



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"ESTRUCTURA Y COMPOSICION DE LA VEGETACION DEL  
FONDO DE LA BARRANCA DEL RIO TEMBEMBE, MORELOS,  
MEXICO."

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**B I O L O G O**

P R E S E N T A :

**FERNANDO CAMACHO RICO**



FACULTAD DE CIENCIAS  
UNAM

DIRECTOR DE TESIS: **DR. MARIA DEL CONSUELO BONFIL SANDERS**



2004

FACULTAD DE CIENCIAS  
SECCION ESCOLAR



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico o impreso el contenido de mi trabajo recespcional.

NOMBRE: Fernando Camacho Rico

FECHA: 24 de septiembre 2024

FIRMA: [Signature]

**ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ**  
**Jefe de la División de Estudios Profesionales de la**  
**Facultad de Ciencias**  
**Presente**

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

"Estructura y composición de la vegetación del fondo de la  
barranca del río Tembembe, Morelos, México."  
realizado por Fernando Camacho Rico

con número de cuenta 9632890-1 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis  
Propietario

Dra. María del Consuelo Bonfil Sanders

[Signature]

Propietario

Dra. Rosa Irma Trejo Vázquez

[Signature]

Propietario

Dr. Jorge Arturo Meave del Castillo

[Signature]

Suplente

M. en C. Martha Juana Martínez Gordillo

[Signature]

Suplente

M. en C. Edwin Eduardo Lebrija Trejos

[Signature]

Consejo Departamental de Biología

FACULTAD DE CIENCIAS

[Signature]  
M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



“Que el diccionario detenga las balas,  
que los que matan se mueran de miedo,  
que ser valiente no salga tan caro,  
que ser cobarde no valga la pena,  
que gane el quiero, la guerra del puedo.”  
Joaquín Sabina.

En memoria de mi amigo  
José Luis Jiménez Romualdo (Choche)  
Nos haces mucha falta

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México y al pueblo de México por brindarme la mejor educación que pude recibir.

A mis padres Lilia Rico y Héctor Camacho, gracias por sus esfuerzos y sacrificios para traerme hasta este punto, sin ustedes esto no sería posible, han sido y serán siempre el motor de superación más grande para mí.

A mis abuelos, Alicia Rodríguez y Francisco Rico, por esa bondad y cariño que me han brindando, ustedes son la base de mi formación.

A Consuelo Bonfil, gracias por su paciencia y amistad, sin usted este trabajo nunca se hubiera concretado, le estaré eternamente agradecido por esa convicción de convertirme en una persona mejor.

A Irma Trejo, además de todos los consejos para la realización de este trabajo, le agradezco su amistad y confianza incondicional, todos los momentos inolvidables que hemos compartido me han formado profesionalmente, gracias por evitar que el mundo conociera una nueva familia de plantas.

A los sinodales Jorge Meave, Edwin Lebrija y Martha Martínez, por sus sugerencias que enriquecieron enormemente este trabajo, les agradezco su paciencia y su compromiso con la docencia.

A mi hermana Andrea, porque me ha soportado a lo largo de su vida, hermanita eres una de las personas que mas quiero y te mereces parte del crédito por la realización de este trabajo.

A todas las personas que participaron en el trabajo de campo, Pedro Eloy, Juan Ulloa, Evelyn Piña, Ramiro Gómez, Isabel Cajero, Esteban Benítez, Alina Cepeda y Ulises Ruiz, en fin son tantas personas que aportaron un granito de arena, ¡Esos momentos de cansancio, hambre y desvelo dieron fruto! Les estaré eternamente agradecido.

A los expertos taxónomos, Rafael Torres, Ramiro Cruz-Durán, Martha Martínez, Jerzy Rzedowski, Mario Sousa y Francisco Ramos por su ayuda para la identificación de los ejemplares colectados, nunca hubiera podido solo.

A mis maestros del taller, Consuelo Bonfil, Zenón Cano, Silvia Castillo, Jorge Meave, Irene Pisanti, Irma Trejo y Teresa Valverde, gracias por enseñarme que la vegetación es algo más que una masa verde con nombres científicos aterradores, son un gran ejemplo a seguir.

A todos mis maestros de la facultad, que me formaron como biólogo, pero mejor aún como un ser humano, capaz de retribuir lo que me ha brindado la sociedad mexicana. Sin ustedes la Universidad no sería el espacio de expresión y libre pensamiento que es.

Al maestro Francisco González-Medrano, una fuente de inspiración para toda persona que se digne de ser un biólogo de campo, todas las preguntas que le hice en clase fueron motivadas por este trabajo.

A mi maestra Léia Scheinvar, por inculcarme el amor por las plantas, y por enseñarme gran parte de lo que se de taxonomía y botánica.

A mis amigos incondicionales a lo largo de toda la carrera, Ulises Ruiz, Esteban Benítez, Andrés Martínez-Aquino e Ivon Pérez-Guevara, gracias por despertarme una que otra vez que me quedé dormido en clase, gracias por todas y cada una de las sesiones del Consejo Interno, por tantos viajes por la república mexicana, por cada hora que pasaron sentados conmigo en un camión, allí los conocí de verdad y se convirtieron en mis mejores amigos. Los llevo en el corazón, todos esos momentos que hemos pasados juntos son valiosos para mi formación, nunca los olvidare.

A Itziar "my beautiful friend", que a pesar de tanto tiempo con 7,000 km entre nosotros, la distancia nunca nos separó; no has estado lejos y eres una las personas más especiales en mi corazón.

Ana, no hay nada que no te haya dicho que pueda poner aquí, simplemente te agradezco por ser tu.

A todos mis amigos, Juan Quintero, Mauricio Ivo Diaz, Citlali Vázquez, Wolke Tobon, Pablo Piña, Elías Varela, Iván Liebig, Sandra Pompa, Eva Calderón, Sofía Hernández, Dulce López-Virgen, Suzette Tamez, Roció Ponce, Juan Ulloa, Esteban Guijarro, Edgar González, Vanesa Valdez, Claudia Montiel, Aline Arriola, Norma Albarran, Xitlali Aguirre, Sandra Smith, Roberto Sosa, Tovar, Erika Marlene Díaz, Amparito, Irma Aixchel Lopez, Guillermo Quevedo, Iliana Ajuria, Kim Ley, Nelly Delgado, Lisa Baoichi, Lauris, Libertad Castro, Alejandra Aguilar, Ana Pasquetti, a todos mis amigos del Juevebedi: Aníbal y Rodrigo Medel, Carlos Topete, Rola Boy, Iván, Valeria y Diego, Anne y Asael Buche, espero que no me falte alguno, y si es así, pido una disculpa por adelantado. Con todos y cada uno de ustedes he compartido momentos de mi vida, han sido y serán parte importante de mi en el paso por este mundo, se merecen parte del crédito, digo ¿y porque no?

A Angelys por que sin ti mi alimentación y presentación personal serían un desastre.

Al Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México y al Laboratorio Especializado de Ecología, de la Facultad de Ciencias (UNAM), al Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM), en especial a Raúl García, por las facilidades para la realización de este trabajo.

Al Proyecto de PAPIIT IN-231802, por la beca que me ayudó a subsistir durante la realización de este trabajo.

**CONTENIDO**

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	v
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 El agua y los ecosistemas ribereños.....	1
1.2 La vegetación ribereña.....	2
1.3 Conservación de los ecosistemas ribereños y servicios ambientales.....	5
1.4 Caracterización de las comunidades vegetales.....	5
1.5 Los estudios de la vegetación ribereña de México.....	6
1.6 Justificación y objetivos.....	7
<b>CAPÍTULO II. ÁREA DE ESTUDIO</b>	
2.1 Localización.....	9
2.2 Hidrología.....	9
2.3 Geología y edafología.....	11
2.4 Clima.....	12
2.5 Vegetación.....	14
<b>CAPÍTULO III. MÉTODO</b>	
3.1 Selección de los sitios y unidades de muestreo.....	15
3.2 Trabajo de campo.....	16
3.3 Composición florística.....	19
3.4 Estructura cuantitativa.....	19
3.5 Diversidad.....	21

3.6	Delimitación de las comunidades vegetales.....	22
	3.6.1 Clasificación.....	22
	3.6.2 Ordenación.....	23

#### **CAPÍTULO IV. RESULTADOS**

4.1	Sitios de muestreo.....	24
4.2	Descripción de la vegetación ribereña.....	24
	4.2.1 Florística.....	24
	4.2.2 Diversidad.....	26
	4.2.3 Estructura cuantitativa.....	30
4.3	Clasificación y ordenación de los cuadros de muestreo.....	34
	4.3.1 Clasificación.....	34
	4.3.2 Ordenación.....	36
4.4	Descripción y comparación de los grupos del análisis multivariado.....	40
4.5	Descripción del bosque tropical caducifolio del fondo de la barranca.....	46
	4.5.1 Diversidad.....	47
	4.5.2 Estructura cuantitativa.....	48

#### **CAPÍTULO V. DISCUSIÓN**

5.1	Características de las unidades de muestreo.....	51
5.2	Diversidad.....	52
5.3	Estructura cuantitativa de la vegetación del fondo de la barranca del río Tembembe.....	56
5.4	Características florísticas y estructurales de los grupos de vegetación ribereña.....	59

Índice	x
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>64</b>
<b>Anexo 1</b> .....	<b>74</b>
<b>Anexo 2</b> .....	<b>79</b>
<b>Anexo 3</b> .....	<b>82</b>
<b>Anexo 4</b> .....	<b>86</b>
<b>Anexo 5</b> .....	<b>88</b>

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 El agua y los ecosistemas ribereños

Aunque la mayor parte del planeta está cubierto por agua, menos del 3% es agua dulce, propia para consumo humano o para irrigar campos de cultivo, y de ese total, más de dos tercios se encuentra almacenada en glaciares. La cantidad de agua dulce que se puede encontrar en ríos y lagos es de alrededor de 100,000 km<sup>3</sup>, menos de 0.01% del total del agua en la tierra (Jackson *et al.*, 2001).

El agua dulce provee de muchos beneficios para el hombre, por ejemplo se utiliza en la industria, para irrigar campos agrícolas y para el consumo directo. Sin embargo, los beneficios ecológicos, económicos y sociales que los cuerpos de agua ofrecen al hombre pueden cambiar dramáticamente en este siglo, ya que en los últimos 100 años la cantidad de agua consumida y usada para irrigación por el hombre ha aumentado exponencialmente (Naiman *et al.*, 2000; Jackson *et al.*, 2001).

En este contexto, la conservación de los ríos y otros cuerpos de agua dulce cobra especial relevancia. La calidad del agua depende en buena medida del estado de conservación de los ecosistemas que se desarrollan en estrecha cercanía con los cuerpos de agua. Los ecosistemas ribereños han sido descritos como una interfase entre el recurso más importante para el hombre, el agua, y su espacio vital, la tierra. Las riberas de los ríos son sistemas abiertos que bordean a éstos, y constituyen a la vez una zona de transición entre los sistemas terrestres y los acuáticos, además de servir como un corredor para la redistribución de material orgánico (Gregory *et al.*, 1991; Décamps, 1993; Naiman y Décamps, 1997; Ward *et al.*, 2002).

Al ser un espacio de transición entre las comunidades terrestres y acuáticas, en los ecosistemas ribereños se presenta un conjunto de factores ambientales, procesos ecológicos y comunidades vegetales en una compleja red a través del paisaje. Debido a sus propiedades físicas y biológicas, tienen una función específica dentro de la comunidad y de la región en la que se encuentran y juegan un papel importante en el

mantenimiento de funciones ecológicas (Wyant y Ellis, 1990; Neiman y Décamps, 1997; Neiman *et al.*, 2000; Rosales *et al.*, 2001; Ward *et al.*, 2002).

Las zonas ribereñas interceptan el flujo de agua proveniente de las partes altas, conectando ambientes montañosos con los valles de altitudes inferiores. Además, en ellas se retienen nutrimentos, como partículas de nitratos y carbón disueltas en los cauces de los ríos (Mitsch y Gosselink, 1986; Gregory *et al.*, 1991; Décamps, 1993; Neiman y Décamps, 1997; Trémolières *et al.*, 1998; Ward *et al.* 2002; Pinay *et al.*, 2003). La disminución del contenido de nitrógeno en las aguas por estos cuerpos fue comprobada por Décamps y Pinay (1988), quienes mostraron que en una franja de 30 m de bosque ribereño se absorbe casi todo el nitrato disuelto en una corriente de agua. Por lo anterior, la cantidad de nutrimentos presentes en los ecosistemas ribereños generalmente es mayor que en las comunidades adyacentes.

## 1.2 La vegetación ribereña

Debido a la proximidad e interacción con los cuerpos de agua, la vegetación ribereña tiene una forma lineal característica. Las comunidades vegetales presentes en las riberas de los ríos proporcionan hábitat y alimento para fauna y son consideradas corredores para la dispersión de plantas y animales. Además, su composición y estructura modifica procesos ecosistémicos y las condiciones biológicas de los cuerpos de agua. Las plantas tienen un excelente medio de migración a través de los corredores ribereños, ya que distintos métodos de dispersión, tales como la hidrocoria, la anemocoria y la zoocoria se ven favorecidos en este tipo de comunidades (Brison *et al.*, 1981; Wyant y Ellis, 1990; Naiman, 1993; Neiman y Décamps, 1997; Metzger *et al.*, 1997; Beach y Halpern, 2001; Pinheiro y Ribeiro, 2001; Lyon y Sagers, 2002; Ward *et al.*, 2002).

La sombra que brinda la vegetación ribereña disminuye la temperatura del río y en ocasiones suprime el crecimiento de comunidades de algas que de otra forma consumirían todo el oxígeno presente en el agua (Hancock *et al.*, 1996; Lyon y Sagers, 2002). La vegetación también contribuye a la estabilización de los suelos y a controlar la erosión (Reatto *et al.*, 2001). Cuando se encuentran rodeados por sabanas y pastizales,

los ecosistemas ribereños fungen como una pared rompe fuegos (Lykke y Goudiaby, 1999).

En suma, las comunidades ribereñas han sido consideradas como un sistema continuo que redistribuye materiales a través del paisaje y muestra interacciones terrestres y acuáticas a lo largo de su recorrido. De igual manera, muestran cambios predecibles en varias propiedades estructurales y funcionales, incluyendo la diversidad biótica, a lo largo de gradientes altitudinales que generalmente se asocian con cambios en diversas variables climáticas (Vannote *et al.*, 1980; Nilsson *et al.*, 1989; Gregory *et al.*, 1991; Hancock *et al.*, 1996; Lykke y Goudiaby, 1999; Lyon y Sagers, 2002; Nilsson y Svedmark, 2002; Ward *et al.*, 2002).

Las características de las zonas ribereñas naturales varían con el tamaño del río, por lo que incluyen desde pequeños espacios en los que se desarrolla la vegetación, hasta grandes planicies de inundación de cientos de metros de superficie. La dinámica de la corriente, así como la intensidad y duración de las inundaciones, influyen fuertemente en la estructura y la productividad de las comunidades vegetales ribereñas. De igual manera el crecimiento, la regeneración y la composición de especies son dependientes de los regímenes de inundación y de la gran heterogeneidad ambiental, además, de factores climáticos y biogeográficos. Las características de la vegetación ribereña reflejan, además de patrones de disturbio relacionados con la dinámica de la corriente, otros factores como la cantidad de nutrientes presentes en el suelo, la capacidad de retención de humedad del sustrato, el pH, el fuego, la intensidad de los vientos, las interacciones planta-animal y los disturbios antrópicos, todo lo cual provoca que estas comunidades exhiban un alto grado de variación en su composición y estructura (Mitsch y Gosselink, 1986; Hughes, 1990; Wyant. y Ellis, 1990; Gregory *et al.*, 1991; Neiman y Décamps, 1997; Lenssen *et al.*, 2000; Rosales *et al.*, 2001; Lyon y Sagers, 2002; Nilsson y Svedmark, 2002; Ward *et al.*, 2002).

La mayor disponibilidad de nutrientes y humedad, así como la heterogeneidad de microhábitats y la alta frecuencia de disturbios, son características que se relacionan con la mayor diversidad de la comunidades vegetales ribereñas en relación con las comunidades adyacentes. Algunos autores consideran que esta gran diversidad

contradice la hipótesis del disturbio intermedio, que plantea que la máxima diversidad se alcanza cuando no presentan disturbios de gran intensidad y frecuencia (Nilsson *et al.*, 1989; Neiman y Décamps, 1997; Pollock *et al.*, 1998).

Por lo anterior, la recurrencia de las inundaciones y la duración de éstas, parecen ser uno de los agentes que determinan la distribución y cantidad de nutrientes en el bosque ribereño. De igual manera, la frecuencia de los disturbios determina el estado sucesional de la comunidad, ya que una alta frecuencia de disturbios da como resultado estados sucesionales tempranos, mientras que los disturbios espaciados permiten el establecimiento de etapas tardías en la sucesión. Las comunidades ribereñas son muy sensibles a cambios en la frecuencia y duración de las inundaciones. La tolerancia a la inundación parece ser un factor importante en la distribución de especies en las llanuras de inundación. Las plantas que dominan las zonas ribereñas tienden a ser plantas tolerantes al estrés, mientras que las de las comunidades adyacentes tienden a ser competidoras (Hughes, 1990; Gregory *et al.*, 1991; Décamps, 1993; Hancock *et al.*, 1996; Neiman y Décamps, 1997; Trémolières *et al.*, 1998; Sakai, *et al.*, 1999; Schiavini *et al.*, 2001; Ward *et al.*, 2002).

En zonas áridas, los ecosistemas ribereños son componentes conspicuos del paisaje y sólo a las orillas de los ríos se presentan comunidades con una biomasa considerable. Éstas proporcionan recursos cruciales para la supervivencia de las poblaciones humanas como combustible, alimento y, por supuesto, agua. Estudios realizados en zonas áridas de África han mostrado que dichas comunidades vegetales sólo son posibles en áreas donde las crecidas no son muy recurrentes y su intensidad es baja, y dependen para su existencia de las inundaciones y sus consiguientes recargas de humedad y nutrientes (Mitsch y Gosselink, 1986; Hughes, 1990; Wyant y Ellis, 1990; Gregory *et al.*, 1991).

Cuando la vegetación ribereña se encuentra rodeada por sabanas o pastizales se presenta uno de los pocos ejemplos de fragmentación natural de la vegetación (Kellman *et al.*, 1996). Se cree que este tipo de vegetación jugó un papel importante en el pasado durante los cambios en la distribución de algunas especies producto de cambios climáticos, debido a que su gran heterogeneidad ambiental pudo proporcionar refugio a un

gran número de especies (Gregory *et al.*, 1991; Meave y Kellman 1994; Naiman *et al.*, 2000). Rzedowski (1994) argumenta que la presencia de componentes propios de regiones holárticas en comunidades ribereñas de climas cálidos es una indicación de condiciones pasadas.

### **1.3 Conservación de los ecosistemas ribereños y servicios ambientales**

Los servicios ecosistémicos se han definido como atributos de los sistemas naturales que se perciben como beneficios para la sociedad humana (Myers, 1996). Desde un punto de vista regional, estos atributos pueden incluir el reciclaje de nutrientes, la retención del suelo, la producción de alimentos y el aprovisionamiento de combustible, entre otros. Dada la importancia de los ecosistemas ribereños en estos procesos, la rápida y desmedida transformación que sufren actualmente se contrapone a los objetivos de desarrollo sostenible de la sociedad. En este contexto, la conservación de los ríos y su entorno resulta de vital importancia para el mantenimiento de las funciones de los ecosistemas, así como para evitar romper el frágil ciclo del agua en el planeta (Myers, 1996; Neiman y Décamps, 1997; Metzger *et al.*, 1997; Rapport *et al.*, 1998; Trémolières, 1998; Byron *et al.*, 2000; Naiman *et al.*, 2000).

### **1.4 Caracterización de las comunidades vegetales**

En este trabajo se entiende el término vegetación como un conjunto de poblaciones de plantas que coexisten en una zona como resultado de sus tolerancias ambientales y de la heterogeneidad del ambiente (González-Medrano, 2004). La unidad básica que forma la vegetación son los individuos vegetales, organizados y clasificados en un sistema jerárquico. Los individuos de la misma especie forman poblaciones y cuando en un área coexisten varios grupos de estas poblaciones se forma una comunidad vegetal. Las comunidades no sólo se describen con las especies que la conforman, ya que la caracterización de una comunidad también consiste en describir de qué manera éstas especies contribuyen a la estructura de la comunidad (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Kent y Coker, 1992).

Algunos enfoques de clasificación de las comunidades vegetales toman en cuenta la composición florística, las formas de crecimiento de las plantas, la fisonomía y la estructura de la comunidad, así como algunos rasgos del ambiente o la distribución geográfica de las plantas para su definición (González-Medrano, 2004).

El enfoque fisonómico, estructural y fenológico de clasificación prioriza las características de las formas de crecimiento: árboles, arbustos, hierbas, trepadoras, etc. Se parte de la idea que las formas de crecimiento son el resultado de la interacción que se establece entre la información genética de los individuos y las características selectivas del ambiente, de manera que las formas de vida expresan el entorno natural en el cual se han desarrollado.

Al describir florísticamente a la vegetación, las especies como entidades taxonómicas son de gran utilidad ya que son fácilmente reconocibles, contienen información fitosociológica, se encuentran definidas previamente y son relativamente fáciles de cuantificar en función de la abundancia de individuos (Matteucci y Colma, 1982). Existen dos enfoques para describir a la vegetación: el enfoque cualitativo, en el cual se estudia la presencia o ausencia de especies y el enfoque cuantitativo que se basa en la abundancia de las especies (Matteucci y Colma, 1982).

La estructura de la vegetación se define como la organización en el espacio de los individuos y sus principales componentes son las formas de crecimiento, la estratificación vertical y la cobertura (Kent y Coker, 1992; González-Medrano, 2004). De igual manera, caracteres como la altura de los individuos, el área basal y la cobertura son muy útiles, ya que son variables que describen el rendimiento y la dominancia de las categorías vegetales en la comunidad (Matteucci y Colma, 1982).

### **1.5 Los estudios de la vegetación ribereña de México**

Respecto a la vegetación ribereña de México, Rzedowski (1978) describe al Bosque de Galería (Vegetación Ribereña) como las agrupaciones arbóreas que se desarrollan a lo largo de corrientes de agua más o menos permanentes. Generalmente está formado por árboles de hoja perenne, decidua o parcialmente decidua, con una altura de 4 a 40 m, y

puede o no presentar un gran número de epífitas o trepadoras. Estas comunidades se pueden encontrar en altitudes de 0 a 2,800 m y comúnmente su distribución es espaciada e irregular. Lot y Novelo (1990) simplemente las describen como comunidades que se extienden desde el nivel del mar hasta los 2,800 m s.n.m., en las cuales predomina el género *Populus* en las zonas áridas y el género *Alnus* en regiones más templadas.

Entre los trabajos que describen florística y estructuralmente a la vegetación ribereña de México se encuentran los de Lott *et al.* (1987), quienes analizaron la riqueza de especies en la región de Chamela, Jalisco, y el de Lebrija (2001) en la región de Nizanda, Oaxaca. En el primero se compararon la riqueza de especies y las variables estructurales del bosque tropical caducifolio y de la vegetación ribereña de la zona; esta última presentó mayor cantidad de lianas y de árboles, así como un área basal mayor. Por su parte, Lebrija analizó la variación en la composición de especies a lo largo de un gradiente geomorfológico-hidrológico, lo que le permitió delimitar dos comunidades que conforman esta vegetación ribereña. Las diferencias entre los trabajos antes mencionados y los objetivos del presente estudio se pueden explicar por la enorme heterogeneidad ambiental de México, lo que conlleva a que los enfoques del estudio de la vegetación varíen para cada trabajo en particular; por otra parte, el que no exista una buena cantidad de trabajos dificulta la comparación de los resultados entre éstos.

### **1.6 Justificación y objetivos**

Por su ubicación, el estado de Morelos –con una superficie total de 4,950 km<sup>2</sup>– presenta una alta diversidad vegetal (3,345 especies, 1,016 géneros y 198 familias de plantas vasculares registradas hasta el momento; Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003), debido en parte a que en él confluyen dos provincias morfotectónicas –la Faja Volcánica Transmexicana y la Sierra Madre del Sur–, y dos provincias florísticas: la Depresión del Balsas y las Serranías Meridionales. Desgraciadamente, hasta la fecha no se han publicado trabajos que analicen la composición y estructura de las comunidades de vegetación ribereña en el estado.

El presente trabajo pretende ser una contribución al conocimiento de dichas comunidades ribereñas. Este conocimiento cobra especial relevancia si se considera que en el estado se han reportado altas tasas de deforestación (1.4% anual o 17.9 km<sup>2</sup> año<sup>-1</sup>, para el periodo 1973-1989; Trejo y Dirzo, 2000), fenómeno que ha afectado de manera importante a la vegetación de muchas barrancas que corren de la porción oeste de la Sierra del Chichinautzin hacia el SO del estado.

El objetivo principal de este trabajo fue el estudiar a las comunidades vegetales presentes en los márgenes de la parte alta y media del río Tembembe. Este trabajo, además de contribuir al conocimiento de las comunidades ribereñas de México, puede contribuir al desarrollo de futuros proyectos de conservación y restauración de la cuenca, que busquen frenar o revertir el deterioro de la vegetación en la región.

#### **Objetivo general**

- Caracterizar a la vegetación ribereña y a otras comunidades vegetales que se establecen en el fondo de la barranca del río Tembembe, en el estado de Morelos.

#### **Objetivos particulares**

- Describir florística y estructuralmente a la vegetación ribereña, delimitando las comunidades vegetales que la conforman.
- Describir a las otras comunidades vegetales presentes en el fondo de la barranca del río Tembembe.
- Analizar la relación entre los cambios en la vegetación ribereña y la altitud.

## **CAPÍTULO II. ÁREA DE ESTUDIO**

### **2.1 Localización**

La zona de estudio está situada en la porción centro-occidental del estado de Morelos; forma parte de la subprovincia denominada Cuenca del Balsas-Mexcala, de la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur (Fries, 1960).

El río Tembembe nace en las prominencias de la Sierra del Chichinautzin a 3,350 m s.n.m. y en su parte baja se une al río Tejaltepec, a 1,300 m s.n.m. El tramo analizado en este estudio va de 1,700 a 1,110 m s.n.m. En su mayor parte se encuentra en el municipio de Temixco, dentro de los límites de la comunidad de Cuentepec (18°52' N, 99°19' E); en su porción norte colinda con la comunidad de Ahuatenco, municipio de Ocuilan, perteneciente al estado de México, (18°57' N, 99°20' E) y hacia el sur está delimitada por la formación denominada Sierra de Xochicalco, cuyas zonas más altas no superan más de 1,600 m s.n.m. y en la cual se encuentra la zona arqueológica de Xochicalco (18°48' N, 99°17' E) (INEGI, 1999 a y b) (Fig. 1).

### **2.2 Hidrología**

La cuenca del río Tembembe está ubicada en la Región Hidrológica No. 18 Río Balsas, en la cuenca río grande de Amacuzac (Gómez, 2003). El río Tembembe se ubica en el noroeste del estado de Morelos y en el sureste del estado de México (19°04' y 18°62' N y 99°43' y 99°29' O). La cuenca tiene una superficie de 32,535 ha y es de tipo exorreica; la longitud axial de la cuenca es 45 km y su ancho promedio de 16 km (INEGI, 1999 a y b; Gómez, 2003).

