

Informe final* del Proyecto G018
Estudio ecológico-florístico de los enclaves de vegetación xerofítica inmersos en una selva baja caducifolia en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca

Responsable: Dr. Jorge Arturo Meave del Castillo
Institución: Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Departamento de Biología
Laboratorio de Ecología
Dirección: Av. Universidad # 3000, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México, DF, 04510 , México
Correo electrónico: jorge.meave@ciencias.unam.mx
Teléfono/Fax: Tel: 5622 4835 Fax: 5622 4828
Fecha de inicio: Mayo 15, 1995
Fecha de término: Febrero 12, 1997
Principales resultados: Base de datos, Informe final
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Meave del Castillo, J. A. y E. A. Pérez García. 1998. Estudio ecológico-florístico de los enclaves de vegetación xerofítica inmersos en una selva baja caducifolia en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. G018.** México D. F.

Resumen:

Este proyecto ecológico-florístico abordó el estudio de los enclaves de vegetación xerofita de la región de Nizanda inmersos en una selva baja caducifolia en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, con el fin de explorar el papel de la heterogeneidad espacial en el mantenimiento y conservación de floras xerofitas en tiempo ecológico y geológico.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

**"ESTUDIO ECOLÓGICO-FLORÍSTICO DE LOS ENCLAVES DE VEGETACIÓN
XEROFÍTICA INMERSOS EN UNA SELVA BAJA CADUCIFOLIA EN EL ISTMO DE.
TEHUANTEPEC, OAXACA"**

**INFORME FINAL PRESENTADO A LA
COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD**

(Proyecto G018/95)

Responsable: Dr. Jorge Arturo Meave del Castillo
Corresponsable: Biól. Eduardo Alberto Pérez García
Participante: Biól. Claudia Gallardo Hernández

Facultad de Ciencias,
Ciudad Universitaria, diciembre de
1996

PRESENTACIÓN

De acuerdo con el compromiso contraído con la aprobación del proyecto "Estudio ecológico-florístico de los enclaves de vegetación xerofítica inmersos en una selva baja caducifolia en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca" se presenta a la CONABIO el informe final del mismo.

Además de las actividades realizadas en el último período (septiembre de 1996 a la fecha), el informe incorpora la presentación y análisis global de los resultados obtenidos durante la ejecución de este proyecto. Asimismo, se incluyen los últimos avances en la captura de información en la base de datos, así como las correcciones r-, la misma solicitadas en el Oficio No. DTEP/1864/96, fechado el 19 de septiembre de 1996.

INTRODUCCIÓN

Justificación del proyecto

México es uno de los países florísticamente más diversos del mundo (Mittermier y Goettsch, 1992), a pesar de que la riqueza específica local en áreas pequeñas (diversidad alfa o α) no es tan elevada en comparación con la encontrada en otras regiones del mundo. Una de las explicaciones más satisfactorias para esta aparente contradicción se encuentra en la gran variedad de hábitats, y el consecuente recambio de especies (diversidad beta o β), que existe a lo largo de todo el territorio nacional. Este patrón generalmente está determinado por variaciones abruptas o graduales en las condiciones ambientales. El recambio de especies parece ocurrir también entre hábitats similares, donde las variantes ambientales no son determinantes de dicho recambio, aunque este patrón no está bien documentado. Dichos patrones pueden ser producto de los efectos diferenciales de las interacciones bióticas, los efectos históricos, y de alguna manera, de los efectos aleatorios.

El estudio detallado de la variación en la composición de especies en áreas pequeñas puede ofrecer explicaciones complementarias al patrón general encontrado en el país, así como hacer inferencias sobre las consecuencias históricas y ecológicas que dicho patrón puede tener sobre el mantenimiento a largo tiempo y sobre la evolución de la flora mexicana en escalas espaciales pequeñas y grandes.

El presente estudio se realizó en Nizanda, en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, y forma parte de un proyecto que se pretende realizar a mediano plazo del cual ésta representa la etapa inicial.

En la región istmeña se encuentran los límites de distribución de numerosas especies vegetales, lo cual se relaciona con los límites norte y sur de las regiones biogeográficas neotropical y neártica, respectivamente. Además, esta región del país se destaca por su alto nivel de endemismo (Lorence y García-Mendoza, 1989) Los pocos inventarios florísticos locales realizados hasta ahora en la región (Zizumbo y Colunga, 1980 Torres-Colín, 1989) reflejan su gran riqueza biótica; sin embargo, la región en general ha sido poco explorada por investigadores botánicos (Campos-Villanueva et al., 1992) y no se tiene un inventario completo.

