

00377



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS

**“Demografía, sobrevivencia y manejo de helechos arborescentes del género
Cyathea en la Sierra Norte de Puebla, México”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGIA)**

P R E S E N T A

Ana Alice Aguiar Eleutério

DIRECTOR DE TESIS: Dr. Diego Rafael Pérez Salicrup

Morelia, Michoacán

Noviembre 2004





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS COORDINACIÓN

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo *receptional*.
NOMBRE: ANA ALICE AGUIAR ELEUTERIO
FECHA: 22/11/2004.
FIRMA: *Ana Alice A. Eleuterio*

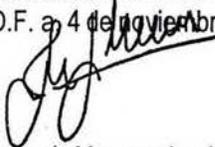
Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 20 de septiembre del 2004, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental) del(a) alumno(a) **Ana Alice Aguiar Eleuterio**, con número de cuenta **503450870** con la tesis titulada: **"Demografía, sobrevivencia y manejo de helechos arborecentes del género Cyathea en la Sierra Norte de Puebla, México"**, bajo la dirección del(a) **Dr. Diego Rafael Pérez Salicrup**.

Presidente:	Dr. Javier Caballero Nieto
Vocal:	Dr. Arturo Flores Martínez
Secretario:	Dr. Diego Rafael Pérez Salicrup
Suplente:	Dr. Alejandro Casas Fernández
Suplente:	Dr. Roberto Antonio Lindig Cisneros

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F. a 4 de noviembre del 2004


Dr. Juan José Morrone Lupi
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado

AGRADECIMIENTOS

Antes de tudo agradeço a minha família, Kathia e Sérgio(s). Saudade foi e é uma palavra constante em meu vocabulário. Mesmo assim, a distância física durante esses dois anos não impediu que os sentisse perto sempre. A presença de vocês em minha vida me dá força para seguir adiante, me traz alegria em momentos tranquilos e paz em momentos turbulentos. Obrigada pela sinceridade e amor incondicional, obrigada por preparar-me para a vida, e mostrar-me os caminhos mesmo quando me nego a enxergar-los. Obrigada principalmente por acreditar e apoiar meus sonhos, eu sei que isso les exigiu muita auto-superação.

A mi tutor y amigo, Dr. Diego Rafael Pérez Salicrup. Son tantos los motivos para agradecerle... Por confiar en mi y creer en mi capacidad desde el comienzo, por las miles de cartas de recomendación que me escribió a lo largo de mis dos años de maestría. Gracias por la comprensión, por las críticas y discusiones, por las (interminables) correcciones. Gracias por las clases gratuitas de español, aunque no haya recibido en cambio las tan deseadas clases de portugués.

A los miembros de mi Comité Tutorial, Dr. Alejandro Casas Fernández (a el también le agradezco por las diversas cartas de recomendación y por la confianza en mi trabajo) y Dr. Javier Caballero Nieto. Gracias por apoyarme desde el principio. A mis demás sinodales, Dr. Arturo Flores Martínez y Dr. Roberto Lindig Cisneros. A todos y también a la Dra Ellen Andresen agradezco por las valiosas críticas a mi manuscrito final.

Agradezco a los miembros de la Cooperativa Tozopan Titataniske por el apoyo brindado, esencial para el desarrollo de este proyecto. Agradezco especialmente a Poncho y familia, a los trabajadores del Vivero, Ricardo, Leonardo, María Luisa y al Ing. Álvaro. Sin su colaboración este manuscrito aún sería un proyecto.

A mis compañeros de laboratorio, Cris, Yunueh, Maricela, Heidi, Erika, Pavka, Antonio, Carmen, Angélica. A las chicas que pasaron y a las que se quedaron en la casa en esos dos años. Ha sido una increíble convivencia que me ha hecho crecer mucho como persona. A mis demás amigos del CIECO, les agradezco por hacer de México mi hogar, aunque transitorio. La lista es grande, así como la probabilidad de olvidarme de alguien. Gracias a Jessica y sus papas, por recibirme siempre como parte de su familia. Agradezco especialmente a Cláudia e José Carlos, por el apoyo más que incondicional, por las pláticas y consejos. Espero verlos pronto... Gracias a todos que durante este tiempo en México me brindaron su amistad, sin esperar nada en cambio.

Finalmente, agradezco a la Dirección General para Estudios de Posgrado por la beca que me concedieron, sin la cual se me haría imposible seguir mis estudios.

INDICE

Agradecimientos	ii
Índice	iii
Índice de tablas	iv
Índice de figuras	v
Resumen	vi
Introducción General	1
Bibliografía	5
CAPÍTULO 1. Utilización de helechos arborescentes del género <i>Cyathea</i> en la producción de artesanías por agricultores de la región de Cuetzalan, Sierra Norte de Puebla.	6
Introducción	6
Sitio de Estudio	9
Especies Estudiadas	10
Métodos de Investigación	12
Resultados. Descripción general de las comunidades de artesanos	15
Extracción de tallos	16
Producción de artesanías	17
Comercio local	20
Discusión	22
Bibliografía	27
Tablas	30
Figuras	33
Apéndice I	38
CAPÍTULO 2. Supervivencia y crecimiento de individuos de <i>Cyathea</i> spp. transplantados a diferentes condiciones de luminosidad.	41
Introducción	41
Sitio de Estudio	47
Especies estudiadas	47
Métodos. Abundancia de <i>Cyathea</i> spp. en márgenes de carretera	48
Transplante experimental en campo: evaluación de la supervivencia	49
Transplante experimental en invernadero: evaluación de la supervivencia	50
Análisis de supervivencia (tiempo de fracaso)	51
Transplante experimental en invernadero: análisis de crecimiento	52
Resultados. Abundancia de <i>Cyathea</i> spp. en márgenes de carretera	53
Transplante experimental en campo: evaluación de la supervivencia	53
Transplante experimental en invernadero: evaluación de la supervivencia	54
Transplante experimental en invernadero: análisis de crecimiento	54
Discusión	55
Bibliografía	62
Figuras	66
Discusión General	71

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ingreso anual de la producción de artesanías por artesanos de tres categorías, establecidas de acuerdo con la intensidad de producción en la región de Cuetzalan del Progreso, Puebla.	30
Tabla 2. Ganancia del comercio de artesanías en la ciudad de Cuetzalan, en períodos de baja y elevada demanda turística, porcentaje de ganancia efectiva por pieza vendida en los distintos establecimientos comerciales, e ingreso relativo a la venta total de piezas expuestas por tipo de comercio.	31
Tabla 3. Número de individuos adultos de <i>Cyathea</i> spp. cosechados por los artesanos de la región de Cuetzalan para satisfacer la demanda de encargos por parte de intermediarios.	32

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1. Fig. 1. Ubicación del área de estudio.	33
Fig. 2. Especies estudiadas.	34
Fig. 3. Artesano de la comunidad situada a los márgenes de la carretera Zacapoaxtla – Cuetzalan.	35
Fig. 4. Confección de artesanías en la comunidad de San Andrés.	35
Fig. 5. Tallos colectados y almacenados a la intemperie por artesano de la comunidad en los márgenes de la carretera local.	36
Fig. 6. Cortes de tallos, piezas en diferentes estadios de elaboración, correspondientes a macetas zoomorfas.	36
Fig. 7. Exposición de artesanías a la venta en los márgenes de la carretera local.	37
CAPÍTULO 2. Fig. 1. Ubicación del área de estudio.	66
Fig. 2. Especies estudiadas	67
Fig. 3. Abundancia de helechos arborescentes de diferentes especies de acuerdo con la altitud en la región de Cuetzalan, Puebla.	68
Fig. 4. Estructura de tamaños de las especies de helechos arborescentes muestreadas en sitios perturbados en la región de Cuetzalan.	68
Fig. 5. Curvas de sobrevivencia de <i>Cyathea</i> spp. bajo cuatro tratamientos experimentales.	69
Fig. 6. Curvas de sobrevivencia de los individuos transplantados en el experimento controlado realizado en invernadero, correspondiente a 3 intervalos de muestreo.	69
Fig. 7. Incremento en longitud del tallo de <i>Cyathea divergens</i> y <i>Cyathea mexicana</i> sometidas a transplante experimental en la región de Cuetzalan, Puebla.	70
Fig. 8. Número promedio de frondas producidas 7.5 meses para <i>C. divergens</i> y <i>C. mexicana</i> en la región de Cuetzalan, Puebla.	70

RESUMEN

El “maquique” es un conjunto de raíces adventicias que circundan los tallos de los helechos arborescentes, y es empleado a nivel mundial en la fabricación de artefactos para jardinería. Actualmente, trece especies de helechos arborescentes pertenecientes al género *Cyathea* encontradas en México figuran en la NOM-ECOL-059-2001, como sujetas a protección especial o como amenazadas de extinción. Sin embargo, en la región de Cuetzalan, Sierra Norte de Puebla, por lo menos dos especies de *Cyathea* son utilizadas por un pequeño número de agricultores locales que, infringiendo la ley, fabrican artesanías zoomorfas para jardinería.

A través de dos estudios complementarios, investigué los métodos de manejo actual de *Cyathea* spp. en la región de Cuetzalan, y la viabilidad del manejo de helechos arborescentes por medio de trasplantes.

En el primer estudio describí, con base en encuestas realizadas a artesanos y comerciantes, las prácticas actuales de manejo y extracción de individuos de *Cyathea* spp. en la región, enfatizando el número de personas involucradas, la importancia económica de las plantas y los impactos de la cosecha de individuos adultos sobre las poblaciones naturales. Encontré que, debido a la baja rentabilidad y demanda estacional, la producción de artesanías a partir del “maquique” no constituye una fuente de ingresos económicos fundamental para la mayor parte de las familias de artesanos en la región de Cuetzalan. El valor ornamental de las especies de *Cyathea* presentes en la región es prácticamente ignorado. La principal fuente de ingresos económicos para estas familias son los jornales de trabajo. Aún así, la intensidad actual de extracción de individuos adultos de *Cyathea* spp. puede afectar negativamente las poblaciones naturales, ya que se elimina o reduce drásticamente la abundancia de individuos reproductivos.

Cuantifiqué la abundancia de *Cyathea* spp. en márgenes de carreteras de la región de Cuetzalan del Progreso. Identifiqué cuatro especies: *C. divergens* var. *tuerckheimii*, *C. fulva*, *C. mexicana* y *C. costaricensis*. *C. divergens* fue la especie más abundante, y presentó individuos en todos los rangos de altitud muestreados y en todas las categorías de tamaño determinadas.

En el segundo estudio, llevé a cabo dos experimentos de transplante. En el primero utilicé individuos de *C. divergens* y *C. fulva* con longitudes del tallo menores a 30 cm, extraídas de los márgenes de carretera locales. Treinta individuos de cada especie fueron asignados a uno de cuatro tratamientos: control experimental, control del transplante, transplante a áreas abiertas y transplante a huertas de cultivo de café de sombra. Debido a las bajas tasas de sobrevivencia observadas, realicé un experimento complementario, en que se siguieron criterios experimentales más estrictos. Transplanté 15 individuos de *Cyathea divergens* y 15 individuos de *Cyathea mexicana* bajo dos condiciones lumínicas: expuestos y bajo malla de 50 % sombra. Cuantifiqué la sobrevivencia y el crecimiento en 3 censos a lo largo de 7.5 meses. Los individuos transplantados presentaron tasas de sobrevivencia superiores a las observadas en el primer experimento y en sitios perturbados, así como tasas de crecimiento superiores a las observadas en otras especies de helechos arborescentes.

Los sitios perturbados de la región de Cuetzalan, como los márgenes de carretera o terrenos para desmonte, constituyen fuentes potenciales de plántulas para el manejo de *Cyathea* spp. por medio de transplantes. Algunas recomendaciones que surgen de los resultados de estos estudios son disminuir la tasa actual de tala de helechos arborescentes en la región e implementar el comercio de individuos en estadios más tempranos de desarrollo, extraídos de sitios perturbados.

INTRODUCCIÓN GENERAL

El "maquique" es un conjunto de raíces adventicias que circundan los tallos de los helechos arborescentes, y es empleado a nivel mundial en la fabricación de artefactos para jardinería (Buchner *et al.* 1997). Actualmente, el comercio internacional de plantas vivas u objetos fabricados a partir del "maquique" se encuentra muy desarrollado, representando una actividad de elevada rentabilidad (Buchner *et al.* 1997, Lawson 2002). En México, sin embargo, solamente se ha documentado la utilización económica de tres especies de helechos arborescentes del género *Cyathea*, y el comercio es incipiente, local y poco rentable (Marantes y Gómez 1999).

Trece especies de helechos arborescentes del género *Cyathea* encontradas en territorio mexicano figuran en la Norma Oficial Mexicana (NOM-ECOL-059-2001, Diario Oficial de la Federación, 2001), como sujetas a protección especial o amenazadas de extinción, por lo que cualquier tipo de manejo, extracción y comercialización, son ilegales. Sin embargo, en la región de Cuetzalan, Sierra Norte de Puebla, por lo menos dos especies de *Cyathea* son utilizadas por un pequeño número de agricultores locales en la fabricación de artesanías zoomorfas para jardinería. A pesar de esa presión de explotación, los helechos arborescentes son abundantes en la región, principalmente en zonas perturbadas, como son los márgenes de carretera o terrenos sujetos a desmontes.

La mayor parte de los helechos arborescentes extraídos en la región proviene de remanentes de bosque mesófilo de montaña, que constituía el tipo de vegetación predominante en la región de la Sierra Norte de Puebla (Rzedowski 1981). Ese tipo de vegetación es considerado uno de los más diversos y con mayor grado de endemismo. Sin embargo, también es uno de los más amenazados en México y a nivel mundial, por los cambios de uso del suelo y por presentar una pequeña dimensión territorial bajo conservación (Luna *et al.* 2001). En la región de la Sierra Norte de Puebla, los bosques mesófilos de montaña se encuentran muy fragmentados y restringidos a pequeños remanentes, en su mayoría ubicados en terrenos privados (obs. pers.).

La principal actividad económica en la región de Cuetzalan es el cultivo de café de sombra. La continuidad de esta actividad en la región está actualmente amenazada por la dificultad de

ingresar en mercados altamente competitivos, en los que sería posible obtener ingresos económicos superiores (Moguel y Toledo 1999). De ese modo, muchos agricultores en la región promueven el cultivo de otras especies económicamente útiles en sus huertas tradicionales. El comercio de las especies cultivadas constituye una fuente de ingreso económico complementaria, y muchas veces esencial para el mantenimiento de esas familias (Moguel y Toledo 1999).

La explotación de productos forestales no maderables (PFNM) y de productos forestales maderables no tradicionales (PFMNT) es vista como alternativa para el manejo forestal participativo. Los PFNM y PFMNT difieren de los productos maderables en: (1) la variedad de productos y especies, (2) una menor frecuencia de cosecha, (3) una menor área de colecta en el bosque, (4) un valor económico por unidad de peso frecuentemente superior, (5) la existencia de sustitutos sintéticos (Panayotou y Ashton 1992).

De acuerdo con su importancia económica y valor agregado, los PNNM pueden ser clasificados en: productos industriales brutos (Ej.: "maquique", goma, bambú y pieles de animales), especies nativas usadas en la alimentación (Ej.: nueces, frutos, vegetales localmente consumidos y animales silvestres), y productos valorados culturalmente. Entre los PFMNT están las especies vegetales utilizadas localmente (leña) y comercializadas (carbón) para producción de energía, y especies de bajo valor maderable utilizadas para la confección de mueblería (Panayotou y Ashton 1992).

Los PFNM y PFMNT generalmente presentan menor volumen que los maderables, por lo que requieren prácticas de cosecha más intensivas y generalmente menos destructivas y costosas. Los ingresos económicos resultantes de la explotación de los PFNM y PFMNT añaden considerable valor a los bosques, y contribuyen para el mantenimiento de diversos servicios ecosistémicos (Panayotou y Ashton 1992).

Debido a que muchos de los PFNM y PFMNT cosechados no son comercializados en mercados, o porque su comercio no es reportado, los ingresos económicos resultantes de la explotación son poco significativos, y en varios casos desconocidos. Algunos de los principales motivos para que esto ocurra son: (1) información inadecuada acerca de tipos de uso, distribución de especies, y viabilidad de utilización económica de las mismas, (2) mercados mundiales mal establecidos para la mayor parte de los productos, (3) productos de baja calidad y de cosecha

estacional, (4) técnicas inadecuadas de procesamiento y almacenamiento, (5) existencia de sintéticos sustitutos (Panayotou y Ashton 1992).

Helechos arborescentes del género *Cyathea* son ejemplos de PFNM que podrían ser económicamente explotados por los cafecultores de la región de Cuetzalan. Los ingresos económicos resultantes del comercio de plantas o de partes del tronco puede ser una fuente complementaria para el mantenimiento de las familias de agricultores locales. Sin embargo, dado que la extracción, manejo y comercio de las especies de helechos arborescentes encontradas en la región es ilegal, y sabiendo que la mayor parte de los individuos localmente cosechados proviene de remanentes de bosques mesófilos, es importante conocer el impacto de la explotación actual de tallos sobre las poblaciones naturales de *Cyathea*.

También es necesario evaluar la ganancia efectiva y el grado de dependencia económica de la población involucrada en la extracción y comercio de artesanías. Además, se deben investigar alternativas de manejo de las especies explotadas que permitan el mantenimiento de sus poblaciones naturales. Finalmente, si los efectos negativos de la explotación actual sobre las poblaciones naturales de helechos arborescentes son intensos, es importante proponer y evaluar otras actividades económicas alternativas que sean financieramente ventajosas y que ocasionen menos daños a las especies explotadas,

A través de dos estudios complementarios, investigué los métodos de manejo actual de *Cyathea* spp. en la región de Cuetzalan, Sierra Norte del estado de Puebla, y la viabilidad del manejo de helechos arborescentes por medio de trasplantes. En el primero estudio (Capítulo 1), describí las prácticas actuales de manejo y extracción de individuos de *Cyathea* spp. en la región, enfatizando el número de personas involucradas en estas actividades, la importancia económica de la producción de artesanías y los probables impactos de la cosecha de individuos adultos sobre las poblaciones naturales de helechos arborescentes. En el segundo estudio (Capítulo 2), llevé a cabo trasplantes experimentales de *Cyathea* spp. en estadios tempranos de desarrollo ontogénico, extraídos de sitios perturbados, y sembrados en sitios sujetos a diferentes condiciones de luminosidad.

A partir de la determinación del nivel de extracción actual y de la importancia económica de la actividad, se pueden recomendar estrategias de manejo que incorporen los requerimientos de

los agricultores locales, que minimicen los efectos negativos de la extracción sobre las poblaciones naturales de *Cyathea* spp. El desarrollo de técnicas de manejo que maximicen la ganancia efectiva de la población local, involucrada en el proceso de extracción, es esencial para hacer viable su implementación.

Finalmente, con base en los datos obtenidos a partir de este proyecto de investigación, espero aportar información útil para la elaboración de un plan de manejo de helechos arborescentes, y de los remanentes de bosques mesófilos de montaña en la región.

BIBLIOGRAFÍA

Buchner, R., Dietrich, G. y Kiehn, M. 1997. Tree fern parts in trade in Central and South America. CITES News – Plants 3.

Diario Oficial de la Federación. 2001. Norma oficial mexicana NOM- ECOL-059-2001, 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. México.

Lawson, T. 2002. The plant trade – a serious side to the growth business. En: WWF (ed.) Traded towards extinction? The role of the UK in wildlife trade. WWF Report. pp. 29 – 32.

Luna, I., Velásquez, A. y Velásquez, E. México. 2001. En: M. Kappelle y A.D. Brown (eds.). Bosques nublados del neotrópico. Inbio, San José, Costa Rica. pp. 183 – 241.

Marantes, C.B. y Gómez, A.M.L. 1999. Inventario de especies vegetales y animales de uso artesanal. Biodiversitas 22: 9 – 14.

Moguel, P. y Toledo, V.M. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. Conservation Biology 13: 11 – 21.

Panayotou, T. y Ashton, P. 1992. Not by timber alone: economics and ecology for sustaining tropical forests. Island Press, Washington, EUA. pp. 70 – 98.

Rzedowski, J. 1981. Vegetación de México. Limusa, México D.F., México. 432 pp.

