
Calcio (Ca <sup>2+</sup> ) Intercambiable	Suelo	ns	P < 0.0001***	ns
	Raíces	ns	P ≤ 0.05*	ns
Magnesio (Mg <sup>2+</sup> ) Intercambiable	Suelo	P < 0.0001***	P < 0.0001***	ns
	Raíces	ns	ns	P ≤ 0.05*
Sodio (Na <sup>+</sup> ) Intercambiable	Suelo	P ≤ 0.05*	P < 0.0001***	P < 0.0001***
	Raíces	ns	ns	P < 0.001**

Donde P<sub>L</sub> es la probabilidad del factor localidad, P<sub>E</sub> es la probabilidad del factor estacionalidad y P<sub>L·E</sub> es la probabilidad de la interacción de ambos factores; el grado de significación; ns = no significativo; \* P ≤ 0.05, ligeramente significativo; \*\* P < 0.001, significativo y \*\*\* P < 0.0001 altamente significativo.

Con los datos obtenidos se consideraron la proporciones entre los nutrimentos del suelo y las raíces (S/R), para establecer una idea del requerimiento de la planta en condiciones contrastantes; por el manejo y conservación de las localidades. Los valores cercanos a 1 indican una demanda mayor por parte de la planta, en función de la capacidad de almacenamiento en los suelos. Los Valores mayores a 1, indican una demanda menor por parte de la planta, lo que permite una mayor capacidad de almacenamiento a los suelos.

Cuadro 4.- Valores de proporciones de los elementos en los compartimentos suelo/raíces.

LOCALIDAD	ESTACIÓN	NITRÓGENO	FÓSFORO	POTASIO	CALCIO	MAG ESIO	SODIO
Conservada	Lluvias-00	0.73	1.00	1.37	8.08	17.84	2.23
	Secas-01	2.16	0.85	3.27	2.18	39.43	6.17
	Canícula-01	1.54	1.54	4.02	7.37	24.84	0.55
	Lluvias-01	0.87	1.58	5.84	8.00	26.23	2.00
	Nortes-02	1.49	0.54	3.01	12.52	63.53	1.70
	PROMEDIO	1.36	1.10	3.50	7.63	34.37	2.53
Perturbada	Lluvias-00	0.24	0.40	2.48	8.03	14.74	8.00
	Secas-01	0.74	0.95	4.64	1.76	21.23	0.58
	Canícula-01	0.99	2.39	4.70	9.53	24.50	2.57
	Lluvias-01	0.59	0.97	8.85	10.47	17.50	7.20
	Nortes-02	0.58	0.26	3.01	14.78	35.23	1.42
	PROMEDIO	0.63	1.0	4.74	8.92	22.64	3.95

Los datos para realizar la proporción fueron tomados en centimoles (cmol kg<sup>-1</sup>) excepto el fósforo que se tomaron las unidades en miligramo por kilogramo (mg k<sup>-1</sup>).

## DISCUSIÓN

Chinchilla (1994) hace referencia que los sitios con mayor cantidad de materia orgánica, una buena disponibilidad de agua, sin llegar a tener periodos de inundación permiten un incremento en la densidad poblacional, así como una tasa de crecimiento de *Desmoncus spp* de aproximadamente  $12 \text{ cm mes}^{-1}$ , en plantas que inicialmente presentaban tallas de 20-40 cm, sin encontrar diferencias significativas de acuerdo al tipo de localidad, conservada o perturbada. Aunado a esto debemos reconocer que existen múltiples limitantes de los recursos que actúan comúnmente en las comunidades vegetales (Chapin *et al*, 1987). De acuerdo a los datos obtenidos, las plantas de *Desmoncus orthacanthos* que en promedio eran de una talla de 35 cm, crecen en condiciones favorables de nutrimentos, además no mostraron signos de deficiencias, aún cuando las plantas indirectamente se sometieron a estrés por el efecto de corte de raíces en cada muestreo y la herbívora por parte de algunos insectos. Sin embargo cuando se consideran los parámetros de nutrimentos en campo es difícil valorar si los nutrimentos representan una limitante en el crecimiento de la especie o si muestran una alta disponibilidad a la misma. En términos estrictos los requerimientos máximos y mínimos nutrimentales solamente se pueden observar a través de la fertilización experimental (Vitousek *et al*, 1986).

El nitrógeno total en suelos muestra una variación entre sitios, siendo mayor la concentración en el sitio conservado (mayores a  $60 \text{ cmol kg}^{-1}$ ). Esto puede implicar que la mineralización de este elemento tiene que ver con la cantidad de microorganismos, composición florística y materia orgánica presentes. El contenido encontrado en el sitio perturbado es menor ( $< 50 \text{ cmol kg}^{-1}$ ). En las raíces solo se encuentran diferencias de acuerdo a la estacionalidad. Los resultados obtenidos en este elemento permiten apoyar las observaciones realizadas por Chinchilla (1994) en la que los campesinos mencionan que las plantas con mejores características para el manejo están lugares conservados. Los resultados permiten considerar al nitrógeno como uno de los elementos más importantes para el crecimiento y desarrollo de esta especie, debido a que las concentraciones de nitrógeno muestran esta tendencia. En general las concentraciones de N y P son bajas en sitios con moderada fertilidad en selvas húmedas (Vitousek *et al.*, 1986). Sin embargo al mismo tiempo estos nutrimentos presentan concentraciones que le permiten a las plantas tener una nutrición balanceada (Chapin *et al.*, 1986).

El fósforo en el suelo presenta diferencias altamente significativas a nivel de localidad. Esto puede deberse al manejo que se le dio a la vegetación, pues el contenido de fósforo en estos suelos está muy relacionado con la cantidad de materia orgánica y a los procesos de mineralización por efecto de la estacionalidad que afectan la disponibilidad del mismo (ver Cuadro 3). Este elemento presenta una variación mayor con respecto a las estaciones que entre los sitios. En las raíces el fósforo se mantiene en mayores concentraciones cuando las precipitaciones son moderadas.

En trabajos realizados en selva mediana Granados (1995) reporta un aporte de fósforo por efecto de las precipitaciones pluviales de  $0.948 \pm 0.1286 \mu\text{g P}/100 \text{ mL}$

en la estación de sequía y  $0.616 \pm 0.051 \mu\text{g P}/100 \text{ mL}$  en la estación de lluvias. Este fósforo proviene del lavado de partículas de polvo suspendidas en la atmósfera y acarreadas por el viento. Sin embargo las concentraciones de aporte son muy bajas y poco significativas para considerar su influencia en la variación encontrada en los resultados presentes.

Chinchilla (1994) reportó concentraciones de 7 ppm para parcelas donde crecen especies del género *Desmoncus*, considerándolas bajas y deficientes, describiendo además que valores altos de fósforo en suelo ( $>11 \text{ ppm}$ ) se relacionan con altas concentraciones de materia orgánica. Sin embargo debemos considerar que las diferencias entre localidades pueden deberse a la presencia de microorganismos fosfolubilizadores, así como a la presencia de esporas de hongos micorrízicos que colonizan la raíz de *Desmoncus orthacanthos*, tal es el caso de las especies *Acaulospora scrobiculata* y *Glomus geosporum* (Carrillo *et al*, 2002), lo cual permitiría a las raíces mantener una concentración adecuada de fósforo durante las estaciones del año. Cabe resaltar que la colonización de especies micorrízicas disminuye conforme incrementa la humedad en el suelo, lo que hace pensar que la presencia de micorrizas beneficia en una mejor nutrición a la planta, también permite una mayor resistencia hacia patógenos y estrés hídrico (Carrillo *et al*, 2002).

En los resultados obtenidos en los análisis de cationes, observamos que el potasio intercambiable en el suelo asociado a *Desmoncus orthacanthos*, varían de acuerdo a la estacionalidad. El intervalo de sus concentraciones va de 2 a 9  $\text{cmol kg}^{-1}$ . La relación entre la concentración de potasio en raíces y la estación de precipitación es inversamente proporcional a las concentraciones del suelo; esto se debe a que las plantas absorben mayor cantidad de potasio del suelo cuando las concentraciones en este son poco disponibles.

Granados (1995) reporta un aporte de potasio a través de la precipitación pluvial de 2.5-11.9  $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$  sin encontrar diferencias entre las estaciones. Chinchilla (1994) reporta valores ricos en potasio (100 ppm) en suelos donde crece *Desmoncus spp.*, incrementando su concentración en función de la materia orgánica. Etchevers (1988) reporta que suelos con un contenido de 0.6-1.3  $\text{cmol k}^{-1}$  del mismo tienen valores altos (Evergenyi *et al.*, 1991).

Se presentan valores altos en las concentraciones de calcio intercambiable en suelo, esto se debe a que el suelo está conformado de material calcáreo. Se observa una diferencia al nivel de estacionalidad; el intervalo de valores va de 5 a 7  $\text{cmol kg}^{-1}$  en la estación de sequía y 47 a 73  $\text{cmol kg}^{-1}$  en las estaciones de precipitaciones y canícula. El calcio en raíces mantiene una diferencia muy ligera con el factor estacionalidad. Podemos decir que este factor es constante debido a la naturaleza de los suelos. La relación entre la concentración de calcio y la estación de precipitación es directamente proporcional; durante las estaciones de lluvia el material parental del suelo tiende a liberar algunas sales que contienen calcio.

Cabe resaltar que el paisaje Karst presenta fenómenos de disolución de la roca calcárea (Beltrán, 1959). Debido a que el carbonato de calcio es relativamente insoluble, pero cuando está presente en los suelos forma una presión constante para

saturar el intercambio con calcio de la siguiente manera:  $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{-micela} \rightarrow \text{Ca-micela} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  por esta razón los suelos calcáreos están 100% saturados de base y el pH está controlado principalmente por la hidrólisis del carbonato de calcio de tal forma:  $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3$  la mayor disociación del hidróxido de calcio y la producción de  $\text{OH}^-$  en relación con la producción de  $\text{H}^+$  a partir del ácido carbónico débil produce un efecto alcalino. Como resultado, el pH de los suelos calcáreos varía por lo general de 7 a un máximo de 8.3 (Millar *et al.*, 1979).

Las raíces mantienen una cantidad menor a la del suelo en una proporción 10 veces menor aproximadamente, considerando que puede ser un elemento poco requerido por la planta y no se encuentra en niveles de toxicidad.

Chinchilla (1994) reportó valores muy altos en calcio debido a que los tipos de suelo son de origen calcáreo, mencionando que los valores recomendables son 8 meq/100g. Etchevers (1988) reporta que suelos con un contenido  $> 10$  meq/100g ó  $10 \text{ cmol k}^{-1}$  tienen valores altos.

En cuanto al magnesio intercambiable en suelos, se observan diferencias entre las estaciones, el intervalo de valores va de 1 a  $12 \text{ cmol kg}^{-1}$ . El magnesio es un elemento que reportó concentraciones muy variables en estas localidades, ya que en los datos reportados por INEGI los valores se encuentran en intervalos de 4.0 a  $4.6 \text{ cmol kg}^{-1}$ , sin embargo se observa que las concentraciones en el sitio conservado son mayor a las del sitio perturbado. La relación entre la concentración de magnesio y las estaciones de precipitación no son fáciles de distinguir, debido a que en el suelo se encontraron valores altos en la época de sequía 2001, así como en la época de nortes 2002, lo que nos indica que en este elemento las variaciones estacionales están dadas por otro factor o parámetro diferente a la precipitación o humedad del suelo que no ha sido determinado. Las raíces mantienen una concentración mucho menor a la presente en los suelos y no presenta diferencias en los factores localidad, ni estacionalidad. Guillen en (2001) reportó que este elemento en palmas como *Thrinax radiata* y *Coccothrinax readii* presenta poca movilidad y es desechado mediante la caída de hojas senescentes, debido a esto se recomienda elaborar ensayos a futuro con este elemento que permitan observar el efecto dosis-respuesta a fin de conocer más sobre su importancia en la nutrición de esta especie.

Respecto al sodio intercambiable en suelos se observan diferencias entre las estaciones, encontrándose un intervalo de variación que va de  $0.05$  a  $5.1 \text{ cmol kg}^{-1}$ , así como la interacción entre localidad contra estación. Este elemento aunque se presenta en valores menores a los demás cationes puede ser considerado importante ya que para muchas plantas es un elemento tóxico y para ciertas palmas es un elemento que se requiere para su crecimiento. En los valores encontrados en raíces notamos concentraciones muy bajas sin ninguna diferencia entre estacionalidad y localidad. En el análisis del elemento sodio se reconoce la necesidad de realizar ensayos a futuro para saber si las concentraciones son limitantes o no para la planta.

De acuerdo con Chinchilla (1994) las proporciones de los elementos Ca/Mg, Ca+Mg/K y Mg/K en el componente suelo permiten obtener un parámetro de nutrición



en la plantas de *Desmoncus spp.* Con los datos obtenidos en esta investigación se realizaron dichas proporciones a fin de comparar con los resultados obtenidos por Chinchilla, encontrando que las proporciones de elementos del suelo Ca/Mg se encuentra en un valor de 8.60 y la relación Ca+Mg/K presenta un valor de 16.07, ambas proporciones muy superiores a las consideradas como óptimas por Chinchillas (1994). La relación Mg/K presentó valores de 1.82, lo que indica valores menores a los óptimos de acuerdo a Chinchilla (1994).

Cuando se consideran los valores promedio de los nutrimentos y se analiza la proporción que existe entre compartimentos; es decir entre el suelo y las raíces (Suelo/Raíces) se observan diferencias entre las localidades de estudio, que pueden reflejar la plasticidad que presenta *Desmoncus orthacanthos* en cuanto al balance energético para llevar a cabo su nutrición y el desarrollo de nuevos tejidos (ver cuadro No. 4). De esta forma podemos ver cómo la proporción de nitrógeno (S/R) es mayor en la zona conservada, por lo que se podría considerar que es un elemento que está siendo requerido en altas cantidades. Y en caso de contar con suelos pobres en nitrógeno; producto de un manejo inapropiado como deforestación quema o cultivo monoespecífico la planta podría sufrir limitaciones. En la zona conservada las plantas translocan este nutrimento de una forma más eficiente en comparación a la localidad perturbada. Para la proporción correspondiente al fósforo (S/R) observamos también un alto requerimiento por parte de la planta. Siendo ligeramente mayor la proporción en la zona conservada. Los elementos K, Ca y Na presentan una proporción (S/R) mayor a 1, siendo la zona perturbada la que presenta mayor magnitud de esta proporción, donde la cantidad de estos elementos en suelos es mayor y la planta transloca muy bajas cantidades. En el caso de magnesio este elemento presenta una proporción mayor en el sitio conservado, por lo cual se podría pensar que este elemento lo absorbe la planta y después lo transloca al suelo, donde se acumula de forma no soluble para la planta, esto podría representar una importancia en el desarrollo y nutrición de *Desmoncus orthacanthos*, aunque hacen falta ensayos para observar si esta idea es cierta.

## CONCLUSIONES

Los nutrimentos analizados en suelo N, P, K, Mg, Ca y Na presentan una variación de acuerdo al factor estacionalidad

La variación de los elementos N, P, K y Mg por el factor localidad esta en función al grado de conservación de las localidades, que se diferencian en madurez así como composición florística presente y el tipo de manejo que se le da a la vegetación actualmente.

Los nutrimentos N, P y K, en raíces presentan incremento en sus concentraciones por efecto de la estacionalidad, al tener mayor humedad el suelo, la planta es capaz de absorber mayor cantidad de nutrimentos, siendo el sitio conservado el que favorece una mayor nutrición a la plantas.

Los elementos N, y P presentan mayor demanda, de acuerdo a las proporciones dadas entre suelo/raíces, esta proporción se considera como un indicador de la translocación de los elementos del suelo hacia la planta, lo cual resalta la importancia de estos elementos en el desarrollo y crecimiento de *Desmoncus orthacanthos*.

## RECOMENDACIONES

Los elementos K y Ca presentan una discriminación por parte de las raíces de *Desmoncus orthacanthos*. Debido a esto se recomienda elaborar ensayos a futuro para observar el efecto de absorción de otros nutrimentos en presencia de estos elementos.

En cuanto a los nutrimentos Mg y Na en raíces se desconoce si sus concentraciones son limitantes o no para esta especie, debido a esto se recomienda elaborar ensayos para verificar su importancia en la nutrición de *Desmoncus orthacanthos*.

## BIBLIOGRAFÍA

Allan L. D y R. Killorn. 1996. **Assessing soil nitrogen, phosphorus, and potassium for crop nutrition and environmental risk.** Methods for assessing soil quality. SSSA. Special publication number 49. Soil Science Society of America. Madison; Wisconsin. Estados Unidos de América, pp 187-201.

Arshad M. A. C., B. Lowery y B. Grossman. 1996. **Physical tests for monitoring soil quality.** Methods for assessing soil quality. SSSA. Special publication number 49. Soil Science Society of America. Madison; Wisconsin. Estados Unidos de América, pp 123-141.

Bakker M. R. 1999. **Fine-root parameters as indicators of sustainability of forest ecosystem.** Forest Ecology and Management. 122:7-16.

Bautista Z. F. 2000. **Suelos: Técnicas de muestreo para el manejo y conservación de recursos naturales.** Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. En prensa.

Beltrán E. 1959a. **Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento.** II parte: Estudios particulares; Capitulo II Geología y Geohidrología. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México D.F. paginas155-920

Bigelow C. A., D. C. Bowman y K. D. Cassel. 2001. **Nitrogen leaching in sand-based rootzones amended with inorganic soil admendments and sphagnum peat.** J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126 (1) : 151-156

Bowling D. J. F. 1976. **Uptake of ions by plant roots.** Chapman and Hall. London pp 4-64.

Chapin S. F., P. M. Vitousek, y C. K. Van 1986. **The nature of nutrient limitation in plant communities.** American Naturalist 127: 48-58.

Chapin S. F., Bloom A. J., Field C. B. y Waring R. H. 1987. **Plant responses to multiple environmental factors.** Bioscience. 37: 49-57.

Carrillo L., R. Orellana y L. Varela. 2002. **Mycorrhizal associations in three species of palms of the Yucatán peninsula, México.** Palms. 46 (1): 39-46.

Chapman H. D. y P. F. Parker 1984. **Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas.** Editorial Trillas. México. Pp- 45-50

Chinchilla A. M. R. 1994. **Caracterización de las poblaciones de bayal *Desmoncus spp.*, con fines de aprovechamiento artesanal, en la unidad de manejo forestal de San Miguel, San Andrés, Peten.** Tesis Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Instituto de Investigaciones Agronómicas. Guatemala. 134p.

Comerford N. B. 1999. **Mecanismos de captación de nutrimentos en ecosistemas forestales: de como interpretar la fertilidad en el contexto de la conservación de recursos genéticos.** En Orellana Roger, Escamilla José A. y Larqué-Saavedra. **Ecofisiología vegetal y conservación de recursos genéticos.** CICY. Mérida, Yucatán, México. pp 127-136.

Comerford, N y M. Mcleod. 1993. **Soil and plant methods for forest soil.** Soil Science Department. University of Florida. Gainesville. USA.

Dick P. R., R. D. Thomas y J. J. Halvorson. 1996. **Standardized methods, sampling, and sample pretreatment.** Methods for assessing soil quality. SSSA. Special publication number 49. Soil Science Society of America. Madison; Wisconsin. Estados Unidos de América pp 107-121.

Escalante, S., R. Orellana, C. Montaña, y L. Eguiarte. 1997. **Proyecto estudio demográfico y genético de *Desmoncus quasillarius* (Arecaceae),** Centro de Investigación científica de Yucatán, pp. 2-13.

Escamilla J. A., N. B. Comerford y D. G. Neary. 1991. **Spatial pattern of slash pine roots and its effect on nutrient uptake.** Soil. Sc. Soc. Amer. J. 55:1716-1721.

Escamilla J. A. 1999. **Estudios de suelos y de ecosistemas vegetales.** En Orellana Roger, Escamilla José A. y Larqué-Saavedra. **Ecofisiología vegetal y conservación de recursos genéticos.** CICY. Mérida, Yucatán, México. pp 119-125.

Evergenyi L. J.C., Z. M. E. Velasco y M. J. F. Aguirre. 1991. **Potasio intercambiable en suelos de la costa de Chiapas.** En Memorias del primer Seminario sobre Manejo de Suelos Tropicales en Chiapas. CIES. Publicación especial. Pp 95-98.

Flores, J. S. y I. Espejel. 1994. **Tipos de vegetación de la península de Yucatán.** Etnoflora Yucatanense. UADY. México. pp 3- 135.

Guillen M. K. D. 2001. **Determinación de nutrimentos de palmas de la duna costera de San Benito, Yucatán. *Thrinax radiata* y *Coccothrinax readii*.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida Yucatán., pp 57-62

IRENAT-COLPOS. 1998. **Manual de procedimientos analíticos para análisis de suelos y plantas del laboratorio de fertilidad de suelos.** Instituto de Recursos Naturales- Colegio de postgraduados. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C.

JACKSON, M. L., 1964. **Análisis químico de suelos.** Traducción al español por J. Beltrán M. Omega, Barcelona, España.

LABCONCO. 1988. **Instruction Manual. Rapid distillation apparatus. Model 65000.** Labconco corporation, Kansas city. Mo.

Miller C. E., H. D. Foth y L. M. Turk. 1979. **Fundamentos de la ciencia del Suelo**. CECSA. México. Pag.215.

Nielsen D., P. Millard, G. Nielsen y E. Hogue. 2001. **Nitrogen uptake, efficiency of use, and partitioning for growth in young apple trees**. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126 (1): 144-150.

Nordin A., P. Höberg y T. Näsholm 2001. **Soil nitrogen form and plant nitrogen uptake along a boreal forest productivity gradient**. Oecologia 129:125-132.

Nye P. H. y P. B. Tinker. 1977. **Solute movement in the soil root system**. University of California Press. Berkley, CA. USA pp 342.