Enclaves de vegetación xerofítica

Además de las extensas regiones áridas y semiáridas del mundo, en paisajes con mayor disponibilidad de agua existen sitios de dimensiones más o menos reducidas donde se desarrollan comunidades vegetales de tipo xerófilo. Estos sitios se distinguen claramente como hábitats aislados inmersos en una matriz de vegetación más húmeda que corresponde al régimen climático prevaleciente, por lo que hacemos referencia a ellos con el término "enclaves de vegetación xerofítica" (EVX).

La existencia de los EVX se debe a un problema de aridez edáfica ocasionada por la presencia de suelos muy someros con muy baja capacidad de retención de agua; además, esta característica está asociada a una baja disponibilidad de nutrientes. En conjunto todas estas condiciones generan condiciones de baja fertilidad, aun en regiones donde prevalecen climas favorables para el desarrollo de la vegetación. De esta manera, la aridez edáfica produce condiciones de vida similares a las de zonas áridas y semiáridas calientes, y las comunidades vegetales de estos sitios se distinguen claramente de las de su entorno debido a su carácter netamente xerófilo. En las regiones tropicales del planeta existen distintas comunidades que ejemplifican esta situación: las campinas en Brasil (Macedo y Prance, 1978), los sitios rocosos de los tepuis en Venezuela (Steyermark, 1986), las torres kársticas en Malasia (Whittler, 1991), el pedregal de San Angel (Rzedowski, 1954) y algunas sabanas centroamericanas en regiones donde el clima normalmente permitiría el desarrollo de selvas tropicales húmedas (Eden, 1974; Kellman, 1984).

Diversidad florística y relaciones especies-área

En general se acepta que existe una fuerte correlación entre el número de especies de una comunidad y el área que ésta ocupa. La teoría sobre las relaciones especies-área puede ser útil en el entendimiento de los patrones de diversidad florística; sin embargo, su interpretación es difícil y no existe consenso sobre las causas que explican este patrón.

La relación que guarda la riqueza de especies con el área en una comunidad es básica para conocer el arreglo de las comunidades. Además de las implicaciones teóricas de este enfoque, el conocimiento de estas relaciones es muy relevante para predecir los posibles efectos de la fragmentación artificial de los hábitats. La utilidad de análisis de este tipo para la biología de la conservación es particularmente clara cuando se buscan las explicaciones del mantenimiento de la diversidad en el tiempo (Kellman *et al.*, 1996). Existen fuertes evidencias en el registro fósil de que los grandes cambios climáticos ocurridos en la historia del planeta han traído consigo inversiones en la dominancia de las especies, pudiendo cambiar radicalmente las características de la vegetación de una región. Así, una formación vegetal dominante en un período puede desaparecer por completo, pero frecuentemente permanece en enclaves aislados en otros (Meave, 1991; Kellman *et al.*, 1996).

Entre las hipótesis que se han propuesto para explicar las relaciones especies-área destacan las siguientes (Kelly *et al.*, 1989): (a) la hipótesis de la distribución aleatoria de las especies (Arrhenius, 1921; Coleman, 1981); (b) la hipótesis de la diversidad de hábitats (Williams, 1943; Connor y McCoy, 1971).»;

y (c) la hipótesis del equilibrio de MacArthur y Wilson (1967).

Si bien estas hipótesis intentan explicar porqué las áreas grandes presentan más especies, existen varias posibilidades teóricas respecto a la distribución de la riqueza que permitirían mantener, en un conjunto de áreas pequeñas, una alta diversidad regional γ (gamma). Por un lado, cada sitio podría tener individualmente una gran riqueza de especies (diversidad α alta); en segundo lugar, varios sitios en conjunto podrían presentar una gran diversidad a través de una elevada tasa de recambio de especies entre ellos (alta diversidad β) (Kellman *et al.*, 1996); la tercera posibilidad es que en un sistema de este tipo tanto la diversidad α como la diversidad β sean altas. Es difícil que esta última situación se presente en sitios pequeños, debido al bajo número poblaciones que tendría cada especie, el cual estaría limitado, simplemente por restricciones de espacio y otros recursos.