CAPÍTULO 1

Utilización de helechos arborescentes del género *Cyathea* en la producción de artesanías por agricultores de la región de Cuetzalan, Sierra Norte de Puebla

INTRODUCCIÓN

La explotación económica de productos forestales no maderables (PFNM) y maderables no tradicionales (PFMNT) ha sido propuesta como alternativa para promover el manejo participativo en diversos ecosistemas, los cuales han estado sujetos a diferentes intensidades de presión antropogénica (Koppell 1995). Tal manejo podría incrementar el ingreso económico de la población involucrada en la extracción forestal, promoviendo daños menos intensos al bosque que los ocasionados por la explotación de productos maderables tradicionales (Koppell 1995). Sin embargo, el aprovechamiento de los PFNM y PFMNT ha sido restringido por varias causas, como son el desconocimiento en los mercados internos y externos de tales productos, la falta de mecanismos para incorporarlos a los mercados, y la falta de las políticas gubernamentales específicas y adecuadas para este tipo de productos (Arnold y Pérez 2001). Estos factores restringen la ganancia efectiva resultante del comercio de PFNM y PFMNT, de la cuál se beneficiarían principalmente las poblaciones directamente involucradas en la extracción (Arnold *et al.* 2001). La insuficiencia de ingresos económicos genera un cuadro de sobreexplotación de algunos productos de valor económico superior, y posiblemente ocasiona la sobreexplotación de un mayor número de productos, en ambos casos resultando en un mayor impacto antropogénico sobre los recursos forestales (Godoy *et al.* 2003):

Entre los PFNM de más amplia explotación a nivel mundial están las plantas ornamentales (Zamora y Torres 2001). Sin embargo, en los bosques templados de México, las plantas ornamentales son manejadas desde la perspectiva forestal a pequeña escala y a baja intensidad, de acuerdo con el patrón general de explotación de PFNM (Zamora y Torres 2001). Adicionalmente, el comercio de dichos productos constituye una fuente de ingresos esporádica, y está restringido a escalas locales o regionales (Zamora y Torres 2001).

En la Sierra Norte del Estado de Puebla, se ha investigado el uso de recursos forestales no maderables resultando en listados de especies económicamente útiles (Martínez-Alfaro *et al.* 2001). Con base en el conocimiento generado, se sabe que en la región son comercializadas 603 especies de plantas, de las cuales 12.7% son de uso ornamental. Sin embargo, son pocos los estudios que han investigado los efectos de la explotación forestal a nivel específico o poblacional (Basurto-Peña *et al.* 2003).

A escala mundial, diversas especies de helechos arborescentes son comercializadas debido a su potencial ornamental. Además, las raíces adventicias que circundan sus tallos son empleadas en la fabricación de artesanías o como sustrato para jardinería. Dichas actividades constituyen un negocio de elevada rentabilidad en países como Australia, Tasmania y Brasil (Lawson 2002, Buchner *et al.* 1997, CONAMA 2002). Sin embargo, existen pocos reportes científicos acerca de la utilización económica de pteridofitas (Nwosu 2002). No obstante, se ha reportado el uso de diversas especies de pteridofitas como PFM a escalas espaciales restringidas. Por ejemplo, Nwosu (2002) identificó 36 especies de helechos utilizadas localmente por una comunidad tradicional en Nigeria, con fines medicinales, cosméticos, y alimenticios. Para el caso particular de los helechos arborescentes en México, las especies *Alsophila firma*, *Cyathea fulva* y *Cyathea divergens* son utilizadas en la confección de artesanías zoomorfas (Marantes y Gómez 1999). En un estudio sobre las plantas útiles de Sierra Norte de Puebla, Martínez-Alfaro y colaboradores (2001) reportaron la venta de seis especies de helechos en los mercados locales.

La información disponible acerca del comercio de especies de helechos arborescentes es insuficiente y poco confiable (WCMC 1995). Debido a la cosecha y al comercio ilegales de partes de individuos o de plantas vivas, algunas especies de helechos arborescentes vendidas internacionalmente son consideradas como amenazadas o en peligro de extinción. Para protegerlas, se han propuesto regulaciones internacionales para su comercio, tales como la Convención para el Comercio Internacional de especies de Fauna y Flora Amenazadas (CITES), aunque no siempre han resultado eficaces para la protección de las especies (Ministerio Federal Alemán de Cooperación y Desarrollo 1998).

Ejemplos de especies actualmente comercializadas en grandes cantidades y que presentan demandas elevadas en el mercado internacional son *Cyathea biformes* y *Dicksonia sellowiana*,

originarias de América, y *Colochlaena dubia*, *Dicksonia antarctica*, *D. fibrosa* y *D. squarrosa*, originarias de Australia y Nueva Zelanda. *Dicksonia antarctica* es la especie de helecho arborescente más comúnmente encontrada en el mercado internacional (TRAFFIC 2000, CONAMA 2002). En el período de 1995 a 2000, más de 140 mil plantas del género *Dicksonia* fueron importadas a Europa, 93% de las cuales correspondieron a individuos de *D. antarctica* (Lawson 2002). De las demás especies con elevada demanda, solamente *C. bifurcatus* y *D. sellowiana* son consideradas amenazadas debido a su sobreexplotación en Brasil, el mayor exportador mundial de las especies (Buchner *et al.* 1997, TRAFFIC 2000, CONAMA 2002).

Otras causas que amenazan el mantenimiento de las poblaciones naturales de diversas especies de helechos arborescentes son la pérdida de hábitat por cambio de uso de suelo, principalmente mediante la conversión de áreas boscosas en campos de cultivos, y la extracción para el comercio a nivel local. Nueve especies del género *Cyathea* figuran en la Lista Roja de la IUCN (2003) como amenazadas de extinción debido a la pérdida de hábitat y al exceso de extracción causado por la elevada demanda en mercados locales y regionales. En el Estado de Oaxaca, en la región sureste de México, se asignó a *Cyathea fulva* la categoría de especie vulnerable, debido al exceso de extracción de individuos adultos, cuyas fibras son empleadas en jardinería, y a la pérdida de hábitat, dada la conversión de los bosques a tierras agrícolas (SEMARNAT 2000).

En los países donde el comercio de helechos arborescentes está muy desarrollado, se han elaborado planes de manejo que abarcan desde la etapa de extracción de partes del individuo o individuos enteros, hasta su comercialización en el mercado internacional, con la finalidad de asegurar el mantenimiento de las especies explotadas y sus poblaciones naturales remanentes. Como ejemplo, se pueden citar los planes de manejo para *Dicksonia antarctica* en Australia y Tasmania, en donde la especie es abundante y presenta amplia distribución geográfica (Forestry Commission 2001, Hunt *et al.* 2002). En estos países se aplican recomendaciones como la siembra de los ápices de los tallos extraídos y la cosecha en intervalos de 85 años (Forestry Commission 2001). Los planes de manejo son evaluados a corto, mediano y largo plazos, y pueden ser modificados si se considera pertinente. Existen además propuestas de explotación sustentable de las especies *Cyathea australis* y *Dicksonia antarctica* en Australia. Los principales objetivos de

tales propuestas son propiciar el incremento de los ingresos económicos para las poblaciones locales, responsables de la extracción de la materia-prima, y optimizar los ingresos provenientes de la comercialización de productos o subproductos (Department of Natural Resources and Environment 2002).

En México, a pesar del conocido empleo de helechos arborescentes en jardinería, son pocos los estudios que abordan los requerimientos necesarios para promover el establecimiento y manejo de las especies comercialmente empleadas (Bernabé *et al.* 1999). Trece especies de helechos arborescentes de la familia Cyatheaceae figuran en la Norma Oficial Mexicana (NOM-ECOL-059-2001), once de ellas son consideradas como sujetas a protección especial, y las demás en peligro de extinción. Sin embargo, no existen datos cualitativos o cuantitativos acerca del proceso de extracción, manipulación y venta de helechos arborescentes, o relativos a la extensión e intensidad de explotación de esas especies.

En la región de Cuetzalan, en la Sierra Norte del Estado de Puebla, por lo menos dos especies de helechos arborescentes del género *Cyathea* son usadas por agricultores locales en la fabricación de artesanías, que se venden principalmente a intermediarios o en mercados locales. Los objetivos de este estudio fueron describir el proceso de explotación de especies del género *Cyathea*, desde su extracción hasta la venta local de artesanías, y cuantificar el porcentaje de los ingresos económicos de la población involucrada en esta actividad. Para ello, evalué la importancia económica de dichas actividades para las familias de los artesanos y determiné la intensidad de extracción actual de individuos adultos en la región.

SÍTIO DE ESTUDIO

Los artesanos entrevistados en este trabajo pertenecen a dos comunidades de la región del municipio Cuetzalan del Progreso, en la Sierra Norte del Estado de Puebla, entre las coordenadas 19° 58' 55" N y 97° 32' 56" O, y 19° 59' 37" N y 97° 32' 36" O (Figura 1) y en altitudes estimadas entre 1230 y 1470m. Se realizaron además encuestas a comerciantes locales de la ciudad de Cuetzalan (20° 01' 33" N y 97° 31' 37" O), ubicada aproximadamente a 850 m de altitud. La ciudad de Cuetzalan es la cabecera municipal, y el principal centro económico de la región. El clima es

húmedo durante todo el año con intensificación de las lluvias en el verano. Presenta períodos secos cortos y no intensos, en los cuales se reduce drásticamente la humedad del aire. Sin embargo, la nubosidad constante mantiene la una humedad atmosférica elevada y una baja incidencia de radiación solar durante el día (Luna *et al.* 2001). La precipitación media anual en bosques mesófilos de montaña se encuentra alrededor d 2000 mm y la temperatura media anual está entre 12°C y 23°C (Luna *et al.* 2001).

El tipo de vegetación predominante en esta región es el bosque mesófilo de montaña (Rzedowski 1981). Este tipo de vegetación constituye uno de los ecosistemas más diversos, pero también más amenazados en México y en el mundo, ya que está sujeto a intensa degradación por exceso de explotación y conversión en sistemas agrícolas o agro-pastoriles (Challenger 1998, Brown y Kappelle 2001, Lambin *et al.* 2003).

De acuerdo con el último censo poblacional (INEGI 2000), en la región de la cabecera municipal de Cuetzalan del Progreso vivían aproximadamente 45,010 habitantes. La población económicamente activa (PEA) corresponde a 34.52% de ese total, y los sectores de actividad agrícola, en conjunto con ganadería, aprovechamiento forestal, caza y pesca emplean alrededor de 68.93% de la PEA. La mayor parte de los trabajadores en estas actividades está compuesta por hombres (79.46%), que en su mayoría (62.08%) trabajan como jornaleros o peones (INEGI 2000). El cultivo de café es la actividad agrícola de mayor importancia económica en la región (Moguel y Toledo 1999).

ESPECIES ESTUDIADAS

Las especies del género *Cyathea* (Cyatheaceae) empleadas en la fabricación de artesanías son nombradas localmente como "pesmas". De acuerdo con la coloración de la sección del tallo cubierta por raíces adventicias, las especies de pesmas más abundantes en la región son nombradas por los artesanos como amarilla y negra, que corresponden respectivamente a las especies *Cyathea divergens* y *Cyathea fulva*. Las pesmas negras difieren de las amarillas, adicionalmente, por la mayor dureza del material producido. Por lo menos cuatro especies de este género pueden ser encontradas en el estado de Puebla (Carpio 2000). Los caracteres

morfológicos utilizados por los artesanos para la identificación las especies de helechos arborescentes son vegetativos, por lo que efectivamente no pueden ser considerados diagnósticos de las especies, sobre todo considerando la elevada diversidad de especies en los bosques mesófilos de montaña (Riba 1993, Challenger 1998). Por esta razón, es probable que el número de especies de helechos arborescentes utilizado en la región sea mayor.

De noviembre del 2002 a enero del 2003 colecté y herboricé frondas reproductivas de las especies encontradas en los márgenes de carreteras de acceso a la ciudad de Cuetzalan del Progreso. Posteriormente, identifiqué tres especies, *Cyathea divergens* var. *tuerckheimii* (Fig. 1), *Cyathea fulva* (Fig. 2) y *Cyathea mexicana*, de acuerdo con la disposición y forma de los soros, la coloración y forma de escamas y espinas, presencia y disposición de pelos (Mickel y Beitel 1988). Las dos primeras se encuentran enlistadas en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2001) como sujetas a protección especial y la última es declarada como en peligro de extinción.

Cyathea divergens var. *tuerckheimii* presenta estipes de color café con pelos abundantes, espinas negras y puntiagudas, escamas largas y bicolores, de centro oscuro y márgenes blanquecinos, frondas bipinnadas-pinnatifidas de 0.5 – 2.7 cm de largo, y pínulas cortas, de 1 – 6 mm, con pelos en la superficie inferior de frondas y pínulas. *Cyathea fulva* presenta estipes de color café pálido, espinas incipientes a bien desarrolladas, escamas café oscuro con márgenes generalmente no diferenciadas, pelos abundantes, frondas bipinnadas-pinnatifidas de 4 – 11 mm de largo, pínulas cortas de 1 – 2 mm. *Cyathea mexicana* presenta espinas resistentes, negras, pequeñas y curvadas en el estipe, escamas muy afiladas de color café oscuro y ápice acentuado, frondas con márgenes bipinnadas-bipinnatifidas, y pínulas con ápice agudo (Mickel y Beitel 1988).

Como características generales de los helechos arborescentes de la familia Cyatheaceae se pueden señalar: presencia de un tronco erecto y escamoso en el ápice, pudiendo alcanzar 20 m de altura y de 10 cm a 1.3 m de diámetro a la altura del pecho (DAP), excluyendo las raíces adventicias que circundan el tallo. Las frondas son largas y pueden alcanzar hasta 4m de longitud, presentan escamas en la base, y comúnmente espinas (Mickel y Beitel 1988, Moran y Riba 1995). Las esporas son dispersadas por el viento (Pérez-García 1988).

MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Mediante encuestas iniciales a comerciantes y artesanos, determiné el número total de agricultores involucrados en la producción de artesanías que utilizan como materia prima a *Cyathea* spp., en las dos comunidades estudiadas. Caractericé las dos comunidades de acuerdo con su ubicación, el número de familias, y las actividades económicas principales y complementarias (incluyendo la extracción y venta de productos forestales no maderables). Para investigar como se expandió el conocimiento de la actividad en la región, averigüé el grado de parentesco entre los artesanos, desde cuando se dedicaban a la producción de artesanías y, finalmente, el origen y la antigüedad de la actividad en la comunidad.

Elaboré cuestionarios con base en descriptores para estudios relativos a la utilización económica y manejo de productos forestales no-maderables (CIFOR 2001). Finalmente, caractericé, a partir de las entrevistas, los procesos de extracción de tallos, producción y comercio local de artesanías (Apéndice I).

Realicé tres ciclos de encuestas en tres periodos con diferente demanda turística local y demanda por productos. Tales períodos correspondieron a: (1) del 27 de enero al 2 de febrero de 2003, un período con demanda turística baja, (2) del 12 al 18 de octubre de 2003, que correspondió al período de fiestas regionales, y en el que se presenta una moderada intensificación del turismo, y demanda intermedia por las artesanías, y (3) del 30 de marzo al 5 de abril de 2004, que correspondió a un período vacacional con elevada demanda turística.

Trece productores, que constituyen el total de artesanos en la región, fueron sujetos a encuestas acerca del proceso de fabricación de artesanías, por lo menos en una de las tres visitas efectuadas. Entrevisté cinco artesanos (equivalente a 38.5% del total) en una ocasión, cuatro en dos ocasiones, y cuatro en las tres ocasiones en que se efectuaron las encuestas (correspondiendo en ambos casos a 30.8% del total de productores).

Con respecto a la extracción de tallos de individuos de *Cyathea* spp., estimé los tiempos de búsqueda y elección de los helechos arborescentes cosechados, el tiempo empleado en la tala, y las características determinantes para la selección o preferencia de individuos de *Cyathea* spp.

por los artesanos. Además, con base en observaciones personales, describí los métodos de colecta y transporte del material.

Describí la producción de artesanías teniendo en cuenta los siguientes factores: parte del tallo y la cantidad de éste utilizada, el uso diferencial de las especies, las herramientas y métodos empleados en la producción de artesanías, el número de personas involucradas en la colecta de materia prima y fabricación de las piezas, la periodicidad de la producción, la estacionalidad y constancia de la actividad y la importancia económica relativa para las familias involucradas.

Los entrevistados fueron agrupados, de acuerdo a la intensidad y frecuencia en que declararon dedicarse a la producción de artesanías, en las siguientes categorías: (1) Artesanos dedicados a la producción intensiva: en la que los agricultores se dedican a la producción de artesanías durante todo el año, y dependen económicamente de la actividad para el mantenimiento de sus familias. (2) Artesanos dedicados a la producción parcialmente estacional: en la que los agricultores, aunque producen artesanías durante todo el año, no dependen económicamente de la actividad. La producción es constante pero no intensiva durante el año, y se concentra en períodos de elevada demanda turística. (3) Artesanos dedicados a la producción estacional: en la que los agricultores producen artesanías exclusivamente en períodos de mayor demanda turística.

Determiné el porcentaje promedio del ingreso económico anual que provino del comercio de artesanías con base en el número de días en que los entrevistados de cada una de las categorías se dedicaban a la producción de artesanías. En los períodos en que la producción de artesanías fue considerada nula, consideré que los artesanos estarían empleados como jornaleros. Por día de trabajo como jornalero estimé, con base en las encuestas, que cada artesano recibió un sueldo de aproximadamente \$50 pesos. Solamente consideré como días laborales los cinco días útiles de la semana, lo equivalente a 317 días en el período de un año.

Para la caracterización y la importancia financiera del comercio de las artesanías en la ciudad de Cuetzalan del Progreso, me basé en los resultados de las encuestas aplicadas a comerciantes, realizadas en dos períodos de 7 días, que incluyeron los datos relativos a las ventas adicionales en el mercado dominical. Colecté los datos en el período del 27 de enero al 2 de febrero de 2003, el cual correspondería a la producción y venta de artesanías en períodos de

turismo moderado, y del 30 de marzo al 5 de abril de 2004, durante un período vacacional de intensificación del turismo. Evalué la ganancia efectiva en el comercio local a partir de la cantidad de piezas expuestas en los períodos de diferente demanda turística, considerando las diferencias entre los precios de compra y venta del total de artesanías expuestas. Determiné la ganancia efectiva en términos porcentuales por pieza vendida, de acuerdo con el tipo de establecimiento comercial. Adicionalmente, determiné el número de piezas expuestas por establecimiento comercial, y de estas el número de macetas y de macetas con formas de patos (piezas de mayor demanda). Para efectos de análisis, consideré como ingreso económico resultante de la venta de artesanías, en las casas comerciales de la ciudad de Cuetzalan y puestos en el mercado dominical, el equivalente a la venta de todas las piezas expuestas en cada establecimiento o puesto, de acuerdo con su precio de venta. Reporté valores promedio (\pm error estándar) de la ganancia efectiva por tienda, del número de piezas vendidas por establecimiento, y del ingreso estimado con la venta de las mismas.

RESULTADOS

Descripción general de las comunidades de artesanos

Existen actualmente en la región de la ciudad de Cuetzalan del Progreso, Sierra Norte de Puebla, trece artesanos de trece familias que utilizan raíces adventicias que circundan las bases de tallos de helechos arborescentes del género *Cyathea*, como materia prima en la confección de artesanías. Pertenecen a dos comunidades cercanas a la localidad de Xocoyolo (19°59'14"N, 97°32'43"O), en las proximidades de la carretera Zacapoaxtla – Cuetzalan, que constituye la principal ruta de acceso a la región (Figura 2). Ocho familias viven en terrenos ubicados en los márgenes de la carretera, y cinco viven en San Andrés, una pequeña comunidad compuesta de diez familias, alejada 1.5 km de la carretera (Figura 3).

La fabricación de artesanías a partir de raíces adventicias de especies del género *Cyathea* se realiza en la región desde mediados de la década de 1970. Esta actividad fue incorporada en la región por habitantes provenientes de Xocoyolo, a partir del aprendizaje en talleres. El inicio de la actividad en San Andrés ocurrió posteriormente, a partir de observaciones de la ejecución de la

actividad por parte de artesanos de Xocoyolo, a los que en un principio vendían partes de troncos talados como fuente de ingreso económico adicional. En ambas comunidades los artesanos están emparentados, por lo que la utilización de helechos arborescentes en la fabricación de artesanías es ejercida actualmente por dos grandes familias de agricultores en la región de Cuetzalan. Entre los entrevistados, 25% declaró ejercer la actividad por más de 20 años, 50% entre 10 y 20 años, y 25% empezó a dedicarse a esta actividad hace menos de 10 años, correspondiendo a la segunda generación de productores.

La agricultura de subsistencia es la actividad a la que se dedica primordialmente el 100% de los artesanos. La principal fuente de ingresos para el 84.6% de las familias entrevistadas proviene de contratos de trabajo a corto plazo, en terrenos particulares, fundamentalmente en períodos de siembra o cosecha de los cultivos agrícolas, destacándose el café. Las demás familias dependen fundamentalmente de otras actividades, no relacionadas con la agricultura, si no con la extracción de productos forestales. Ninguna familia depende exclusivamente de la producción de artesanías como fuente principal de ingresos, aunque aproximadamente el 23% de los agricultores entrevistados la considera como una fuente de ingreso fundamental para el mantenimiento de sus familias.

