



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN  
EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO FORESTAL**

**DIVERSIDAD VEGETAL EN EL SOTOBOSQUE DE PLANTACIONES  
COMERCIALES DE *Eucalyptus urophylla* S. T. BLAKE**

**DILHERY OROS NAKAMURA**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

**2008**

La presente tesis titulada: **Diversidad vegetal en el sotobosque de plantaciones comerciales de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake**, realizada por la alumna: **Dilhery Oros Nakamura**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**FORESTAL**

**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERA



---

Dra. Patricia Hernández de la Rosa

ASESOR



---

Dr. Aurelio Manuel Fierros González

ASESOR



---

Dr. Héctor Manuel de los Santos Posadas

ASESOR



---

M. C. Efraín Ángeles Cervantes

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Noviembre de 2008

# RESUMEN

## DIVERSIDAD VEGETAL EN EL SOTOBOSQUE DE PLANTACIONES COMERCIALES DE *EUCALYPTUS UROPHYLLA* S. T. BLAKE

Dilhery Oros Nakamura, MC.

Colegio de Postgraduados, 2008

La superficie de los bosques naturales en México se ha visto mermada debido a la gran demanda de productos maderables y a la falta de un adecuado manejo. El Gobierno Federal a través de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) incentivó el establecimiento de plantaciones forestales comerciales tratando de revertir el deterioro y contribuir a satisfacer la demanda nacional de productos maderables. Sin embargo, existe un desconocimiento sobre el efecto positivo o negativo de los monocultivos en el ecosistema, particularmente en la biodiversidad. Los objetivos de este trabajo fueron evaluar, analizar y comparar la diversidad vegetal del sotobosque en condiciones de plantación, de vegetación riparia y de pastizal, a través de la composición florística e índices de diversidad. El muestreo se llevó a cabo en el Estado de Oaxaca en el área de influencia de Plantaciones de Tehuantepec S.A., seleccionando plantaciones de 7, 24, 53, 66, 72 y 83 meses de edad, así como pastizales y vegetación riparia cercanos a la plantación. Todos los sitios de muestreo presentaron el mismo tipo de suelo y método de plantación. Dentro de cada condición se ubicaron aleatoriamente siete parcelas de 0.1 ha y en cuadrados anidados se muestreo el estrato herbáceo, arbustivo y arbóreo, registrando la cobertura y abundancia por especie. Se obtuvo la diversidad alfa y beta a través de varios índices de diversidad.

La riqueza de especies fue de 102, 133 y 177 para pastizal, plantación y vegetación riparia, respectivamente. Los índices de diversidad (alfa y beta) fueron mayores en la vegetación riparia seguidos por la plantación y el pastizal. A medida que aumentó la edad de las plantaciones de *Eucalyptus urophylla*, la diversidad y la similitud de especies también se incrementó. Además bajo las plantaciones se desarrollaron especies consideradas propias de selva alta perennifolia y que además no se detectaron en la vegetación riparia.

Resultó evidente que la composición y diversidad de especies en el sotobosque de las plantaciones puede estar influenciada por la especie plantada, las prácticas de manejo, el ecosistema que reemplazan y la existencia o no de vegetación nativa cercana a las plantaciones.

Palabras clave: *Eucalyptus urophylla*, Índice de diversidad, riqueza de especies, diversidad alfa y beta.

## **SUMMARY**

### **Plant diversity in the understory of commercial plantations of *Eucalyptus***

***urophylla* S. T. Blake**

**Dilhery Oros Nakamura, MC.**

**Colegio de Postgraduados, 2008**

The natural forests in Mexico had been undermined due to the high demand for wood products and lack of adequate management. The Federal Government through the National Forest Commission (CONAFOR) encouraged the establishment of commercial forest plantations to reverse the deterioration and help meet domestic demand for timber products. However planting projects are executed without a clear knowledge about the positive/negative effects of forest monocultures in the ecosystem biodiversity. The objectives of this study were to assess, analyze and compare under-story floristic composition and indices of diversity below planted canopy, riparian vegetation and induced grassland. The sampling was conducted in plantations at the State of Oaxaca, selecting ages of 7, 24, 53, 66, 72 and 83 months, as well as nearby grasslands and riparian vegetation areas. All sampling sites showed the same type of soil and planting method. Within each condition seven plots of 0.1 ha were randomly located. The area was sampled with nested squares for the herbaceous layer, bushes and trees. Coverage and abundance of species was also measured. The alpha and beta diversity across several indices of diversity was then calculated.

Species richness was 102, 133 and 177 for grassland, plantation and riparian vegetation, respectively. The indices of diversity (alpha and beta) were higher in the riparian vegetation followed by planting and grassland. As the age of *Eucalyptus urophylla* plantations increased diversity and similarity of species also increased. Under plantations they were found species considered native of the tropical rain forest that were not detected in the riparian vegetation.

Clearly, the composition and diversity in the under-story can be influenced by the species planted, management practices, ecosystem they are replacing and the existence of native vegetation nearby the plantations.

Keywords: *Eucalyptus urophylla*, diversity indicators, species richness, alpha and beta diversity.

La presente investigación se llevó a cabo con el financiamiento del Fondo Sectorial CONAFOR-CONACYT a través del proyecto CO3-9925: “Captura de carbono, biodiversidad, productividad y zonificación productiva de plantaciones comerciales en los límites de Oaxaca y Veracruz”.

## **DEDICATORIA**

Dedico la presente tesis a mi madre Sra. Dominga Nakamura por su ejemplo de vida y manera de conducirse por la misma, así también por su dedicación y todos los esfuerzos realizados para contribuir a mi formación tanto personal como académica, por su apoyo incondicional en cada una de las etapas de mi vida, por su amor, cariño, confianza y comprensión.

A mi hermano Daniel Tokiche por su cariño, apoyo incondicional, ejemplo y comprensión así como por sus enseñanzas en cada una de las etapas de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar el más sincero agradecimiento a las siguientes personas e instituciones, quienes hicieron posible la realización de la presente.

Al CONACYT por el apoyo financiero otorgado para realizar esta investigación y contribuir a mi formación académica.

A la Dra. Patricia Hernández de la Rosa, quien con su apoyo, paciencia y dedicación ha hecho posible la conclusión de esta etapa de mi formación académica.

Al Dr. Aurelio M. Fierros González por contribuir con sus conocimientos, experiencia, apoyo y observaciones para la culminación de la presente tesis y de mi formación académica.

Al Dr. Héctor M. de los Santos Posadas quien brindo su experiencia, conocimientos y apoyo para realizar el análisis en el área estadística de la presente tesis.

Al Maestro Efraín Ángeles Cervantes quien me brindo su conocimiento, experiencia, apoyo, dedicación, sugerencias y explicaciones tanto en el trabajo de campo como en gabinete; por su disposición para las consultas realizadas en todo momento, por estimularme a seguir adelante y por su valiosa amistad.

Al Dr. Víctor M. Cetina Alcalá por la transmisión de sus conocimientos en las materias impartidas, por su amistad, sinceridad, disposición y apoyo en las consultas realizadas durante mi estancia en el Colegio.

Al Ing. Alberto Pérez Rojas por su amistad y apoyo a lo largo de mi formación académica.

A la Dra. Cecilia Jiménez por su orientación, apoyo y conocimientos durante mi formación académica.

Al personal del Herbario del Colegio de Postgraduados por las facilidades otorgadas para el tratamiento del material botánico colectado; así como a la Biol. Marcela Rodríguez por las facilidades concedidas para llevar a acabo el cotejamiento de ejemplares en el Herbario MEXU.

A todos los profesores del Colegio de Postgraduados que me transmitieron sus conocimientos.

A la empresa Plantaciones de Tehuantepec S.A. por las facilidades otorgadas para realizar el estudio en las plantaciones, así también por el personal de apoyo para dicho estudio.

Al Ing. Paul Cortés Velazco por su apoyo incondicional para la planeación y seguimiento durante el trabajo de campo, para la colecta del material botánico, así también por su amistad en todos los momentos compartidos.

Al Biol. Jorge Lemus Cortés por su gran amistad y todos sus buenos detalles, por su apoyo incondicional durante el trabajo de campo, así como su compañía durante las visitas a la plantación haciendo más agradable el viaje y estancia.

A Ing. Hugo Torres, Higinio Delgado, Andrés Clara, Andrés Clara y Angelino por su apoyo incondicional durante el trabajo de campo para la colecta del material botánico, así mismo por su amistad y compañía haciendo más placentera mi estancia en la plantación.

Al Biol. Israel Estrada Contreras por su apoyo en campo y para la determinación del material colectado.

A todos mis amigos por su amistad, apoyo, Gracias!

Al personal de la biblioteca y centro de cómputo del Colegio de Postgraduados quienes me brindaron sus atenciones y apoyo para la búsqueda de bibliografía consultada.

# CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>iii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>viii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>ix</b>
<b>Índice de Cuadros</b> .....	<b>xii</b>
<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>xiii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
Objetivo general .....	4
Objetivos particulares .....	4
<b>III. ANTECEDENTES</b> .....	<b>5</b>
3.1 <i>Eucalyptus urophylla</i> .....	5
3.2 Plantaciones forestales vs bosques naturales .....	6
3.3 Biodiversidad .....	7
3.4 Impactos ambientales .....	11
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>16</b>
4. 1. Área de estudio .....	16
4. 2. Materiales y métodos .....	19
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>29</b>
5. 1. Composición y estructura .....	29
5. 2. Índices de diversidad alfa y beta .....	38
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	<b>50</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>51</b>
<b>VIII. ANEXOS</b> .....	<b>59</b>

## Índice de Cuadros

	Página
Cuadro 4.1 Gradiente de edad y superficies de los predios considerados en el estudio en el área de influencia de PLANTEHSA. ....	19
Cuadro 5.1 Atributos estructurales de la vegetación en las tres comunidades estudiadas: (D) densidad, (DR) densidad relativa, (Dom) dominancia, (DoR) dominancia relativa, (F) frecuencia de individuos por unidad muestreada, (FR) frecuencia relativa e (IVI) índice de valor de importancia relativa.....	34
Cuadro 5.2 Especies, densidad y formas de vida que caracterizan los estratos alto, medio y bajo en las comunidades estudiadas en el área de influencia de PLANTEHSA (se presentan únicamente las especies con mayor densidad/ha). ....	36
Cuadro 5.3 Diversidad alfa de especies en las tres comunidades de estudio calculada a través de índices de diversidad para el área de influencia de PLANTEHSA. ....	38
Cuadro 5.4 Valores de Hutcheson obtenidos por pares entre las diferentes edades de la plantación y probabilidad de rechazo para los mismos.....	44
Cuadro 5.5 Diversidad beta de especies en las tres comunidades de estudio calculada a través de los índices de diversidad de Jaccard y Sørensen. ....	45
Cuadro 5.6 Comparación de la diversidad beta entre plantaciones de <i>Eucalyptus urophylla</i> con pastizales y vegetación riparia (edades extremas) en el área de influencia de PLANTEHSA. ¡Error! Marcador no	

## Índice de Figuras

Página

Figura 4. 1 Ubicación geográfica del área de estudio dentro de Plantaciones de Tehuantepec, S. A. de C. V. Fuente: CONFORA, 2001.....	16
Figura 4. 2 Sitios de muestreo seleccionados, indicando la edad de la plantación en el área de influencia de PLANTEHSA. Fuente: CONFORA, 2001.....	20
Figura 4. 3 Ejemplo del tipo de comunidades muestreadas: a) plantación, b) pastizal y c) vegetación riparia en el área de influencia de PLANTEHSA. ....	21
Figura 4. 4 Curva de acumulación de especies encontrada por condición en el área de influencia de las plantaciones de PLANTEHSA. ....	22
Figura 4. 5 Muestreo de cuadros anidados utilizados en el estudio. ....	23
Figura 4. 6 Colecta de material botánico en el área de estudio .....	24
Figura 5. 1 Porcentaje relativo de la riqueza de especies por tipo de comunidad en el área de influencia de la empresa PLANTEHSA. ....	31
Figura 5. 2 Riqueza de especies en el sotobosque de plantaciones de <i>Eucalyptus urophylla</i> de diferentes edades (meses) en el área de influencia de PLANTEHSA.....	32
Figura 5. 3 Estructura de las plantaciones de <i>Eucalyptus urophylla</i> y vegetación asociada, en las diferentes edades de la plantación (meses) en el área de influencia de PLANTEHSA. ....	37

<b>Figura 5. 4 Banco de plántulas en pastizales cercanos a las plantaciones de <i>Eucalyptus urophylla</i> en el área de influencia de PLANTEHSA .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 5. 5 Diversidad de especies en vegetación riparia. ....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 5. 6 Distribución de la superficie de la vegetación riparia (área de conservación) dentro de un predio del área de estudio. ....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 5. 7 Representación de la diversidad de especies en: a) pastizal y b) plantación.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 5. 8 Representación de la diversidad alfa en las diferentes edades de la plantación evaluadas a través del índice de Shannon-Wiener. ....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 5. 9 Dendrograma del índice de similitud entre plantaciones de <i>Eucalyptus urophylla</i> de diferentes edades en el área de influencia de PLANTEHSA. ....</b>	<b>48</b>

## I. INTRODUCCIÓN

Los bosques establecidos a través de plantaciones comprenden alrededor de 135 millones de hectáreas en el mundo (CONABIO, 1998; FAO, 2005). El 90% de esta superficie tiene como objetivo principal obtener madera, función cuya importancia mundial sigue aumentando. El establecimiento de plantaciones forestales comerciales (PFC) se considera una opción viable para incrementar la productividad, reducir la presión de uso sobre el bosque natural y además puede ser una alternativa para el rescate y reconversión de áreas que han sido alteradas por diversas actividades, entre ellas la agrícola y la pecuaria (CONABIO, 1998; Hartley, 2002).

A nivel nacional se han identificado aproximadamente 11 millones de hectáreas con aptitud para el establecimiento de plantaciones forestales de alto rendimiento, localizadas principalmente en ecosistemas templados y tropicales (CONAFOR, 2002). De acuerdo con Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable las plantaciones forestales comerciales son “el establecimiento, cultivo y manejo de vegetación forestal en terrenos temporalmente o preferentemente forestales, cuyo objetivo primordial es la producción de materias primas forestales destinadas a su industrialización y/o comercialización” (Diario Oficial de la Federación, 2003).

El mal manejo de los recursos naturales, la tala indiscriminada, los incendios forestales, la contaminación, el cambio de uso de suelo, entre otros, han acelerado los procesos de pérdida y degradación de los ecosistemas con la consecuente pérdida de biodiversidad. Lo anterior tuvo lugar en nuestro país durante la década de los 60`s, principalmente en el trópico húmedo donde se promovió el cambio de uso de suelo (desmonte de selvas alta y mediana perennifolia y subperennifolia) para el establecimiento de pastizales que posteriormente fueron abandonados debido a su baja productividad y en cuyos sitios se están estableciendo actualmente plantaciones forestales comerciales con diferentes especies, algunas de ellas introducidas.

El desarrollo de PFC en nuestro país ha presentado altibajos, debido a que la mayor parte de los esfuerzos se han disuelto en programas de reforestación en zonas degradadas o marginales. Hasta la década de los 80`s sólo

se podían contabilizar 25 mil ha en programas terminados o en desarrollo que pudieran considerarse como plantaciones comerciales. Entre los que destacan dos programas en la región tropical y uno en la zona templada (Sánchez, 2005).

El Programa de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN) inició en 1997 y fue rediseñado en el 2001. En el 2005 se apoyó una superficie de 53,800 ha, con 492 proyectos de plantaciones forestales comerciales en desarrollo, destacando las regiones del Pacífico-Sur y Golfo-Sureste. El PRODEPLAN fue creado para contribuir con la producción de materia prima para celulosa; aproximadamente el 80% de la superficie registrada para el periodo 1997-2005 se asignó para establecer plantaciones destinadas a productos maderables, el 12% para celulosa y para productos forestales no maderables aproximadamente el 6% (CONAFOR, 2006). Las especies más utilizadas han sido: Eucalipto (*Eucalyptus spp.*), Pino (*Pinus spp.*), Cedro (*Cedrela odorata*), Melina (*Gmelina arborea*), Caoba (*Swietenia macrophylla*) y Teca (*Tectona grandis*) (CONAFOR, 2002; 2006).

El incremento de las superficies plantadas en México plantea un tema controversial sobre la relación entre la biodiversidad y el establecimiento de las PFC, ya que en algunas ocasiones las plantaciones, inician con la sustitución de áreas de cultivo, pastizales, bosques u otro ecosistema, en el que se lleva a cabo la preparación del suelo y las especies locales se eliminan a través de medios mecánicos o químicos, evitando con ello la competencia. Una vez establecida la plantación se origina un efecto de sombreado que aunado con la acumulación de hojarasca, los efectos alelopáticos en su caso, la competencia por nutrientes y el agua, así como también el manejo y los métodos silvícolas aplicados provocan que la flora (epífitas, parásitas, trepadoras, arbustos y herbáceas, entre otras) que podría asociarse a los árboles no pueda desarrollarse produciendo con ello un impacto a la biodiversidad (Carrere y Lohman, 1996).

Por otro lado, existen evidencias de que el establecimiento de PFC puede tener un efecto positivo al cambiar las condiciones micro-climáticas del sitio y por ende propiciar el establecimiento de un sotobosque con especies nativas, a partir de las semillas existentes en el suelo, acelerando el proceso de sucesión secundaria en algunos sitios, propiciando la conectividad en ecosistemas y

protegiendo a los relictos de vegetación natural (Carnus *et al.*, 2003; Dyck, 2003; Stephens y Wagner, 2007).