Una aproximación teórica a la que se recurre frecuentemente para analizar los patrones espaciales de diversidad en fragmentos aislados de vegetación es la biogeografía de islas. Sin embargo, es necesario enfatizar las diferencias biológicas entre los manchones de vegetación y las islas oceánicas, ya que las interacciones con el exterior son diferentes (Janzen, 1983). Las relaciones que guardan los organismos de un parche de vegetación con su entorno no han sido estudiadas en detalle, aunque es razonable suponer que éstas dependerán, entre otras cosas, del tipo y forma de isla que habiten, del grado en el que se distinguen las condiciones ambientales del sitio de las de su entorno, del régimen de disturbio, así como de las características intrínsecas de los organismos de estudio. La separación de los efectos que tienen los factores bióticos de los abióticos (Le. los regímenes climático, hídrico-edáfico y de disturbio) como causantes de la insularidad no es sencilla, ya que probablemente existen :: sinergismos complejos entre los diversos factores. Sin embargo, en muchos casos uno de los dos grandes grupos de factores parece ser más determinante en la distribución de los organismos.

En sitios donde prevalece el mismo régimen climático, las islas virtuales o de hábitat pueden existir de manera natural o deberse a efectos humanos. Para islas pequeñas estas diferencias en el origen pueden ser determinantes en la riqueza de especies que contengan. Uno podría esperar que una isla inducida, producto de la fragmentación artificial de un hábitat original, tuviera un mayor número de especies respecto a lo que predice la relación especies-área; esta situación se conoce como sobresaturación y en teoría tiene un carácter temporal (MacArthur y Wilson, 1967). En algunas ocasiones, sin embargo, el fenómeno de relajación, es decir, la reducción al nuevo número en equilibrio, no se presenta. Ejemplo de ello son algunas comunidades de aves propias de remanentes de vegetación recientemente formados. Aparentemente la explicación de este fenómeno radica en que la capacidad de las aves para forrajear en los alrededores, aumentando su hábitat más allá de los límites del parche remanente (Loman y von Schantz, 1991).

Las plantas que habitan en ambientes fragmentados presentan patrones similares a éste, ya que la distribución espacial de las especies propias de las islas y de los hábitats que las rodean pueden tener distintos grados de sobrepamiento. Por otro lado, se ha observado que en sistemas donde la fragmentación es antigua y donde las condiciones ambientales de la matriz circundante son muy desfavorables para las especies de los fragmentos, las periferias de los remanentes suelen estar

ocupadas por especies tolerantes que forman una barrera protectora que disminuye considerablemente los efectos nocivos del borde sobre la riqueza de especies (Kelman *et al.* 1996) Además, las plantas pueden resistir la fragmentación gracias a su plasticidad y a la longevidad de los adultos, ambos debidos en parte al crecimiento modular que poseen las plantas. La existencia de adultos a lo largo de mucho tiempo podría garantizar la permanencia de las especies, aun cuando el reclutamiento ocurra esporádicamente.

Controversia SLOSS

La década de los 80s estuvo caracterizada por la controversia SLOSS (acrónimo de la frase "single large or several small"), alrededor del tema del tamaño y número óptimo de reservas necesarias para mantener el mayor número de especies. Si bien este debate se enmarcó en un contexto conservacionista práctico, obviamente tiene importantes implicaciones teóricas, ya que bajo estos mismos razonamientos se puede analizar el mantenimiento y la evolución de las especies en los sistemas de fragmentos naturales.

La relación especies área predice que las áreas grandes tendrán mayor número de especies. Sin embargo, teóricamente se puede mantener mayor riqueza específica en conjuntos de fragmentos pequeños que en una sola área contigua de la misma extensión (Anta y Leon, 1993); este patrón implicaría una alta diversidad β Quinn y Harrison (1988) encontraron que, con contadas excepciones, los conjuntos de islas reales (oceánicas) y virtuales pequeñas contienen más especies que áreas equivalentes compuestas por pocas islas (o una sola) muy grandes. Según estos autores, las posibles explicaciones del patrón encontrado por ellos varían desde la diversidad de hábitats, pasando por las dinámicas poblacionales (incluyendo efectos de fundador, equilibrios múltiples, efectos de borde, el régimen de disturbio, el banco de especies y sus habilidades de dispersión, las capacidades de colonización y los efectos evolutivos) hasta los efectos históricos. Algunos de los efectos mencionados son difíciles o imposibles de probar (aunque en algunos casos se ha podido analizar experimentalmente, por ejemplo, Quinn y Robinson, 1987). Por ello, es verdaderamente difícil reconocer de manera inequívoca el o los factores que determinan principalmente la biodiversidad de un sitio (Connor y McCoy, 1979). Además, es claro que las hipótesis que tratan de explicar la relación especies área no son excluyentes sino complementarias.