Las familias que viven a los márgenes de la carretera (38.5%) exponen las artesanías a la venta en el mercado local (Figura 3), mientras que el 61.5% de los artesanos las vende directamente en la ciudad de Cuetzalan del Progreso, mediante encargos, o a revendedores externos que recogen las artesanías en el local de producción. Un 80% de los artesanos recibe encargos de otras regiones, principalmente a través de intermediarios. Debido a que la venta en la ciudad de Cuetzalan involucra gastos adicionales tales como el transporte de la mercancía, los productores optan por vender sus piezas en el mercado local solamente por encargos al mayoreo, en general en cantidades superiores a 20 piezas.

La venta de otros PFNM cosechados en terrenos particulares propios o ajenos es fuente de ingreso importante para las familias entrevistadas. Los principales productos cosechados en San Andrés son hongos comestibles, epífitas y plantas de ornato. Todos los agricultores de San Andrés, además de coleccionar especies vegetales, capturan y venden aves. Dicha actividad es ejercida también por el 50% de los agricultores ubicados en los márgenes de carretera, en las

proximidades de Xocoyolo. De ese modo, para nueve familias en total, de ambas comunidades, la captura y venta de aves constituye una fuente de ingreso adicional.

Extracción de tallos

Los artesanos tardan de una a dos horas en recorrer el camino hasta los sitios de extracción de individuos de *Cyathea* spp., en remanentes de bosque mesófilo de montaña. Los helechos extraídos son seleccionados fundamentalmente por la cantidad de "maquique" que poseen, y en algunos casos por el aspecto exterior de los tallos, lo que refleja la calidad del material. El aspecto involucra características que están relacionadas con las dimensiones del individuo cosechado, principalmente el diámetro de los mismos. Consecuentemente, son elegidos los individuos más altos y probablemente de estadios reproductivos.

Las raíces adventicias utilizadas en la fabricación de artesanías se concentran en la región basal del tallo de individuos de *Cyathea* spp. Una vez seleccionado el helecho, esa sección del tallo es extraída con el auxilio de un machete en aproximadamente una hora. El material cosechado es cargado por los artesanos hasta sus casas, en el doble del tiempo empleado para llegar al sitio de colecta. Las secciones de tallo pueden ser trabajadas inmediatamente o almacenadas, ya que el material es altamente resistente a la intemperie. El material cosechado es comúnmente almacenado por períodos superiores a un año (Figura 5). En conjunto, las actividades de búsqueda, cosecha y transporte de los tallos de helechos arborescentes cortados ocupan la mitad de un día de trabajo. Todas las actividades están exclusivamente a cargo del artesano.

Aproximadamente el 80% de los helechos arborescentes extraídos por los artesanos provino de remanentes de bosques mesófilos de montaña. El restante correspondió a árboles caídos o parcialmente descompuestos vendidos por propietarios de terrenos cercanos, o a árboles cortados por desmonte debido a la conversión del uso de suelo. Tanto los árboles extraídos en pie, como los caídos o parcialmente descompuestos son comprados a propietarios locales. Los árboles provenientes de remanentes forestales son comprados a los propietarios de terrenos locales, y sus valores son proporcionales a sus dimensiones, entre \$30 y \$70 pesos, mientras que los árboles vendidos a mayoreo cuestan entre \$15 y \$25 pesos, independientemente de sus dimensiones. Hay consenso en que los helechos arborescentes que crecen en condiciones de

sombra, en el sotobosque de remanentes de bosques mesófilos de montaña de la región, ofrecen mayor cantidad y calidad de material para la producción de artesanías, en comparación a los que se encuentran en sitios perturbados.

Producción de artesanías

La demanda de artesanías varía de acuerdo con la intensidad del turismo local o regional, por lo que, según el 100% de los artesanos, hay incremento de las ventas en períodos vacacionales, en los meses de julio y diciembre, y en feriados prolongados, principalmente de principios a mediados de abril y octubre. Aproximadamente el 54% de los entrevistados declaró dedicarse durante todo el año a la producción de artesanías. Sin embargo, solamente el 31% se dedicó a la actividad con igual intensidad a lo largo de todo el año (3 personas de la categoría 1, Tabla 1).

El 46% del total de artesanos (6 artesanos, o 85% de los que se dedican a la actividad durante todo el año) intensifica la producción únicamente en períodos de elevada demanda turística (categoría 2, Tabla 1). Aproximadamente 23% de los entrevistados produce artesanías exclusivamente en períodos de elevada demanda turística (categoría 3, Tabla 1). De ese modo, se puede inferir que para 69% de los artesanos (referentes a las categorías 2 y 3, Tabla 1), la actividad se concentra en temporadas de mayor afluencia turística, cuando los ingresos económicos resultantes de la venta de las artesanías son más seguros mientras que durante el resto del año se dedican a la producción por encargos puntuales. De hecho, la estacionalidad y la poca constancia en la producción de artesanías se reflejan en el hecho de que el 41.7% de las personas que declararon ejercer la actividad en la primera encuesta, en octubre ya no invertían tiempo en la misma. También se refleja en el hecho de que el 76.9% de los entrevistados considera la producción de artesanías como una actividad complementaria y esporádica.

El número de días útiles del año en que los artesanos se dedicaron a la producción de artesanías varió considerablemente entre categorías, de 37.5 a 164 días (Tabla 1). El ingreso económico anual de cada artesano en cada una de las categorías establecidas fue estimado en valores que variaron de \$16,166.00 a \$17,217.00 pesos. Sin embargo, el porcentaje de ingreso anual referente a la venta de artesanías varió de acuerdo con la intensidad de producción entre las distintas categorías. De ese modo, 55.6, 30 y 13.7% de los ingresos económicos anuales de

cada individuos perteneciente a las categorías 1, 2 y 3, respectivamente provino de la producción y venta de artesanías (Tabla 1).

El 60.9% y 73.9% de los trece productores encuestados reportaron haber colectado "maquique" en algún momento en el intervalo de 15 y 30 días antes de la entrevista, respectivamente. El 71.4, 62.5 y 87.5% de los artesanos poseía material para la fabricación de artesanías recientemente cosechado en períodos de baja, mediana y alta actividad turística respectivamente.

En relación a las especies de *Cyathea* utilizadas en la fabricación de artesanías, el 75% de los productores declaró emplear solamente las dos especies más abundantes en sitios perturbados: *C. divergens* y *C. fulva*. Del total de artesanos entrevistados, el 88.9% prefiere trabajar, cuando hay posibilidad de elección, con *C. fulva*, ya que las raíces adventicias se encuentran más entrelazadas en individuos de esa especie, formando un material más consistente, y proporcionando la fabricación de artesanías más detalladas y de mejor calidad. El proceso de fabricación de las piezas tarda, de acuerdo con sus dimensiones y riqueza de detalles, de treinta minutos a dos horas.

Tres herramientas son utilizadas en la fabricación de artesanías. Inicialmente, la sección del tallo cosechada es dividida con un serrote en partes menores y equivalentes a lo necesario para la confección de una pieza (Figura 2). El machete es utilizado para moldear los objetos producidos, ya que no se utilizan moldes fijos. Finalmente, por medio del uso de una herramienta improvisada, en forma de media concha, con la que se perfora el material, son fabricadas las macetas. Solamente en una de las familias de artesanos se observó división de trabajo en la fabricación de artesanías (Figura 4).

Las artesanías producidas en mayor cantidad, que corresponden también a las más comúnmente encontradas en el comercio local, son las macetas zoomorfas, que se asemejan principalmente a patos (Figura 6). También se producen macetas con formas de garzas, ardillas, macetas simples, tablillas para el cultivo de epífitas, y letras para anuncios. La mayoría de los artesanos (80%) recibe encargos externos, por lo que la cantidad y tipo de piezas que producen depende principalmente del encargo efectuado.

A partir de cada helecho arborescente extraído del sotobosque de remanentes forestales en la región, dependiendo de sus dimensiones, pueden ser confeccionadas de 15 a 50 macetas zoomorfas. La ganancia neta por planta extraída, descontando los costos relativos al transporte de material, es de 5 a 8 veces el precio pagado a los propietarios de los terrenos de donde son extraídos los helechos arborescentes. No se reportaron casos en que los helechos arborescentes extraídos provinieran de fragmentos de bosques de terrenos no particulares.

La tala de helechos arborescentes, aunque ilegal, no es penalizada en la región. De ese modo, aunque los artesanos reconozcan la prohibición, fundamentan su actividad argumentando que las “pesmas” cosechadas no presentan valor como recurso maderable, por lo que no serían económicamente aprovechables si no fuera por la fabricación de artesanías. Además, argumentan que la extracción de helechos arborescentes de terrenos particulares es autorizada por los propietarios locales. Complementariamente, 92.3% de los artesanos argumenta que los individuos cortados retoman el crecimiento después de la extracción del tallo, por lo que su actividad no pondría en riesgo el mantenimiento de las poblaciones de las especies empleadas. Según los artesanos, los ápices de las plantas cortadas, aunque tirados al suelo, si se encuentran en microambientes con suficiente humedad, retoman el crecimiento vertical, mientras que el tallo cortado se descompone. Este dato contrasta con el hecho de que el 100% de los productores considera que la disponibilidad de recursos ha disminuido desde que inició la actividad, principalmente debido a la cosecha exagerada de tallos (66.7% de los artesanos) y a cambios de uso del suelo en la región (44.4%).

Además de la utilización de las raíces adventicias de tallos de *Cyathea* spp., raramente son aprovechadas económicamente otras partes o individuos vivos completos. El 30.8% de los artesanos declaró haber vendido sobras del material utilizado mediante encargos, y solamente un artesano (correspondiente a 7.7% del total) confirmó haber vendido plántulas de helechos arborescentes, obtenidas localmente en la carretera.

Comercio local

La venta de artesanías producidas por las ocho unidades familiares que viven en los márgenes de las carreteras locales es efectuada por los artesanos y otros miembros de la unidad, fundamentalmente mujeres, que se encuentran la mayor parte del tiempo en sus respectivas

casas. Los demás artesanos, como se mencionó anteriormente, venden sus piezas a intermediarios o directamente en la ciudad de Cuetzalan, mediante encargos.

En la ciudad de Cuetzalan, las artesanías fabricadas con raíces adventicias de individuos del género *Cyathea* son vendidas en 8 casas comerciales, número constante, independientemente de la intensidad de turismo. Además hay diez establecimientos en los puestos provisionales de los mercados dominicales donde se maneja la venta de artesanías fabricadas localmente.

La ganancia efectiva promedio de la reventa de cada artesanía en el comercio de la ciudad de Cuetzalan, en comparación con el precio de la pieza adquirida de los productores locales varía entre 89% y 112% del precio inicial de venta (Tabla 2), es decir, equivale al doble del precio pagado a los productores. El número de piezas expuestas a la venta fue mayor en las casas de comercio permanentes que en los puestos provisorios del mercado dominical, tanto en enero del 2003 como en abril del 2004, por lo que la intensidad de la actividad turística no parece afectar este patrón. Las artesanías más ofrecidas fueron macetas, particularmente las que presentaban formas de patos de distintas dimensiones. Los ingresos económicos resultantes de la venta de artesanías fueron superiores en períodos de mayor demanda turística en la región (abril de 2004) en las casas de comercio permanentes, sin embargo fueron menores en los puestos provisionales en el mercado dominical (Tabla 2).

A nivel regional, las artesanías producidas en la región de Cuetzalan son vendidas en los estados de México, Puebla y Veracruz. Las piezas son compradas directamente a los artesanos por intermediarios, y revendidas en otras regiones por precios superiores, desconocidos por los productores. Según las familias entrevistadas, se reciben mensualmente 3 encargos de artesanías, más frecuentes de acuerdo con el incremento del turismo en la región. En cada temporada de vacaciones (meses de julio y diciembre), se reciben en promedio diez encargos de piezas, lo que equivale a veinte encargos anuales aproximadamente. La Semana Santa constituye otro período importante de incremento del turismo, durante el cuál generalmente se reciben cinco encargos. En temporadas de menor demanda, es decir, en períodos no vacacionales, se reciben en promedio tres encargos por mes. En estos períodos, que equivalen a 9.5 meses, se reciben anualmente un total 28.5 encargos. De ese modo, en el periodo de un año los artesanos reciben lo equivalente a 53.5 encargos por parte de intermediarios de otras regiones (Tabla 3). Ya que por

encargo son comercializadas alrededor de 40 macetas zoomorfas medianas, concluí que el monto anual de piezas producidas por los artesanos para satisfacer la demanda de otras regiones es de aproximadamente 2140 piezas.

Generalmente, los helechos arborescentes cosechados por los artesanos en la región son comprados a los propietarios de tierras a precios que varían entre \$30 y \$60 pesos, y con ellos se pueden producir de 20 a 50 macetas zoomorfas medianas, con una ganancia de \$170 a \$440 respectivamente. Como consecuencia, son talados anualmente de 43 a 107 individuos adultos de *Cyathea* spp. en la región de Cuetzalan solamente para satisfacer la demanda de encargos hechos por intermediarios (Tabla 3). Se sabe que aproximadamente el 80% del total de individuos de *Cyathea* spp. cosechados en la región proviene de remanentes de bosque mesófilo de montaña. De ese modo, estimé que son talados anualmente de 34 a 87 individuos adultos de los fragmentos de bosque.

DISCUSIÓN

La producción de artesanías a partir de raíces adventicias extraídas de individuos adultos de *Cyathea* spp. no constituye la principal o una de las principales fuente de ingresos económicos para la mayor parte de las familias de artesanos en la región de la cabecera municipal de Cuetzalan. La baja rentabilidad y la demanda estacional vinculada directamente a la intensidad del turismo en la región son las principales causas por las que ninguno de los agricultores se dedica de tiempo completo a la producción de artesanías.

La principal fuente de ingresos económicos para la mayor parte de las familias de artesanos entrevistadas proviene de jornales en trabajos temporales, fundamentalmente relacionados con la agricultura. Tales ingresos son más constantes a lo largo del año, y más seguros, ya que los sueldos son pagados al final del día laboral. Por otro lado, la producción de artesanías involucra el gasto inicial con la compra de la materia-prima, el tiempo de búsqueda, tala y transporte de las secciones del tallo cosechadas (equivalente a medio día de trabajo), y ocasionalmente también los gastos de transporte local hasta la ciudad de Cuetzalan, donde se venden las piezas fabricadas a los comerciantes locales. Considerando que la ganancia de la producción de

artesanías sólo se obtiene a partir de la venta, se explica la relación positiva existente entre la demanda turística en la ciudad de Cuetzalan y el tiempo empleado por los artesanos en la producción.

La venta de otros productos forestales no maderables constituye una fuente de ingresos complementaria muy importante para gran parte de las familias entrevistadas en las dos comunidades de artesanos estudiadas. Dichos productos son principalmente plantas epifitas y aves de ornato, las cuales son muy abundantes en la región, y pueden ser colectadas en terrenos propios o en sitios perturbados (por lo que no se paga por la extracción), y el tiempo invertido en la colecta es normalmente inferior al demandado en la búsqueda y tala de helechos arborescentes. Por esas razones, se observa actualmente un gradual reemplazo de la actividad de producción de artesanías a partir de raíces adventicias de *Cyathea* spp. por la colecta y venta de otros PFM.

Aunque la producción de artesanías no represente una actividad económica ampliamente difundida en la región de Cuetzalan, los niveles actuales de extracción de individuos adultos de *Cyathea* spp. podrían comprometer el mantenimiento de las poblaciones remanentes de las especies cosechadas, ya que se reduce drásticamente la abundancia de individuos en estadios reproductivos. La mayor parte de los tallos de helechos arborescentes cosechados por los artesanos proviene de remanentes de bosques mesófilos de montaña, en terrenos particulares de la región de Cuetzalan. Dichos individuos se desarrollan en el sotobosque o subdosel de esos remanentes, donde experimentan condiciones de baja intensidad lumínica, y radiación solar difusa (Durand y Goldstein 2001a).

Cuando están sujetas a condiciones de sotobosque o subdosel de bosques, las especies de helechos arborescentes de los géneros *Cyathea* y *Dicksonia* presentan tasas de crecimiento (incremento en longitud del tallo y producción de hojas) bajas y reproducción tardía y estacional, por lo que alcanzan la capacidad reproductiva después de dos o tres décadas, dependiendo de la especie (Bernabé *et al.* 1999, Arens y Sánchez-Baracaldo 2000, Durand y Goldstein 2001b, Hunt 2002).

Considerando las dimensiones de los individuos cosechados por los artesanos, probablemente se traten de adultos en estadio reproductivo, aunque no necesariamente

reproductivos en el momento de la cosecha. La tala de individuos en estadios reproductivos puede afectar la estructura y la dinámica poblacionales de *Cyathea* spp. en los remanentes, ocasionando una disminución en la densidad de individuos en estadios tempranos de desarrollo, en las tasas de recambio y en el tamaño poblacional.

A través de estimaciones del número de individuos adultos de *Cyathea* spp. cosechados anualmente para satisfacer las demandas local y regional, proyecté el impacto de la actividad sobre las especies cosechadas en sus respectivas poblaciones naturales en remanentes de bosque mesófilo de montaña de la región, utilizando datos disponibles de otras localidades. La densidad de helechos arborescentes de la especie *Cyathea fulva* > 1.5 m de altura en "El Triunfo", un área de conservación en Chiapas donde la vegetación predominante es el bosque mesófilo de montaña, es de 150 individuos / ha (Williams-Linera 1991), y considerando que los individuos que presentarían las características seleccionadas para la cosecha son adultos reproductivos, y corresponden, según el trabajo de Poulsen y Nielsen (1995), a aproximadamente el 1.3% de la población, concluí que la disponibilidad de helechos arborescentes para cosecha sería de dos individuos por hectárea. Asumiendo que la abundancia y distribución de tamaños de *Cyathea* spp. en los remanentes de bosque de la región de Cuetzalan fueran semejantes a las observadas por Williams-Linera (1991) y Poulsen y Nielsen (1995), es posible estimar que serían necesarias de 17 a 43 ha de bosques mesófilos de montaña para producir suficientes piezas artesanales para satisfacer la demanda anual de artesanías en localidades afuera de Cuetzalan.

Dado el elevado grado de fragmentación de ese tipo de bosque en la región, la disminución de la disponibilidad de helechos arborescentes para cosecha llevaría a un aumento del tiempo de búsqueda de individuos, de las distancias recorridas (por la búsqueda en fragmentos más lejanos) y del valor pagado a los propietarios locales por la materia prima. En conjunto, esos factores llevarían a la disminución de los ingresos económicos resultantes de la venta de artesanías. Consecuentemente, para equilibrar las necesidades financieras de sus respectivas familias, los agricultores podrían optar por otras actividades, entre ellas la cosecha de otros productos forestales, resultando probablemente en la pérdida de una actividad cultural ejercida por aproximadamente treinta años en la región, y en la sobreexplotación de otros PFM, como son las aves de ornato.

La disminución de los tamaños poblacionales de especies de helechos arborescentes en el interior de remanentes de bosques de la región de Cuetzalan es percibida por los artesanos locales como una reducción de la disponibilidad de recursos. Las causas principales fueron la sobreexplotación de tallos (66.7% de los artesanos) y los cambios en el uso del suelo en la región (44.4%). De hecho, los efectos antropogénicos relacionados con cambios en el uso del suelo y conversión de tierras boscosas a tierras agrícolas han sido, a lo largo de décadas, las principales amenazas a la conservación de los bosques mesófilos de montañas en México, provocando la disminución de las dimensiones ocupadas por ese tipo de bosque a nivel nacional, y su restricción a sitios de difícil acceso (Luna *et al.* 2001).

Aunque los artesanos reconozcan que la tala de helechos arborescentes está prohibida de por la legislación mexicana, justifican que la explotación es localmente permitida por los propietarios de los terrenos explotados. Debido a la elevada abundancia de individuos de *Cyathea* spp. en algunos sitios de la región, como son los márgenes de carretera locales, y por no poseer valor maderable, parece difícil que los artesanos asocien la prohibición de la cosecha a la protección de especies amenazadas, raras o en peligro de extinción. Además, el 92.3% de los agricultores entrevistados reportó haber constatado la sobrevivencia y crecimiento de los ápices de individuos cosechados, ya observado anteriormente en otras especies de helechos arborescentes (ejemplos en Forestry Comisión 2001, Seiler 1991). Tal resistencia a daños físicos, de acuerdo con los agricultores, promovería el mantenimiento de las poblaciones de las especies de helechos arborescentes a lo largo de los años de extracción en el interior de los remanentes.

El valor ornamental de las especies de *Cyathea* presentes en la región es prácticamente ignorado, por lo que no se practica localmente el comercio de individuos para la jardinería. Tampoco son vendidos los desechos de la actividad de fabricación de artesanías, debido a los ingresos económicos ínfimos propiciados a nivel local.