La cuenca se extiende desde 3,350 m s.n.m. arriba del poblado El Capulín, hasta 1,100 m s.n.m. en Puente de Ixtla, en la parte baja. Las elevaciones que destacan en la cuenca son las siguientes: Cerro La Víbora, Cerro La Angostura, Cerro del Aire, Cerro Las Cantinas, Cerro Las Majadas, Cerro Los Pelones, Cerro El Ayochi (INEGI, 1999 a y b).

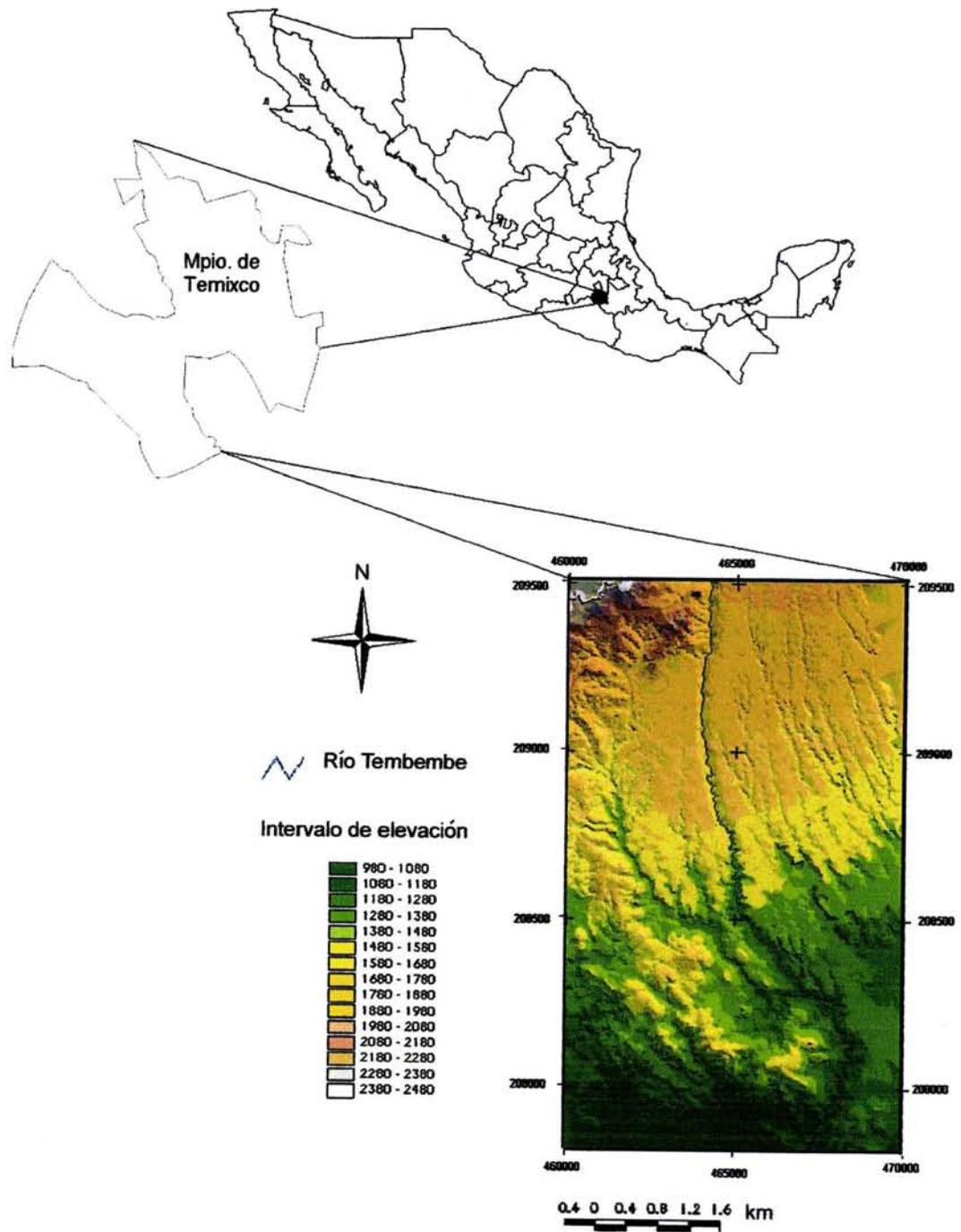


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio, y vista del modelo digital del terreno en tres dimensiones de la zona de estudio elaborado a partir de las cartas topográficas Cuernavaca y Tenancingo 1:50,000 de INEGI (1999 a y b).

Gómez (2003) dividió la cuenca para su manejo, en cuatro subcuencas: alto Tembembe, medio alto Tembembe, medio bajo Tembembe y bajo Tembembe. La subcuenca en la que se desarrolló el presente trabajo es la del Medio alto Tembembe, aunque incluye una porción pequeña del Medio bajo Tembembe; corre desde 1,800 m s.n.m. en su parte más al norte hasta 1,100 m s.n.m. en su porción sur. Durante su recorrido el cauce serpentea entre afloramientos de conglomerado de arenisca, dando origen a una barranca bien definida que en algunas partes llega a tener más de 50 m de profundidad (CETENAL, 1979 a y b; INEGI 1999 a y b).

### **2.3 Geología y edafología**

Una porción importante de la zona de estudio forma parte de la formación Cuernavaca que consiste en afloramientos de rocas ígneas intrusivas, extrusivas y sedimentarias. Está formada fundamentalmente por extensos y gruesos bancos conglomeráticos depositados en capas de grosor variable. Sólo la porción sur, que corresponde a la Sierra de Xochicalco, está formada por una sucesión de capas de calizas y dolomitas interestratificadas, que son las rocas más antiguas de la región (Fries 1960).

Ortiz (1978) denomina al área de estudio Glacis de Buenavista y plantea que, durante las constantes fluctuaciones de temperatura del pasado, la parte alta de este cuerpo estaba cubierta por un glaciar, el cual entró en un proceso de deshielo al aumentar la temperatura (aproximadamente hace 9,000 años). Durante las crecidas, una gran cantidad de sedimentos fueron transportados, socavando y ahondando el fondo de los cauces. El flujo de agua y sedimentos disminuyó su velocidad al llegar a la parte baja, debido al bajo gradiente de la pendiente, y ésta pérdida en el poder de transporte trajo como consecuencia que la depositación no se concentrara en un solo punto, sino que se extendiera en forma de abanico.

En la parte alta predominan los suelos de tipo Feozem háplico y secundariamente los Vertisoles pélicos de textura media y con suelos poco profundos, de menos de 50 cm. En la zona de la Sierra de Xochicalco los suelos son Rendzinas de textura media y fase lítica rocosa, de entre 10 y 50 cm de profundidad (CETENAL, 1976 a y b).

## 2.4 Clima

Existen tres estaciones climatológicas en la zona de estudio. La primera se encuentra en la comunidad de Ahuatenco, que corresponde a la parte alta; la segunda en la comunidad de Cuentepec, correspondiente a la parte media de la zona de estudio, y por último una tercera se encuentra en el poblado El Rodeo, Municipio de Temixco, cerca de la parte baja de la zona de estudio.

Para la zona alta (1,950 m s.n.m. en Ahuatenco) se obtuvieron los datos diarios de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima, de 1969 a 1999, los cuales se procesaron para obtener los valores promedio y de acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por Garcia (1987) se presenta un clima  $[Cb(w_2)(w)(i)g]$  templado subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos, con régimen de lluvias de verano, isotermal y con marcha de temperatura tipo Ganges. La precipitación anual es de 1,166 mm y la temperatura media anual de 17.48°C (Fig. 2).

De la estación climatológica de Cuentepec, (1,450 m s.n.m.), se procesaron datos de 1979 a 1999 y se encontró que en la zona se presenta un clima  $[A(C)w_0(w)w'(i)g]$  semicálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos con régimen de lluvias de verano, con canícula y poca oscilación térmica y marcha de la temperatura tipo Ganges, con un promedio de lluvia anual de 961 mm y una temperatura media anual de 21.61°C (Fig. 3).

Para la estación El Rodeo (1,100 m s.n.m.), con datos de 1953 a 1999, se obtuvo un clima  $[Aw_0(w)(i)g]$  cálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con lluvias de verano, con poca oscilación y marcha de la temperatura tipo Ganges, precipitación anual de 1,055 mm y temperatura media anual de 22.87°C (Fig. 4).

Los tres sitios presentan una estacionalidad marcada en la precipitación, con una época de secas que se extiende de noviembre a mayo, y se presenta un gradiente térmico relacionado con la altitud que va de 17.4 a 22.8°C de temperatura media anual.

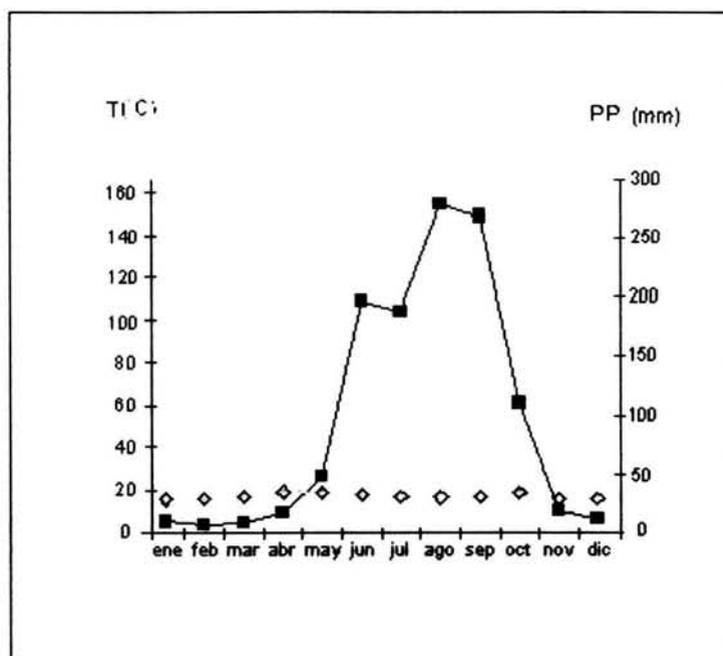


Figura 2. Diagrama ombrotérmico de la estación Ahuatenco, Edo. de México. Se muestran únicamente las tres primeras letras de los meses del año.

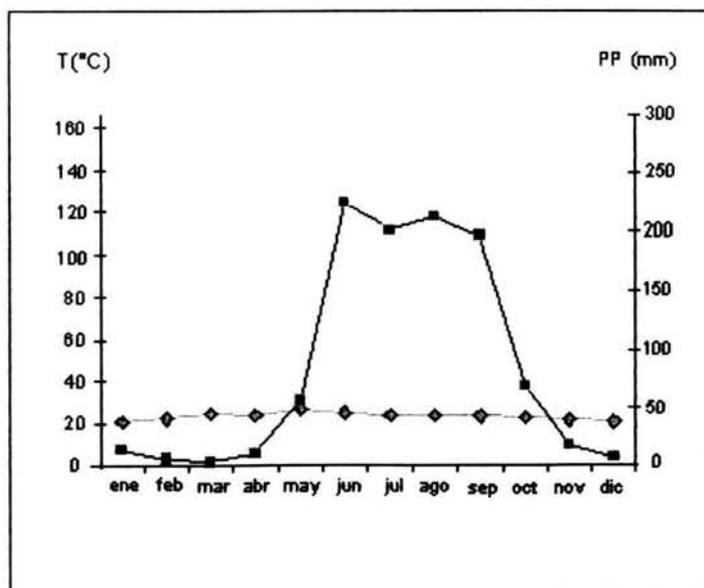


Figura 3. Diagrama ombrotérmico de la estación Cuentepec, Morelos. Se muestran únicamente las tres primeras letras de los meses del año.

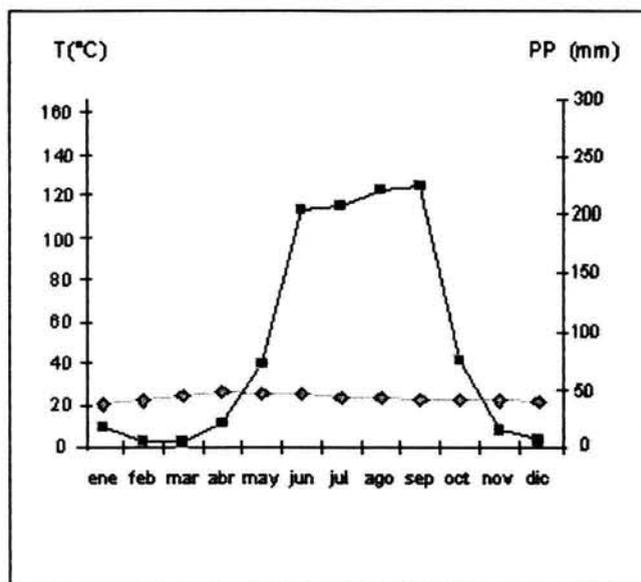


Figura 4. Diagrama ombrotérmico de la estación El Rodeo, Morelos.  
Se muestran únicamente las tres primeras letras de los meses del año.

## 2.5 Vegetación

Según CETENAL (1976 c y d), la vegetación de la parte norte de la zona de estudio es Bosque Caducifolio de Encino, con manchones de *Quercus magnoliifolia* y *Q. glaucooides*, acompañados de pinos de baja altura y poblaciones pequeñas de *Juniperus*. En la zona superior de la barranca se encuentran pastizales inducidos, alternados por parcelas de cultivo, que se extienden hasta la zona arqueológica de Xochicalco. En la zona media y baja de la zona de estudio, sólo es posible encontrar remanentes de la vegetación original, comprendida por el bosque tropical caducifolio, en pequeñas barrancas de difícil acceso y en algunas prominencias, como el cerro La Angostura, el cerro La Olla y la misma zona arqueológica de Xochicalco. El bosque tropical caducifolio (BTC) ésta dominado por especies del género *Bursera* que se encuentra bien representado con alrededor de ocho especies, además de géneros como *Ceiba*, *Ipomoea*, *Plumeria*, *Conzattia*, *Acacia*, *Sapium* y *Lysiloma* (CETENAL, 1976 c y d; observación personal).

En algunas paredes de la cañada se pueden encontrar componentes del bosque tropical caducifolio, así como elementos de bosque tropical subcaducifolio, debido al carácter más húmedo de la barranca. Por supuesto, una comunidad importante florística y ecológicamente de la vegetación de la zona es la vegetación ribereña (VR) (CETENAL, 1976 c y d).

## **CAPÍTULO III. MÉTODO**

### **3.1 Selección de los sitios y unidades de muestreo**

Con la finalidad de evaluar las condiciones generales de la vegetación y del terreno, se efectuaron varias caminatas de reconocimiento por el cauce del Río Tembembe, a lo largo de un tramo de 12 km de longitud, que abarca el gradiente altitudinal antes mencionado (1,700-1,100 m s.n.m.). Esto permitió seleccionar los manchones de vegetación con menor perturbación y suficientemente accesibles para poder llegar a ellos.

La distancia entre los cuadros de muestreo no siguió ningún patrón, ya que se localizaron en donde se encontró vegetación a la orilla del río; y la separación que se presenta entre algunos cuadros es resultado de la falta de vegetación y de las condiciones topográficas, que impidieron el recorrido por algunas zonas del fondo de la barranca.

La inspección de las comunidades condujo a seleccionar las unidades de muestreo, Éstas consisten en rectángulos de 20 x 5 m ya que esta forma permite registrar de manera adecuada la vegetación adyacente al río, que en algunas ocasiones es una franja longitudinal que no excede 10 m de ancho. Aunado a lo anterior se seleccionaron éstas unidades porque Lebrija (2001) utilizó unidades con la misma forma y superficie, lo que permite una comparación entre los dos trabajos. Los rectángulos se colocaron paralelos al río (Fig. 5) y se tomaron datos en un total de 33 unidades de muestreo, de las cuales 23 se situaron a una distancia <1 m de la orilla del río, mientras que las diez restantes se ubicaron a una distancia mayor. Su ubicación, altitud y pendiente se muestran en la Tabla 1.

### **3.2 Trabajo de campo**

El trabajo de campo se realizó durante tres salidas, llevadas al cabo entre los meses de julio de 2002 y mayo de 2003. Las 33 unidades de muestreo se distribuyeron entre 1,700 y 1,110 m s.n.m., como se muestra en la figura 6. Adicionalmente, se hicieron colectas en otras salidas de campo con el fin de contar con individuos fértiles que ayudaran a la identificación de los especímenes registrados durante el muestreo (Anexo 3).

Tabla 1. Ubicación, altitud y pendiente de los cuadros de muestreo. Coordenadas según el sistema UTM NAD-27 (Z-14).

Cuadro	Ubicación X	Ubicación Y	Altitud (m s.n.m.)	Pendiente
1	464231	2093371	1700	6°
2	464271	2093218	1680	4°
3	464270	2093195	1680	3°
4	464261	2093092	1670	2°
5	464033	2092622	1660	6°
6	464033	2092612	1660	6°
7	464033	2092450	1660	5°
8	464070	2092754	1650	2°
9	463988	2092290	1640	2°
10	463988	2092290	1640	3°
11	465007	2086504	1400	28°
12	465013	2086384	1350	10°
13	465013	2086384	1350	4°
14	464998	2085744	1340	2°
15	464944	2085696	1330	10°
16	464944	2085696	1330	15°
17	464944	2085696	1320	13°
18	464944	2085696	1320	20°
19	464944	2085696	1310	25°
20	464780	2085690	1300	24°
23	466793	2083252	1220	8°
24	467617	2082268	1200	7°
25	467559	2082410	1190	5°
26	467508	2082514	1190	0°
27	467530	2082646	1180	8°
28	467966	2081975	1170	4°
29	467493	2082467	1160	1°
30	468118	2079934	1120	0°
31	468135	2079897	1120	0°
32	468048	2079625	1110	0°
33	467955	2079600	1110	0°

En cada unidad muestral se midieron todos los individuos de diámetro  $\geq 1$  cm a la altura del pecho (1.30 m), y cuyo punto de enraizamiento estuviera dentro de la parcela. Para cada individuo se registró su identidad taxonómica; en el caso de que ésta no se conociera, se recolectó un ejemplar para identificarlo en gabinete. Se tomaron los siguientes datos:

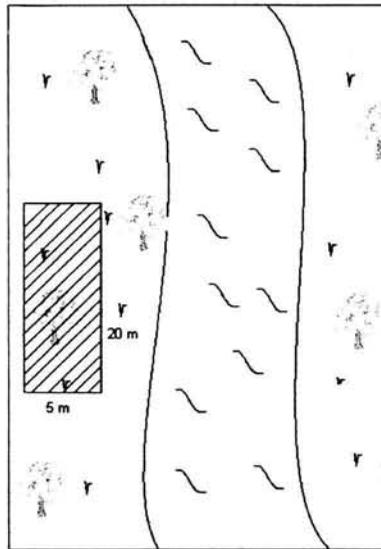


Figura 5. Forma de las unidades de muestreo

- **Altura total.** Se usó un flexómetro graduado en cm para los individuos menores a tres metros; para los de mayor altura se utilizó una garrocha de colecta previamente medida o se hicieron estimaciones visuales mediante la comparación con alturas conocidas de árboles vecinos.
- **Diámetros mayor y menor de las copas.** Se registraron con un flexómetro graduado en cm.
- **Diámetro a la altura del pecho (d.a.p.).** Para los tallos con d.a.p.  $\geq 10$  cm se utilizó un vernier graduado en mm y para diámetros mayores se usaron cintas flexibles graduadas en cm para medir inicialmente el perímetro, para su posterior conversión a diámetro.

En el caso de las lianas, se registraron aquellos individuos cuyo punto de enraizamiento se encontraba dentro de la parcela y se registró el diámetro en la base.

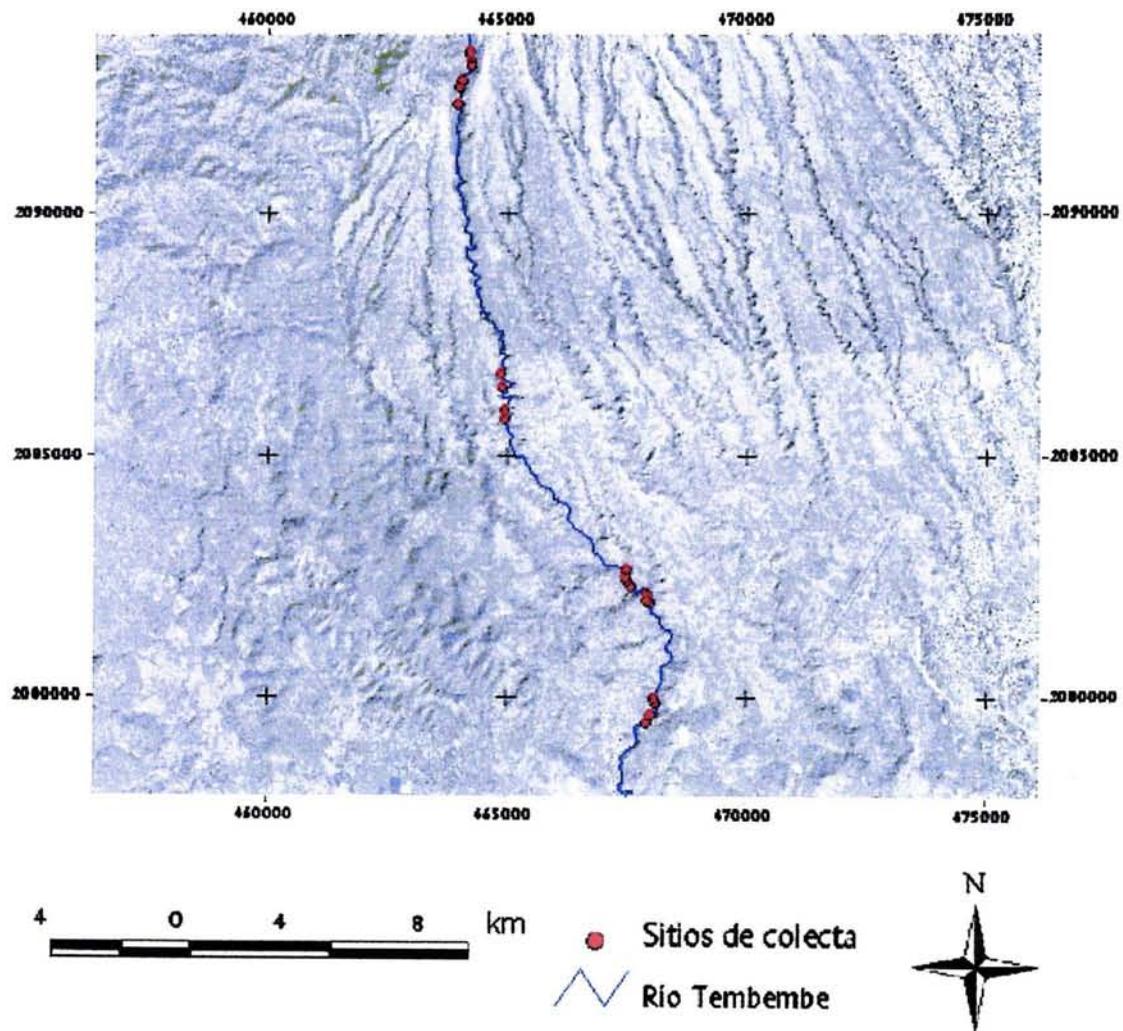


Figura 6. Ubicación de los sitios de muestreo cuyos números van en orden descendente en dirección norte-sur (en rojo) y la trayectoria del río Tembembe (azul) en la ortofoto de la zona de estudio escala 1:75,000.

Adicionalmente se tomaron los siguientes datos:

- Ubicación en unidades UTM con un Geoposicionador Global (GPS), lo que permite la ubicación exacta de cada sitio de muestreo.
- Altitud con un altímetro barométrico.
- Pendiente. Inclinación del terreno, medida de manera perpendicular al río, lo cual se hizo con un clisímetro.
- Orientación de la unidad de muestreo. Se obtuvo calculando la ortogonal de la dirección de la corriente, ubicando la brújula de forma paralela al río.

### **3.3 Composición florística**

Se elaboró un listado florístico preliminar de la zona de estudio; en éste se encuentran tanto las especies presentes en los cuadros de muestreo como los ejemplares recolectados durante otras salidas de campo, que incluye la parte baja y alta de la barranca.

Los ejemplares recolectados se identificaron con la ayuda de taxónomos de la Facultad de Ciencias y del Herbario Nacional (MEXU), ambos de la Universidad Nacional Autónoma de México. Todos los ejemplares fueron fotografiados y así se elaboró un miniherbario digital (Anexo 5). Los ejemplares fértiles se depositaron en el Herbario Nacional de México (MEXU). Duplicados de estos ejemplares se depositaron en el Herbario de la Facultad de Ciencias (FCME).

### **3.4 Estructura cuantitativa**

Con los datos obtenidos se calcularon las siguientes variables:

- Cobertura. Se calculó la cobertura de la copa de cada individuo utilizando la siguiente fórmula:

$$C = \frac{(D1 + D2)^2 \pi}{4}$$

donde  $C$  = cobertura,  $D1$  = diámetro mayor de la copa,  $D2$  = diámetro menor de la copa.

- Área basal. Se calculó como el área que ocupa la sección transversal del tallo a la altura del pecho (1.30 m) y se usó la fórmula del área de un círculo para calcularla. A partir de esta variable se calculó la dominancia relativa o área basal relativa (ABR), que es el área basal ocupada por cada especie dividida entre el área basal total de todas las especies un área dada (en este caso 100 m<sup>2</sup>).

$$\text{Área basal} = \Pi\left(\frac{D^2}{4}\right)$$

$$\text{ABR} = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\Sigma \text{ del área basal de todas las especies}} \times 100$$

- La densidad. Es el número de individuos de una especie presentes en un área; la densidad absoluta se extrapola a una hectárea para su posterior comparación con otros trabajos. Se calculó también la densidad relativa (DR), expresada como el porcentaje de una especie en relación con la densidad total de individuos muestreados.

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Número individuos de una especie por cuadro}}{\text{Número total de individuos en todos los cuadros}} \times 100$$

- Frecuencia. Número de veces que aparece una especie en todos los cuadros. La frecuencia relativa (FR) se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{FR} = \frac{\text{Frecuencia de la especie}}{\text{Total de las frecuencias}} \times 100$$

- El valor de importancia relativa (VIR) se calculó como la suma de la frecuencia relativa, la densidad relativa y la dominancia relativa (área basal relativa).

$$\text{Valor de importancia Relativa} = \text{FR} + \text{ABR} + \text{DR}$$

### 3.5 Diversidad

La diversidad puede ser medida registrando el número de especies, la abundancia relativa de éstas o con medidas que combinen los dos componentes (Magurran, 1988). Se usaron distintos métodos tanto de dominancia como de equidad, para describir la diversidad.

La riqueza específica (S) se utilizó para describir el número total de especies presentes en los cuadros de muestreo y posteriormente para evaluar las diferencias entre las unidades de muestreo (Magurran, 1988).