La exploración de las dos variantes en la interpretación de la diversidad β , es decir, cuando el recambio de especies se da a lo largo de fuertes gradientes ambientales y cuando existe entre hábitats similares (Magurran, 1984), pueden generar hipótesis más concretas sobre las causas que determinan el arreglo, de la diversidad, sobre todo en sistemas donde la gran diversidad y se debe precisamente a un recambio de especies grande. Es decir, la diversidad, β a lo largo de un gradiente ambiental se interpreta como el producto de las distintas tolerancias biológicas a los factores ambientales, mientras que se da más peso a las características biológicas de las especies y a las interacciones entre ellas cuando el recambio de especies ocurre entre hábitats similares.

Preguntas e hipótesis

Este proyecto ecológico-florístico abordó el estudio de los enclaves de vegetación xerofítica (EVX) de la región de Nizanda, al sureste del Estado de Oaxaca, alrededor de las siguientes preguntas: ¿cómo se caracterizan los EVX en términos de su forma y el área que ocupan?, y ¿cómo es la diversidad florística de estos sitios y cuáles son sus patrones espaciales?

La dos hipótesis centrales de este proyecto fueron, por un lado, que los factores edáficos conforman un microambiente que permite el desarrollo de una flora xerofítica sustancialmente diferente a la de su entorno, y por otro, que estos sistemas juegan un papel importante en el mantenimiento de algunos elementos propios de floras xerofíticas, en particular de especies microendémicas, debido a un recambio florístico considerable entre los fragmentos que los componen.

Objetivos

El objetivo general del presente trabajo fue obtener información ecológica y florística sobre los enclaves de vegetación xerofítica inmersos en una selva baja caducifolia en Nizanda, en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, con el fin de explorar el papel de la heterogeneidad espacial en el mantenimiento y conservación de floras xerofíticas en tiempo ecológico y geológico.

El proyecto constó de tres partes complementarias entre sí pero cada una basada en objetivos particulares diferentes. Estos fueron:

- 1) Caracterizar a los EVX presentes en el área de estudio en términos de su tamaño, forma, topografía y litología superficial.
- 2) Elaborar un listado preliminar de las especies vegetales de los afloramientos (de las rocas calizas que se localizan en la zona de estudio, así como de un inventario preliminar de la región.
- 3) Determinar la diversidad gamma (y de los EVX mediante muestreos con área fija, y realizar un análisis preliminar del arreglo espacial de la biodiversidad vegetal de estos sitios en sus componentes α y β).

MATERIALES Y MÉTODOS

La primera fase del estudio fue prospectiva y tuvo como objeto caracterizar a los EVX de la región en términos de su número, extensión y relaciones espaciales, fundamentalmente con base en un análisis de fotogrametría. La segunda fase fue descriptiva y sus objetivos fueron enlistar y cuantificar las especies presentes en los EVX, así como de evaluar el recambio de especies entre y dentro de estas unidades del paisaje. La tercera etapa consistió en la realización de censos poblacionales de algunas de las especies microendémicas.

Para fines del estudio, la vegetación de los EVX se ha subdividido en tres unidades fisiológicamente distintas: matorral xerófilo, selva baja del enclave o enclave arbóreo (ubicada en las laderas directamente sobre la roca caliza) y selva baja asociada al enclave (presente en suelos bien desarrollados ubicados en el pie de monte).

Área de estudio

El sistema de estudio se encuentra en el Istmo de Tehuantepec, cerca del poblado de Nizanda (16° 39' N, 95° 00' W), a 13.5 km al oeste de Ciudad Ixtepec. Se ubica en los municipios de Asunción Ixtaltepec y Ciudad Ixtepec, ambos pertenecientes al Distrito de Juchitán, Estado de Oaxaca. La altitud de la zona es de ca. 200 m s.n.m.