Con base en las observaciones y los datos colectados durante este estudio, se pueden recomendar algunas medidas de manejo que contribuirían al mantenimiento de las poblaciones naturales de helechos en la región de Cuetzalan. En primer término, es necesario evaluar directamente el efecto de la extracción de individuos adultos en las poblaciones naturales remanentes. En el caso de que los niveles de extracción actuales sobrepasen la capacidad de

soporte de estas poblaciones, comprometiendo su mantenimiento, sería necesario disminuir la tasa actual de tala de helechos arborescentes en la región. Al concentrar la mayor intensidad de cosecha de individuos adultos en periodos posteriores a la reproducción de los mismos, probablemente se incrementarían las tasas de germinación y establecimiento de plántulas. Esto porque las esporas y plántulas estarían sujetas a condiciones de mayor luminosidad, en los claros abiertos con la extracción de los individuos adultos.

Además, es importante resaltar que solamente un pequeño número de artesanos se dedica a la extracción de troncos de "pesmas" en la región de Cuetzalan, y para la mayor parte de ellos los ingresos económicos resultantes del comercio de artesanías son poco relevantes. De ese modo, sería posible la sustitución de la actividad por otras que ocasionaran menores perjuicios ambientales y que les proporcionaran ingresos económicos superiores. Para que otras actividades puedan ser implementadas, sin embargo, es necesario estudiar previamente su viabilidad económica y sus impactos sobre las especies explotadas y el medio ambiente.

La venta de individuos en estadios más tempranos de desarrollo, muy abundantes en sitios perturbados de la región, como plantas de ornato podría proporcionar una equivalencia en los ingresos económicos de los artesanos, una vez disminuida la intensidad de extracción de individuos adultos. Particularmente, sugiero la comercialización de plantas que crezcan en los márgenes de las carreteras locales, que experimentan elevada mortalidad debido a las prácticas de mantenimiento de las carreteras, o en terrenos para desmonte. Igualmente, la venta de los desechos del proceso de producción de artesanías como sustrato para jardinería en mercados mejor pagados podría contribuir para incrementar los ingresos económicos resultantes de la actividad.

Aunque la venta de plántulas o sustrato para jardinería en mercados mejor pagados pueda contribuir para el incremento de los ingresos económicos de la población involucrada, tal actividad podría resultar en una explotación más intensiva de las poblaciones remanentes de *Cyathea* spp. Sería necesario efectuar anteriormente un análisis del efecto del incremento en la presión de explotación sobre el mantenimiento de las poblaciones naturales de helechos arborescentes en la región. Tal análisis requiere de estudios de dinámica poblacional, si no a largo, por lo menos a

mediano plazo. También en relación al comercio de plántulas de *Cyathea* spp. para jardinería, sería esencial evaluar la apertura de mercado a productos nacionales derivados de la cosecha.

Estudios complementarios al presente serían indispensables, en el sentido de evaluar los efectos de la explotación actual y la capacidad de carga de las poblaciones naturales de *Cyathea* spp. en la región de Cuetzalan, y evaluar la efectividad y la factibilidad de las recomendaciones señaladas, para promover la comprensión de la dinámica de las poblaciones remanentes, y para propiciar a la población local un nivel socioeconómico más estable. Entre otros, es necesario evaluar la riqueza, estructura, y a más largo plazo, la dinámica de poblaciones de *Cyathea* spp. en los remanentes de bosques locales para conocer el actual impacto de la extracción sobre las especies, la probabilidad de cosecha de especies raras. En relación al manejo de las especies explotadas, es necesario evaluar la sobrevivencia de plántulas al transplante y potencial para utilización en jardinería y el potencial de comercio.

BIBLIOGRAFÍA

- Arens, N.C. y Sánchez-Baracaldo, P. 2000. Variation in tree fern stipe length with canopy height: tracking preferred habitat through morphological change. *American Fern Journal* 90: 01 – 15.
- Arnold, M.J.E. y Pérez, M.R. 2001. Can non-timber forest products match tropical forest conservation and development objectives? *Ecological Economics* 39: 437 – 447.
- Basurto-Peña, F., Castro-Lara, D. y Martínez-Alfaro, M.A. 2003. Edible begonias from the north of Puebla, México. *Economic Botany* 57: 48 – 53.
- Bernabé, N., Williams-Linera, G. y Palacios-Rios, M. 1999. Tree ferns in the interior and at the edge of a Mexican cloud forest remnant: spore germination and sporophyte survival and establishment. *Biotropica* 31: 83 – 88.
- Brown, A.D. y Kappelle, M. 2001. Introducción a los bosques nublados del neotrópico: una síntesis regional. En: M. Kappelle y A.D. Brown (eds.) *Bosques nublados del Neotrópico*. INBIO. San José, Costa Rica. pp. 25 – 40.
- Buchner, R., Dietrich, G. y Kiehn, M. 1997. Tree fern parts in trade in Central and South America. *CITES News – Plants*: 3.
- Carpio, A.B. 2000. Pteridoflora ilustrada del municipio de Tlatlauquitepec, Puebla. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. Benemérita Universidad de Puebla, Puebla, México. pp. 21 – 23.
- CIFOR. 2001. Descriptores para el estudio comparativo de estudios de caso de desarrollo de productos forestales no-maderables. Versión 8. 20 pp.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. 1ª ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. 847 pp.
- CONAMA. 2002. Projeto de lei nº 3419 sobre o corte, exploração, industrialização, transporte e comercialização de produtos e subprodutos provenientes do xaxim *Dicksonia sellowiana* no Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil. 2 pp.
- Department of Natural Resources and Environment. 2002. Victorian tree – fern management plan. East Melbourne, Australia. 27 pp.
- Diario Oficial de la Nación. 2001. Norma oficial mexicana NOM-ECOL-059-2001. 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. México.
- Durand, L.Z. y Goldstein, G. 2001a. Photosynthesis, photoinhibition, and nitrogen use efficiency in native and invasive tree ferns in Hawaii. *Oecologia* 126: 345 – 354.
- Durand, L.Z. y Goldstein, G. 2001b. Growth, leaf characteristics, and spore production in native and invasive tree ferns in Hawaii. *American Fern Journal* 91: 25 – 35.
- Forestry Comission. 2001. Tree fern management plan for the harvesting, transporting or trading of *Dicksonia antarctica* in Tasmania. Department of the Environment and Heritage. Australian Government. Tasmania. 21 pp.

- Godoy, R., Wilkie, D., Overman, H., Cubas, A., Cubas, G., Demmer, J., McSweeney, K. y Brokaw, N. 2000. Valuation of consumption and sale of forest goods from a Central American rain forest. *Nature* 406: 62 – 63.
- Hunt, M.A., Davidson, N.J., Unwin, G.L. y Close, D.C. 2002. Ecophysiology of the soft tree fern, *Dicksonia antarctica* Labill. *Austral Ecology* 27: 360 – 368.
- IUCN. 2003. 2003 IUCN Red list of threatened species.
- Koppell, C. 1995. Community Forestry Field Manual 6: Marketing information systems for non-timber forest products. Food and Agriculture Organization of the United States (FAO). Rome, Italia. 115pp.
- Lambin, E.F., Geist, H.J. y Lepers, E. 2003. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources* 28: 205 – 241.
- Lawson, T. 2002. The plant trade – a serious side to the growth business. En: WWF (ed.) *Traded towards extinction? The role of the UK in wildlife trade*. WWF Report. pp. 29 – 32.
- Luna, I., Velásquez, A. y Velásquez, E. 2001. México. En: M. Kappelle y A.D. Brown (eds.) *Bosques nublados del Neotrópico*. INBIO. San José, Costa Rica. pp. 183 – 241.
- Marantes, C.B. y Gómez, A.M.L. 1999. Inventario de especies vegetales y animales de uso artesanal. *Biodiversitas* 22: 9 – 14.
- Martínez-Alfaro, M.A., Oliva, V.E., Cruz, M.M., García, G.M., Olazcoaga, G.T. y León, A.W. 2001. Catálogo de plantas útiles de la Sierra Norte de Puebla, México. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., México. 303 pp.
- Mickel, J.T. y Beitel, J.M. 1988. Pteridophyte flora of Oaxaca, Mexico. New York Botanical Garden. New York, EUA. pp. 135 – 141.
- Ministerio Federal Alemán de Cooperación y Desarrollo. 1998. The sustainable use of endangered tree-ferns and palms in Veracruz and Chiapas: a German-Mexican Cooperation Project. 2 pp.
- Moguel, P. y Toledo, V.M. 1999. Biodiversity conservation in tradicional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13: 11 – 21.
- Moran, R.C. y Riba, R. 1995. Cyatheaceae: descripción de la familia y clave genérica. En: G. Davidse, M. Sousa y S. Knapp. *Flora Mesoamericana 1: Psilotaceae e Salviniaceae*. Universidad Nacional Autónoma de México, México. pp. 88 – 104.
- Nwosu, M.O. 2002. Ethnobotanical studies on some pteridophytes of Southern Nigeria. *Economic Botany* 56: 255 – 259.
- Pérez-García, B. 1988. Morfogénesis de gametofitos de Cyatheaceae (Pterophyta: Filicales). Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 224 pp.
- Poulsen, A.D. y Nielsen, I.H. 1995. How many ferns are there in one hectarea of tropical rain forest? *American Fern Journal* 85: 29 – 35.
- Riba, R. 1993. Mexican pteridophytes: distribution and endemism. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. Oxford University Press, New Cork, EUA, pp: 379-395.
- Rzedowski, J. 1981. *Vegetación de México*. Limusa, México. 432 pp.

- SEMARNAT. 2000. Catálogo de especies vulnerables al aprovechamiento forestal en bosques templados de Oaxaca. En: G.S. Warnholtz. Proyecto de conservación y manejo sustentable de recursos forestales en México. Oaxaca, México.
- TRAFFIC. 2000. Proposal 11.8. Recommendations on proposals to amend the appendices of the eleventh meeting of the Conference of the Parties to CITES. 11^a Meeting of the Conference of the Parties. Gigiri, Kenya. pp. 3.
- Williams-Linera, G. 1991. Nota sobre la estructura del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña en los alrededores del campamento "El Triunfo", Chiapas. Acta Botánica Mexicana 13: 1 – 8.
- World Conservation Monitoring Centre (WCMC). 1995. International trade in tree ferns – an evaluation of the application of CITES.
- Zamora, M. y Torres, J.M. 2001. Análisis de la información sobre productos forestales no maderables en México. En: Proyecto Información y análisis para el manejo forestal sostenible: integrando esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países tropicales en América Latina. FAO. Santiago, Chile.

Tabla 1. Ingreso anual de la producción de artesanías por artesanos de tres categorías, establecidas de acuerdo con la intensidad de producción en la región de Cuetzalan del Progreso, Puebla.

Categoría	No. artesanos	% artesanos	No. días / año que produjo artesanías	% días útiles dedicado a la producción	Ingreso anual total (pesos)	Ingreso anual resultado del comercio de artesanías (pesos)	% ingreso anual del comercio de artesanías
1	4	31	164	52	17,217.00	9,567.00	55.6
2	6	46	85	27	16,560.00	4,960.00	30.0
3	3	23	37.5	12	16,166.00	2,216.00	13.7

Tabla 2. Ganancia del comercio de artesanías en la ciudad de Cuetzalan, en un período de baja y elevada demandas turísticas (enero 2003 y abril de 2004 respectivamente). Se presentan promedios (\pm error estándar) de la ganancia efectiva en términos porcentuales por pieza vendida, de acuerdo con el tipo de establecimiento comercial. Adicionalmente, se determinó el número de piezas expuestas, de esas el número de macetas y de macetas con formas de gansos (piezas de mayor demanda). Finalmente, se estimó el ingreso relativo a la venta total de piezas expuestas por tipo de comercio.

TIPO DE COMERCIO	Demanda	Ganancia efectiva (%) / pieza	Nº de piezas / tienda	Nº de macetas / tienda	Nº de macetas con mayor demanda	Ingreso estimado (pesos mexicanos)	Ingreso estimado con piezas de mayor demanda (pesos mexicanos)
Comercio permanente	Baja	112.12 \pm 3.14	18.87 \pm 0.89	17.87 \pm 0.93	12.87 \pm 1.06	454.75 \pm 29.11	448.5 \pm 40.63
Mercado dominical	Baja	102.5 \pm 31.82	11.5 \pm 4.95	9.00 \pm 1.41	7.00 \pm 1.41	170.00 \pm 84.85	142.5 \pm 60.10
Comercio permanente	Elevada	91.85 \pm 3.13	20.9 \pm 1.72	20.1 \pm 1.73	17.3 \pm 1.75	573.50 \pm 59.56	452.5 \pm 51.75
Mercado Dominical	Elevada	100	7.00 \pm 1.41	7.00 \pm 1.41	7.00 \pm 1.41	125.00 \pm 21.21	125 \pm 21.21

Tabla 3. Número de individuos adultos de *Cyathea* spp. cosechados por los artesanos de la región de Cuetzalan para satisfacer la demanda de encargos por parte de intermediarios.

Demanda	Nº de meses / ano	Nº de encargos / mes	Total de encargos / año	Nº de piezas / encargo	Nº total de piezas / año	Nº aproximado de individuos de porte mediano necesarios	Nº aproximado de individuos de gran porte necesarios
Elevada	2.5	10	25	40	$40 \times 25 = 1000$	$1000 / 20 = 50$	$1000 / 50 = 20$
Baja	9.5	3	28.5	40	$40 \times 28.5 = 1140$	$1140 / 20 = 57$	$1140 / 50 = 22.8$
Total	12		53.5		2140	107	42.8

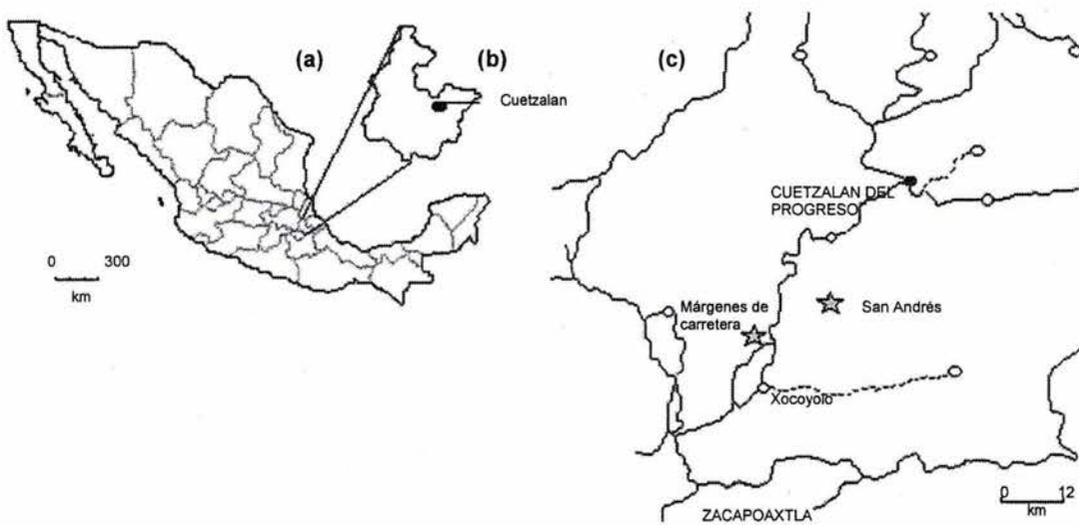


Fig. 1. Ubicación del área de estudio. (a) Mapa de México, destacándose en (b) la región de la Sierra Norte del estado de Puebla, en la cuál se encuentra la cabecera municipal de Cuetzalan del Progreso. (c) Infraestructura para el transporte en la región de la ciudad de Cuetzalan. En el mapa se encuentran señalados por estrellas los sitios de ubicación de las comunidades de artesanos entrevistadas (fuente: SCT Puebla, mapa turístico de Comunicaciones y Transportes, 1994. INEGI. Carta topográfica 1:50,000).



Fig. 2. Especies estudiadas. **(a)** Características morfológicas de la base de las hojas de *Cyathea divergens* utilizadas para la identificación de la especie en campo. **(b)** *Cyathea fulva* en el interior de un remanente de bosque mesófilo de montaña en la región de Cuetzalan.



Fig. 3. Artesano de la comunidad situada a los márgenes de la carretera Zacapoaxtla – Cuetzalan. Proceso inicial de fabricación de artesanías, correspondiente a la división del tallo en unidades menores, con auxilio de un cerrote. En el piso se muestra la gran cantidad de desechos producida en la confección de artesanías.



Fig. 4. Confección de artesanías en la comunidad de San Andrés. Se muestra la etapa intermedia del producción, ejecutada en este caso por la esposa de uno de los artesanos, equivalente a la perforación del material a través del uso de una herramienta improvisada en forma de concha.



Fig. 5. Tallos colectados y almacenados a la intemperie por artesano de la comunidad en los márgenes de la carretera local



Fig. 6. Partes de tallos cortadas, piezas en diferentes estadios de acabamiento, correspondientes a macetas zoomorfas (más precisamente patos) las artesanías más comúnmente fabricadas y también más abundantes en el mercado local.



Fig. 7. Exposición de artesanías a la venta a los márgenes de la carretera local.

APENDICE I

Guía para encuestas iniciales realizadas a los artesanos en Enero de 2003 (período de baja intensidad turística).

1. Profesión a que se dedica cada artesano en la mayor parte del tiempo.
2. Número de personas por familia entrevistada y respectivas edades.
3. Intervalo de tiempo (en años) en que se dedica a la producción de artesanías y como se llevó a cabo el proceso de aprendizaje.
4. Número de personas por familia involucrada en la producción y en que parte del proceso (extracción de tallos, producción de artesanías, comercio) está involucrada cada una de ellas.
5. Período del año en que trabaja como artesano. Causas de estacionalidad en la producción, cuando evidenciada. Constancia de la actividad de extracción de tallos en períodos de producción y posibles causas que limiten su ejecución.
6. Intervalo de tiempo dispendido en la búsqueda, tala y transporte de helechos arborescentes hasta el local dónde son manufacturadas las artesanías. Tiempo dispendido en su confección. Descripción del proceso de los procesos señalados.
7. Conocimiento de la prohibición legal de la actividad.
8. Número de especies con que trabaja cada artesano, modo y características que determinen la elección de los individuos cosechados. Procedencia de los helechos arborescentes cosechados, con respecto a la propiedad del terreno de dónde son extraídos. Rango de precios pagados por individuo cosechado y variables involucradas en la determinación de precios.
9. Partes utilizadas de los individuos cosechados. Preferencias por especies de helechos arborescentes para confección de artesanías, y tipo de artesanías producidas con cada una de ellas. Determinar causas de la preferencia, cuando observada.
10. Disponibilidad de tallos de helechos arborescentes para cosecha desde que cada artesano empezó a dedicarse a la producción de artesanías. Posibles causas identificadas por ellos en caso de evidenciada disminución de recursos.
11. Retomada de crecimiento de los individuos cosechados.
12. Venta o siembra de partes o plantas de helechos arborescentes, constancia de tal actividad, perfil de los compradores, importancia en ingresos económicos de tal comercio.
13. Precios de las piezas comercializadas, variables que los determinan, forma de exposición de las piezas a la venta, perfil de compradores, constancia y estacionalidad de las ventas.
14. Dependencia financiera de las familias de artesanos en relación a la producción de artesanías.

Guía para encuestas realizadas a los artesanos en Septiembre de 2003 y Abril de 2004
(respectivamente mediana y alta demandas turísticas).

Las informaciones que busqué obtener a partir de las encuestas aplicadas a los artesanos no entrevistados en la primera visita, en enero de 2003, fueron similares a las señaladas en ese primer período. Las encuestas aplicadas a los demás ofrecieron información complementaria acerca de cambios en las actividades de extracción y venta de artesanías por parte de los artesanos en períodos de intensificación del turismo en la región. La guía para las encuestas efectuadas a los artesanos en Septiembre de 2003 y Abril de 2004 está a seguir.

1. Cambios en el número de pobladores dedicados a la producción de artesanías y en la frecuencia de cosecha de helechos arborescentes en períodos de diferente intensidad de turismo en la región.
2. Número de individuos cosechados en el período, especies preferiblemente cosechadas. Procedencia de los helechos arborescentes cosechados, con respecto a la propiedad del terreno de dónde son extraídos. Rango de precios pagados por individuo cosechado y variables involucradas en la determinación de precios.
3. Evidencia de comercio de plantas o partes de helechos arborescentes, u otros productos como desechos resultantes del proceso de fabricación de artesanías. Frecuencia de tal actividad, perfil de los compradores, importancia en ingresos económicos para las familias involucradas.
4. Modo y estrategias de venta de las artesanías por parte de los productores. Existencia de encargos por parte de comerciantes locales o intermediarios de otras regiones. Cantidades y tipos de piezas previamente encargadas por artesanos.
5. Preferencia por la producción de determinados tipos de artesanías y factores que la determinan.
6. Importancia económica diferencial de la actividad en períodos de mayor o menor intensidad turística.

Guía para encuestas iniciales realizadas a los comerciantes de Cuetzalan del Progreso en Enero de 2003
(período de baja demanda turística).