Olsen, S. R., y L. A. Dean. 1965. **Phosphorus**. In : C. A. Black (ed.) Methods of soil analysis. Part 2 Agronomy 9. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. pp. 1035-1049

Orellana, R., P. Herrera, S. Rebollar, J. Escalante, G. López, S. Escalante, y L. Gus. 1997. **Studies of the potential uses of some native palms of the Yucatán Peninsula (México) as substitutes of rattan**. Trabajo presentado en Second International Symposium on Ornamental Palms and other monocots from tropics. Puerto de la Cruz, Tenerife, Canarias, España.

Pearcy, R. W., J. Ehleringer, H. A. Mooney y P. W. Rundel. 1994. **Plant physiology Ecology (field method and instrumentation)**. Chapman and hall, pp. 185-186, 367-398.

Persson H. J., H. Majdi y A. Clemensson-Lindell. 1995. **Effects of acid deposition on tree roots**. Ecol. Bull. 44:158-167.

Quero J, H. 1992. **Las palmas silvestres de la península de Yucatán**. Publicaciones especiales 10. Jardín Botánico, Instituto de Biología UNAM. México, D. F. México, pp 9, 42-44.

Sarrantonio M, W. J. Doran, A. M. Liebig y J. J. Halvorson. 1996. **On farm assessment of soil quality and health**. Methods for assessing soil quality. SSSA. Special publication number 49. Soil Science Society of America. Madison; Wisconsin. Estados Unidos de América pp 85-105.

SEGOB. 2001. **Sistema Nacional de Información Municipal Versión 6. Ficha Básica de Economía**. Secretaría de Gobernación. Centro Nacional de Desarrollo Municipal CEDEMUN. México.

SigmaStat. 1995. **SigmaStat 2.0 for Windows**. Jandel Corporation. SPSS. Inc.

SigmaPlot. 2001. **SigmaPlot 7.0 for Windows**. SPSS. Inc

Tamm C. O. 1991. **Nitrogen in terrestrial ecosystems** (Ecological Studies 81). Springer, Berlin Heidelberg New York.

Trinidad S.A. y D. C. Rosas. 1994. **Clasificación generalizada de algunas determinaciones químicas de suelo y tejido vegetal, útiles para la interpretación de resultados en Fertilidad de Suelos.** Sección fertilidad de Suelos: Programa de Edafología del Instituto de Recursos naturales del Colegio de Posgraduados,. México.

Vázquez-Yanes C. 1999. **La fisiología ecológica de las plantas.** En Orellana Roger, Escamilla José A. y Larqué-Saavedra. Ecofisiología vegetal y conservación de recursos genéticos. CICY. Mérida, Yucatán, México. pp 1-9.

Vitousek P. M., y R. L. Sanford 1986. **Nutrient cycling in moist tropical forest.** Annu. Rev. Ecol. Syst. 17: 137-167.

Willby N. J., I. D. Putford y T. H. Flowers. 2001. **Tissue nutrient signatures predict herbaceous-wetland community responses to nutrient availability.** New Phytologist 152 : 468-481.

## CAPÍTULO 3

### **Relaciones hídricas en el suelo asociado y raíces de *Desmoncus orthacanthos* Martius en condiciones ambientales contrastantes; localidad y estacionalidad**

#### **RESUMEN**

En este trabajo se estudió la relación del potencial hídrico en suelo y raíces de *Desmoncus orthacanthos* Martius comparando el efecto de la precipitación en localidades de condiciones ambientales contrastantes de acuerdo al manejo (perturbada y conservada). El porcentaje de humedad gravimétrica entre las localidades estudiadas no presentó diferencias significativas. Las diferencias que se encontraron son entre estaciones del año  $P < 0.001$ . La diferencia entre las localidades en la capacidad de retención de agua se relaciona con la textura de los suelos; franco arcillo limoso para el sitio conservado y arcilloso para el sitio perturbado. El punto de capacidad de campo se encontró en  $-0.03$  MPa, con un porcentaje de humedad de 63% y 48% correspondientes al sitio conservado y perturbado. El punto de marchites permanente se localizó en  $-1.5$  MPa con un porcentaje de humedad de 41% y 37% respectivamente. El potencial hídrico en suelo ( $\psi_{\text{Suelo}}$ ) presentó diferencias entre sitios  $P < 0.001$ , y entre estacionalidad  $P < 0.001$ . El potencial hídrico en raíces ( $\psi_{\text{Raíces}}$ ) presentó diferencias en horario  $P_H < 0.001$  y entre estacionalidad  $P_E < 0.001$ . Para el sitio conservado encontramos valores de  $-0.379$  MPa en promedio en la mañana y para la tarde  $-0.355$  MPa y para el sitio perturbado se encontraron valores de  $-0.334$  MPa en promedio en la mañana y para la tarde  $-0.333$  MPa. La magnitud del potencial hídrico en raíces al medio día se incrementó, es decir se hizo más negativo y los valores encontrados en promedio al medio día  $-0.578$  y  $-0.466$  para el sitio conservado y perturbado respectivamente. La humedad gravimétrica del suelo en las localidades no representó un impedimento para la absorción de nutrimentos ni para el crecimiento y la actividad metabólica de las plantas de *Desmoncus orthacanthos*. Las diferencias encontradas se debieron principalmente a las estaciones del año que imperaron en la región. Así como a la diferencia encontrada en las clases texturales de los suelos en estas localidades. Los resultados obtenidos, permiten observar el continuo entre suelo-planta para *Desmoncus orthacanthos*, en el cual la disponibilidad de agua y nutrimentos, son más favorables en la localidad conservada.

## **ABSTRACT**

In this work the relationship of the water potential was studied in soils and roots of *Desmoncus orthacanthos* Martius comparing the effect of the precipitation in sites of contrasting environmental conditions according to the handling (perturbed and conserved). The percentage of humidity gravimetric among the studied sites didn't present significant differences. The differences that were are among stations of the year  $P < 0.001$ . The difference among the sites in the capacity of retention of water is related with the texture of the soils; sandy clay loam for the conserved place and clay-like for the perturbed place. The field water holding capacity was in  $-0.03$  MPa, with a humidity of 63% and 48% corresponding to the conserved site and perturbed. The wilting point was located respectively in  $-1.5$  MPa with a humidity of 41% and 37%. The water potential in soil ( $\psi_{\text{Soil}}$ ) presented differences among sites  $P < 0.001$ , and among seasons  $P < 0.001$ . The water potential in roots ( $\psi_{\text{Roots}}$ ) presented differences in hours  $PH < 0.001$  and among seasons  $PE < 0.001$ . For the conserved site we find values of  $-0.379$  MPa on the average in the morning and for the afternoon  $-0.355$  MPa and for the perturbed site they were on the average in the morning values of  $-0.334$  MPa and for the afternoon  $-0.333$  MPa. The magnitude of the water potential in roots to the half-day was increased, that is to say it became more negative and the opposing values on the average to the half-day  $-0.578$  and  $-0.466$  for the conserved site and perturbed respectively. The humidity gravimetric of the soil in the sites didn't represent an impediment for the absorption of nutriments neither for the growth and the metabolic activity of the plants of *Desmoncus orthacanthos*. The opposing differences were owed mainly to the seasons of the year that reigned in the region. As well as to the difference found in the textural classes of the soils in these sites. The obtained results, they allow to observe the continuous one among soil-plant for *Desmoncus orthacanthos*, in the one which the availability of water and nutriments, they are more favorable in the conserved site.



## INTRODUCCIÓN

El agua disponible para las plantas es uno de los factores ambientales que influyen en la distribución y abundancia de las especies vegetales en comunidades naturales (Schulze *et al.*, 1987), en algunos ambientes la carencia de agua y la gran demanda por transpiración, puede ser una restricción para el establecimiento de algunos taxa (Dias-Filho *et al.*, 1995). Schulze *et al.*, (1987) sugieren que el estado del potencial hídrico en raíces y suelos es mas importante que el estado de potencial hídrico foliar.

La relación entre el potencial hídrico y el contenido relativo de agua es una característica de los tejidos vegetales, que puede variar con las condiciones ambientales y esto a su vez modifica el continuo suelo-planta el cual se modifica de acuerdo al agua que toman las raíces de las plantas y su transpiración. Una concentración adecuada de humedad del suelo modera la demanda de evaporación en las estaciones, haciendo posible la sobrevivencia de las plantas. Aunado a esto los cambios estacionales son más conspicuos para plantas perennes gramínoideas en ambientes áridos (Kalapos, 1994).

Las restricciones en la capacidad de absorber agua y nutrimentos por parte de las raíces se relaciona fuertemente con los periodos de estacionalidad pluvial, afectando la humedad del suelo e influyendo en el crecimiento de la parte aérea de las plantas, la falta de agua influye en la reducción de la absorción de iones, además de la conductancia estomática, tasa de fotosíntesis y cambios en las cantidades de carbohidratos almacenados en raíces y ramas (Atkinson *et al.*, 2000).

El potencial hídrico en el suelo lejano a las raíces es diferente al potencial hídrico de la rizósfera (Taleisnik, 1999). Sin embargo esta diferencia crea una continuidad entre el agua del suelo y la raíz de la planta, facilitando que el agua fluya a la superficie de la raíz (Campbell, 1985).

Cuando la humedad del suelo disminuye, el potencial hídrico ( $\psi_w$ ) se hace más negativo, sin embargo esto esta en función del potencial mátrico ( $\psi_m$ ) y el potencial de turgencia del suelo ( $\psi_s$ ). El potencial osmótico se aumenta debido al incremento de iones dando un potencial significativo de turgencia ( $\psi_s$ ) o debido a un fuerte efecto osmótico, por ejemplo en algunas especies como *Chrysothamnus nauseosus* var. *consimilis* y *Sarcobatus vermiculatus*, los iones disponibles actúan en las semillas y en plántulas haciendo el potencial hídrico del tejido ( $\psi$ ) mas negativo que el potencial hídrico del suelo ( $\psi_w$ ) (Dodd *et al.*, 1999).

La falta de agua en suelos es un problema de gran importancia en el crecimiento de las plantas, lo que ocasiona poca disponibilidad de nutrimentos (Taleisnik *et al.*, 1999). Esto hace que las plantas desarrollen raíces nuevas para explorar zonas con buena humedad y continuamente las reexploran en el establecimiento del sistema radical (Schulze *et al.*, 1987). En muchos casos esta exploración se presenta con mayor grado al nivel de horizontes donde se acumula

agua dentro del suelo. Sumando a esto, la densidad radical y su arquitectura pueden influir en los patrones de consumos del agua de las plantas (Schulze *et al.*, 1987). Además, la profundidad del suelo puede ser una restricción para el crecimiento de la raíz, debido a que actúa reteniendo agua y supliendo nutrimentos a las plantas. Por lo general, la poca profundidad del suelo se refleja en una baja fertilidad (Arshad *et al.*, 1996) pues el volumen de agua disminuye debido a que la profundidad es una limitante.

Las raíces podrían considerarse como una interfase entre la planta y el suelo de acuerdo al modelo propuesto por Van den Honert (1948) y Cowan (1965) en la teoría de cohesión en el continuo suelo-planta-atmósfera. Además, el crecimiento de las raíces se ve afectado por las condiciones del suelo como temperatura, acumulación de materia orgánica, contenido de humedad; por ejemplo las altas temperaturas favorecen diámetros menores en las raíces, mientras que las temperaturas bajas son importantes porque favorecen los diámetros mayores y se relacionan con el contenido de tóxicos en el suelo y baja aeración (Comerford, 1999)

La conductancia hidráulica en raíces puede medirse por dos diferentes métodos; a) puede aplicarse una presión de aire o gas inerte a las raíces mediante el uso de una bomba de presión tipo Schölander (Jackson *et al.*, 1996) y b) por exudación natural. Para esta investigación se consideró el primer método por ser el más adecuado al desarrollo de la investigación; la bomba de presión presenta un intervalo de medición de 0.1 a 0.5 MPa, lo cuál permite registrar valores en diferentes tiempos, en los que la planta presenta variaciones en la transpiración a lo largo del día, el uso de la bomba de presión crea una fuerza mayor en el movimiento del agua a través del apoplasto que permite considerar la conductividad de forma más eficiente (Fernández *et al.*, 2002). El método de exudación natural solo nos permite conocer el potencial hídrico en un momento dado.

El transporte radial dentro de las raíces ocurre a través del apoplasto y simplasto. Estas dos rutas tienen importancia relativa diferente de acuerdo a la especie, y presentan varias barreras para su paso, como el caso de la ruta del apoplasto que presenta resistencia en la exodermis y endodermis (banda de Caspari). El flujo que está dado por la conductividad hidráulica del sistema radical puede medirse como conductancia. (Fernández *et al.*, 2002). El estrés ambiental como la sequía y la salinidad puede disminuir la conductancia hídrica de la raíz e incrementar la suberización (Taleisnik *et al.*, 1999). La suberización de la exodermis contribuye a la protección de la raíz contra la pérdida de agua en los substratos con baja disponibilidad de agua (Taleisnik *et al.*, 1999).

De acuerdo a la teoría de cohesión el mínimo estado de tensión de un tejido es equivalente a 0.01 MPa, lo cual se considera como un estado estacionario del agua dentro del tejido vegetal (Canny, 1998). La evaluación del potencial hídrico total es de gran importancia en suelos salinos y en substratos con alto contenido de sales (Bohne *et al.*, 1991).

## HIPÓTESIS

Las características del suelo donde crece *Desmoncus orthacanthos* juegan un papel importante en la disponibilidad de agua del suelo hacia las raíces de esta planta, en función de las condiciones de manejo y conservación de las localidades, así como de las estaciones del año.

## OBJETIVO GENERAL

Estudiar la relación entre el potencial hídrico del suelo rizosférico y raíces de *Desmoncus orthacanthos* Martius comparando el efecto de la precipitación en localidades de condiciones ambientales contrastantes de acuerdo al manejo (perturbada y conservada). Con la finalidad de conocer las características del suelo que permitan su crecimiento y por lo tanto su cultivo.

## OBJETIVO PARTICULAR

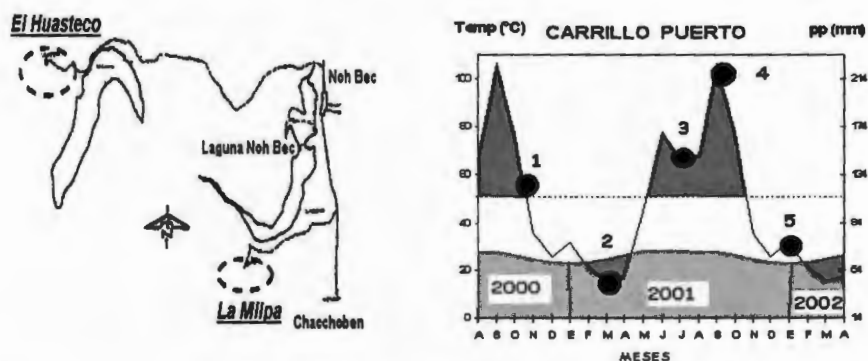
- 1) Determinar las características de textura, humedad y curvas características en los suelos de las localidades donde crece *Desmoncus orthacanthos*.
- 2) Determinar el continuo suelo-planta mediante el potencial hídrico en el suelo y las raíces de *D. orthacanthos* en diferentes estaciones climáticas del año, así como en dos localidades que contrastan por el grado de conservación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio:** El Ejido Noh Bec, se localiza al sur del Municipio de Felipe Carrillo Puerto, estado de Quintana Roo. Se encuentra entre los paralelos 19° 02' 30" y 19° 12' 30" latitud Norte y los meridianos 88° 13' 30" y 88° 27' 30" de longitud Oeste. La altitud es de 60 m.s.n.m. El clima es cálido subhúmedo con un periodo de lluvias en verano y otro periodo corto de lluvias ligeras en enero y febrero denominado "Nortes". La temperatura media anual oscila entre 24 y 26 °C, la precipitación media anual es de 1,200 mm. Según la clasificación de climas de Köppen modificada por Enriqueta García (1988) el de Noh Bec es del tipo Aw<sub>1</sub> (x 'ig). El ejido Noh Bec está dentro de la formación geológica de la Península de Yucatán denominada "Carrillo Puerto" (INEGI 1984). La actividad principal de sus pobladores es la explotación forestal, pero también se desarrollan actividades agrícolas, pecuarias, extracción de chicle, artesanías, entre otras. (INEGI, 1984).

El muestreo de suelos, raíces y evaluaciones del potencial hídrico se realizó de acuerdo a las estaciones climáticas. El primer muestreo se realizó en la estación de lluvias (septiembre 2000); el segundo, en la estación de sequía (marzo 2001); el tercero, en canícula (junio 2001); un cuarto muestreo la estación de lluvias (septiembre 2001) y el quinto muestreo en época de nortes (febrero 2002).

**Muestreo de suelo:** Para cada época se recolectaron 25 muestras de suelo a 10 cm de las plantas de *Desmoncus orthacanthos*, usando nucleadores de plástico de PVC-hidráulico (4 cm de diámetro x 10 cm longitud) obteniéndose 50 núcleos por los dos sitios. Los núcleos se sellaron con cinta canela evitando así la evaporación del agua del suelo, se rotularon y se colocaron en bolsas de polietileno negro, después se colocó una etiqueta dentro de la bolsa y se introdujo el núcleo en otra bolsa de manera que una etiqueta queda entre las dos bolsas; las bolsas fueron transportadas al laboratorio (Bautista, 2000). Se consideró un número de muestra de 25 por sitio (Perturbado y Conservado).



**Figura 20.**-Izquierda: Croquis de localización del ejido Noh Bec y localidades de muestreo. Derecha: Diagrama Ombrotérmico de la estación Felipe Carrillo Puerto. Modificado para mostrar las estaciones de muestreo: 1 = Lluvias 2000, 2 = Sequía, 3 = Canícula, 4 = Máximo de Lluvias 2001 y 5 = Nortes. En el eje X se representa la temperatura en grados Celsius y en el eje Y se representa la precipitación en milímetros.

**Análisis de suelo:** Del primer muestreo de suelo se determinó el potencial hídrico usando cámaras psicrométricas. El método psicrométrico consiste en preparar una serie de soluciones a concentraciones 0, 100, 500 y 900 mOsm de NaCl, estas concentraciones simulan el potencial osmótico a determinado porcentaje de humedad, las cuales son impregnadas en papel filtro Whatman 1 y se colocaron en las cámaras psicrométricas para determinar el potencial hídrico, después se realizó una regresión lineal simple  $Y = a + bX$ , graficando las curvas de calibración. Una vez calibrado el equipo se agrega una muestra de suelo de la cual se conoce la humedad y despejando la variable X por mínimos cuadrados proveniente de la regresión lineal simple se conoce el potencial hídrico de la muestra  $X = (Y-a)/b$  (Gutiérrez *et al*, 1998). Tomando 25 muestras por sitio. Para obtener los valores del potencial hídrico de los suelos en los cuatro muestreos restantes, se procedió a un ajuste de regresión lineal logarítmica a partir de los datos obtenidos en las curvas de tensión vs humedad. El procedimiento para realizar la curva de calibración consiste en tomar datos de la humedad del suelo al aplicar una presión que va de un rango de 0.3 a 1.5 atmósferas (0.03 a 1.5 MPa) los resultados genera una curva hiperbólica, con la cual se puede realizar una regresión lineal simple del tipo;  $Y = b_0 + b_1X_1$  para conocer los datos del potencial hídrico, sin embargo el índice de correlación no es satisfactorio ( $r^2 = 0.78$ ), por lo tanto se realizó un ajuste al modelo usando una regresión logarítmica del tipo  $\text{Log } I = \text{Log } K + n \text{Log } t$  ( $r^2 = 0.99$ ) de acuerdo a lo recomendado por Aguilera *et al.*, (1996). Las curvas fueron realizadas en el Colegio de Postgraduados y de acuerdo a los modelos de ajuste se considero la siguiente formula;

Modelo Regresión Simple:  $Y = b_0 + b_1X_1$  ó  $y = a + bx$

Modelo Regresión Logarítmica:  $\text{Log } I = \text{Log } K + n \text{Log } t$

Donde

$\text{Log } I = Y$

$\text{Log } K = B_0$

$n = b_1$

$\text{Log } t = X_1$

Procedente de la función hiperbólica que describe la curva de tensión humedad del tipo  $I = Kt^n$  de acuerdo al modelo de Kostiakov-Lewis. También es aplicable el modelo  $T = K(Ps)^n + C$  propuesto por Palacios *et al.*, (1970).

A partir de estas se consideraron las curvas de calibración para obtener el potencial hídrico de los siguientes muestreos empleando una correlación con mínimos cuadrados, siguiendo una regresión logarítmica para cada curva. Además se probaron modelos de regresión logarítmica  $\log_{10}$ , de los cuales el mejor modelo se ajusta a la regresión ln; sin embargo este modelo requiere de un ajuste que consiste en valorar el tamaño de muestra para que pueda ser usado de forma eficiente. Por lo tanto, los datos se reportan con el ajuste de mínimos cuadrados en una regresión Logarítmica ( $\text{Log } I = \text{Log } K + n \text{Log } t$ ) misma que fue utilizada para calibrar las curvas de potencial hídrico vs humedad del suelo de los sitios de estudio.

Las 250 muestras de suelos procedentes de cinco muestreos en ambos sitios fueron analizadas para determinar el contenido de humedad, por el método gravimétrico.

**Muestreo de raíces:** Se tomaron raíces de 25 plantas por sitio de estudio, las plantas son de aproximadamente la misma edad 1-3 años (25-50 cm de altura) procurando mantener muestras que crecen bajo condiciones homogéneas de luz. Las raíces originalmente se tomaron en tres tiempos a lo largo del día (mañana 7:00, mediodía 12:00 y tarde 17:00). En cada muestreo se consideraban 25 raíces, por lo cual se tenían 75 raíces de las tres veces que se consideraron a lo largo del día por sitio. Las muestras de raíces se tomaron a una distancia de 10 cm de la planta y a una profundidad de 10-15 cm de la superficie del suelo, las raíces que se eligieron fueron de segundo orden, se usaron pinzas y tijeras de disección para evitar daño, se rotularon con cintas adhesivas en uno de los extremos y se colocaban en bolsas de Nylon donde se conservaban en hielo para posteriormente realizar las determinaciones en campo.