Las zonas bajas del distrito de Juchitán tienen un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, cuya fórmula climática es Awo(w)igw" (García, 1988). La precipitación anual es de 928.7 mm y la temperatura media anual de 27.3°C. Existe una estacionalidad muy marcada respecto a la precipitación pluvial, ya que se distingue una época de secas que se extiende de noviembre a abril, y una lluviosa que abarca de mayo a octubre. En esta región la nubosidad y los vientos juegan un papel importante como limitantes del desarrollo vegetal (Álvarez, 1994). Por esta razón, en la región predominan tres tipos de vegetación típicas de zonas subhúmedas, que son la selva mediana superennifolia, la selva baja caducifolia, y la selva baja caducifolia espinosa, sabanas, y sólo bajo ciertas condiciones topográficas y edáficas es posible encontrar en esta región manchones aislados de vegetación xerofítica.

El Istmo de Tehuantepec se ubica al sureste de la república y se considera dentro de la Provincia Florística de la Costa del Pacífico, dentro de la Región Caribeña (Rzedowski, 1978). En la zona istmeña se encuentran los límites de distribución de numerosas especies de plantas, lo cual se relaciona con los límites norte y sur de las regiones biogeográficas Neotropical y Neártica, respectivamente. Además, esta zona del país se destaca por su alto nivel de endemismos (Lorence y García-Mendoza, '1989). Como se mencionó anteriormente, el conocimiento florístico de la región es todavía pobre, a pesar de que se han publicado unos pocos estudios florísticos muy completos pero de cobertura local (Zizumbo y Colunga, 1980; Torres-Colín, 1989).

Descripción de los EVX, caracterización espacial y edáfica

La delimitación del área de estudio se basó en el reconocimiento general de la zona en el examen minucioso de las cartas topográficas El 5X63 Ciudad Ixtepec (INEGI) E15C64 Santo Domingo (INEGI), ambas de escala 1:50,000. Además, para la delimitación y caracterización de los sitios se utilizaron dos juegos de fotografías aéreas que cubren la zona de estudio; uno de ellos está compuesto por fotografías escala 1:75,000 obtenidas a través del INEGI, mientras que el otro juego incluye fotografías de mayor resolución (escala 1:40,000) obtenidas en el Consejo Nacional de Recursos Mineros. El trabajo se basó principalmente en este último juego. Para la fotointerpretación se contó con la asesoría del Dr. Mario Arturo Ortiz del Instituto de Geografía de la UNAM.

El área total de estudio, así como la de cada enclave, se calculó mediante el uso de un medidor de área foliar (Delta T Device), tomando como base las cartas topográficas arriba mencionadas.

Criterios de muestreo y obtención de datos

El muestreo consideró la obtención de muestras balanceadas de las tres unidades vegetacionales contempladas en este trabajo, con el siguiente arreglo: tres EVX claramente separados entre sí, tres unidades vegetacionales por EVX (las descritas arriba), y tres réplicas por unidad ($3 \times 3 \times 3 = 27$ unidades muestrales). Los sitios de muestreos seleccionados fueron los EVX I, II y III, como se muestra en el mapa anexo figura 1).

Debido a las grandes diferencias morfológicas y estructurales que presenta los elementos de la vegetación de los enclaves, se consideró conveniente separar a las plantas en dos grandes grupos de acuerdo con sus tamaños: plantas leñosas > 1 cm DAP (1.3 m), y plantas perennes, leñosas o herbáceas, con diámetros inferiores a dicho límite. Las hierbas anuales, plantas epífitas y trepadoras herbáceas se excluyeron, aun cuando estas últimas tuvieran estructuras perennes subterráneas (tubérculos, rizomas, etc.).

Para las plantas grandes (primer grupo), las unidades muestrales fueron cuadros de 100 m^2 , divididos en subcuadros de $5 \times 5 \text{ m}$. Sólo se incluyeron plantas que además de tener el tamaño mínimo especificado arriba, estuvieran enraizadas dentro del cuadro.

Las plantas pequeñas (segundo grupo) se muestrearon mediante 5 subcuadros de 4 m^2 ($2 \times 2 \text{ m}$), los cuales se ubicaron en las esquinas y el centro de los cuadros de 100 m^2 . En estos subcuadros fueron incluidas las plantas rosetófilas y las arbustivas, siempre y cuando estuvieran enraizadas dentro del cuadro y tuvieran un DAP ≥ 2 cm. Las plantas rosetófilas terrestres, como las agaváceas, las bromeliáceas, y las orquídeas terrestres sólo fueron incluidas si sus individuos o colonias tenían un diámetro mínimo de 20 cm, y las cactáceas globosas si tenían un diámetro ≥ 5 cm.