En el caso de las plantaciones de eucalipto, se ha reportado que éstas contribuyen a disminuir la presión sobre los bosques naturales debido a que son especies de rápido crecimiento, así también ayudan a la conservación del suelo y agua (Grubb, 1995; Morera, 2001), aumentan la cantidad de mantillo, nutrientes, evitan la erosión eólica, entre otras (Ricardo y Madeira, 1985; Montoya, 1995; Ceccon *et al.*, 1999); sin embargo, existen más de 600 especies de Eucalipto, poca aceptación social debido a la controversia que existe acerca de su alelopatía y pocos estudios en nuestro país.

Por lo anterior, mediante la caracterización de la composición vegetal y de la obtención de diferentes índices de diversidad se pretende generar conocimiento acerca de la diversidad vegetal presente en el sotobosque de plantaciones comerciales y el papel que juegan en el mantenimiento de la biodiversidad local. Durante la realización de la investigación se evaluó, analizó y comparó la diversidad vegetal en las condiciones de plantación forestal comercial, vegetación riparia (remanentes de las selvas altas y medianas perennifolias) y pastizal, generalmente abandonado. Algunas de las preguntas que se plantea contestar son: ¿qué efecto tiene la edad de la plantación sobre la diversidad del sotobosque?, ¿cuáles son los valores de los índices de diversidad cuando se comparan plantaciones, áreas de pastizal abandonadas y vegetación riparia?, ¿existe un cambio en la composición de especies entre las diferentes comunidades estudiadas?

## **II. OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar, analizar y comparar la diversidad vegetal del sotobosque en condiciones de plantación, vegetación riparia y pastizal.

### **Objetivos particulares**

1. Obtener la riqueza, abundancia y composición vegetal en plantaciones, vegetación riparia y pastizal.
2. Obtener la diversidad alfa y beta por condición a través del uso de diferentes índices.
3. Comparar los índices de diversidad vegetal entre pastizales, vegetación riparia y plantaciones.

### III. ANTECEDENTES

#### 3.1 *Eucalyptus urophylla*

La palabra “Eucalyptus” se deriva de las raíces griegas *eu* que significa bien y *kalyptos* que significa cubierto, que hace referencia a la cobertura de los botones florales por el operculum (Martínez-Ruíz *et al.*, 2006), fue descrito y nombrado en 1788 por el botánico francés L'Héritier.

El eucalipto es originario de Australia y algunos países de Asia Sudoriental, pertenece a la familia Myrtaceae. El género tiene más de 600 especies, está compuesto por siete subgéneros divididos a su vez en secciones, series, subseries, superespecies, especies y subespecies. A los diferentes taxones identificados en la clasificación se les asigna un código el cual consiste hasta de seis letras mayúsculas (Martínez-Ruíz *et al.*, 2006).

La especie *E. urophylla* (el epíteto proviene del griego *uro* que significa con una cola alargada o como apéndice y *phylla* que significa hojas) es originaria de Timor y otras islas de la parte oriental del archipiélago de Indonesia, localizados en una latitud de 8-10° S, en altitudes que van de 500 hasta 3000 msnm con lluvias de verano y precipitaciones de 1000-1500 mm; es un árbol siempre verde, de crecimiento rápido, que llega a alcanzar una altura de hasta 50 m, aunque en condiciones desfavorables sólo llega a ser un arbusto; de fuste recto y diámetro de hasta 2 m, con corteza variable dependiendo de la humedad y la altitud aunque usualmente es fibrosa y áspera sobre todo en la parte inferior mientras que la superior es lisa; con fisuras longitudinales en la base de color rojo-marrón a marrón, con hojas juveniles alternas y lanceoladas, las hojas adultas son pecioladas y con nervios laterales apenas visibles, inflorescencias axilares umbeliformes con 5 a 8 flores bisexuales con pedúnculo algo aplanado de 8 a 22 mm de largo. Las semillas son negras, pequeñas y semicirculares.

La madera es rojiza, fuerte y durable; ampliamente usada en la construcción pesada, en pisos y puentes. La madera en rollo se utiliza para la construcción de postes y cercos; también se produce leña y carbón vegetal. La fibra se emplea en la fabricación de celulosa y papel. Las hojas producen un aceite de color amarillo pálido y sus principales componentes son paecymene (76%), alfa-pinene (7%) y gamma terpenene (4%). Este posee propiedades

desinfectantes y se utiliza en la fabricación de jabones y en la industria de la perfumería (FAO, 1955; FAO, 1979).

Frecuentemente es la especie dominante en áreas abiertas, y secundaria en bosques de montaña de su hábitat natural. Crecen en las laderas de las montañas y en los valles; se encuentran principalmente en suelos basálticos, pizarras y esquistos aunque rara vez en suelos calizos. Se desarrolla mejor en suelos profundos, húmedos, bien drenados, suelos ácidos o neutros derivados de origen volcánico o rocas metamórficas (FAO, 1979).

Es uno de los mejores eucaliptos de baja latitud, por lo que fue colectado e introducido por botánicos holandeses en Java desde 1890, posteriormente (1919) se introdujo en Brasil, en la isla de Balí (1935), en Java Oriental (1937), en Bandung (1952), en Congo (1957 y 1962), cerca de Bogor (1960), en Australia (1966) y posteriormente se plantó en muchos lugares tropicales del mundo (FAO, 1979; FAO, 1981).

La gran diversidad del género facilita que se adapten a diferentes zonas (FAO, 1990) y aunado a su rápido crecimiento, a la calidad de las fibras, la celulosa y el innumerable uso que se le ha dado a la madera, se ha convertido en la materia prima por excelencia de la actividad forestal en áreas tropicales a nivel mundial (Ceccon *et al.*, 1999; Martínez–Ruíz *et al.*, 2006).

### **3.2 Plantaciones forestales vs bosques naturales**

Los bosques naturales y las PFC son ecosistemas formados por árboles, aunque en esencia son diferentes. Los bosques naturales son ecosistemas complejos formados por árboles de diferentes especies y edades, que poseen la capacidad de autoregularse, e incluyen características particulares de microclima, el agua, la diversidad vegetal y animal y las relaciones ecológicas que se llevan a cabo en él (Carrere y Lohman, 1996); las PFC generalmente son monocultivos o cultivos de un número reducido de especies y edades con una tasa de crecimiento alta, uniformidad y un rendimiento alto de madera, las cuales requieren de una intervención humana amplia y constante. Por lo general el objetivo primordial es obtener la materia prima en el periodo de tiempo más corto posible. Ambos ecosistemas proveen beneficios al ambiente, a la población y a la economía ya sea a nivel local, regional y nacional (SEMARNAT, 2004); estos

son conocidos como bienes (productos físicos derivados de la naturaleza) y los servicios ambientales (procesos y funciones de los ecosistemas).

En general se considera que a través del manejo intensivo que se da a las PFC se ayuda a reducir la presión sobre los bosques naturales a través de la producción de una mayor cantidad de madera en un área más reducida (Sedjo y Botkin, 1997).

### **3.3 Biodiversidad**

Todos los sistemas naturales están integrados por diferentes tipos de elementos que se presentan en distintas cantidades, es decir, son diversos (Halfter *et al.*, 2001). Por lo que en ese entendido, la biodiversidad se define como la variabilidad de organismos vivos en un ambiente; incluye la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y los complejos ecológicos de los que forman parte (SEMARNAT, 2004) y no simplemente la acumulación de nombres científicos en una base de datos.

El objetivo de medir la diversidad de las comunidades es tener un parámetro de comparación de la productividad o estabilidad entre ellas (Pielou, 1975); además aporta conocimientos para caracterizar la estructura de las comunidades, sirve de herramienta para tomar decisiones y emitir recomendaciones para el manejo y conservación de las especies, principalmente de taxas amenazados, así también para monitorear el efecto de las perturbaciones en el ambiente (Moreno, 2001).

Las formas convencionales de medir y entender la diversidad biológica en la ciencia han residido en la presencia de especies (riqueza), su abundancia relativa y la mezcla de ambos conceptos (Magurran, 1988).

#### **Niveles de diversidad**

Actualmente, el significado y la importancia de la biodiversidad no están en duda, por lo que se han desarrollado una gran cantidad de parámetros para medirla (Moreno, 2001), motivo por el cual algunas veces puede parecer difícil decidir cuál de los métodos es el más apropiado, sin embargo, cada uno intenta caracterizar la diversidad de una muestra o comunidad de una manera singular.

Debido a la complejidad de la biodiversidad, Whittaker (1972), propuso separar la biodiversidad en distintos componentes siendo estos: alfa (diversidad dentro del hábitat), beta (diversidad entre hábitats) y gamma (número de especies a escala regional).

A lo largo de este trabajo, se entenderá a la Diversidad Alfa ( $\alpha$ ) como la riqueza de especies de una comunidad particular a la cual se considera homogénea; Diversidad Beta ( $\beta$ ) como el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje y la Diversidad Gamma ( $\gamma$ ) como la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje (Moreno, 2001).

En general estos índices ( $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ ) se han empleado para evaluar diferentes comunidades, sin embargo, destacan los estudios faunísticos que relacionan los índices con los ecosistemas en los que habitan las especies con el fin de obtener información acerca del efecto o condición que se tiene sobre la comunidad de estudio.

Stephens y Wagner (2007) realizaron un estudio a nivel mundial sobre los reportes del efecto de plantaciones sobre la biodiversidad. Del total, sólo el 6% de los estudios se enfocan a las plantas vasculares, por el contrario, la mayoría estudian el efecto en invertebrados y aves. En general se reporta, una menor biodiversidad en las plantaciones cuando se les compara con otros bosques; sin embargo, algunos estudios reportan una mayor biodiversidad en plantaciones cuando se compara la existente en tierras agrícolas. Una de las principales conclusiones de su trabajo se refiere a lo inapropiado de las comparaciones, ya que se reporta una baja biodiversidad en plantaciones cuando se realizan comparaciones con bosques naturales, sugiriendo que la más recomendable sería aquella en que la biodiversidad de la plantación se comparara con el uso de suelo al cual está sustituyendo.

De manera específica, en bosques naturales se han realizado estudios donde se comparan la riqueza presente entre estos y bosques manejados obteniendo una mayor riqueza en bosques naturales (Halpern *et al.*, 1995), así también se ha evaluado la diversidad de especies en bosques manejados después de una matarasa empleando el índice de Shannon-Weaver y el de uniformidad de Pielou, en éstos se obtuvo que la riqueza se incrementó

inmediatamente después de la matarasa (Elliot *et al.*, 1996); en bosques restaurados se evaluó el desarrollo de la diversidad florística a través del índice de Shannon-Wiener, Peng-Wang y Presencia-Ausencia obteniendo una mayor diversidad en estos (Fang & Peng, 1997; Parrotta *et al.*, 1997); en bosques boreales manejados se evaluó la diversidad alfa y beta a través de índices como el de Shannon, Recíproco de Simpson, Estadístico Q, Diversidad de Hill, donde los resultados muestran que la diversidad y la estructura de la vegetación están correlacionadas y la relación puede ser descrita por la clasificación de bosques, la cual está influenciada por la uniformidad y la riqueza de especies, obteniéndose 14 clases de bosques (Pitkänen, 1998).

En plantaciones se han realizado estudios para conocer el efecto de una plantación de *Eucalyptus camaldulensis* en la recuperación de un bosque natural a través del índice de diversidad de Shannon-Wiener y el análisis florístico, en estas condiciones se encontró que la composición de especies herbáceas en ambos sitios fue similar; sin embargo, la mayor diversidad se obtuvo en el bosque natural (Bone *et al.*, 1997); en la rehabilitación de colinas degradadas se obtuvo el índice de Shannon para conocer la diversidad florística en plantaciones y bosques naturales, obteniendo que la diversidad florística de la plantación se incrementó conforme la edad por la invasión y el establecimiento de especies nativas (Zhuang, 1997); en una plantación de *Larix kaempferi* y un bosque secundario de *Quercus crispula* se comparó la diversidad entre estos a través de los índices de Shannon y el de uniformidad, encontrando que la riqueza fue significativamente mayor en plantaciones sin embargo, presentaron pocas especies arbóreas en comparación con el bosque secundario (Nagaike, 2001).

Para conocer la diversidad de especies vegetales en bosques tropicales plantados y las implicaciones de éstos en la restauración del ecosistema se empleó el índice de similitud (coeficiente de Nomura-Simpson), observando que los bosques plantados presentaron una mayor diversidad y que además se favorecerían la sucesión secundaria (Kamo *et al.*, 2002). Moscovich *et al.* (2002) emplearon el índice de Shannon y coeficiente de Jaccard para definir los indicadores de sustentabilidad ecológica cuando se llevan a cabo plantaciones forestales introducidas, comparándolo con bosques nativos a través de la diversidad obtenida, que fue mayor en el bosque nativo.

Por otro lado se ha empleado el índice de Simpson para conocer la relación entre la invasión de *Pinus radiata* y la diversidad de especies en áreas de vegetación natural adyacente, encontrando que las áreas adyacentes a las plantaciones de *P. radiata* tenían una baja diversidad de especies y una alta abundancia de pinos y que el efecto de éstos era de invasión hacia la vegetación natural (Williams y Wardle, 2005). Se examinó la diversidad alfa y beta (índice de Shannon-Weaver y análisis tipo Q) a través de tres grupos funcionales (plantas, escarabajos y aves) de una plantación exótica y un bosque de *Nothofagus dombeyi* relativamente sin disturbios; obteniendo una menor diversidad en la plantación en comparación con el bosque de *N. dombeyi* (Paritsis *et al.*, 2008).

En general, los antecedentes muestran que en la estimación de la diversidad alfa ( $\alpha$ ) el índice que se utiliza con mayor frecuencia es el de Shannon-Wiener el cual toma en cuenta dos aspectos fundamentales de la diversidad, el número de especies (riqueza) y la uniformidad de la distribución del número de individuos de cada especie, aunque asume que todas las especies están representadas en la muestra. El otro índice que se reporta frecuentemente es el de Simpson que se basa en la teoría de las probabilidades, concede relativamente poca importancia a las especies no abundantes y mayor significación a las que sí lo son. En un número menor de reportes se consideran: al índice de equidad de Hill, que es una medida del número de especies cuando cada especie es ponderada por su abundancia relativa; el Estadístico Q proporciona la diversidad de la comunidad, por medio de la pendiente intercuartil de la curva de abundancia acumulada de especies, no sobrepesando ni las especies muy abundantes ni las muy raras; el índice de equidad de Pielou mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada.

En el caso de la medición de la diversidad beta ( $\beta$ ) se han empleado con mayor frecuencia el coeficiente de similitud de Jaccard, el cual expresa el grado en que las muestras son semejantes, el Método de ordenación y clasificación, basado en el análisis de matrices de datos de tipo Q en el que se ordenan las muestras en un espacio definido por las especies pudiendo ser cualitativos o cuantitativos. Por último, el índice de Sørensen también expresa la similitud entre pares de muestras, sin embargo, no considera la abundancia de especies (Pielou, 1975; Krebs, 1985; Magurran, 1988; Moreno, 2001).

### 3.4 Impactos ambientales

En muchos países el establecimiento de plantaciones forestales con especies introducidas, como el caso del eucalipto, ha sido poco aceptada social y ecológicamente debido a la controversia que ha generado su establecimiento, sobre todo con relación al impacto ambiental que estos generan, aunque son escasos los estudios que sustentan estas aseveraciones, sin embargo, debido a características como su rápido crecimiento, alta adaptabilidad, y a la calidad de sus fibras y su celulosa se ha venido utilizando como la materia prima por excelencia de la actividad forestal, sobre todo en áreas tropicales (FAO, 1990; Ceccon *et al.*, 1999; Martínez-Ruíz *et al.*, 2006).

Las plantaciones forestales, independientemente si se establecen con fines comerciales o de rehabilitación, pueden desempeñar diversas funciones en el ecosistema. En los lugares donde se han establecido con fines de rehabilitación del medio ambiente, ayudan a la conservación de suelo y agua (Grubb, 1995; Morera, 2001). Algunos aspectos sobre los que se han encontrado evidencias incluyen:

**Fertilidad de suelos.** Las altas tasas de crecimiento y rotaciones cortas de la mayoría de las plantaciones de eucalipto traen por consecuencia la captura y la exportación de una gran cantidad de nutrientes del suelo (Ceccon *et al.*, 1999); y se les atribuye la acidificación y empobrecimiento de los suelos, sin embargo, cuando éstos no están sujetos a aprovechamiento demuestran mejorar el suelo o ser neutros, no existiendo pruebas de que contribuyan a degradar el terreno en ningún caso (Montoya, 1995).

El estudio realizado por Cavelier y Santos, (1999) demuestra que las plantaciones tienen un efecto sobre el suelo en el horizonte orgánico debido a la acumulación de hojas y/o raíces finas, sin embargo, se sugiere que el efecto de éstos no son sólo producto de la especie plantada, sino más bien una combinación de factores que incluyen variables climáticas y silvícolas. Por otra parte, se ha propuesto que el eucalipto mejora la fertilidad del suelo en el largo plazo (Ricardo y Madeira, 1985; Ceccon *et al.*, 1999). En Brasil, las características físicas, químicas y biológicas del suelo en una plantación de 8-10 años de *Eucalyptus grandis* fueron las mismas que en una sabana natural

vecina. Otros estudios realizados mostraron que el suelo de plantaciones de 25 años de edad de *E. citriodora* y *E. paniculata*, contenía más de dos veces la cantidad de mantillo que la vegetación nativa, así también se tenían más microorganismos y nutrientes (Ceccon *et al.*, 1999). En los arenales costeros de Huelva (España) las zonas plantadas con eucaliptos han mejorado notablemente los suelos, ya que contienen una mayor cantidad de nutrientes y materia orgánica cuando se comparan con las zonas aledañas deforestadas (Montoya, 1995).