En ese período fueron colectados datos relativos a:

1. Preferencia por tipos de artesanías compradas, identidad de los artesanos de quien compra cada comerciante, cantidad de piezas compradas por vez (menudeo o mayoreo), constancia de la compra
2. Precios de costo de cada pieza y variables que los determinan.
3. Precios de venta y ganancia efectiva estimada por pieza.
4. Número de piezas expuestas en el comercio en la ocasión de la encuesta.
5. Existencia de algún tipo de fiscalización sobre la venta de artesanías en la ciudad.
6. Variación del precio de venta de acuerdo con la casa de comercio.
7. Perfil de los compradores, tipos de piezas preferiblemente compradas y razones que determinaran tal preferencia.
8. Existencia de períodos de intensificación del comercio y características comunes a esos períodos.

Guía para encuestas iniciales realizadas a los comerciantes de Cuetzalan del Progreso en Abril de 2004
(período de elevada demanda turística).

Los objetivos de las encuestas realizadas en ese período de intensificación del turismo en la región de Cuetzalan fueron: evaluar si hay incremento de la oferta de artesanías y compra de productos de los comerciantes locales en el período, y principalmente durante el mercado dominical, evaluar la oferta de productos en las tiendas, de acuerdo con el número, cantidad, y número de tiendas que trabajan con el material durante la época.

1. Preferencia por tipos de artesanías compradas, identidad de los artesanos de quien compra cada comerciante, cantidad de piezas compradas por vez (menudeo o mayoreo), constancia de la compra
2. Precios de costo de cada pieza y variables que los determinan.
3. Precios de venta y ganancia efectiva estimada por pieza.
4. Número de piezas expuestas en el comercio en la ocasión de la encuesta.
5. Intensidad de comercio de acuerdo con el período del año y relación con la actividad turística en la región.
6. Variación del precio de venta de acuerdo con la casa de comercio.
7. Perfil de los compradores, tipos de piezas preferiblemente compradas y razones que determinaran tal preferencia.
8. Existencia de períodos de intensificación del comercio y características comunes a esos períodos.
9. Posible actuación de los comerciantes locales como intermediarios en la venta de artesanías a mercados de otras regiones.

CAPÍTULO 2

Sobrevivencia y crecimiento de individuos de *Cyathea* spp. transplantados a diferentes condiciones de luminosidad

INTRODUCCIÓN

En México, por lo menos tres especies de helechos arborescentes, *Cyathea divergens*, *Cyathea fulva* y *Alsophila firma*, son explotadas para la extracción del "maquique", que es el conjunto de raíces adventicias que circundan los troncos de individuos adultos. El material es utilizado en jardinería como sustrato para cultivo de diversas plantas, principalmente epífitas (Marantes y Gómez 1999). La extracción de tallos de helechos arborescentes puede afectar drásticamente las poblaciones de las especies empleadas. Por ejemplo, *Cyathea fulva*, cuya distribución abarca partes de México y de diversos países de América Central, es hoy en día considerada amenazada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT 2002) debido a la explotación del "maquique". Las raíces adventicias de pteridofitas arborescentes del género *Cyathea* son empleadas por agricultores de la región de Cuetzalan, Sierra Norte de Puebla, en la fabricación de artesanías zoomorfas para jardinería. Tal producción representa una fuente complementaria de ingresos económicos para algunas familias de artesanos de la región (Capítulo 1).

El cultivo de café de sombra es la actividad económica más importante en la región de Cuetzalan. La producción de café en policultivos tradicionales permite la conservación de altos niveles de biodiversidad, de procesos ecosistémicos, y de servicios ambientales (Nestel *et al.* 1992, Plaza-Sánchez 1998, Moguel y Toledo 1999, Marcano-Vega *et al.* 2002, Muschler 2001). Esto se debe principalmente a que en las huertas tradicionales se mantienen los estratos medio y superior del dosel de bosque (Moguel y Toledo 1999).

Entre el 60 y 70% de la producción de café en México se lleva a cabo bajo manejo tradicional (Moguel y Toledo 1999). Sin embargo, esa actividad se encuentra severamente amenazada por los bajos precios internacionales del producto (Lyngbaek *et al.* 2001), y por las dificultades que enfrentan los productores para ingresar a mercados más competitivos, como el

del café orgánico (Moguel com. pers.). Debido a la inestabilidad del mercado de café, los productores emplean muchas otras especies vegetales que inducen o cultivan en las huertas tradicionales (Moguel y Toledo 1999).

El manejo *in situ* de otras especies de plantas permite la diversificación y el incremento de los ingresos económicos resultantes de actividades agrícolas tradicionales, como es la producción de café de sombra, colaborando de ese modo para su mantenimiento (Putz *et al.* 2000, Casas y Caballero 1996, Lynbaek *et al.* 2001). Los cafeticultores de la región de Cuetzalan, por ejemplo, producen, como subproductos en el proceso de beneficio de café, hongos comestibles, abonos y bebidas alcohólicas resultantes de procesos de fermentación (obs. pers.).

Considerando la elevada abundancia de helechos arborescentes en los bosques templados húmedos de México (Challenger 1998), y en especial en sitios perturbados de fácil acceso en la región de la Sierra Norte de Puebla (Riba 1993), la explotación económica de las especies más abundantes podría ser de suma importancia para la diversificación de la producción agrícola y el incremento del ingreso económico de los agricultores de la región.

Entre las especies del género *Cyathea* que se encuentran en el territorio mexicano, muchas presentan distribución limitada a algunos estados, al país o a regiones que engloban México y parte de América Central (Palacios-Rios 1992). En los bosques mesófilos de montaña de México crecen por lo menos seis especies de helechos arborescentes del género, de las aproximadamente 500 especies descritas a nivel mundial (Riba 1993). Siete especies del género *Cyathea* encontradas en territorio mexicano están enlistadas en la NOM-059-ECOL-2001 como en peligro de extinción o sujetas a protección especial, por lo que su utilización está restringida (Diario Oficial de la Federación 2001). De ese modo, la extracción del "maquique" para la fabricación de artesanías realizada por agricultores en la Sierra Norte de Puebla representa una actividad ilegal. Los mercados donde son vendidas, además de estar al margen de la legislación ambiental, son restringidos, y los precios de los productos son bajos.

Aunque se reconozca la explotación económica de algunas especies de pteridofitas arborescentes en territorio mexicano, son pocos los estudios que enfocan sus requerimientos de establecimiento y manejo (Bernabé *et al.* 1999). Estudios poblacionales en los cuales se investiguen tasas de mortalidad, establecimiento y crecimiento llevarían a un mejor entendimiento

de los requerimientos de las especies estudiadas (Werth y Cousens 1990). Con base en los resultados de tales estudios, pueden ser definidas estrategias de manejo y condiciones óptimas para que este se lleve a cabo.

Estudios sobre la dinámica poblacional de helechos arborescentes han investigado la plasticidad de las respuestas de diferentes especies a variaciones ambientales, principalmente en relación a la disponibilidad de luz (Ash 1987, Arens 2001, Bernabé *et al.* 1999, Seiler 1981, Seiler 1984, Walker y Aplet 1994). Las especies del género *Cyathea* presentan crecimiento lento y reproducción tardía. Por ejemplo, individuos de la especie *Cyathea hornei* en Australia alcanzan la madurez y el estado reproductivo a los cuarenta años, con tallos entre 120 – 220 cm de altura (Ash 1987). Sin embargo, esta misma especie presenta un crecimiento acelerado en sitios perturbados y en claros del dosel de bosque (Ash 1987). Ya que influyen en la disponibilidad de luz en el ambiente, las condiciones edáficas y topográficas pueden interferir en el crecimiento de especies de helechos arborescentes. Tal efecto fue estudiado por Bittner y Breckle (1995), a través del monitoreo de la producción de frondas y soros, y por Poulsen y Nielsen (1995), a través de influencias de condiciones edáficas y topográficas sobre la mortalidad y supresión del crecimiento en *C. lasiosora* en un sitio de la Amazonia ecuatoriana.

Las distintas condiciones lumínicas a que está expuesto un individuo a lo largo de su vida afectan su crecimiento ontogénico. La tasa de crecimiento del tallo de *Cyathea pubescens* está determinada por la intensidad de luz a que están expuestas las frondas. De ese modo, los individuos crecen más rápidamente a medida que alcanzan el dosel de los bosques. El crecimiento promedio del tallo fue de aproximadamente 1.0 m cada 15 años (Tanner 1983). En Cuetzalan, helechos arborescentes del género *Cyathea* transplantados a sitios abiertos crecieron de 50 cm a 4 m en un lapso de aproximadamente cinco años (Pérez-Salicrup com. pers.).

Arens (2001) documentó respuestas diferenciales del crecimiento del tallo, producción y longevidad de hojas, y producción de esporas para la especie *Cyathea caracasana* en bosques andinos, de acuerdo con las distintas condiciones ambientales que experimentaban (Arens 2001). Se compararon las respuestas de individuos que crecían en ambientes abiertos, bosque secundario con dosel bajo y en bosque secundario con dosel alto. Se encontró que las tasas de crecimiento, de producción de hojas y esporas de *C. caracasana* fueron superiores en ambientes

abiertos. Esa especie mostró también variación morfológica en relación al tipo de hábitat y a las condiciones microclimáticas que los caracterizaban (Arens y Sánchez Baracaldo 2000).

Se ha sugerido que helechos arborescentes que crecen sombreados por el dosel de bosques aumentan sus tasas de crecimiento a través de la producción de tallos más altos. De ese modo, los individuos aumentarían sus tasas fotosintéticas, ya que sus frondas alcanzan el dosel, donde están sujetas a mayor intensidad lumínica (Arens y Sánchez Baracaldo 2000). Cox y Tomlinson (1985) proponen además que la especie *Lophosoria quadripinnata* presentaría otras posibles adaptaciones, relacionadas con el grado de inclinación y con el patrón de ramificación de las frondas.

Datos sobre la dinámica poblacional de especies sujetas a explotación pueden ser empleados para reducir los efectos negativos de la actividad sobre las poblaciones manejadas. Se sabe que individuos de la especie *Dicksonia antarctica*, por ejemplo, crecen lentamente en ambientes sombreados bajo el dosel de bosque, por lo que la cosecha en ambientes naturales está reglamentada y restringida a individuos de determinado rango de alturas (Department of Natural Resources and Environment 2002).

A nivel de comunidades, las especies de helechos arborescentes podrían ser consideradas como claves, en parte debido a la abundancia de individuos y diversidad de especies, pero también por el efecto moldeador de los ciclos de nutrimentos y de la dinámica de las comunidades en las cuales están presentes (Durand y Goldstein 2001a, Drake y Pratt 2001). Los sitios boscosos tienden a presentar una mayor riqueza de especies de helechos arborescentes, aunque la abundancia de individuos es superior en áreas sujetas a procesos sucesionales (Arens y Sánchez Baracaldo 1998). Esto se debe a que tales especies estarían mejor adaptadas a las condiciones bióticas y abióticas cambiantes de ambientes sujetos a sucesión (Hunt *et al.* 2002, Page 2002).

La plasticidad de respuestas y la adecuación a variaciones ambientales de mayor o menor intensidad o frecuencia son determinantes para la distribución geográfica de las especies (Peck *et al.* 1990). Como ejemplo, en un estudio comparativo entre las estrategias adaptativas de dos especies de helechos arborescentes, una invasora y una nativa de Hawai, Durand y Goldstein (2001b), verificaron que la mayor abundancia de la especie invasora estaba relacionada con una

mejor adaptación fisiológica de la misma al ambiente en que vivían, lo que le confería mayor potencial competitivo de establecimiento y desarrollo en relación con otras especies.

Los bosques mesófilos de montaña son caracterizados por presentar una elevada densidad de helechos arborescentes (ejemplo en Williams-Linera 1991), que constituyen elementos dominantes del subdosel, y cuyas esporas predominan en la lluvia de propágulos (Myster y Fernández 1995). Estos helechos son más abundantes en sitios perturbados, donde están sujetos a mayores intensidades de luz (Kappelle y Gómez 1992). El bosque mesófilo de montaña representa uno de los ecosistemas más frágiles del mundo, degradado por el uso intensivo y por la conversión a sistemas agrícolas o campos de pastoreo (Brown y Kappelle 2001). En México este ecosistema ocupa solamente el 1% del territorio y se encuentra muy fragmentado, con sólo pequeñas áreas bajo conservación. Sin embargo, aún aporta aproximadamente 12% de la flora nacional, y presenta un elevado grado de endemismo (Luna *et al.* 2001, Peterson *et al.* 1993). Por ese motivo, el manejo de especies *in situ* es una de las posibilidades señaladas para promover la conservación de remanentes de bosques mesófilos de montaña en México (Luna *et al.* 2001).

Las propuestas de manejo de especies de helechos arborescentes deben considerar la propagación exitosa y el mantenimiento de poblaciones naturales. En ese sentido, los estudios de multiplicación de helechos arborescentes generalmente involucran la reproducción sexual por medio de esporas, o por cultivo de tejidos (ejemplo en Finnie y van Staden 1987). Sin embargo, existen indicios de que al menos algunas especies de helechos arborescentes pueden ser propagadas a partir de otras estructuras además de las esporas (Héban-Mauri 1975). Un ejemplo de ello lo es *Dicksonia antarctica*, comúnmente propagada a partir del ápice del tallo (Forestry Commission 2001). Otro ejemplo bien documentado es *Cibotium splendens*, en Hawai, el cual puede ser propagado a partir de frondas laterales (Hensley 1997).

Otro método comúnmente empleado para promover el mantenimiento de poblaciones naturales de especies de plantas, principalmente de las consideradas amenazadas o en peligro de extinción, es el transplante de individuos de áreas donde experimentan elevadas tasas de mortalidad, a áreas donde se encuentren protegidos. Para que el manejo de especies por medio de trasplantes sea efectivo, es importante evaluar las tasas de sobrevivencia de los individuos trasplantados, averiguar cuáles serían las condiciones óptimas de transplante, y asegurar que la

introducción no va a ocasionar daños ambientales y a las poblaciones de las demás especies existentes en el área. El éxito de introducciones de especies es en general muy superior en sitios con excelente calidad de hábitat que en sitios con baja calidad, así como es superior en sitios que se encuentran dentro de los límites de distribución de las especies (Primack 2002). En el caso de especies vegetales, plantas y semillas necesitan ser obtenidas de un sitio lo más semejante posible al sitio donde se quiere sembrarlas o transplantarlas (Jones y Hayes 1999, Montalvo y Ellstrand 2001). También es necesario identificar los factores responsables por la disminución de las poblaciones de las especies estudiadas. Algunas técnicas empleadas para aumentar la probabilidad de éxito de las introducciones de especies vegetales son la germinación de semillas en ambientes controlados y el cultivo de plántulas en condiciones protegidas. Solamente después que pasan por los estos estadios más frágiles, los individuos son transplantados a otros ambientes (Primack 2002).

Individuos de por lo menos cuatro especies de *Cyathea* son comúnmente encontrados en zonas perturbadas de la región de Cuetzalan. Ya que todas las especies están actualmente enlistadas en la NOM-ECOL-059-2001, es importante evaluar las tasas de mortalidad en sitios perturbados, y la viabilidad del trasplante de individuos como método de manejo. Los objetivos de este estudio fueron: (1) documentar la disponibilidad de plántulas para manejo por medio de trasplantes en los márgenes de la principal carretera local y (2) cuantificar la sobrevivencia y el crecimiento de especies del género *Cyathea* en estadios ontogénicos tempranos, transplantados de sitios perturbados (márgenes de carretera) a sitios con distinta condición lumínica.

Con base en esta información, analicé el potencial de manejo de las especies estudiadas por medio de trasplantes, para finalmente proponer métodos que hagan viable la utilización económica de las especies de helechos arborescentes más abundantes en jardinería por parte de los productores locales de café de sombra.

En particular, evalué las siguientes hipótesis: (1) La mortalidad de individuos de *Cyathea* spp. transplantados es menor que la mortalidad de los no transplantados durante el lapso del estudio, ya que se disminuye la mortalidad por efectos antropogénicos; (2) Individuos de distintas especies de *Cyathea* presentan tasas de sobrevivencia y crecimiento distintas, que varía de acuerdo con la adecuación de las mismas al ambiente en que se encuentran; (3) Individuos

transplantados a ambientes abiertos presentan tasas de crecimiento superiores a las presentadas por los transplantados a sitios con cobertura vegetal; (4) Individuos de menor tamaño presentan tasa de crecimiento superior y de sobrevivencia inferior a las presentadas por individuos de mayor tamaño.

SITIO DE ESTUDIO

Este estudio se llevó a cabo en la zona de influencia de la cooperativa Tosepan Titataniske, en la Sierra Norte del estado de Puebla, que forma parte de la Sierra Madre Oriental (descripción detallada en Moguel y Toledo 2001). Se centró en zonas donde los helechos arborescentes del género *Cyathea* crecen naturalmente, en los alrededores del poblado de Cuetzalan, Puebla (Fig. 1), entre las coordenadas 19° 57' 00"N a 20° 05' 18"N y de 97° 24' 36"O a 97° 34' 54"O (Martínez-Alfaro *et al.* 2001). La altitud en la región varía de 670 a 1420 m.s.n.m. en un tramo muestreado de aproximadamente 16 km. El clima es húmedo todo el año, con intensificación de las lluvias en el verano. Presenta períodos secos cortos y no intensos, en los cuales se reduce drásticamente la humedad del aire. Sin embargo, la nubosidad constante mantiene la una humedad atmosférica elevada y una baja incidencia de radiación solar durante el día (Luna *et al.* 2001). La precipitación media anual en bosques mesófilos de montaña se encuentra alrededor de 2000 mm y la temperatura media anual está entre 12°C y 23°C (Luna *et al.* 2001).

El principal tipo de vegetación natural en la región es el bosque mesófilo de montaña (Rzedowski 1981), y corresponde a uno de los ecosistemas más diversos, y sin embargo más amenazados de México (Challenger 1998).

ESPECIES ESTUDIADAS

Por lo menos cuatro especies de helechos arborescentes del género *Cyathea* pueden ser encontradas en el estado de Puebla, México (Carpio 2000). En noviembre de 2002, enero de 2003 y junio de 2004 colecté y herboricé frondas reproductivas de las diferentes morfoespecies encontradas en los márgenes de las carreteras de la región. Identifiqué las especies herborizadas con base en aspectos morfológicos, tales como la forma y disposición de los receptáculos de

esporas, coloración de espinas, la forma y coloración de escamas y la presencia de pelos.

Identifiqué cuatro especies: *Cyathea divergens*, *Cyathea mexicana*, *Cyathea fulva* y *Cyathea costaricensis*. Con base en caracteres morfológicos, reconocí en campo a las plántulas menores a 50 cm, ya que no presentaban estructuras reproductivas. Para ello, utilicé claves de identificación para especies de helechos arborescentes (Carpio 2000, Domenech 1967, Moran y Riba 1995, Mickel y Beitel 1988), y busqué caracteres morfológicos que pudieran ser usados para definir especies en diferentes categorías de tamaño.

Cyathea divergens var. *tuerckheimii* (Fig. 2a) presenta estipes de color café con pelos abundantes, espinas negras y puntiagudas, escamas largas y bicolors, de centro oscuro y márgenes blanquecinos, frondas bipinnadas-pinnatifidas de 0.5 – 2.7 cm de largo, y pínulas cortas, de 1 – 6 mm, con pelos en la superficie inferior de frondas y pínulas. *Cyathea fulva* (Fig. 2b) presenta estipes de color café pálido, espinas incipientes a bien desarrolladas, escamas café oscuro con márgenes generalmente no diferenciadas, pelos abundantes, frondas bipinnadas-pinnatifidas de 4 – 11 mm de largo, pínulas cortas de 1 – 2 mm. *Cyathea mexicana* (Fig. 2d) presenta espinas resistentes, negras, pequeñas y curvadas en el estipe, escamas muy afiladas de color café oscuro y ápice acentuado, frondas con márgenes bipinnadas-bipinnatifidas, y pínulas con ápice agudo. *Cyathea costaricensis* (Fig. 2c) presenta estipes lisos sin espinas o pelos, escamas bicolors con centro café y márgenes pálidos, pínulas de 1 – 2 mm de largo con pelos en la superficie superior, y se restringe a altitudes más cálidas, de 250 a 750 m (Mickel y Beitel 1988).

MÉTODOS

Abundancia de *Cyathea* spp. en márgenes de carretera

Determiné la abundancia de helechos arborescentes en un muestreo de 16 km a lo largo de los márgenes de carretera de la región de Cuetzalan, divididos en unidades de 1 km. Para cada unidad de muestreo, medí la altitud de todos los puntos iniciales, y el porcentaje de área disponible para el establecimiento de plántulas de helechos arborescentes. Consideré como área disponible para el establecimiento de helechos arborescentes el porcentaje de margen de carretera ≥ 1 m de ancho, con suelo y sin estructuras que impidieran el establecimiento de

plántulas. Evalué si la abundancia de helechos arborescentes se correlacionaba con el área disponible para el establecimiento en cada km de carretera por medio de una correlación de Spearman.