Para evaluar los dos componentes de la diversidad, la riqueza y abundancia relativa de especies (Magurran, 1988), tanto en cada muestra como toda la comunidad vegetal en su conjunto, se usaron los siguientes índices basados en la abundancia proporcional de individuos:

Índice de Shannon-Wiener (H')

$$H' = -\sum(p_i)(\ln p_i)$$

Inverso de Simpson (1/D):

$$1/D = \frac{N(N-1)}{\sum n_i}$$

donde  $N$  es el número de individuos de todas las especies,  $n_i$  es el número de individuos de la especie  $i$ , y  $p_i$  es la proporción de individuos de la especie  $i$  (Magurran, 1988; Mostacedo y Fredericksen, 2000). El índice de Shannon-Wiener expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra.

Por último, para calcular la equitatividad se utilizó el índice de Shannon-Wiener, a partir de la siguiente fórmula:

$$E = \frac{H'}{H_{\max}} = \frac{H'}{\ln S}$$

Para analizar la asociación entre los cuadros de muestreo, así como para medir la diversidad  $\beta$ , se calculó el coeficiente de Sørensen ( $C_s$ ) que es una de las maneras más sencillas de medir este tipo de diversidad entre un par de sitios (Magurran, 1988). Se calcula de la siguiente manera

$$C_s = \frac{2j}{(a+b)}$$

Donde  $j$  es el número de especies encontradas en ambos sitios,  $a$  es el número total de especies encontradas en el sitio A, y  $b$  en el sitio B (Magurran, 1988).

### **3.6 Delimitación de las comunidades vegetales**

Para encontrar que relaciones existen entre las comunidades vegetales presentes en el fondo de la cañada se usaron métodos de estadística multivariada de ordenación y clasificación.

#### **3.6.1 Clasificación**

El objetivo principal de los análisis de clasificación es el agrupar entidades de acuerdo a las relaciones que existen entre ellas, existen dos tipos de clasificación: las no jerárquicas, que simplemente colocan las muestras o especies similares en un grupo dejando la decisión del número de grupos a formar al investigador, y las clasificaciones jerárquicas, en donde en una gráfica llamada dendrograma las entidades similares se encuentran en un mismo grupo indicando relaciones entre ellas (Gauch, 1982; Zavala, 1986; Van Tongeren, 1995; McGarigal *et. al.*, 2000).

Existen dos grandes grupos de métodos jerárquicos, los aglomerativos y los divisivos. El método divisivo utilizado fue el Análisis de Especies Indicadoras de Dos Vías

(TWINSpan). Dentro de los métodos aglomerativos se incluyeron el Método de Ward, el de Promedios Aritméticos entre Grupos Ponderado y No Ponderado (WPGMA y UPGMA, respectivamente).

### 3.6.2 Ordenación

La ordenación se basa en encontrar relaciones entre las muestras o especies usando una gráfica simple de dos dimensiones, en la que especies o muestras similares se encuentran cercanas en el espacio. Es posible que a partir del análisis de ordenación se interprete qué factores ambientales son responsables de las características de la vegetación. La ventaja de usar un espacio de pocas dimensiones radica en su facilidad para la interpretación y comunicación de los datos (Gauch, 1982; Zavala, 1986; Ter Braak, 1995; McGarigal *et. al.*, 2000).

Los métodos de ordenación usados fueron: el análisis de correspondencias sin tendencia (DCA), el análisis de ordenación polar (Bray y Curtis), el análisis de promediación recíproca (RA), y el análisis de componentes principales (PCA). Para complementar el análisis y elucidar los factores ambientales responsables de las características florístico-estructurales de las comunidades se realizaron en cada caso correlaciones entre los dos primeros ejes de la ordenación y los factores ambientales registrados.

Los análisis de clasificación aglomerativos se realizaron con el programa STATISTICA 6.0 (StatSoft. Inc., 2001), mientras que los análisis de ordenación y el análisis Twinspan se llevaron al cabo con el programa PC-ORD para Windows (McCune y Meffor, 1999).

## CAPITULO IV. RESULTADOS

### 4.1 Sitios de muestreo

En total se muestrearon 33 cuadros que abarcan una superficie de 0.33 ha. La ubicación, altitud y pendiente se muestran en la Tabla 1. De éstos, 23 se ubicaron a una distancia del río tal que el flujo del agua ejerce una influencia directa sobre la vegetación y es un área que representa las características florísticas y estructurales de la vegetación ribereña. Ocho más se localizaron a una distancia mayor del cuerpo de agua y por sus características corresponden más a un bosque tropical caducifolio. Por último, dos cuadros (22 y 23) que corresponden a huertos de árboles frutales de la comunidad de Cuentepec no se analizaron, aunque se ubican en la ribera del río.

### 4.2 Descripción de la vegetación ribereña

#### 4.2.1 Florística

En los 23 cuadros correspondientes a la vegetación ribereña se encontraron especies pertenecientes a dos divisiones, Coniferophyta y Magnoliophyta, y dos clases de esta última, Magnoliopsida y Liliopsida. Se registraron 74 morfoespecies, de las cuales 89% (66) se identificaron al nivel de especie, 8% (6) a nivel de género y 3% (2) sólo a nivel de familia. En total se registraron 43 familias, 64 géneros y 74 morfoespecies, de las cuales se conoce la identidad taxonómica de 66 especies (Anexo 1).

De las familias presentes, la mejor representada fue Leguminosae con ocho géneros y 11 especies (15%), seguida por las familias Asteraceae con seis géneros y seis especies (8%) y Euphorbiaceae con tres géneros y tres especies (4%). Además de éstas, las familias Solanaceae, Meliaceae y Moraceae se encuentran bien representadas (4%) (Fig. 7).

La clasificación de las especies con base en su forma de crecimiento (árboles, arbustos o lianas), muestra que los árboles fueron la forma de crecimiento predominante, con 45.9% de las especies, seguidos por los arbustos con 44.5% y por último las lianas con 9.4% (Fig. 8).

Entre las especies de árboles más comunes se encuentran *Alnus acuminata* (Betulaceae), *Aphanante monoica* (Ulmaceae), *Astianthus viminalis* (Bignoniaceae), *Daphnopsis salicifolia* (Thymeliaceae), *Dyospiros digyna* (Ebenaceae), *Fraxinus uhdei* (Oleaceae), *Inga vera* (Leguminosae), *Lysiloma acapulcense* (Leguminosae), *Psidium*

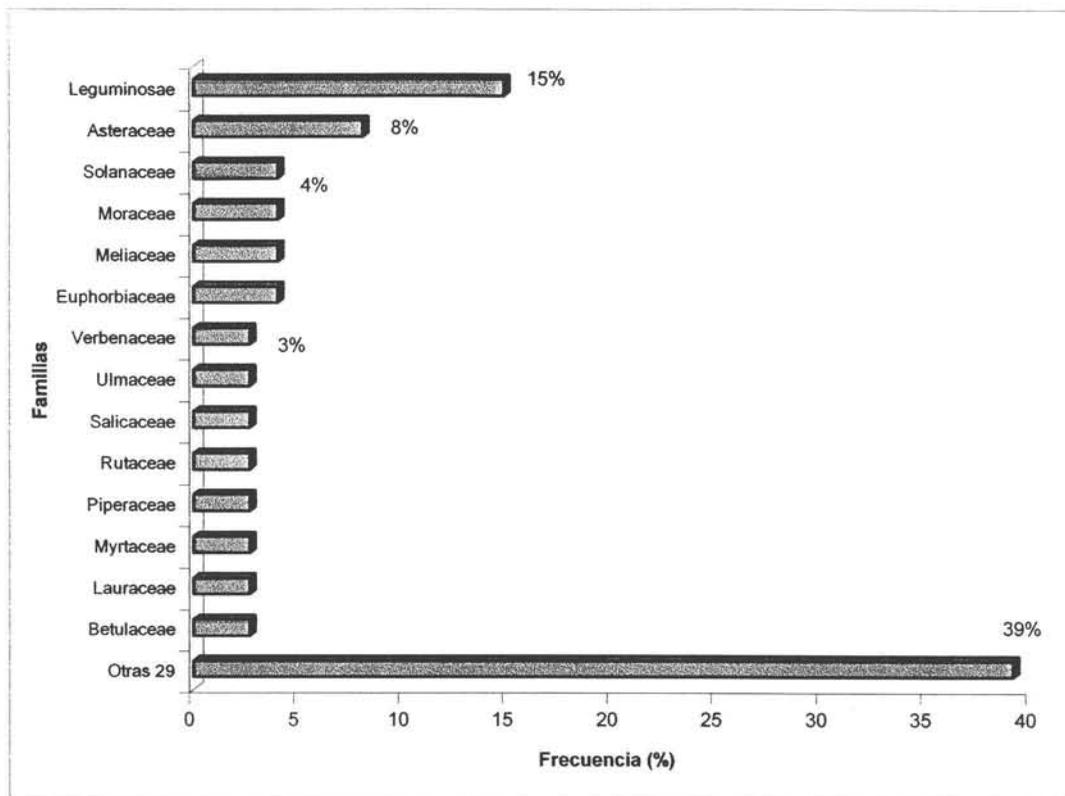


Figura 7. Distribución de frecuencias de las familias de la vegetación ribereña del río Tembebe.

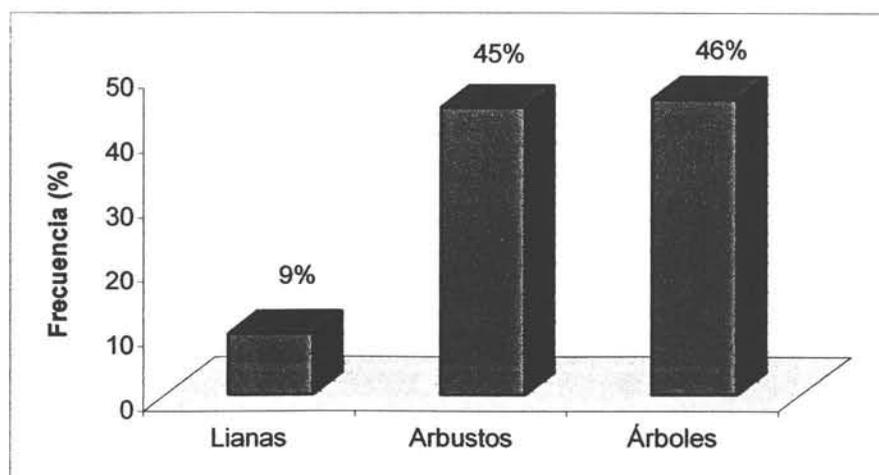


Figura 8. Distribución de frecuencias por forma de crecimiento de la vegetación ribereña del río Tembebe.

*guajava* (Myrtaceae), *Salix humboldtiana* (Salicaceae), *Sassafridium macrophyllum* (Lauraceae) y *Stemmadenia obovata* (Apocynaceae).

El segundo grupo de formas de crecimiento corresponde a los arbustos, en el cual se presentan con mayor frecuencia las siguientes especies: *Cordia morelosana* (Boraginaceae), *Coursetia caribaea* (Leguminosae), *Critonia quadrangularis* (Compositae), *Critoniopsis* sp.(Compositae), *Randia* aff. *canescens* (Rubiaceae), *Solanum aligerum* y *Solanum pseudocapsicum* (Solanaceae).

Entre las lianas trepadoras destacan *Hippocratea celastroides* (Hippocrataceae), *Ipomoea* sp. (Convolvulaceae), *Nissolia fruticosa* (Leguminosae), *Serjania triquetra* (Sapindaceae) y *Vitis tiliifolia* (Vitaceae).

#### 4.2.2 Diversidad

En la Tabla 2 se muestran los valores de los índices de diversidad calculados con los datos de los 23 cuadros. El valor promedio del índice de Shannon-Wiener fue de 1.69 mientras que el valor promedio del inverso de Simpson fue de 6.16 y el promedio del valor de equitatividad fue de 0.84. El mayor coeficiente de variación (50.87%) se presentó para el inverso de Simpson; los otros dos índices presentaron una variación baja, menor al 35%.

La riqueza total fue de 74 especies, mientras que el promedio de especies por cuadro fue de 8. El menor número de especies se presentó en el cuadro 9 (C9) con 3 especies, mientras que en el C24 se encontró el mayor con 14 especies.

El C9 registró la mayor equitatividad, producto de la mejor distribución de individuos de las tres especies y el valor menor del índice de Shannon-Wiener producto de la mínima riqueza específica. El valor más bajo del inverso de Simpson correspondió a C1 y C5, en el segundo *Randia* aff. *canescens* aportó el 65% del total de individuos y la equitatividad casi alcanzó su valor más bajo. El C24, que se ubicó en la parte baja de la zona de estudio, registró el valor más alto del índice de Shannon-Wiener por su mayor diversidad de especies y valores altos de equitatividad y del inverso de Simpson. En el C23 se encontraron 24 individuos y 12 especies; ninguna especie registró más de cuatro individuos y en él se presentó el valor superior del inverso de Simpson (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de riqueza específica (S), Shannon-Wiener (H'), inverso de Simpson (1/D) y equitatividad (E) para 23 cuadros de muestreo. Los valores en negritas son máximos y los subrayados mínimos. D.E. significa desviación estándar y C.V. coeficiente de variación.

Unidad muestreal	S	H'	1/D	E
1	7	1.23	<u>2.32</u>	<u>0.63</u>
2	4	1.28	4.50	0.92
3	11	1.92	4.86	0.80
4	8	1.97	11.38	0.95
5	6	1.17	<u>2.32</u>	0.65
6	12	2.24	8.38	0.90
7	11	2.19	9.36	0.91
8	6	1.19	2.68	0.66
9	<u>3</u>	<u>1.08</u>	3.12	<b>0.98</b>
10	6	1.25	2.90	0.70
12	6	1.35	3.11	0.75
13	10	2.01	7.50	0.87
14	8	1.95	9.00	0.94
23	12	2.30	<b>14.53</b>	0.93
24	<b>14</b>	<b>2.33</b>	11.07	0.88
25	10	1.93	6.00	0.84
26	8	1.68	4.28	0.81
28	10	1.88	5.25	0.82
29	8	1.81	6.18	0.87
30	7	1.51	3.58	0.77
31	8	1.58	3.83	0.76
32	4	1.27	4.50	0.92
33	7	1.83	11.25	0.94
Total	74	3.48	19.18	0.81
Promedio	8	1.69	6.16	0.84
D.E.	2.81	0.40	3.48	0.10
C.V. (%)	34.76	23.88	50.87	12.52

La distribución de frecuencias de las especies tuvo una forma de J invertida (Fig. 9); en ella se puede observar que 51% de las especies apareció solamente en un cuadro, mientras que sólo una especie estuvo presente en 10 cuadros y ninguna se encontró en más de 11.

El número de especies por cuadro tiene una distribución aproximadamente normal: cuatro presentan un total de seis especies, mientras que el mínimo de especies por cuadro es de tres y el máximo catorce (Fig. 10)

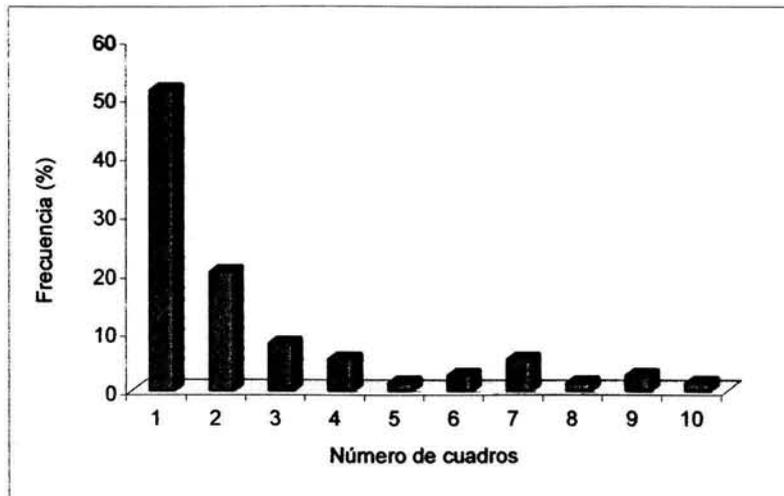


Figura 9. Distribución de frecuencias de las especies en las unidades de muestreo.

El cuadro 29 obtuvo el valor máximo del índice de similitud de Sørensen (75%), mientras que los cuadros 6 y 7 y 23 y 28 comparten el mayor número de especies (Tabla 3). La distribución de frecuencias del índice de Sørensen muestra que el mayor número de observaciones se presenta en la primera categoría (0 a 6%), mientras que la última categoría que presenta observaciones va de 74 a 79% (Fig. 11).

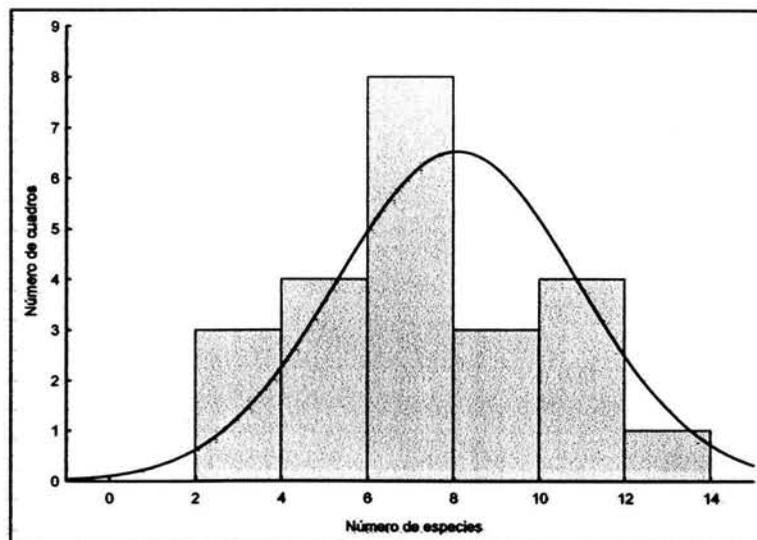


Figura 10. Distribución del número de especies presentes en los cuadros de muestreo de la vegetación ribereña; se muestra la curva normal.

Tabla 3. Índice de similitud de Sørensen y número de especies compartidas entre los 23 cuadros de vegetación ribereña del río Tembembe, Morelos. Los valores subrayados y en negritas corresponden a las máximas.

	Cuadro 1	Cuadro 2	Cuadro 3	Cuadro 4	Cuadro 5	Cuadro 6	Cuadro 7	Cuadro 8	Cuadro 9	Cuadro 10	Cuadro 12	Cuadro 13	Cuadro 14	Cuadro 23	Cuadro 24	Cuadro 25	Cuadro 26	Cuadro 28	Cuadro 29	Cuadro 30	Cuadro 31	Cuadro 32	Cuadro 33		
Cuadro 1	36	33	40	46	30	44	50	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cuadro 2		13	50	40	47	53	67	25	20	20	14	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuadro 3			32	35	33	27	25	0	12	12	0	11	0	8	0	0	0	10	0	12	11	0	0	11	0
Cuadro 4				57	48	53	62	17	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuadro 5					56	47	55	0	0	33	13	29	0	11	0	0	13	0	13	0	17	14	0	15	0
Cuadro 6						5	58	12	11	21	9	19	0	15	0	9	0	9	0	11	10	0	0	5	0
Cuadro 7							63	13	12	12	19	21	0	0	11	10	11	0	11	0	0	0	0	0	0
Cuadro 8								22	18	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuadro 9									60	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0
Cuadro 10										1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuadro 12											2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuadro 13												38	43	0	11	0	0	13	0	17	14	0	15	0	0
Cuadro 14													44	10	17	5	0	10	0	13	11	14	0	0	0
Cuadro 23														3	4	1	1	11	19	11	0	29	25	17	13
Cuadro 24															33	38	32	67	21	47	42	27	11	0	
Cuadro 25																52	38	35	29	42	48	24	30	0	
Cuadro 26																	44	40	11	63	22	43	12	0	
Cuadro 28																		22	<b>75</b>	29	50	17	27	0	
Cuadro 29																			11	63	44	43	24	0	
Cuadro 30																				14	38	0	13	0	
Cuadro 31																				4	57	40	31	0	
Cuadro 32																				3	4	17	40	0	
Cuadro 33																				2	1	3	0	0	

Similitud (%)

Número de especies compartidas

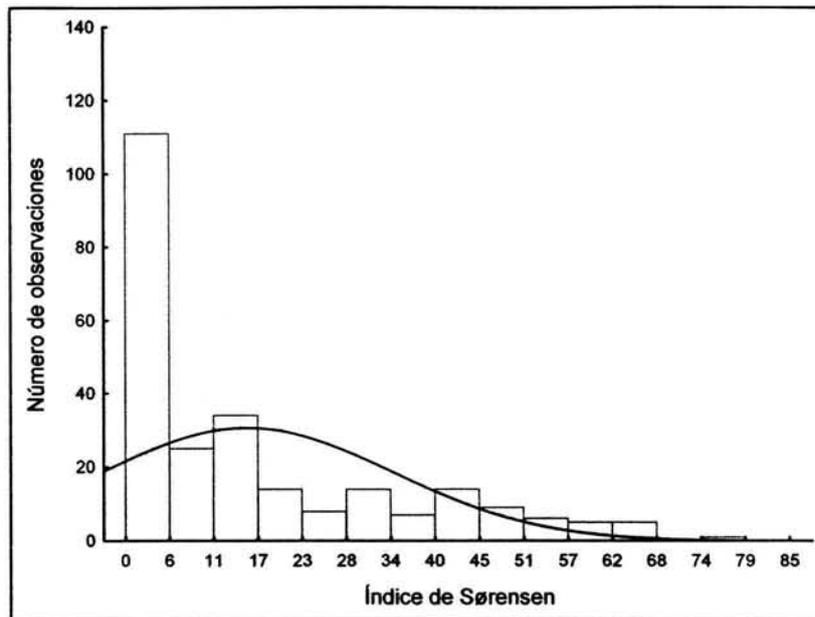


Figura 11. Distribución de frecuencias del Índice de Sørensen.

#### 4.2.3 Estructura cuantitativa

Se registró un total de 516 individuos con un d.a.p.  $\geq 1$  cm. De éstos, 56% fueron individuos con alturas  $> 4$  m y 38% tuvieron diámetros  $< 5$  cm. Siete especies de árboles (23% del total de individuos), con una altura promedio de 9.9 m, aportaron 58.6% del área basal total. En la Tabla 4 se muestra el número de individuos, el área basal, la cobertura y la altura promedio de los individuos con d.a.p.  $> 20$  cm, además de los valores extrapolados para una hectárea. La densidad de individuos varió entre nueve (C32) y 33 individuos (C6), con un promedio ( $\pm 1$  D.E.) de  $21 \pm 8.5$  individuos (coeficiente de variación 39.4%). Entre las especies con mayor densidad se encuentran *Randia aff. canescens* (13.7%), *Solanum aligerum* (10%), *Daphnopsis salicifolia* (10.2%) y *Alnus acuminata* (4.8%); éstas representaron 39% de la densidad total.

La cobertura excedió 100% en todos los cuadros. El coeficiente de variación de esta variable fue de 33.62%. El C2 presentó el valor mínimo ( $104 \text{ m}^2$ ), mientras que el valor máximo se presentó en el C7 ( $426 \text{ m}^2$ ). La cobertura promedio ( $\pm 1$  D.E.) fue de  $251.5 \text{ m}^2 \pm 84.16$  y las especies que más contribuyeron a esta variable fueron *Daphnopsis salicifolia* (9.8%), *Alnus acuminata* (8.3%), *Randia aff. canescens* (8%), *Trema micrantha* (6.9%) y *Solanum aligerum* (6.5%); las cinco contribuyeron con 40% del total de la cobertura.

El área basal promedio por cuadro ( $100 \text{ m}^2$ ) ( $\pm 1$  D.E.) fue de  $0.88 \pm 0.6 \text{ m}^2$ ; esta variable registró el mayor coeficiente de variación (66.1%); el intervalo de variación fue de  $0.11 \text{ m}^2$  (C25) a  $2.06 \text{ m}^2$  (C14). Al igual que en los casos anteriores, un pequeño grupo de especies arbóreas aportó la mayor proporción del área basal total (46.6%): *Alnus acuminata* (13.4%), *Mangifera indica* (9.8%), *Lysiloma acapulcense* (8.9%), *Astianthus viminalis* (7.6%) y *Daphnopsis salicifolia* (6.6%).

Tabla 4. Estructura de la vegetación ribereña del río Tembembe, Mor. Los subrayados corresponden a los valores mínimos y las negritas a los máximos. D.E. se refiere a desviación estándar y C.V. al coeficiente de variación.

Cuadro	Densidad (ind. $100 \text{ m}^2$ )	Cobertura ( $\text{m}^2 100 \text{ m}^2$ )	Área basal ( $\text{m}^2 100 \text{ m}^2$ )	Densidad (ind. $\text{ha}^{-1}$ )	Cobertura ( $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ )	Área basal ( $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ )	Promedio de altura ind. d.a.p. $\geq 20 \text{ cm}$ (m)
1	26	261	0.83	2600	26100	83	8.9
2	10	<u>104</u>	0.44	1000	<u>10400</u>	44	8
3	14	367	1.9	1400	36700	190	12.2
4	14	196	0.58	1400	19600	58	11.5
5	23	232	1.1	2300	23200	110	14.3
6	<b>33</b>	355	1.4	<b>3300</b>	35500	140	12.2
7	32	<b>426</b>	1.3	3200	<b>42600</b>	130	<b>14.7</b>
8	24	300	1.14	2400	30000	114	12.4
9	28	335	0.54	2800	33500	54	12.2
10	42	412	0.21	4200	41200	21	7.7
12	20	208	0.15	2000	20800	15	9
13	16	158	0.35	1600	15800	35	6.6
14	12	192	<b>2.06</b>	1200	19200	<b>206</b>	7.8
23	24	240	0.67	2400	24000	67	7
24	31	267	0.35	3100	26700	35	5.5
25	24	212	<u>0.11</u>	2400	21200	<u>11</u>	8
26	26	210	1.47	2600	21000	147	5.5
28	21	265	0.78	2100	26500	78	<u>5.3</u>
29	15	139	0.31	1500	13900	31	7.2
30	17	260	1.48	1700	26000	148	8.6
31	23	243	0.75	2300	24300	75	6.7
32	<u>9</u>	144	0.63	<u>900</u>	14400	63	7.4
33	10	259	1.78	1000	25900	178	10.5
Promedio	21.48	251.52	0.88	2147.83	25152.17	88.39	9
D.E.	8.47	84.56	0.58	846.85	8456.30	58.43	2.83
C.V. (%)	39.43	33.62	66.10	39.43	33.62	66.10	88.03

La altura promedio ( $\pm 1$  D.E.) de los individuos con d.a.p.  $> 20 \text{ cm}$  fue de  $9 \pm 2.83$  m, con un coeficiente de variación del 88.03%. El valor mínimo fue 5.3 m (C28) y el máximo 14.7 m (C7); las especies con mayor altura fueron *Heliocarpus terebinthaceus*, *Alnus acuminata*, *Fraxinus uhdei*, *Salix humboldtiana*, *Trema micrantha*, *Ficus insipida*, *Erythrina brevifolia* y *Diospyros digyna*.

En la figura 12 se muestran las distribuciones de frecuencias de las variables estructurales medidas, junto con la curva normal esperada para cada variable en los cuadros de muestreo. Las distribuciones de frecuencias de las clases de densidad, área basal, cobertura y altura promedio de los individuos con d.a.p. > 20 cm no presentaron diferencias significativas (Kolmogorov-Smirnov y  $p \geq .05$ ) con respecto a la distribución normal.