En Australia los bosques vírgenes de eucalipto están asociados a los mejores suelos, formando masas clímax de un valor ecológico singular y con una elevada fertilidad. Sin embargo, como sucede con cualquier otro tipo de plantación si ésta es explotada de manera intensiva, la capacidad productiva se ve mermada, entre otras cosas por la extracción de materia seca, ya que el ciclo de nutrientes no se completa y por lo tanto no hay reincorporación al suelo. En un estudio realizado en Brasil, se encontró que las microcuencas cubiertas por *Eucalyptus saligna* mostraron un balance de nutrientes y calidad de agua similar al registrado en cuencas cubiertas por bosques nativos en otras partes del mundo (Ranzini, 1990).

**Protección de suelos.** Las diferentes especies de eucalipto se han utilizado para evitar la erosión eólica en zonas de dunas en España así como rompevientos en la agricultura, principalmente por ser una especie de rápido crecimiento, por la dureza de su madera y un extenso sistema radical, así como por su protección contra el viento. En la restauración de suelos se ha considerado para desecar suelos de tipo hidromorfo, lo cual indirectamente repercute en la lucha contra el paludismo, ya que las elevadas tasas de transpiración promueven la desecación de los suelos de tipo “pseudogley” inundados permanentemente. El sistema radical de las especies de eucalipto contribuye a perforar las capas más impermeables y permitir un drenaje vertical (Montoya, 1995).

**Agua.** A las plantaciones de eucalipto en áreas cercanas a centros de distribución se les atribuye la desecación de éstas, además de dañar los

conductos de agua (Ceccon *et al.*, 1999), lo cual es verdad en cierta medida debido a que es una especie de rápido crecimiento, por lo que consume grandes cantidades de agua si tiene acceso a ella (Montoya, 1995). Así también estos poseen copas con una superficie foliar grande, aerodinámica y rugosa, que facilita los intercambios de calor y vapor de agua con la atmósfera. Además de poseer una alta resistencia estomatal lo que les confiere una baja transpiración (Jarvis y Stewart, 1978). Por otro lado, se considera que el efecto más importante es la interceptación del agua de lluvia, la cual puede considerarse como una fracción de ésta que retorna a la atmósfera sin alcanzar el manto freático (Lima, 1993); sin embargo, se ha encontrado que la cantidad de agua interceptada en las plantaciones es equivalente a la de otros tipos de bosques nativos (Ceccon *et al.*, 1999).

En cuanto a la extracción de agua por el sistema radical, los estudios mencionan que al igual que muchos bosques nativos, en las plantaciones de eucalipto las raíces se concentran en las capas superficiales del suelo (Reis *et al.*, 1985); no obstante que algunas raíces pueden alcanzar hasta 30 m de profundidad y extraer agua de 6 a 15 m de profundidad (Peck y Williamson, 1987). En cuencas hidrográficas experimentales de África el volumen de agua disminuyó cuando el bosque natural fue substituido por una plantación de *Eucalyptus grandis* después de cinco años de crecimiento de la plantación (Van Lill *et al.*, 1980).

**Biodiversidad.** El eucalipto como otras especies arbóreas nativas o introducidas en su intento por sobrevivir y establecerse combaten la presencia de plantas en el sotobosque, sobre todo a través de monopolizar las capacidades productivas naturales del sitio. A pesar que no existen suficientes datos experimentales, Montoya (1995) menciona que las especies de eucalipto, pueden generar productos químicos con funciones alelopáticas que tienen como finalidad eliminar a las demás especies que pudieran competir por nutrientes y agua, inhibiendo su germinación o crecimiento. Sin embargo, en las plantaciones comerciales una de las labores inevitables es ayudar a las plántulas a sobrevivir y desarrollarse, a través de combatir a la vegetación herbácea, arbustiva y arbórea que se establece y compite con ellos, al menos durante las primeras etapas de su desarrollo.

Aunque realmente el efecto de las plantaciones sobre la biodiversidad está en función de la composición de especies plantadas, si son nativas o introducidas, si se encuentran en masas puras o mezcladas, el grado de desarrollo, el pH del suelo y además de la comparación que se efectuó al momento del análisis *i.e.* plantación versus condiciones naturales-seminaturales ó plantación versus áreas con un uso intensivo alterno, ó con áreas abandonadas ó degradadas (Haggar *et al.*, 1997; Parrotta *et al.*, 1997a; Powers *et al.*, 1997; Stephens y Wagner, 2007).

En el mismo sentido, existen algunos estudios en los que se ha encontrado que las plantaciones de especies nativas o introducidas contribuyen a aumentar la diversidad biológica mediante el fomento de la regeneración del sotobosque (Guariguata *et al.*, 1995; Kuusipalo *et al.*, 1995; Haggar *et al.*, 1997; Keenan *et al.*, 1997; Powers *et al.*, 1997; Keenan *et al.*, 1999; Ashton *et al.*, 2001 y Carnevale y Montagnini, 2002); existen estudios en los que se ha sugerido que las plantaciones pueden mejorar la diversidad en comparación con los terrenos degradados y deforestados debido al cambio de condiciones microclimáticas y estructurales del sitio, el desarrollo de humus y liter (Geldenhuys, 1997; Keenan *et al.*, 1997; Lugo, 1997; Parotta *et al.*, 1997b; Turnbull *et al.*, 1997).

Otros estudios contradicen lo anterior, por ejemplo en el que se evaluó la regeneración en plantaciones de *Pinus radiata*, *Cupressus lusitanica*, *Eucalyptus globulus* y *Alnus acuminata* con bosque natural en Colombia, encontrando una mayor riqueza en el bosque natural (Cavelier y Santos, 1999); en el mismo sentido se tiene el estudio realizado en una plantación de 8 años de *Eucalyptus camaldulensis* para la recuperación de una zona degradada en el que los resultados mostraron que la plantación no acelera la regeneración de especies en el sotobosque (Bone *et al.*, 1997).

En el Congo Loumeto y Huttel (1997) estudiaron la estructura y diversidad florística en plantaciones de rápido crecimiento, encontrando que las especies forestales eran dominantes en el sotobosque de todas las plantaciones, pero sobre todo en las de mayor edad. Por otro lado, no se presentaron efectos de alelopatía en un estudio realizado bajo una plantación de eucalipto, sino más bien se encontró que éstos actúan como especie nodriza (Da Silva Junior *et al.*, 1995).

De acuerdo con Montoya (1995) la vegetación natural presente en los rodales de eucalipto puede llegar a ser densa y abundante si las precipitaciones son elevadas y superiores a los 750 mm anuales. Su flora resulta ser igual a la común en la zona, cuando se le cultiva en condiciones de masas abiertas y abandonadas.

Los resultados reportados hasta el momento no son concluyentes acerca del efecto positivo o no de las plantaciones de eucalipto sobre la diversidad por lo cual resulta necesario encontrar mayores evidencias y sobre todo considerar las condiciones sobre las cuales se realizan las comparaciones y conclusiones (Stephens y Wagner, 2007).

Mucho depende del tipo de comparación que se establezca y del ecosistema al que reemplace la plantación, con claras ventajas de las plantaciones cuando estas substituyen a un uso que permita menor diversidad, como son los pastizales o las áreas de cultivo marginales.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4. 1. Área de estudio

#### 4.1.1 Ubicación

El área de estudio se localiza en el límite de los estados de Oaxaca y Veracruz en los 17° 07' – 17° 54' latitud Norte y 94° 52' – 95° 54' longitud Oeste; en el municipio de Santiago Yaveo (Sánchez, 2005), la cual comprende una extensión aproximada de 2,577 ha., distribuidas en 13 predios (Figura 4.1).



Figura 4. 1 Ubicación geográfica del área de estudio dentro de Plantaciones de Tehuantepec, S. A. de C. V. Fuente: CONFORA, 2001.

#### 4.1.2 Fisiografía

El área de estudio pertenece a la provincia fisiográfica XIII, Llanura Costera del Golfo Sur, en la subprovincia 75 Llanura Costera Veracruzana. Está conformada por planicies y lomeríos. La altitud varía entre 0 a 200 msnm. (CONFORA, 2001).

### **4.1.3 Hidrología**

La región hidrológica a la que pertenece el área de estudio es la RH28 “Papaloapan”, en la cuenca A “Río Papaloapan”, que comprende los ríos: Grande-Salado, Puxmetacán-Trinidad, Cajonos, Santo Domingo Valle Nacional-Papaloapan, San Antonio, Tonto, Calapa, Petlapa y Juquila; así como las presas Presidente Alemán (Temascal) y Miguel de la Madrid Hurtado (CONFORA, 2001).

### **4.1.4 Clima**

El clima presente en la región es de tipo Am(i), cálido húmedo con lluvias abundantes en verano y precipitación invernal entre los meses de enero a marzo que representa un 7.2% del total de la precipitación anual, el cual es debido a la influencia muy marcada de los nortes.

La temperatura media anual es de 25.7 °C, la temperatura del mes más frío es de 22.5 °C corresponde a diciembre y la del mes más cálido es de 29.2 °C en el mes de mayo. La precipitación media anual es de 2,473 mm, el mes más seco corresponde a febrero con 29.8 mm y el mes más húmedo es julio con 587.8 mm (García, 1988; CONFORA, 2001).

### **4.1.5 Edafología**

Los suelos predominantes en las superficies plantadas son los cambisoles de textura media y gruesa, en menor medida se encuentran los regosoles con textura gruesa, los gleysoles y feozems con textura fina y media y por último los planosoles con textura gruesa (Alfaro, 2004). La gran mayoría de ellos presentan una fase física gravosa. Por lo que se trata de suelos con variaciones superficiales, que han sido resultado de los diferentes estratos vegetales que los han cubierto a través del tiempo. El pH varía de 4.8 a 5.9 en los terrenos plantados. Estos suelos se consideran muy adecuados para desarrollar plantaciones de eucalipto (CONFORA, 2001).

#### **4.1.6 Geología**

La unidad tectónica determinante en el comportamiento estructural y sedimentológico en el área de estudio es el Macizo Granítico de Chiapas, el cual ha constituido una fuente de aporte constante de sedimentos detríticos a las cuencas de depósitos adyacentes. La estructura de deformación principal corresponde a un homoclinal orientado noreste-sureste con buzamiento general al norte y noreste, también es notable un anticlinal asimétrico de pequeña magnitud instalado en rocas cretácicas (INEGI, 1984a).

#### **4.1.7 Vegetación**

En cuanto a la vegetación existen algunos relictos de Selva Alta Perennifolia dominados por *Terminalia amazonia* y *Sweetia panamensis*, con *Cordia alliodora* y *Didymopanax morototoni*. Se encuentran también *Scheelea liebmannii*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Bursera simaruba*, *Cedrela odorata*, *Zanthoxylum belizenze* y *Ceiba pentandra*, en lugares con disturbio acentuados.

La vegetación riparia se caracteriza por la presencia de *Salix chilensis*, *Tabebuia pentaphylla*, *Lonchocarpus hondurensis* y ocasionalmente *Cedrela odorata* (INEGI, 1984b; Rzedowski, 1988; Sánchez, 2005).

#### **4.1.8 Fauna**

Con respecto a la fauna algunas especies de mamíferos presentes en la zona son: armadillo (*Dasybus novemcintus*), comadreja (*Mustela frenata*), jaguar (*Felis onca*), mapache (*Procyon lotor*), oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), puerco espín (*Coendón mexicano*), puma (*Felis concolor*), tapir (*Tapirus bairdii*), tzereque (*Dasyprocta punctata*), tejón (*Nasua nasua*), tepezcuintle (*Agouti paca*), tlacuache (*Didelphis marsupialis*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), venado temazate (*Mazama americana*), y zorra (*Urocyon cynereoargenteus*). En cuanto a aves residentes se encuentran la chachalaca (*Ortalis vetula*), loro (*Amazona spp.*), hocofaisán (*Crax rubra*), pavo cantor (*Agriocharis ocelata*), pájaro carpintero (*Centurus aurifrons*), codorniz (*Dactylortis spp.*), lechuza (*Tyto alba*), tucán (*Pteroglossus torquatus*) y gavilán (*Buteo magnirostris*). Algunos reptiles de importancia son la víbora de cascabel (*Crotalus spp.*), nauyaca (*Bothrops spp.*), víbora sorda (*Bothrops atrox*), masacuata (*Boa constrictor*),

iguana rayada (*Ctenosaura similes*) y algunas especies de tortugas (CONFORA, 2001; Briones-Salas *et al.*, 2004; Navarro *et al.*, 2004; Casas-Andreu *et al.*, 2004).

## **4. 2. Materiales y métodos**

### **4.2.1 Sitios de muestreo**

La empresa Plantaciones de Tehuantepec, S. A. de C. V. (PLANTEHSA) cuenta con una superficie de PFC aproximada de 2,577 ha distribuidas en 13 predios, con superficies que van de 11 a 526 ha, de éstos se seleccionaron seis predios de acuerdo a un gradiente de edad, método de plantación y tipo de suelo similares (Cuadro 4.1), con la finalidad de cubrir el turno de la plantación que es de 84 meses (Figura 4.2).

**Cuadro 4.1 Gradiente de edad y superficies de los predios considerados en el estudio en el área de influencia de PLANTEHSA.**

<b>Localidad</b>	<b>Predio</b>	<b>Edad (meses)</b>	<b>Superficie (ha)</b>
Llano Grande	El Tesoro	7	68
Nuevo Ocotlán	Santa Catalina	24	526
Villa de Torres	San Alfonso	53	182
Llano Grande	El Pital	66	72
Villa de Torres	La Esperanza	72	317
Llano Grande	El Rosario	83	126

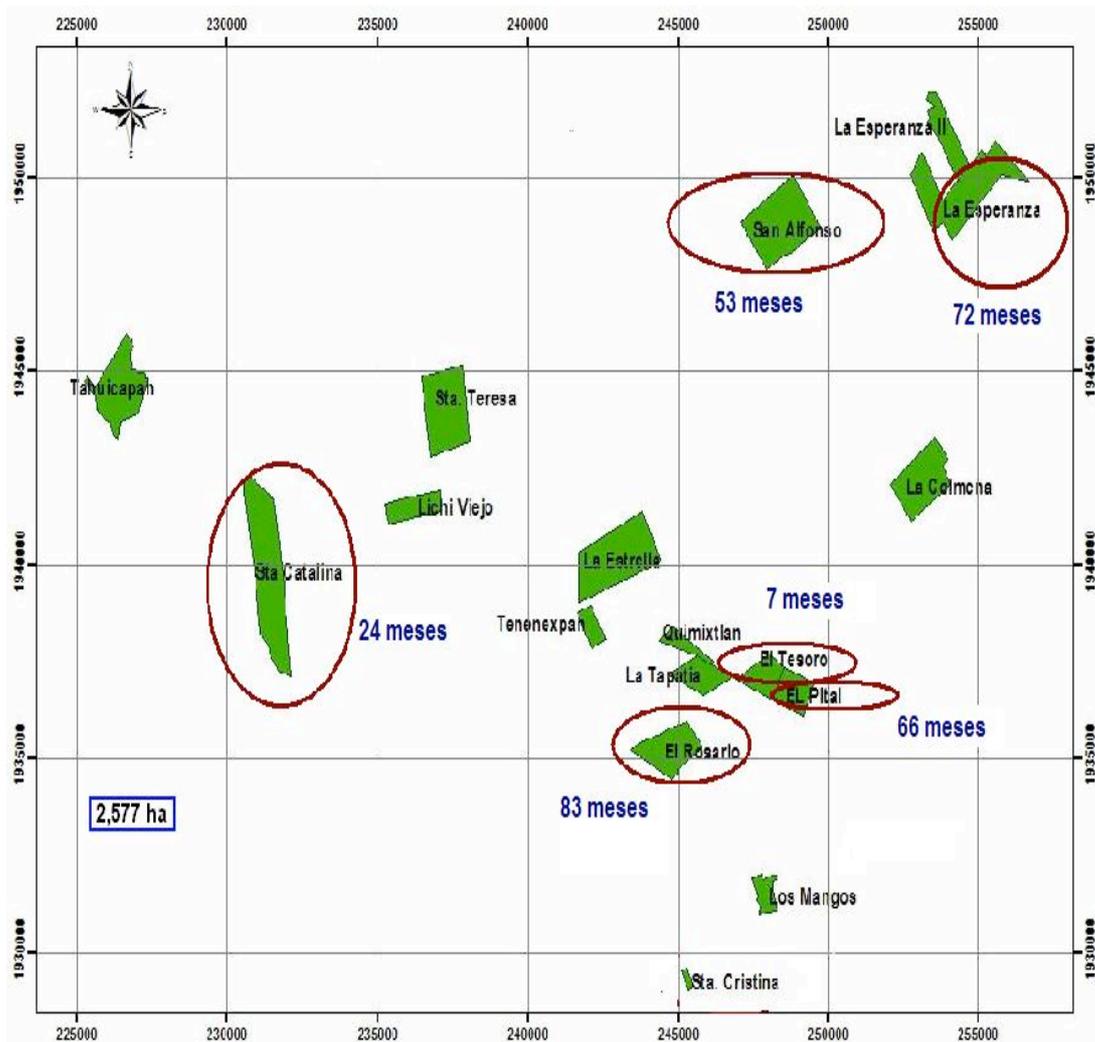
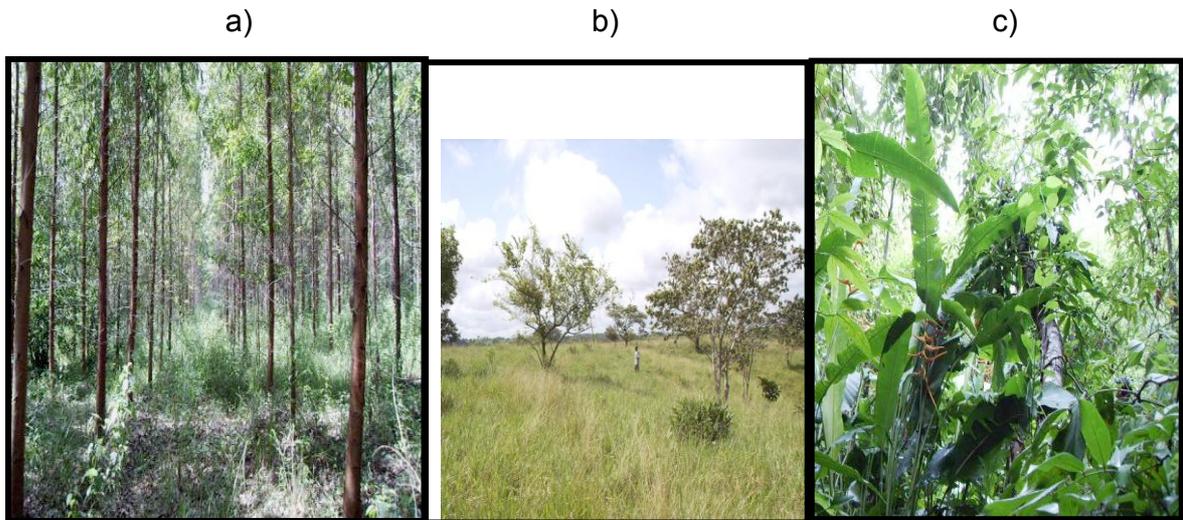


Figura 4. 2 Sitios de muestreo seleccionados, indicando la edad de la plantación en el área de influencia de PLANTEHSA. Fuente: CONFORA, 2001.