**Análisis de raíces:** La determinación del potencial hídrico en raíces se realizó en campo, tomando mediciones en tres horarios; mañana, mediodía y tarde, considerando una muestra de 25 raíces. La determinación del potencial hídrico en las raíces se realizó con el uso de una bomba de presión tipo Schölander (Jackson *et al.*, 1996). La parte decapitada de la raíz se colocó en una goma de silicón que después se posiciona en la cubierta de la cámara de presión, donde se realizó el sellado de las raíces y la bomba con latex de chicle, con objeto de evitar fugas de aire o gas. Una vez sellada la cámara se abre la válvula del gas (Nitrógeno), cuando la raíz libera una burbuja de savia se detiene el flujo de gas y se toma la lectura de la presión. En total se evaluaron 75 raíces por sitio procedentes de las tres mediciones realizadas al día.

**Análisis de la relación suelo-planta  $\Delta\psi_s.\psi_R$ :** A Los resultados promedio obtenidos en el potencial hídrico de los suelos (n=25) se le resta el promedio por horario de medición en las raíces (n= 25) para los cinco muestreos con la finalidad de poder observar el diferencial de los potenciales hídricos suelo-planta.

**Análisis estadístico:** Para los resultados de los análisis de humedad gravimétrica en suelo se realizaron transformaciones de porcentaje a arco-seno (raíz cuadrada) y se realizó un análisis de varianza de dos vías (ANOVA). Para los resultados obtenidos en las determinaciones del potencial hídrico en suelos y raíces se realizó un ANOVA utilizando un diseño estadístico de dos vías; donde el factor A hace referencia a las diferencias en localidad ( $P_L$ ), el factor B se refiere a las diferencias mostradas a lo largo de la estacionalidad ( $P_E$ ). Para los análisis en raíces ( $P_E$ ) hace referencia a las diferencias en estaciones climáticas, ( $P_H$ ) hace referencia a los horarios de medición y ( $P_{E*H}$ ) hace referencia a la interacción entre estaciones y horarios. Para el análisis estadístico se usó el software SigmaStat 2.0 y para los gráficos se usó Sigmaplot 7.0.

## RESULTADOS

### Porcentaje de Humedad del suelo

El porcentaje de humedad gravimétrica entre las localidades no presenta diferencias ( $P > 0.05$ ). Esto se debe a que presentan el mismo régimen de precipitación y la vegetación presente entre localidades muestra la misma fisonomía aunque con composición florística diferente. Las diferencias que se encuentran son entre estaciones  $P < 0.001$ .

La diferencia de potencial hídrico para los dos sitios de acuerdo a la curva característica del suelo (ver figura 21) esta dada por la capacidad de retención de agua se relacionan con la textura de los suelos; 58 % arena, 12 % limo y 30 % arcilla (franco arcillo limoso) para el sitio conservado y 35 % arena, 12 % limo y 53 % arcilla (arcilloso) para el sitio perturbado.

Aunado a esto la diferencia que existe entre la cantidad de materia orgánica presente en los suelos de las localidades que al parecer juega un papel importante y que al realizar las determinaciones de textura del suelo se omite, ya que la textura del suelo solo valora la fracción inorgánica (arenas, limo y arcilla) sin embargo en estas localidades la cantidad de materia orgánica es uno de los factores que hace la diferencia en la disponibilidad de agua a las plantas, siendo el sitio conservado el que presenta mayor cantidad de agua disponible para las mismas, pese a que su clase de textura (franco arcillo limoso) debería retener menor cantidad de agua que el sitio perturbado (arcilloso). Chinchilla (1994) reporta el crecimiento de *Desmoncus spp.* en suelos de clase textural: franco, franco arcilloso y franco arcillo arenoso.

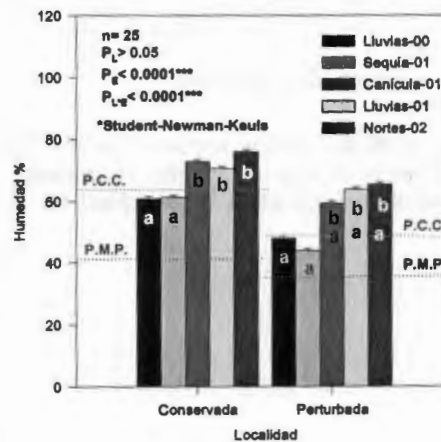
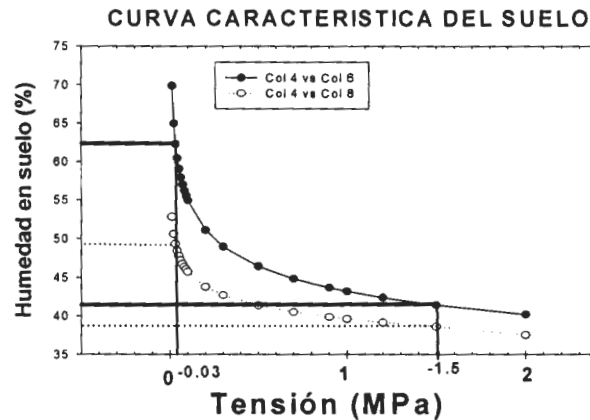


Figura 21.- Variación en la humedad gravimétrica del suelo a lo largo de las estaciones de año, en dos localidades de selva mediana, conservado (Huasteco) y perturbado (Milpa). Donde PL, PE y PL\*E hacen referencia al ANOVA de dos vías. Las letras a, b y c corresponde a la prueba estadística de \*Student-Newman-Keuls. Las líneas punteadas hacen referencia al estado hídrico, punto de marchitez permanente (en verde P.M.P) y punto de capacidad de campo (en rojo P.C.C).  $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

### Curva característica de la relación tensión-humedad del suelo

La curva característica del suelo donde se considera la humedad (%) contra la tensión en MPa, muestra cómo los suelos de los dos sitios presentan la misma tendencia. Sin embargo, el grado en que pueden retener agua es diferente, debido a que la textura del suelo es diferente para las dos localidades. El punto de capacidad de campo se encuentra en  $-0.03$  MPa, con un porcentaje de humedad de 63 y 48% correspondientes al sitio conservado y perturbado. El punto de marchitez permanente se localiza en  $-1.5$  MPa con un porcentaje de humedad de 41 y 37% respectivamente. Esto quiere decir que cuando los suelos se encuentran en el punto de capacidad de campo, el agua disponible neta en el sitio conservado es de 20.87% y la cantidad de agua disponible del sitio perturbado es de 10.7% (ver figuras 22 y 23). Esta diferencia explica que las plantas del sitio conservado mantengan un mejor nivel de disponibilidad de agua a lo largo del año y le permita a la planta tener tallos con un crecimiento uniforme, mismo que ofrece mayor calidad en el uso de los mismos.



**Figura 22.-** Curva característica de la relación tensión-humedad del suelo. Se puede ver la tendencia de los suelos presentes en el área de estudio, conservado y perturbado. También se pueden distinguir los puntos donde se encuentra la capacidad de campo y punto de marchitez permanente.  $H_0 = \mu_1 = \mu_2$



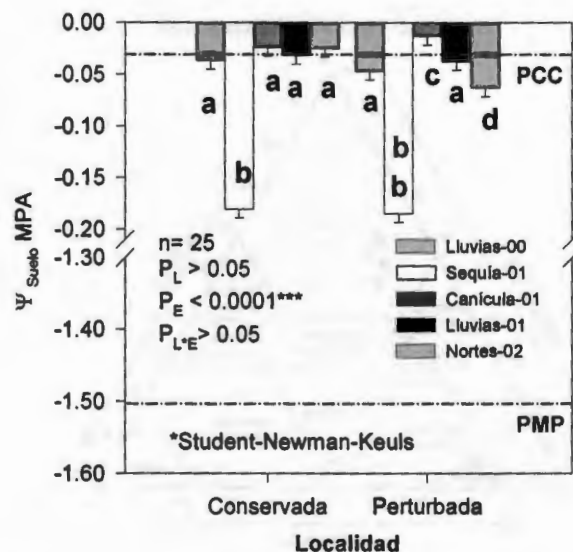


**Figura 23.-** Triángulo de clases texturales presentes en los suelos de la localidad conservada (triángulo invertido) y perturbada (círculo).

La figura 22 muestra una curva característica del suelo donde se considera la humedad (%) vs tensión (MPa.), en esta gráfica se puede observar cómo los suelos de las dos localidades presentan la misma tendencia. El punto de capacidad de campo se encuentra en  $-0.03$  MPa y el punto de marchitez permanente se localiza en  $-1.5$  MPa. Sin embargo el grado en que pueden retener agua disponible es diferente.

#### Potencial hídrico de suelo

El potencial hídrico en suelo ( $\square$ Suelo) no presenta diferencias entre estaciones  $P < 0.001$  ( ver figura 24). Los valores presentan un intervalo que va de  $-0.54$  a  $-0.001$  MPa, muy cercanos a cero. Lo que nos indica que los suelos están cercanos a la 71año (ver figura no. 24). Las propiedades higroscópicas y de capilaridad de este material calcáreo, impiden que se observe 71aún durante las épocas de sequía (Aguilera, 1959).



**Figura 24.-** Variación en el potencial hídrico del suelo a lo largo de las estaciones de año, en dos localidades de selva mediana, conservado (Huasteco) y perturbado (Milpa). Donde PL, PE y PL\*E hacen referencia al ANOVA de dos vías. Las letras a, b y c corresponde a la prueba estadística de \*Student-Newman-Keuls.  $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

Sin embargo en los suelos de la localidad perturbada se observa una diferencia en la capacidad de retención de agua, pese a que la clase de textura dominante es arcillosa. Estos suelos presentan menor cantidad de materia orgánica, y los suelos de la localidad conservada son franco arcillo-arenoso, pero presentan una cantidad de materia orgánica mayor. Por lo observado las arcillas que forman este suelo al hidratarse cambian de tamaño y volumen, lo cual permite mantener casi constante el potencial hídrico a lo largo de las estaciones anuales. Dijkerman (1981) menciona que en suelos con gran cantidad de materia orgánica la capacidad de retención de agua se incrementa de 22 a 32 mm cuando esta materia orgánica se hidrata.

## Potencial hídrico en raíces de *Desmoncus orthacanthos*.

El potencial hídrico en raíces ( $\square$ Raíces) nos dan valores relativamente cercanos a cero (-0.393 a -0.446 MPa en promedio), diferentes al potencial hídrico del suelo (-0.20 a -0.046 MPa en promedio), presentando un cambio en magnitud que permite establecer el continuo suelo-planta-atmósfera, propuesto en la teoría tenso-coheso-transpiratoria (Canny, 1998).

El potencial hídrico en raíces del sitio conservado presenta diferencias en horario  $P_H < 0.001$ ; donde en la mañana encontramos valores de -0.379 MPa en promedio y para la tarde -0.355 MPa; que nos indica un equilibrio hídrico en la mañana y tarde para las plantas (ver figura No. 24).

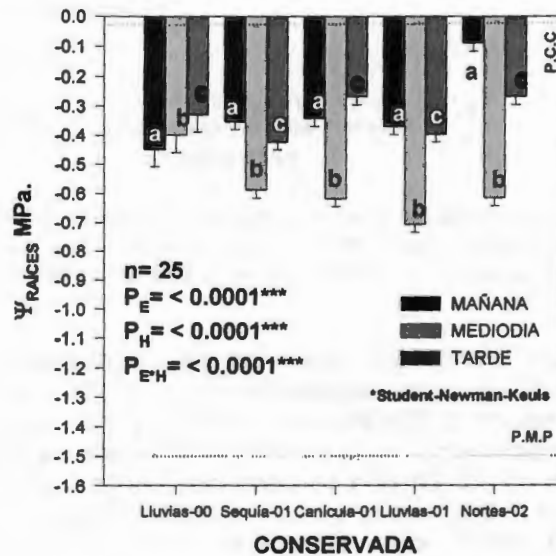
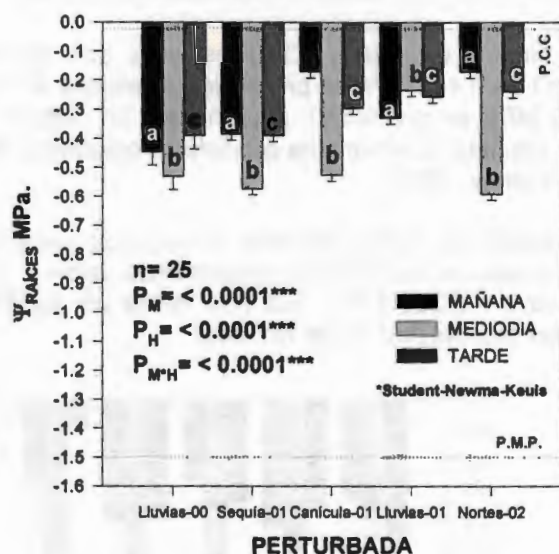


Figura 25.- Variación en potencial hídrico de raíces a lo largo de las mediciones diurnas, en la localidad conservada (Huasteco) de selva mediana. Donde  $P_E$ ,  $P_H$  y  $P_{E*H}$  hacen referencia al ANOVA de dos vías. Las letras a, b y c corresponde a la prueba estadística de \*Student-Newman-Keuls. Ho.  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

Al medio día se encuentran valores de -0.578 MPa en promedio, lo cual muestra el efecto de la transpiración y el incremento en magnitud del potencial hídrico de la planta que permite tomar el agua del suelo de acuerdo a la teoría tenso-coheso-transpiratoria. Las diferencias entre estacionalidad también son significativas  $P_E < 0.001$  presentando el mismo patrón. Para la estación de lluvias-00, se observa como el potencial hídrico disminuye al medio día y se hace menos negativo hacia al atardecer, esto se debe a que durante este muestreo se registro una precipitación. Y en la estación norte-02 la precipitación ocurrió la noche anterior al muestreo.



**Figura 26.-** Variación en potencial hídrico de raíces a lo largo de las mediciones diurnas, en la localidad perturbada (Milpa) de selva mediana. Donde  $P_E$ ,  $P_H$  y  $P_{E-H}$  hacen referencia al ANOVA de dos vías. Las letras a, b y c corresponde a la prueba estadística de \*Student-Newman-Keuls.  $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$

El potencial hídrico en raíces del sitio perturbado presenta diferencias altamente significativas entre estaciones  $P_E < 0.001$ ; donde en la mañana encontramos valores de  $-0.334$  MPa en promedio y para la tarde  $-0.333$  MPa; que nos indica un equilibrio hídrico en la mañana y tarde para las plantas. Al medio día se encuentran valores de  $-0.466$  MPa en promedio. (ver figura No. 26). Lo cual muestra que el efecto de la estacionalidad en esta localidad afecta el potencial hídrico de la planta, aun así le permite tomar el agua del suelo de acuerdo a la teoría tenso-coheso-transpiratoria. Las diferencias entre horarios son muy significativas  $P_H < 0.001$ . Puede observarse cómo los valores del potencial hídrico en las raíces del sitio conservado es mucho mas negativo tanto en las mañanas y tardes así como al medio día. Podemos considerar que la diferencia de estos potenciales puede darse por el tipo de composición florística la cual puede crear un microclima que modifica la tasa de transpiración y de fotosíntesis.

## DISCUSIÓN

Para los valores de humedad se encontraron diferencias de estacionalidad, (ver cuadro 5) en general se mantiene húmedo el suelo y por lo tanto las plantas no presentan ningún estrés en la disponibilidad de agua y nutrimentos. El sitio conservado ofrece a las plantas mayor cantidad de agua disponible.

**Cuadro 5.** - Se muestran las probabilidades de los análisis de varianza de dos vías (ANOVA) para la humedad gravimétrica y el potencial hídrico en suelo y raíces.

COMPONENTE	P <sub>Localidad</sub>	P <sub>Estacionalidad</sub>	P <sub>Interaccion L*E</sub>
Humedad Suelo	> 0.05	0.0001***	< 0.0001***
□ Suelo	0.0001***	0.0001***	0.0001***
COMPONENTE	P <sub>Horarios</sub>	P <sub>Estacionalidad</sub>	P <sub>Interaccion H*E</sub>
□ Raíces (Conservada)	0.0001***	0.0001***	0.0001***
□ Raíces (Perturbada)	0.0001***	0.0001***	0.0001***

En cuanto a los valores obtenidos en la determinación del potencial hídrico en suelo, encontramos valores cercanos a cero; la variación va de  $-0.50$  a  $-0.01$  MPa ( ver cuadro 6). Esto nos indica que los suelos se encontraban en condiciones cercanas a la capacidad de campo. Esto permite mantener las condiciones de humedad favorables y hacer posible la disponibilidad de nutrimentos para las planta. Las plantas bajo estas condiciones en teoría no tienen que invertir energía para la absorción de agua y nutrimentos.

**Cuadro 6.-** Se muestran los promedios de los análisis de humedad por gravimetría, potencial hídrico en suelos y raíces. Los valores con las letras a, b, c y \*, representan la diferencia estadística de acuerdo a la prueba de Student-Newman-Keuls.

COMPONENTE		SUELO		RAÍCES		
CONSERVAD	Estación	H %	ΨMPa	Ψ <sub>7:00</sub>	Ψ <sub>12:00</sub>	Ψ <sub>17:00</sub>
	A	Lluvias-00	60.9 <sup>a</sup>	-0.189 <sup>a</sup>	-0.450 <sup>a</sup>	-0.400 <sup>a</sup>
Secas-01		61.4 <sup>b</sup>	-0.046 <sup>b</sup>	-0.354 <sup>a</sup>	-0.588 <sup>b</sup>	-0.424 <sup>b</sup>
Canícula-01		72.9 <sup>c</sup>	-0.120 <sup>c</sup>	-0.342 <sup>a</sup>	-0.618 <sup>b</sup>	-0.270 <sup>a</sup>
Lluvias-01		70.6 <sup>c</sup>	-0.115 <sup>c</sup>	-0.370 <sup>a</sup>	-0.706 <sup>b</sup>	-0.396 <sup>b</sup>
Nortes-02		76.0 <sup>c</sup>	-0.122 <sup>c</sup>	-0.097 <sup>b</sup>	-0.616 <sup>b</sup>	-0.270 <sup>a</sup>
PERTURBA DA	Lluvias-00	48.0 <sup>a</sup>	-0.086 <sup>a</sup>	-0.446 <sup>a*</sup>	-0.530 <sup>a*</sup>	-0.390 <sup>a*</sup>
	Secas-01	43.9 <sup>a</sup>	-0.107 <sup>b</sup>	-0.386 <sup>a*</sup>	-0.574 <sup>a*</sup>	-0.390 <sup>a*</sup>
	Canícula-01	59.3 <sup>bc</sup>	-0.195 <sup>c</sup>	-0.172 <sup>b</sup>	-0.526 <sup>a*</sup>	-0.296 <sup>b</sup>
	Lluvias-01	63.8 <sup>bc</sup>	-0.257 <sup>c</sup>	-0.330 <sup>a*</sup>	-0.234 <sup>b</sup>	-0.256 <sup>b</sup>
	Nortes-02	65.6 <sup>bc</sup>	-0.146 <sup>c</sup>	-0.180 <sup>b</sup>	-0.592 <sup>a*</sup>	-0.248 <sup>b</sup>

Las determinaciones de potencial hídrico en raíces que crecen en campo, nos dan valores con rangos que van de  $-0.3$  a  $-0.5$  MPa, en promedio para el sitio conservado y perturbado respectivamente. En las figuras 25 y 26 podemos ver la variación que se tiene en el potencial hídrico de raíz de acuerdo al horario de medición (mañana; 7:00, mediodía; 12:00 y tarde; 17:00 horas). Donde las plantas presentan en las mañanas y tardes valores similares en el potencial hídrico; sin embargo sabemos que estos valores no están en equilibrio necesariamente al obtenido del suelo alrededor de las raíces, se ha observado un desequilibrio del potencial hídrico al amanecer debido a una transpiración nocturna por parte de plantas que tienen mayor acceso al agua (Donovan, 2001).

La magnitud del potencial hídrico en raíces al medio día se incrementa, es decir se hace más negativo y los valores encontrados en promedio al medio día  $-0.578$  y  $-0.466$  para el sitio conservado y perturbado respectivamente (ver cuadro 6) los valores reportados en este trabajo se encuentran próximos a los reportados para otras monocotiledóneas como *Zea mays* L. que presenta potenciales hídricos en tejido vegetal al medio día de  $-0.63 \pm 0.15$  (Donovan, 2001), lo que permite que las plantas transporten fácilmente el agua por efecto de la tasa de transpiración y los valores en el potencial hídrico del suelo son de menor magnitud.

Cuando se relaciona el potencial hídrico del suelo y el potencial hídrico de raíces se observa el continuo suelo-planta al que hace referencia Canny (1998), en este continuo vemos que la zona conservada presenta una mayor conductancia del agua del suelo hacia las raíces de *Desmoncus orthacanthos* (ver cuadro 7). Debido a que las concentraciones de solutos en la planta es mucho mayor que la del suelo (Passioura, 1988), por lo cual podemos considerar que las plantas de la zona

conservada presentan mayor actividad, que posiblemente se refleje en un mayor crecimiento así como absorción de nutrimentos.

En trabajos posteriores se pueden evaluar las respuestas metabólicas de las plantas como la deshidratación, una baja en la transpiración y alta resistencia estomática a la difusión ya que se relacionan con el cierre estomático inducido por el déficit de agua en el suelo, frecuentemente asociado con la acumulación de sustancias como ácido abscísico y aminoácidos (prolina) cuya concentración se incrementa notoriamente en condiciones de sequía, en alta o baja temperatura o por deficiencias nutrimentales, en el caso de la prolina es un indicador adecuado ya que es estable en condiciones de sequía, es de naturaleza higroscópica, por lo cual ajusta el potencial osmótico, funciona como soluto osmoprotector del citoplasma, provee estabilidad a los coloides y es una fuente de nitrógeno en condiciones de sequía (Andrade *et al.*, 1995).

**Cuadro 7.-** Se muestran los valores de las diferencias entre la zona conservada y perturbada. Para suelo se consideran los promedios de los valores de humedad y potencial hídrico, para raíces se considera el diferencial entre el potencial hídrico de suelo y de raíces para cada localidad.