Posteriormente, cuantifiqué el número promedio de individuos de cada especie de *Cyathea* spp. por km muestreado en cada uno de tres rangos de altitud arbitrariamente determinados: de 670 a 920 m (N = 7 km), de 920 a 1170 m (N = 5 km), y de 1170 a 1420 m (N = 4 km). Describí cualitativamente las distribuciones de cada especie. Finalmente comparé por medio de una prueba de independencia de G, la distribución de tamaños de individuos de las dos especies más abundantes en los márgenes de carretera. Para ello, asigné los individuos muestreados de ambas especies en las siguientes categorías de altura: 0.5 – 1.0 m, 1.0 – 2.0 m, 2.0 – 3.0 m y > 3.0 m. Los individuos menores de 0.5 m de altura no fueron incluidos en el muestreo, ya que evalué a los individuos ya establecidos en los márgenes de carretera. Solamente comparé la distribución poblacional de las especies *Cyathea divergens* y *C. costaricensis*. Para las demás especies realicé análisis descriptivos, ya que no encontré suficientes individuos para cumplir con los supuestos de la prueba estadística utilizada.

Transplante experimental en campo: evaluación de la sobrevivencia

En conjunto con la evaluación de la abundancia de *Cyathea* spp., efectué dos experimentos de transplante. En el primer experimento de trasplantes, extraje plántulas de las especies *Cyathea divergens* var. *tuerckheimii* y *Cyathea fulva* de los márgenes de carreteras de la región de Cuetzalan. Extraje plántulas de altitudes que variaron en un rango de 900 a 1200 m.s.n.m. Sembré los individuos trasplantados en tres campos abiertos y tres huertas de cultivo tradicional de café (altitudes promedio de 550 m.s.n.m.). Seleccioné al azar 60 individuos por especie, con longitud del tallo inferior a 30 cm. Además, marqué y monitoreé 60 individuos de cada especie dentro del rango anterior de longitudes del tallo, en los márgenes de las carreteras, correspondientes a los tratamientos control. De éstos, marqué 30 individuos como control para posterior censo, y extraje y resembré 30 individuos en el mismo sitio dónde se encontraban en los márgenes de carretera (control del transplante).

Antes del transplante experimental, a cada individuo le medí la longitud del tallo. Además les marqué los brotes y hojas más nuevas. Las frondas secas fueron cortadas después del

transplante. Monitoreé la sobrevivencia y crecimiento de *Cyathea* spp. sometidas a los diferentes tratamientos en censos trimestrales, correspondientes a 3, 6, 9 y 12 meses después de iniciado el experimento.

Transplante experimental en invernadero: evaluación de la sobrevivencia

Debido a las bajas tasas de sobrevivencia observadas en el primer experimento, realicé trasplantes adicionales, a condiciones más controladas en invernadero. La elección de las especies e individuos extraídos para transplante dependió del rango de altitudes en que se encontraban en los márgenes de la carretera, y solamente seleccioné individuos ubicados entre 700 y 950 m. Los individuos fueron sembrados y sometidos a dos tratamientos en invernaderos, ubicados a una altitud aproximada de 700 m. Transplanté 15 individuos de *Cyathea divergens* y 15 individuos de *Cyathea mexicana* bajo dos condiciones lumínicas: expuestos y bajo malla 50 % sombra. Los individuos trasplantados bajo malla de 50% sombra estarían experimentando condiciones lumínicas semejantes a las experimentadas en un sotobosque de huertas tradicionales de café o bosques mesófilos de montaña.

Todos los individuos fueron extraídos con raíces y aproximadamente 10 cm³ de suelo, y sembrados en suelo abonado con composta orgánica en el mismo día, con un intervalo inferior o igual a 2h. A todos les corté las frondas abiertas con la finalidad de minimizar la pérdida de agua por transpiración foliar. Solamente los brotes y las frondas inmaduras, que presentaban folíolos parcialmente desplegados, fueron mantenidos. A cada individuo le medí la longitud del tallo (del inicio del tallo hasta el punto de inserción del brote), y el número de frondas inmaduras, con la finalidad de posteriormente determinar la producción de nuevas hojas y la longevidad de las frondas producidas (ver Arens 2001, Ash 1987; Mueck *et al.* 1996; Tanner 1983; Bernabé *et al.* 1999). En ambos trasplantes experimentales, consideré como frondas vivas a las que presentaron un porcentaje igual o superior a 10% del tejido de color verde (Durand y Goldstein 2001b). La sobrevivencia y el crecimiento (incremento de la longitud del tallo y número de frondas producidas) de los individuos trasplantados fueron monitoreados por 7.5 meses en censos realizados a intervalos de aproximadamente 2.5 meses.

Análisis de sobrevivencia (tiempo de fracaso)

Inicialmente describí las curvas de sobrevivencia de las especies estudiadas de acuerdo con los intervalos de muestreo, entre los distintos tratamientos a que las sometí en los dos experimentos de transplante. Comparé las curvas de sobrevivencia de los individuos experimentalmente transplantados entre especies y tratamientos por medio de análisis del tiempo de fracaso, adecuadas para estudios ecológicos en que las observaciones de los eventos de respuesta son realizadas a intervalos fijos de tiempo, equivalente a las fechas de muestreo o censo poblacionales. A demás, ese tipo de análisis es el indicado para los casos en los que las curvas de sobrevivencia no se distribuyen de forma paramétrica, en parte porque el término del estudio es definido previamente, por lo que no todos los individuos muestreados presentan tiempo de fracaso inferior a la duración total del estudio realizado (Fox 1993, 2001).

Ejemplos de la utilización del análisis del tiempo de fracaso en ecología pueden ser visualizados en diversos trabajos. Tal análisis ha sido empleado para investigar la preferencia de insectos polinizadores por flores de diferentes sexos (Muenchow 1986), la longevidad de hojas de individuos de diferentes especies (Dungan *et al.* 2003), y en la estimación de parámetros abióticos, como el alcance de los rayos solares bajo el agua (Rorslett 1996). Scariot (2000), por ejemplo, investigó la sobrevivencia de plántulas artificiales a daños físicos en remanentes de bosque tropical amazónico de diferentes dimensiones.

Las curvas de sobrevivencia fueron comparadas entre especies y tratamientos por medio de una prueba no paramétrica de log-rango ("log-rank"), que considera los errores estándar de las estimaciones de tablas de vida (Pyke y Thompson 1986). A través de la utilización de un modelo de regresión de riesgo proporcional de Cox ("Cox proporcional hazard model"), en que se asume que las variables medidas afectan las funciones de riesgo de los diferentes tratamientos de modo multiplicativo, analicé las curvas de sobrevivencia. De ese modo, los periodos de mayor riesgo poblacional son semejantes entre los tratamientos, pero la probabilidad de que determinado individuo sufra un fracaso en determinado intervalo depende de las covariables consideradas en el experimento. La función de riesgo para determinado tratamiento es:

$$h_i(t) = h_0(t) \exp \left[\sum_{j=1}^r \beta_j X_{ij} \right]$$

$h_0(t)$ corresponde a la función de riesgo dependiente de la variable X de acuerdo con el coeficiente de regresión β . La función de riesgo estimado (h) se refiere a la tasa de mortalidad condicional, es decir, la probabilidad de fracaso en un intervalo de tiempo i, dado que el individuo ha sobrevivido hasta el comienzo del intervalo (Muenchow 1986). Coeficientes de regresión positivos corresponden a un incremento del tiempo de fracaso. Para efectuar los análisis de sobrevivencia, utilicé el programa estadístico SPlus 6.0 (Insightful Corp. Seattle, USA).

Transplante experimental en invernadero: análisis del crecimiento

Determiné las tasas de crecimiento de los individuos utilizados en el segundo transplante experimental por medio del incremento de la longitud del tallo y por el número de frondas producidas en los intervalos de muestreo. Para cuantificar la producción de frondas, determiné el número de frondas más próximas al meristemo apical, con pecíolos más verdes que los que presentaban las frondas más jóvenes marcadas en cada uno de los censos realizados.

Realicé regresiones lineales y cuadráticas entre las variables longitud inicial (en el inicio del experimento) y la longitud final del tallo (respectiva a la medida en el último censo poblacional) para determinar cual se ajustaba mejor al patrón de incremento en altura del tallo de las especies estudiadas (Sokal y Rohlf 1995). Evalué el incremento en la longitud del tallo durante el intervalo muestreado por medio de la ecuación: $\text{longitud}_{\text{FINAL}} - \text{longitud}_{\text{INICIAL}} / t_{\text{FINAL}} - t_0$. Por medio de una correlación de Pearson, verifiqué que la producción de hojas estuvo relacionada con la longitud inicial del tallo de individuos transplantados. De ese modo, comparé el crecimiento del tallo y la producción de frondas separadamente entre los tratamientos de sol y sombra por medio de ANOVA de dos factores sin repetición.

Utilicé un número de muestra inferior al inicial para los análisis del incremento en longitud del tallo (N = 47 individuos, 27 de ellos bajo sombra y 20 en sol) y de la producción de frondas (N = 38 individuos, siendo 11 individuos de *C. divergens* bajo sombra, 12 en sol, y 10 individuos de *C. mexicana* bajo sombra, 5 en sol), correspondiente a los individuos sobrevivientes y que mantuvieron sus marcajes después de 7.5 meses de muestreo. Reporté los valores promedio (\pm error estándar) del incremento en la altura del tallo y de la producción de frondas por especie y tratamiento en el intervalo total de muestreo.

RESULTADOS

Abundancia de *Cyathea* spp. en márgenes de carretera

Las abundancias de las cuatro especies de helechos arborescentes encontradas en los márgenes de la principal carretera de acceso a la ciudad de Cuetzalan no se relacionaron con la disponibilidad de área para colonización (correlación de Spearman: $r_s = -0.133$, $n = 16$, $P > 0.5$). *Cyathea divergens* estuvo presente en todos los rangos de altitud establecidos, mientras *C. costaricensis* se restringió a los sitios ubicados en el rango inferior de altitudes (Fig. 3). *C. mexicana* presentó la menor abundancia entre las especies de helechos muestreadas en los márgenes de carretera. Todos los individuos de esta última especie fueron encontrados en los sitios de altitud intermedia (921 – 1170 m altitud). *C. fulva* fue encontrada en los sitios de los rangos de altitud inferior y superior, pero no estuvo presente en los sitios de altitud intermedia. El número de individuos de cada especie muestreado por km de carretera fue muy variable en todas las categorías de altitud establecidas (Fig. 3).

Solamente las especies *Cyathea divergens* y *C. costaricensis* presentaron individuos en todas las categorías de longitud del tallo previamente establecidas (Fig. 4). Todos los individuos de *Cyathea mexicana* muestreados presentaron longitud del tallo inferior a 1.0 m. En relación a *Cyathea fulva*, se encontraron pocos individuos en estadios más avanzados de desarrollo, y ninguno presentó longitud del tallo superior a 4.0 m. *Cyathea divergens* presentó distribución similar a un patrón de “J” invertido, caracterizado por elevada abundancia de individuos en estadios tempranos de desarrollo, en relación a individuos de estadios posteriores. Sin embargo, se encontró un número considerable de individuos con longitud del tallo superior a 4.0 m (Fig. 4). *C. costaricensis* presentó mayor número de individuos con longitud del tallo entre 1.0 y 2.0 m. Las distribuciones de tamaño de los individuos de *C. divergens* y *C. costaricensis* fueron independientes de la especie ($G = 5.614$, g.l. = 3, $P = 0.13$).

Transplante experimental en campo: evaluación de la sobrevivencia

Menos de 10% de los individuos transplantados al sotobosque de terrenos de cultivo de café de sombra y a áreas abiertas sobrevivió en el intervalo de los primeros seis meses de muestreo (Fig. 5). La mayor mortalidad se dio en los dos primeros meses después del transplante

experimental. Los individuos de los tratamientos control y trasplante en los márgenes de carretera presentaron tasas de supervivencia constantes a lo largo de los intervalos muestreados. Después de un año sobrevivieron aproximadamente 30% de los individuos en el tratamiento control, y menos de 10% de los trasplantados a los márgenes de carretera.

Las tasas de supervivencia de los individuos trasplantados difirieron de acuerdo con el tratamiento a que fueron sometidos ($\chi^2 = 68.0$, g.l. = 3, $P < 0.001$). Sin embargo, las dos especies trasplantadas presentaron curvas de supervivencia semejantes a lo largo de los intervalos de muestreo ($\chi^2 = 1.3$, g.l. = 1, $P = 0.254$). La supervivencia de los individuos no fue afectada por las variables longitud inicial del tallo ($z = -1.769$, $P = 0.08$) y especie trasplantada ($z = -1.070$, $P = 0.28$). El tipo de tratamiento afectó significativamente la supervivencia de los individuos de *Cyathea* sometidos al experimento ($z = 3.581$, $P < 0.001$).

Las interacciones entre los efectos de las variables especie, longitud inicial y tratamiento no fueron significativas; sin embargo, las curvas de supervivencia fueron analizadas a través de un modelo de mayor poder estadístico, en el que se consideraron las interacciones. De acuerdo con este análisis, las variables consideradas en el experimento predijeron adecuadamente las curvas de supervivencia observadas (logverosimilitud o "likelihood ratio test" = 75.4, g.l. = 7, $P < 0.001$).

Trasplante experimental en invernadero: evaluación de la supervivencia

Aproximadamente 73.3% y 83.3% del total de individuos sobrevivió a los trasplantes experimentales a condiciones lumínicas de sol y sombra respectivamente por un intervalo superior a los 7.5 meses de muestreo. Las curvas de supervivencia de los individuos trasplantados a invernadero difirieron en relación a los dos tratamientos, sol y sombra ($\chi^2 = 5.0$, g.l. = 1, $P = 0.026$), pero no entre las especies ($\chi^2 = 0.9$, g.l. = 1, $P = 0.343$, Fig. 6). La intensidad de luz a la que estuvieron sujetos los individuos trasplantados ejerció un efecto significativo sobre las tasas de supervivencia ($z = -2.10$, $P = 0.04$), pero no el tamaño inicial del tallo ni el tratamiento presencia o ausencia de malla ("likelihood ratio test" = 7.53, g.l. = 3, $P = 0.06$).

Trasplante experimental en invernadero: análisis del crecimiento

Las relaciones entre las longitudes inicial y final de los tallos de individuos de las especies *Cyathea divergens* y *Cyathea mexicana* trasplantadas a condiciones de distinta intensidad

lumínica obedecieron a funciones lineales, señalando que el incremento en longitud del tallo en el intervalo de tiempo muestreado fue semejante para los individuos con longitudes iniciales del tallo dentro del rango muestreado (para *C. divergens*: crecimiento = $0.767(\text{longitud inicial del tallo})$, $R^2 = 0.990$, $P < 0.001$ en sombra; crecimiento = $0.868(\text{longitud inicial del tallo})$, $R^2 = 0.999$, $P < 0.001$ en sol; y para *C. mexicana*: crecimiento = $0.956(\text{longitud inicial del tallo})$, $R^2 = 0.996$, $P < 0.001$ en sombra; crecimiento = $0.926(\text{longitud inicial del tallo})$, $R^2 = 0.999$, $P < 0.001$ en sol). El crecimiento de los individuos transplantados fue superior para *C. divergens* en relación a *C. mexicana* (respectivamente 0.74 ± 0.09 cm / mes y 0.50 ± 0.08 cm / mes, $F = 5.519$, $P = 0.023$, Fig. 7), pero no difirió de acuerdo con la presencia o ausencia de sombra en el período muestreado ($F = 2.927$, $P = 0.094$).

La producción de hojas en los 7.5 meses muestreados no dependió de la longitud inicial del tallo de los individuos transplantados, por lo que las medidas de longitud inicial no fueron tratadas como covariables en las comparaciones entre los tratamientos de sol y sombra y entre las especies sometidas al transplante. La producción de hojas en 7.5 meses fue superior para la especie *C. divergens* (6.5 ± 0.39 hojas y 8.54 ± 0.56 hojas en sol y sombra respectivamente) en relación a *C. mexicana* (4.0 ± 0.55 hojas y 5.42 ± 0.48 hojas en sol y sombra respectivamente, $F = 39.81$, $P < 0.001$, Fig. 8). Los individuos sometidos al tratamiento de sombra produjeron mayor cantidad de hojas en los 7.5 meses de muestreo, en relación a los transplantados a la condición de mayor intensidad lumínica ($F = 14.718$, $P < 0.001$, Fig. 8).

DISCUSIÓN

Las abundancias de *Cyathea* spp. en los sitios perturbados muestreados no se relacionaron con la disponibilidad de área para colonización por nuevos individuos. Otros factores probablemente determinan la abundancia de helechos arborescentes en esos sitios. Ya que los sitios de muestreo se encontraron dentro de terrenos particulares, la permanencia de *Cyathea* spp. en los mismos depende de la voluntad de los propietarios en mantenerlos, y posiblemente también de las características ambientales particulares a cada sitio, tales como la disponibilidad de luz, la humedad del suelo, la inclinación de la pendiente y la competencia interespecifica por

sitios de establecimiento. Estos factores son probablemente determinantes y explican la variación del número de individuos de todas las especies de *Cyathea* en las unidades de muestreo.

La única especie que pareció presentar preferencia por condiciones encontradas en un rango determinado de altitudes fue *Cyathea costaricensis*. Ésta estaría restringida a bajas altitudes, presentando hábito relativamente xeromórfico para una especie de pteridofita arborescente (Mickel y Beitel 1988). *C. costaricensis* figura en la NOM-ECOL-059-2001 como en peligro de extinción. El tipo de hábitat en que se encuentra la especie en cuestión está actualmente sujeto a presiones intensivas de cambio de uso de suelo. Esto, en conjunto con sus requerimientos más estrictos de hábitat, probablemente contribuye para el nombramiento de la especie como amenazada.

Cyathea mexicana, la especie menos abundante, probablemente presenta requerimientos de hábitat aún más estrictos, en conjunto con tasas de reclutamiento inferiores a las presentadas por las demás especies de *Cyathea*. Esta hipótesis puede ser corroborada por el hecho de que solamente fueron observados individuos de *C. mexicana* en estadios tempranos de desarrollo a lo largo de los sitios de muestreo. Bernabé y colaboradores (1999), basados en una menor sobrevivencia de esporófitos de *C. mexicana* en sitios del interior del bosque, proponen que los sitios perturbados, equivalentes a bordes de fragmentos forestales, presentan sitios de mejor regeneración para la especie. De acuerdo con su clasificación en la NOM-ECOL-059-2001, se considera que las áreas de distribución o tamaños poblacionales de *C. mexicana* en México han disminuido drásticamente debido a diversos factores. Dada la baja abundancia de individuos de la especie encontrada en sitios perturbados, se puede inferir que la conversión de los bosques mesófilos de montaña en la región de Cuetzalan a otros tipos de uso de suelo probablemente es uno de los factores que más negativamente afectaría el mantenimiento de las poblaciones naturales de la especie.

La especie más abundante fue *C. divergens*, que presentó individuos en todas las clases de tamaño previamente definidas, destacándose una elevada abundancia de individuos con altura igual o superior a 4.0 m. El número de individuos en tal categoría de alturas del tallo es elevado si comparado, por ejemplo, con la estructura poblacional de *Cyathea lasiosora* en el interior de bosques mesófilos de montaña de Ecuador (Poulsen y Nielsen 1995). El 82% de los individuos de

C. lasiosora muestreados en 1 ha de bosque mesófilo de montaña presentaron altura igual o inferior a 0.5 m, y solamente fueron observados 4 individuos fértiles. Una posible explicación está en el éxito en el reclutamiento y establecimiento *C. divergens* en sitios perturbados, probablemente por presentar requerimientos menos estrictos de hábitat, y con eso resistir más a las variaciones climáticas típicas de sitios abiertos.

Hubo elevada mortalidad de plántulas de *Cyathea divergens* y *C. fulva* en los márgenes de carretera de la región de Cuetzalan en el intervalo de un año de muestreo. Los estadios ontogénicos tempranos son considerados un punto clave en la dinámica poblacional de diversas especies de plantas. En general, las tasas de mortalidad de plantas en esos estadios son superiores a las observadas en estadios posteriores, ya que durante esa etapa de la vida de las plantas, los individuos son más susceptibles a efectos de variaciones micro y macroclimáticas, y a efectos negativos resultantes de interacciones bióticas (Watkinson 1998). En los márgenes de carretera, los individuos de *C. divergens* y *C. fulva* están expuestos a otros factores de estrés que afectan su sobrevivencia, sumados a los ya experimentados naturalmente, destacándose las variaciones diarias de temperatura, la mayor exposición a efectos antropogénicos, entre otros.