En cuanto a la distribución de frecuencias de alturas, 13% de los individuos (N = 65) se ubicó en la primera categoría (<2 m), mientras que la mayor proporción correspondió a los individuos entre 2 y < 3 m (N = 126; Fig. 13). El porcentaje acumulado de las cuatro primeras categorías fue de 64% (N = 326), el cual incluye a todos los individuos menores a 5 m. Entre las especies más abundantes de este intervalo están *Aphanante monoica*, *Critonia quadrangularis*, *Daphnopsis salicifolia*, *Lycianthes heteroclita*, *Psidium guajava*, *Randia* aff. *canescens*, *Salix taxifolia*, *Sassafridium macrophyllum* y *Solanum aligerum*.

Por encima de 5 y hasta 8 m se encontró a un 20% de los individuos (N = 101). Entre las especies que alcanzaron las mayores alturas, además de las ocho especies arriba mencionadas, se encuentran *Alnus jorullensis*, *Bocconia arborea*, *Ficus pertusa*, *Lysiloma acapulcense*, *Mangifera indica*, *Sapium macrocarpum* y *Zinowiewia concinna*, las cuales registraron alturas superiores a 8 m. Este grupo de 15 especies estuvo representado por 79 individuos, 16% del total.

En la distribución de frecuencias de los diámetros se encontró un sesgo negativo; en las tres primeras categorías (d.a.p. < 15 cm) se encuentran el 78% de los individuos y el restante 22% se distribuyó en 27 categorías (N = 402). El d.a.p. promedio ( $\pm 1$  D.E.) fue de  $13.42 \pm 11.2$  cm, con una variación de 1 hasta 159 cm (Fig. 14).

Las 10 especies que registraron un mayor valor de importancia relativa (VIR) son, en orden decreciente: *Alnus acuminata* (22.11), *Daphnopsis salicifolia* (21.80), *Randia* aff. *canescens* (20.25), *Lysiloma acapulcense* (17.10), *Astianthus viminalis* (14.75), *Solanum aligerum* (14.53), *Salix bonplandiana* (12.33), *Sapium macrocarpum* (11.41), *Mangifera indica* (10.59) y *Critonia quadrangularis* (8.09). En el anexo 2 se presentan las variables estructurales y el valor de importancia relativa de las especies registradas en la vegetación ribereña.

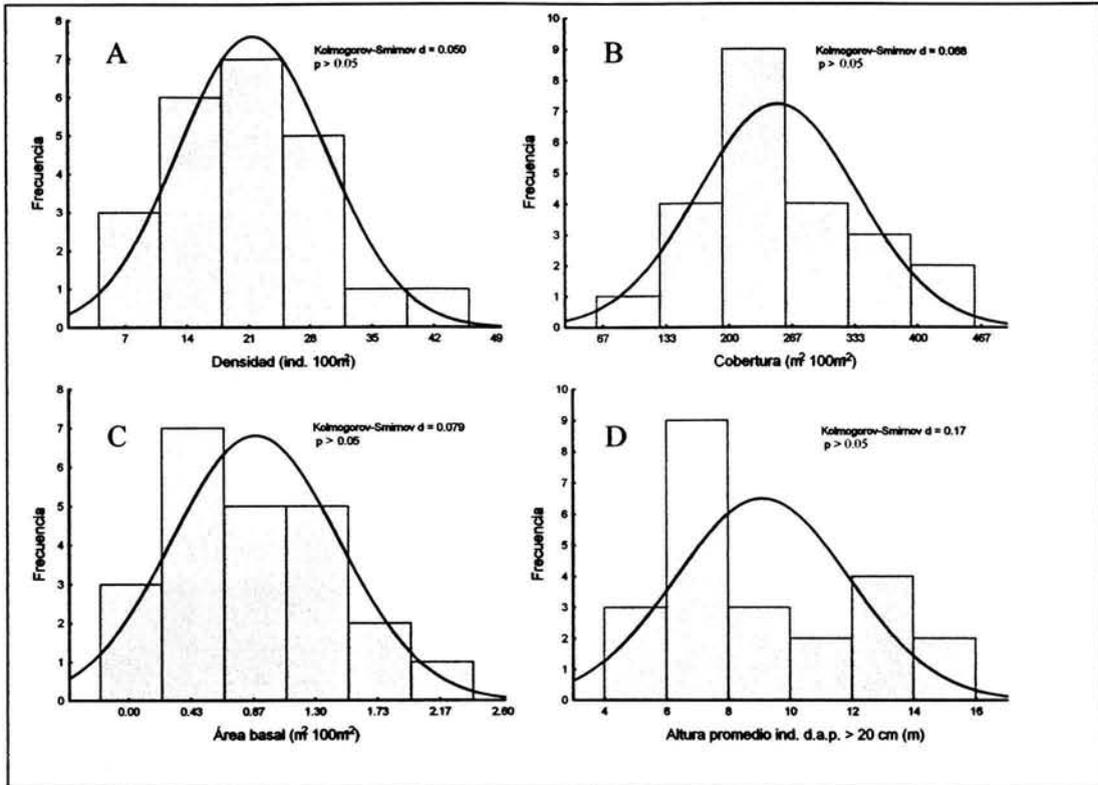


Figura 12. Distribución de frecuencias de las variables estructurales de los 23 cuadros de muestreo. Se muestra la curva normal y el estadístico  $d$  de Kolmogorov-Smirnov con su probabilidad asociada. A, se refiere a densidad de individuos; B, a la cobertura; C, al área basal y D a la altura promedio de los individuos con d.a.p. > 20 cm.

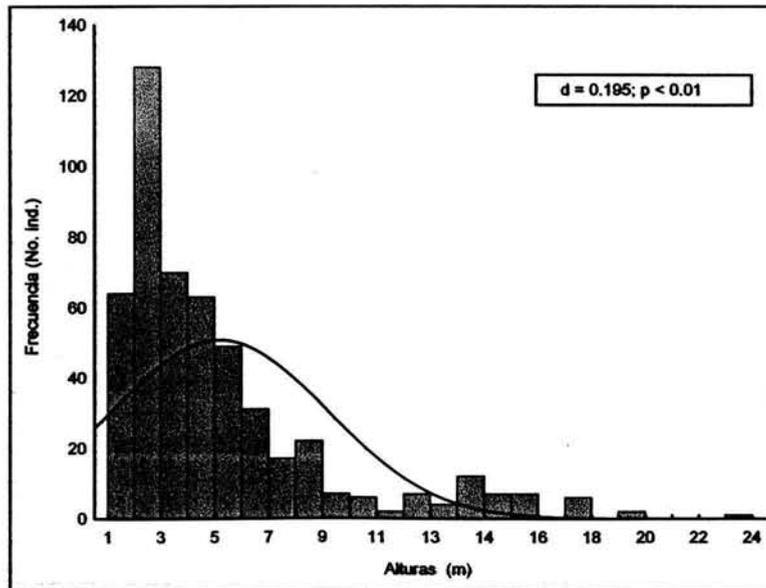


Figura 13. Distribución de frecuencias de alturas de la vegetación ribereña del río Tembembe, Mor. Se muestra la curva normal y el estadístico  $d$  de Kolmogorov-Smirnov con su probabilidad asociada.

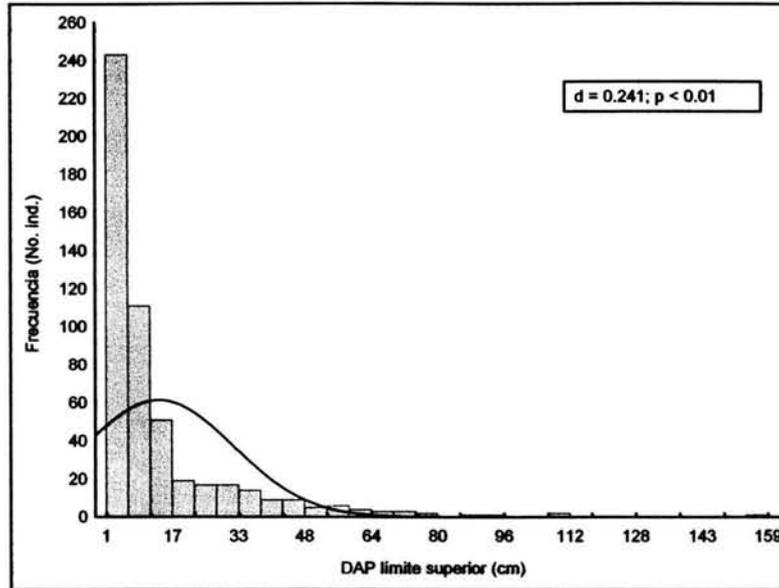


Figura 14. Distribución de frecuencias de diámetros de la vegetación ribereña del río Tembebe, Mor. (N = 516 individuos). Se muestra la curva normal y el estadístico  $d$  de Kolmogorov-Smirnov con su probabilidad asociada.

### 4.3 Clasificación y ordenación de los cuadros de muestreo

#### 4.3.1 Clasificación

Las clasificaciones realizadas produjeron seis dendrogramas, que mostraron de manera consistente la formación de dos grupos bien definidos. Las figuras 15 y 16 muestran los dendrogramas producidos por el método de Ward con las medidas del porcentaje de similitud de Sørensen y las distancias con el inverso de la  $r$  de Pearson para datos del índice de importancia relativa. En la figura 17 se muestra el dendrograma del análisis TWINSPLAN aplicado a la matriz de datos de ausencia-presencia de especies. En el Anexo 4 se muestran otros dendrogramas elaborados tanto con datos de presencia - ausencia como usando los valores de importancia relativa de las especies.

A una distancia relativa de 90% se distinguen dos grupos, pero al usar una distancia relativa menor (55%) como umbral de corte es posible reconocer tres grupos bien definidos. Estos grupos son  $G_1$ , formado por los cuadros 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8;  $G_2$  con los cuadros 9, 10, 12, 13, 14 y por último  $G_3$  con los cuadros 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32 y 33 (Fig. 15).

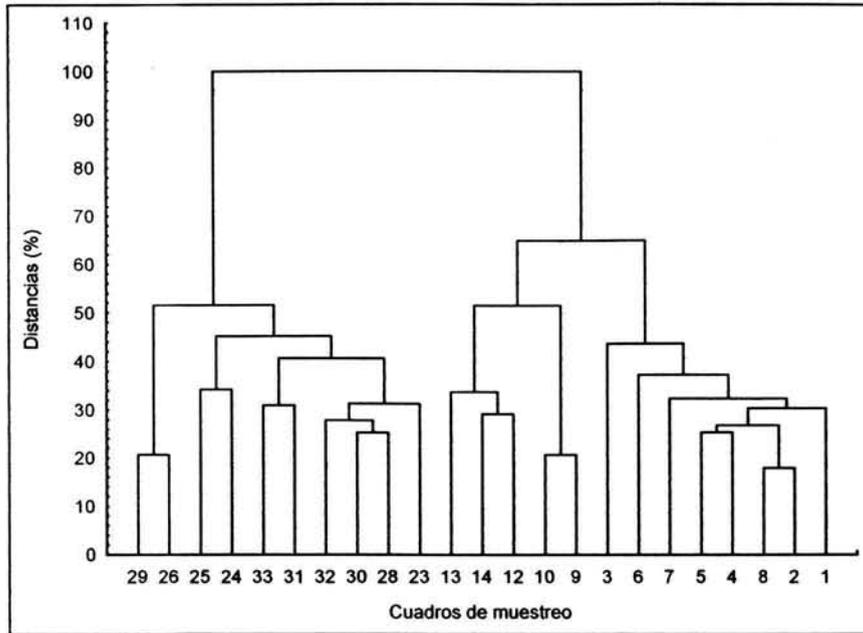


Figura 15. Dendrograma de clasificación de los cuadros de muestreo producidos por el método de Ward usando la matriz de ausencia - presencia de especies y el índice de similitud de Sørensen como medida de distancia.

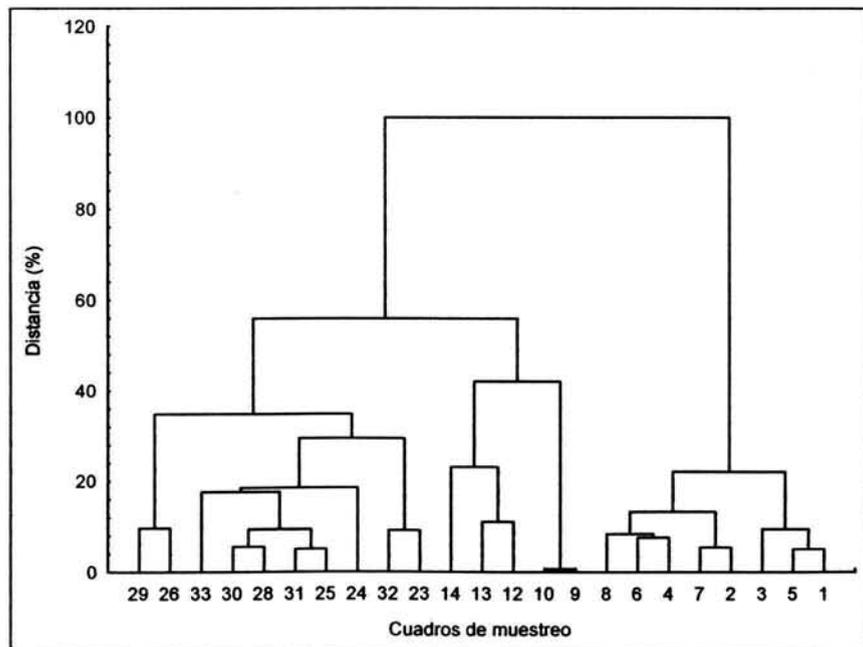


Figura 16. Dendrograma de clasificación de los cuadros de muestreo producidos por el método de Ward. La disimilitud de los cuadros se calculó a partir de los datos del índice de importancia relativa y el inverso de la  $r$  de Pearson como medida de distancia.

Aunque los dos dendrogramas de clasificación (Fig. 14 y 15) produjeron tres grupos, la relación de los cuadros que forman  $G_2$  varió, encontrándose ya sea más cerca del  $G_1$  (Fig. 15) o de  $G_3$  (Fig. 16).

De manera general, es posible observar que los cuadros que se encuentran adyacentes en el espacio mantienen una mayor relación entre ellos en el dendrogramas de la figura 15.

El análisis Twinspan realizó una separación partiendo de una ordenación primaria con un valor propio (eigenvalue) de 0.83 (Fig. 17). Se reconocen dos grandes grupos: el  $T_1$  formado por los cuadros del  $G_1$  (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, y 8) del análisis de clasificación (Figs. 15 y 16) más los cuadros 9, 10 y 12, y el  $T_2$  formado por los cuadros 13, 14, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32 y 33. Entre las especies que caracterizan al  $T_1$  se encuentran *Lycianthes heteroclita*, *Menispermaceae*, *Piper amalago*, *Lysiloma acapulcense*, *Fraxinus udhei*, *Annona cherimola*. Como especies del  $T_2$  se encuentran *Daphnopsis salicifolia*, *Sapium macrocarpum*, *Critonia quadrangularis*, *Alnus jorullensis*, *Inga vera*, *Acacia farnesiana*, *Astianthus viminalis* y *Cordia morelosana*. *Daphnopsis salicifolia* tiene el carácter de especie indicadora de la división de estos dos grandes grupos

#### 4.3.2 Ordenación

Los diagramas de ordenación de los cuadros según los métodos del Promediación Recíproca (RA), la ordenación Polar de Bray y Curtis y el análisis de correspondencia sin tendencias (DECORANA, por sus siglas en inglés) se muestran en las figuras 18, 19 y 20 respectivamente.

Independientemente de las diferencias en la ubicación espacial de los cuadros en los espacios de ordenación, los diagramas mostraron, al igual que en la clasificación, una separación marcada entre los cuadros 1,2,3,4,5,6,7 y 8 ( $G_1$ ) y los cuadros 23,24,25,26,28,29,30,31,32 y 33 ( $G_3$ ), mientras que los cuadros (9,10,12,13 y 14) que pertenecen al grupo  $G_2$  de la clasificación fluctuaron en su ubicación, mostrando algunas veces mayor cercanía con la nube de cuadros de que se distinguen en la clasificación como  $G_1$  y en otras ocasiones con  $G_3$ .

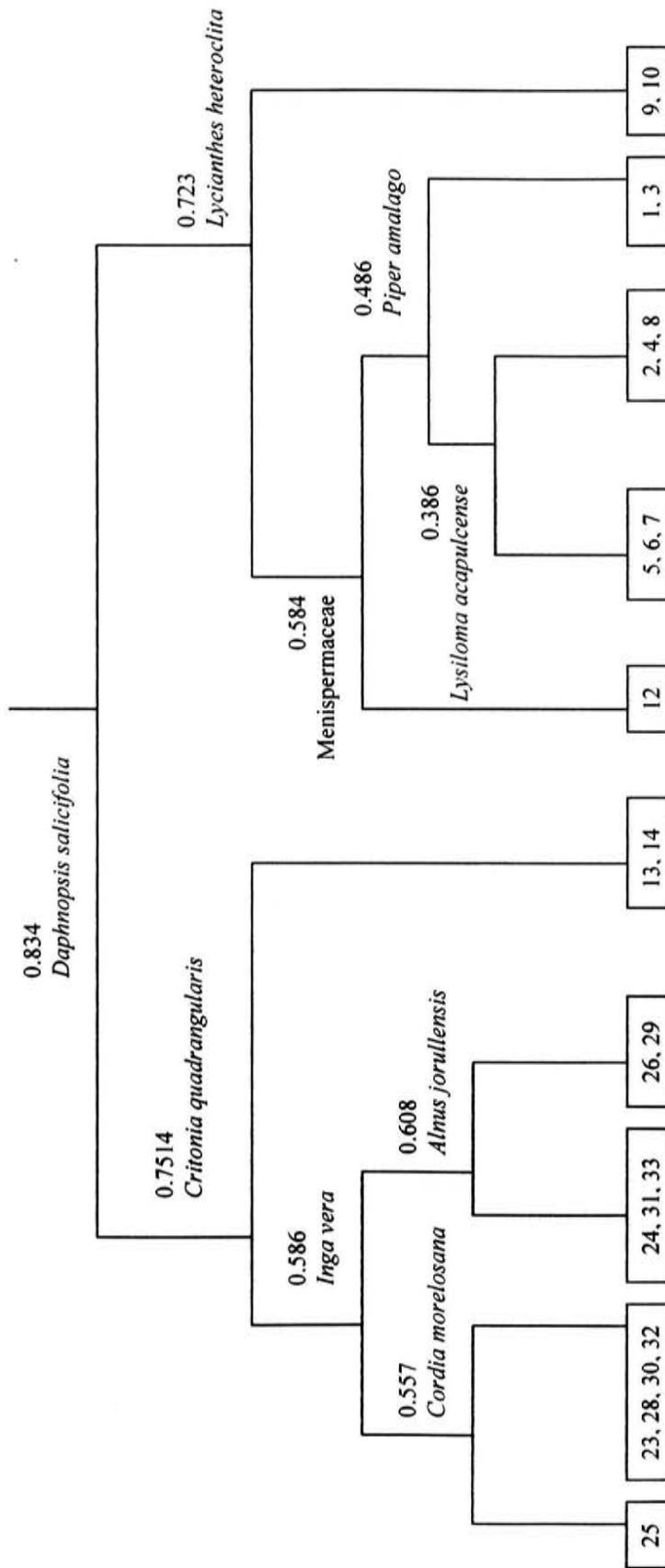


Figura 17. Dendrograma construido a partir de la aplicación del análisis Twinspan a la matriz de densidad de especies para los 23 cuadros de muestreo. Por encima de cada nivel de división (líneas horizontales) se muestra el valor propio (eigenvalue) de la ordenación primaria y las especies indicadoras de los grupos formados en cada dicotomía

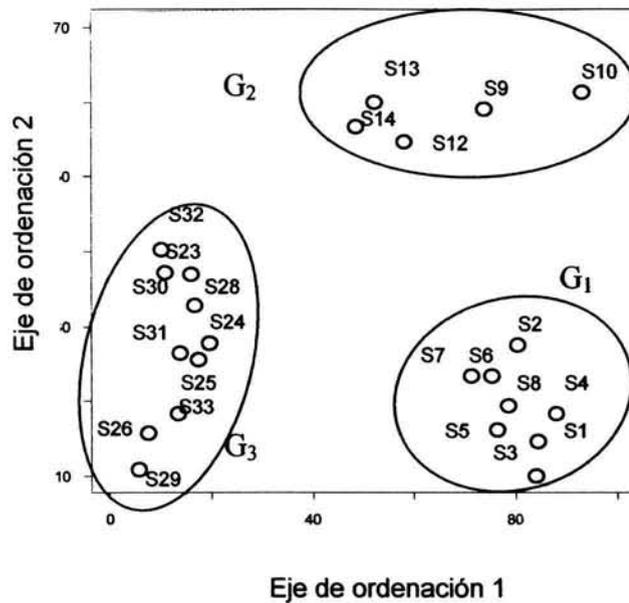


Figura 18. Diagrama de ordenación de los cuadros de muestreo producidos con el análisis de Promediación Recíproca (RA) aplicado a la matriz presencia-ausencia de especies. Los valores propios del eje 1 y del eje son 2 0.93 y 0.82 respectivamente. Se muestra la formación de grupos producto de la clasificación (óvalos) producida con el método de Ward usando la matriz de ausencia presencia de especies.

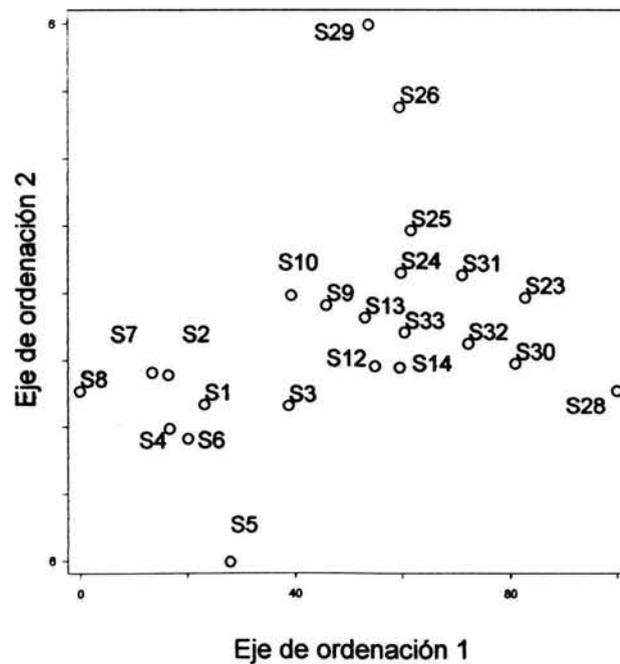


Figura 19. Diagrama de ordenación de los cuadros de muestreo producidos con el método de Ordenación Polar (Bray y Curtis) aplicado a la matriz ausencia-presencia de especies y usando el Coeficiente de Correlación como medida de distancia.

Al considerar la ubicación de los cuadros de muestreo con relación a los ejes de ordenación en el diagrama de la figura 18 se observa que, la separación entre los cuadros (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,13 y 14) y (23,24,25,26,28,29,30,31,32 y 33) es clara con respecto al eje de ordenación uno. En lo que respecta al eje de ordenación 2 los cuadros (1,2,3,4,5,6,7,8,23,24,25,26,28,30,31,32 y 33) se encuentran separados espacialmente de (9,10,12,13 y 14).

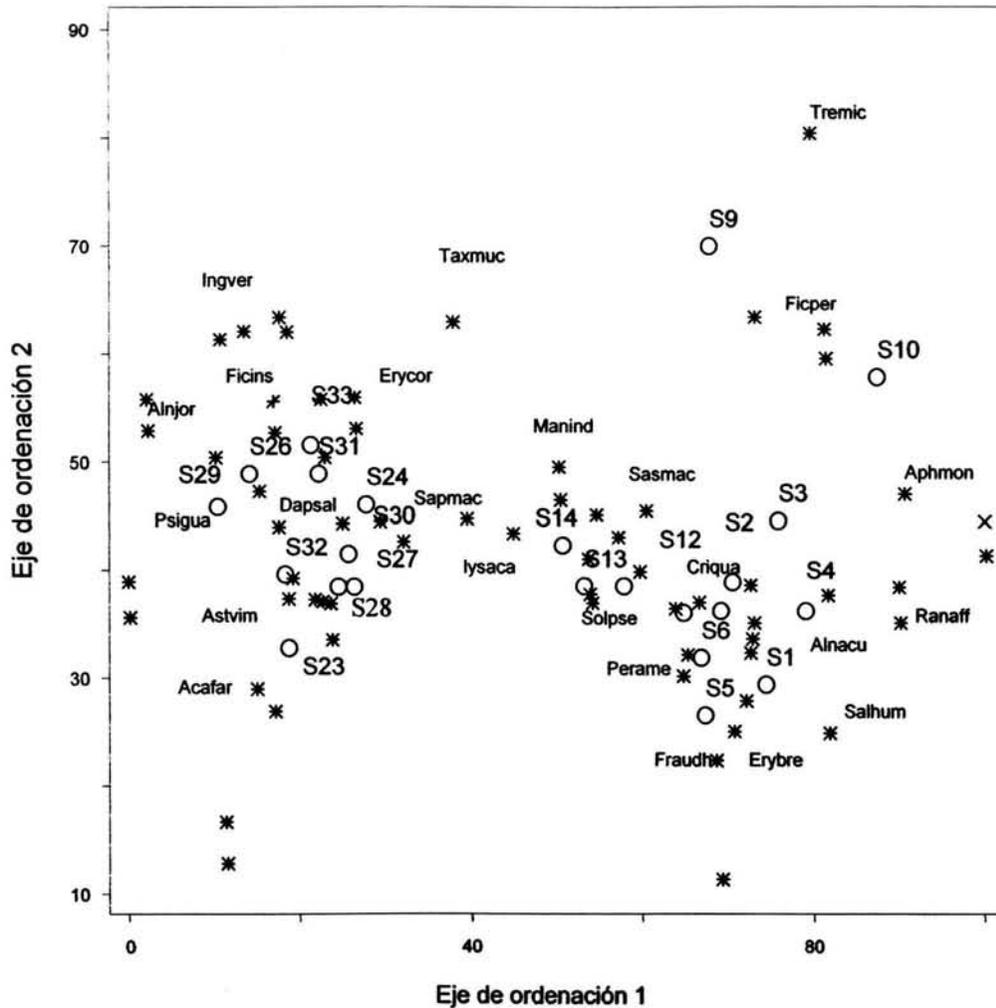


Figura 20 Diagrama de ordenación de los 23 cuadros de muestreo producido con el análisis DECORANA aplicado a la matriz de ausencia-presencia. Se muestran tanto los cuadros (círculos) como las especies más importantes (asteriscos) según su VIR. Las escalas de los ejes corresponden a diez veces la desviación estándar. Los valores propios (eigenvalues) del eje 1 y el eje 2 son 0.87 y 0.53 respectivamente. Los nombres completos de las especies se pueden consultar en los anexos 1 y 2.