<b>DIFERENCIAL SUELO-PLANTA</b>			
<b>HORARIO</b>	$\Delta \psi = (\Psi_S - \Psi_R)$ 7:00	$\Delta \psi = (\Psi_S - \Psi_R)$ 12:00	$\Delta \psi = (\Psi_S - \Psi_R)$ 17:00
<b>CONSERVADA</b>			
Lluvias-00	0.261	0.211	0.141
Secas-01	0.308	0.542	0.378
Canícula-01	0.222	0.498	0.150
Lluvias-01	0.255	0.591	0.281
Nortes-02	-0.025	0.495	0.149
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.204</b>	<b>0.468</b>	<b>0.220</b>
<b>PERTURBADA</b>			
Lluvias-00	0.360	0.444	0.304
Secas-01	0.280	0.468	0.284
Canícula-01	-0.023	0.331	0.101
Lluvias-01	0.073	-0.023	-0.001
Nortes-02	0.034	0.446	0.102
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.145</b>	<b>0.333</b>	<b>0.158</b>
Diferencial entre los suelos de las localidades estudiadas $\Delta_s$ (CONSERVADA- PERTURBADA)	<b>HUMEDAD</b>		11.38
	$\Psi_S$		0.040

## CONCLUSIONES

La humedad gravimétrica del suelo en las localidades no representa un impedimento para la absorción de nutrimentos ni para el crecimiento y la actividad metabólica de las plantas de *Desmoncus orthacanthos*. Las diferencias encontradas se deben principalmente a las estaciones del año que imperan en la región. Así como a la diferencia encontrada en las clases texturales de los suelos en estas localidades.

La zona conservada es la que presenta la mayor capacidad de retención de agua y disponibilidad al mismo tiempo, en comparación a la zona perturbada, debido a que el potencial hídrico del suelo está más cercano al valor cero, lo cual nos indica que favorece de forma estable a las plantas a lo largo de las estaciones climatológicas.

El presente trabajo nos permite observar el continuo entre suelo-planta para *Desmoncus orthacanthos*, donde las plantas tienen un potencial hídrico ligeramente más negativo, cómo las plantas del sitio conservado que crean un diferencial mayor entre el potencial hídrico del suelo y raíces dando como resultado un flujo mayor en comparación a las plantas del sitio perturbado, por efecto de que las concentraciones osmóticas en las plantas son mayores y permite que el agua se mueva de un gradiente de menor a mayor a concentración solutos.



## BIBLIOGRAFÍA

Aguilera M. y R. Martínez. 1996. **Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera.** Universidad Autónoma de Chapingo. México, pp 86,132-133.

Andrade J. L., C. F. Meinzer, G. Goldstein, P. Jackson y K. Silvera. 1998. **Regulation of water flux through trunks, branches, and leaves in trees of a lowland tropical forest.** *Oecologia*. 115: 463-471.

Andrade J. L., S. A Larqué y C. Trejo. 1995. **Proline accumulation in leaves of four cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. with different drought resistance.** *J. Exp. Bot.* 57:149-157.

Arshad M. A. C., B. Lowery y B. Grossman. 1996. **Physical tests for monitoring soil quality.** Methods for assessing soil quality. SSSA. Special publication number 49. Soil Science Society of America. Madison; Wisconsin. Estados Unidos pp 123-141.

Bautista Z. F. 2000. **Suelos: Técnicas de muestreo para el manejo y conservación de recursos naturales.** Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. En prensa.

Barber S. A. 1984. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach.** Wiley, New York.

Bohne H. y J. M. Savage. 1991. **Measurement of soil water tension in single aggregates with use of the filter paper method.** *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 154: 143-146.

Bowling D. J. F. 1976. **Uptake of ions by plant roots.** Chapman and Hall. London pp 4-64.

Canny J. M. 1998. **Transporting water in plants.** *American Scientist.* 86: 152-159.

Castell C. y J. Terradas. 1995. **Water relations, gas exchange and growth of dominant and suppressed shoots of *Arbutus unedo* L.** *Tree physiology.* 15: 405-409.

Comerford N. B. 1999. **Mecanismos de captación de nutrimentos en ecosistemas forestales: de como interpretar la fertilidad en el contexto de la conservación de recursos genéticos.** En Orellana Roger, Escamilla José A. y Larqué-Saavedra. *Ecofisiología vegetal y conservación de recursos genéticos.* CICY. Mérida, Yucatán, México. pp 127-136.

Dias-Filho M. B. Y T. E. Dawson. 1995. **Physiological responses to soil moisture stress in two amazonian gap-invader species.** *Functional ecology* 9: 213-221.

Dick P. R., R. D. Thomas y J. J. Halvorson. 1996. **Standardized methods, sampling, and sample pretreatment.** Methods for assessing soil quality. SSSA. Special publication number 49. Soil Science Society of America. Madison; Wisconsin. Estados Unidos pp 107-121.

Dijkerman J.C. 1981. **Agricultural evaluations of soils.** MSc-Course in soil science and water management. Agricultural university. Wageningen. Holanda.

Dodd L. G. y A. L. Donovan. 1999. **Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs.** American journal of botany 86 (8): 1146-1153.

Donovan L. A., M. J. Linton y J. H. Richards. 2001. **Predawn plant water potential does not necessarily equilibrate with soil water potential under web-watered conditions.** Oecologia 129:328-335.

Escamilla J. A. 1999. **Estudios de suelos y de ecosistemas vegetales.** En Orellana R., Escamilla J. A. y Larqué-Saavedra A.. Ecofisiología vegetal y conservación de recursos genéticos. CICY. Mérida, Yucatán, México. pp 119-125.

Fernández G. N., V. Martínez, A. Cerdá y M. Carvajal. 2002. **Water and nutrient uptake of grafted tomato plants grown under saline conditions.** J. Plant. Physiol. 159: 899-905.

Flores, J. S., e I. Espejel. 1994. **Tipos de vegetación de la península de Yucatán.** Etnoflora Yucatanense. UADY. México. pp 3- 135.

Gutiérrez R. M., C. R. San Miguel, S. T. Nava y S. A. Larqué 1998. **Métodos avanzados en fisiología vegetal experimental.** Colegio de posgraduados Estado de México, México, pp. 83-85.

INIRAT-COLPOS. 1998. **Manual de intercalibración de análisis de suelos y plantas.** Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Montecillos Edo. de México. México pp 1-32.

Kalapos T. 1994. **Leaf water potential- leaf water deficit relationship for ten species of a semiarid grassland community.** Plant and soil. 160: 105- 112.

Kostiakov, A. N. 1932. **On the dynamics of the coefficient of water percolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration.** Sexto congreso internacional Soc. Soil. Sci. Rusia,

Larqué S. A. y L. C. Trejo. 1990. **El agua en las plantas.** Manual de prácticas de fisiología vegetal. Trillas, DF. México pp 40-74

Nobel S. P., J. Cavelier y J. L. Andrade. 1992. **Mucilage in cacti: Its apoplastic capacitance, associated solutes, and influence on tissue water relations.** Journal of experimental botany. 43 (250): 641-648.

Orellana, R., P. Herrera, S. Rebollar, J. Escalante, G. López, S. Escalante y L. Gus. 1997. **Studies of the potential uses of some native palms of the Yucatán peninsula (México) as substitutes of rattan.** Trabajo presentado en Second International Symposium on Ornamental Palms and other monocots from tropics. Puerto de la Cruz, Tenerife, Canarias, España.

Orellana, R., P. Herrera, S. Escalante y S. Rebollar. 1998. **In search of rattan substitutes in the Yucatán peninsula, México.** Forest Products Society, 52nd Annual Meeting. June 1998, Yucatán, México.

Orellana, R., P. Herrera, S. Rebollar, J. Escalante, G. López, S. Escalante y L. Gus. 1999. **Studies on the potential uses of some native palms of the Yucatan peninsula (Mexico) as substitutes of rattan.** Proc. of the 2nd Int. Symp. On Ornamental Palms and other Monocots from tropics. Eds M. Caballero Ruano. Acta Horticultura. 486, ISHS.

Palacios V., O y N. E. Aceves. 1970. **Instructivos para el muestreo, registro de datos e interpretación de la calidad del agua para riego agrícola.** Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Passioura, J. B. 1988. **Water transport in soil to roots.** Ann. Rev. Plant. Mol. Biol. 39: 245-265

Pearcy, R. W., J. Ehleringer, H. A. Mooney y P. W. Rundel. 1994. **Plant physiology Ecology (field method and instrumentation).** Chapman and hall, pp. 185-186, 367-398.

Quero J. H. 1992. **Las palmas silvestres de la península de Yucatán.** Publicaciones especiales 10. Jardín Botánico, Instituto de Biología UNAM. México, D. F. pp 9, 42-44.

Quero J. H. 1994. **Palmae,** Fascículo 81. Flora de Veracruz. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, México. pp 1-5, 80-83.

Salisbury B. F. y W. C. Ross. 1994. **Fisiología vegetal.** Interamericana, pp. 561-589

Sarrantonio M., W. J. Doran, A. M. Liebig, y J. J. Halvorson. 1996. **On farm assessment of soil quality and health.** Methods for assessing soil quality. SSSA. Special publication number 49. Soil Science Society of America. Madison; Wisconsin. USA pp 85-105.

Schulze E. D., R. H. Robichaux, J. Grace, P. W. Rundel y J. R. Ehleringer. 1987. **Plant Water Balance.** Bioscience 37 (1):30-37.

Taleisnik E., G. Peyrano, A. Córdoba y C. Arias. 1999. **Water retention capacity in root segments differing in the degree of exodermis development.** Annals of botany 83: 19-27.

Teskey O. R. 1995. **Measuring water uptake by roots.** Techniques and approaches in forest tree ecophysiology. Chapter 3. pp. 77-90.

Vázquez -Yanes. C. 1999. **La fisiología ecológica de las plantas.** En Orellana Roger, Escamilla José A. y Larqué-Saavedra. Ecofisiología vegetal y conservación de recursos genéticos. CICY. Mérida, Yucatán, México. pp 1-9

Wash. , J. Atad. 1935. ***Desmoncus quasillarius* Bartlett.** Sci. 25: 85.

Zimmermann U., F. Meinzer y F. W. Bentrup. 1995. **How does water ascend in tall trees and other vascular plants?** Annals of botany 76: 545-551.

## Capítulo 4

### **Determinación de la presencia de microorganismos fijadores de nitrógeno y fosfosolubilizadores en la rizósfera de *Desmoncus orthacanthos* Martius en condiciones ambientales contrastantes; localidad y estacionalidad**

#### **RESUMEN**

La búsqueda constante de mejores condiciones en los cultivos vegetales de interés humano, han permitido realizar investigaciones con especies fijadoras de nitrógeno de vida libre como *Azotobacter* y *Azospirillum* las cuales permiten obtener fuentes de nitrógeno mediante procesos biológicos económicos y favorables a la biología de la especie cultivada. En el presente estudio se realizó una determinación de la presencia de bacterias fijadoras de nitrógeno heterotrófas aeróbicas, mediante la realización de cuenta total de bacterias cultivables en placa, para lo cual se utilizó el medio Extracto Suelo-Agar, Además se utilizó Papa-Dextrosa-Agar (PDA) para Actinomicetos a pH 6.5 y para los hongos a pH 5.8. Se realizaron medios de enriquecimiento para los géneros *Azotobacter* y *Azospirillum*, después se hicieron cultivos en medios selectivos a 28 °C, para el caso de fosfosolubilizadoras se utilizó el medio con roca fosfórica. Se realizó el conteo en placa para obtener el número más probable (NMP) por el método de Mc Grady. Los resultados mostraron mayor cantidad de poblaciones bacterianas en suelos del sitio conservado. Sin embargo hubo mayor cantidad de actinomicetos y hongos en el sitio perturbado. En relación a la presencia de microorganismos en suelo como *Azotobacter* sp.  $1.4E^{+06}$  y fosfosolubilizadores  $1.4E^{+06}$ , se encontró que el número más probable en el sitio conservado es mayor en comparación al sitio perturbado  $9.50E^{+04}$  y  $3.0E^{+05}$ , respectivamente. Para organismos del género *Azospirillum* se encontró presencia similar en ambos sitios  $5.50E^{+02}$ . En los resultados obtenidos del análisis microbiológico se observó que las unidades formadoras de colonias extraídas de la rizósfera de *Desmoncus orthacanthos* variaron entre los grupos taxonómicos (bacterias, actinomicetos y hongos) siendo las bacterias los microorganismos que presentan mayor cambio en sus poblaciones. La presencia de organismos nitró fijadores de vida libre y fosfosolubilizadores desempeñó un papel importante en las áreas donde crece *Desmoncus orthacanthos*, lo que permite a la planta tener tasas de crecimiento muy altas de acuerdo a lo reportado por Orellana (1997), además de una posible interacción sinérgica con la relación simbiótica de las micorrizas.

## ABSTRACT

The constant search of better conditions in the vegetable cultivations of human interest, they have allowed to carry out investigations with species fixing of nitrogen of free life as *Azotobacter* and *Azospirillum* which allow to obtain nitrogen sources by means of economic and favorable biological processes to the biology of the cultivated species. Presently study was carried out a determination of the presence of bacterias fixing of nitrogen heterotrophic aerobics, by means of the realization of total bill of arable bacterias in badge, for that which the means Extract was used Soil-Agar, it was Also used Potato-Dextrosa-Agar (PDA) for Actinomycetes to pH 6.5 and for the fungus to pH 5.8. They were carried out enrichment means for the goods *Azotobacter* and *Azospirillum*, later cultivations were made in selective means to 28 °C, for the case of phosphate solubilizing bacteria the means was used with phosphoric rock. Was carried out the count in badge to obtain the number most probable (NMP) for Mc Grady's method. The results showed bigger quantity of bacterial populations in soils of the conserved site. However there were bigger quantity of actinomycetes and fungus in the perturbed site. In relation to the presence of microorganisms in soil as *Azotobacter* sp.  $1.4E^{+06}$  and phosphate solubilizing bacteria  $1.4E^{+06}$ , it was found that the most probable number in the conserved site is bigger in comparison to the site perturbed  $9.50E^{+04}$  and  $3.0E^{+05}$ , respectively. For organisms of the genus *Azospirillum* was similar presence in both sites  $5.50E^{+02}$ . In the obtained results of the analysis microbiological it was observed that the units formations of extracted colonies of the rhizosphere of *Desmoncus orthacanthos* varied among the groups taxonomic (bacteria, actinomycetes and fungus) being the bacterias the microorganisms that present bigger change in their populations. The presence of organisms nitrogen fixing of free life and phosphate solubilizing bacteria played an important part in the areas where *Desmoncus orthacanthos* grows, what allows to the plant to have very high rates of growth according to that reported by Orellana (1997), besides a possible interaction synergic with the relationship symbiotic of the mycorrhiza.

## INTRODUCCIÓN

La región del suelo que rodea a las raíces de las plantas, así como el rizoplano, constituye la rizósfera. Operacionalmente se puede definir como la región, que se extiende a pocos milímetros de la superficie de cada raíz, donde la población microbiana del suelo es influenciada por la actividad bioquímica de las plantas (Barea, 1998).

El papel de los microorganismos de la rizósfera sobre la distribución de la vegetación y estructura de la comunidad es un tema poco atendido (Curl y Truelove, 1986), aunque ahora ciertas líneas demuestran que la microbiota es un factor limitante en la distribución de muchas especies (Chanway *et al.*, 1991). Los microorganismos son parte integral de la raíz y el suelo. Este sistema, afecta la morfología y fisiología de la raíz (Campbell, 1985).

Sin embargo, las interrelaciones entre las plantas y su asociación con los microorganismos en comunidades naturales generalmente no ha sido evaluadas (Chanway *et al.*, 1991).

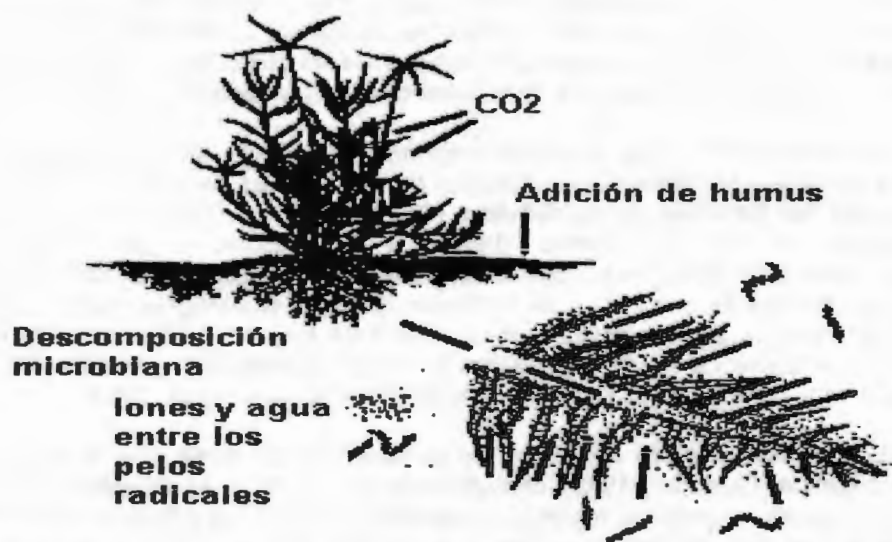


Figura 27.- Esquema que representa la distribución de los microorganismos dentro de la rizósfera. (Tomado de Microbial Ecology. 320; Buffaloe y Ferguson, 1976).

La influencia de los microorganismos de la rizósfera sobre el crecimiento de las plantas y la capacidad de competencia en comunidades naturales es substancial. Las interacciones abióticas entre raíces y microorganismos asociados puede dar como resultado un impacto positivo o negativo sobre la productividad de la planta. (Chanway *et al.*, 1991)

Los microorganismos del suelo pueden incrementar la disponibilidad de los nutrimentos a través de la mineralización de la materia orgánica y la solubilización de minerales del suelo (Grayston y Campbell, 1996).

Las evaluaciones de la masa microbiana (el tamaño de la microbiota en el suelo) son difíciles, y las técnicas comúnmente usadas tienen ciertas limitaciones (Bull y Meadow, 1978). De manera más fácil se puede conocer el peso de suelo suspendido en una solución estándar y en una alcuota la cual se coloca en cajas Petri que contienen un medio de crecimiento, después se incuba y el número de colonias que crecen pueden ser contadas y este se relacionan con el peso del suelo original (Wistreich y Lechtman, 1980). Pero este método es poco certero por las diferencias de los medios de cultivo, ya que hay los que son totalmente artificiales hasta los que son enriquecidos, que puede sobrestimar los resultados de algunas especies (Chanway *et al.*, 1991) y subestimar a otras.

El crecimiento vegetal promovido por los microorganismos ha sido estudiado intensamente, debido al impacto potencial que tiene en la agricultura y en la productividad de los bosques (Chanway *et al.*, 1991). La composición de especies en las comunidades vegetales está fuertemente relacionada con el suministro de nitrógeno en bosques boreales de Canadá (Tamm, 1991) lo cual crea nichos que se diferencian en la utilización de este recurso, donde las porciones del nitrógeno total, se dividen de acuerdo al tipo de especie, *Rubus* y *Oxalis* coinciden en suelos ricos en  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ , así como con especies herbáceas de forma general (Nordin *et al.*, 2001).

Recientemente se han encontrado ejemplos de cambio en la composición de especies en pastos por influencia de *Trifolium repens* a través del efecto indirecto que causa sobre las bacterias de su rizósfera (Chanway *et al.*, 1991). Así como, la degradación de los ecosistemas debido a la eliminación de importantes microorganismos de la rizósfera; como es el caso de simbioses mutualistas como los hongos formadores de micorriza y las bacterias fijadoras de nitrógeno (Barea, 1998). Esto implica que se requiere mucha investigación para evaluar la influencia relativa de los microorganismos de la rizósfera sobre especies competitivas, con distribución y estructura de la comunidad en diferentes ambientes (Chanway *et al.*, 1991).

Las plantas también modifican las condiciones del suelo con el aporte de materia orgánica (Campbell, 1985), considerando que el 98 % de nitrógeno en forma de amonio, nitrato y nitrógeno orgánico es aportado por detritus y humus, retornando la disponibilidad para la nutrición vegetal a través de la mineralización causada por la actividad microbiana (Vitousek y Sanford, 1986; Percy *et al.*, 1994). La abundancia relativa de bacterias en la rizósfera se debe a la presencia de los exudados radicales; que al ser nutrimentos orgánicos, pueden ser selectivos, favoreciendo cierto tipo de bacterias (Stainer *et al.*, 1976). En condiciones favorables de humedad y temperatura los exudados contienen aminoácidos, azúcares, polisacáridos, ácidos orgánicos, flavonoides, hormonas, nutrimentos minerales y factores de crecimiento que permiten el establecimiento de diversos tipos de bacterias las cuales desarrollan actividades intra e ínter específicas por el uso de dichas sustancias (Barea, 1998).



En suelos rizosféricos se pueden encontrar  $3 \times 10^9$  células bacterianas por gramo, mientras que en suelos libres de raíces las poblaciones bacterianas se encuentran entre  $1 \times 10^8$  a  $1 \times 10^9$  UFC por gramo (Chanway et al., 1991). Las poblaciones bacterianas del suelo en general son superiores a las poblaciones de otros taxa tanto en número como en variedad, los conteos directos a microscopio han reportado altos niveles; aproximadamente billones por gramo. Los conteos en placa arrojan los siguientes resultados: para bacterias  $1.5 \times 10^7$ , actinomicetos  $7 \times 10^5$ , hongos  $4 \times 10^5$ , algas  $5 \times 10^4$  y protozoarios  $3 \times 10^4$  por gramo de suelo (Pelczar et al., 1977).

Los miembros del género *Azotobacter* y *Azomonas* son comunes en regiones tropicales en suelos neutros o alcalinos y húmedos (Stainer et al., 1976). Estas bacterias son encontradas especialmente en la rizósfera y colonizan la capa de mucílago que cubre las raíces, además de que pueden penetrar los espacios intercelulares de la corteza de la raíces (Campbell, 1985).