Otros factores que pueden haber contribuido al aumento de las tasas de mortalidad son el tipo de manejo de los sitios perturbados (márgenes de carretera) y del sotobosque de las huertas tradicionales de café, en conjunto con el estrés hídrico a que fueron expuestas las plantas en el momento y en el período posterior a los trasplantes experimentales.

Tanto los márgenes de carretera como el sotobosque de las zonas de cultivo de café de sombra son limpiados (lo que localmente se conoce como "chapeo") una o dos veces al año. El "chapeo" consiste en la poda no selectiva de plantas herbáceas, arbustos y plántulas. Durante el período de estudio, las áreas correspondientes a los márgenes de carretera y a los cafetales sufrieron por lo menos un evento de "chapeo". En el caso de los cafetales, la poda de hierbas y arbustos del sotobosque fue anterior al primer censo poblacional en el área, lo que es corroborado por la elevada mortalidad en los primeros tres meses del experimento. En ese período, se murieron 44 de las 60 plantas trasplantadas a ese tratamiento, lo que equivale al 73.3% del total. De esas, 70.4% presentaron señales claras de chapeo (hojas cortadas o tallo desenterrado). Ya en los márgenes de carretera, menos plantas presentaron señales evidentes de "chapeo", y no

fueron observados períodos de mayor concentración de plantas afectadas por la técnica. De los individuos monitoreados en los márgenes de carretera, 25.8% presentaron señales claras de chapeo, a lo largo de todo el período de muestreo. De ese modo, las curvas de sobrevivencia de las plantas transplantadas y no transplantadas a esos sitios presentaron inclinación semejante y poco acentuada a lo largo de todos los intervalos muestreados.

El estrés hídrico a que fueron expuestas las plántulas en el momento del transplante y después de sembradas parece haber afectado más intensamente los individuos transplantados a áreas abiertas. Todas las plantas sometidas a ese tratamiento se murieron antes del segundo muestreo, es decir, en el intervalo de seis meses después del transplante experimental. Además, el estrés hídrico a que fueron expuestos los individuos de *Cyathea divergens* y *Cyathea fulva* inicialmente transplantados fue probablemente incrementado por los cambios de altitud entre los sitios de donde fueron extraídos (altitudes aproximadas entre 900 y 1200 m.s.n.m.) al sitio donde fueron transplantados (550 m.s.n.m). En sitios localizados a más bajas altitudes, las plantas están sujetas a menor disponibilidad de agua en el aire y suelo, y experimentan mayores variaciones diarias y anuales de temperatura y humedad (Cavelier 1996). Ya que los sitios de siembra se encontraban a altitudes inferiores a las de los sitios de extracción, la menor disponibilidad de agua en los mismos seguramente afectó negativamente la sobrevivencia de las plántulas transplantadas.

Las dos especies sometidas al primer transplante experimental presentaron curvas de sobrevivencia semejantes. Existen dos explicaciones posibles para el observado. Inicialmente no se puede descartar la posibilidad de que las especies realmente presenten tasas de sobrevivencia semejantes. Por otro lado, las tasas de mortalidad semejantes de *C. divergens* y *C. fulva* pueden ser fruto de efectos de los tipos de tratamientos a que fueron sometidas. Estos efectos, si fueron muy intensos, pueden haber sobrepuesto las posibles variaciones individuales e intraespecíficas existentes, que por lo tanto no pudieron ser percibidas (Hutchings 1998).

Cuando fueron sometidas a condiciones de transplante más controladas en invernadero, *Cyathea divergens* y *C. mexicana* presentaron curvas de sobrevivencia menos acentuadas. Un número inferior de individuos sembrados en ambientes abiertos, sujetos a la incidencia directa de los rayos solares, sobrevivió al período muestreado, comparados con los individuos sujetos a

menores intensidades lumínicas. Probablemente la mayor mortalidad de individuos transplantados a áreas abiertas se debió al estrés hídrico resultante de un balance hídrico negativo de los procesos de respiración y transpiración foliar y la absorción de humedad a través de hojas y raíces (Cavelier 1996).

Semejante a lo observado en el primer trasplante experimental, no se encontraron curvas de sobrevivencia distintas entre las especies estudiadas. Eso puede ser debido a que, como se mencionó anteriormente, las respuestas interespecíficas sean semejantes, a que las distintas respuestas inter e intraespecíficas a los tratamientos se mezclen y produzcan variaciones menos evidentes, o a que el período de estudio no es suficiente para que se perciban tales diferencias (Hutchings 1998).

Plántulas de *Cyathea divergens* y *Cyathea mexicana* dentro del rango elegido de alturas iniciales del tallo presentaron tasas de crecimiento semejantes en el intervalo de muestreo. Esto contrasta con el patrón normalmente observado (Watkinson 1988), en que plantas más jóvenes presentan mayor crecimiento en relación a su tamaño, respecto a plantas de mayor edad. Posiblemente el rango de longitudes iniciales elegido para el experimento no abarcó suficiente variación para que se observara tal relación diferencial, o como sugieren Bittner y Breckle (1995), el incremento de la longitud del tallo de helechos arborescentes con tallo ya formado es constante a lo largo de su desarrollo posterior.

El incremento de la longitud del tallo y la producción de frondas para la especie *Cyathea divergens* fueron superiores a los de *C. mexicana*. Las tasas de incremento del tallo y producción de hojas en ambos tratamientos son comparativamente superiores a las observadas en otras especies de helechos arborescentes (Arens y Sánchez-Baracaldo 1998, Bernabé *et al.* 1999, Bittner y Breckle 1995, Arens 2001, Ash 1987, Seiler 1981). No fueron observados efectos del tipo de tratamiento sobre el incremento en la longitud del tallo de las especies transplantadas, lo que contrasta con el patrón observado para diversas especies de helechos arborescentes, que presentan tasas de crecimiento más elevadas en ambientes sujetos a mayor intensidad lumínica (Arens y Sánchez-Baracaldo 1998, Bernabé *et al.* 1999, Bittner y Breckle 1995).

Por otro lado, se observaron efectos del tratamiento en la producción de frondas. Las plantas transplantadas a condiciones de mayor intensidad lumínica produjeron menos frondas que las

transplantadas a condiciones de sombra. Estos resultados nuevamente contrastaron con los observados en otras especies de helechos arborescentes, las cuales producen mayor cantidad de frondas en ambientes sujetos a mayor luminosidad (Arens 2001, Ash 1987).

Una posible relación entre las tasas de crecimiento y el balance hídrico de las especies de *Cyathea* transplantadas podría explicar, en parte, los patrones observados. Seiler (1981) verificó que la producción de frondas por la especie *Alsophila salvinii* presenta variación estacional, de modo que una menor cantidad de frondas es producida en estaciones secas y una mayor cantidad es producida en estaciones más húmedas. También para *Cyathea pubescens* se verificó una producción superior de frondas posterior a períodos de lluvias (Tanner 1983). Posiblemente las discrepancias se deban a efectos del estrés ocasionado por el trasplante, y a un déficit hídrico superior experimentado por plantas sembradas en áreas abiertas, lo que se ve reflejado en tasas de crecimiento (producción de frondas) inferiores.

Ya que el trasplante experimental realizado a condiciones ambientales controladas en invernadero no contó con un tratamiento control, las respuestas diferenciales de crecimiento entre especies y entre tratamientos no pueden ser atribuidas solamente a variaciones interespecíficas o ambientales existentes entre tratamientos.

Con base en la abundancia de *Cyathea* spp., y principalmente de *C. divergens*, en sitios perturbados de la región de Cuetzalan, se verificó que tales sitios son fuentes potenciales de plántulas para el manejo de las especies por medio de trasplantes. Hubo una elevada mortalidad de plántulas e individuos en estadios ontogénicos tempranos en los márgenes de carretera. Aunque en el primer trasplante experimental la mortalidad haya sido superior a la observada en los sitios perturbados, las especies transplantadas presentaron tasas de sobrevivencia considerablemente superiores, tasas de incremento del tallo y producción de frondas comparativamente elevadas en relación a otras especies de helechos arborescentes, cuando fueron sometidas a condiciones experimentales más controladas de trasplante. De este modo, si se toman en cuenta algunos criterios para las situaciones de trasplante, como la elección de sitios de cosecha y siembra en altitudes lo menos distintas posible, el corte de frondas, el mantenimiento de raíces, el pequeño intervalo entre extracción y siembra, entre otros, es posible obtener un resultado exitoso en relación a la sobrevivencia y al crecimiento de los individuos

transplantados. La implementación de estos criterios es sencilla, de bajo costo, demanda poco tiempo, y los resultados positivos de sobrevivencia y crecimiento la corroboran.

El manejo de helechos arborescentes por medio de trasplantes es ventajoso ya que no se invierte tiempo en la propagación de las especies por medio de esporas o en el mantenimiento de gametofitos y esporofitos. Sin embargo, antes de promover la extracción de plántulas de sitios perturbados, hay que considerar que las plántulas e individuos jóvenes de especies de *Cyathea* representan recursos agotables. De ese modo, si son sobreexplotados pueden comprometer el reclutamiento de individuos de helechos arborescentes a estadios más avanzados de desarrollo ontogenético en sitios perturbados de la región.

BIBLIOGRAFIA

- Arens, N.C. y Sánchez-Baracaldo, P. 1998. Distribution of tree ferns (Cyatheaceae) across a successional mosaic in an Andean cloud forest, Nariño, Colombia. *American Fern Journal* 88: 60 – 71.
- Arens, N.C. y Sánchez-Baracaldo, P. 2000. Variation in tree fern stipe length with canopy height: tracking preferred habitat through morphological change. *American Fern Journal* 90: 01 – 15.
- Arens, N.C. 2001. Variation in performance of the tree fern *Cyathea caracasana* (Cyatheaceae) across a successional mosaic in an Andean cloud forest. *American Journal of Botany* 88: 545 – 551.
- Ash, J. 1987. Demography of *Cyathea hornei* (Cyatheaceae), a tropical tree-fern in Fiji. *Australian Journal of Botany* 35: 331 – 342.
- Bernabé, N., Williams-Linera, G. y Palacios-Rios, M. 1999. Tree ferns in the interior and at the edge of a Mexican cloud forest remnant: spore germination and sporophyte survival and establishment. *Biotropica* 31: 83 – 88.
- Bittner, J. y Breckle, S.W. 1995. The growth rate and age of tree fern trunks in relation to habitats. *American Fern Journal* 85: 37 – 42.
- Brown, A.D. y Kappelle, M. Introducción a los bosques nublados del neotrópico: una síntesis regional. En: M. Kappelle y A.D. Brown (eds.). *Bosques nublados del Neotrópico*. Inbio, Costa Rica. pp. 25 – 40.
- Carpio, A.B. 2000. Pteridoflora ilustrada del Municipiode Tlatlauquitepec, Puebla. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. Benemérita Universidad de Puebla. pp. 21 – 23.
- Casas, A. y Caballero, J. 1996. Traditional management and morphological variation in *Leucaena esculenta* (Fabaceae: Mimosoideae) in the Mixtec region of Guerrero, Mexico. *Economic Botany* 50: 167 – 181.
- Cavelier, J. 1996. Environmental factors and ecophysiological processes along altitudinal gradients in wet tropical mountains. En: S.S. Mulkey, R.L. Chazdon y A.P. Smith (eds.) *Tropical forest plant ecophysiology*. Chapman y Hall, New York, EUA. pp. 399 – 439.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México, pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. pp. 443 – 518.
- Cox, P.A. y Tomlinson, P.B. 1985. Relationships between ecological pattern and branching in the tree fern *Lophosoria quadripinnata* in Veracruz, Mexico. *American Fern Journal* 75: 105 – 110.
- Department of Natural Resources and Environment. 2002. Victorian tree – fern management plan. East Melbourne, Australia. 27 pp.
- Diario Oficial de la Federación. 2001. Norma oficial mexicana NOM- ECOL-059-2001, 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. México.
- Domenech, R.E.M. 1967. Caracteres morfológicos y su utilidad en sistemática de helechos arbóreos (Cyatheaceae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 32 pp.

- Drake, D.R. y Pratt, L.W. 2001. Seedling mortality in Hawaiian Rain Forest: the role of small-scale physical disturbance. *Biotropica* 33: 319 – 323.
- Dungan, R.J., Duncan, R.P. y Whitehead, D. 2003. Investigating leaf lifespans with interval-censored failure time analysis. *New Phytologist* 158: 593 – 600.
- Durand, L.Z. y Goldstein, G. 2001a. Photosynthesis, photoinhibition, and nitrogen use efficiency in native and invasive tree ferns in Hawaii. *Oecologia* 126: 345 – 354.
- Durand, L.Z. y Goldstein, G. 2001b. Growth, leaf characteristics, and spore production in native and invasive tree ferns in Hawaii. *American Fern Journal* 91: 25 – 35.
- Finnie, J.F. y Staden, J.V. 1987. Multiplication of the tree fern *Cyathea dregei*. *Hortscience* 22: 665.
- Forestry Commission. 2001. Tree fern management plan for the harvesting, transporting or trading of *Dicksonia antarctica* in Tasmania. Tasmania. 21 pp.
- Fox, G.A. 1993. Failure-time analysis: emergence, flowering, survivorship, and other waiting times. En: S.M. Scheiner y J. Gurevitch (eds.). *Design and analysis of ecological experiments*. Chapman y Hall. New York, USA. pp. 253 – 289.
- Fox, G.A. 2001. Failure-time analysis: studying times to events and rates at which events occur. En: S.M. Scheiner y J. Gurevitch (eds.). *Design and analysis of ecological experiments*. Oxford University Press. Oxford, UK. pp. 235 – 266.
- Héban-Mauri, R. 1975. Apical segmentation and leaf initiation in the tree fern *Dicksonia squarrosa*. *Canadian journal of botany* 53: 764 – 772.
- Hensley, D., Stibbe, R., Bezona, N. y Rauch, F. 1997. Hapuu (Hawaiian Tree Fern). *Ornamentals and Flowers OF-16*. 1 pp.
- Hunt, M.A., Davidson, N.J., Unwin, G.L. y Close, D.C. 2002. Ecophysiology of the soft tree fern, *Dicksonia antarctica* Labill. *Austral Ecology* 27: 360 – 368.
- Hutchings, M.J. 1998. The structure of plant populations. En: M.J. Crawley (ed.). *Plant ecology*. Oxford: Blackwell Science. pp. 325 – 358.
- Jones, A.T. y Hayes, M.J. 1999. Increasing floristic diversity in grassland: the effects of management regime and provenance on species introduction. *Biological conservation* 87: 381 – 390.
- Kappelle, M. y Gómez, L.D. 1992. Distribution and diversity of montane pteridophytes of the Chirripó National Park, Costa Rica. *Brenesia* 37: 67 – 77.
- Luna, I., Velázquez, A. y Velásquez, E. México. En: M. Kappelle y A.D. Brown (eds.). *Bosques nublados del neotrópico*. Inbio, San José, Costa Rica. pp. 183 – 241.
- Lyngbaek, A.E., Muschler, R.G. y Sinclair, F.L. 2001. Productivity and profitability of multistrata organic versus conventional coffee farms in Costa Rica. *Agroforestry Systems* 53: 205 – 213.
- Marantes, C.B. y Gómez, A.M.L. 1999. Inventario de especies vegetales y animales de uso artesanal. *Biodiversitas* 22: 9 – 14.
- Marcano-Vega, H., Aide, M. y Báez, D. 2002. Forest regeneration in abandoned coffee-plantations and pastures in the Cordillera Central of Puerto Rico. *Plant Ecology* 161: 75 – 87.

- Martínez-Alfaro, M.A., Oliva, V.E., Cruz, M.M., García, G.M., Olazcoaga, G.T. y León, A.W. 2001. Catálogo de plantas útiles de la Sierra Norte de Puebla, México. México: Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., México. 303 pp.
- Mickel, J.T. y Beitel, J.M. 1988. Pteridophyte flora of Oaxaca, Mexico. New York Botanical Garden. New York, EUA. pp. 135 – 141.
- Moguel, P. y Toledo, V.M. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13: 11 – 21.
- Moguel, P. y Toledo, V. M. 2001. Conservar produciendo; producir conservando, mantenimiento de la biodiversidad y mejoramiento de cafetales de los productores indígenas de la Sierra Norte de Puebla. Proyecto de investigación. 13 pp.
- Montalvo, A.M. y Ellstrand, N.C. 2001. Nonlocal transplantation and outbreeding depression in the subshrub *Lotus scoparius* (Fabaceae). *American journal of botany* 88: 258 – 269.
- Moran, R.C. y Riba, R. 1995. Cyatheaceae: descripción de la familia y clave genérica. En: G. Davidse, M. Sousa y S. Knapp. *Flora Mesoamericana 1: Psilotaceae e Salviniaceae*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. México. pp. 88 – 104.
- Mueck, S.G., Ough, K. y Banks, J.C.G. 1996. How are Wet Forest understories? *Australian Journal of Ecology* 21: 345 – 348.
- Muenchow, G. 1986. Ecological use of failure time analysis. *Ecology* 67: 246 – 250.
- Muschler, R.G. 2001. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. *Agroforestry Systems*. 51: 131 – 139.
- Myster, R.W. y Fernández, D.S. 1995. Spatial gradients and match structure on two Puerto Rican landslides. *Biotropica* 27: 149 – 159.
- Nestel, D. y Altieri, M.A. 1992. The weed community of Mexican coffee agroecosystems: effect of management upon plant biomass and species composition. *Acta Oecologica* 13: 715 – 726.
- Page, C.N. 2002. Ecological strategies in fern evolution: a neopteridological overview. *Review of Palaeobotany and Palynology* 119: 1 – 33.
- Palacios-Rios, M. 1992. Las pteridofitas del estado de Veracruz, Mexico. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 355 pp.
- Peck, J.H., Peck, C.J. y Farrar, D.R. 1990. Influences of life history attributes on formation of local and distant fern populations. *American Fern Journal* 80: 126 – 142.
- Plaza-Sánchez, J.L.P. 1998. Organic coffee production and the conservation of natural resources in Las Margaritas, Chiapas. En: R.B. Primack, D. Bray, H.A. Galletti y I. Ponciano. *Timber, tourists, and temples. Conservation and development in the Maya forest of Belize, Guatemala and Mexico*. Island Press, Washington D.C., EUA. pp. 299 – 315.
- Poulsen, A.D. y Nielsen, I.H. 1995. How many ferns are there in one hectare of tropical rain forest? *American Fern Journal* 85: 29 – 35.
- Primack, R.B. 2002. *Essentials of conservation biology*. Sinauer Associates, Sunderland, EUA. pp. 357 – 376.
- Putz, F.E., Redford, K.H., Robinson, J.G., Fimbel, R. y Blate, G.M. 2000. Biodiversity conservation in the context of tropical forest management. The World Bank. Washington D.C., EUA. 71 pp.

- Pyke, D.A. y Thompson, J.N. 1986. Statistical analysis of survival and removal rate experiments. *Ecology* 67: 240 – 245.
- Riba, R. 1993. Mexican pteridophytes: distribution and endemism. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. Oxford University Press, New York, EUA. pp: 379-395.
- Rorslett, B. 1996. Modelling of underwater light in freshwater lakes using survival and failure time analysis. *Freshwater Biology* 35: 11 – 24.
- Rzedowski, J. 1981. *Vegetación de México*. Limusa, México, D.F., México. pp. 315 – 326.
- Rzedowski, A.T., Flores-Villela, O.A., León-Paniagua, L.S., Llorente-Bousquets, J.E., Luis-Martínez, M.A., Navarro-Siguenza, A.G., Torres-Chávez, M.G. y Vargas-Fernández, I. 1993. Conservation priorities in Mexico: moving up in the world. *Biodiversity Letters* 1: 33 – 39.
- Scariot, A. 2000. Seedling mortality by litterfall in Amazonian forest fragments. *Biotropica* 32: 662 – 669.
- Seiler, R.L. 1981. Leaf turnover rates and natural history of the Central American tree fern *Alsophila salvinii*. *American fern journal* 71: 75 – 81.
- Seiler, R.L. 1984. Trunk length and frond size in a population of *Nephelea tryoniana* from El Salvador. *American fern journal* 74: 105 – 107.
- SEMARNAT. 2000. Catálogo de especies vulnerables al aprovechamiento forestal en bosques templados de Oaxaca. En: G.S. Warnholtz. *Proyecto de conservación y manejo sustentable de recursos forestales en México*. Oaxaca, México.
- Sokal, R.R y Rohlf, F.J. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. W. H. Freeman and Company, New York, EUA. 887 pp.
- Tanner, E.V.J. 1983. Leaf demography and growth of the tree-fern *Cyathea pubescens* Mett. ex Kuhn in Jamaica. *Botanical Journal of Linnean Society* 87: 213 – 227.
- Walker, L.R. y Aplet, G.H. 1994. Growth and fertilization responses of Hawaiian tree ferns. *Biotropica* 26: 378 – 383.
- Watkinson, A.R. 1998. Plant population dynamics. En: M.J. Crawley (ed.). *Plant ecology*. Blackwell Science, Oxford, EUA. pp. 359 – 400.
- Werth, C.R. y Cousens, M.I. 1990. Summary: the contributions of population studies on ferns. *American fern journal* 80: 183 – 190.
- Williams-Linera, G. 1991. Nota sobre la estructura del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña en los alrededores del campamento "El Triunfo", Chiapas. *Acta Botánica Mexicana* 13: 1 – 8.