Los diagramas generados con base en el análisis del Ordenación Polar (Fig. 19) generaron nubes de datos más compactas. El diagrama del Análisis DECORANA (Fig. 20) separó los cuadros 9 y 10 del resto de los cuadros en el segundo eje de ordenación. En este análisis las especies *Daphnopsis salicifolia* y *Astianthus viminalis* se ubican más cerca de los cuadros 23,24,25,26,28,29,30,31,32,33; *Lysiloma acapulcense* se ubicó casi al centro del espacio de ordenación, de igual manera que *Sapium macrocarpum*, mientras que *Randia* aff. *canescens*, *Alnus acuminata*, *Fraxinus udhei* y *Salix humboldtiana* aparecieron cercanos a la nube de puntos del grupo G<sub>1</sub>, reconocido por el análisis de clasificación. Las especies cercanas a los cuadros 9 y 10 fueron *Trema micrantha* y *Ficus pertusa*, mientras que las afines a los cuadros 12,13 y 14 fueron *Mangifera indica* y *Sassafridium macrophyllum*.

En la Tabla 5 se presentan los resultados de las correlaciones realizadas entre los ejes de ordenación y las variables ambientales evaluadas. Sólo la altitud mostró una correlación significativa con el eje 1 de las ordenaciones antes mencionadas, mientras que la pendiente y orientación de los cuadros de muestreo no mostraron ninguna correlación significativa con los ejes de ordenación.

Tabla 5. Coeficientes de correlación lineal (r) entre las variables ambientales registradas y los ejes de ordenación de los diagramas de las Figuras 18, 19, y 20. Las correlaciones significativas ( $P < 0.05$ ) se marcan en negritas.

Variable	Promediación Recíproca		Ordenación Polar		DECORANA	
	Eje 1	Eje 2	Eje 1	Eje 2	Eje 1	Eje 2
Altitud	<b>0.93</b>	0.01	<b>-0.80</b>	<b>-0.74</b>	<b>0.94</b>	0.08
Pendiente	0.60	0.25	-0.03	-0.17	0.77	-0.22
Orientación	0.21	-0.40	-0.18	0.05	0.23	0.03

#### 4.4 Descripción y comparación de los grupos del análisis multivariado

En la Tabla 6 se presentan los valores de los índices de diversidad para los tres grupos o comunidades separados por los métodos de clasificación. El número de especies presentes en éstos fueron 28, 22 y 35; G<sub>3</sub> presentó la mayor riqueza específica. Los valores de los índices de Shannon-Wiener y Equitatividad fueron mayores en el mismo grupo, además del inverso de Simpson. G<sub>2</sub> presentó los valores más bajos para los índices riqueza específica, inverso de Simpson y Shannon-Wiener.

El valor mínimo para el índice de equitatividad se presentó en G<sub>1</sub>. No se encontraron diferencias significativas en ninguno de estos índices entre las tres comunidades (Tabla 6).

En la figura 21 se muestra la distribución de formas de crecimiento de los tres grupos; a las trepadoras (lianas) correspondió el menor porcentaje de especies, seguidas por los arbustos y los árboles. La única diferencia significativa entre comunidades se registró en las lianas ( $\chi^2= 10.11$ ,  $p < 0.01$ ), que tuvieron un menor número de especies en G<sub>1</sub> y G<sub>3</sub> que en G<sub>2</sub>.

En la Tabla 7 se muestran los valores estructurales para las tres comunidades distinguidas en el análisis de clasificación. Los valores promedio más altos de cobertura, área basal y altura promedio de los individuos con d.a.p. > 20 cm correspondieron a G<sub>1</sub>, mientras que la densidad promedio fue mayor en G<sub>2</sub>. Los valores más bajos de cobertura promedio y altura promedio se registraron en G<sub>3</sub>, mientras que G<sub>2</sub> tuvo el menor valor promedio de área basal.

Aunque no se encontraron diferencias significativas en la densidad, cobertura y área basal entre los grupos, la altura promedio de los individuos con d.a.p. > 20 cm difirió significativamente ( $\chi^2= 8.27$ ;  $g.l.= 2$ ;  $p= 0.0003$ ; Tabla 7 y Fig. 22), en la figura 22D es posible observar que la principal diferencia en el promedio de altura de los individuos con d.a.p. > 20 cm se encuentra entre la comunidad G<sub>1</sub> y G<sub>3</sub> con un valor mayor en la primera. La comunidad G<sub>3</sub> presenta la mayor homogeneidad en la mayoría de los valores por cuadro, sobre todo en la cobertura y la altura promedio de los individuos con d.a.p. > 20 cm (Fig. 22B y D).

El análisis de los valores de importancia relativa para los tres grupos muestra que las diez especies con los valores más altos aportan más de tres cuartos del valor de importancia relativa (el valor máximo para este índice es de 300) para cada comunidad. El grupo menos homogéneo en este sentido es G<sub>2</sub>, en el cual una sola especie ostenta un valor de 60 de VIR (Fig. 23B). En G<sub>1</sub> *Randia* aff. *canescens* tuvo un alto valor de densidad relativa, seguida por *Solanum aligerum*; ambas aportaron más de 180 del VIR (Fig. 22A). En el mismo grupo *Alnus acuminata*, *Salix humboldtiana* y *Lysiloma acapulcense* aportaron una alta proporción del área basal (más del 190 del VIR).

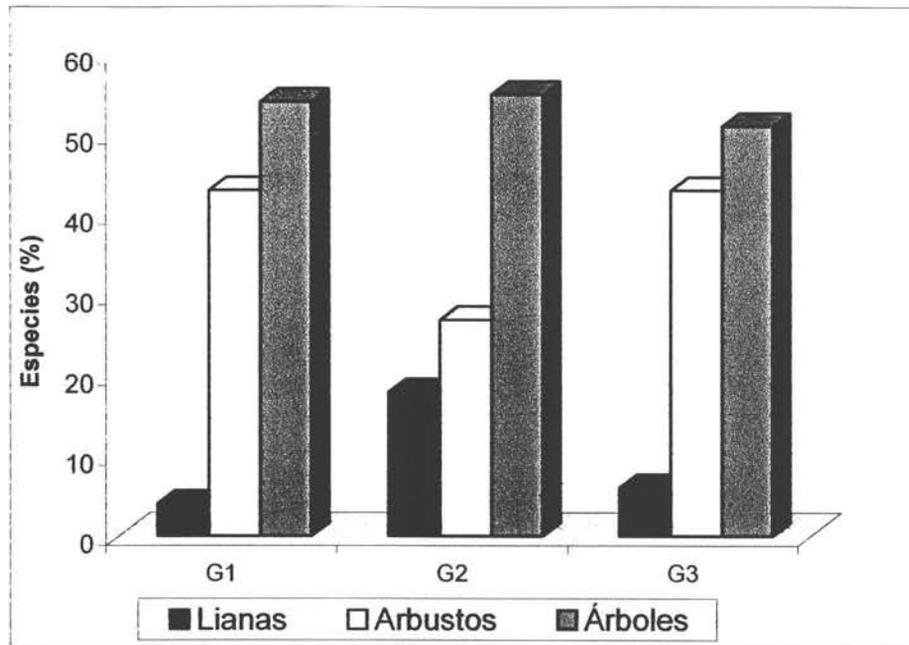


Figura 21. Porcentaje de especies por forma de crecimiento de las tres comunidades distinguidas por el análisis multivariado (G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> y G<sub>3</sub>)

En G<sub>2</sub> *Mangifera indica* aportó alrededor de 60% del área basal, seguida por *Trema micrantha*. En G<sub>3</sub> *Daphnopsis salicifolia* registró un alto valor de importancia relativa debido en gran parte a que tuvo la mayor área basal; en este grupo *Astianthus viminalis* tuvo el valor más alto de densidad (Fig. 23C). Tanto en el G<sub>1</sub> como en G<sub>2</sub> las especies arbustivas *Randia* aff. *canescens* (G<sub>1</sub>) y *Solanum aligerum* (G<sub>2</sub>) se encontraron entre los tres primeros lugares del valor de importancia relativa, debido sobre todo a su alta densidad. *Lysiloma acapulcense* se encuentra dentro de los diez primeros valores de importancia relativa en los tres grupos y alcanza su valor más alto en el G<sub>1</sub>, mientras que *Sapium macrocarpum* se encuentra dentro de los diez primeros lugares en los grupos G<sub>2</sub> y G<sub>3</sub>, y alcanza su valor más alto en este último (Fig. 23A,B y C).

Tabla 6. Valores de riqueza específica e Índices de diversidad de los grupos G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> y G<sub>3</sub>. Se muestra el promedio, la desviación estándar (D.E.) y el coeficiente de variación (C.V.). Las negritas corresponden a los valores máximos, mientras que las subrayadas representan los mínimos. Se muestra el estadístico y su probabilidad asociada ( $\rho$ ) en la prueba de  $\chi^2$  y en la de Kolmogorov-Sminov ( $F$ ) para los datos no paramétricos.

	Riqueza específica			Inverso de Simpson			Shannon-Wiener			Equitatividad		
	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>
Promedio	8.13	<u>6.60</u>	<b>8.80</b>	5.72	<u>5.13</u>	<b>7.05</b>	1.65	<u>1.53</u>	<b>1.81</b>	0.80	<u>0.85</u>	<b>0.85</b>
D.E.	2.90	2.61	2.82	3.29	2.90	3.82	0.48	0.43	0.33	0.14	0.12	0.06
C.V (%)	35.69	39.51	32.02	46.08	56.57	54.23	28.89	27.91	18.28	16.99	14.43	7.59
Total	28	<u>22</u>	<b>35</b>	5.93	7.71	<b>9.93</b>	2.40	<u>2.36</u>	<b>2.84</b>	0.72	0.76	<b>0.79</b>
Estadístico	$\chi^2 = 0.62$			$F = 0.89$			$\chi^2 = 0.15$			$F = 0.53$		
Probabilidad	$g.l. = 2$			$g.l. = 2$			$g.l. = 2$			$g.l. = 2$		
	$p = 0.73$			$p = 0.42$			$p = 0.92$			$p = 0.59$		

Tabla 7. Estructura cuantitativa de los grupos G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> y G<sub>3</sub>. La densidad, cobertura y área basal totales están referidas a una hectárea. Se muestra el promedio, la desviación estándar (D.E.) y el coeficiente de variación (C.V.). Las negritas corresponden a los valores máximos mientras que las subrayadas representan los mínimos.

	Densidad (ind. 100 m <sup>-2</sup> )			Cobertura (m <sup>2</sup> 100 m <sup>-2</sup> )			Área basal (m <sup>2</sup> 100 m <sup>-2</sup> )			Altura ind. d.a.p. > 20 cm (m)		
	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>
Promedio	22	<b>23</b>	<u>20</u>	280	261	223	1.08	<u>0.66</u>	0.83	11.7	8.6	<u>7.1</u>
D.E.	8.56	11.86	7.10	103.9	107.7	2292.5	0.47	0.81	0.56	2.3	2.1	1.4
C.V (%)	38.95	<b>50.27</b>	<u>35.51</u>	37.1	41.2	<b>47.8</b>	<u>43.30</u>	<b>121.3</b>	67.3	<u>19.9</u>	<b>24.8</b>	20.8
Total	2200	<b>2360</b>	<u>2000</u>	28012	26100	22390	108.6	<u>67</u>	83.3			
Estadístico	$\chi^2 = 0.212$			$F = 1.02$			$F = 0.86$			$F = 11.92$		
Probabilidad	$g.l. = 2$			$g.l. = 2$			$g.l. = 2$			$g.l. = 2$		
	$p = 0.89$			$p = 0.37$			$p = 0.43$			$p = 0.0003$		

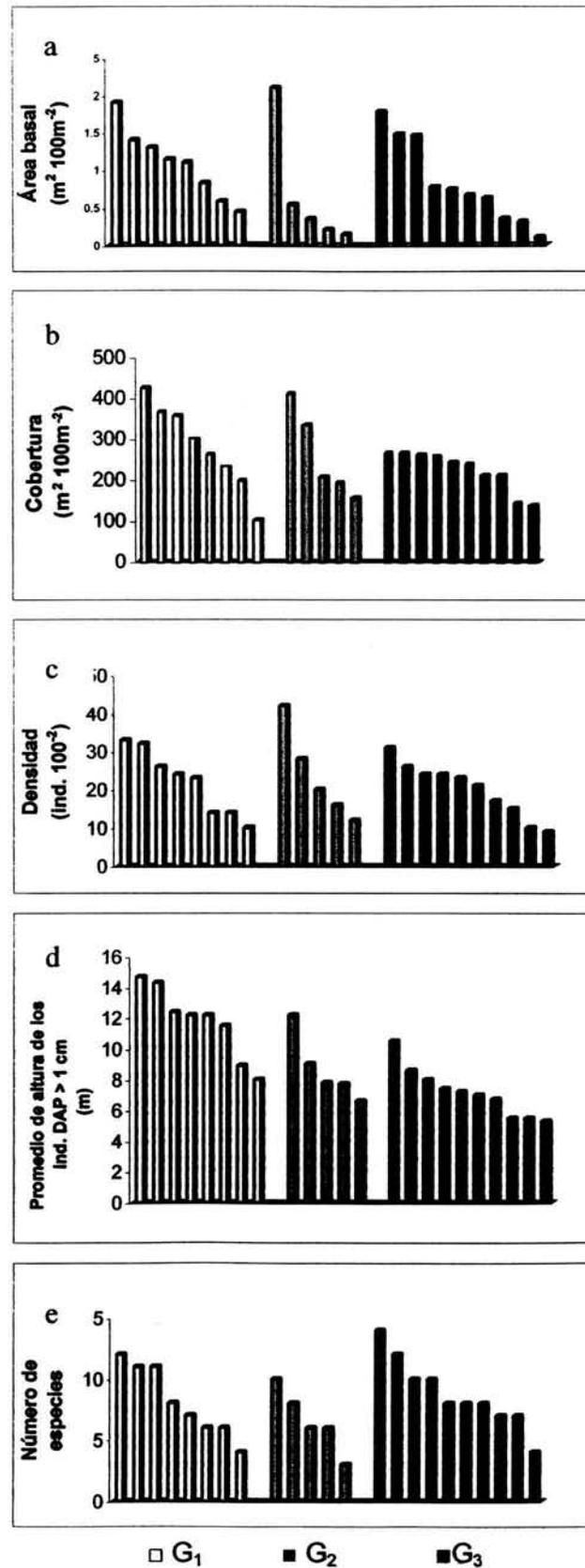


Figura 22. Variables estructurales de las comunidades de la vegetación ribereña, distinguidas por el análisis de clasificación; cada barra representa un cuadro de muestreo.

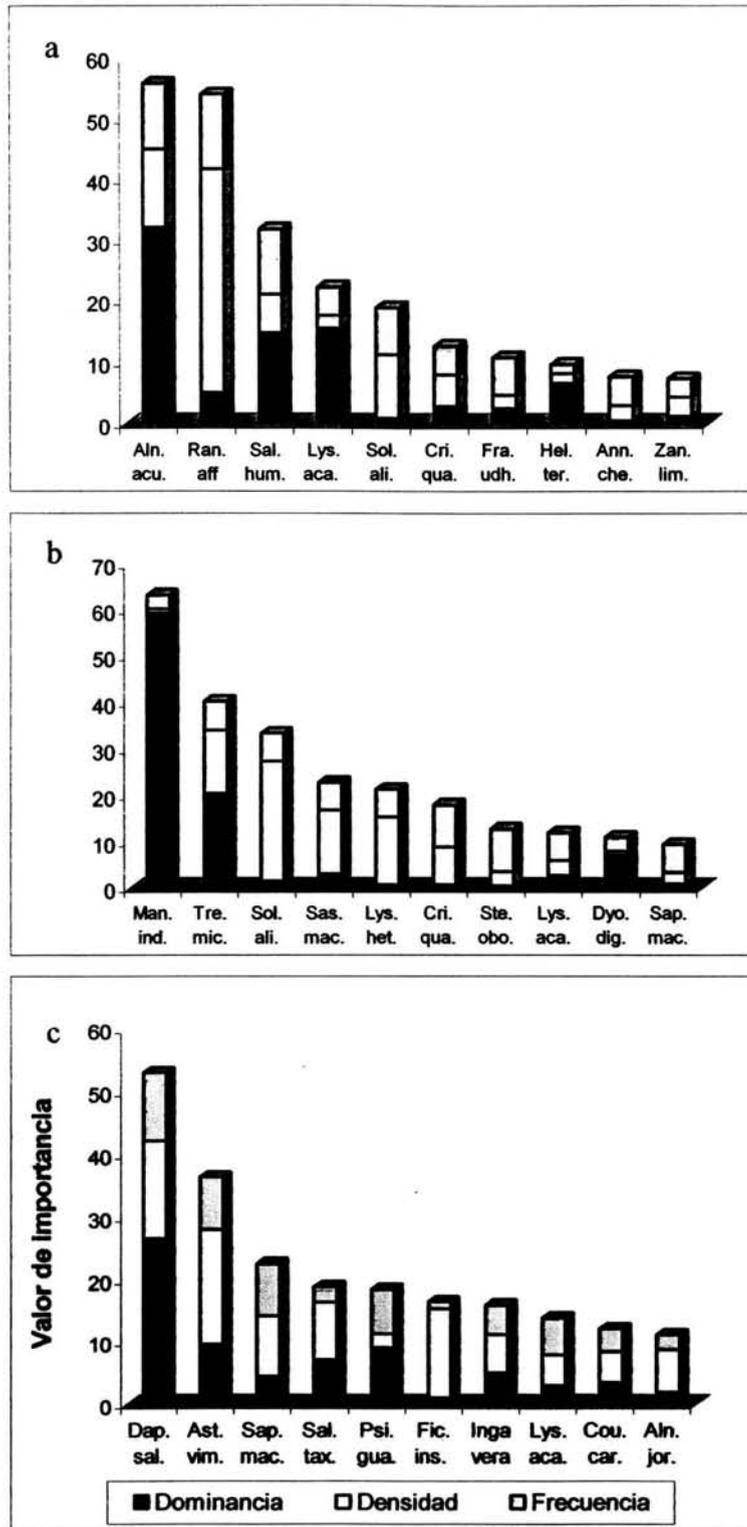


Figura 23. Valor de importancia de Curtis y McIntosh (VIR) de las diez primeras especies para los grupos  $G_1$  (a),  $G_2$  (b) y  $G_3$  (c). Los nombres de cada especie están abreviados y se pueden consultar en el anexo 2.

#### 4.5 Descripción del bosque tropical caducifolio del fondo de la barranca

En los ocho cuadros ubicados a una distancia a la cual el río no ejerce una influencia directa sobre la vegetación, y que corresponden a bosque tropical caducifolio, se encontraron 43 especies, 34 géneros y 21 familias, de las cuales las mejor representadas fueron Leguminosae y Euphorbiaceae (9%), con cuatro especies cada una. Otras familias con más de una especie (más de 5%) fueron Convolvulaceae, Apocynaceae, Burseraceae, Lauraceae, Malpighiaceae y Ulmaceae (Fig. 24). La distribución de formas de crecimiento no varió mucho con respecto a la de la vegetación ribereña, aunque la proporción de plantas trepadoras (lianas) aumentó de 9.5% a 14%, y la de arbustos disminuyó de 45% a 28%; el porcentaje de árboles tampoco difirió con respecto de la vegetación ribereña (Fig. 25). Entre las lianas más comunes se encuentran *Serjania triquetra*, *Ipomoea sp.*, *Ipomoea conzattii* y una morfoespecie de la familia Asclepiadaceae. Las especies de arbustos mejor representadas fueron *Critonia quadrangularis*, *Malpighia aff. ovata*, *Prockia crucis*, *Cestrum sp.*, *Croton ciliatoglandulifer*. En un cuadro se registró un individuo del género *Opuntia*, lo que evidencia el carácter de menor humedad de esta comunidad. Por último, en el grupo de los árboles, *Lysiloma acapulcense*, *Myriocarpa brachystachys*, *Celtis caudata* y *Sassafridium macrophyllum* fueron las especies con más individuos.

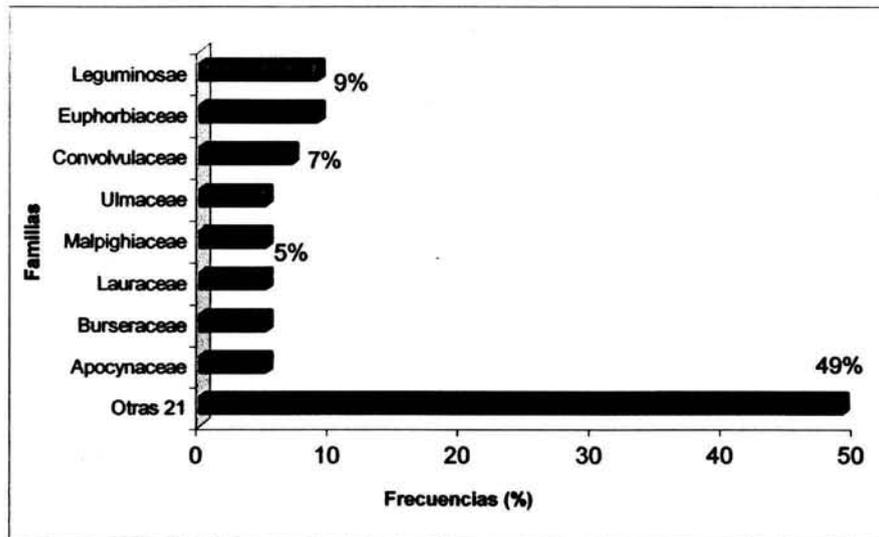


Figura 24. Distribución de las frecuencias porcentuales de especies por familia en el bosque tropical caducifolio del fondo de la barranca del río Tembembe, Mor.

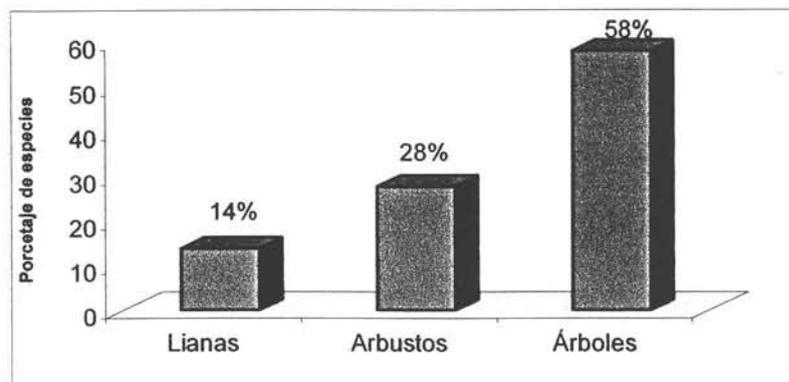


Figura 25. Formas de crecimiento de la vegetación del bosque tropical caducifolio del fondo de la barranca del río Tembembe, Mor.

#### 4.5.1 Diversidad

En esta comunidad el valor más alto de riqueza específica fue de 12 especies (C27), mientras que el mínimo fue de tres (C19); el promedio ( $\pm 1$  D.E.) fue de  $8 \pm 3$  especies. El C19 registró los valores mínimos tanto del índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) como del inverso de Simpson ( $1/D$ ) y los valores máximos se registraron en C15 y C27, respectivamente. Por último, el valor mayor de Equitatividad ( $E$ ) se registró en C11 y el menor C16; esta variable presentó el menor coeficiente de variación (Tabla 8)

Tabla 8. Valores de riqueza específica, índices Shannon-Wiener ( $H'$ ), inverso de Simpson ( $1/D$ ) y Equitatividad del bosque tropical caducifolio de la barranca del río Tembembe, Mor. Se muestra el promedio, la desviación estándar (D.E.) y el coeficiente de variación (C.V.). Las negritas corresponden a los valores máximos mientras que las subrayadas representan los mínimos.

Cuadro	S	$H'$	$1/D$	E
11	8	2.00	9.06	<b>0.96</b>
15	11	<b>2.24</b>	13.90	0.93
16	11	2.02	6.33	<u>0.84</u>
17	6	1.55	5.00	0.86
18	9	1.90	6.95	0.86
19	<u>3</u>	<u>0.96</u>	<u>3.00</u>	0.87
20	6	1.67	7.00	0.93
27	12	2.36	<b>17.27</b>	0.94
Total	43	3.36	22.73	0.89
Promedio	8	1.84	8.56	0.90
D.E.	3.11	0.44	4.75	0.05
C.V. (%)	37.64	24.16	55.52	5.10

#### 4.5.2 Estructura cuantitativa

En la Tabla 9 se muestran los valores estructurales de cada cuadro y para toda la comunidad. Se registraron en total 131 individuos con d.a.p.  $\geq 1$  cm. La mayor parte de éstos (70%) tiene una altura entre 1 y 5 m. La densidad promedio ( $\pm 1$  D.E.) fue de  $16 \pm 3$  con un promedio de 1,637 individuos  $\text{ha}^{-1}$ . El 38% de la densidad fue aportada por *Critonia quadrangularis* (15%), *Malpighia aff. ovata* (6%), *Lysiloma acapulcense* (6%), *Sassafridium macrophyllum* (6%) y *Celtis caudata* (5%).

El C15 registró la mayor cobertura ( $210 \text{ m}^2$ ) y el cuadro 17 registró la mitad de este valor. El promedio fue de  $170 \text{ m}^2$ ; la cobertura estimada por hectárea fue  $16,975 \text{ m}^2$ . Las especies que más contribuyeron a esta variable fueron: *Critonia quadrangularis*, *Lysiloma acapulcense*, *Celtis caudata*, *Ceiba aesculifolia* y *Myriocarpa brachystachys*.

El área basal promedio para la comunidad fue de  $80.1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ . El valor mayor correspondió al C11, con  $1.83 \text{ m}^2$  y el menor al C16 ( $0.28 \text{ m}^2$ ; Tabla 9). Unas cuantas especies aportaron una alta proporción del valor de esta variable, por ejemplo *Taxodium mucronatum* con un solo individuo contribuyó con el 22% del total registrado, seguida por *Persea americana* (13%), *Myriocarpa brachystachys* (12%), *Lysiloma acapulcense* (8%) e *Ipomoea arborecens* (5%).

La altura promedio de los individuos de d.a.p.  $\geq 20$  cm presentó un coeficiente de variación alto (37%), con un intervalo de 5.3 a 15.8 m. Las especies con mayor altura fueron *Taxodium mucronatum* (28 m), *Persea americana* (17 m), *Ceiba aesculifolia* (15 m), *Celtis caudata* (13 m) y *Sassafridium macrophyllum* (12 m).

Las distribuciones de frecuencias de las variables estructurales de esta comunidad, junto con las curvas normales esperadas para cada una, se muestran en la figura 26. Las distribuciones no difirieron de la normalidad, de acuerdo con los resultados de la prueba de Kolmogorff-Smirnov. La densidad tuvo un sesgo positivo.

La gran mayoría de los cuadros de muestreo presentaron un área basal pequeña (en la categoría de  $0.37 \text{ m}^2$ ); lo mismo sucedió con la cobertura. La mayor proporción de observaciones de la altura promedio de individuos de d.a.p.  $> 20$  cm se encontró en la categoría de 7 a 9 m.

Tabla 9. Valores estructurales de los ocho cuadros del bosque tropical caducifolio. Los valores en negritas y subrayados son los máximos y mínimos respectivamente. Se muestra el promedio, la desviación estándar (D.E.) y el coeficiente de variación (C.V.).