La biomasa microbiana en el suelo es un componente de la materia orgánica del suelo, aunque algunos autores la mencionan como fracción de esta. La biomasa microbiana presenta cambios en corto tiempo menores de un año, responde rápidamente a condiciones climáticas, tipo de suelo y estacionalidad; que eventualmente, alteran los niveles de materia orgánica, la cual puede indicar degradación o agregación de materia orgánica. Involucra almacenamiento y transformación de minerales haciéndolos disponibles a las plantas, también puede variar de acuerdo al tipo de textura en el suelo (Rice et al., 1996).

Recientemente se han encontrado ejemplos de cambio en composición de especies, así como en la degradación de los ecosistemas debido a la eliminación de importantes microorganismos de la rizósfera. Esto implica que se requiere de una exhaustiva investigación para evaluar la influencia relativa de los microorganismos de la rizósfera sobre las especies vegetales, bajo condiciones de distribución y estructura de la comunidad en diferentes etapas de sucesión vegetal (Chanway et al., 1991).

En investigaciones recientes se ha encontrado que la palma *Desmoncus orthacanthos* (Martius), presenta relaciones simbióticas con hongos formadores de micorriza; tal es el caso de los trabajos de Carrillo et al. (2002) y Ramos (comunicación personal). Las especies de hongos encontrados en su rizosfera fueron *Acaulospora scrobiculata* (Trappe) y *Glomus geosporum* (Nicolson y Gerdemann), las cuales presentaron además una variación en sus poblaciones por efecto de la fluctuación en la humedad del suelo entre estaciones  $p < 0.0001$  y  $P < 0.0081$  respectivamente. Dichos trabajos reportan que el fósforo extractable de estos suelos es bajo 11 ppm, por lo cual se considera un parámetro que favorece la colonización de las raíces por parte de los hongos micorrízicos (Carrillo et al., 2002).

Las investigaciones para conocer las relaciones de la rizósfera se basan en la dinámica del uso de fuentes de carbono y nitrógeno por parte de los microorganismos y como compiten las diversas especies por estos requerimientos. Actualmente la

búsqueda de especies fijadoras de nitrógeno de vida libre como *Azotobacter* y *Azospirillum* permiten obtener fuentes de nitrógeno que pueden ser utilizadas en los cultivos de interés humano (O'Connell *et al*, 1996).

## HIPÓTESIS

Las condiciones microclimáticas estacionales que actúan en el área de estudio afectan a los sitios donde crece *Desmoncus orthacanthos* modificando las condiciones hídricas en el suelo y vegetación, influyendo en las poblaciones microbianas de su rizósfera, observando diferencias a nivel local y estacional.

## OBJETIVO GENERAL

Estudiar la presencia de microorganismos asociados a la rizósfera de *Desmoncus orthacanthos* Martius comparando las estaciones de sequía y lluvias en localidades de condiciones ambientales contrastantes (La Milpa y El Huasteco), con la finalidad de conocer las características del suelo que permitan su crecimiento y por lo tanto su cultivo.

## OBJETIVOS PARTICULARES

- 1) Detectar la presencia de microorganismos en el suelo rizosferico de *Desmoncus orthacanthos* M. en dos localidades contrastantes de manejo (conservada y perturbada).
- 2) Determinar las variaciones en las poblaciones de microorganismos; bacterias, hongos y actinomicetos asociados a la rizósfera de *D. orthacanthos* en los periodos estacionales y comparándolos entre localidades.
- 3) Analizar la presencia de diferentes poblaciones microbianas; *Azotobacter*, *Azospirillum* y fosfosolubilizadores en la rizósfera de *D. orthacanthos* comparándolas entre localidades.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio:** El Ejido Noh Bec, se localiza al sur del Municipio Felipe Carrillo Puerto, estado de Quintana Roo. La altitud de los terrenos de Noh Bec es de 10 m.s.n.m. El clima es cálido subhúmedo, la temperatura media anual oscila entre 24 y 26 °C, la precipitación media anual es de 1,200 mm (INEGI, 1999). Según la clasificación de climas de Köppen modificada por García (1988) el de Noh Bec es del tipo Ax (w1) igw". En el área de estudio se seleccionaron dos sitios: uno conservado (El Huasteco) y otro perturbado (La Milpa), que poseen historias diferentes con respecto a su manejo.

El sitio conservado se localiza 26.8 Km. al noreste de la zona urbana, de vocación forestal; ubicada a los 19° 07' N y 88° 20' W. Se estima que este sitio aproximadamente ha permanecido por 100 años sin alteración. El sitio perturbado ubicado a 19° 05' N y 88° 13' W, se encuentra a 12.1 Km. del ejido, ahí se estableció una milpa por dos años y actualmente está en recuperación, dicha perturbación se estima que fue hace 8 años aproximadamente al momento de los muestreos.

Dentro del ejido se presentan zonas conservadas y perturbadas donde los suelos presentan valores en pH 7.3 a 7.8, m.o. 12 y 7%, CE 500  $\mu\text{S cm}^{-1}$  y 290  $\mu\text{S cm}^{-1}$  respectivamente. La clase textural es del tipo franco arcillo limoso para el sitio conservado y arcilloso para el sitio perturbado. El punto de capacidad de campo se encuentra en -0.03 MPa, con un porcentaje de humedad de 63 y 48% correspondientes al sitio conservado y perturbado. El punto de marchitez permanente se localiza en -1.5 MPa con un porcentaje de humedad de 41 y 37% respectivamente.

**Muestreo de raíces:** Se tomaron raíces de 25 plantas por sitio de estudio, las plantas fueron de aproximadamente la misma edad, 1-3 años (25-50 cm de altura). Las raíces originalmente se tomaron en tres tiempos a lo largo del día (mañana, mediodía y tarde) mismas que fueron utilizadas para evaluar el potencial hídrico de las mismas (ver capítulo 3). En cada medición se consideraban 25 raíces, por lo cual se tenían 75 raíces de las tres mediciones por sitio. Las raíces que se eligieron fueron de segundo orden, se tomaron de los primeros 10 centímetros de profundidad, se usaron pinzas y tijeras de disección para evitar daño, se rotularon con cintas adhesivas en uno de los extremos y se colocaron en bolsas de Nylon donde se conservaron en hielo para poder ser transportadas hasta el laboratorio.

**Determinación de Microorganismos:** Para la determinación de la presencia y cuantificación de microorganismos en placa dentro de la rizósfera de *Desmoncus orthacanthos*, se consideró el protocolo desarrollado por Louw y Webley (1959) modificado por el laboratorio de cultivos orgánicos del departamento de microbiología de suelos del ICUAP-BUAP; que consistió, en tomar cinco muestras de raíces con agregados de suelo; por sitio de estudio. Inmediatamente se depositaron en frascos color ámbar para evitar cambios por efecto de la luz y se mantuvieron frescas en una nevera. Al llegar al laboratorio se hizo una saturación con agua destilada esterilizada, en relación 1:10, es decir 1 g de raíz por 9 mL de agua destilada estéril, y se agitó a 180 r.p.m. durante 25-30 minutos en un orbitador para separar el suelo de la raíz. De

la solución presente se tomaron alícuotas para obtener las diluciones siguientes  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  y  $10^{-7}$ . Después se procedió a realizar la siembra en placa adicionando 100  $\mu$ l por dilución en cada placa.

Para la realización de la cuenta total de bacterias cultivables en placa, se utilizó el medio Extracto Suelo-Agar de acuerdo a Lonchhead y Chose (1943), usando las siguientes diluciones  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  y  $10^{-7}$  y reportando los datos en unidades formadoras de colonias (UFC). Para Actinomicetos se utilizó Papa-Dextrosa-Agar (PDA) a pH 6.5 tomando las diluciones  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  reportando los datos en UFC. Los hongos se aislaron con Papa-Dextrosa-Agar (Riker y Riker, 1936; citado por Johnson y Curl, 1972) a pH 5.8 con las diluciones  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  reportando los datos en UFC. Todas las placas se incubaron a 28 °C durante dos semanas. El conteo se llevó a cabo para hongos y actinomicetos a partir del cuarto día. Las bacterias se contaron después de 14 días de incubación (Grayston y Campbell, 1996).

#### **Ensayo para la detección de *Azotobacter*, *Azospirillum* y fosfosolubilizadores**

**Muestreo de suelo:** Los muestreos para suelos se realizaron haciendo énfasis en los periodos con meses de máxima precipitación para la estación de lluvias (septiembre-octubre) y el mes de mínima precipitación para la estación de sequía (marzo), durante los años 2000-2001. El primer muestreo se realizó en noviembre del 2000 (estación de lluvias), el segundo muestreo se realizó en marzo 2001 (sequía), (ver figura 6; Capítulo 1).

Para cada muestreo se colectaron 25 muestras de suelo a 10 cm de las plantas de *Desmoncus orthacanthos*, usando nucleadores de plástico PVC-hidráulico (4 cm de diámetro x 10 cm longitud) obteniéndose 50 núcleos por los dos sitios. Los núcleos se sellaron con cinta canela evitando la evaporación del agua del suelo, se rotularon y se colocaron en bolsas de polietileno negro, después se colocó una etiqueta dentro de la bolsa y se introdujo el núcleo en otra bolsa de manera que una etiqueta queda entre las dos bolsas, después fueron transportados a laboratorio (Bautista, 2000). Se consideraron 25 muestras por sitio (La Milpa y El Huasteco respectivamente).

Para el ensayo de bacterias heterótrofas aeróbicas se tomaron 25 muestras de suelo, las cuales se transportaron al laboratorio del departamento de microbiología del Instituto Politécnico Nacional (IPN; México, bajo la asesoría de la Dra. Enriqueta Amora), donde se realizó un ensayo para determinar la presencia de organismos fijadores de nitrógeno de vida libre y fosfosolubilizadores en suelo asociado a *Desmoncus orthacanthos*, para lo cual se consideró 5 muestras compuesta de suelo para cada localidad, a partir de cinco submuestras.

Se realizaron medios de enriquecimiento para microorganismos, usando el propuesto por Beijerinck (1901) en el caso de organismos de tipo *Azotobacter chroococcum* y *Azotobacter beijerinckii*, y el medio para el enriquecimiento de

microorganismos del tipo *Azospirillum sp.* Todos los medios fueron inoculados con 1 gramo de suelo, se incubaron a 28°C por 72 horas en agitación, después de este tiempo se observó la morfología microscópica. Para la determinación morfológica de los géneros *Azotobacter* y *Azospirillum* se realizaron tinciones de Gram a fin de observar las características que los distinguen; forma pleomórficas, entre estas se observan formas alargadas, la presencia de quistes y gránulos de poli-β-hidroxibutirato (PHB) los cuales se tiñen de color rosa tenue.

A partir de los medios enriquecidos se tomaron alícuotas para obtener las diluciones siguientes  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$  y  $10^{-6}$ , las cuales fueron usadas para sembrar en placa en medios selectivos para *Azotobacter chroococcum* se utilizó el medio propuesto por Beijerinck (1901), para *Azospirillum* se procedió a sembrar en viales usando el medio NFb propuesto por Döbereiner y Day (1975), la incubación se realizó a 28 °C, la siembra se hizo por piquete, es decir se tomaron 100 µl y se introdujo la punta de la pipeta y se depositó la alícuota a la mitad del vial, tapándose este con algodón.

Para el caso de fosfosolubilizadoras se utilizó el medio con roca fosfórica (Ramos y Callao, 1967) o medio RC, cuya composición por litro presenta lo siguiente: caldo nutritivo, 8 g; glucosa, 20 g; extracto de levadura, 2 g; agar, 22; roca fosfórica, 2 g; pH=7.0; el medio se preparó con extracto de suelo en una proporción 1:10 previamente filtrado. Las placas se incubaron a 28°C durante dos días. Después se procedió a realizar el conteo en placa para obtener el número más probable (NMP) por el método de Mc Grady.

**Análisis estadístico:** Para los resultados de los análisis de unidades formadoras de colonias (UFC), se realizó un análisis de varianza de dos vías (ANOVA) donde el factor A hace referencia a las diferencias entre tipos de microorganismos ( $P_M$ ), el factor B se refiere a las diferencias mostradas por efecto de la estacionalidad ( $P_E$ ). Para los resultados obtenidos en las determinaciones de tipo de microorganismo (Bacterias, Hongos y Actinomicetos); se realizó un ANOVA utilizando un diseño estadístico de una vía; para el análisis estadístico se usó el software SigmaStat 2.0 y para los gráficos se usó SigmaPlot 7.0.

## RESULTADOS

### Poblaciones de microorganismos en la rizósfera

En el conteo total de poblaciones microbianas, pueden considerarse ciertas tendencias para los sitios, donde hay mayor cantidad de poblaciones de bacterias heterótrofas aeróbicas es en los suelos del sitio conservado. Además, hay mayor cantidad de actinomicetos y hongos en el sitio perturbado. Por lo cual, en ensayos futuros sería adecuado caracterizar las poblaciones microbianas para cada sitio de estudio (Ver cuadro 8).

Al realizar el análisis estadístico usando ANOVA de dos vías se encontraron diferencias estadísticas en las unidades formadoras de colonias (UFC) de Bacterias  $P < 0.001$ , en Actinomicetos  $P < 0.05$  y en Hongos  $P < 0.05$ .  $H_0 = \mu_1 = \mu_2$

**Cuadro 8.-** Muestra los valores en promedio de las unidades formadoras de colonias posibles (UFC), mostrando fluctuaciones temporales y estacionales.

Sitio	Conservado	Conservado	Perturbado	Perturbado
Estación	lluvias	secas	lluvias	secas
Meses / Año	Sep-00	Mar-01	Sep-00	Mar-01
Bacterias (UFC)	$2.57 \times 10^6$	$3.81 \times 10^5$	$1.70 \times 10^6$	$4.96 \times 10^5$
Actinomicetos (UFC)	$6.70 \times 10^2$	$2.68 \times 10^4$	$1.00 \times 10^5$	$7.36 \times 10^4$
Hongos (UFC)	$3.13 \times 10^4$	$3.59 \times 10^4$	$8.74 \times 10^4$	$6.41 \times 10^4$

Al comparar los valores de este estudio encontramos concentraciones de bacterias que van de  $10^6$  a  $10^7$  los cuales podemos considerar altas ya que se han encontrado poblaciones de microorganismos en raíces en proporciones de  $10^7$  a  $10^{10}$  UFC  $g^{-1}$ . Debido a que las raíces presentan poblaciones mayores de microorganismos que el suelo de la rizósfera, conociendo además que niveles bajos en oxígeno y deficientes en nutrimentos producen un incremento en las poblaciones bacterianas del rizoplasma que contribuyen a favorecer la respiración de las raíces (Smart, *et al.*, 1995). Sin embargo, no podemos reconocer por el momento que los suelos de un sitio mantengan mayor actividad microbiana o mayor cantidad de unidades formadoras de colonias en comparación al otro, debido a que el esfuerzo de muestreo no permitió valorar bien la dinámica de las poblaciones microbianas a lo largo de todas las estaciones. Se recomienda elaborar algunos ensayos posteriores que permitan conocer el efecto de la tasa de crecimiento y actividad microbiana a lo largo de las estaciones climáticas.

**Cuadro 9.-** Se muestran los valores de probabilidad estadística para los análisis de los microorganismos, ANOVA de tres vías.

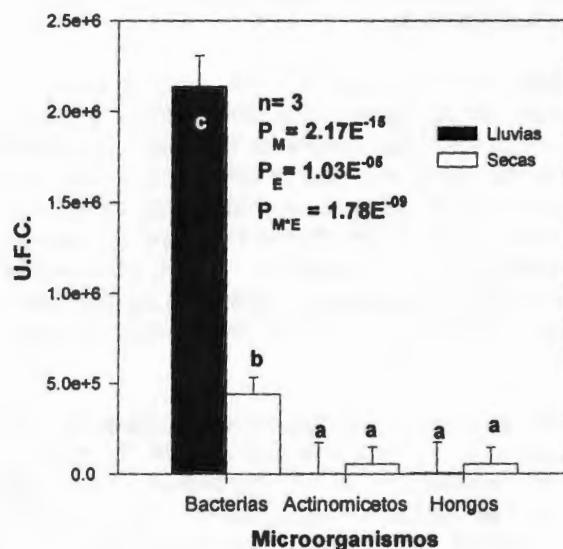
Microorganismos	Localidad	Estacionalidad
Bacterias (UFC)	0.265	*** P <0.0001
Actinomicetos (UFC)	0.280	*P<0.05
Hongos (UFC)	0.368	*P<0.05

Donde los asteriscos muestran el grado de diferencia; \* P<0.05 = significativo, \*\* P <0.001 = muy significativo y \*\*\* P <0.0001 = altamente significativo.

Al realizar un análisis de varianza de tres vías usando un diseño factorial (SigmaStat 2.0) obtenemos que los valores en la probabilidad se distribuyen de la siguiente manera;  $P_M < 0.001$ ,  $P_L = 0.317$ ,  $P_E < 0.001$ ,  $P_{M \cdot L} = 0.241$ ,  $P_{M \cdot E} < 0.001$ ,  $P_{L \cdot E} = 0.117$  y  $P_{M \cdot L \cdot E} = 0.137$ . Los subíndices hacen referencia a M: microorganismos; L: localidad; E: estacionalidad. En estos análisis podemos darnos cuenta que hay diferencias en las poblaciones de microorganismos, entre estaciones y la interacción entre microorganismos y estaciones.  $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

Pese a que no encontramos diferencias estadísticas entre las poblaciones de las dos localidades (Ver cuadro 9) debemos considerar que el suelo forestal posee una composición heterogénea en microorganismos a causa de la variación en el origen de la materia orgánica y las diferentes etapas de descomposición de la misma. Por lo tanto la población microbiana presentará diferente composición de especies y la respuesta de estos microorganismos en bioensayos puede ser diferente (Vesterdal, 1998).





**Figura 28.-** Gráfico que muestra las UFC encontradas en la evaluación de las poblaciones de microorganismos; los valores de  $P_M$ ,  $P_E$  y  $P_{M*E}$  presentados se obtuvieron al correr la estadística de dos vías en SigmaStat 2.0, debido a que el factor localidad no es significativo. Las letras a, b y c corresponden a la prueba \*Student-Newman-Keuls; el gráfico presentado fue elaborado con SigmaPlot 7.0.

En algunos trabajos se relaciona una alta presencia de organismos fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fósforo en suelos forestales inducidos por la presencia de una especie vegetal; tal es el caso del género *Quercus* que presenta una correlación de concentraciones altas de nitrógeno y fósforo en su hojarasca con respecto a la hojarasca de otras especies vegetales (Vesterdal, 1998).

En especies vegetales como el bambú, los efectos favorables de los microorganismos fijadores de nitrógeno, del tipo *Azotobacter*, son el ayudar al crecimiento radical y estimular los pelos radicales, dando además una mayor resistencia a la planta, incrementando en algunos casos del 9.8 al 53.7 % del nitrógeno en la planta. (Xiaoli y Xiaoping, 2001). Encontrando una relación estrecha entre plantas que presentan fijadores de nitrógeno de vida libre en su rizósfera en presencia de una mayor cantidad de fósforo orgánico disponible (Kim *et al*, 1997).

**Microorganismos fijadores de nitrógeno de vida libre (*Azospirillum*, *Azotobacter*) y fosfosolubilizadores.**

Durante el tiempo de incubación de los medios de enriquecimiento para microorganismos fijadores de nitrógeno, que corresponde a 72 horas, se hicieron observaciones durante cada día para evaluar la turbidez y viscosidad de los medios las cuales eran notorias, las observaciones microscópicas que se realizaron con la tinción de Gram mostraba células bacterianas con forma de cocos y bacilos, donde predominaban los bacilos cortos Gram negativos para el caso de *Azotobacter* y bacilos ligeramente curvados para *Azospirillum*. No se observaron quistes, células pleomórficas, células en forma de campana, ni gránulos de poli- $\beta$ -hidroxibutirato como los reportado por Toro (1996) en trabajos de enriquecimiento para bacterias heterótrofas aeróbicas.

En el ensayo que se realizó para observar la presencia de microorganismos en suelo como *Azotobacter sp.* se encontró que el número más probable en el sitio conservado es mayor en comparación al sitio perturbado. Esta misma tendencia se observa con los microorganismos fosfosolubilizadores donde el número más probable en el sitio conservado es mayor en comparación al sitio perturbado. Para organismos del género *Azospirillum* se encontró presencia de los mismos solo en la dilución  $10^{-2}$ . En general las cantidades de microorganismos son mayores en el sitio conservado (Cuadro 7). La baja presencia de microorganismos del género *Azospirillum* puede explicarse debido a que el ensayo se realizó con suelo rizosférico y se conoce que este género presenta características que le hacen sobrevivir en mayor cantidad dentro del rizoplano (Caballero y Martínez, 2000).

Las bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre más estudiadas son *Azotobacter* y *Azospirillum* debido a que estas se encuentran en mayor abundancia en suelos neutros o ligeramente alcalinos (Stevenson, 1986), las cuales también se les conoce por estimular la micorrización y el crecimiento vegetal (Toro, 1996). Para ambas bacterias se ha propuesto que el efecto sinérgico observando en el crecimiento y nutrición vegetal se debe a la producción de hormonas por las bacterias más que el efecto provocado por la fijación biológica de nitrógeno

Las bacterias fosfosolubilizadoras producen ácidos orgánicos capaces de solubilizar las partículas de roca fosfórica. Debido a esto es fácil identificarlas por el halo que forman en la placa y al encontrarlas en este ensayo consideramos que influyen grandemente en la solubilización del fósforo en los suelos de esta área, debido a que las concentraciones de fósforo extractable en suelos se presentó en magnitudes de 10 a 20 mg kg<sup>-1</sup> siendo mayor la magnitud en el sitio conservado. Esta misma magnitud de fósforo se encuentra en las raíces de *Desmoncus orthacanthos*, lo que nos indica que las plantas podrían estar siendo beneficiadas por la presencia de microorganismos fosfosolubilizadores y hongos micorrizógenos (Barry, 1962; Carrillo *et al.*, 2002) que permiten a las plantas una asimilación de fósforo de forma eficiente.

Cuadro 10.- Número Más Probable de microorganismos de los géneros *Azotobacter* y *Azospirillum*, así como de microorganismos fosfolubilizadores en medios enriquecidos y selectivos.