#### 4.2.2 Muestreo

El muestreo se realizó en tres comunidades vegetales, que para este trabajo se clasificaron como: plantación, pastizal y vegetación riparia (Figura 4.3). La primera corresponde a cada uno de los predios elegidos y plantados con *E. urophylla*; el pastizal se refiere a las áreas cercanas no plantadas y que se dedicaron o están siendo utilizadas para el pastoreo; finalmente las áreas denominadas “vegetación riparia” corresponden principalmente a aquellas superficies con vegetación secundaria cercanas a la plantación y que crece en la ribera de los ríos, sobre todo en su curso medio y bajo (Cházaro, 1986).

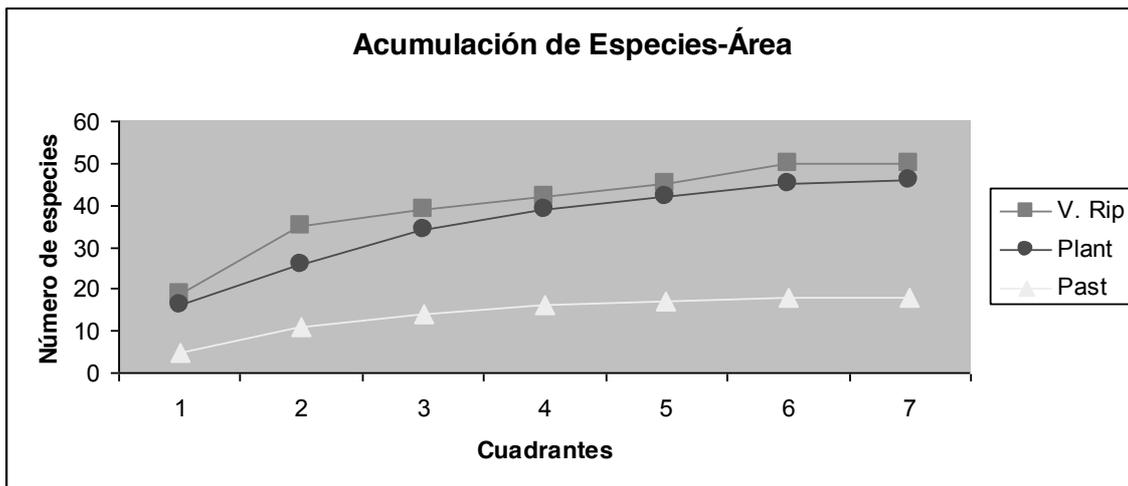


**Figura 4. 3 Ejemplo del tipo de comunidades muestreadas: a) plantación, b) pastizal y c) vegetación riparia en el área de influencia de PLANTEHSA.**

Para conocer con mayor detalle la estructura de las comunidades, el sotobosque se dividió en tres estratos: alto (más de 2 m de altura), estrato medio (0.71 m a 2 m de altura) y estrato bajo (menor de 0.70 m de altura). Considerando la estacionalidad de muchas especies, se hicieron dos muestreos en el año: primavera-verano y otoño-invierno de 2006-2007.

Se estableció un total de 126 unidades de muestreo o cuadros que corresponden a siete unidades por cada tipo de comunidad (plantación, pastizal y vegetación riparia) y edad de plantación (Cuadro 4.1).

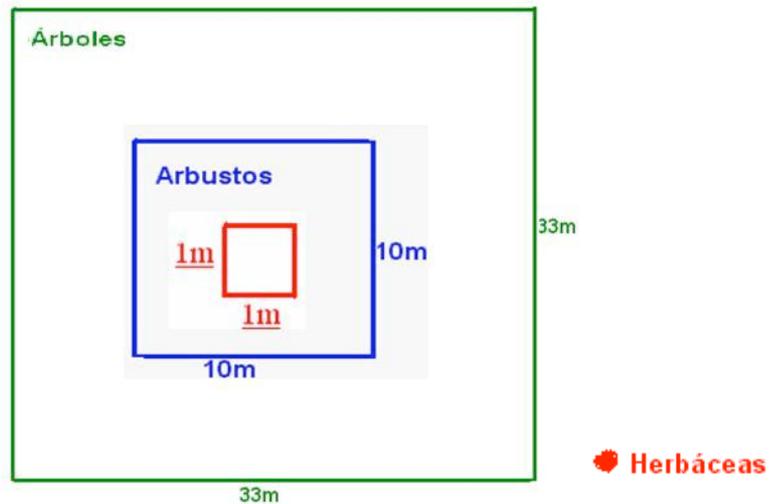
El número de unidades de muestreo se determinó a través de la curva de especies-área (Figura 4.4), lo anterior, consistió en graficar el número de especies encontradas para una superficie de muestreo (Greig-Smith, 1983), a través de los datos obtenidos en una colecta previa realizada en el 2004.



**Figura 4. 4 Curva de acumulación de especies encontrada por condición en el área de influencia de las plantaciones de PLANTEHSA.**

En cada predio se ubicaron aleatoriamente siete parcelas de 0.1 ha, realizándose el muestreo en cuadros anidados, siendo de 1000 m<sup>2</sup> para el estrato alto, 100 m<sup>2</sup> para el estrato medio y 1 m<sup>2</sup> para el estrato bajo (Figura 4.5).

Dentro de cada unidad de muestreo o cuadro, se registraron, sólo en el sotobosque (por supuesto, este muestreo no incluye a la especie plantada), los siguientes atributos: nombre común, género y especie (cuando se conocía), número de individuos, porcentajes de cobertura ocupada por arbustos y herbáceas. Se midieron los diámetros normales de los árboles mayores o iguales a 1 cm (a 1.3 m sobre el nivel del suelo) con la ayuda de una cinta diamétrica. Para árboles con contrafuertes, el diámetro se midió inmediatamente arriba de éstos, mientras que para los árboles con tallos múltiples se midió cada uno de ellos a la altura del pecho y posteriormente se obtuvo el promedio.



**Figura 4. 5 Muestreo de cuadros anidados utilizados en el estudio.**

A su vez, para conocer la composición florística del área de estudio se llevó a cabo la colecta de material botánico presente en las unidades de muestreo, colectándose tres muestras con estructuras reproductivas (flor y fruto, cuando estaban presentes), que se colocaron entre papel periódico (Figura 4.6), colocándoles una etiqueta con un número sucesivo, nombre común y científico (cuando se conocía), dichos ejemplares fueron posteriormente determinados en los herbarios: Herbario Nacional de México (MEXU) y en el Herbario de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza-UNAM (FEZA).

La determinación se hizo mediante el cotejamiento de los ejemplares, así como con la ayuda de bibliografía reportada para la región de Oaxaca y Veracruz, el trabajo realizado sobre la región de Tuxtepec, Oaxaca por Sarukhán (1964) y con el manual para la identificación de árboles tropicales de Pennington y Sarukhán (2005), así como con especialistas de la UNAM: en las familias Euphorbiaceae por Martha Martínez Gordillo y en Leguminosae por Ramiro Cruz Durán, en el mismo sentido, se contó con el apoyo de los trabajadores de la empresa para la identificación del nombre común en la zona.



Figura 4. 6 Colecta de material botánico en el área de estudio

#### 4.2.3 Análisis de información

Con los datos registrados *in situ* se generaron archivos de datos en Excel 2007, y a partir de estos se obtuvieron los valores de densidad, dominancia y frecuencia, así como sus respectivos valores relativos, a través de las siguientes fórmulas (Stiling, 1999), con las cuales se analizó la estructura de las comunidades:

**Densidad:** Se estimó a partir del conteo del número de individuos en un área dada.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Número de individuos}}{\text{Área muestreada}}$$

**Densidad relativa:** Es la proporción porcentual de cada especie entre el número total de los individuos multiplicados por 100.

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad por especie}}{\text{Densidad de todas las especies}} * 100$$

**Dominancia o Cobertura:** Es la proporción del área ocupada por la proyección vertical de las partes aéreas de los individuos de la especie considerada; se expresa como porcentaje de la superficie total.

$$\text{Dominancia} = \frac{\text{Total del área basal}}{\text{Área muestreada}}$$

**Dominancia o Cobertura relativa:** Es la proporción de cada especie evaluada multiplicada por 100.

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia por especie}}{\text{Dominancia de todas las especies}} * 100$$

**Frecuencia:** Es la probabilidad de encontrar dicho individuo en una unidad muestral particular.

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{Unidades de muestreo en los que está presente la especie}}{\text{Número total de unidades de muestreo}}$$

**Frecuencia relativa:** Se obtienen a partir del porcentaje de la suma de una especie entre la suma de las frecuencias de todas las especies multiplicado por 100.

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia por especie}}{\text{Frecuencia de todas las especies}} * 100$$

**Índice de Valor de Importancia (IVI):** Este índice sugerido por Lamprecht (1990), es una medida de cuantificación para asignarle a cada especie su categoría de importancia y se obtiene de la suma de la Densidad relativa, Dominancia relativa y Frecuencia relativa.

$$(\text{IVI}): \text{IVI}_i = A_i \% + D_i \% + F_i \%$$

Donde:

$A_i$  = Densidad relativa

$D_i$ = Dominancia relativa

$F_i$ = Frecuencia relativa

$i$ = Especies en la comunidad, 1...n

A través del conteo del número de especies presentes por comunidad, estrato y edad se determinó la riqueza de especies (diversidad alfa), que además se obtuvo a través de los índices de Shannon-Wiener y de Simpson. Con el propósito de conocer la similitud entre las comunidades se obtuvo la diversidad beta a través del coeficiente de Jaccard y el índice de Sørensen. El cálculo de estos índices de diversidad se efectuó con las siguientes fórmulas (Magurran, 1988):

### **Índice de Shannon-Wiener**

$$H' = \sum p_i \ln p_i$$

Donde:

$p_i$ = Abundancia proporcional de la especie  $i$

$\ln$  = Logaritmo natural

Considera que los individuos se muestrean al azar a partir de una población "indefinidamente grande" así también asume que todas las especies están representadas en la muestra. El valor del índice suele hallarse entre 1.5 y 3.5 y sólo en ocasiones sobrepasa 4.5

### **Índice de Simpson**

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde:

$p_i$ = abundancia proporcional de la especie  $i$

Proporciona la probabilidad de que dos individuos al azar de una comunidad infinitamente grande pertenezcan a diferentes especies. A medida que  $\lambda$  se incrementa, la diversidad decrece.

### **Coeficiente de Jaccard**

$$C_j = \frac{j}{a + b - j} * 100$$

Donde:

$j$  = Número de especies comunes entre dos comunidades

$a$  = Número de especies de la comunidad  $a$

$b$  = Número de especies de la comunidad  $b$

Este índice está diseñado para ser igual a 1 cuando la similitud es total e igual a 0 si no se tienen especies en común.

### **Índice de Sørensen**

$$I_{ss} = \frac{2C}{(A + B)} * 100$$

Donde:

$I_{ss}$  = Coeficiente de similitud de Sørensen

$A$  = Número de especies de la muestra  $A$

$B$  = Número de especies de la muestra  $B$

$C$  = Número de especies en común

Este índice está diseñado para ser igual a 1 cuando la similitud es total e igual a 0 si no se tienen especies en común.

Con la finalidad de comparar las áreas muestreadas se realizó la prueba de Hutcheson con los valores obtenidos por los índices a través de las siguientes fórmulas (ZAR, 1974):

$$t = \frac{H_1 - H_2}{S_{H_1} - S_{H_2}}$$

Donde:

$H_1$  = Índice de Shannon de la muestra 1

$H_2$  = Índice de Shannon de la muestra 2

$S_{H_1}$  = Varianza de la muestra 1

$S_{H_2}$  = Varianza de la muestra 2

Y la varianza:

$$S_H = \frac{\sum p_i \log^2 p_i - \frac{(\sum p_i \log p_i)^2}{n}}{n^2}$$

Donde:

$p_i$  = Número de observaciones en la categoría i

log = Logaritmo

n = Número de individuos de la muestra

Por último se obtuvieron los grados de libertad a través de la siguiente fórmula:

$$v = \frac{(S^2_{H_1} + S^2_{H_2})^2}{\frac{(S^2_{H_1})^2}{n^1} + \frac{(S^2_{H_2})^2}{n^2}}$$

Donde:

$S^2_{H_1}$  = Varianza de la muestra 1

$S^2_{H_2}$  = Varianza de la muestra 2

$n^1$  = Número de individuos de la muestra 1

$n^2$  = Número de individuos de la muestra 2

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5. 1. Composición y estructura

#### 5.1.1 Composición florística y riqueza

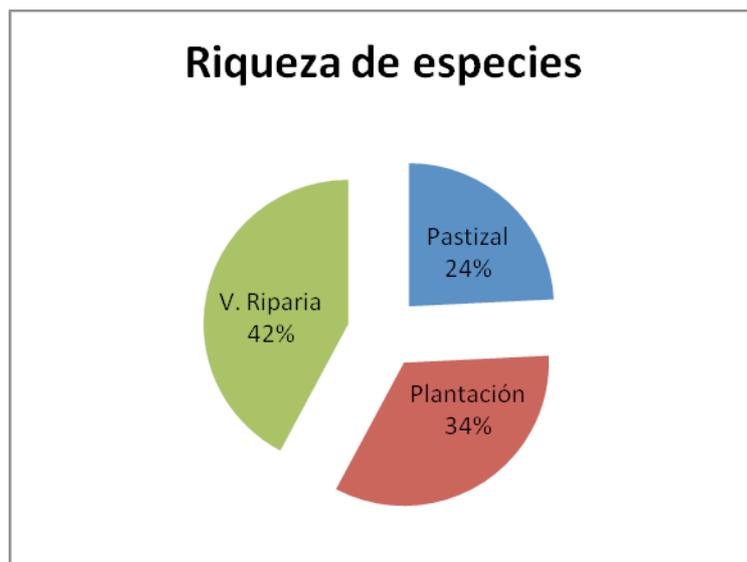
En el Anexo 1 se listan los nombres científicos y comunes de las especies encontradas en las tres comunidades (plantación, pastizal y vegetación riparia) agrupadas por familias. Se colectaron un total de 235 especies de las cuales 92 no fueron determinadas, debido a que los ejemplares se colectaron sin estructuras reproductivas. Las 143 especies determinadas están distribuidas en 59 familias y 122 géneros. La familia mejor representada fue Leguminosae con 19 géneros y 27 especies, lo cual representa el 15.58% del total de los géneros y 11.49% del total de las especies encontradas, este resultado coincide con lo encontrado por Gentry (1988) para la región Neotropical y para los bosques tropicales de la región baja de África, en donde también la familia Leguminosae fue la más abundante. Las familias con una menor representación de géneros en éste estudio fueron la Euphorbiaceae, Melastomataceae y Rubiaceae, cada una con seis especies.

El mayor número de individuos por especie, para el total de las parcelas dentro de la plantación, se presentó en *Guazuma ulmifolia* y *Croton glandulosus* con 169 y 168 individuos respectivamente; en las parcelas de pastizales, la especie con mayor número de individuos fue *Sida rhombifolia* con 209 y en las parcelas de vegetación riparia fue el “Jolocín” con 343 individuos.