De las plantas grandes se midieron o registraron las siguientes variables: (1) dos diámetros de la copa (cm), el mayor y su perpendicular; (2) diámetro del tronco a la altura del pecho (cm), o perímetro en caso de plantas cilíndricas muy altas; (3) altura total (cm); y (4) identidad específica o, en su defecto, número de muestra.

El diámetro de las cactáceas columnares se midió a 1.3 m del suelo sobre el eje de crecimiento principal, mientras que la altura fue medida en la parte más alta, aunque no fuera el eje principal. La cobertura de hierbas y arbustos ramificadas se midió con el método descrito para árboles. Las trepadoras leñosas se incluyeron solo cuando tenían un DAP ≥ 2.5 cm.

Para las plantas pequeñas (segundo grupo), se hicieron las siguientes reediciones o registros: (1) dos diámetros de la copa o de la colonia en el caso de clonales, el mayor y su perpendicular (en el caso de plantas esféricas o cilíndricas se midió un solo diámetro); (2) altura (cm); y (3) determinación taxonómica o número de muestra.

Para determinar la densidad de las plantas rosetófilas terrestres se consideró como unidad de conteo a los individuos fisiológicos individuales (ramets), o las colonias (grupos de ramets) que crecieran juntos, aunque no hubiera certeza sobre la unidad fisiológica de dichas colonias.

Análisis de datos

i) Determinación de la diversidad y de sus componentes α y β en los EVX. La diversidad y se evaluó como el total de especies encontradas en los muestreos de vegetación realizados en los EVX. Dicho de otra manera, éste es el resultado de la sumatoria de la diversidad α encontrada en el sistema de estudio.

Para determinar la diversidad α se censó la vegetación usando en cada sitio cuadros de 100 m² (10 x 10 m). En cada cuadro se determinó la abundancia y se midió la cobertura de cada especie. Con estos datos se calculó la riqueza promedio por tipo de ambiente como un índice de densidad de especies (Magurran, 1988).

No existe consenso absoluto acerca de la mejor manera de evaluar la diversidad β , es decir, del recambio de especies a través del espacio en una comunidad. Por tal razón, para este informe se decidió hacer esta evaluación a través del cálculo de índices de similitud, ya que éste es el enfoque que proporciona resultados con interpretación más sencilla y directa. El índice usado fue el de Sorensen, el cual tiene la facilidad de poderse calcular a partir de datos cualitativos (presencia/ausencia), al tiempo que pondera positivamente las especies compartidas entre muestras (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). De esta manera, se analizó el recambio tanto a lo largo del gradiente ambiental (edáfico), como de un simple gradiente de distancia, comparando entre hábitats similares. En ambos casos la evaluación de: diversidad, β se hizo dentro y entre los EVX. En el futuro se pretende analizar estos datos utilizando algunos otros índices de diversidad β propuestos en la literatura.

ii) Censo poblacional de las especies micro endémicas. Se determinó la ubicación precisa de las especies microendémicas asociadas a los EVX, realizando en algunos casos censos poblacionales, usando para ello los cuadros de muestreo. El estado actual de estas poblaciones fue evaluado en términos de su tamaño (densidad) y de su estructura poblacional.

RESULTADOS

A. Resultados florísticos

Base de datos

I. a base de datos final producida en este proyecto, la cual se anexa al presente informe en un disco flexible, incluye 447 registros. Durante el último período se hicieron avances significativos en la captura de datos en las tablas de información básica, como nombres, localidades, sitios de colecta y autores de taxón, entre otras. Las abreviaturas de los autores de taxa son las propuestas por Brummit y Powell (1992), y las familias que se reconocieron fueron las propuestas por A. Cronquist (1981) de acuerdo con lo acordado con la CONABIO. Cabe aclarar que la base de datos incluye la información de 28 ejemplares de gramíneas que no han sido determinadas hasta nivel de especie. Se decidió incluirlas por la importancia de la familia en los sistemas estudiados, aunque a la Dra. Patricia Dávila no le ha sido posible concluir con esta labor de determinación.

Las recomendaciones hechas por la Coordinación de Inventarios Bióticos sobre la base de datos se presentan en un apartado anexo.