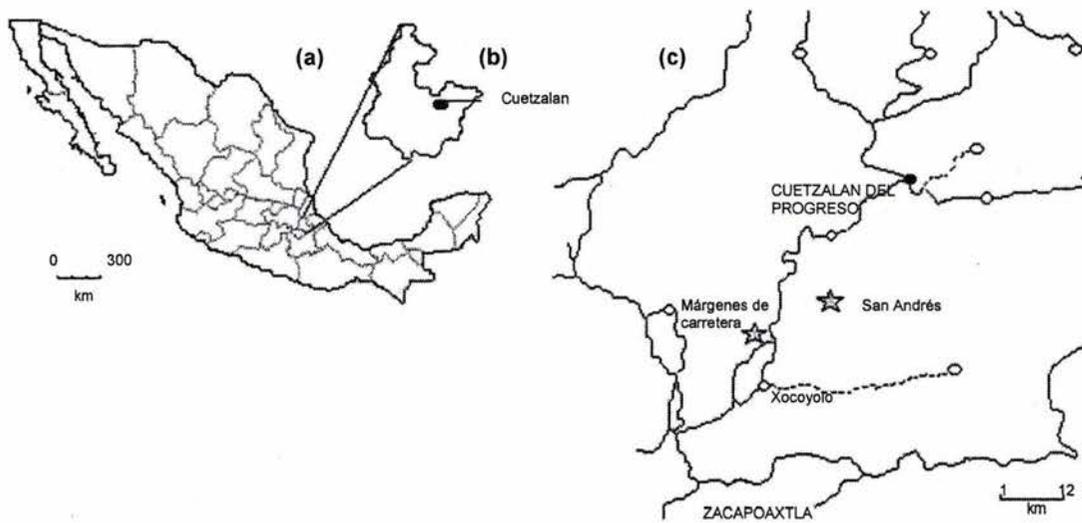


Fig. 1. Ubicación del área de estudio. (a) Mapa de México, destacándose en (b) la región de la Sierra Norte del estado de Puebla, en la cuál se encuentra la cabecera municipal de Cuetzalan del Progreso. (c) Infraestructura para el transporte en la región de la ciudad de Cuetzalan. En el mapa se encuentran señalados por estrellas los sitios de ubicación de las comunidades de artesanos entrevistadas (fuente: SCT Puebla, mapa turístico de Comunicaciones y Transportes, 1994. INEGI. Carta topográfica 1:50,000).



Fig. 2. Especies estudiadas. **(a)** *Cyathea divergens*. **(b)** *C. fulva*. **(c)** *C. costaricensis*. **(d)** *C. mexicana*.

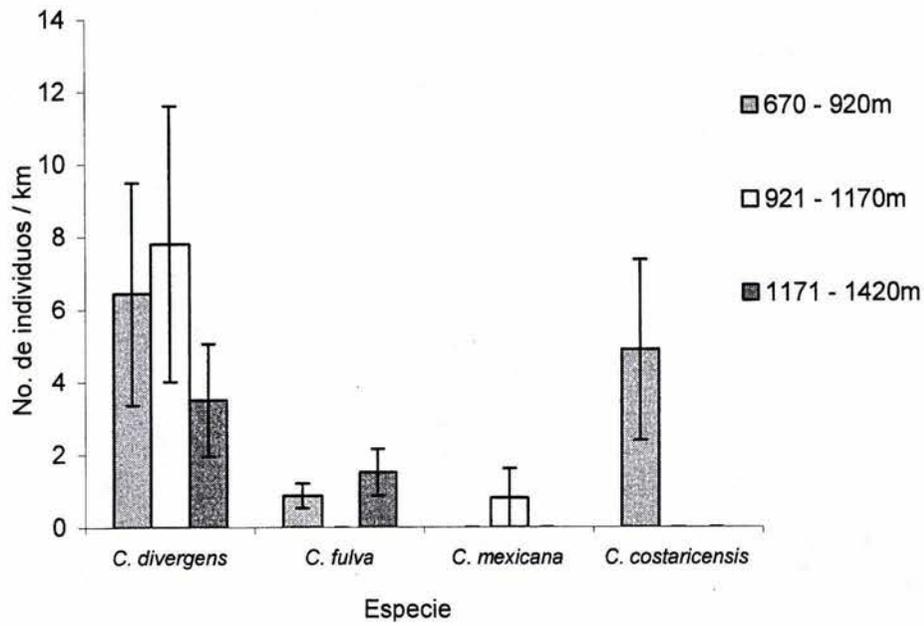


Fig. 3. Abundancia promedio de helechos arborescentes de diferentes especies por km muestreado, de acuerdo con la altitud en la región de Cuetzalan, Puebla. Las líneas verticales representan \pm el error estándar.

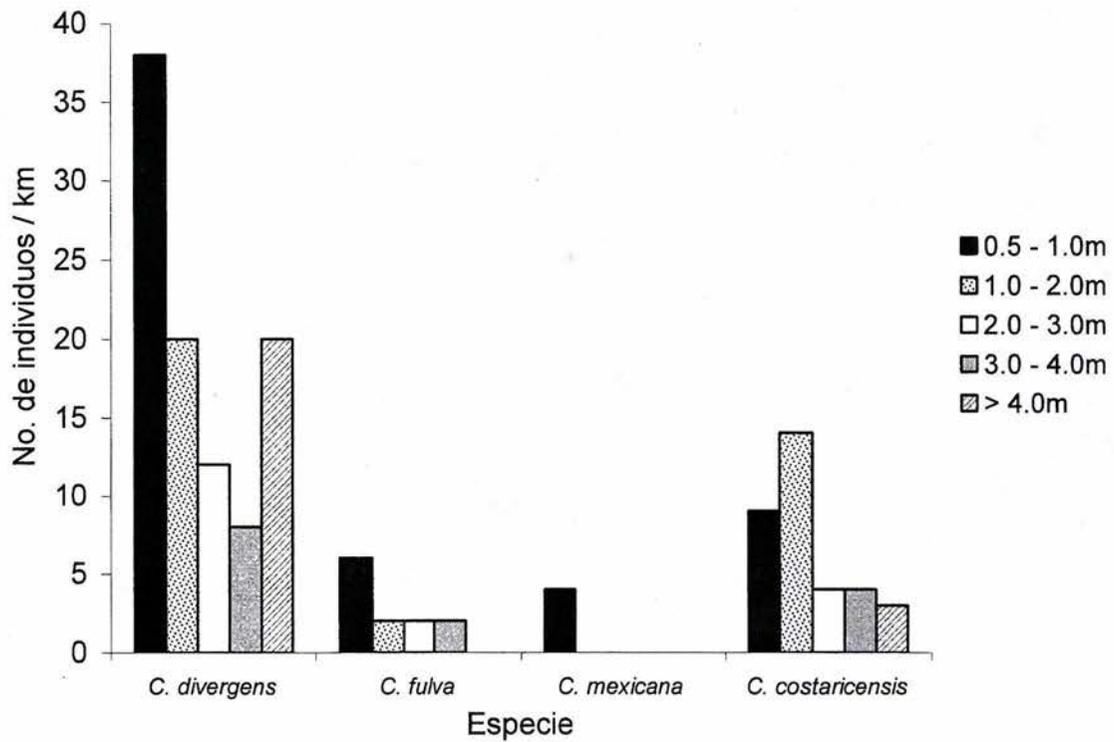


Fig. 4. Estructura de tamaños de las especies de helechos arborescentes muestreadas en sitios perturbados en la región de Cuetzalan, correspondiente a los márgenes de 16 km de la principal carretera de acceso a la ciudad.

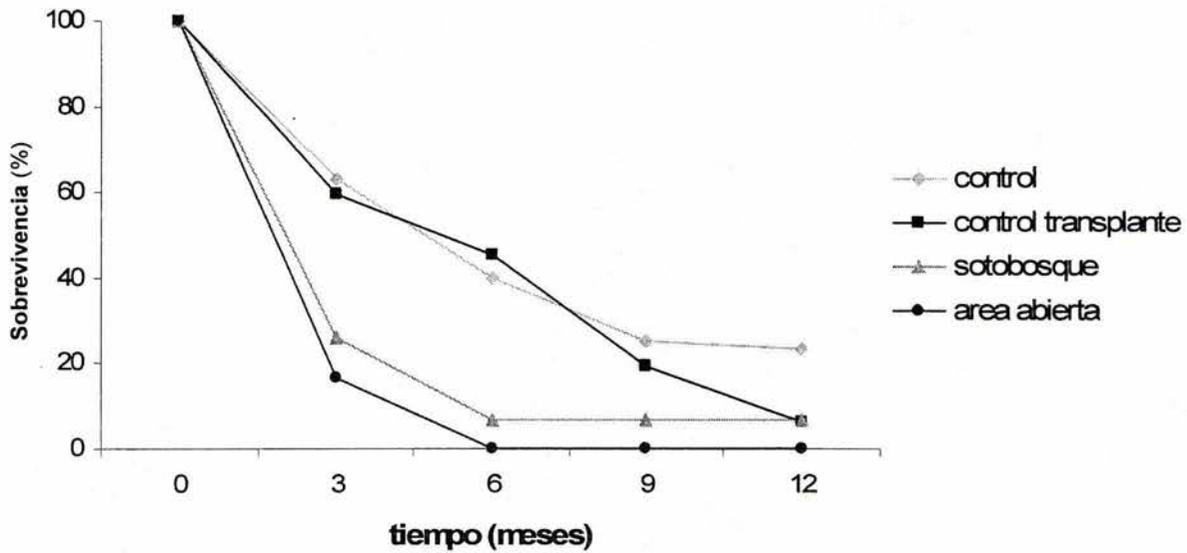


Fig. 5. Curvas de sobrevivencia de *Cyathea* spp. bajo cuatro tratamientos experimentales. Los tratamientos corresponden a: (1) control, o individuos marcados en los márgenes de carretera, (2) individuos marcados y transplantados a los márgenes de carretera, (3) individuos transplantados al subdosel de cafetales de sombra, (4) individuos transplantados a áreas abiertas.

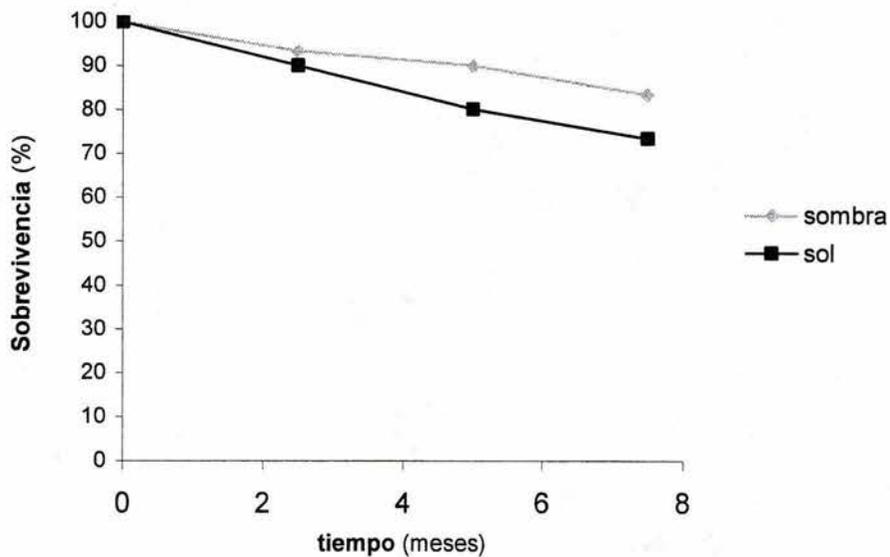


Fig. 6. Curvas de sobrevivencia de los individuos transplantados en el experimento controlado realizado en invernadero, correspondiente a 3 intervalos de muestreo.

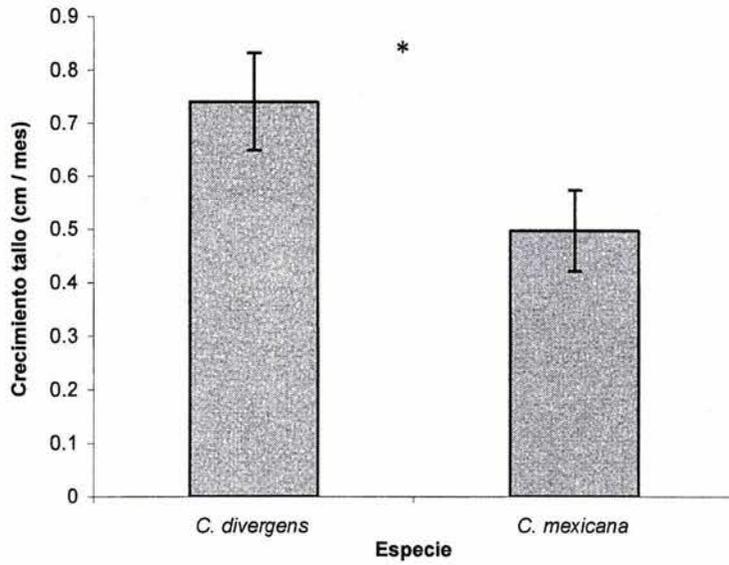


Fig. 7. Incremento en longitud del tallo de *Cyathea divergens* (N = 27) y *Cyathea mexicana* (N = 20) sometidas a transplante experimental en la región de Cuetzalan, Puebla. Las líneas verticales representan \pm el error estándar. El asterisco representa una diferencia estadísticamente significativa.

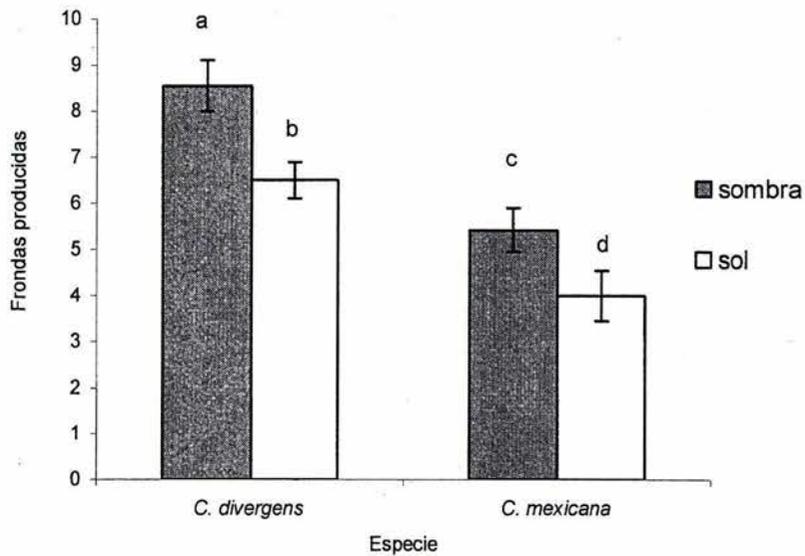


Fig. 8. Número de frondas producidas en 7.5 meses para *C. divergens* (N = 11 en sombra y N = 10 en sol) y *C. mexicana* (N = 10 en sombra y N = 5 en sol) en la región de Cuetzalan, Puebla. Las líneas verticales representan \pm el error estándar. Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas.

DISCUSIÓN GENERAL

Las poblaciones naturales de helechos arborescentes en la región de Cuetzalan se ven amenazadas tanto en los márgenes de carreteras, donde experimentan elevadas tasas de mortalidad, como en fragmentos de bosques, de donde son extraídas por agricultores locales para la fabricación de artesanías. Ya que solamente un pequeño número de artesanos se dedica a la extracción de troncos de “pesmas” en la región de Cuetzalan, y para la mayor parte de ellos los ingresos económicos resultantes del comercio de artesanías son poco relevantes, sería posible la sustitución de la actividad por otras que ocasionaran menores perjuicios ambientales y que les proporcionaran ingresos económicos superiores. Sin embargo, antes es necesario investigar la viabilidad de implementación de estas actividades alternativas y sus posibles impactos bióticos y abióticos.

A partir de la conjugación de los estudios implementados, surgen algunas recomendaciones de manejo de las especies de *Cyathea* encontradas en la región de Cuetzalan, que contribuirían para el mantenimiento de las poblaciones naturales de helechos arborescentes en la región y promoverían el incremento de los ingresos económicos de la población involucrada en la extracción de tallos y producción de artesanías. En primer lugar, es esencial evaluar la capacidad de carga de las poblaciones de helechos arborescentes explotadas. Si se encuentra que la explotación actual afecta negativamente el mantenimiento de las poblaciones, sería necesario disminuir la tasa actual de tala de helechos arborescentes en la región. Conjuntamente, la tala de individuos debería ser restringida a periodos posteriores a la reproducción de los mismos.

Además, sugiero la sustitución gradual de la actividad de producción de artesanías por otras actividades económicamente más ventajosas y ambientalmente menos perjudiciales. Esto afectaría actualmente un pequeño porcentaje de los agricultores de la región de Cuetzalan. La venta de individuos en estadios más tempranos de desarrollo como plantas de ornato podría proporcionar mayores ingresos económicos a los artesanos, una vez disminuida la intensidad de extracción de individuos adultos. Los márgenes de carretera de la región de Cuetzalan (y posiblemente también otros sitios perturbados) constituyen potenciales fuentes de plántulas para el manejo de *Cyathea* spp. por medio de transplantes. En estos sitios documenté una elevada

mortalidad de individuos en estadios ontogénicos tempranos. Cuando fueron sometidas a condiciones experimentales controladas de trasplante, las plantas experimentaron tasas de sobrevivencia considerablemente superiores, en comparación a las observadas en el primer experimento de trasplante y en sitios perturbados. Las tasas de crecimiento de los individuos transplantados fueron superiores a las descritas para otras especies de helechos arborescentes.

Si bien es verdad que el manejo por medio de trasplantes puede ser ventajoso para promover el mantenimiento de las especies de *Cyathea* transplantados, también hay que considerar que el éxito de los trasplantes depende del cumplimiento de algunos criterios, como la elección de sitios de cosecha y siembra adecuados en altitudes lo menos distintas posible. También se recomienda el corte de frondas desplegadas y el mantenimiento de raíces. Es importante reducir al máximo el intervalo entre extracción y siembra. La implementación de estos criterios es sencilla, de bajo costo y baja demanda de tiempo.

Tanto el comercio de individuos provenientes de áreas perturbadas como son los márgenes de carretera, como la venta de los desechos del proceso de producción de artesanías como sustrato para jardinería podrían contribuir para incrementar los ingresos económicos resultantes de la actividad. La venta de artesanías, plántulas o sustrato para jardinería, en sistema de cooperativa, sin intermediarios y en mercados mejor pagados, en centros urbanos mayores incrementarían los ingresos económicos resultantes de la actividad. Sin embargo, tales actividades comerciales podrían resultar en una explotación más intensiva de las poblaciones remanentes de *Cyathea* spp. Sería necesario efectuar anteriormente un análisis del efecto del incremento en la presión de explotación sobre el mantenimiento de las poblaciones naturales de helechos arborescentes en la región.

Propongo finalmente la realización de estudios complementarios al presente, para evaluar los efectos de la explotación actual sobre las especies de *Cyathea* encontradas en la región de Cuetzalan, y evaluar la efectividad y la factibilidad de las recomendaciones señaladas. En primer lugar, para evaluar el impacto de la extracción actual sobre las especies de *Cyathea* es extremadamente importante conocer el estado real de las poblaciones naturales de helechos arborescentes en los remanentes de bosques mesófilos de montaña de la región, por medio de evaluaciones de la riqueza, de la estructura, y más a largo plazo de la dinámica de poblaciones de

Cyathea spp. Además, un análisis del costo / beneficio de la venta de artesanías o de individuos jóvenes de helechos arborescentes para ornato es esencial para determinar la viabilidad de las del comercio de plántulas de *Cyathea*, ya que tal comercio depende de la apertura del mercado mexicano a productos nacionales derivados de la cosecha y de la dificultad de ingresar a estos mercados.

El presente estudio ofrece fundamentos concretos de la situación actual del manejo de especies de *Cyathea* en la región de Cuetzalan, Sierra Norte de Puebla, por lo que debe ser considerado en futuras estrategias para la extracción y comercio sustentable de especies de helechos arborescentes. Este reporte debe además ser considerado en la implementación de planes de manejo de especies de helechos arborescentes en otras regiones en México, ya que comparten algunas de las características encontradas en el sitio de estudio, como el estado de las poblaciones naturales de *Cyathea* spp., el nivel socioeconómico de la población local, y el estado de degradación de los bosques mesófilos de montaña en la región.