Ensayo de presencia de microorganismos		
Localidad	Conservado "Huasteco"	Perturbado "Milpa"
<b>Numero Más Probable</b>		
<i>Azotobacter sp.</i>	1.40 E <sup>+06</sup>	9.50 E <sup>+04</sup>
<i>Azospirillum sp.</i>	5.50 E <sup>+02</sup>	5.50 E <sup>+02</sup>
Fosfolubilizadores	1.40 E <sup>+06</sup>	3.0 E <sup>+05</sup>
<b>Microorganismos /g de suelo</b>		
Bacterias Totales	45E <sup>+06</sup> /g suelo	11E <sup>+07</sup> /g suelo
Actinomicetos Totales	15E <sup>+06</sup> /g suelo	14E <sup>+06</sup> /g suelo
Hongos Totales	15E <sup>+06</sup> /g suelo	14E <sup>+06</sup> /g suelo
<i>Azotobacter sp.</i>	1.54E <sup>+06</sup> /g suelo *	1.90E <sup>+04</sup> /g suelo *
<i>Azospirillum sp.</i>	1.38E <sup>+04</sup> /g suelo *	1.38E <sup>+04</sup> /g suelo *
Fosfolubilizadores	1.54E <sup>+06</sup> /g suelo *	2.40E <sup>+05</sup> /g suelo *

Nota: El NMP en bacterias, actinomicetos y hongos se realizó en conteo en placa en medio suelo extracto agar y PDA. Los datos reportados por gramo de suelo con el asterisco indican que fueron a partir de medios enriquecidos. Los datos corresponden a la época de sequía del 2001 (muestreo 2)

En los suelos, la concentración del fósforo soluble para las plantas es más baja debido a que generalmente el fósforo inorgánico se combina con iones de hierro, aluminio así como calcio formando componentes poco solubles (Aono, *et al.*, 2001). Sin embargo, se conoce que una gran cantidad del fósforo en el suelo se encuentra en forma orgánica (Dalal, 1977) formando parte de residuos más o menos transformados de plantas y de la biota del suelo. Este puede constituir entre un 30 a 50% del fósforo total de la mayoría de los suelos, aunque esta cantidad puede variar entre 5 y 95%, dependiendo del tipo de suelo y su contenido de materia orgánica (Paul y Clark, 1990).

Los suelos de esta área se consideran extremadamente ricos en materia orgánica (7 y 12%), lo que permite la actividad de muchos microorganismos que degradan la misma y faciliten la disponibilidad de fósforo (11 ppm reportados de acuerdo a Carrillo *et al.*, 2002). Sin embargo, es recomendable realizar otros ensayos para evaluar los diversos tipos de fósforo en el suelo y la interacción con bacterias fosfolubilizadoras y micorrizas (Toro, 1996).

En suelos alcalinos con altas concentraciones de calcio se inmoviliza el fósforo como fosfato de calcio y este puede favorecer una inducción de nitratos que incrementen el pH de la rizósfera. Es importante estudiar esta relación para valorar además de los microorganismos el efecto del nitrógeno sobre el fósforo asimilable, ya que puede ser estimado analizando el pH de la rizósfera y las concentraciones de fósforo en la savia, con lo cual al observar un decremento en la concentración de

fósforo en esta y en los ápices, se puede correlacionar con las concentraciones de nitrógeno. En las cuales compuestos nitrogenados dentro de la savia reflejan cambios en la asimilación por las raíces en diferentes concentraciones de fósforo disponible. (Leidi y Rodríguez-Navarro, 2000).

El suministro de fósforo produce un efecto sobre la actividad de la nitrato reductasa en hojas y raíces. Dicha actividad se correlaciona con la presencia de nitratos en solución, donde la presencia de fósforo tiene menor efecto en la nitrato reductasa de la raíz, y una baja reducción de nitrato ocurre predominantemente en hojas. Altas concentraciones de nitrógeno y bajas de fósforo afectan en la concentración de la nitrato reductasa la cual se incrementa en la raíz (Ritcher, 1982, De Miranda y Harries, 1994).

La razón por la que el muestreo y ensayo de microorganismos se realizó en la época de sequía se debe a que generalmente la actividad microbiana óptima en el suelo es a  $-0.05$  MPa y decrece cuando el suelo esta totalmente saturado de agua cercano a  $0$  MPa o cuando esta perdiendo humedad este potencial se vuelve mas negativo (Paul y Clark, 1990)

## DISCUSIÓN

Los resultados sugieren la realización de ensayos a futuro para observar la presencia de organismos fijadores de nitrógeno de vida libre dentro del rizoplasma de *Desmoncus orthacanthos* con el fin de observar microorganismos como *Azospirillum*, esperando encontrarlos en mayor cantidad en comparación a las poblaciones del suelo (rizósfera).

Es importante considerar los datos aportados en el trabajo para continuar a futuro en la búsqueda de estos microorganismos y de ser posible llegar a determinar las especies presentes de acuerdo a las pruebas bioquímicas correspondientes.

Los resultados permiten visualizar una opción de biofertilización a palmas de esta especie e incluso del género. Existen algunos ejemplos en los que Nair y Subba (1977) y Subba (1983) reportaron la presencia de bacterias diazotróficas como *Beijerinckia*, *Azotobacter* y *Azospirillum* en plantas de *Cocos nucifera* L.; así como, la presencia de bacterias fosfolubilizadoras. Estos reportes de bacterias asociadas a palmas, permiten considerar la opción de aplicación de biofertilizantes en palmas, los cuales se pueden aplicar mediante inoculó de suelo rizosférico a plantaciones experimentales o la inoculación a partir de cepas previamente aisladas, identificadas y seleccionadas a fin de proporcionar una relación más estrecha que brinde un óptimo crecimiento a las plantas de *Desmoncus orthacanthos* y palmas emparentadas filogenéticamente.

## CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos del análisis microbiológico se encontró que en la rizósfera de *Desmoncus orthacanthos* existen diferencias entre los grupos taxonómicos (bacterias, actinomicetos y hongos) siendo las bacterias los microorganismos que presentan una mayor variación en su número de acuerdo al cambio de estación climática.

La presencia de organismos nitró fijadores de vida libre y fosfosolubilizadores juega un papel importante en las áreas donde crece *Desmoncus orthacanthos*, esto es un indicador de que la nutrición vegetal no solo está dada por las condiciones ambientales. Podemos considerar que *D. orthacanthos* es una especie que presenta interrelaciones con otras especies, lo que permite a la planta tener tasas de crecimiento muy altas de acuerdo a lo reportado por Orellana et al., (1997).

## RECOMENDACIONES

En cuanto a los microorganismos fijadores de nitrógeno y bacterias fosfosolubilizadoras se sugiere hacer una serie de ensayos para detectar la presencia de los mismos a lo largo de las diferentes estaciones del año y aislarlos para poder identificarlos. En cuanto al género *Azospirillum* es recomendable hacer un aislamiento a partir del rizoplasma de *Desmoncus orthacanthos*.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alexandre Martin. 1977. **Introduction to soil microbiology**. Segunda edición. John Wiley and Sons. New York pp.18-78
- Aono T., K. Naoki, I. Ayako y O. Hiroshi. 2001. **The response of the phosphate uptake system and the organic acid exudation system to phosphate starvation in *Sesbania rostrata***. Plant Cell Physiol. 42 (11): 1253-1264.
- Barea, J. M. 1998. **Biología de la rizósfera**. Investigación y Ciencia. Enero, pp 74-81.
- Barry D. 1962. **The possibility of the mycorrhiza in palms**. Principes. Vol. 6: 87-90.
- Bautista Z. F. 2000. **Suelos: Técnicas de muestreo para el manejo y conservación de recursos naturales**. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. En prensa.
- Beijerinck. 1901. ***Azotobacter Chroococcum***. Int. J. Syst. Bacteriol. 30: 255
- Buffaloe D. N y V. D Ferguson. 1976. **Microbiology**. Houghton Mifflin Company. Boston, Estados Unidos pp 297-329.
- Bull T. A y M. P. Meadow. 1978. **Companion to microbiology**. Selected topics for further study. Longman. New York, Estados Unidos pp. 343-361.
- Caballero M. J. y R. E. Martínez. 2000. **Taxonomía y diversidad de fijadores de nitrógeno *Rydhobium*, *Azospirillum* y *Acetobacter***. En Peña J. J. editor. La fijación biológica de nitrógeno en México. El aporte de las técnicas isotópicas. Charcal, p17-28.
- Campbell R. 1985. **Microbiology of roots**. Plant Microbiology. Edward Arnold, pp 106-152.
- Carrillo L., R. Orellana y L. Varela. 2002. **Mycorrhizal associations in three species of the palms of the Yucatan Peninsula, Mexico**. Palms 46 (1) :39-46.
- Chanway C. P., R. Turkington y F. B. Holl. 1991. **Ecological implications of specificity between plants and rhizosphere micro-organisms**. Advances in ecological research. 21: 121-169.
- Curl A. E. y B. Truelove 1986. **The rhizosphere**. Springer-verlag, New York, Estados Unidos pp 167-190.
- De Miranda J. C. C. y P. J. Harries 1994. **Effects of soil phosphorus on spore germination and hyphal growth of arbuscular mycorrhizal fungi**. New Phytol. 128: 103-108.

Dalal R. C. 1977. **Soil.** Soil Sci. 124:323

Döbereiner J. y J. M. Day. 1975. **Nitrogen fixation in the rhizosphere of tropical grasses.** In Stewart W. D. P. ed. Nitrogen fixation by free – living microorganisms. Cambridge University Press. pp, 39-55.

Grayston J. S. y D. C. Campbell. 1996. **Functional biodiversity of microbial communities in the rhizospheres of hybrid larch (*Larix eurolepis*) and Sitka spruce (*Picea sitchensis*).** Tree Physiology 16: 1031-1038.

INEGI 1999. **Anuario estadístico del estado de Quintana Roo.** Q. Roo. México.

Johnson L. F. y E. A. Curl. 1972. **Methods for research on the ecology of soil borne plant pathogens.** Burgess Publishing Company. Mineapolis. USA. pag. 247.

Kim Yong K., D. Jordan y G. A. McDonald. 1997. ***Enterobacter agglomerans*, phosphate solubilizing bacteria, and microbial activity in soil: effect of carbon sources.** Soil. Biol. Biochem. Vol. 30 (8/9): 995-1003.

Leidi E. O. y D. N. Rodríguez-Navarro. 2000. **Nitrogen and phosphorus availability limit N2 fixation in bean.** New Phytol. 147: 337-346.

Lochhead A. G. y F. E. Chose. 1943. **Qualitative studies of soil microorganisms V. Nutritional requirements of the predominant bacterial flora.** Soil Sci. Baltimore. 55: 185-195

Louw H. A. y D. M. Webley. 1959. **The bacteriology of the root region of the oat plant growth under controlled pot culture conditions.** Journal of Applied Bacteriology. Oxford 22 (2): 216-226.

Nair S. K. y N. S. Subba Rao. 1977. **Distribution and activity of phosphate solubilizing microorganism in the rhizosphere of coconut and cacao under mixed cropping.** Journal of plantation crops. Kasaragod 5:67-70

Nordin A., P. Högberg y T. Näsholm. 2001. **Soil nitrogen from and plant nitrogen uptake along a boreal forest productivity gradient.** Oecologia 129: 125-132.

O'Connell P. K., R. M. Goodman y J. Handelsman. 1996. **Engineering the rhizosphere expressing a bias.** Phytopathology Reviews 14: 83-88

Orellana, R., P. Herrera, S. Rebollar, J. Escalante, G. López, S. Escalante, y L. Gus. 1997. **Studies of the potential uses of some native palms of the Yucatan peninsula (Mexico) as substitutes of rattan.** Trabajo presentado en Second International Symposium on Ornamental Palms and other monocots from tropics. Puerto de la Cruz, Tenerife, Canarias, España.

Paul E. A. y F. E. Clark. 1990. **Soil as habitat for organisms and their reactions.** Soil microbiology and biochemistry. Academic press, New York, pp 11-31.

Pearcy, R. W., J. Ehleringer, H. A. Mooney y P. W. Rundel. 1994. **Plant physiology Ecology (field method and instrumentation).** Chapman and hall, pp. 185-186, 367-398.

Pelczar J. M., D. R. Reid. y S. E. C. Chan. 1977. **Microbiology.** 4<sup>th</sup> edition; Mac-Graw Hill, New York pp 725-746.

Ramos A. y V. Callao. 1967. **El empleo de la solubilización de fosfato en placa como técnica diferencial bacteriana.** Microbiol. España. Madrid. 20:1-12.

Rice W. C., B. Moorman y T. M. Beare. 1996. **Role of microbial biomass carbon and nitrogen in soil quality.** Methods for assessing soil quality. SSSA. Special publication number 49. Soil Science Society of America. Madison; Wisconsin. USA pp 203-215.

Richter G. 1982. **Fisiología del Metabolismo de las plantas.** Editorial CECSA. México. Pag. 268-276.

Sigmaplot. 2001. Versión 7.0. SPSS. Inc. [www.sigmaplot2001.com](http://www.sigmaplot2001.com)

Smart R. D., A. Ferro, K. Ritchie y B. G. Bugbee. 1995. **On the use of antibiotics to reduce rhizoplane microbial populations in roots physiology and ecology investigations.** Physiologia plantarum. 95: 533-540.

Stanier Y. R., A. E. Adelberg y L. J. Ingraham.. 1976. **The microbial world.** Prentice Hall. New Jersey, pp. 192-197, 592-611, 749-757

Stevenson F. J. 1986. **Cycles of soil; Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients.** John Wiley & Sons, New York pp 121-124.

Subba Rao N. S. 1983. **Nitrogen fixing bacteria associated whit plantation and orchard plant.** Canadian Journal of Microbiology. Ottawa 29:863-866.

Tamm C. O. 1991. **Nitrogen in terrestrial ecosystem (Ecological Studies 81).** Springer, Berlin Heidelberg New York.

Toro García M. 1996. **Interacción de bacterias solubilizadoras de fosfatos y micorrizas arbusculares en la optimización del uso de roca fosfórica y su evaluación mediante la aplicación de técnicas isotópicas.** Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias; Universidad de Granada. C.S.I.C. España.

Vesterdal L. 1998. **Potential microbial nitrogen and phosphorus availability in forest floors.** Soil Biol. Biochem. Vol. 30 (14) : 2031-2041.



Vitousek P. M, y R. L. Sanford. 1986. **Nutrient cycling in moist tropical forest.** *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 17: 137-167.

Wistreich A. G. y D. M. Lechtman. 1980. **Laboratory exercises in microbiology.** 4<sup>th</sup> edition Glencoe Publishing California pp 143-147.

Xiaoli, W. y G. Xiaoping 2001. **Study on associated nitrogen fixation of bamboo plants rhizosphere.** *J. Bamboo and Rattan*, Vol. 1, No. 1, pp. 23–36



## DISCUSIÓN GENERAL

Los datos obtenidos en la presente investigación nos sugieren que el desarrollo de *Desmoncus orthacanthos* se ve favorecido en la localidad conservada. Debido a que presenta mejor capacidad de retención de agua, mayor cantidad de materia orgánica y textura. Esto también coincide con las observaciones que hacen los campesinos y sus predicciones de que las plantas con mejores características para la elaboración de muebles están en lugares conservados.

### **Nutrimientos en suelos y raíces:**

**Nitrógeno:** Los resultados muestran que en el sitio conservado se encuentra una cantidad mayor de nitrógeno en el suelo y se puede atribuir al grado de conservación del hábitat, además de que las condiciones edáficas son mucho más favorables. En las raíces observamos que la presencia de nitrógeno depende básicamente de la condición estacional en la que se encuentren, siendo las estaciones de lluvia donde las raíces presentan mayor contenido de nitrógeno. Esto implicaría que la mineralización de este elemento está influenciada por la precipitación y posiblemente tiene una relación estrecha con la cantidad de microorganismos y materia orgánica presentes. Sin embargo, el nitrógeno debería de ser evaluado de forma integral, ya que el hecho de determinar la fertilidad o salud de una planta a partir de las concentraciones del nutriente dentro del tejido vegetal, puede traer el riesgo de dar un sesgo que no sea capaz de discriminar las limitantes reales que presenta una planta en el ambiente.

**Fósforo:** Este elemento presenta una variación mayor con respecto a las estaciones que entre los sitios. Es notorio como disminuye su concentración en el suelo en estaciones de poca precipitación y cómo las raíces mantienen mayor cantidad de fósforo en las estaciones donde la precipitación es más alta. Sin embargo, debemos considerar que las diferencias entre localidades pueden deberse a la presencia de microorganismos fósfo-solubilizadores, así como a la presencia de hongos micorrízicos que presenta *Desmoncus orthacanthos* lo cual permitiría a las raíces mantener una concentración adecuada de fósforo durante las estaciones del año.

Las deficiencias en fósforo en suelos tropicales están muy documentadas, debido a lo cual las limitaciones de este elemento se pueden valorar adecuadamente cuando se realizan experimentos con fertilización. Se reconoce que en otras especies de palmeras el fósforo es uno de los elementos más móviles, llegando a niveles de 60% de translocación entre tejidos foliares.

**Potasio:** Este elemento parece estar relacionado directamente con la variación en la precipitación, el potasio en suelo disminuye en las estaciones de mayor precipitación y se presenta en mayor concentración en las raíces, cuando se incrementa el potasio en suelo en las estaciones de poca precipitación, las raíces disminuyen la concentración del mismo, aquí es importante notar como las raíces mantienen concentraciones menores a las presentes en los suelos a lo largo de todas las estaciones. En otras

especies de palmeras se transloca en un 90%, lo cual muestra su importancia en las palmas.

**Calcio:** Cuando hay sequía la concentración es menor, cuando se incrementa la precipitación la concentración aumenta por efecto de la disolución de la roca madre del suelo observando que mientras mayor sea la precipitación mayor es la concentración encontrada. Las raíces mantienen una cantidad menor a la del suelo en una proporción 10 veces menor aproximadamente, considerando que puede ser un elemento poco requerido por la planta y no se encuentra en niveles que produzcan efectos tóxicos.

**Magnesio:** La concentración de magnesio en suelo se presenta en mayor magnitud en las estaciones de sequía y nortes en ambos sitios. En las raíces no se encuentran diferencias por los factores. Sin embargo se puede apreciar que la cantidad de magnesio en raíces es muy baja en comparación a la concentración presente en los suelos. De acuerdo a lo reportado por Quintal (2000) y Guillen (2001), la planta discrimina este nutrimento de tal forma que lo absorbe de la solución del suelo, lo transloca a sus tejidos vegetales donde lo inmoviliza y estos cuando caen eliminan el magnesio, modificándolo de forma que no vuelve a ser asimilable a la planta.

**Sodio:** Las concentraciones de sodio en los suelos de ambos sitios son elevadas pero no son tóxicas para la mayoría de las plantas cultivadas por lo que habría que ver si estas provocan un efecto importante en la nutrición de *Desmoncus orthacanthos*. En las raíces no se presentan diferencias en los factores estacionalidad y localidad.

Los nutrimentos analizados en suelo N, P, K, Mg, Ca y Na presentan una variación de acuerdo al factor estacionalidad. La variación de los elementos por el factor localidad deben estar en función a la madurez del sitio así como composición florística presente y el tipo de manejo que se le da a la vegetación. En raíces los elementos N, P y Mg presentan mayor demanda, los elementos K y Ca presentan una discriminación por parte de las raíces de *Desmoncus orthacanthos*, en cuanto a los nutrimentos Mg y Na en raíces se desconoce si sus concentraciones son limitantes o no para esta especie.

Las plantas requieren de balances óptimos en los recursos minerales, así como los relacionados con las condiciones hídricas. Sin embargo, se reconoce por ahora, que existen pocos trabajos como los de Chinchilla (1994), Carrillo *et al.*, (2002), Tzec (2002). Así como los trabajos de Ramos J. y Quiroz J. (comunicación personal) en los cuales se puedan comparar los nutrimentos, microorganismos y relaciones hídricas en palmas, sabiendo de antemano que las palmas pueden variar grandemente en recursos de acuerdo a sus atributos genotípicos y fenotípicos.

## **Relaciones hídricas en suelo y raíces:**

**Potencial hídrico en suelos:** La diferencia de potencial hídrico del suelo esta dada por la capacidad de retención de agua, la cual se relaciona con la textura y materia orgánica. Los porcentajes de materia orgánica fueron de 12 y 7% para el sitio conservado y perturbado respectivamente, en cuanto a la textura de los suelos; 58 % arena, 12 % limo y 30 % arcilla (franco arcillo limoso) para el sitio conservado y 35 % arena, 12 % limo y 53 % arcilla (arcilloso) para el sitio perturbado. Siendo el sitio conservado el que presenta mayor cantidad de agua disponible para las mismas. Esta diferencia explica que las plantas del sitio conservado mantengan un mejor nivel de disponibilidad de agua a lo largo del año y le permita a la planta tener tallos con un crecimiento uniforme, mismo que ofrece mayor calidad en el uso de los mismos.

**Potencial hídrico en raíces:** Los valores de los potenciales hídricos en raíces para las localidades evaluadas en esta investigación reflejan una buena difusión de nutrimentos, por efecto de la disponibilidad del agua del suelo, dando una nutrición y condición hídrica favorable a las plantas de *Desmoncus orthacanthos*. Las determinaciones de potencial hídrico en raíces, en las mañanas y tardes nos dan valores similares. La magnitud del potencial hídrico en raíces al medio día se incrementa, es decir se hace más negativo, lo que permite que las plantas transporten fácilmente el agua por efecto de la tasa de transpiración y los valores en el potencial hídrico del suelo son de menor magnitud. Con los resultados obtenidos podemos observar el continuo entre suelo-planta para *Desmoncus orthacanthos*, en este continuo vemos que la zona conservada presenta una mayor transportación del agua del suelo hacia las raíces.

El agua puede controlar la ausencia o presencia de algunos microorganismos en el suelo, debido a que interviene en la actividad de los mismas y se puede observar de forma indirecta con la degradación de la materia orgánica, y la mineralización de los nutrimentos. Es necesario aclarar que los estudios que describen relaciones similares entre el potencial hídrico y mineralización de nutrimentos como nitrógeno varían en cada estudio por influencia de otros factores como temperatura y pendiente, porosidad, concentración de materia orgánica, profundidad y cantidad de humedad en suelo.