Cuadro	Área basal (m <sup>2</sup> 100m <sup>-2</sup> )	Cobertura (m <sup>2</sup> 100 m <sup>-2</sup> )	Densidad (ind. 100 m <sup>-2</sup> )	Altura ind. DAP > 20 cm (m)
11	<b>1.83</b>	184	17	15.8
15	1.3	<b>210</b>	18	10.5
16	<u>0.28</u>	163	<b>20</b>	7.3
17	0.16	<u>105</u>	15	5.3
18	1.39	186	18	6.5
19	0.36	146	<u>9</u>	7.5
20	0.37	168	14	12.7
27	0.72	196	<b>20</b>	9.9
Promedio	0.80	169.7	16.3	9.4
D.E.	0.62	32.91	3.66	3.52
C.V. (%)	77.8	19.39	22.36	37.3
Total (ha <sup>-1</sup> )	80.12	16 975	1637	

En relación con el valor de importancia relativa (Fig. 27), es posible observar que *Critonia quadrangularis* ostentó el valor más alto, debido a su alta densidad relativa (alrededor de 15% del total), aunque su área basal relativa fue baja. Por el contrario, *Taxodium mucronatum* ocupó el segundo lugar debido a su gran área basal. Las especies que ocuparon del tercero al décimo lugar por su valor de importancia relativo fueron: *Lysiloma acapulcense*, *Myriocarpa brachystachys*, *Persea americana*, *Celtis caudata*, *Sassafridium macrophyllum*, *Malpighia aff. ovata*, *Ceiba aesculifolia* y *Prockia crucis*. La composición florística encontrada en estos cuadros indica que existen elementos del bosque tropical caducifolio mezclados con los encontrados en la vegetación ribereña cercana.

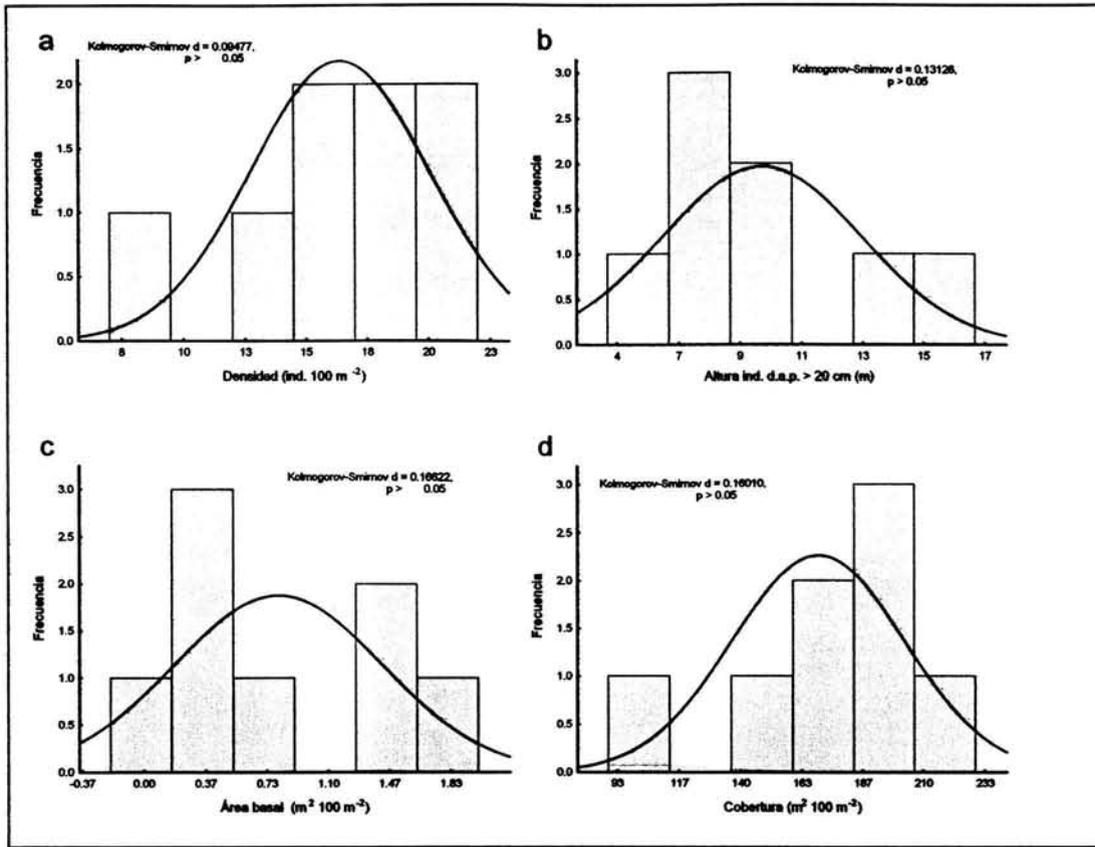


Figura 26. Distribución de frecuencias de las variables estructurales del bosque tropical caducifolio del fondo de la barranca del río Tembembe, Mor. en los cuadros de muestreo. Como referencia, se muestra la curva normal esperada así como el valor del estadístico de la prueba Kolmogorov-Smirnov (d) y su probabilidad asociada. a) densidad de individuos, b) promedio de altura de los individuos de d.a.p. >20 cm, c) área basal y d) cobertura.

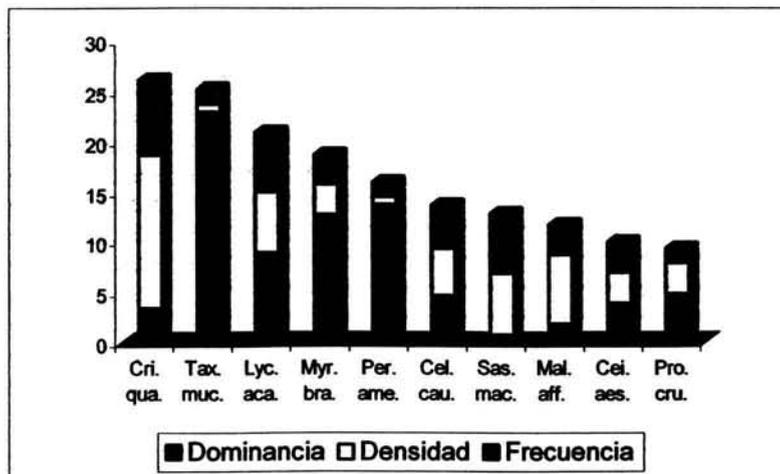


Figura 27. Valor de importancia relativa de las especies encontradas en el bosque tropical caducifolio. Los nombres de las especies están abreviados y pueden consultarse en el anexo 1.

## CAPITULO V. DISCUSIÓN

### 5.1 Características de las unidades de muestreo

En la parte alta (zona en donde se ubica  $G_1$  y parte de  $G_2$ , grupos reconocidos por el análisis de clasificación) la altitud de los cuadros de muestreo no varió más de 100 m. Los datos de la estación climatológica más cercana, Ahuatenco, corresponden a un clima templado subhúmedo ( $Cbw_2$ ), aunque debe considerarse que las condiciones climatológicas pueden variar entre la planicie ubicada arriba de la barranca (en donde se encuentran todas las estaciones) y el fondo de ésta. Ésta es una de las zonas de más difícil acceso del área de estudio, la profundidad de la barranca llega a superar 50 m, y en algunos sitios las paredes se angostan de forma que la distancia entre ellas no supera 20 m. En esta zona la vegetación ribereña presenta menor perturbación humana, aunque se llega a encontrar ganado vacuno pastando en la orilla del río.

Parte de  $G_2$  (cuadros 12, 13 y 14) y los cuadros del bosque tropical caducifolio se encuentran próximos al poblado de Cuentepec. Allí se registra un clima semicálido, el más seco de los subhúmedos ( $A(C)w_0$ ). La perturbación antrópica es más visible, debido a la proximidad de los asentamientos humanos y la mayor accesibilidad al río, por lo que la vegetación original ha desaparecido casi en su totalidad y sólo quedan huertos frutales con *Persea americana* (aguacate), *Citrus limon* (limon), *Mammea americana* (zapote-mamey), *Mangifera indica* (mango) e incluso *Coffea arabica* (café), así como plantaciones de maíz, calabaza y otras hortalizas. Las unidades de muestreo se colocaron en los pequeños manchones de vegetación ribereña que aún persisten; en algunas se encontraron individuos de *Mangifera indica* y *Persea americana*, los cuales fueron plantados tiempo atrás por los pobladores de Cuentepec.

El área de bosque tropical caducifolio se sitúa en una cañada perpendicular al Tembembe, la cual presenta una corriente intermitente y es de difícil acceso. La perturbación es menor que en los cuadros anteriores, aunque algunos árboles presentan marcas de cortes y es posible encontrar ganado pastando en esta zona.

En la parte más baja (cuadros de  $G_3$ ) se presenta el mismo clima, aunque la temperatura y la precipitación son ligeramente superiores a las que se registran en Cuentepec. Esta zona también está muy afectada por las actividades humanas: muchas

llanuras de inundación están ocupadas por potreros o milpas y en algunos casos los muestreos se realizaron en pequeños remanentes de vegetación que sirven como cercas naturales de estas milpas o potreros, de tal manera que la vegetación natural no es por mucho la más conservada.

## 5.2 Diversidad

En la vegetación ribereña del alto Tembembe se encontraron 43 familias, 64 géneros y 74 especies (de un total de 49 familias, 78 géneros y 96 especies registradas en el estudio). En la vegetación ribereña de Nizanda (Oaxaca), Lebrija (2001) encontró para los individuos de d.a.p.  $\geq 1$  cm 109 especies, en 26 unidades de 100 m<sup>2</sup>. Por otro lado, en el trabajo realizado en los arroyos de Chamela (Jalisco), Lott *et al.* (1987) encontraron 105 especies (individuos de d.a.p.  $\geq 2.5$  cm) en 10 unidades de 100 m<sup>2</sup>. En este último caso la comparación debe ser tomada con precaución, dado que la talla de los individuos no es la misma. Además la vegetación de Chamela se encuentra en muy buen estado de conservación, lo que no sucede en esta zona de Morelos. Los datos reportados por estos otros dos autores son considerablemente mayores a los que aquí se presentan; de acuerdo con Gentry (1995), en los bosques templados de México a medida que la altitud aumenta la diversidad disminuye, además, otros autores argumentan que la diversidad de zonas tropicales es mayor que la de zonas templadas, lo cual podría explicar la menor riqueza específica encontrada en Morelos (Rzedowski, 1978; Gentry, 1982; Challenger 1998; Willig *et al.*, 2003).

El hecho de que las familias mejor representadas fueran Leguminosae (15%), Asteraceae (8%) y Euphorbiaceae (4%) (Fig. 7) coincide con lo reportado por Lebrija (2001), quien encontró una alta proporción de Leguminosae (12%), seguidas por Euphorbiaceae (6%) y Asteraceae (5%). Lott *et al.* (1987) también reportaron que la familia Leguminosae fue la mejor representada en la vegetación ribereña de Chamela, seguida por la familia Bignoniaceae.

En el bosque tropical caducifolio la familia Leguminosae fue también la mejor representada (9%); seguida por las familias Euphorbiaceae (7%) y Convolvulaceae (5%) (Fig. 24). En el trabajo de Piña (en preparación), que se llevó al cabo en el BTC de la zona de estudio (alrededores de la zona arqueológica de Xochicalco), la familia

Leguminosae (18%) fue también la mejor representada, seguida por Burseraceae (10%) y Asteraceae (9%).

El que la familia Leguminosae sea consistentemente la mejor representada en los trabajos antes mencionados y en bosques tropicales caducifolios (Trejo-Vázquez, 1998; Gillespie *et al.*, 2000) puede deberse a que es una de las más diversas, con alrededor de 550 géneros y 13,000 especies en el mundo, y a que está ampliamente representada en las regiones tropicales (Gómez-Pompa, 1966). Este autor considera que las leguminosas se encuentran bien representadas en vegetación con altos niveles de disturbio, lo que se puede deber a su relación con bacterias fijadoras de nitrógeno, que les confieren ventaja sobre otras familias en suelos degradados. La familia Asteraceae es también muy abundante en las regiones tropicales de América; en México cuenta con alrededor de 1700 especies endémicas (Challenger, 1998). Su abundancia en zonas con disturbios recurrentes se puede deber a su rápido crecimiento, su gran eficiencia en la propagación y su alta producción de propágulos (Gómez-Pompa, 1966). Esto puede explicar el alto porcentaje de especies de las familias antes mencionadas encontradas en este trabajo y concuerda con la idea de que en los ecosistemas ribereños el grado de perturbación es alto, producto de los disturbios provocados por las crecidas del río (Mitsch y Gosselink, 1986; Hughes, 1990; Wyant y Ellis, 1990; Gregory *et al.*, 1991; Lenssen *et al.*, 2000; Rosales *et al.*, 2001; Lyon y Sagers, 2002; Nilsson y Svedmark, 2002; Ward *et al.*, 2002).

La vegetación ribereña y el BTC compartieron en total 23 especies, de las cuales 13% corresponden a lianas, 17% a arbustos y el restante 70% a árboles. Cabe señalar que la gran mayoría de las especies compartidas presentan afinidad con los bosques tropicales caducifolios y sólo tres especies características de ambientes ribereños (*Daphnopsis salicifolia*, *Salix taxifolia* y *Taxodium mucronatum*), se encontraron en el BTC. Las especies de BTC, al encontrarse próximas al cuerpo de agua, no experimentan el estrés hídrico producto de las condiciones de estacionalidad a las que comúnmente están expuestas (Challenger, 1998; Trejo-Vázquez, 1998), lo que puede facilitar su crecimiento, mientras que las especies que sólo se establecen en condiciones de alta humedad se distribuyen casi exclusivamente en la franja sometida a la acción del río.

Tanto en el presente trabajo como los trabajos de Lott *et al.* (1987) y Lebrija (2001), el menor número de especies corresponde a las lianas, seguidas por los arbustos y por los árboles, que representan siempre el mayor porcentaje (Fig. 8 y Fig. 25). El mayor

porcentaje de árboles puede explicarse por el hecho de que el componente arbóreo es el que da carácter fisonómico y estructural en estos tipos de vegetación (Miranda y Hernández X., 1963; Rzedowski, 1978; Challenger, 1998; González-Medrano, 2004).

En cuanto al porcentaje de especies de lianas, en la vegetación ribereña se presentó 9% de éstas, mientras que en el BTC se registró un 14%. Esta última cifra es similar a la de Piña (en preparación), quien encontró que 15% de las especies de BTC en Xochicalco pertenecen a esta forma de crecimiento.

Los porcentajes de lianas de los dos tipos de vegetación del fondo de la barranca del Tembembe no difirieron significativamente ( $F = 1.13$ ;  $p = 0.93$ ) y son menores a los registrados por Lott *et al.* (1987) y Lebrija (2001), quienes reportaron 21 y 22% respectivamente (descontando el porcentaje de hierbas del total registrado en el trabajo de Lebrija). Esto se puede explicar en parte por el patrón sugerido por Gentry (1982), quien afirma que a medida que la temperatura y humedad disminuyen, también lo hace el porcentaje de lianas; la zona de estudio puede considerarse como una transición entre vegetación templada y tropical, mientras que tanto Chamela como Nizanda tienen condiciones más claramente tropicales. Otro factor importante en la menor cantidad de especies puede ser los disturbios antrópicos, Gillespie *et al.* (2000) argumentan que factores como las quemadas y el pastoreo pueden disminuir el porcentaje de lianas en un bosque tropical.

Lebrija (2001) registró una riqueza específica promedio de individuos (> 50 cm de altura) de 28 especies por cuadro, valor tres veces superior al registrado en el río Tembembe (ocho especies, Tabla 2). Los valores de la comunidad para los índices de Shannon-Wiener y el inverso de Simpson no difieren entre este trabajo y el de Lebrija, ni con lo reportado por Lott *et al.* (1987), quienes registraron un índice de Shannon-Wiener 3.81 (originalmente de 5.5 calculado con logaritmo base dos, por cual fue necesario corregir el dato para su posterior comparación). Respecto a la equitatividad se encontró una diferencia importante, pues es mayor en este trabajo que en el de Nizanda, lo que se puede explicar por la mayor cantidad de especies registradas en esta localidad de Oaxaca. Aunque el índice de equitatividad en la mayoría de los cuadros de la vegetación ribereña fue cercano al límite superior (uno), lo que indicaría la ausencia de una dominancia notoria por parte de una especie, el 40% de la densidad total de individuos se debe tan sólo a cuatro especies.

Una característica propia del bosque ribereño es su gran diversidad de especies vegetales (Wyant y Ellis, 1990; Gregory *et al.*, 1991; Lenssen *et al.*, 2000; Rosales *et al.*, 2001). Felfili *et al.* (2001), reportaron que en la región de Cerrado, Brasil, 33% de las especies registradas en toda la región se encuentran en comunidades ribereñas, mientras que Lykke y Goudiaby (1999), reportaron que 42% de las especies arbóreas del parque nacional Delta du Saloum en Senegal, se encuentran en el bosque ribereño. Lebrija (2001) encontró que 34% de las especies de la región de Nizanda (alrededor de 900) se encuentran en este tipo de comunidades. En el caso del presente trabajo, hasta el momento se han encontrado alrededor de 200 especies en toda la región de la cuenca alta-media del río Tembembe, tomando en cuenta las registradas por Piña (en preparación) y las que aquí se reportan (VR y BTC). De este número, alrededor el 37% forman parte de la vegetación ribereña, cifra que coincide por lo reportado en la literatura.

La riqueza específica de la vegetación ribereña no presentó diferencias respecto a la encontrada en el bosque tropical caducifolio del fondo de la cañada del río Tembembe (Tabla 9), por lo que se puede concluir que la diversidad  $\alpha$  de la comunidad ribereña y del bosque tropical caducifolio no difieren significativamente.

El número máximo de especies compartidas entre cuadros fue de siete (que corresponde a un valor de 75% del índice de similitud de Sørensen), que es alto si se considera que el promedio de especies por cuadro fue de ocho (Tablas 2 y 4). Sin embargo, la proporción de cuadros que no comparten ninguna especie o que arrojan un valor bajo del índice de Sørensen es la más alta (Fig. 10). El índice de Sørensen se interpreta como una medida de diversidad  $\beta$  (Magurran, 1988; Mostacedo y Fredericksen, 2000), y si bien el valor obtenido entre dos cuadros adyacentes puede ser alto, al analizar en conjunto los resultados se puede concluir que la vegetación ribereña registra un recambio de especies considerable y por tanto presenta una alta diversidad  $\beta$ ; pues al aumentar la distancia entre los cuadros el valor de este índice disminuye, y puede estar relacionado con el cambio en las condiciones ambientales (Tablas 1 y 4). En cuanto al número de apariciones por especie en los cuadros de muestreo (Fig. 11) es posible observar que más de 50% de las especies sólo se presentaron en un cuadro, mientras que el porcentaje de especies presentes en diez o más cuadros no rebasó 5%, lo que concuerda con la idea de que estas comunidades albergan un alto número de especies en una pequeña superficie (Nilsson *et al.*, 1989).

Aunque en este trabajo no se hizo un especial énfasis en las especies que forman el sotobosque, Meave (1990) encontró que éste contribuye significativamente a la flora de la selva húmeda y posee un alto porcentaje de especies que sólo se encuentra en este estrato, Felfili *et al.* (2001) encontraron que el 17% de las especies del bosque ribereño de la región de Cerrado pertenecen al sotobosque; por lo que sería recomendable hacer estudios en el futuro enfocados al estudio del sotobosque.

### 5.3 Estructura cuantitativa de la vegetación

En la vegetación ribereña la densidad promedio de individuos fue de 2,147 ind. ha<sup>-1</sup>, mientras que el promedio de individuos con d.a.p.  $\geq$  1 cm de la vegetación ribereña de Nizanda es de 2,865 ind. ha<sup>-1</sup> (Lebrija 2001). Para la vegetación de los arroyos de Chamela Lott *et al.* (1997) reportan un promedio de 4,500 ind. ha<sup>-1</sup>. De las tres cifras antes mencionadas, el valor inferior corresponde al registrado en la vegetación del Tembembe, lo que nuevamente se puede explicar por que la zona de estudio se localiza en la transición entre una zona tropical, y una con afinidad templada.

Para el caso particular de lo reportado aquí, alrededor del 35% de los individuos son árboles con una altura mayor a 4 m (Fig. 13). Esto es también reportado por Lebrija (2001) y Lott *et al.*, (1987) quienes encontraron que el número de especies de árboles con talla, cobertura y área basal grande es reducido, mientras que las especies de plantas pequeñas presentan una densidad importante. Al comparar la densidad de individuos encontrada en la vegetación ribereña (2,147 ind. ha<sup>-1</sup>) con el bosque tropical caducifolio de la barranca (1,637 ind. ha<sup>-1</sup>), la primera resultó ser mayor, lo que contradice el patrón propuesto por Lebrija (2001), quien sugiere que las comunidades ribereñas presentan una densidad menor de individuos que las comunidades adyacentes de BTC. Sin embargo, tanto el BTC como la vegetación ribereña del fondo de la barranca tienen densidades menores que el BTC de la parte superior, ya que Piña (en preparación) reportó 3,293 ind. ha<sup>-1</sup>. La afirmación de Lebrija surge de la comparación de densidades de individuos entre algunas comunidades de bosque ribereño con otros trabajos de BTC y otros tipos de vegetación (Tabla 10).

La cobertura superó en promedio 2.5 veces al área del cuadro de muestreo (252 m<sup>2</sup> 100 m<sup>-2</sup>) y registró en conjunto un total de 25,152 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. La correlación lineal

significativa entre el d.a.p. y la cobertura ( $r = 0.73$ ; g.l. 1,503;  $p = .0001$ ) fortalece la idea de que las especies arbóreas, que aportan una mayor proporción del área basal, son también las que aportan una mayor proporción de la cobertura y dan el carácter fisonómico y estructural de la comunidad ribereña.

El área basal promedio ( $88.4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) fue mayor que la de la vegetación ribereña de Nizanda ( $71 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) y mucho mayor que la reportada por Lott *et al.* (1987) para Chamela ( $52.4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ). Esto se puede explicar porque las especies afines a climas templados (como *Alnus acuminata* y *Salix humboldtiana*) frecuentemente presentan áreas basales superiores a las registradas por las especies de dichas comunidades ribereñas tropicales; en otras comunidades de bosques templados se reportan áreas basales superiores a las que se registran en Bosques Tropicales Caducifolios. Por ejemplo Jiménez (2004) reportó un área basal de  $113.6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  en un bosque de *Abies hickelii* en la Sierra de Juárez, Oaxaca; Gentry (2002) en su sitio 48 (Las Joyas) localizado en la Sierra de Manantlán, de bosque templado subtropical, encontró un área basal de  $100.1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , y en el sitio 42, ubicado cerca del Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero de Xalapa, Veracruz, de bosque templado subtropical encontró un área basal de  $73 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ . En el BTC, Trejo-Vázquez (1998) reporta para el sitio ubicado en el estado de Morelos un área basal de  $34.70 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , y Gentry (2002) en el sitio 46 ubicado en el Tejón, Chamela, (Jalisco), un área basal de  $18.1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , mientras que Gillespie *et al.* (2000) reportan un promedio de área basal de  $22.03 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  para los bosques tropicales caducifolios de centro América. Estos datos sustentan la afirmación de que el área basal generalmente es superior en comunidades templadas que en las comunidades de bosques tropicales secos.

El BTC del fondo de la barranca del Tembembe registró un área basal promedio ( $80 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) similar a la del promedio de la vegetación ribereña, lo que se contradice con la idea de que la biomasa de la comunidad ribereña es mayor que la de la comunidad circundante mas seca, producto de las inundaciones y sus consiguientes recargas de humedad y nutrimentos (Gregory *et al.*, 1991; Mitsch y Gosselink, 1986; Hughes, 1990; Wyant y Ellis, 1990; Gregory *et al.*, 1991; Décamps, 1993; Ward *et al.*, 2002).

Tabla 10. Datos estructurales para distintos tipos de vegetación tropical y templada. VR = Vegetación ribereña, BTC = Bosque Tropical Caducifolio y BT = Bosque Templado. La columna del DAP indica la medida mínima de los individuos censados.

Localidad y tipo de vegetación	DAP (cm)	Densidad (ind. ha <sup>-1</sup> )	Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Fuente
Chamela Jal. Mex. Arroyos <b>VR</b>	2.5	4 520	52.4	Lott <i>et al.</i> (1987)
Mare du Dragon, Senegal. <b>VR</b>	5	615	21	Likke y Goudiaby (1999)
Mountain Pine Ridge Belice <b>VR</b>	5 y 10	1 894 y 766	26.6 y 21.9	Meave y Kellman (1994)
Río Ommo, Etiopía. <b>VR</b>	2 m de altura	3 608	247	Carr (1998)
Nizanda Oax. Mex. <b>VR</b>	1	2 865	71.5	Lebrija (2001)
Río Tembembe, Mor. Mex. <b>VR</b>	1	2 147	88.4	Este trabajo
Río Tembembe, Mor. Mex. <b>BTC</b>	1	1 637	80	Este trabajo
Xochicalco, Mor. Mex. <b>BTC</b>	1	3 293	35.5	Piña (en preparación)
Chamela Jal. Mex. Sitios 1 y 2 <b>BTC</b>	2.5	3 940 y 5 060	26.1 y 21.8	Lott <i>et al.</i> (1987)
Sitio ubicado en el estado de Morelos. <b>BTC</b>	1	4430	56	Trejo-Vázquez (1998)
Chamela (El Tejón), Jalisco. Sitio 46 <b>BTC</b>	2.5	2410	18.1	Gentry (2002)
Promedio de todos los BTC de centro América. <b>BTC</b>	2.5	-	22.03	Gillespie <i>et al.</i> (2000)
Sierra de Manantlán (Las Joyas). Sitio 48 <b>BT</b>	2.5	1950	101.9	Gentry (2002)
Xalapa, Veracruz. Sitio 42 <b>BT</b>	2.5	3030	73	Gentry (2002)
Yavesía, Oax. Mex. <b>BT</b>	1	783	113.6	Jiménez (2004)

En este trabajo se reportó la altura promedio de los individuos con d.a.p. > 20 cm porque esta cifra puede representar con mayor claridad la altura promedio del dosel superior, en lugar de la altura de los individuos emergentes. Esta cifra fue de 9 m, menor que la reportada por Lebrija (12.6 m). Si bien la altura promedio de los individuos resultó baja, las comunidades vegetales adyacentes también presentan una baja estatura (BTC del fondo de la barranca, 9.4 m, y BTC de Xochicalco 3.5 m). Algunos autores

argumentan que la baja estatura de las comunidades ribereñas es una característica propia y que posiblemente se deba a la poca profundidad de los suelos, a problemas de anclaje y de estabilidad, producto de la alta biomasa y los constantes disturbios provocados por las inundaciones (Meave *et al.*, 1991; Kellman *et al.*, 1998; Lebrija, 2001).