Considerando todas las edades de plantación con *Eucalyptus urophylla*, se encontraron especies propias de selva, tales como: *Acosmium panamense*, *Andira galeottiana*, *Bursera simaruba*, *Calycophyllum candidissimum*, *Ceiba pentandra*, *Cordia alliodora*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Guarea aff. chichon*, *Pouteria sp.*, *Schefflera morototonii*, *Quararibea funebris*, *Vochysia guatemalensis* y *Xylopia frutescens*, así también elementos de vegetación secundaria como: *Byrsonima crassifolia*, *Cecropia obtusifolia*, *Cedrela odorata*, *Heliocarpus sp.*, *Piper sp.* En general éstos resultados confirman los estudios de Carnus *et al.*, (2003) y Dyck (2003) en los cuales se corroboran que las plantaciones propician el establecimiento de un sotobosque con especies

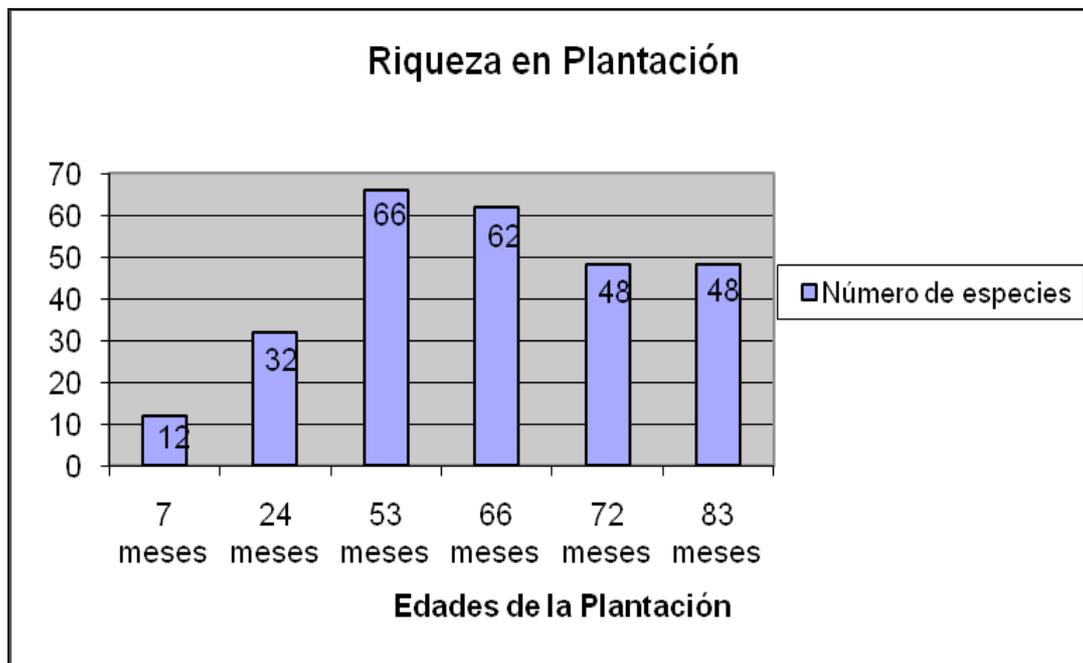
nativas, ya sea a partir de la semilla existente en el suelo o por algún agente dispersor de éstas, acelerando el proceso de sucesión secundaria en algunos sitios, promoviendo la conectividad en ecosistemas y protegiendo a los relictos de vegetación natural; en los pastizales del área de estudio es común encontrar árboles aislados que en general son remanentes de selva, los cuales fueron dejados en pie para proveer de sombra, alimento, madera, leña y como cercos vivos, entre estos se encuentra: *Bursera simaruba*, *Cordia alliodora* y *Enterolobium cyclocarpum*.

Con respecto a la riqueza de especies, en la vegetación riparia se encontraron 177 especies, y en la plantación 139 especies. Los resultados obtenidos en una plantación de *Acacia mangium* reportan 151 especies (Kuusipalo *et al.*, 1995); sin embargo, en el caso de plantaciones introducidas de pinos, en un estudio realizado en Argentina la riqueza fue de tan sólo 24 especies (Paritsis *et al.*, 2008) por lo que se podría decir que el efecto de las plantaciones depende de las condiciones del sitio así como de la especie plantada (Hartley, 2002; Stephens y Wagner, 2007). La riqueza encontrada en los pastizales aledaños a la plantación fue de 102 especies en 4242 m<sup>2</sup> (Figura 5.1), que comparándolo con el estudio realizado en Los Tuxtlas, Veracruz en un área de potreros es menor, ya que se obtuvieron 229 especies en 600 m<sup>2</sup> (Guevara *et al.*, 2005). En general en la región Neotropical se han reportado hasta 300 especies de árboles con diámetros mayores a 10 cm en 1 ha de muestreo (Huang *et al.*, 2003).



**Figura 5. 1 Porcentaje relativo de la riqueza de especies por tipo de comunidad en el área de influencia de la empresa PLANTEHSA.**

La riqueza de especies en las diferentes edades de la plantación estudiada (7, 24, 53, 66, 72 y 83 meses) se muestra en la Figura 5.2, en donde se observa que la plantación con 53 meses fue la que presentó una mayor riqueza, mientras que la plantación de 7 meses de edad mostró una riqueza de 12 especies. Este número bajo de especies puede atribuirse a que durante el establecimiento de la plantación se realizan actividades de deshierbe tanto mecánico como químico para evitar la competencia con la especie plantada; por otro lado, la mayor riqueza de especies presentada en la plantación de 53 y 66 meses sugieren que existe una mayor heterogeneidad ambiental (Huang *et al.*, 2003), microclimática y lumínica, lo que proporciona una variedad de microhábitats en donde pueden coexistir un mayor número de especies (Parrotta *et al.*, 1997b; Powers *et al.*, 1997; Lugo, 1997; Zhuang, 1997; Nagaike, 2001; Kamo *et al.*, 2002).



**Figura 5. 2 Riqueza de especies en el sotobosque de plantaciones de *Eucalyptus urophylla* de diferentes edades (meses) en el área de influencia de PLANTEHSA.**

Para conocer la categoría de riesgo de las especies presentes en el área de estudio, se consultó la NOM-059-SEMARNAT-2001. Del total de especies identificadas, sólo *Acosmium panamense* (Leguminosae), conocida localmente como “guayacán”, se encontró dentro de la categoría (A) “Amenazada” (SEMARNAT, 2002). Lo anterior se considera un resultado del cambio de uso de suelo y la deforestación del trópico húmedo, aunado a los diversos usos que tiene la madera de esta especie, que van desde la fabricación de chapa, vista de madera terciada, durmientes de muy buena calidad, postes y construcciones locales, así como para la fabricación de lambrín, parquet y duela (FAO, 1981; Montoya, 1995). En este estudio, esta especie presentó una densidad de 343 individuos dentro de la vegetación riparia en la superficie muestreada y 23 individuos en plantaciones, en general la especie es de las más representativas debido a su abundancia en el estado de Oaxaca (Sousa *et al.*, 2004) así como en el área de estudio, ya que es codominante de las selvas altas perennifolias del centro de Veracruz y norte de Oaxaca, también de las selvas medianas

subperennifolias de la península de Yucatán y es abundante en la selva alta perennifolia de las planicies de Tabasco y norte de Chiapas (Pennington y Sarukhán, 2005).

### **5.1.2 Índice de valor de importancia**

En el Cuadro 5.1 se muestran los atributos estructurales de las comunidades estudiadas considerando únicamente las ocho especies de mayor índice de valor de importancia (IVI). En plantaciones la especie más importante fue *Hyptis suaveolens* del estrato medio (0.70 – 2.0 m) aunque también estuvieron presentes en los diferentes estratos *Cordia alliodora*, *Cassia fistula* y *Guazuma ulmifolia* que son elementos de selva y de vegetación secundaria propia de la región, las cuales se encuentran reportadas en los trabajos realizados en estas comunidades (Rzedowski, 1988; Pennington y Sarukhán, 2005).

Por otra parte, las demás especies que estuvieron presentes en esta comunidad presentan IVI que oscilan entre 0.3908 a 18.4495, este último corresponde a la especie *Schefflera morototonii* que está restringida a la vertiente del Golfo y es abundante en vegetación secundaria avanzada derivada de selvas altas perennifolias especialmente de *Terminalia amazonia* (Pennington y Sarukhán, 2005).

En el caso de los pastizales la especie con mayor IVI fue *Verbesina sp.* del estrato medio; así como *Cassia fistula* y *Luehea speciosa* como elementos de vegetación secundaria del estrato alto (> 2.0 m), los cuales sirven de sombra, alimento y leña (Guevara *et al.*, 1994). Los demás IVI oscilaron entre 0.6600 y 10.3906, este último corresponde a *Helicteres guazumaefolia* la cual es una especie utilizada para tratar la disentería.

Dentro de la vegetación riparia la especie con mayor valor de importancia (IVI) fue *Heliconia aff. latisphata*, presente en el estrato medio además de elementos arbóreos propios de vegetación secundaria como *Bursera sp.*, *Cordia sp.*, *Piper sp.*, entre otras, (Rzedowski, 1988). Los IVI de las demás especies presentes fluctuaron entre 0.2281 y 6.0451; este último valor corresponde a la especie *Borreria aff. latifolia* que es una especie abundante localizada en el trópico mexicano, originaria de América tropical (Stevens *et al.*, 2001).

**Cuadro 5.1 Atributos estructurales de la vegetación en las tres comunidades estudiadas: (D) densidad, (DR) densidad relativa, (Dom) dominancia, (DoR) dominancia relativa, (F) frecuencia de individuos por unidad muestreada, (FR) frecuencia relativa e (IVI) índice de valor de importancia relativa.**

Plantación							
Especie	D	DR	Dom	DoR	F	FR	IVI
<i>Hyptis suaveolens</i>	0.03	17.43	0.02	7.16	0.17	6.54	<b>31.14</b>
<i>Scleria pterota</i>	0.36	1.88	0.23	20.64	0.36	8.15	30.67
<i>Croton glandulosus</i>	0.038	22.32	0.02	7.24	0.02	0.93	30.49
<i>Mimosa pudica</i>	2.29	12.02	0.06	5.53	0.33	7.61	25.15
<i>Cordia alliodora</i>	0.002	8.25	0.000008	13.25	0.26	3.46	24.96
<i>Cassia fistula</i>	0.002	7.09	0.000005	8.40	0.55	7.23	22.72
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0.004	12.23	0.000004	6.92	0.24	3.14	22.29
<i>Davilla kunthii</i>	0.012	7.25	0.02	7.60	0.17	6.54	21.39
Pastizal							
Especie	D	DR	Dom	DoR	F	FR	IVI
<i>Verbesina sp</i>	0.04	29.56	0.60	31.29	0.17	9.85	<b>70.70</b>
<i>Cassia fistula</i>	0.001	12.72	0.00001	23.345	0.38	14.95	51.01
<i>Luehea speciosa</i>	0.001	10.97	0.00001	24.99	0.31	12.15	48.11
<i>Mimosa pudica</i>	4.09	13.75	0.08	6.78	0.52	12.71	33.25
Especie 21	0.38	1.28	0.25	22.54	0.38	9.25	33.06
<i>Scleria pterota</i>	0.38	1.28	0.23	21.12	0.38	9.25	31.64
<i>Sida rhombifolia</i>	0.03	18.93	0.01	5.62	0.07	4.22	28.79
<i>Acrocomia aculeata</i>	0.0002	2.99	0.00001	19.26	0.12	4.68	26.92
Vegetación Riparia							
Especie	D	DR	Dom	DoR	F	FR	IVI
<i>Heliconia aff. latisphata</i>	0.05	22.01	0.06	14.84	0.33	11.29	<b>48.15</b>
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>	0.03	14.35	0.05	12.99	0.5	16.94	44.27
“Jolocín”	0.01	15.01	0.0001	12.69	0.90	6.99	34.71
<i>Apeiba tibourbou</i>	0.01	5.60	0.0001	13.50	0.71	5.52	24.63
<i>Syngonium podophyllum</i>	1.62	11.22	0.04	5.54	0.31	7.03	23.79
<i>Miconia argentea</i>	0.001	7.61	6.65	7.08	0.83	6.45	21.14
<i>Conostegia xalapensis</i>	0.01	7.12	0.02	5.01	0.24	8.06	20.19
<i>Scleria pterota</i>	0.24	1.65	0.09	11.08	0.24	5.41	18.13

### **5.1.3 Formas de vida**

El Cuadro 5.2 muestra la composición de especies que debido a su densidad por hectárea caracterizan de manera general los estratos establecidos en este estudio. *Stemmadenia donnell-smithii* fue una especie arbórea común en el estrato alto (> 2.0 m) en las tres comunidades, aunque el mayor IVI lo presentó en el sotobosque de la vegetación riparia (Cuadro 5.1). La especie *Vismia mexicana* de forma arbórea fue dominante en el estrato alto de la plantación y vegetación riparia, en el estrato bajo *Phyllanthus lathyroides* de forma herbácea estuvo presente en las comunidades de plantación y pastizal.

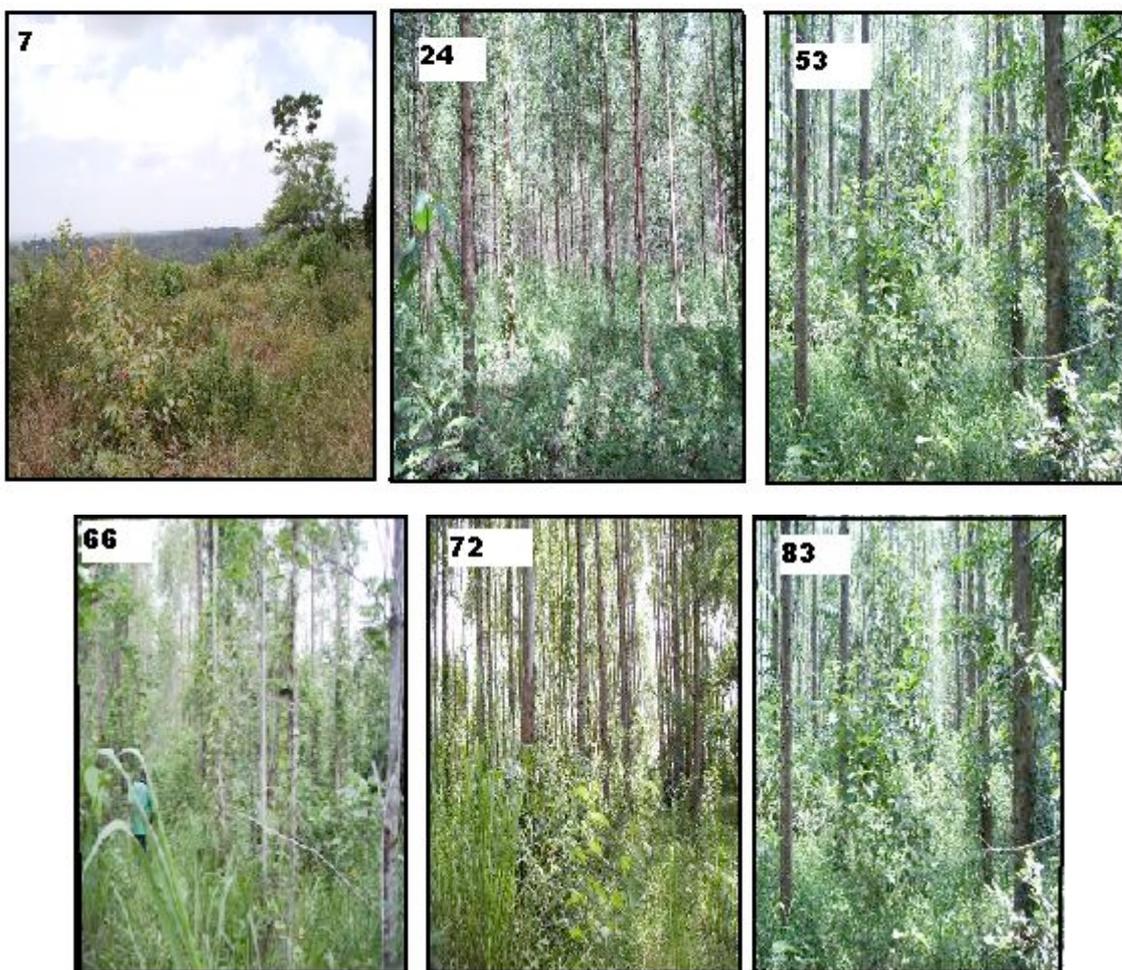
En el estrato alto de la vegetación riparia, la especie que sobresalió por su alta densidad fue el “Jolocín” de forma arbórea, en plantación como en pastizales fue *Guazuma ulmifolia* también de forma arbórea; es el estrato alto de las tres comunidades en el que se localizaron el 45.62% de los individuos registrados. En el estrato medio de la vegetación riparia *Heliconia aff. latisphata* fue la especie herbácea con mayor densidad, mientras que *Verbesina sp.* y *Croton glandulosus* también herbáceas lo fueron para pastizal y plantación respectivamente; en este estrato el porcentaje de individuos presentes fue de 24.61% para las tres comunidades. *Mimosa pudica* fue la especie herbácea con la mayor densidad en el estrato bajo en pastizal y el 29.8% de individuos estuvo presente en este estrato en las tres comunidades.

**Cuadro 5.2 Especies, densidad y formas de vida que caracterizan los estratos alto, medio y bajo en las comunidades estudiadas en el área de influencia de PLANTEHSA (se presentan únicamente las especies con mayor densidad/ha).**

Plantación							Vegetación Riparia						
Pastizal							Estrato Alto						
Especie	Densidad	Forma de Vida	Especie	Densidad	Forma de Vida	Especie	Densidad	Forma de Vida	Especie	Densidad	Forma de Vida		
<i>Guazuma ulmifolia</i>	40	A	<i>Guazuma ulmifolia</i>	17	A	"Jolocin"	81	A					
<i>Cordia alliodora</i>	27	A	<i>Cassia fistula</i>	12	A	<i>Vismia mexicana</i>	55	A					
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>	25	A	<i>Luehea speciosa</i>	10	A	<i>Miconia argentea</i>	41	A					
"Solerilla"	25	Ar	<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>	10	A	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	32	A					
<i>Cassia fistula</i>	23	A				<i>Apeiba tibourbou</i>	30	A					
<i>Vismia mexicana</i>	23	A				<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>	25	A					
Estrato Medio													
<i>Croton glandulosus</i>	381	Ar	<i>Verbesina</i> sp.	398	H	<i>Heliconia</i> aff. <i>latisphata</i>	479	H					
<i>Hyptis suaveolens</i>	297	Ar	<i>Sida rhombifolia</i>	255	H	<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>	312	A					
<i>Davilla kunthii</i>	124	Ar	<i>Triumfeta</i> sp.	119	Ar	<i>Conostegia xalapensis</i>	155	Ar					
			<i>Solanum</i> aff. <i>ferrugineum</i>	119	Ar	<i>Helicteres guazumaefolia</i>	131	Ar					
Estrato Bajo													
Especie 72	24,285	Ar	<i>Mimosa pudica</i>	40,952	H	<i>Syngonium podophyllum</i>	16,190	H					
<i>Mimosa pudica</i>	22,857	H	"Espinita morada"	40,000	H	Especie 107	9,048	H					
<i>Phyllanthus lathyroides</i>	20,238	H	Especie 109	30,952	H	<i>Borreria</i> aff. <i>latifolia</i>	7,857	H					
<i>Desmodium</i> aff. <i>callilepis</i>	12,142	H	<i>Sida rhombifolia</i>	24,285	H	<i>Phanerophebia</i> sp.	7,619	H					

A- Árbol; Ar- Arbusto; H- Hierba

En la Figura 5.3 puede apreciarse que a medida que incrementa la edad de la plantación, la vegetación presente en los estratos del sotobosque estudiado, va diferenciándose, presentando mayor semejanza con la vegetación riparia. En la edad de 7 meses existe un mayor número de herbáceas, para las edades correspondientes a 24, 53 y 66 meses se presentan herbáceas y aunque comienzan a predominar los arbustos es en las edades de 72 y 83 meses que el sotobosque está conformado en su mayoría por árboles y arbustos y en menor proporción por herbáceas.