Se considera que el agua puede influir en la ausencia o presencia de algunos microorganismos en el suelo, debido a que interviene en la actividad de las mismas y se puede observar de forma indirecta con la degradación de la materia orgánica o la mineralización de los nutrimentos. La diferencia en clases de textura en suelo nos puede indicar una mayor facilidad en la difusión de nutrimentos y oxígeno, lo que permite una mayor actividad de las comunidades microbianas de la zona conservada en comparación con la zona perturbada.

Las relaciones entre el potencial hídrico, nutrimentos y microorganismos son complejas, debido a que se presentan variaciones en los suelos por la naturaleza y génesis de los mismos; así como, por las condiciones climatológicas que imperan en

la región, sumando a esto el poco conocimiento que se tiene de los microorganismos en las selvas de esta zona.

### **Microorganismos:**

Con los resultados obtenidos del análisis microbiológico se encontró que las unidades formadoras de colonias evaluadas a partir de la rizósfera de *Desmoncus orthacanthos* varían entre los grupos taxonómicos, siendo las bacterias los microorganismos que presentan mayor fluctuación en sus poblaciones.

**Población bacteriana:** En los suelos de esta área la materia orgánica es alta (7 y 12 %), lo que permite la actividad de muchos microorganismos como es el caso de hongos micorrízicos. Los valores de este estudio se consideran altos ya que se han encontrado bacterias heterótrofas aeróbicas de microorganismos en raíces en proporciones de  $10^7$  a  $10^{10}$  UFC  $g^{-1}$ . Sin embargo, no se puede reconocer, por el momento, que los suelos de un sitio mantengan mayor actividad microbiana.

### **Ensayo para *Azospirillum*, *Azotobacter* y fosfosolubilizadores**

En el ensayo que se realizó para observar la presencia de microorganismos en suelo como *Azotobacter sp.* se encontró que el número más probable en el sitio conservado es mayor en comparación al sitio perturbado. Para organismos del género *Azospirillum* se encontró presencia de los mismos solo en la dilución  $1X 10^{-2}$ .

Para los microorganismos fosfosolubilizadores el número más probable en el sitio conservado es mayor en comparación al sitio perturbado. Se considera que influyen grandemente en la solubilización del fósforo en los suelos de esta área, lo que podría indicar que las plantas están siendo favorecidas por la presencia de microorganismos fosfosolubilizadores y hongos micorrizógenos, permitiendo a las plantas una asimilación de fósforo de forma eficiente.

## CONCLUSIONES GENERAL

El nitrógeno y fósforo son elementos que se requieren en altas cantidades para el crecimiento de *Desmoncus orthacanthos*. Los elementos potasio, calcio y sodio se encuentran en cantidades importantes en los tejidos.

Los valores de humedad están cercanos a la capacidad de campo; lo que indica que las plantas siempre tienen agua disponible, en las diferentes estaciones del año, lo que permite la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. Las plantas bajo estas condiciones en teoría no tienen que invertir energía para la absorción de agua y nutrimentos.

La presencia de organismos fijadores de nitrógeno de vida libre y fosfolubilizadores juega un papel importante en las áreas donde crece *Desmoncus orthacanthos*. Esto es un indicador de que la nutrición vegetal no solo está dada por las condiciones ambientales, podemos ahora considerar que *D. orthacanthos* es una especie que presenta interrelaciones con especies microbianas y posiblemente la interacción sea sinérgica.

## PERSPECTIVAS GENERALES

**Nutrimentos:** Se recomienda evaluar, mediante algunos experimentos, la respuesta de *Desmoncus orthacanthos* al aplicar diferentes niveles de concentraciones de elementos como sodio y magnesio, debido a que no podemos reconocer por ahora si estos elementos son limitantes o no para el crecimiento y desarrollo de la planta. También se considera pertinente realizar determinaciones de tejido foliar, para poder comparar los requerimientos de *D. orthacanthos* en diferentes suelos, tejidos y estadios fenológicos.

**Relaciones Hídricas:** Se recomienda evaluar los diferentes potenciales hídricos que presenta la especie en sus diferentes estadios fenológicos. Los requerimientos del agua son esenciales, sin embargo, estos pueden variar dependiendo de la etapa vegetativa por la cual está pasando la especie. Así mismo, se recomienda realizar algunos experimentos donde se evalúe la respuesta de la planta al variar los niveles de agua en el suelo y concentraciones de fertilizantes. Otra opción puede ser la evaluación de absorción de agua por las raíces y los costos de obtención de carbono; determinando las tasas de transpiración y fotosíntesis en *Desmoncus orthacanthos*.

**Microorganismos:** Para trabajos posteriores es recomendable evaluar la biomasa microbiana, debido a que en varios estudios se utiliza como tasa de descomposición y mineralización de la materia orgánica, lo cual permite valorar la disponibilidad de nutrimentos dentro del suelo.

Se recomienda hacer experimentos para la observación y obtención de una o varias especies del género *Azospirillum* que son bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre y que viven en el rizoplasma de algunas especies vegetales; en este trabajo

se encontraron estas bacterias en niveles bajos. Además, se podría evaluar las relaciones que se producen entre la cantidad de sustancias exudadas por las raíces de *Desmoncus orthacanthos* y las poblaciones bacterianas. Esto permitiría conocer si las bacterias y la planta tienen una relación que le este proporcionando recursos minerales del suelo a la planta.

La presencia de los microorganismos asociados a la rizósfera de *Desmoncus orthacanthos* permite visualizar una opción de biofertilización a palmas de esta especie e incluso del género, de esta forma se evitaría la incorporación de químicos a plantaciones experimentales dentro de áreas conservadas. La inoculación se podría realizar a partir inoculó de suelo rizosferico y en el mejor de los casos de cepas previamente aisladas, identificadas y seleccionadas a fin de proporcionar una relación más estrecha que brinde un óptimo crecimiento a las plantas de *esta especie*.

Los resultados de esta investigación permiten apoyar la hipótesis de que las plantas que crecen en sitios conservados son mejores para la elaboración de artesanías y muebles, que las de los sitios perturbados. En trabajos recientes se reconoce que las plantas de *Desmoncus orthacanthos* difieren morfológicamente en diámetro y longitud de entrenudos; en el ámbito histológico hay diferencias significativas en las dimensiones de las estructuras y en la densidad de la mayoría de éstas (Quiroz; comunicación personal). Esto abre la posibilidad de propagar la especie basándose en la selección de sitios donde los ramets de las plantas de *Desmoncus orthacanthos* posean las mejores características biomecánicas, con base a la propuesta de un modelo de desarrollo sustentable para la región.



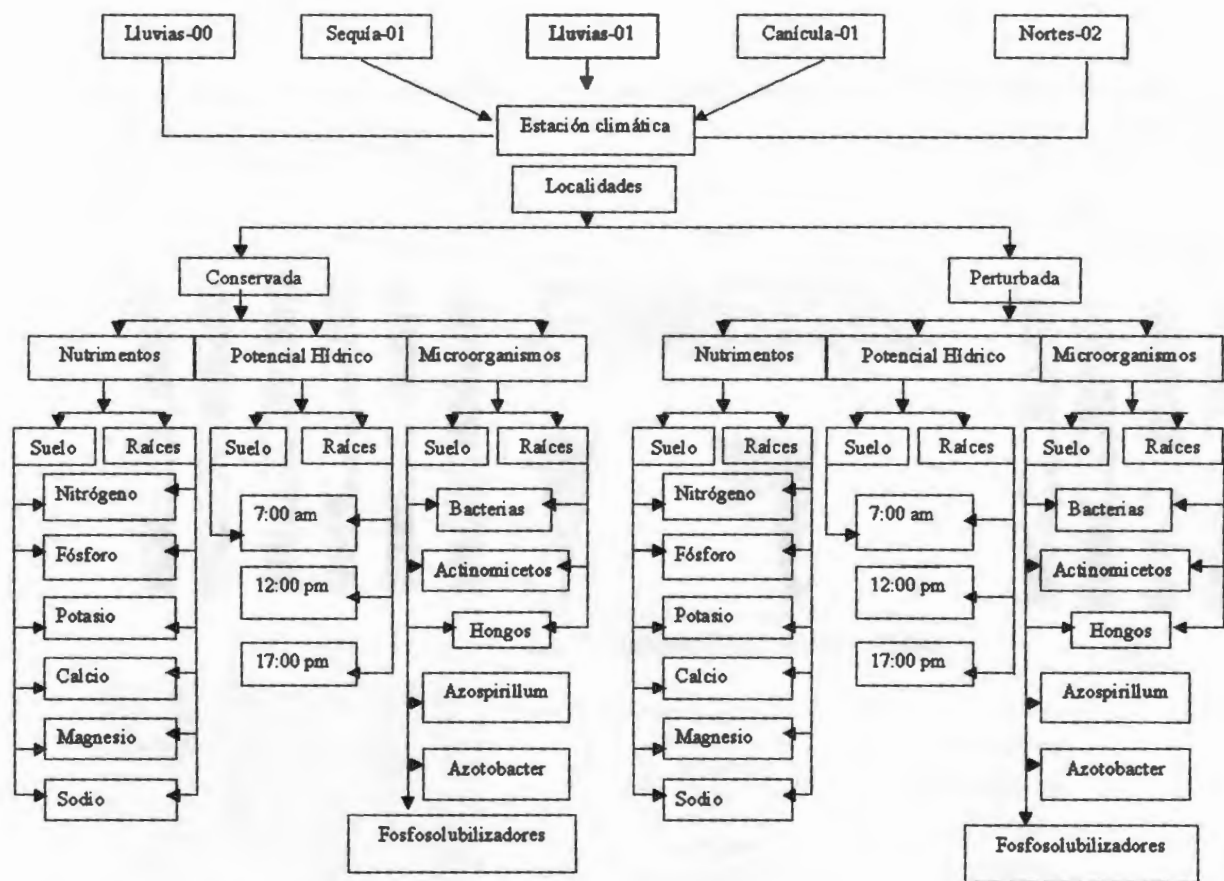


Figura No. 29. Diseño experimental empleado en el estudio de la relación Planta-Suelo en *Desmanthus orthacanthos* Martius

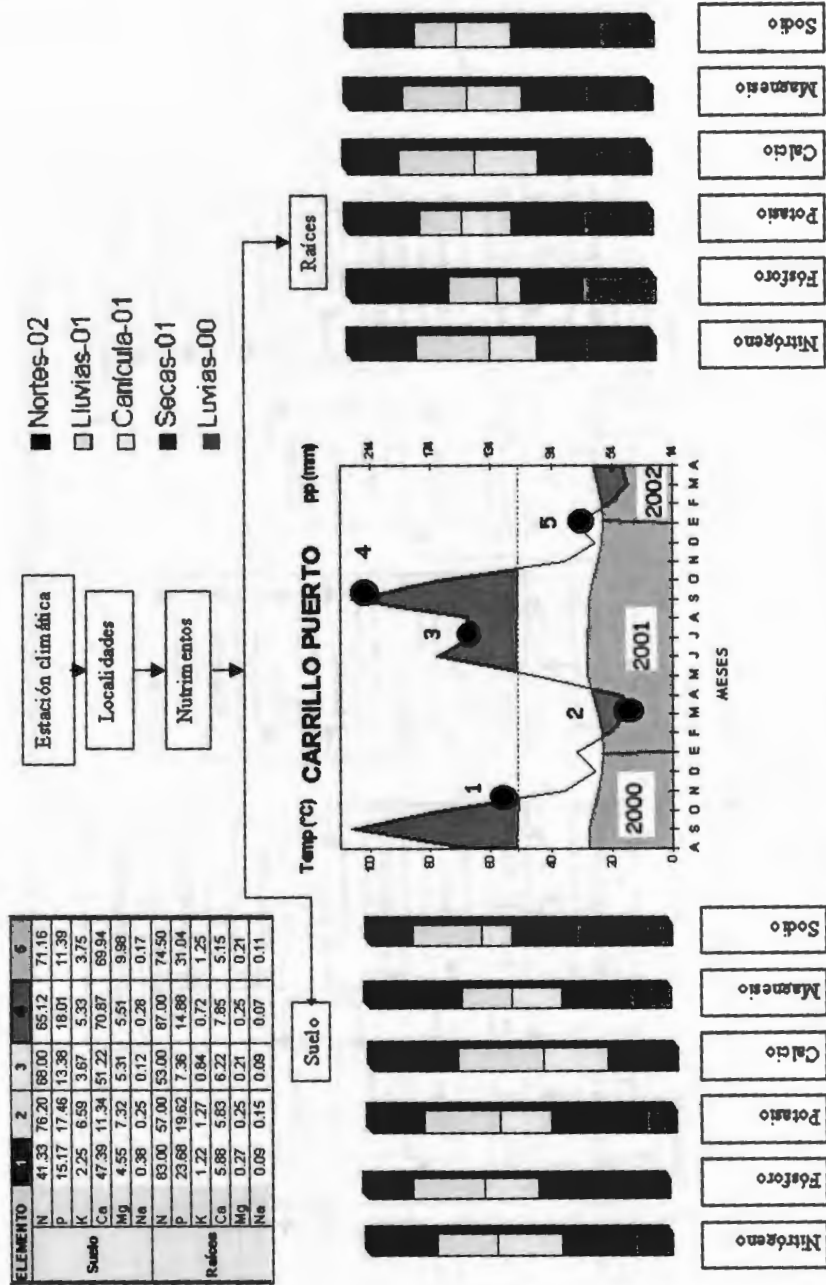


Figura No. 30 Promedios de concentraciones en suelos y raíces para dos localidades donde se distribuye *Demoniacus orthocaulis* Martius

LOCALIDAD	CONSERVADA	
HUMEDAD %	68.36	56.12
$\Psi$ MPa Suelo	-0.118	-0.158
$\Psi$ MPa 7:00	-0.322	-0.303
$\Psi$ MPa 12:00	-0.586	-0.491
$\Psi$ MPa 17:00	-0.336	-0.316

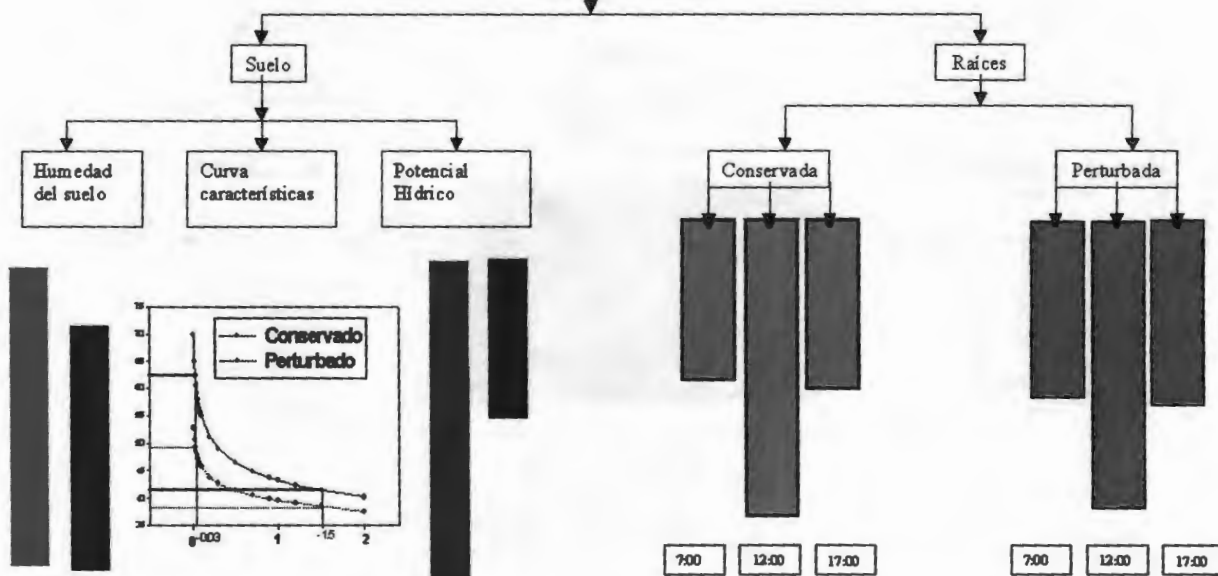


Figura No. 31 Valores promedio de potencial hídrico en suelos y raíces de *Desmoncus orthacanthos* Martius

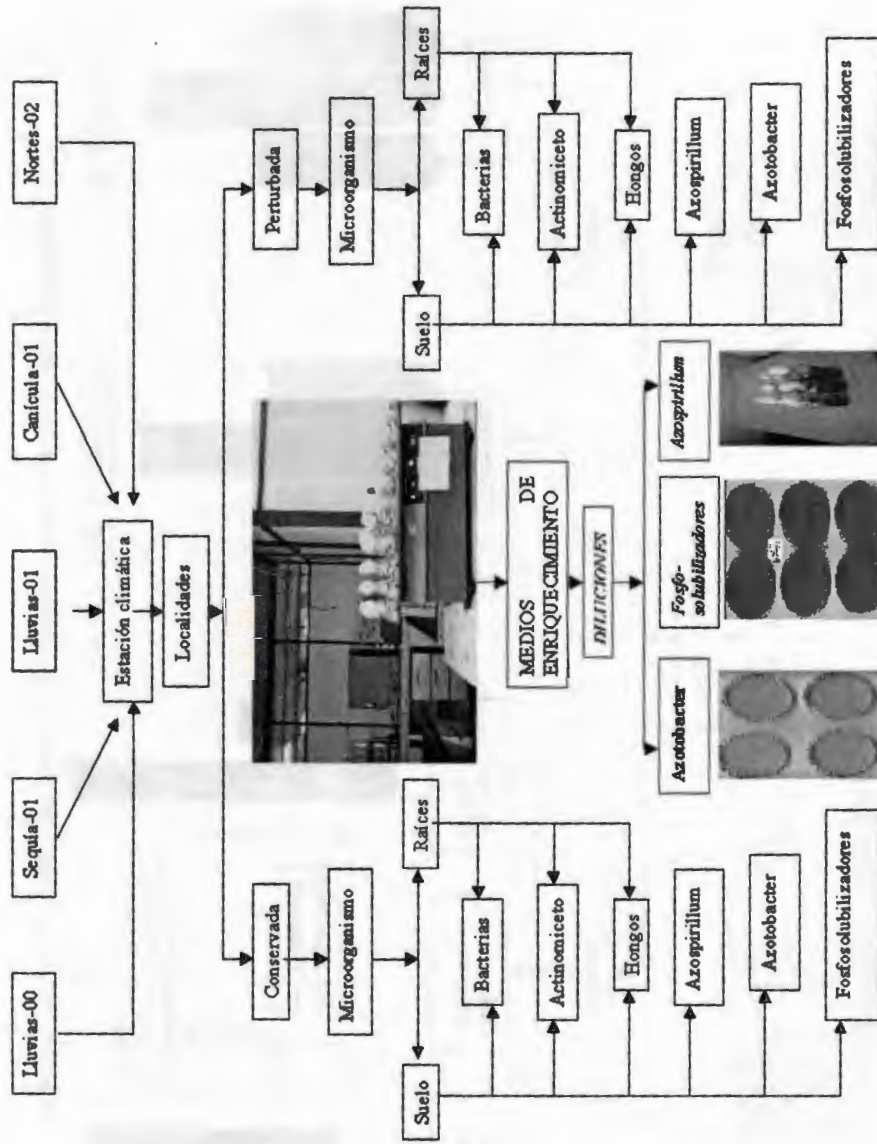


Figura No. 32. Diseño experimental empleado en el estudio de la asociación de microorganismos en *Desmodium orthoceras* Martius

## APÉNDICE 1

### Revisión taxonómica de *Desmoncus orthacanthos* Martius

En lo que se refiere al tema taxonómico de plantas o animales, se ha considerado desde hace tiempo, la idea de obtener clasificaciones taxonómicas que reflejen la genealogía de las especies de forma natural (Conzatti, 1946). Las clasificaciones anteriores agrupaban al reino *Plantae* en dos subreinos, que son *criptógamas* y *fanerógamas*, estas últimas se agrupan en divisiones *gimnospermas* y *angiospermas*, dando la categoría taxonómica de clase a las *dicotiledóneas* y *monocotiledóneas* en las angiospermas.

En décadas anteriores se ha establecido un código internacional de nomenclatura botánica (ICBN); este rige la forma correcta para describir una especie nomenclatural. Esto permite legislar el uso del nombre correcto para los diferentes taxa, es decir, se sientan las bases para escribir y dar nombre a las especies, terminaciones, etc. Este código sirve también para evitar duplicación en los nombres de las especies y reconocer la autoría de alguna de ellas, de acuerdo al principio de prioridad; consiste en respetar el nombre más antiguo con el que se describe una especie (Porter, 1967).

En los recientes años se ha modificado la nomenclatura taxonómica y se han producido cambios de forma diferente a la acostumbrada hasta hace un par de años, lo cual propicia modificaciones en arreglos taxonómicos y de nomenclatura de algunos grupos, de acuerdo a los estudios recientes apoyados con herramientas bioquímicas y moleculares (Judd *et al.*, 1999).

#### CLASIFICACIÓN DE 1981

Una de las clasificaciones anteriores es la de Cronquist (1981), el cual reconoce una filogenia en su cladograma en el cual representa a la clase Liliopsida (monocotiledóneas) en cinco subclases; de las cuales la subclase Arecidae estaba cerca del grupo basal, es decir presenta caracteres más primitivos, y en la parte apical del cladograma se encontraba la subclase Liliidae, siendo las más actuales o evolucionadas.

La subclase Arecidae según Cronquist (1981) presenta cuatro órdenes, de los cuales el orden Arecales es el grupo basal, siendo el más primitivo de este taxa, el orden Cyclanthales se origina a partir de los Arecales, formando grupos parafiléticos, los otros órdenes son más evolucionados del grupo, siendo Arales el orden con la mayor cantidad de características recientes y gran diversificación, dando como resultado un grupo monofilético.