Segura *et al.* (2003) estudiaron la composición y estructura del BTC de la región de Chamela (Jalisco) en un gradiente de disponibilidad de agua, encontrando que a medida que la disponibilidad de agua disminuye la diversidad se reduce y aumenta la dominancia, y que sólo se comparte el 11% de especies entre el sitio mas húmedo y el mas seco; también encontraron una disminución en el área basal a medida que la disponibilidad de agua decreció. Estos resultados difieren de lo encontrado en la VR y el BTC del fondo de la barranca del río Tembembe. El hecho de que el BTC registre un área basal semejante a la de la vegetación ribereña, una riqueza específica similar y una densidad menor de individuos que la vegetación ribereña, se puede deber a que la influencia del río es superior a lo que originalmente se consideró. Es posible que en años de precipitaciones extraordinarias, el nivel del agua llegue hasta las zonas de BTC, provocando un recarga de nutrimentos en el suelo, es también posible que el manto freático sea alto, lo que permite que este tipo de vegetación alcance mayor biomasa de la que se podría esperar. Otro punto que da fuerza al argumento anterior es que la cantidad de especies compartidas entre el BTC y la VR es mayor al 25%, lo que podría deberse a que las condiciones ambientales de estos sitios no son muy contrastantes.

#### **5.4 Características florísticas y estructurales de las comunidades de vegetación ribereña**

En el análisis de las tres comunidades reconocidas por el análisis de clasificación (Figs. 15 y 16), que conforman a la vegetación ribereña ( $G_1$ ,  $G_2$  y  $G_3$ ), se encontró que las especies con un mayor valor de importancia de  $G_1$ , además de ser afines a condiciones hidrofílicas son características de climas templados. *Alnus acuminata* es una especie que soporta temperaturas menores a cero grados y que se establece en las riberas de los ríos; además tiene la capacidad de establecerse en lugares perturbados o que presentan disturbios recurrentes y presenta asociación con bacterias fijadoras de nitrógeno. *Salix humboldtiana* también se desarrolla en climas templados y tiene afinidad por las riberas de los ríos, canales o arroyos, y es una especie pionera intolerante a la sombra asociada con bacterias fijadoras de nitrógeno (Rzedowski, 1978; 1994; Pennington y Sarukhán,

1998; Vázquez-Yanes *et al.*, 1999; Barbour y Billings, 2000; Fralish y Franklin, 2002). *Fraxinus udhei* se reporta en bosques de galería y en sitios húmedos como cañadas y orillas de cuerpos de agua, y es una especie de rápido crecimiento (Standley, 1920; Rzedowski 1978; 1994; Vázquez-Yanes *et al.*, 1999). Una especie que registró un valor de importancia relativamente alto en las tres comunidades fue *Lysiloma acapulcense*, especie de muy amplia distribución en la costa del Pacífico y abundante en la Cuenca del Balsas, que generalmente se asocia a vegetación secundaria y climas tropicales (Pennington y Sarukhán, 1998).

En la comunidad G<sub>2</sub> las especies de mayor importancia fueron *Mangifera indica*, especie originaria de Asia y ampliamente cultivada en México por sus frutos (Rzedowski y Rzedowski 1999), razón por la cual se encuentra en la ribera del río Tembembe. Otro elemento importante fue *Trema micrantha*, especie de vegetación secundaria de amplia distribución en el país, de hábitos ribereños y ruderales, que suele crecer en sitios abiertos y se establece tanto en regiones templado-húmedas como en cálido-secas (Pennington y Sarukhán, 1998; Vázquez-Yanes *et al.*, 1999). Otra especie importante fue *Sassafridium macrophyllum*, con pocos registros en el herbario nacional (MEXU) y de la cual existe muy poca información; fue colectada en las barrancas de Cuernavaca por Conzatti a finales del siglo XIX y por Miranda en los años cincuenta. *Dyospiros digyna*, otra especie importante de este grupo, tiene una amplia distribución y forma parte de selvas medianas en suelos con drenaje deficiente o cerca de corrientes de agua. *Sapium macrocarpum* se encuentra en dos comunidades (G<sub>2</sub> y G<sub>3</sub>); tiene una afinidad netamente tropical y es común en los BTC de la vertiente del Pacífico y en vegetación secundaria (Kruijt, 1996). Otros géneros presentes en esta comunidad y que Rzedowski (1978) cita como propios de la vegetación ribereña son *Celtis* y *Prunus*.

En la tercera comunidad (G<sub>3</sub>), la especie con mayor valor de importancia relativa fue *Daphnopsis salicifolia*, miembro del único género la familia Thymelaeaceae en México, que posee una fuerte afinidad tropical y es común en el BTC (Standley y Steyermark, 1946; Sosa y Gómez-Pompa, 1994). Existe poca información de esta especie y la mayoría de los ejemplares de herbario analizados se restringen al valle de Cuernavaca. *Astianthus viminalis* es endémica de México y zonas adyacentes, es una freatofita característica de ríos en áreas de BTC (Rzedowski, 1978; 1994). *Psidium guajava* presenta una distribución tropical con origen en Mesoamérica; se encuentra en distintos tipos de vegetación y es común en sitios perturbados y en suelos con drenaje deficiente

(Pennington y Sarukhán, 1998; Vázquez-Yanes *et al.*, 1999). *Taxodium mucronatum*, otra especie de este grupo, crece en zonas inundables; el género estuvo bien distribuido en toda la porción norte del continente americano durante el periodo terciario pero actualmente sólo se encuentran una o dos especies (Rzedowski, 1978; 1994; Rzedowski y Rzedowski, 2001). *Guazuma ulmifolia* es abundante en vegetación secundaria de zonas con temporada seca bien definida o en zonas de vegetación sabanoide y potreros de zonas calido-húmedas. Suele ser importante en etapas secundarias muy avanzadas de selvas medianas, por lo que da la impresión de ser un componente primario. Otra especie importante, *Inga vera*, tiene afinidad a los cuerpos de agua y se encuentra en climas tropicales, donde es un componente importante de la vegetación secundaria (Rzedowski, 1978; 1994; Pennington y Sarukhán, 1998; Vázquez-Yanes *et al.*, 1999). Por último, *Acacia farnesiana*, que también es componente importante del G<sub>3</sub>, suele encontrarse en todas las zonas cálidas del país y forma parte de la vegetación secundaria del BTC en todo tipo de suelos (Pennington y Sarukhán, 1998).

De lo anterior destaca que la mayoría de las especies arbóreas de la vegetación ribereña del fondo de la cañada del río Tembembe son especies secundarias y de afinidad ribereña. También destaca que el patrón de distribución de las especies está fuertemente asociado con la altitud, ya que al disminuir ésta, la afinidad de las especies es más tropical y comienzan a desaparecer las especies de climas templados; sólo unos cuantos elementos como *Lysiloma acapulcense* y en menor medida *Sapium macrocarpum* se pueden encontrar en todo el gradiente altitudinal.

La comunidad de la parte alta está adyacente a una comunidad de encinos caducifolios dominada por *Q. magnoliifolia*, tal vez por esta razón podemos encontrar individuos de *Bocconia arborea*, que frecuentemente se encuentra en la transición entre el bosque tropical subperennifolio y los encinares caducifolios (Standley, 1946; González-Medrano, com. pers.). La presencia de individuos del género *Alnus* en el G<sub>3</sub> puede deberse a que sean remanentes de condiciones pasadas, ya que como plantea Rzedowski (1994:40), "la presencia de poblaciones de árboles ribereños de ascendencia holártica en climas cálidos de México en muchos casos es indicadora de condiciones pasadas", idea que comparten Meave y Kellman (1994).

Las características estructurales de los grupos G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> y G<sub>3</sub> no presentaron grandes diferencias, aunque la densidad mayor se presentó en G<sub>2</sub> (2,300 ind. ha<sup>-1</sup>) y la menor en

$G_3$  (2,000 ind.  $ha^{-1}$ ); los valores máximos de área basal y cobertura se presentaron en  $G_1$  por la afinidad templada los árboles dominantes, como se mencionó antes. La variable que presentó diferencias significativas entre las tres comunidades fue la altura de los individuos con d.a.p.  $\geq 20$  cm, que fue mayor en  $G_1$  y menor en  $G_3$ .

Al comparar los índices de diversidad de estas comunidades,  $G_3$  presentó siempre los valores más altos, por lo que se considera la comunidad más diversa de las tres, mientras que la menos diversa fue  $G_1$ , lo que concuerda con el hecho de que las comunidades templadas en general se consideran menos diversas que las tropicales (Rzedowski, 1978; Challenger, 1998).

En este trabajo se llevaron a cabo análisis multivariados para distinguir las comunidades vegetales presentes en el gradiente altitudinal. Como se puede observar en las figuras 15, 16 y 17 y en el anexo 4, los distintos análisis de clasificación –ya sea con la matriz de ausencia - presencia de especies o la matriz de valor de importancia relativa– arrojan distintas agrupaciones de los cuadros de muestreo. Aunque en principio esta variación se podría deber a la presencia de un continuo en la vegetación ribereña estudiada, y no a la existencia de comunidades vegetales claramente diferenciadas, la información disponible hasta el momento nos permite afirmar que la vegetación ribereña de la barranca del río Tembembe no consiste de una sola comunidad continua en el tramo comprendido entre los 1,700 y los 1,100 m s.n.m. Sin embargo, la división de las comunidades puede ser producto, al menos parcialmente, de la falta de un patrón en la colocación de las unidades de muestreo, originado por las condiciones accidentadas del terreno, que impidieron acceder a toda la zona de estudio.

En resumen, se encontró una comunidad ribereña ( $G_1$ ) que tiene una franca afinidad templada, producto de las condiciones ambientales y de la cercanía con los bosques de pino, encino y oyamel de la porción occidental de la Sierra del Chichinautzin. La comunidad  $G_2$  presenta elementos florísticos de  $G_1$  y de  $G_3$  y condiciones ambientales intermedias entre las otras dos comunidades. El  $G_3$  se puede considerar una comunidad, si bien ribereña, con una marcada afinidad con regiones tropicales menos húmedas. De esta manera en la zona de estudio se presenta un gradiente biológico asociado a un gradiente altitudinal que comienza con una comunidad en la parte alta muy distinta

florísticamente y en menor medida estructuralmente de la comunidad de la parte baja, separada por una comunidad intermedia.

El gradiente en la composición de especies de la zona podría ser estudiado más a fondo, ampliando la zona de estudio desde la parte más alta de la cuenca hasta una altitud menor e incluyendo hierbas perennes y anuales. La contribución total de la vegetación ribereña a la diversidad florística de la zona podría evaluarse mejor si se considerara la totalidad de las comunidades vegetales presentes en la zona, y no sólo las encontradas en el fondo de la barranca. Sin embargo, los resultados del presente estudio pueden ser una aportación importante para el conocimiento de las comunidades vegetales ribereñas de México, así como para el diseño de un programa de restauración de dicha vegetación en la porción alta y media del río Tembembe, en el entendido de que las composición y estructura que aquí se describen representan las condiciones que alguna vez predominaron en toda la cuenca alta del río Tembembe y en otras de las barrancas de la formación denominada Glacis de Buenavista, incluyendo las numerosas barrancas que atraviesan la ciudad de Cuernavaca. Al estudiar los ejemplares depositados en el Herbario Nacional (MEXU), se encontró que una gran cantidad de especies que forman parte de la vegetación ribereña del río Tembembe, también formaron parte de las barrancas de Cuernavaca, que ahora están muy alteradas por ser parte de la mancha urbana.

Finalmente, para encontrar las causas de los cambios en la composición y la estructura de las comunidades ribereñas es necesario llevar a cabo otros trabajos en los cuales se analice el patrón de disturbios (i.e., intensidad y duración de las inundaciones) y el flujo de sedimentos y nutrimentos, entre otros factores que ayuden explicar la distribución de las especies y contribuyan a aumentar el reducido conocimiento que se tiene de este tipo de ecosistemas en México.

**LITERATURA CITADA**

Barbour M.G. y Billings W.D. 2000. North American Terrestrial Vegetation 2a Edition. Cambridge University Press. Cambridge.

Beach E. y Halpern C. 2001. Control on conifer regeneration in managed riparian forests: effects of seed source, substrate, and vegetation. *Canadian Journal of Forest Research*. **31**: 471-482

Bonilla-Barbosa J.R. y Villaseñor J.L. 2003. Catálogo de la Flora del Estado de Morelos. Universidad Autónoma de Morelos. Cuernavaca.

Brison M., Swift B., Plantico R. y Barclay J. 1981. Riparian Ecosystems: Their ecology and status. United State Fish and Wildlife Service FWS/OBS-81/17.

Byron R., Naiman R. y Bilby R., 2000. Stream channel configuration, landform, and riparian forest structure in the Cascade Mountains, Washington. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **57**: 699-707

Carr C. 1998. Patterns of vegetation along the Omo River in southwest Ethiopia. *Plant Ecology* **135**: 135-163.

Challenger A. 1998. Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México. Pasado Presente y Futuro. CONABIO, UNAM, Agrupación Sierra Madre, México, D.F.

CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional) 1976a. Carta Edafológica 1:50,000 Cuernavaca. México, D.F.

CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional) 1976b. Carta Edafológica 1:50,000 Tenancingo. México, D.F.

CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional) 1976c. Carta de uso de suelo y vegetación 1:50,000 Cuernavaca. México, D.F.

CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional) 1976d. Carta de uso de suelo y vegetación 1:50,000 Tenancingo. México, D.F.

CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional). 1979a. Carta Geológica 1:50,000 Cuernavaca. México, D.F.

CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional). 1979b. Carta Geológica 1:50,000 Tenancingo. México, D.F.

Décamps H. y Pinay G. 1988. The role of riparian woods in regulating nitrogen fluxes between the alluvial aquifer and surface water: a conceptual model. *Regulated Rivers* 2: 507-516

Décamps H. 1993. River margins and environmental change. *Ecological Applications* 3: 441-445

Felfili J., Cunha de Mendonça R., Machado B., Silva da C., Goreth M., William C., Cássio A. y Silva M. 2001. Flora fanerogâmica das Matas de Galeria e Filiars do Brasil Central. En Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Ribeiro J., Lazarini C. Y Sousa-Silva J. (editores). Embrapa. Brasília.

Fralish J. y Franklin B.S. 2002. Taxonomy and Ecology of Woody Plants in North American Forests. John Wiley & Sons. Nueva York.

Fries C. 1960. Geología del Estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México. *Boletín del Instituto de Geología*, Universidad Nacional Autónoma de México. 60

García E. 1987. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. Edición de la autora. México, D.F.

Gauch H.G. Jr. 1982. *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge University Press. Nueva York

Gentry A. 1982. Patterns of neotropical plant species diversity. *Evolutionary Biology*. **15**: 1-84

Gentry A. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in neotropical montain forest. En *Biodiversity and conservation of neotropical montaine forest*. Editado por Curchill, S., Balslev, H., Forero, A. y Lutey. New York Botanical Garden. New York.

Gentry A. 2002. *Global Patterns of Plant Diversity (Forest Transect Data Set)*. Missouri Botanical Garden Press. St. Louis, Missouri.

Gillespie T., Grijalva, A. y Farris C. 2000. Diversity, composition, and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant Ecology*. **147**: 37-47

Gómez, A. 2003. Caracterización del medio físico de la cuenca del río Tembembe empleando sistemas de información geográfica (SIG cuencas). Publicado en <http://selper.uabc.mx/Publicacio/Cong11/extenso42.doc>. Consultado el 18 de mayo de 2004.

Gómez-Pompa A. 1966. *Estudios Botánicos en la Región de Misantla, Veracruz*. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A. C. México, D.F.

González-Medrano F. 2004. *Las Comunidades Vegetales de México*. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F.

Gregory V.S., Swanson J.F., McKee A.W. y Cummins W.K. 1991. An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience* **41**: 540-551

Hancock C., Ladd, P. y Froend R. 1996. Biodiversity and management of riparian vegetation in Western Australia. *Forest Ecology and Management* **85**: 239-250.

- Hughes F. 1990. The influence of flooding regimes on forest distribution and composition in the Tana river floodplain, Kenya. *Journal of Applied Ecology* **27**: 475-491.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática) 1999a. Carta Topográfica. 1:50,000 Cuernavaca. Aguascalientes, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática) 1999b. Carta Topográfica 1:50,000 Tenancingo. Aguascalientes, México.
- Jackson R.B., Carpenter S.R., Dahm C.N., McKnight D.M., Naiman R.J., Postel S.L. y Urng S.W. 2001. Water in a changing world. *Ecological Applications* **11**: 1027-1047
- Jiménez J.L. 2004. Estructura del Bosque de *Abies hickelii* Flous et Gausson en la comunidad de Santa María Yavesía, Distrito de Ixtlán, Oaxaca, México. Tesis (Biología) Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Kellman, M., Tackaberry, R. y Rigg, L. 1998. Structure and function in two tropical gallery forest communities: implications for forest conservation in fragmented systems. *Journal of Applied Ecology* **35**: 195-206.
- Kent M. y Coker P. 1992. Vegetation Description and Analisis, a Practical Approach. CRC Press. Londres
- Kruijt R.C. 1996. A taxonomic monograph of *Sapium* Jacq. *Bibliotheca Botanicae*. **146**: 1-109.
- Lebrija E. 2001. Análisis estructural de la vegetación ribereña de Nizanda, Oaxaca México. Tesis (Biología) Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autonoma de México. México, D.F.

Lenssen J., Menting F., Van der Putten W. y Blom C. 2000. Variation in species composition and species richness within *Phragmites australis* dominated riparian zones. *Plant Ecology* **147**: 137-146.

Likke A. y Goudiaby A. 1999. Structure, floristic composition, and conservation potentials of a remnant gallery forest at "Mare du Dragon", Senegal. *Nordic Journal of Botany* **19**: 561-573.

Lot, A y Novelo, A. 1990. Forested wetlands of Mexico. En: *Ecosystems of the World*, Vol. 15: 287-298. Elsevier, Amsterdam.

Lott, E., Bullock, S. y Solís-Magallanes, J. 1987. Floristic diversity and structure of upland and arroyo forest of coastal Jalisco. *Biotropica* **19**: 228-235.

Lyon J. y Sagers C. 2002. Correspondence analysis of functional groups in a riparian landscape. *Plant Ecology* **164**: 171-183

Magurran A. E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press. Princeton.

Matteucci C. y Colma A. 1982. *Metodología para el Estudio de la Vegetación*. Organización de Estados Americanos (OEA), Washington, D.C.

McCune M. y Meffor M. 1999 *Multivariate Analysis of Ecological Data*. Version 4-20. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon.

McGarigal, K., Cushman S. y Stafford S. 2000. *Multivariate Statics for Wildlife and Ecology Research*. Springer-Verlag, Nueva York.

Meave, J. 1990. *Estructura y Composición de la Selva Alta Perenifolia de los Alrededores de Bonampak*. Instituto Nacional de Antropología y CONACULTA, México, D.F.

- Meave, J., Kellman, M., MacDougall A. y Rosale J. 1991. Riparian habitats as tropical forest refugia. *Global Ecology and Biogeography Letters* **1**: 69-76
- Meave, J. y Kellman, M. 1994. Maintenance of rainforest diversity in riparian forest of tropical savannas: implications for species conservation during Pleistocene drought. *Journal of Biogeography* **21**: 121-135.
- Metzger, J., Barnacci, L. y Goldenberg R. 1997. Pattern of tree species diversity in riparian forest fragments of different widths (SE Brazil). *Plant Ecology* **133**: 135-152
- Miranda F. y Hernández X. E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **28**: 29-179.
- Mitsch W.J. y Gosselink J.G. 1986. *Wetlands*. Van Nostrand Reinhold. Nueva York.
- Mostacedo B. y Fredericksen T. 2000. *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR)*. Santa Cruz, Bolivia.
- Mueller-Dombois D. y Ellenberg H. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley & Sons. Nueva York.
- Myers N. 1996. Environmental services of biodiversity. *Ecology* **93**: 2764-2769
- Naiman J. R. 1993. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications* **3**: 209-212
- Naiman R. y Décamps H. 1997. The ecology of interfaces: riparian zones. *Annual Review of ecologic systems* **28**: 621-658
- Naiman J., Bilby R., y Bisson P. 2000 Riparian ecology and management in the Pacific Coastal rain forest *BioScience* **50**: 996-1011

Nilsson C., Grelsson, G., Johansson M. y Sperens U. 1989. Patterns of plant species richness along riverbanks. *Ecology* **70**: 77-84.

Nilsson C. y Svedmark M. 2002 Basic principles and ecological consequences of changing water regimes: riparian plant communities. *Environmental Managements* **30**. 468-480

Ortiz M.A. 1978. Estudio Geomorfológico del glacis de Buenavista, Estado de Morelos. *Boletín del Instituto de Geografía* **8**: 25-40

Pennington T.D. y Sarukhán J. 1998. Árboles Tropicales de México. Manual para la Identificación de las Principales Especies. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México, D.F.

Piña E. (en preparación). Análisis de la estructura y la composición de la selva baja Caducifolia con diferentes grados de conservación en la zona de Xochicalco, Morelos, México. Tesis (Biología) Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

Pinay G., Keefe T., Edwards R., y Naiman R. 2003 Potential denitrification activity in the landscape of a Western Alaska drainage basin. *Ecosystems* **6**: 336-343

Pinheiro, F. y Ribeiro J. 2001. Síndromes de dispersão de sementes em Matas de Galeria do Distrito Federal. En: Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Ribeiro J., Lazarini C. Y Sousa-Silva J. (editores). Embrapa. Brasília.

Pollock M; Naiman R; Hanley T, 1998. Plant species richness in riparian wetlands-a test of biodiversity theory. *Ecology* **79**: 94-105

Rapport C.J., Gaudet C., Karr J.R., Baron J.S., Bohlen C., Jackson W., Jones B., Naiman R.J., Norton B. y Pollock M.M. 1998. Evaluating landscape health: integrating societal goals and biophysical process. *Journal of Environmental Management* **53**: 1-15.

Reatto A., Spera S., Correia J., Souza E. y Milhomen A. 2001. Solos de ocorrência em duas áreas sob Matas de Galeria no Distrito Federal: aspectos pedológicos, uma abordagem química e físico-hídrica. En: Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Ribeiro J., Lazarini C. Y Sousa-Silva J. (editores). Embrapa. Brasília.

Rosales J., Petts G. y Knab-Vispo C. 2001. Ecological gradients within the riparian forest of the lower Caura River, Venezuela. *Plant Ecology* **152**: 101-118.

Rzedowski J., 1978. Vegetación de México. Limusa. México, D.F.

Rzedowski J., 1994. Geographical affinities of the riparian trees of México. *Mémoires de la Société de Biogéographie* IV: 37-44.

Rzedowski J. y Rzedowski G. 1999. Flora del Bajío y Regiones Adyacentes. Fascículo 78. Instituto de Ecología A.C. Patzcuaro, Michoacán.

Rzedowski J. y Rzedowski G. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México, 2a Edición. Instituto de Ecología A. C. Patzcuaro, Michoacán.

Sakai T., Tanaka H., Shibata M., Suzuki W., Nomiya H., Kanazashi T., Lida S. y Nakashizuka T. 1999. Riparian disturbance and community structure of a *Quercus-Ulmus* forest in central Japan. *Plant Ecology* **140**: 99-109

Segura G., Balvanera P., Duran E. y Perez A., 2003. Tree community structure and stem mortality along a water availability gradient in a Mexican tropical dry forest. *Plant Ecology*. **169**: 259–271

Schiavini I., França J. y Aquino F. 2001. Dinâmica de populações de espécies arbóreas em Mata de Galeria e Mata Mesófila na margen do Ribeirao Panga, MG. En: Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Ribeiro J., Lazarini C. Y Sousa-Silva J. (editores). Embrapa. Brasília.

Sosa V. y Gómez-Pompa A. (compiladores). 1994. Flora de Veracruz. Lista Florística. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Ver.

Standley P.C. 1920. Trees and shrubs of Mexico. Smithsonian Institution. Washington D.C.

Standley P.C. y Steyermark, J. 1946. Flora of Guatemala. Fieldiana: *Botany* **24**: Part IV.

StatSoft, Inc. 2001. STATISTICA (data analysis software system), version 6. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

Ter Braak, C. 1995. Ordination. En: Data Analysis in Community and Landscape, editado por Jongman, R.H.G., Ter Braak C.J.F., y Tongeren van O.F.R. Cambridge University Press. Cambridge.

Trejo-Vázquez, I. 1998. Distribución y Diversidad de Selvas Bajas de México: Relaciones con el Clima y el Suelo. Tesis (Doctor en Ciencias; Biología) Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

Trejo, I. y Dirzo, R. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* **94**: 133-142

Trémolières M., Sánchez-Pérez J., Schnitzler A. y Schmitt D. 1998. Impact of river management history on the community structure, species composition and nutrient status in the Rhine alluvial hardwood forest. *Plant Ecology* **135**: 58-78

Vannote R., Nfinshall G., Cummins K., Sedell R., y Cushing C. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fishing and Aquatic Science*. **37**:130-137.

Van Tongeren, O.1995. Cluster analysis. En: Data Analysis in Community and Landscape, editado por Jongman, R.H.G., Ter Braak C.J.F., y Tongeren van O.F.R. Cambridge University Press. Cambridge.

Vázquez-Yanes, C., Batis M. A., Alcocer S.M., M. Gual Díaz y Dirzo S. C. 1999. *Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Reporte técnico del proyecto J084. Comisión Nacional para el Estudio de la Biodiversidad (CONABIO) - Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

Ward J, Tockner K., Arscott D. y Claret C. 2002. Riverine landscape diversity. *Freshwater Biology* **47**: 517-539

Willig, M., Kaufman, D. y Stevens, R. 2003. Latitudinal gradients of biodiversity: pattern, process, scale, and synthesis. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* **34**:273–309

Wyant J.G. y Ellis E.J. 1990. Compositional patterns of riparian woodlands in the Rift Valley of northern Kenya. *Vegetatio* **89**: 23-37

Zavala J.A. 1986. *Introducción al Enfoque Multivariado en Estudios de Vegetación*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa.

## Anexo 1

Listado florístico de las 99 especies encontradas en el muestreo de vegetación del fondo de la barranca del río Tembembe, Morelos. Se enlistan las especies encontradas en G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, y G<sub>3</sub> así como las especies encontradas en el bosque tropical caducifolio (BTC).