**Figura 5. 3 Estructura de las plantaciones de *Eucalyptus urophylla* y vegetación asociada, en las diferentes edades de la plantación (meses) en el área de influencia de PLANTEHSA.**

## **5. 2. Índices de diversidad alfa y beta**

### **5.2.1 Diversidad alfa**

Como se ha mencionado la diversidad alfa ( $\alpha$ ) conjuga la riqueza de especies (número de especies) y su abundancia relativa para una comunidad particular a la que se considera homogénea (Halffter, 1992; Piñero, 2005). En el Cuadro 5.3 se muestran los valores de los índices de diversidad en cada comunidad considerada. Se observa que la vegetación riparia presenta la mayor diversidad y riqueza (Figura 5.1). La prueba de Hutcheson demuestra diferencias significativas en este tipo de comunidad cuando se compara con la diversidad presente en pastizales y plantaciones (Cuadro 5.3). De acuerdo con la revisión que reporta Stephens y Wagner (2007) al comparar la diversidad entre plantaciones y vegetación natural, los estudios existentes concuerdan con los resultados obtenidos en este estudio.

Esto es, la presencia de una mayor diversidad en condiciones naturales, sobre todo si se compara con una plantación de especies introducidas. Sin embargo, esto no puede ser concluyente para definir un efecto negativo de las plantaciones sobre la diversidad vegetal ni animal (Evans, 1992). Al comparar plantaciones con especie introducidas o nativas y algún otro uso de la tierra (agrícola, pastizal, etc.) la gran mayoría de estudios reportan una mayor diversidad vegetal y animal en las plantaciones (Stephens y Wagner, 2007), lo cual también concuerda con los resultados encontrados en este estudio (Cuadro 5.3).

**Cuadro 5.3 Diversidad alfa de especies en las tres comunidades de estudio calculada a través de índices de diversidad para el área de influencia de PLANTEHSA.**

<b>Índices de Diversidad Alfa</b>	<b>Pastizal</b>	<b>Vegetación Riparia</b>	<b>Plantación</b>
Shannon-Wiener	3.5 <sup>a</sup>	4.09 <sup>b</sup>	4.05 <sup>a</sup>
Simpson	0.043	0.026	0.030

<sup>ab</sup> Valores con diferente letra son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) de acuerdo a la prueba de Hutcheson para el índice de diversidad de Shannon-Wiener.

### **Diversidad alfa en pastizales**

Se registraron 102 especies en esta comunidad y una densidad de 2,214 individuos en el área muestreada. Los índices de diversidad (Cuadro 5.3) son menores que en la vegetación riparia y la plantación, lo cual es comparable con el estudio realizado en una plantación de 6 años y pastizales abandonados en Costa Rica, donde se registró una mayor diversidad en plantaciones (Haggan *et al.*, 1997). En el área de estudio fue posible observar un banco de plántulas y posiblemente de semillas (Figura 5.4), que pueden provenir de la comunidad que fue reemplazada (selva alta y mediana perennifolia) para el establecimiento de potreros, que debido a su escasa productividad fueron abandonados. Por otro lado, pueden estar actuando los agentes dispersores de semillas tanto bióticos como abióticos y que actúan a nivel del paisaje (Carnus *et al.*, 2003), ya que los pastizales muestreados se encontraban cercanos a la vegetación riparia y plantaciones.



**Figura 5. 4 Banco de plántulas en pastizales cercanos a las plantaciones de *Eucalyptus urophylla* en el área de influencia de PLANTEHSA**

### **Diversidad alfa en vegetación riparia**

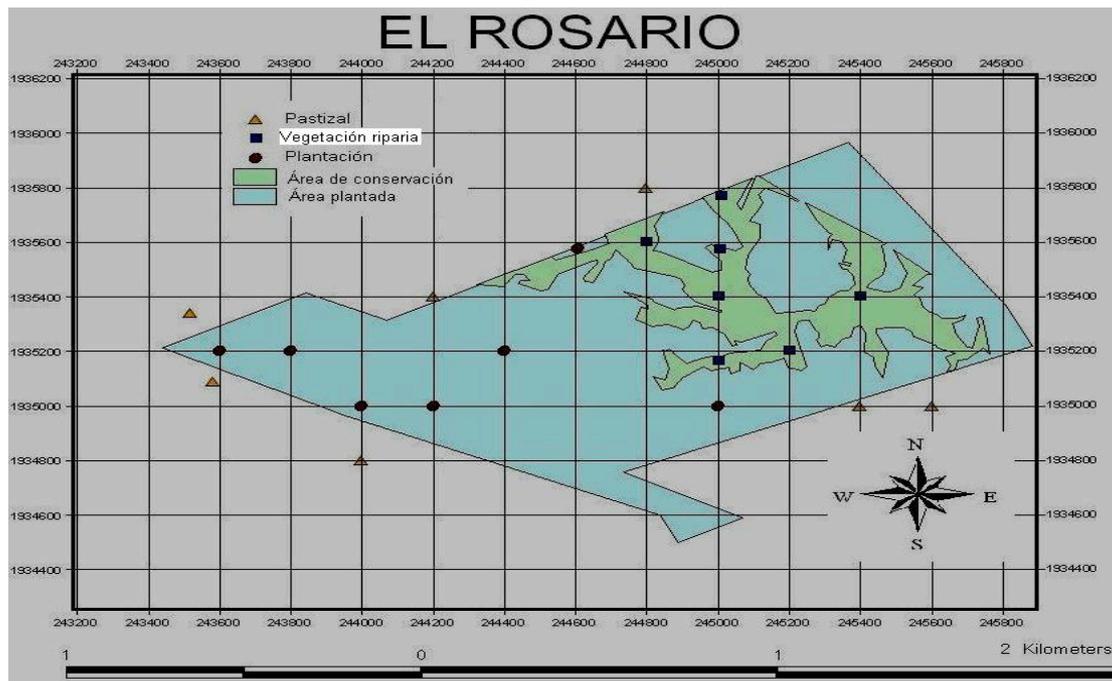
En la vegetación riparia (Figura 5.5) se registraron los mayores valores de riqueza (177 especies) y una densidad de 3,806 individuos en el área

muestreada. Los índices de diversidad obtenidos lo corroboran (Cuadro 5.3), ya que los valores y composición florística son característicos de estas comunidades. Godínez-Ibarra *et al.*, (2002) encontraron una riqueza de 131 especies para la vegetación nativa con valores del índice de Shannon que van del 3.15 al 3.52 en parcelas estudiadas en el centro de Veracruz. En el área de estudio, la vegetación riparia y las plantaciones muestreadas presentaron una mayor diversidad al compararse con los pastizales.

Por otro lado, esta comunidad contribuye con un 42% de la riqueza total aún cuando la superficie que ocupa es mínima (menos del 10%) comparada con las otras comunidades, ya que sólo se localiza en cañadas y a orillas de los cuerpos de agua dentro de la superficie plantada, lo que refleja su importancia ecológica. Por ejemplo, el predio El Rosario tiene un área de conservación del 10% aproximadamente con relación al área plantada por lo que sería deseable que el área de conservación se mantuviese en las mejores condiciones de manejo o bien que pudiera incrementarse (Figura 5.6).



**Figura 5. 5 Diversidad de especies en vegetación riparia.**



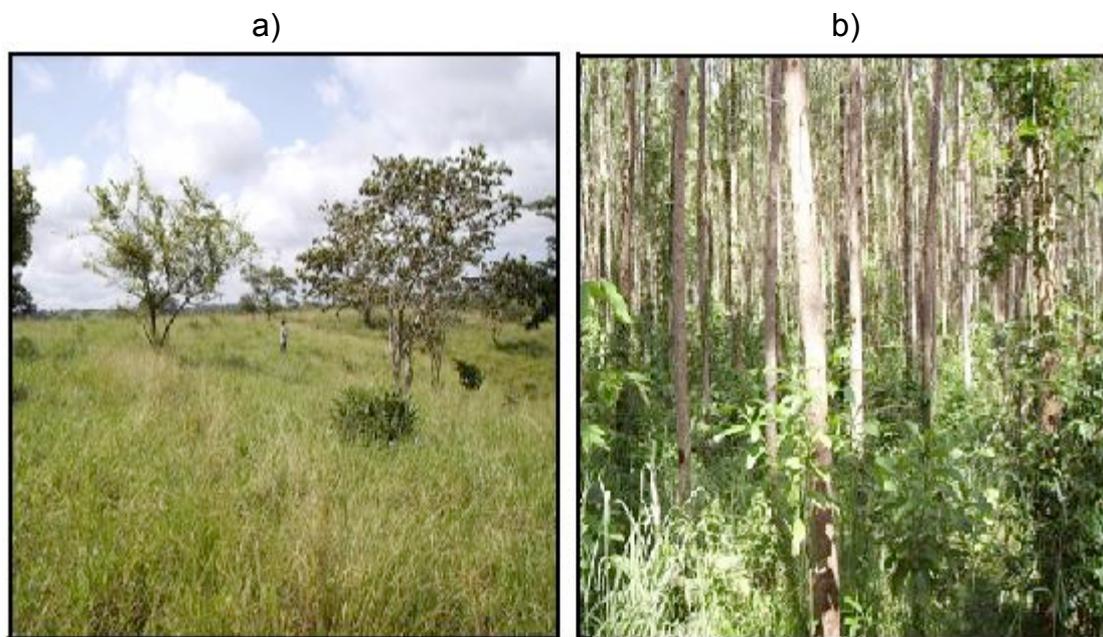
**Figura 5. 6 Distribución de la superficie de la vegetación riparia (área de conservación) dentro de un predio del área de estudio.  
Fuente: PLANTEHSA.**

### Diversidad alfa en plantación

La riqueza registrada fue de 139 especies con una densidad de 2,896 individuos en el área muestreada. La diversidad alfa encontrada en esta comunidad es mayor que en pastizales (comunidad que ha reemplazado) por lo que se infiere que el efecto que tiene la plantación de *Eucalyptus urophylla* en los pastizales es la de contribuir a crear condiciones adecuadas para el incremento de la diversidad (Figura 5.7), lo cual de acuerdo a Carnus *et al.*, representa el “efecto catalítico” de las plantaciones. Por otro lado, otros estudios (Lugo, 1997; Parrotta *et al.*, 1997) manifiestan que las plantaciones pueden mejorar la diversidad, en comparación con los terrenos degradados y deforestados, permitiendo el establecimiento de especies nativas arbóreas y de otros hábitos en el sotobosque.

En general se considera que los monocultivos pueden modificar las condiciones macro y micro-ambientales ya sea para hacerlas favorables o no

para el establecimiento de flora (Evans, 1992). En la Figura 5.7 (b) es evidente que existe una mayor complejidad estructural dentro de las plantaciones, cuando se comparan con los pastizales y de acuerdo con la revisión que realizaron Stephens y Wagner (2007), por lo general el efecto en el incremento de biodiversidad es positivo cuando la plantación se compara con condiciones en donde se ha presentado un cambio de uso del suelo (pastizal, agricultura, etc.).



**Figura 5. 7 Representación de la diversidad de especies en: a) pastizal y b) plantación.**

La diversidad alfa dentro de las edades de la plantación se encuentra representada en la Figura 5.8, donde se observa que conforme aumenta la edad, la diversidad de las plantaciones también incrementa.

La menor diversidad se presentó a la edad de 7 meses, ya que es en esta etapa en donde se intensifican las labores culturales a través de la aplicación de agentes químicos y mecánicos para eliminar la competencia y garantizar el establecimiento y desarrollo de la especie de interés. Sin embargo, una vez establecida la plantación estas labores se reducen e

indirectamente se crean condiciones que favorecen que la diversidad aumente en las edades mayores.

A la edad de 72 meses existe una reducción en la diversidad, que en este caso podría ser atribuido a la existencia de algún evento natural, por una alta competencia o la aplicación de alguna práctica cultural, ya que la tendencia que se tiene a la edad de 83 meses (próxima a la cosecha) es nuevamente de un incremento.



**Figura 5. 8 Representación de la diversidad alfa en las diferentes edades de la plantación evaluadas a través del índice de Shannon-Wiener.**

Con los índices de Shannon-Wiener obtenidos para las diferentes edades de plantación se realizó la prueba de Hutcheson por pares de edad (Cuadro 5.4). En la parte superior de la diagonal se presentan los valores de Hutcheson y en la parte inferior se tienen los valores de probabilidad de rechazo, que permiten observar si existen diferencias estadísticas significativas por pares de edad comparados. De los datos obtenidos se aprecia, que de los 15 pares de edad comparados sólo cuatro de ellos no son estadísticamente diferentes de cero (0). En general, la diversidad se ve influenciada por la edad de las plantaciones, aumentando conforme aumenta la edad. Debe tomarse en cuenta para estas comparaciones, las condiciones de productividad e índice de

sitio que podrían ser diferentes en las áreas en las diferentes edades de la plantación y que los datos no corresponden a una crono-secuencia para un solo rodal sino que se incluyen varios.

Por otra parte, se infiere que a menor edad de las plantaciones la diversidad de estas se asemeja a la de los pastizales, debido a que en el establecimiento de las plantaciones se realizan deshierbes tanto mecánicos como químicos para evitar la competencia. Por ello, son pocas las plantas que logran establecerse lo cual se ve reflejada en una diversidad menor y conforme la edad de las plantaciones aumenta la vegetación presente en el sotobosque es más abundante y diversa, por lo que la diversidad de las plantaciones se empieza a parecer más a la de la vegetación riparia circundante.

**Cuadro 5.4 Valores de Hutcheson obtenidos por pares entre las diferentes edades de la plantación y probabilidad de rechazo para los mismos.**

Edades (meses)	7	24	53	66	72	83
	Valores de Hutcheson					
7		1.8329	2.7159	0.5980	2.2198	2.9836
24	0.0673		2.1025	1.9888	0.1153	0.3864
53	0.0069	0.0363		3.6474	3.1524	3.8531
66	0.4425 <sup>a</sup>	0.046	0.0002		3.6152	0.2727
72	0.027	0.9081 <sup>a</sup>	0.0016	0.0003		4.1959
83	0.003	0.6994 <sup>a</sup>	<0.0001	0.7851 <sup>a</sup>	<0.00001	
	Valores de probabilidad de rechazo					

### 5.2.2 Diversidad beta

Este concepto se interpreta como el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje (Halffter y Moreno, 2005).

## Índices de Similitud entre las comunidades

De las 235 especies registradas en el área de estudio, 40 fueron comunes en las tres comunidades, 18 especies fueron exclusivas de pastizal, 53 especies exclusivas de la vegetación riparia y 35 especies exclusivas de plantaciones. Destacan como las más abundantes: "Jolocín", *Stemmadenia donnell-smithii*, *Vismia mexicana*, *Sida rhombifolia*, *Heliconia aff. latisphata*, *Mimosa pudica*, *Guazuma ulmifolia*, *Verbesina sp.*, *Croton glandulosus*, *Hyptis suaveolens*, *Cochlospermum vitifolium*, *Apeiba tibourbou* y *Cassia fistula*.

Los índices de Sørensen y Jaccard muestran que la mayor similitud se obtuvo entre las comunidades de vegetación riparia y plantación, en las cuales se observaron 91 especies comunes, considerando los diferentes estratos, y la de menor similitud fue la de pastizal y vegetación riparia (Cuadro 5.5). A pesar de que en los pastizales existe el banco de semillas, propágulos o plántulas, las condiciones para su establecimiento pueden no ser las adecuadas y por tanto el proceso de sucesión natural se detiene o retarda.

**Cuadro 5.5 Diversidad beta de especies en las tres comunidades de estudio calculada a través de los índices de diversidad de Jaccard y Sørensen.**

Comunidades	Especies Comunes	Jaccard	Sørensen
Pastizal vs. Plantación	62	0.375	0.545
Pastizal vs. Vegetación Riparia	73	0.359	0.529
Vegetación Riparia vs. Plantación	91	0.459	0.629

### Pastizales vs. plantaciones

Las especies comunes entre estas dos comunidades fueron 62 sobresaliendo por su abundancia: *Sida rhombifolia*, *Mimosa pudica*, *Guazuma ulmifolia*, *Croton glandulosus*, *Verbesina sp.*, *Stemmadenia donnell-smithii*, *Hyptis suaveolens* y *Cassia fistula*. En Cuadro 5.5, a través de los índices de Jaccard y Sørensen, se revela que al comparar éstas comunidades la similitud

presenta valores bajos. Debido a que los pastizales son las comunidades donde se establece la plantación, se llevan a cabo actividades de preparación del sitio como deshierbes que permiten asegurar el establecimiento de la plantación, esto puede estar influyendo de manera directa en la poca presencia de especies comunes. Sin embargo, a medida que la plantación crece se va generando un efecto catalítico en cuanto a las condiciones bióticas y abióticas, lo cual favorece el crecimiento de otras especies y la ocupación de nichos (Parrotta *et al.*, 1997).