## CLASIFICACIÓN DE 1999

Las monocotiledóneas en su origen son contemporáneas de las dicotiledóneas, según esto ambas clases surgieron de la misma época del mismo tronco, pronto bifurcaron en ramas paralelas que desde entonces se desarrollaron independientes la una de la otra (Conzatti, 1946). Tal como se muestra en el cladograma propuesto por la clasificación reciente (Judd *et al.*, 1999).

Las monocotiledóneas de acuerdo a la clasificación reciente se divide en dos subclases *Lilianae* y *Commelinanae* (Judd *et al.*, 1999). Constituye un grupo monofilético, apoyado por secuencias de *rbcL* y *atpB*, así como caracteres morfológicos. Las sinapomorfías son; ceras epicuticulares, endospermo con almidón copioso, fluorescencia de componentes de la pared celular ante luz-UV.

El orden **Arecales**, se caracteriza por contener arbustos poco ramificados, con hojas pinnadas terminando en corona, los tallos están cubiertos por las bases de las hojas que abrazan los tallos, algunos grupos tienen hábitos de trepadoras o bejucos característicos.

### CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA FAMILIA ARECACEAE

La familia Arecaceae C. H. Schultz-Schultzenstein (= Palmae A. L. De Jussieu) no tiene almidón en el endospermo y es el grupo menos evolucionado de las monocotiledóneas con 200 géneros y 2780 especies, distribuidas alrededor de todo el mundo, principalmente en regiones intertropicales. Los géneros más representados son: *Calamus* (370), *Bactris* (200), *Daemonorops* (115), *Licuala* (100) y *Chamaedora* (100). La familia Arecaceae es fácil de distinguir, ya que forma un grupo monofilético, donde *Nypa* es el grupo hermano del resto de las palmeras de acuerdo con atributos morfológicos y cpDNA (Judd *et al.*, 1999).

En la familia Arecaceae (Palmae) se han investigado los patrones evolutivos, considerando caracteres como tallos, hojas e inflorescencias (Lewis *et al.*, 2000). En la actualidad se cuenta con técnicas moleculares y desarrollo tecnológico en computación. Sin embargo los inconvenientes que presenta el estudio evolutivo de esta familia consisten en que es poco posible hacer uso de estas potentes herramientas, debido a que las estructuras anatómicas y morfológicas son difíciles de estudiar con detalle por problemas técnicos (Lewis *et al.*, 2000).

Los estudios han sido limitados por la baja tasa de evolución del DNA en esta familia. En algunos casos la diferenciación de especies esta dada por mutación en algún nucleótido, utilizando secuencias que se encuentran en los cloroplastos, actualmente no se han explorado otras regiones de DNA en las palmeras, las cuales podrían apoyar la filogenia de la familia Arecaceae (Lewis *et al.*, 2000).

La Familia Arecaceae cuenta con 200 géneros y 2780 especies (Judd *et al.*, 1999). México presenta 23 géneros y en la Península de Yucatán se cuenta con 14 géneros (66%) de palmas del país; 20 especies (Orellana, 1999). La subfamilia

*Arecoidea*; se caracteriza por tener espata en la inflorescencia y los frutos con endocarpo triporado.

### DESCRIPCIÓN DEL GÉNERO

El género *Desmoncus* Martius., Plantarum Familia 20.1824. Atitara Kuntze, Revis. Gen. 2:726.1891. Es fácilmente reconocible por su hábito trepador, por presentar modificación en sus pinnas apicales y por la gran cantidad de espinas que presenta en tallos y hojas. Son palmeras coloniales, postradas o trepadoras, de estipes fasciculados, flexuosos y anillados, cubiertos de aguijones cerdosos, hojas pinatisectas; espádices solitarios, de flores monóica en cada cual, las masculinas numerosas, con 6 estambres inclusos y las femeninas solitarias, mucho más pequeñas que las anteriores, de corola urceolar, ovario trilocular y fruto pisciforme, unilocular y monospermo de pericarpio delgado, endocarpio triporoso, albumen cartilagíneo y embrión opuesto a uno de los poros, Comprende 10 especies distribuidas desde el sur de México hasta Brasil y Bolivia (Cozantti, 1947; Henderson *et al.*, 1995).

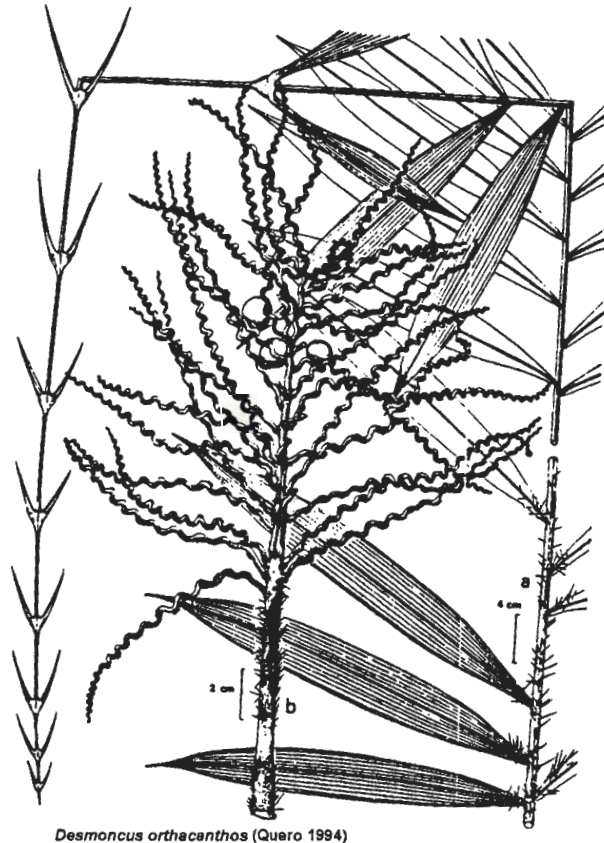
En México el género *Desmoncus* se encuentra presente solo en algunos estados de la república Mexicana; La disparidad de criterios en reconocer a las 10 especies de este género como una sola especie consiste en la variabilidad ambiental como luz, temperatura, humedad y edad de los individuos, a continuación se presentan algunos sinónimos:

- Desmoncus aff chinantlensis* Liebm. Ex Mart. (Veracruz)
- Desmoncus uaxactunensis* Bartt. (Hidalgo)
- Desmoncus chinantlensis* Liebm. Ex Mart. (Oaxaca, Tabasco, Veracruz)
- Desmoncus ferox* Bartt. (Tabasco, Veracruz)
- Desmoncus isthmus* Bailey. (Oaxaca)
- Desmoncus orthacanthos* Martius. (Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz)
- Desmoncus polycanthos* Mart. (Campeche, Veracruz)
- Desmoncus quasillarius* Bartt. (Chiapas, Quintana Roo)
- Desmoncus schippii* Burret (Campeche)

### DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Reino: Plantae  
División: Angiospermae  
Subdivisión: Monocotiledoneae  
Orden: Arecales  
Familia: Arecaceae  
Subfamilia: Arecoideae  
Tribu: Bactridinae  
Género: ***Desmoncus***  
Especie: ***Desmoncus orthacanthos* Martius 1824**  
Nombre común: bayal o hanan

La especie *Desmoncus orthacanthos* Martius., Hist. Nat. Palm. 2:87.1824. Tipo: Brasil, Río Macurí, Max. Neuwied (Holotipo M; Fototipo F!). Tiene como sinónimos a: *Desmoncus chinantlensis* Liebm. ex Martius., Hist. Nat. Palm. 3:321.1850. Tipo: México, Oaxaca, Chinantla, Liebmann 6595 (Holotipo C; Isotipo US!; Fototipo F!). y *Desmoncus quasillarius* Bartlett sp nvo. Journal Washington Academy Sciences 25: 2, 81-88 1935. Herbario Mich. Tipo: Legit Percy Gentle, 348. Corozal, Brithis Honduras (espécimen típico fructificando). San Andrés, Corozal, Brithis Honduras, 4750 (con flor), 528 con fruto.



**Figura 33.-** *Desmoncus orthacanthos* a) hoja mostrando la modificación de los segmentos apicales, b) infrutescencia. La ilustración es de Edmundo Saavedra basada en ejemplares Aguilar 147 y Robles 605. Tomado de Quero 1994.

Los nombres comunes son; bayal, hanan, junco, junco negro. El bayal o hanan, es una planta trepadora o escandente con crecimiento clonal, sus tallos o ramets son delgados, flexibles y espinosos. El número de pinnas por fronda, su tamaño y forma cambia entre individuos, entre ramets y entre frondas de un mismo ramet (Cozantti, 1946).



Presenta tallos delgados de aproximadamente 4 cm de diámetro en su porción más gruesa, aunque es muy uniforme en toda su longitud; vainas de 15-20 cm de largo, muy espinosas, con espinas negras, pequeñas de 0.5-3 cm de largo. Hojas de más de 2 m de largo, pecíolo corto de 3-5 cm de largo; raquis muy espinoso; en la porción adaxial armado con espinas de diferentes tamaños, las mayores hasta 2 cm de largo, la porción abaxial con espinas escasas, hasta 2.5 cm de largo, la porción donde se encuentran las pinzas modificadas no presenta espinas; planas más de 20 pares, las medias de más de 30 cm de largo por 3-5 cm de ancho, 7-9 pares de pinnas modificadas en espinas que disminuyen de tamaño hacia el ápice, las más largas de 7-12 cm de largo.

La inflorescencia con ramas simples, la espata inferior pequeña de menos de 8 cm de largo, generalmente poco espinosa o desarmada, la espata superior fusiforme, muy espinosa, 20-40 cm de largo; pedúnculo de la inflorescencia espinoso sólo en la base, raquis generalmente desarmado, con 30-50 raquillas flexuosas. Flores masculinas hasta 10 mm de largo, cáliz con lóbulos angostamente triangulares. Flores femeninas con cáliz cupuliforme de 1 mm de largo; corola tricuspíada de 4 mm de largo. Fruto globoso a subgloboso, rojizo a púrpura de 1-1.5 cm de diámetro (Wash, 1935). Teniendo una época de floración de mayo a junio.

Entre la etapa de plántula y la juvenil, las frondas sufren una modificación sustancial, las pinas apicales aparecen en forma de ganchos o cirros, mucho más reducidos que las pinas, mismos que actúan como ancla o prensor y ayuda a la planta a fijarse de la vegetación de su alrededor. Precisamente el nombre del género proviene de esta característica ("demos" = banda y "ogkos" = ganchos) (Henderson *et al*, 1995).

## Datos Moleculares de *Desmoncus Orthacanthos* Martius

*Desmoncus orthacanthos* [gbpln]: 2 CDS's (977 codones)

Codón	[Frecuencia %]	(Número de codones)
UUU [25.6] (07)	(25)	UCU [13.3] (13)
UUC [14.3] (02)	(14)	UCC [11.3] (11)
UUA [26.6] (02)	(26)	UCA [11.3] (11)
UUG [17.4] (08)	(17)	UCG [1.0] (01)
CUU [18.4] (22)	(18)	CCU [25.6] (25)
CUC [2.0] (06)	(02)	CCC [7.2] (07)
CUA [15.4] (10)	(15)	CCA [9.2] (09)
CUG [7.2] (02)	(07)	CCG [6.1] (06)
AUU [26.6] (09)	(26)	ACU [35.8] (35)
AUC [21.5] (03)	(21)	ACC [13.3] (13)
AUA [5.1] (15)	(05)	ACA [14.3] (14)
AUG [26.6] (02)	(26)	ACG [5.1] (05)
GUU [25.6] (35)	(25)	GCU [36.8] (36)
GUC [7.2] (09)	(07)	GCC [14.3] (14)
GUA [30.7] (34)	(30)	GCA [21.5] (21)
GUG [19.4] (14)	(19)	GCG [13.3] (13)
UAU [20.5] (20)		UAG [0.0] (00)
UGU [7.2]		UGG [8.2]
UAC [9.2] (09)		UAA [0.0] (00)
UGC [2.0]		UGA [2.0]
CAU [15.4] (15)		CGU [22.5]
CAC [4.1] (04)		CGC [6.1]
CAA [24.6] (24)		CGA [10.2]
CAG [7.2] (07)		CGG [2.0]
AAU [22.5] (22)		AGU [9.2]
AAC [12.3] (12)		AGC [3.1]
AAA [37.9] (37)		AGA [15.4]
AAG [10.2] (10)		AGG [2.0]
GAU [37.9] (37)		GGU [35.8]
GAC [13.3] (13)		GGC [9.2]
GAA [59.4] (58)		GGA [34.8]
GAG [12.3] (12)		GGG [14.3]

Código GC 43.19% 1a letra GC 56.91% 2a letra GC 42.37% 3a letra GC 30.30%

Fuente: GenBank Release 134.0. Febrero 15 2003. The Genetic Codes.

Datos de Wheeler *et al.*, 2000; Benson *et al.*, 2000, Compilados por Andrzej (Anjay) Elzanowski and Jim Ostell. National Center for Biotechnology Information (NCBI), Bethesda, MD.

## DISTRIBUCIÓN

Quero (1992) menciona que en la península de Yucatán y Tabasco existe *D. quasillarius* y en Oaxaca, Chiapas y Veracruz *D. chinantlensis*. El género se distribuye desde el sur-sureste de México: Veracruz, Tabasco, Oaxaca, Chiapas, Campeche y Quintana Roo (Quero, 1989) hasta Brasil, pasando por Belice, Guatemala y Bolivia (Listabarth, 1994). De acuerdo con Henderson *et al.* (1995), se reconocen 7 especies; *D. cirrhiferus*, *D. giganteus*, *D. mitis*, *D. orthacanthos*, *D. phoenicocarpus*, *D. polycanthos* y *D. stans*. Actualmente se conoce que *D. quasillarius* y *D. orthacanthos* son la misma especie. La especie tiene uso en la cestería; elaboración de artesanías y muebles.

El tipo de vegetación en el que se encuentra frecuentemente es selva alta y mediana perennifolia. Así como en los bordes de la selva, en vegetación secundaria, desde el nivel del mar hasta los 1000 metros de elevación y representa en América lo que los ratanes en el viejo mundo, aunque los dos grupos no se encuentran relacionados directamente (Chinchilla, 1994). El género *Desmoncus* pertenece a la Subfamilia Arecoideae y los ratanes a la Subfamilia Calamoideae (Henderson *et al.*, 1995).

*Desmoncus* generalmente crece en bosques tropicales maduros, donde produce una cantidad considerable de tallos y ramets, potencialmente puede crecer en sitios perturbados (Quero 1992, Orellana, *et al.* 1997; Escalante *et al.* 1997). De acuerdo con Belsky y Siebert (1995) se desarrolla mejor en sitios perturbados o ambientes con alta iluminación. Estos autores indican que probablemente prefiera sitios de sucesión temprana, tolera un amplio rango de condiciones edáficas, pero no ha sido observado en suelos inundados.

## POLINIZACIÓN Y DISPERSIÓN

Las flores de las palmeras son usualmente polinizadas por insectos. Los frutos son dispersados por una variedad de mamíferos, aves e incluso puede dispersarse por flotación en el océano (ejemplo: *Nypa* y *Cocos*). Los géneros *Desmoncus* y *Bactris* muestran estrategias de polinización más evolucionadas (Listabarth, 1992).

En especies del género *Desmoncus*, las inflorescencias abren a las 5:45 pm y 6:15 pm, durante este tiempo ocurre termogénesis en las flores siendo en mayor grado a las 7:00 pm, dando una diferencia de 1.5 -3.1 °C, con respecto al resto de la planta, esto permite atraer a algunos insectos para llevar a cabo su polinización (Listabarth, 1992). La polinización, en el caso de *D. polycanthos* y *D. mitis* es realizada por los escarabajos *Phyllotrox sp.* y *Epurea sp.* (Curculionidae y Nitidulidae), esto puede ser considerado como una coadaptación de escarabajos-planta, mas estrecha de lo que podría parecer. Los frutos son utilizados como alimento por monos y pájaros (Hlandik, 1969) y (Snow, 1962) citados por (Henderson *et al.*, 1995).

## HÁBITAT

*Desmoncus orthacanthos* crece en el sur de los estados de Quintana Roo y Campeche, a lo largo de un gradiente de hábitats en los que se mezclan sitios perturbados y selvas maduras, en los cuales se encuentran diferencias microambientales como precipitación, nutrimentos de suelo; El área de estudio seleccionada para esta investigación muestra dos sitios contrastantes; conservado y perturbado. Los suelos son ligeramente básicos, de textura; arcillosa y franco arcillo arenosa respectivamente. Lo que nos permite interpretar que las poblaciones del sitio conservado presentan mejores condiciones de crecimiento respecto al sitio perturbado, relacionadas con la concentración de N, P y disponibilidad de agua en el suelo, donde se considera que la textura del suelo hace la diferencia en disponibilidad de agua a las plantas.

## USOS

En Latinoamérica existe muy poca información etnobotánica del género *Desmoncus*, sin embargo se tiene referencias de que en países como Brasil y Ecuador los tallos han sido usados desde tiempos inmemorables en la fabricación de fibra de bayal, así como canastas, para amarrar escobas hechas de palmas, como soporte del techo en los ranchos y sillas o asientos para uso del hogar (Chinchilla, 1994).

A nivel de uso en herbolaria se reconoce el uso de raíces de *Desmoncus mitis* en Ecuador para dolores estomacales, *Desmoncus polycanthos* en Brasil y Surinam para dolores estomacales además como depurativo *Desmoncus rudentum* en Brasil para afecciones de la piel y como un poderoso purgativo.

A nivel de uso alimenticio; se menciona que los frutos maduros tienen un arilo blanco que se puede comer y tienen un sabor algo similar al coco tierno. Los reportes del consumo del fruto de *Desmoncus orthacanthos* fue descrito en Ecuador por parte de los indígenas, especialmente durante el trabajo en la selva, también el cogollo se puede comer crudo o asado.

## BIBLIOGRAFÍA

Benson D.A., I. Karsch-Mizrachi, D.J Lipman, J. Ostell, B. A. Rapp y D. L. Wheeler 2000. **GenBank**. Nucleic Acids Res Jan 1;28(1):15-18.

Böhn W. 1979. **Methods of studying root systems**. Ecological studies 33. Springer-Verlag. New York. Pp 125-137

Chinchilla A. M. R. 1993. **Diagnostico de la producción y comercialización de artículos elaborados con fibra de bayal *Desmoncus* spp. en los municipios de Santa Ana, San Francisco, San José, San Andrés y Flores del departamento de Peten**. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Área Integrada, Sub-área de Ejercicio Profesional Supervisado EPS. Proyecto conservación para el desarrollo sostenible "OLAFO". Guatemala. 54p.

Chinchilla A. M. R. 1994. **Caracterización de las poblaciones de bayal *Desmoncus* spp., con fines de aprovechamiento artesanal, en la unidad de manejo forestal de San Miguel, San Andrés, Peten**. Tesis Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Instituto de Investigaciones Agronómicas. Guatemala. 134p.

Cozantti C. 1946. **Flora Taxonómica Mexicana (Plantas Vasculares; Tomo I) Clave analítica de familias Pteridofitas o Helechos, Monocotiledóneas Monaperiantadas**. Sociedad Mexicana de Historia Natural. México D. F. pp XXXIII.

Cozantti C. 1947. **Flora Taxonómica Mexicana (Plantas Vasculares; Tomo II) Monocotiledóneas, diperiantadas-superovaricas e inferovaricas**. Sociedad Mexicana de Historia Natural. México D. F. pp 3-25.

Cronquist A. 1981. **An integrate system of classification of flowering plants**. Columbia University Press. New York. pp.1093-1100.

Judd W. S., Christopher S. Campbell, Elizabeth A. Kellogg, Peter F. Stevens. 1999. **Plant Systematics A phylogenetic approach**. Sinauer Associates, Inc. Publisher Sunderland, Massachusetts U. S. A. pp. 135-158.

Henderson, A., G. Galeano y R. Bernal. 1995. **Field Guide to the palms of the Americas**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. Pag. 199.

Lewis C. E., W. J. Baker y C. B. Asmussen. 2000. **DNA and Palm Evolution**. Palms. 44 (1): 19-24

Listabarth Christian. 1992. **A survey of pollination strategies in the Bactridinae (Palmae)** Bull. Inst. Fr. Études Andines. 21 (2): 699-714.

Morakinyo B. Andrew. 1995. **Profiles and pan Africa distributions of the rattan species (Calamoideae) recorded in Nigeria**. Principes 39 (4): 197-209.

Orellana, R., P. Herrera, S. Rebollar, J. Escalante, G. López, S. Escalante, y L. Gus. 1999. **Studies on the potential uses of some native palms of the Yucatan peninsula (Mexico) as substitutes of rattan.** Proc. of the 2nd Int. Symp. On Ornamental Palms and other Monocots from tropics. Eds M. Caballero Ruano. Acta Horticultura. 486, ISHS.

Porter C. L. 1967. **Taxonomy of flowering plants.** W. H. freeman and Company, San Francisco. pp. 55-61

Quero J. H. 1989. **Flora genérica de Arecaceas de México.** Tesis Dr. en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 142. p.

Quero J. H. 1992. **Las palmas silvestres de la península de Yucatán.** Publicaciones especiales 10. Jardín Botánico. Instituto de Biología UNAM. México. D.F. pp 9, 42-44.

Quero J. H. 1994. **Palmae, Fascículo 81. Flora de Veracruz.** Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, México. pp 1-5, 80-83.

Wash. , J. Atad. 1935. ***Desmoncus quasillarius* Bartlett.** Sci. 25: 85.

Wheeler D.L., C. Chappey, A. E. Lash., D. D. Leipe, T. L. Madden, G. D. Schuler, T. A. Tatusova y B. A. Rapp 2000. **Database resources of the National Center for Biotechnology Information.** Nucleic Acids Res Jan 1;28(1):10-4







THE UNIVERSITY OF CHICAGO

LIBRARY



1914-1915

INSTITUTO DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

DE PLANTAS

Unidad Académica de Tecnología Plántica  
Centro de Biotecnología y Alimentos  
Avenida 19 de Septiembre No. 1000  
RECACALPET



Departamento de Biotecnología

Centro de Biotecnología y Alimentos - CBA  
Avenida 19 de Septiembre No. 1000