	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	BTC
<b>Coniferophyta</b>				
<b>Taxodiaceae</b>				
• <i>Taxodium mucronatum</i> Ten.			X	X
<b>Magnoliophyta</b>				
<b>Magnoliopsida</b>				
<b>Amaranthaceae</b>				
• <i>Iresine</i> sp.	X		X	
<b>Anacardiaceae</b>				
• <i>Mangifera indica</i> L.		X		
• <i>Spondias purpurea</i> L.				X
<b>Annonaceae</b>				
• <i>Annona cherimola</i> Mill.	X			
<b>Apocynaceae</b>				
• <i>Plumeria rubra</i> var. <i>acutifolia</i> (Poir.) L.H. Bailey				X
• <i>Stemmadenia obovata</i> (Hook. et Arn.) K. Schum.		X		X
<b>Asclepiadaceae</b>				
• <i>Asclepiadacea</i>	X	X		X
<b>Compositae</b>				
• <i>Ageratina adenophora</i> (Spreng.) R.M. King et H. Rob.			X	
• <i>Baccharis</i> sp.		X	X	
• <i>Critonia quadrangularis</i> (DC.) R.M. King et H. Rob.	X	X		X
• <i>Critoniopsis</i> sp.				X
• <i>Senecio argutus</i> Kunth			X	
<b>Betulaceae</b>				
• <i>Alnus acuminata</i> Kunth	X			
• <i>Alnus jorullensis</i> Kunth			X	

	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	BTC
<b>Bignoniaceae</b>				
• <i>Astianthus viminalis</i> (kunth) Baill.			X	
<b>Bombacaceae</b>				
• <i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten et Baker f.				X
<b>Boraginaceae</b>				
• <i>Cordia morelosana</i> Standl.	X		X	
<b>Burseraceae</b>				
• <i>Bursera copallifera</i> (DC.) Bullock				X
• <i>Bursera grandifolia</i> (Schtdl.) Engl.				X
<b>Cactaceae</b>				
• <i>Opuntia</i> sp.				X
<b>Caprifoliaceae</b>				
• <i>Viburnum stellatum</i> (Oerst.) Hemsl.			X	
<b>Celastraceae</b>				
• <i>Zinowiewia concinna</i> Lundell	X			
<b>Chloronothaceae</b>				
• <i>Hedyosmum mexicanum</i> C. Cordem.	X			
<b>Convolvulaceae</b>				
• <i>Ipomoea arborescens</i> (Hum. et Bonpl. Ex Willd.) G. Den				X
• <i>Ipomoea conzattii</i> Greenman				X
• <i>Ipomoea</i> sp.		X		X
<b>Ebenaceae</b>				
• <i>Diospyros digyna</i> Jacq.		X		X
<b>Euphorbiaceae</b>				
• <i>Croton ciliatoglandulifer</i> Ortega				X
• <i>Croton fragilis</i> Kunth		X		
• <i>Euphorbia schlechtendalii</i> Boiss.		X		X
• <i>Euphorbia</i> sp.				X
• <i>Sapium macrocarpum</i> Müll. Arg.		X	X	X

	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	BTC
<b>Flacourtiaceae</b>				
• <i>Prockia crucis</i> L.				X
<b>Hippocrataceae</b>				
• <i>Hippocratea celastroides</i> Kunth			X	
<b>Labiatae</b>				
• <i>Salvia sessei</i> Benth.				X
<b>Lamiaceae</b>				
• <i>Cunila lythrifolia</i> Benth.			X	
<b>Lauraceae</b>				
• <i>Persea americana</i> Mill.		X	X	X
• <i>Sassafridium macrophyllum</i> Rose		X		X
<b>Leguminosae</b>				
• <i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd. var. <i>farnesiana</i>		X		
• <i>Coursetia caribaea</i> (Jacq.) Lavin spp. <i>caribaea</i>			X	X
• <i>Coursetia madrensis</i> Micheli.			X	
• <i>Erythrina breviflora</i> DC.	X			
• <i>Erythrina coralloides</i> DC.			X	X
• <i>Indigofera cuernavacana</i> Rose			X	
• <i>Inga vera</i> Kunth			X	
• <i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	X	X	X	X
• <i>Lysiloma</i> sp.			X	
• <i>Nissolia fruticosa</i> Jacq.			X	
• <i>Piscidia grandifolia</i> (Donn. Sm.) I.M. Johnst.				X
• <i>Sesbania herbacea</i> (Mill.) Mc Vaugh.				X
• <i>Tephrosia nicaraguensis</i> Oerst.			X	
<b>Malpighiaceae</b>				
• <i>Malpighia aff. ovata</i> Rose				X
• Malpighiaceae				X
<b>Malvaceae</b>				
• <i>Hibiscus spiralis</i> Cav.	X			
<b>Meliaceae</b>				
• <i>Cedrela salvadorensis</i> Standl.	X			
• <i>Trichilia havanensis</i> Jacq.			X	
• <i>Trichilia americana</i> (Sesse et Mog.) T.D.Penn.	X			X

	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	BTC
<b>Menispermaceae</b>				
• <i>Menispermaceae</i>		X		X
<b>Moraceae</b>				
• <i>Ficus insipida</i> Willd.			X	
• <i>Ficus pertusa</i> L.F.	X			
• <i>Ficus petiolaris</i> Kunth				X
• <i>Trophis mexicana</i> (Liebm.) Bureau			X	
<b>Myrsinaceae</b>				
• <i>Ardisia revoluta</i> Kunth	X			
<b>Myrtaceae</b>				
• <i>Eugenia mirandae</i> Ramírez-Cantú	X			
• <i>Psidium guajava</i> L.			X	X
<b>Nyctaginaceae</b>				
• <i>Guapira macrocarpa</i> Miranda		X		X
<b>Olaceae</b>				
• <i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	X			
<b>Papaveraceae</b>				
• <i>Bocconia arborea</i> S. Watson	X			
<b>Piperaceae</b>				
• <i>Piper amalago</i> L.	X			
• <i>Piper leucophyllum</i> (Miq.) C. DC.			X	
<b>Rhamnaceae</b>				
• <i>Rhamnus hintonii</i> M.C. Johnst. et L.A. Johnst.	X			
<b>Rosaceae</b>				
• <i>Prunus cortapico</i> Kerber ex Koehne		X		
<b>Rubiaceae</b>				
• <i>Randia aff. canescens</i> Greenm	X			
<b>Rutaceae</b>				
• <i>Zanthoxylum affine</i> Kunth			X	
• <i>Zanthoxylum limoncello</i> Planch et Oerst.	X			

	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	BTC
<b>Salicaceae</b>				
• <i>Salix humboldtiana</i> Willd.	X			
• <i>Salix taxifolia</i> Kunth.		X		X
<b>Sapindaceae</b>				
• <i>Serjania triquetra</i> Rodlk.	X	X		X
<b>Simarubaceae</b>				
• <i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm.			X	
<b>Solanaceae</b>				
• <i>Cestrum dumetorum</i> Schltld.			X	
• <i>Cestrum</i> sp.				X
• <i>Lycianthes heteroclita</i> (Sendtn.) Bitter		X		
• <i>Solanum aligerum</i> Schltld.	X	X		
• <i>Solanum pseudocapsicum</i> L.			X	
<b>Sterculiaceae</b>				
• <i>Ayenia ovata</i> Hemsl.				X
• <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.			X	
<b>Thymelaeaceae</b>				
• <i>Daphnopsis salicifolia</i> (Kunth) Meisn.			X	X
<b>Tiliaceae</b>				
• <i>Heliocarpus terebinthinaceus</i> (DC.) Hochr.	X	X		
<b>Ulmaceae</b>				
• <i>Aphananthe monoica</i> (Hemsl.) Leroy	X	X		X
• <i>Celtis caudata</i> Planch.				X
• <i>Trema micrantha</i> (L) Blume		X		
<b>Urticaceae</b>				
<i>Myriocarpa brachystachys</i> S. Watson.			X	
<b>Verbenaceae</b>				
• <i>Vitex mollis</i> Kunth.			X	
<b>Sin determinar</b>				
• Sp01				X

## Anexo 2

Variables estructurales de las especies encontradas en el muestreo de vegetación ribereña de la barranca del río Tembembe, Morelos, México. DR = densidad relativa, FR = frecuencia relativa, AB R = área basal relativa y VIR = valor de importancia relativa.

Espece	Densidad (ind ha <sup>-1</sup> )	Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Cobertura (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Frecuencia (%)	DR (%)	FR (%)	AB R (%)	VIR (%)
<i>Alnus acuminata</i>	109	11.74	2013	30.43	4.84	3.83	13.44	22.11
<i>Daphnopsis salicifolia</i>	230	5.78	2385	39.13	10.27	4.92	6.62	21.81
<i>Randia aff. canescens</i>	309	1.85	1956	34.78	13.76	4.37	2.12	20.25
<i>Lysiloma acapulcense</i>	61	7.80	1103	43.48	2.71	5.46	8.93	17.11
<i>Astianthus viminalis</i>	74	6.67	963	30.43	3.29	3.83	7.64	14.76
<i>Solanum aligerum</i>	226	0.55	1591	30.43	10.08	3.83	0.64	14.54
<i>Salix humboldtiana</i>	52	5.40	1079	30.43	2.33	3.83	6.18	12.33
<i>Sapium macrocarpum</i>	52	3.64	1027	39.13	2.33	4.92	4.17	11.41
<i>Mangifera indica</i>	4	8.61	266	4.35	0.19	0.55	9.85	10.59
<i>Critonia quadrangularis</i>	78	1.16	713	26.09	3.49	3.28	1.33	8.10
<i>Trema micrantha</i>	74	2.97	1667	8.70	3.29	1.09	3.40	7.79
<i>Salix taxifolia</i>	61	3.41	318	8.70	2.71	1.09	3.90	7.71
<i>Psidium guajava</i>	78	0.80	596	26.09	3.49	3.28	0.91	7.68
<i>Ficus insipida</i>	9	5.17	425	4.35	0.39	0.55	5.92	6.86
<i>Inga vera</i>	43	2.21	665	17.39	1.94	2.19	2.53	6.66
<i>Heliocarpus terebinthaceus</i>	26	2.47	96	13.04	1.16	1.64	2.83	5.63
<i>Coursetia caribaea</i>	30	1.77	505	13.04	1.36	1.64	2.03	5.03
<i>Sassafridium macrophyllum</i>	74	0.45	798	8.70	3.29	1.09	0.51	4.90
<i>Alnus jorullensis</i>	17	2.43	423	8.70	0.78	1.09	2.78	4.64
<i>Cordia morelosana</i>	35	0.63	240	17.39	1.55	2.19	0.72	4.46
<i>Lycianthes heteroclita</i>	78	0.11	538	4.35	3.49	0.55	0.12	4.16
<i>Fraxinus uhdei</i>	17	0.94	287	17.39	0.78	2.19	1.07	4.04
<i>Solanum pseudocapsicum</i>	26	0.06	167	21.74	1.16	2.73	0.07	3.96
<i>Critoniopsis sp.</i>	26	0.35	254	17.39	1.16	2.19	0.41	3.75
<i>Aphanante monoica</i>	30	0.09	264	13.04	1.36	1.64	0.10	3.10

<b>Especie</b>	<b>Densidad (ind ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Área basal (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Cobertura (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Frecuencia (%)</b>	<b>D R (%)</b>	<b>F R (%)</b>	<b>AB R (%)</b>	<b>VIR (%)</b>
<i>Annona cherimola</i>	22	0.16	158	13.04	0.97	1.64	0.19	2.80
<i>Zanthoxylum limoncello</i>	26	0.43	336	8.70	1.16	1.09	0.50	2.75
<i>Zinowiewia concinna</i>	9	1.53	201	4.35	0.39	0.55	1.75	2.69
<i>Persea americana</i>	13	0.86	165	8.70	0.58	1.09	0.98	2.66
<i>Stemmadenia obovata</i>	17	0.06	192	13.04	0.78	1.64	0.07	2.49
<i>Acacia farnesiana</i>	13	0.07	118	13.04	0.58	1.64	0.08	2.30
<i>Ficus pertusa</i>	4	1.34	92	4.35	0.19	0.55	1.54	2.28
<i>Erythrina coralloides</i>	9	1.16	64	4.35	0.39	0.55	1.33	2.26
<i>Diospyros digyna</i>	4	1.05	87	4.35	0.19	0.55	1.20	1.94
<i>Trichilia havanensis</i>	9	0.32	139	8.70	0.39	1.09	0.36	1.84
<i>Lysiloma sp.</i>	13	0.12	171	8.70	0.58	1.09	0.14	1.82
Asclepiadaceae	13	0.11	0	8.70	0.58	1.09	0.12	1.80
<i>Tephrosia nicaraguensis</i>	13	0.07	63	8.70	0.58	1.09	0.08	1.76
<i>Alvaradoa amorphoides</i>	22	0.17	212	4.35	0.97	0.55	0.19	1.71
<i>Viburnum stellatum</i>	9	0.16	124	8.70	0.39	1.09	0.18	1.66
<i>Baccharis sp.</i>	9	0.09	38	8.70	0.39	1.09	0.10	1.58
<i>Piper amalago</i>	9	0.06	97	8.70	0.39	1.09	0.07	1.55
<i>Piper leucophyllum</i>	9	0.05	57	8.70	0.39	1.09	0.06	1.54
<i>Bocconia arborea</i>	4	0.69	85	4.35	0.19	0.55	0.79	1.53
<i>Nissolia fruticosa</i>	9	0.01	0	8.70	0.39	1.09	0.02	1.50
<i>Coursetia madrensis</i>	17	0.05	186	4.35	0.78	0.55	0.05	1.38
<i>Eugenia mirandae</i>	13	0.06	158	4.35	0.58	0.55	0.07	1.19
<i>Croton fragilis</i>	13	0.02	109	4.35	0.58	0.55	0.02	1.15
<i>Vitex mollis</i>	9	0.18	0	4.35	0.39	0.55	0.20	1.13
<i>Ardisia revoluta</i>	4	0.34	54	4.35	0.19	0.55	0.39	1.13
<i>Cestrum dumetorum</i>	9	0.09	94	4.35	0.39	0.55	0.11	1.04
<i>Zanthoxylum affine</i>	4	0.21	72	4.35	0.19	0.55	0.24	0.98
<i>Cedrela salvadorensis</i>	9	0.03	113	4.35	0.39	0.55	0.03	0.96
<i>Guazuma ulmifolia</i>	9	0.03	56	4.35	0.39	0.55	0.03	0.96

<b>Especie</b>	<b>Densidad (ind ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Área basal (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Cobertura (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Frecuencia (%)</b>	<b>D R (%)</b>	<b>F R (%)</b>	<b>AB R (%)</b>	<b>VIR (%)</b>
<i>Ipomoea</i> sp.	9	0.02	0	4.35	0.39	0.55	0.03	0.96
<i>Taxodium mucronatum</i>	9	0.02	56	4.35	0.39	0.55	0.02	0.96
<i>Hedyosmum mexicanum</i>	4	0.19	50	4.35	0.19	0.55	0.22	0.96
<i>Vitis tiliifolia</i>	9	0.00	0	4.35	0.39	0.55	0.01	0.94
<i>Erythrina brevifolia</i>	4	0.13	89	4.35	0.19	0.55	0.15	0.89
<i>Ageratina adenophora</i>	4	0.10	40	4.35	0.19	0.55	0.12	0.86
<i>Guapira macrocarpa</i>	4	0.10	81	4.35	0.19	0.55	0.11	0.85
<i>Hippocratea celastroides</i>	4	0.09	0	4.35	0.19	0.55	0.11	0.85
<i>Indigofera cuernavacana</i>	4	0.04	61	4.35	0.19	0.55	0.04	0.78
<i>Iresine</i> sp.	4	0.01	39	4.35	0.19	0.55	0.02	0.76
<i>Trichilia colimana</i>	4	0.01	35	4.35	0.19	0.55	0.01	0.75
<i>Senecio argutus</i>	4	0.01	29	4.35	0.19	0.55	0.01	0.75
<i>Rhamnus hintonii</i>	4	0.01	39	4.35	0.19	0.55	0.01	0.75
Menispermaceae	4	0.01	0	4.35	0.19	0.55	0.01	0.75
<i>Hibiscus spiralis</i>	4	0.01	23	4.35	0.19	0.55	0.01	0.75
<i>Euphorbia schlechtendalii</i>	4	0.00	9	4.35	0.19	0.55	0.00	0.74
<i>Trophis mexicana</i>	4	0.00	21	4.35	0.19	0.55	0.00	0.74
<i>Cunila lythrifolia</i>	4	0.00	0	4.35	0.19	0.55	0.00	0.74
<i>Serjania triquetra</i>	4	0.00	0	4.35	0.19	0.55	0.00	0.74
<i>Prunus cortapico</i>	4	0.00	10	4.35	0.19	0.55	0.00	0.74

**Anexo 3**

Listado de las 66 especies colectadas fuera de los cuadros de muestreo, en la zona de la barranca del río Tembembe, Morelos.

**Coniferophyta****Cupressaceae**

- *Juniperus flaccida* Schtdl.

**Magnoliophyta****Liliopsida****Poaceae**

- *Lasiacis divaricata* (L.) Hitchc.
- *Otatea acuminata* (Munro) C.E. Calderón et Soderstr. spp. *Acuminta*

**Magnoliopsida****Amaranthaceae**

- *Iresine celosia* L.
- *Iresine discolor* Greenm.

**Amaryllidaceae**

- *Sprekelia formosissima* (L.) Herb.

**Anacardiaceae**

- *Comocladia engleriana* Loes.
- *Spondias* sp.

**Annonaceae**

- *Annona squamosa* L.

**Araceae**

- *Syngonium angustatum* Schoff.

**Asclepiadaceae**

- *Asclepias curassavica* L.
- *Gonolobus pectinatus* Brandegees

**Asteraceae**

- *Ageratina brevipes* (DC) R.H. King & H. Rob.
- *Brickelia* sp.
- *Tagetes lucida* Cav.

**Bignoniaceae**

- *Macfadyena unguis-cati* (L.) A.H. Gentry

**Burseraceae**

- *Bursera bicolor* (Willd. ex Schlttdl.) Engl.
- *Bursera bipinnata* (Moç. ex Sessé ex DC.) Engl.
- *Bursera fagaroides* (Kunth) Engl.
- *Bursera lancifolia* (Schlttdl.) Engl.
- *Bursera longipes* (Rose) Standl.

**Convolvulaceae**

- *Calycobolus nutans* (Moç. et Sessé ex Choisy) D.F. Austin

**Eleocarpaceae**

- *Muntigia calabura* L.

**Euphorbiaceae**

- *Cnidoscolus angustidens* Torr.
- *Ricinus communis* L.
- *Stillingia zelayensis* (HBK) Muell. Arg.

**Fagaceae**

- *Quercus glaucoides* M & Gal
- *Quercus magnoliifolia* Née

**Lamiaceae**

- *Salvia* sp.

**Leguminosae**

- *Acacia angustissima* (mill.) Kuntze var *angustissima*
- *Acacia galeata* Maslin
- *Acacia pennatula* (Schltdl. et Cham.) Benth.
- *Brogniatia podalyrioides* Kunth
- *Conzattia multiflora* (Rob.) Standl.
- *Harpalyce pringlei* Rose
- *Leucaena macrophylla* Benth. subsp. *macrophylla*
- *Mimosa albida* Humb. et Bompl. ex Willd. var. *albida*
- *Rhynchosia discolor* M. Martens et Galeotti
- *Senna* sp.

**Loranthaceae**

- *Phoradendron* sp.
- *Psittacanthus schiedeana* (Cham. et Schltdl.) Blume ex Schult.
- *Struthanthus* sp.
- *Struthanthus venetus* (Kunth) Blume

**Malpighiaceae**

- *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth
- *Galphimia glauca* Cav.
- *Heteropterys beecheyana* A. Juss.
- *Marsdenia mexicana* Decne
- *Mascagnia parvifolia* (A. Juss.) Nied.
- *Tetrapteryx mexicana* Hook. et Arn.

**Meliaceae**

- *Trichilia colimana* C. DC.

**Moraceae**

- *Ficus goldmanii* Standl.

**Myrsinaceae**

- *Parathesis cubana* (A. de Candolle)

**Opiliaceae**

- *Agonandra racemosa* (DC). Standl.

**Rubiaceae**

- *Randia canescens* Greenm
- *Randia watsonii* B.L.Rob.

**Rutaceae**

- *Citrus limon* L.

**Scrophulariaceae**

- *Castilleja angustifolia* (Nutt.) G. Don

**Solanaceae**

- *Solanum nudum* Dunal

**Sterculiaceae**

- *Physodium dubium* Hemsl.
- *Waltheria pringlei* Rose et Standl.

**Tiliaceae**

- *Heliocarpus americanus* L. var *americanus*

**Verbenaceae**

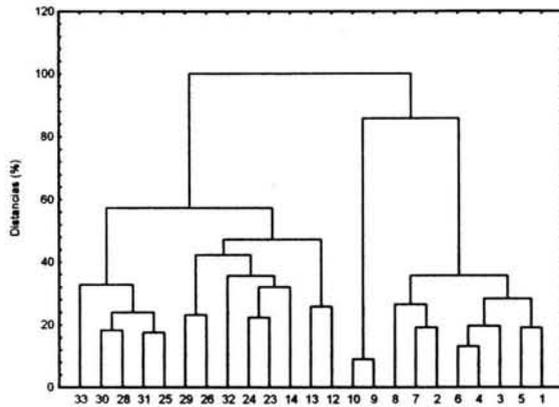
- *Lantana achyranthifolia* Desf.
- *Lantana camara* L.

**Vitaceae**

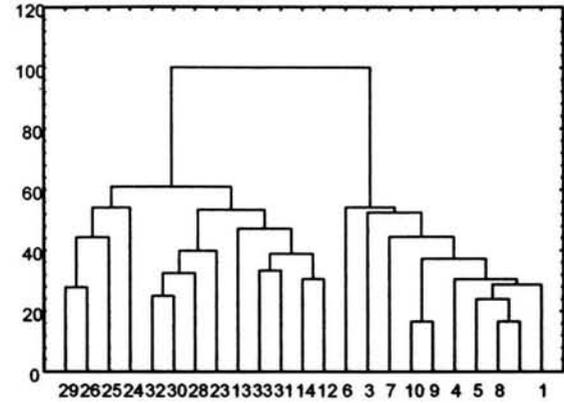
- *Vitis tiliifolia* Humb. et Bonpl. ex Roem. et Schult.
- *Cissus sicyoides* L.

**Anexo 4**

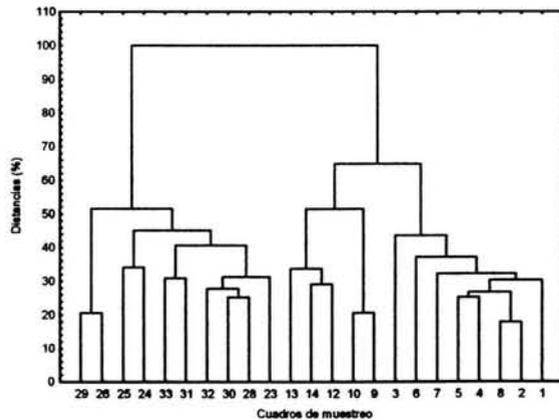
Dendrogramas de clasificación de los 23 cuadros de muestreo de vegetación ribereña, debajo de cada dendrograma se especifica el método usado para su unión y la matriz que se uso.



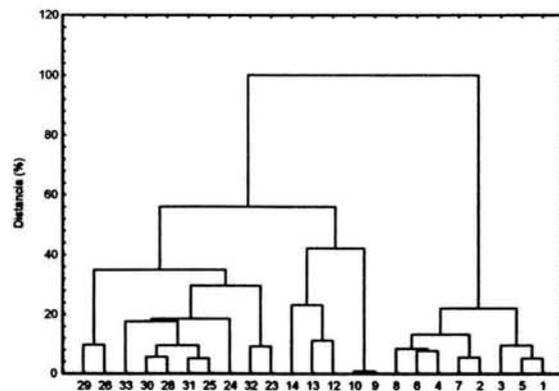
Se usó la matriz del valor de importancia, utilizando el método de Ward y las distancias euclidianas como medida de distancia.



Se usó la matriz del valor de importancia, utilizando el método de Ward y el porcentaje de similitud como medida de distancia.



Se usó la matriz de ausencia-presencia, utilizando el método de Ward y el porcentaje de similitud como medida de distancia.



Se usó la matriz del valor de importancia, utilizando el método de Ward y las distancias euclidianas como medida de distancia.

Diagramas de ordenación de los 23 cuadros de muestreo de la vegetación ribereña del fondo de la barranca del río Tembembe. Debajo de cada uno se especifica el método empleado.

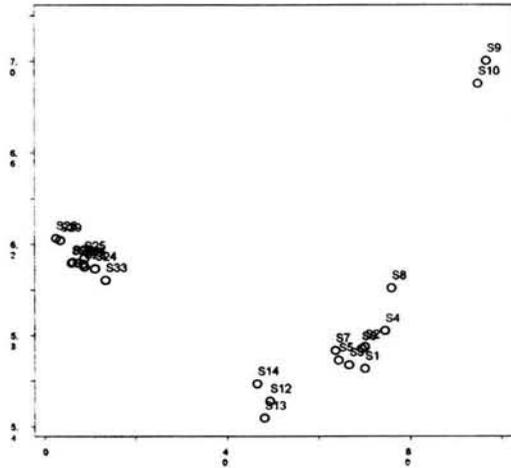
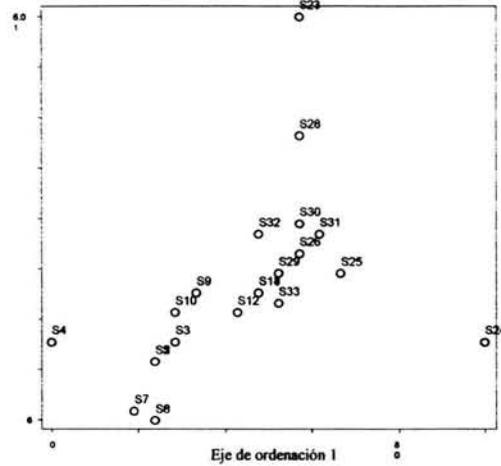


Diagrama de ordenación de los cuadros de muestreo producidos con el análisis de Promediamiento de Recíproco (RA) aplicado a la matriz del VI



Diagramas de ordenación de las parcelas producidas con el método de Ordenación Polar (Bray & Curtis) aplicado a las matrices ausencia-presencia con el coeficiente de correlación como distancia.

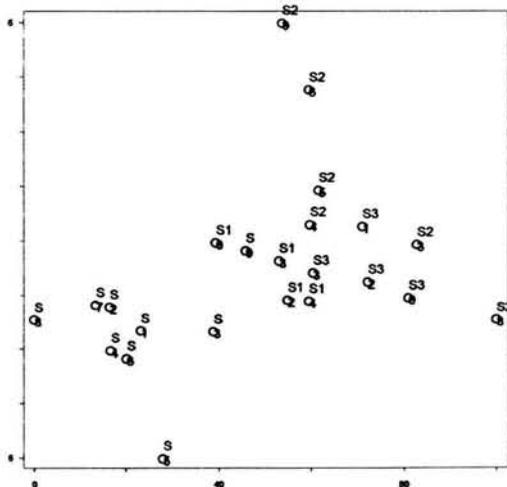


Diagrama realizados con el Análisis de Componentes Principales aplicado a la matriz de abundancia de individuos por especie

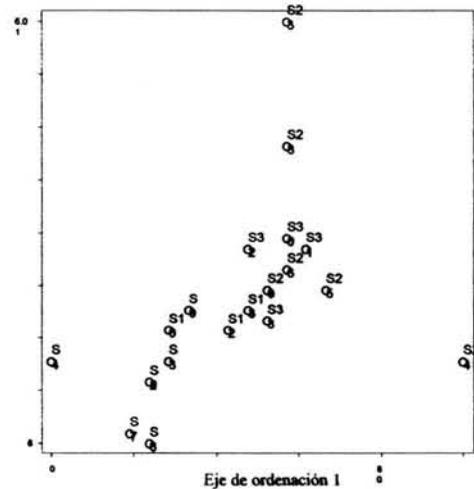


Diagrama realizados con el Análisis de Componentes Principales aplicado a las matriz de del Valor de importancia.

**Anexo 5**

Anexo al presente trabajo se encuentra un disco compacto el cual contiene fotografías digitales de las especies colectadas durante la realización del presente trabajo. Para acceder a éstas es necesario abrir en el explorador de Windows el contenido del disco y buscar dentro de la carpeta "Flora Tembembe" el archivo con el nombre "inicio flora.html", posteriormente la aplicación lo guiará.