### **Pastizales vs. vegetación riparia**

Las especies comunes fueron 73, entre las que sobresalen por su abundancia: *Stemmadenia donnell-smithii*, *Vismia mexicana*, *Mimosa pudica*, *Verbesina sp*, *Cochlospermum vitifolium* y *Apeiba tibourbou*. En cuanto a los coeficientes de similitud de Jaccard y Sørensen (Cuadro 5.5) son los valores más bajos obtenidos, lo cual demuestran la poca similitud entre estas. Lo anterior puede deberse a que a pesar que en los pastizales se encontró un banco de plántulas y semillas éstas no tienen las condiciones óptimas para su desarrollo, así como también que ocasionalmente estos pastizales son pastoreados, lo cual impide el crecimiento de los individuos.

### **Vegetación riparia vs. plantaciones**

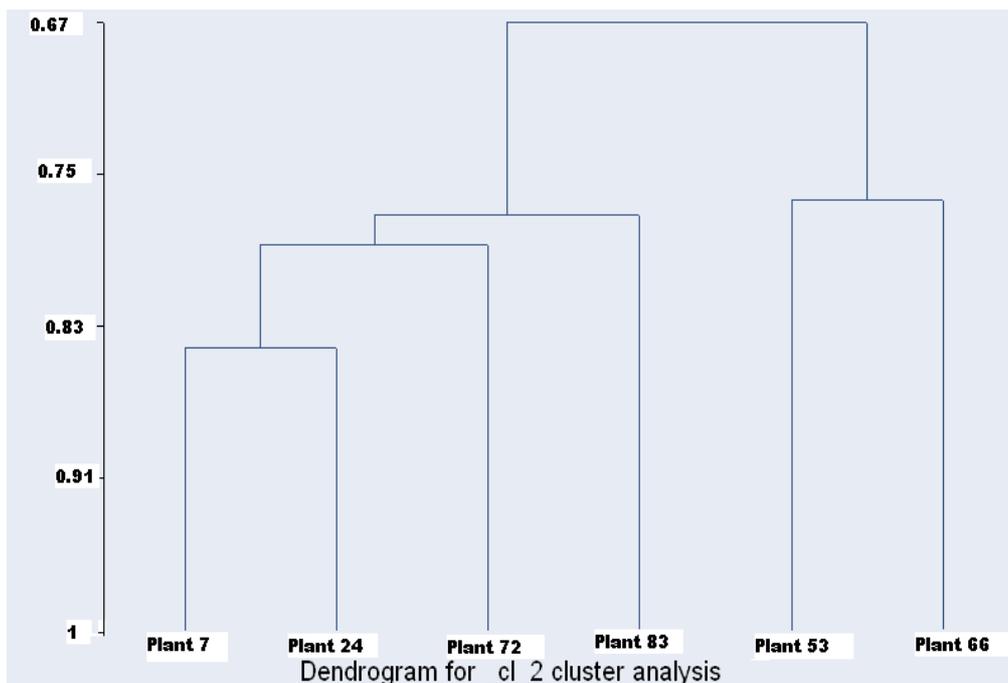
Los valores del coeficiente de Jaccard señalan una alta similitud entre las comunidades de vegetación riparia y la plantación, que es ratificada por el índice de Sørensen (Cuadro 5.5), en el cual también se obtuvo un valor mayor a 0.50, por lo que puede considerarse que la similitud existente entre las comunidades es alta. Las plantaciones se establecieron en áreas que en un principio fueron selvas y que durante los años 60's fueron desmontadas para el establecimiento de pastizales o potreros, por lo que existen semillas remanentes que se establecen al encontrar condiciones propicias. Por otro lado, como las áreas plantadas se encuentran cercanas a cuerpos de agua, en los cuales se localizan relictos de vegetación natural (en este trabajo vegetación riparia), la colonización de especies características de la selva puede verse favorecida por agentes físicos y biológicos para la dispersión de

semillas, y por otra parte también se proveen de nichos adecuados para esta colonización (Dyck, 2004; Evans, 2003; Stephens y Wagner, 2007), además se encuentran especies propias de las selvas que fueron dejadas para proveer sombra al ganado o bien para marcar los linderos y que pueden ser las proveedoras de semilla.

### **Edades de la plantación**

Para analizar el recambio en la composición de especies (diversidad beta) en el gradiente de edad de la plantación (7, 24, 53, 66, 72 y 83 meses) se realizó un análisis tipo cluster a través del programa Stata el cual generó un dendrograma (Figura 5.9). En éste se observan dos grupos, el primero, corresponde a las plantaciones con edades de 53 y 66 meses con una similitud mayor de 0.75 que aunado a los datos de riqueza de especies (Figura 5.2) y diversidad alfa (Figura 5.8) indican que tienden a parecerse más a los valores encontrados en la vegetación riparia de la zona.

El segundo grupo está formado por las plantaciones con edades de 7, 24, 72 y 83 meses las cuales muestran que son similares entre sí. Sin embargo, en las edades tempranas de la plantación se observa una mayor similitud a los pastizales; mientras que las plantaciones con mayor edad (72 y 83 meses) tienen una mayor similitud a la vegetación riparia circundante; lo cual indica que el cambio o remplazo en la composición de especies puede ser producto de disturbios naturales u ocasionados por las actividades antropogénicas, o bien la alta competencia que puede presentarse en la etapa anterior a su aprovechamiento.



**Figura 5. 9 Dendrograma del índice de similitud entre plantaciones de *Eucalyptus urophylla* de diferentes edades en el área de influencia de PLANTEHSA.**

Para conocer el grado de similitud entre las plantaciones y la vegetación riparia, y a su vez de las plantaciones con el pastizal, considerando únicamente las edades extremas (duración aproximada del turno), se obtuvieron los índices de Sørensen y Jaccard para estas comunidades (Cuadro 5.6).

**Cuadro 5.6 Comparación de la diversidad beta entre plantaciones de *Eucalyptus urophylla* con pastizales y vegetación riparia en el área de influencia de PLANTEHSA.**

Comunidades	Especies Comunes	Jaccard	Sørensen
Plantación (7 meses) vs. Vegetación Riparia	11	0.061	0.115
Plantación (83 meses) vs. Vegetación Riparia	40	0.215	0.353
Plantación (7 meses) vs. Pastizal	9	0.085	0.157
Plantación (83 meses) vs. Pastizal	22	0.171	0.293

La similitud en la composición florística entre la plantación de 7 meses con la vegetación riparia es baja, ya que como puede observarse el valor de los índices de Jaccard y Sørensen son muy cercanos a cero, lo cual se debe a que las especies comunes entre estas fueron de sólo 11. Al comparar la plantación de 83 meses con la vegetación riparia se presentaron 40 especies comunes y una mayor similitud (Cuadro 5.5). Como ya se mencionó las plantaciones han permitido el establecimiento de un sotobosque debido a los cambios de condiciones bióticas y abióticas que se generaron.

En el caso de la plantación de 7 meses y el pastizal la similitud entre estos es baja con tan sólo 9 especies comunes y con la plantación de 83 meses la similitud es baja aún, sin embargo, tiene una mayor similitud que con la de 7 meses. Esto indica que conforme la edad de la plantación aumenta existe una mayor similitud a la vegetación riparia, mientras que existe una mayor similitud con los pastizales en las edades tempranas de la plantación (Figura 5.9).

## VI. CONCLUSIONES

La riqueza de especies y los índices de diversidad presentes en las plantaciones fueron mayores a los que presentan los pastizales (comunidad a la cual reemplazan) y menores a la vegetación riparia.

Puede considerarse que el efecto de la plantación de *E. urophylla* sobre la diversidad vegetal en el ecosistema analizado no fue negativo, ya que se favorecen las condiciones del medio que promueven el establecimiento de flora nativa.

La composición florística presente en las plantaciones, vegetación riparia y pastizal, demuestra que existe un banco de semilla-propágulos característicos de la selva alta perenifolia (*Stemmadenia donnell-smithii*, *Vismia mexicana*, *Heliconia aff. latisphata*, *Guazuma ulmifolia*, *Cochlospermum vitifolium*, *Apeiba tibourbou*, *Cassia fistula*, *Bursera simaruba*, *Cordia alliodora* y *Enterolobium cyclocarpum*) y que tiene condiciones adecuadas de establecimiento bajo las plantaciones y la vegetación riparia.

A medida que incrementa la edad de las plantaciones analizadas, la composición florística, la riqueza y la diversidad de especies tiende a ser similar a la vegetación riparia del área de estudio.

Los resultados y la literatura consultada demuestran que la composición y diversidad de especies en el sotobosque de las plantaciones puede estar influenciada en gran medida por la especie plantada, las prácticas de manejo, el ecosistema que reemplazan y la existencia o no de vegetación nativa cercana a las plantaciones.

## VII. LITERATURA CITADA

- Ashton, M.; C. Gunatilleke; B. Singhakumara y I. Gunatilleke. 2001. Restoration pathways for rain forest in southwest Sri Lanka: a review of concepts and models. *For. Ecol. Manage.* 525:1–23.
- Bone, R.; M. Lawrence y Z. Magombo. 1997. The effect of an *Eucalyptus camaldulensis* (Dehn) plantation on native woodland recovery on Ulumba Mountain, southern Malawi. *For. Ecol. and Manage.* 99:83-99.
- Briones-Salas, M. y V. Sánchez-Cordero. 2004. Mamíferos. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México. 305-325 p.
- Caballero, M. 2004. La demanda de la educación y la capacitación forestal en México. Comisión Nacional Forestal - Colegio de Postgraduados. México. 96 p. En: <http://www.conafor.gob.mx:8080/conaecaf/documentos.asp>
- Carnevale, N y F. Montagnini. 2002. Facilitating regeneration of secondary forests with the use of mixed and pure plantations of indigenous tree species. *For. Ecol. and Manage.* 163:217-227.
- Carnus, J. M.; J. Parrotta; E. G. Brockerhoff; M. Arbez; H. Jactel; A. Kremer; D. Lamb; D. O'Hara y B. Walters. 2003. UNFF Intersessional Experts Meeting on the Role o Planted Forest in Sustainable Forest Management. 24-30 March 2003, Wellington, New Zealand. 17 p.
- Carrere, R. y L. Lohman. 1996. El Papel del Sur: Plantaciones Forestales en la Estrategia Papelera Internacional. Londres, Zed Books, en: <http://www.wrm.org.uy/plantaciones/material/papel>
- Casas-Andreu, G.; F. F. Méndez de la Cruz, y X. Aguilar-Miguel. 2004. Anfibios y reptiles. En: A. J. García-Mendoza; M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México. 375-390 p.
- Cavelier, J. y C. Santos. 1999. Efectos de plantaciones abandonadas de especies exóticas y nativas sobre la regeneración natural de un bosque montano en Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 47(4):775-784.
- Ceccon, E. y M. Martínez-Ramos. 1999. Aspectos ambientales en plantaciones forestales de eucalipto. *Interciencia*. Nov-Dic. 24(6):352-359.
- Cházaro, M. 1986. La Vegetación. En: *Evaluación de los impactos ambientales y sociales de la industria petrolera en el sureste y Golfo de México*. 1ª. Edición. Centro de Ecodesarrollo. México. Vol. VI. 96 p.

- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). México. 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País, 1998. 341 p.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2002. México. Reglas de Operación del PRODEPLAN. En: [www.conafor.gob.mx](http://www.conafor.gob.mx)
- CONAFOR. 2006. Evaluación del PRODEPLAN 2005. En: [http://conafor.gob.mx/produccion/menu\\_plandeplan.htm](http://conafor.gob.mx/produccion/menu_plandeplan.htm)
- CONFORA (Consultores Forestales Asociados). 2001. Información sobre el proyecto de plantaciones de la empresa PLANTEHSA. (Proporcionado por la empresa PLANTEHSA). 43 p.
- Da Silva Junior, M.; F. Rubio, y F. de Souza. 1995. Regeneration of an Atlantic forest formation in the understory of a *Eucalyptus grandis* plantation in South-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*. 1(1):147-152.
- Diario Oficial de la Federación. 2003. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Última Reforma DOF 26-12-2005. 69 p.
- Dyck, B. 2003. Benefits of planted forest: Social, ecological and economic. UNFF Intersessional Experts Meeting on the Role of Planted Forest in Sustainable Forest Management. 24-30 March 2003, Wellington, New Zealand. 9 p.
- Elliott, N. C.; R. W. Kieckhefer y W. C. Kauffman. 1996. Effects of an invading coccinellid on native coccinellids in an agricultural landscape. *Oecologia* 105:537-44.
- Evans, J. 1999. Sustainability of forest plantations: a review of evidence and future prospects. *International Forestry Review*. 1(3):153-162.
- Fang W. y S. L. Peng. 1997. Development of species diversity in the restoration process of establishing a tropical man-made forest ecosystem in China. *For. Ecol. Manage.* 99:185-196.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1979. Eucalypts for Planting. Forestry Series No. 11. Rome. 677 p.
- FAO. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Colección FAO: Montes. No 11. Roma. 723 p.
- FAO. 1990. El dilema del eucalipto. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 26 p.

- FAO. 2005. Situación de los bosques del mundo 2005. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 153 p.
- García M. E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía. UNAM. México, D. F. 243 p.
- Geldenhuys, C. 1997. Native forest regeneration in pine and eucalypt plantations in Northern Province, South Africa. *For. Ecol. Manage.* 99:101-115.
- Gentry, A. H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Ann. Missouri Bot. Gar.* 75:1-34.
- Godínez-Ibarra, O. y L. López-Mata. 2002. Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. *Anales del Instituto de Biología, UNAM. Serie Bot.* 73(2):283-314.
- Gómez-Pompa, A. 1966. Estudios botánicos en la región de Misantla, Veracruz. Ed. Instituto Mexicano de Recursos Naturales. México. 173 p.
- Gómez-Pompa, A.; J. Vázquez S. y J. Sarukhán K. 1964. Estudios ecológicos en las zonas tropicales cálido húmedas de México. *Inst. Nac. Invest. Forest. Publ. Esp. 3.* México, D. F. 1-36.
- Greig-Smith, P. 1983. *Quantitative Plant Ecology*. 3<sup>rd</sup> edition. University of California Press. Berkeley, CA. 347 p.
- Grubb, P. J. 1995. Mineral nutrients and soil fertility in tropical rainforests. In: Lugo, A. E., y Lowe, C. (Eds.), *Tropical Forests Management and Ecology*. Springer, New York, 308–330 p.
- Guariguata, M.; R. Rheingans y F. Montagnini. 1995. Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica: implications for forest restoration. *Restor. Ecol.* 3:52–260.
- Guevara, S.; J. Meave; P. Moreno-Casasola; J. Laborde y S. Castillo. 1994. Vegetación y flora de potreros en la sierra de Los Tuxtlas, México. *Acta Botánica Mexicana* 28:1-27.
- Haggar, J.; K. Wightman y R. Fisher. 1997. The potential of forest plantations to foster woody regeneration within a deforested landscape in lowland Costa Rica. *For. Ecol. Manage.* 99:55-64.
- Halfpter, G. 1992. Diversidad biológica y cambio global. *Ciencia y Desarrollo.* 104(18):33-38.

- Halffter, G.; C. E. Moreno, y E. Pineda, 2001. Manual para la evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biósfera. CYTED, UNESCO, S.E.A. 82 p.
- Halffter, G. y C. E. Moreno. 2005. Significado biológico de las diversidades Alfa, Beta y Gamma. En: Sobre Diversidad Biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma. Gonzalo Halffter, Jorge Soberón, Patricia Koleff y Antonio Melic (eds.). CONABIO, México. Sociedad Entomológica Aragonesa, España; Grupo Diversitas, México; Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. 5-15 p.
- Halpern, Ch. B. y T. A. Spies. 1995. Plant species diversity in natural and managed forests of the Pacific Northwest. *Ecological Applications*, 5(4):913-934.
- Hartley, M. J. 2002. Rationale and methods for conserving biodiversity in plantation forests. *For. Ecol. Manage.* 155:81-95.
- Huang W.; V. Pohjonen; S. Johansson; M. Nashanda; M.I.L. Katigula y O. Luukkanen. 2003. Species diversity, forest structure and species composition in Tanzania tropical forest. *For. Ecol. Manage.* 173:11-24.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1984a. Carta de Cubierta Vegetal. Carta E-15-7 Minatitlán. Escala 1:250,000. México, D.F. México.
- INEGI. 1984b. Carta Geológica. Minatitlán. Escala 1:250,000. SPP. México, D.F. México.
- Jarvis, P. G. y J. Stewart. 1978. Evaporation of water from plantation forests. The ecology of even-aged forest plantations. Edimburgh. IUFRO. 328-49.
- Kamo K.; T. Vacharangkura.; S. Tiyanon; Ch. Viriyabuncha; S. Nimpila. y B. Doangsrisen. 2002. Plant species diversity in tropical planted forests and implication for restoration of forest ecosystems in Sakaerat, Northeastern Thailand. *JARQ* 36 (2):111–118.
- Keenan, R.; D. Lamb; O. Woldring; T. Irvine y R. Jensen. 1997. Restoration of plant biodiversity beneath tropical tree plantations in northern Australia. *For. Ecol. Manage.* 99:117–131.
- Keenan, R.; K. Lamb; J. Parrotta y J. Kikkawa. 1999. Ecosystem management in tropical timber plantations: satisfying economic, conservation, and social objectives. *J. Sustain. For. Ecol. Manage.* 9:117–134.
- Krebs C. J. 1985. *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance*. Harper and Row, New York. 800 p.

- Kuusipalo, J.; A. Goran; Y. Jafarsidik; A. Otsamo; K. Tuomela y R. Vuokko. 1995. Restoration of natural vegetation in degraded *Imperata cylindrica* grassland: understory development in forest plantations. *J. Veg. Sci.* 6: 205–210.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Trad. Antonio Carrillo. GTZ. Alemania. 335 p.
- Lima, W. P. 1993. Impacto ambiental do eucalipto. Editora da Universidade de São Paulo, 2nd. Ed. São Paulo. 302 p.
- Loumeto, J. y Huttel, C. 1997. Understory in fast-growing tree plantations on savanna soils in Congo. *For. Ecol. Manage.* 99:65-81.
- Lugo, Ariel. 1997. The apparent paradox of reestablishing species richness on degraded lands with tree monocultures. *For. Ecol. Manage.* 99:9-19.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey. 179 p.
- Martínez-Ruíz, R.; H. S. Azpíros-Rivero; J. L. Rodríguez de la O; V. M. Cetina-Alcalá y M. A. Gutiérrez Espinoza. 2006. Importancia de las plantaciones forestales de *Eucalyptus*. *Ra Ximhai*. 2(3):815-846.
- Mittermeier, R.; P. Robles-Gil y C. Goetsch-Mittermeier. 1997. Megadiversidad: los países biológicamente más ricos del mundo. CEMEX y Agrupación Sierra Madre. México. 501 p.
- Montoya, O. J. M. 1995. El Eucalipto. Ed. Mundi-Prensa. España. 1ª Edición. 125 p.
- Moreno, C. E. 2001. Manual de métodos para medir la biodiversidad. México. 1ª Edición. Textos Universitarios. 49 p.
- Morera, A. A. 2001. Restauración de ecosistemas degradados a través de la reforestación con especies nativas en Guanacaste, Costa Rica.
- Moscovich F.; R. Martiarena; H. Keller y R. Fernández. 2002. Definición de indicadores de sustentabilidad: componente vegetal. En: Novenas Jornadas Técnicas Forestales. El Dorado, Misiones, Argentina. 5 p.
- Nagaike T. 2002. Differences in plant species diversity between conifer (*Larix kaempferi*) plantations and broad-leaved (*Quercus crispula*) secondary forests in central Japan. *For. Ecol. Manage.* 168:111-123.
- Navarro S.; A. G. García Trejo E.; A. Peterson A. T. y Rodríguez-Contreras V. 2004. Aves. En: A. J. García-Mendoza; M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.), Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-

Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México. 391-421 p.

- Paritsis, J. y M. A. Aizen. 2008. Effects of exotic conifer plantations on the biodiversity of understory plants, epigeal beetles and birds in *Nothofagus dombeyi* forests. For. Ecol. Manage. (Article in Press).
- Parrotta, J.; O. Knowles y Jr. J. Wunderle. 1997a. Development of floristic diversity in 10 year-old restoration forests on a bauxite mined site in Amazonia. For. Ecol. Manage. 99:21-42.
- Parrotta, J.; J. Turnbull y N. Jones. 1997b. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. For. Ecol. Manage. 99:1-7.
- Peck, A. J. y D. R. Williamson. 1987. Effects of forest clearing on groundwater. J. Hydrology. 94:47-65.
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México—manual para la identificación de las principales especies. 3ª. Edición. UNAM-Fondo de Cultura Económica. México. 523 p.
- Pielou, E. C. 1975. Ecological diversity. Wiley, New York. 165 p.
- Piñero, D. 2005. Similitudes y diferencias entre los conceptos y los patrones de diversidad beta y diferenciación genética: Aplicaciones en bosques mexicanos de coníferas. En: Sobre Diversidad Biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma. Gonzálo Halffter, Jorge Soberón, Patricia Koleff y Antonio Melic (eds.). CONABIO, México. Sociedad Entomológica Aragonesa, España; Grupo Diversitas, México; Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. 53-62 p.
- Pitkänen, S. 1998. The use of diversity indices to assess the diversity of vegetation in managed boreal forests. For. Ecol. Manage. 112:121-137.
- Powers, J. S.; J. P. Haggard y R. F. Fisher. 1997. The effect of understory composition on understory woody regeneration and species richness in 7-year old plantations in Costa Rica. For. Ecol. Manage. 99: 43-54.
- Ranzini, M. 1990. Balanço hídrico, ciclagem geoquímica de nutrientes e perdas de solo em duas microbacias reflorestadas com *Eucalyptus saligna* Smith no Vale do Paraíba.” Tesis de Maestría. ESALQ/USP. 99 p.
- Reis, M.; G. F.; J. P. Kimmins; G. C. Rezende y N. F. Barros. 1985. Acúmulo de biomassa em uma sequencia de idade de *E. grandis* plantado no cerrado em duas áreas com diferentes profundidades. Revista Árvore. 9: 149-62.
- Ricardo, R. P. y A. V. Madeira. 1985. Relações solo-eucalipto. Universidade Técnica de Lisboa. (manuscrito) 38 p. En:  
[http://opac.porbase.org/ipac20/ipac.jsp?session=H21572U88C384.4306884&profile=porbase&uri=full=3100024@!49678@!5&ri=1&aspect=basic\\_search&menu=search&so](http://opac.porbase.org/ipac20/ipac.jsp?session=H21572U88C384.4306884&profile=porbase&uri=full=3100024@!49678@!5&ri=1&aspect=basic_search&menu=search&so)

- Rzedowski, J. 1988. Vegetación de México. Ed Limusa, México. 432 p.
- Salas, S.; G. Ramírez; L. Schibli y R. Aguilar. 1994. Análisis de la vegetación y uso actual del suelo en el Estado de Oaxaca. Fase II: Valles Centrales, Sierra Norte y Planicie Costera del Golfo. Sociedad para el Estudio de los Recursos Bióticos de Oaxaca, A.C. en colab. con MacArthur Foundation y WWF. México. 205 p.
- Sánchez, E. A. 2005. Plantaciones Forestales Comerciales: Base de Datos y Análisis Financiero. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. México. 141 p.
- Sarukhán, K., J. 1964. Estudio sucesional de un área talada en Tuxtepec, Oax. Inst. Nac. Invest. Forest. Publ. Esp. No. 3. México, P. 107-172.
- Sedjo, R. A. y D. Botkin. 1997. Using forest plantations to spare natural forests. Environment. 39(10):15-20.
- SEMARNAP-UACH (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales – Universidad Autónoma de Chapingo). 1999. Atlas Forestal de México. Secretaria del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. México. 101 p.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2001), Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F. 88 p.
- SEMARNAT. 2004. Introducción a los servicios ambientales. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 71 p.
- Sousa S. M.; R. Medina L.; G. Andrade M. y M. L. Rico A. 2004. Leguminosas. En: A. J. García-Mendoza; M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.), Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México. 249-269 p.
- Stephens, S. K. y M. R. Wagner. 2007. Forest Plantations and biodiversity: A fresh perspective. Journal of Forestry. Vol. 105 (6) 307-313.
- Stevens, W. D., C. Ulloa U., A. Pool y O. M. Montiel (eds.), 2001. Flora de Nicaragua. Vol. 85, tomos I, II y III. Missouri Botanical Garden Press. St. Louis Missouri. En: [www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/rubiaceae/borreria-latifolia/fichas/fichas.htm](http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/rubiaceae/borreria-latifolia/fichas/fichas.htm)

- Stiling, P. 1999. Ecology. Theories and Applications. 3<sup>rd</sup> edition. Prentice Hall. New Jersey, USA. 840 p.
- Turnbull, J.W.; S.J. Midgley y C. Cossalter. 1997. Tropical acacias planted in Asia: an overview. ACIAR Proceedings. 82 (14-28).CIFOR.
- Van Lill, W. S.; F. G Kruger y D. B Van Wyk. 1980. The effect of forestation with *E. grandis* Hill ex Maiden and *Pinus patula* Schelt et Cham, on streamflow from experimental catchments at Makobulaan, Transvall. Journal of Hydrology. 48: 107-18.
- Vásquez, S. J. 1962. Estudio de la vegetación de la región de Tuxtepec, Oaxaca. México y sus Bosques. 32:4-12.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. International Bureau for Plant Taxonomy and Nomenclature. Utrecht, The Netherlands. Taxon 21 (2/3):213-251
- Williams, M. C. y G. M. Wardle. 2005. The invasion of two native Eucalypt forest by *Pinus radiata* in the Blue Mountains, New South Wales, Australia. Biological Conservation 125:55-64.
- Zar, J. H. 1974. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J. 620 p.
- Zhuang X. 1997. Rehabilitation and development of forest on degraded hills of Hong Kong. For. Ecol. Manage. 99:197-201.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1

Lista de especies registradas en las tres comunidades en el Municipio de Santiago Yaveo.

<b>Especies</b>	<b>Nombre Común</b>
<b>Anacardiaceae</b>	
<i>Spondia mombin</i> L.	Jobo
<i>Manguífera</i> sp	Malvo
<b>Annonaceae</b>	
<i>Annona</i> sp.	Guanábana
<i>Xylopiá frutescens</i> Aubl.	Malagueta o Capulincillo
<i>Rollinia membranacea</i> (Triana & Planch.)	Roñina
<b>Apocynaceae</b>	
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i> (Rose) Woodson	Huevo de toro
<b>Araceae</b>	
<i>Syngonium podophyllum</i> Schott.	Lengua de vaca
<i>Xanthosoma</i> sp.	Malanga
<b>Araliaceae</b>	
<i>Schefflera morototonii</i> (Aubl.) Maguire	Marota
<b>Asclepiadaceae</b>	
	Especie 108
<b>Aspiadaceae</b>	
<i>Phanerophebia</i> sp.	Especie 48
	Especie 49
<b>Asteraceae</b>	
	Especie 1
<i>Eupatorium</i> sp.	Especie 14
Verbesina sp.	Huichin
<i>Sonchus</i> sp.	Especie 232
<b>Bignoniaceae</b>	
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Cedro
<i>Godmania aesculifolia</i> (H.B.K.) Standl.	Primavera
<b>Bombacaceae</b>	
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba
<i>Quararíbea funebris</i> (La Llave) Vischer	Molinillo
	Especie 193
<b>Boraginaceae</b>	
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Solerilla

<i>Cordia sp.</i>	Pegamento
<b>Burseraceae</b>	
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Mulato
<b>Caparidaceae</b>	
<i>Cleome sp.</i>	Especie 26
<b>Caricaceae</b>	
<i>Carica sp.</i>	Papaya de monte
<b>Cecropiaceae</b>	
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Guarumbo
<b>Cochlospermaceae</b>	
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Carne de pollo
<b>Combretaceae</b>	
<i>Terminalia amazonia</i>	Amarillo
<b>Convolvulaceae</b>	
<i>Ipomoea sp.</i>	Especie 24
<b>Cucurbitaceae</b>	
<i>Cayaponia racemosa</i> (Sw) Cogn	Sandia de ratón
<b>Cyperaceae</b>	
<i>Scleria pterota</i> Presl.	Navajuela
<i>Rhynchospora cephalotes</i> (L.) Vahl	Zacate de clavo
<b>Dilleniaceae</b>	
<i>Davilla kunthii</i> St. Hil.	Bejuco arbustivo
<i>Curatella americana</i> L.	Palo de lija
<b>Dioscoreaceae</b>	
<i>Dioscorea composita</i> Hemsl.	Barbasco
<b>Euphorbiaceae</b>	
<i>Euphorbia sp.</i>	Especie 27
<i>Croton glandulosus</i> L.	Pata de paloma
<i>Phyllanthus lathyroides</i> H.B.K.	Especie 93
<i>Acalypha arvensis</i> Poep. et Endl.	Bejuco de agua
<i>Dalechampia aff. laevigata</i> Standley	Especie 141
<i>Croton draco</i> Schltld.	Sangregado
<b>Leguminosae</b>	
<i>Acosmium panamense</i> (Benth) Yakovlev	Guayacán
<i>Desmodium aff. callilepis</i>	Cadillo de vaina
<i>Mimosa pudica</i> L.	Dormilona

<i>Cassia fistula</i> L.	Cañafistula
<i>Senna</i> sp.	Todosanto
<i>Desmodium aff. procumbens</i>	Especie 55
<i>Desmodium adscendes</i> (Sw.) DC.	Caidillito
	Especie 59
<i>Stylosanthes</i> sp.	Especie 65
<i>Chamaecrista rotundifolia</i>	Especie 85
<i>Chamaecrista</i> sp.	Especie 86
<i>Senna pendula</i> (Willd.) I&B	Cacahuatillo
<i>Senna fruticosa</i> (P.Mill.) I. & B.	Especie 110
<i>Bauhinia unguolata</i> L.	Pata de cabra
<i>Inga</i> sp.	Especie 135
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.	Cocoite
<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd	Cornizuelo
<i>Cojoba arborea</i> (L.) Britton & Rose	Cañamazo ó Frijolillo
	Guaje
	Guajillo
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Guanacastle ó Nacastle
<i>Inga leptoloba</i> Schlecht.	Especie 170
<i>Inga jinicuil</i> Schl.	Jinicuil
<i>Andira galeottiana</i> Standl.	Macayo
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	Picho
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Tepehuaje
<i>Mimosa albida</i> Humbt et Bonpl.	Zarza
<b>Flacourtiaceae</b>	
<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britt. & Millsp	Volador
<b>Graminae</b>	
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Zacate privilegio
<i>Andropogon bicornis</i> L.	Zacate amargoso
<i>Panicum</i> sp.	Zacate de año
<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees.) Stapf	Pasto jaragua
<b>Guttiferae</b>	
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess Yacovlev.	Leche María o Barí
<i>Vismia mexicana</i> Schlecht	Nanchillo
<b>Lamiaceae</b>	
<i>Hyptis suaveolens</i> Poit.	Hierba de burro
<i>Hyptis</i> sp.	Especie 138
<i>Hyptis capitata</i> Jacq.	Especie 140
<b>Lauraceae</b>	
<i>Nectandra</i> sp.	Aguacatillo
<i>Nectandra rubiflora</i> (Mez.) Allen	Especie 225
	Yole (2)
<b>Malpighiaceae</b>	
<i>Stigmaphyllon lindenarium</i> Juss.	Enrredadera postrada

<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Nanche
<b>Malvaceae</b>	
<i>Sida</i> sp.	Especie 25
<i>Hybiscus</i> sp.	Especie 73
<i>Sida rhombifolia</i> L.	Malva
<b>Melastomataceae</b>	
<i>Clidemia</i> sp.	Especie 18
<i>Tibouchina longifolia</i> (Vahl) Buill	Especie 41
<i>Conostegia xalapensis</i> (Bonpl.) D. Don.	Hoja de latita
<i>Miconia argentea</i> (Sw.) DC	Hoja de lata
<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	Especie 218
<i>Miconia</i> sp.	Hoja de lata delgada
<b>Meliaceae</b>	
<i>Guarea</i> aff. <i>chichon</i>	Manzanillo o Manzanito
<b>Menispermaceae</b>	
<i>Cissampelos</i> aff. <i>pareira</i> Linn.	Especie 131
<b>Moraceae</b>	
<i>Ficus</i> sp.	Especie 145
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	Morilla
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Ojoche
<b>Musaceae</b>	
<i>Heliconia</i> aff. <i>latisphata</i>	Platanillo
<b>Myrtaceae</b>	
<i>Eugenia</i> sp.	Cafecillo
<i>Psidium guajava</i> L.	Guayabo
<b>Nyctaginaceae</b>	
<i>Pisonia</i> sp.	Uña de gato
<b>Onagraceae</b>	
<i>Ludwigia</i> sp.	Especie 56
<b>Orchidaceae</b>	
	Especie 137
<b>Palmae</b>	
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	Palma de coyol
<b>Passifloraceae</b>	
<i>Passiflora foetida</i> L.	Especie 39
<i>Passiflora coriacea</i> L.	Especie 129

### **Piperaceae**

*Piper aeruginosibaccum* Trel.

Acuyo de monte

### **Polygonaceae**

*Coccoloba schipii* Lundell

Uvero

*Ruprechtia fusca* Fernald

Guayabo cimarrón

### **Rubiaceae**

*Borreria aff. latifolia* (Aubl.) Scham.

Especie 96

*Psychotria* sp.

Especie 112

*Coccocypselum hirsutum* Bartl.

Especie 117

Especie 133

*Calycophyllum candidissimum* (Vahl) DC.

Palo de calabaza

*Genipa americana* L.

Yole

### **Rutaceae**

*Citrus limona* Osbeck.

Limón

*Citrus* sp.

Limón mandarina

*Zanthoxylum* sp.

Rabo de lagarto

*Zanthoxylum riedelianum* Engl.

Tachuelillo

### **Sapindaceae**

Especie 76

### **Sapotaceae**

*Bumelia* sp.

Frutilla o Uvilla

*Pouteria* sp.

Zapotillo

*Chrysophyllum mexicanum* Brandegee.

Especie 219

### **Scrophulariaceae**

*Scoparia dulcis* L.

Cilantro de monte

### **Schizaeaceae**

*Lygodium venustum* Swartz

Cuerda de guitarra

*Lygodium volubile* Sw.

Especie 115

### **Selaginellaceae**

*Selaginella galleottii* Spring.

Hierba de paloma

### **Smilacaceae**

*Smilax* sp.

Especie 50

### **Solanaceae**

*Solanum nigrum* L.

Especie 32

*Solanum aff. ferrugineum* Jacq.

Berjena

*Solanum myriacanthum* Duval.

Especie 127

### **Sterculiaceae**

*Guazuma ulmifolia* Lam

Guácimo

*Helicteres guazumaefolia* H.B.K.

Espiral o Barrenillo

**Tiliaceae**

*Luehea speciosa* Willd.

Tepecacao

*Heliocarpus donnell-smithii* Rose

Jonote real

*Triumfeta* sp.

Cadillo

*Apeiba tibourbou* Aubl

Cabeza de chango

*Muntingia calabura* L.

Capulín

**Verbenaceae**

*Lantana* sp

Especie 235

**Violaceae**

*Hybanthus attenuatus* (Humb. et Bonpl.) Schultz. Especie 70

**Vochysiaceae**

*Vochysia guatemalensis* Donn. Sm

Corpus

**Zingiberaceae**

*Costus spicatus* Sw.

Caña agria

---