Ejemplares colectados

Actualmente se tienen más de 900 números de colecta incluidos en las numeraciones de Claudia Gallardo Hernández, Jorge Meave del Castillo y Eduardo A. Pérez García. Estas colectas están clasificadas por familia y todavía se está trabajando en su determinación a género y especie. En este informe final se incluye la base de datos con los ejemplares ya determinados hasta el nivel de especie, o en categorías infraespecíficas, con las que se cuenta actualmente. Cabe aclarar que en un proyecto de prospección florística como el aquí realizado, parte del material requiere de años de trabajo para completar su determinación. En ocasiones es necesario enviar el material para que lo examinen especialistas que radican en el extranjero, e incluso en algunos casos ni siquiera existen especialistas para algunos grupos. El avance de esta información que se presenta en la base de datos es el producto de una labor muy intensa de determinación de material en el herbario durante el periodo de financiamiento. Sin embargo, existe un gran interés en el equipo de trabajo por continuar con esta labor, con el objeto de poder producir una lista más completa, que realmente sirva de indicador de la riqueza florística de la región de Nizanda.

Entrega de ejemplares de herbario

Se entregó el tercer y cuarto lote de ejemplares botánicos al Herbario Nacional de la UNAM (MEXU). El tercer lote constó de 93 ejemplares correspondientes a 89 números de colecta y el cuarto constó de 94 ejemplares correspondientes a 94 números de colecta. Se anexan copias de las cartas del Dr. Mario Sousa, Jefe del Herbario Nacional (MES), acusando recibo de estos ejemplares. Las copias de los acuses recibo de las entregas anteriores fueron anexadas a los informes parciales entregados a la CONABIO.

B. Resultados ecológicos

Descripción de los EVX

Los resultados obtenidos durante la primera fase del estudio permitió ajustar la definición de los enclaves de vegetación xerofítica (EVX). Así, en este momento podemos ofrecer la siguiente definición: en la región de selva baja caducifolia y mediana suprerennifolia de Nizanda, Oaxaca, un EVX es una unidad de paisaje restringida a un afloramiento de roca caliza, donde se desarrolla un tipo de vegetación fisonómicamente más xerofítico en comparación con el encontrado en su entorno. Para este estudio era fundamental considerar a cada enclave como un sitio de colecta distinto; además de esto, fue necesario puntualizar otros sitios de colecta fuera de los enclaves. Todos éstos se incluyen en el nomenclator de los sitios de colecta. Para facilitar la ubicación espacial de estos sitios se anexa un mapa de la región de estudio (Fig. 1) y el nomenclator de localidades de colecta (Tabla 1).

En Nizanda el paisaje dominante es un sistema de lomeríos de esquistos. En esta matriz los afloramientos de roca caliza se presentan de tres formas distintas, que son: a) una falla geológica, (b) pequeños montículos aislados, y (c) formando cerros. A lo largo de los afloramientos calcáreos se observan distintas fases del proceso de karstificación. La formación de lajas filosas no es común, aunque se presenta esporádicamente en algunos sitios específicos donde la vegetación es escasa. Los afloramientos calizos más frecuentes son de roca masiva superficialmente muy fracturada. En los promontorios calcáreos existen dolinas y cuevas formadas a partir de la disolución hídrica de la roca. Las cuevas son muy frecuentes, siendo por lo general de tamaño pequeño, y algunas presentan evidencias de ocupación humana aparentemente en fechas prehispánicas.

Descripción de los afloramientos calcáreos.

a) *Falla de roca caliza.* Se localiza a 1 km al norte de Nizanda y se prolonga hacia el noroeste siguiendo una línea curva. A lo largo de esta falla se localizan cuatro de los montículos que hemos identificado como EVX; éstos se encuentran separados entre sí por menos de 1 km. El enclave I es el más cercano a Nizanda, y presenta un área de 18.97 ha. El enclave II se encuentra a la orilla de la vía del Ferrocarril Transístmico y su área es de 13.47 ha. El enclave III (cerro "La Pedrera") es el montículo más alto de la falla, alcanzando aproximadamente los 400 m, y su extensión es de 35.8 ha. El enclave IV se ubica al extremo noroeste de la falla, en la misma dirección respecto a Nizanda, y mide 16.77 ha.

Los promontorios que forman esta falla tienen en la cima relativamente plana, con pendientes de entre 5 y 10°. Estos sitios suelen presentar una cobertura vegetal menor al 100%, y es físionómicamente similar a un matorral xerófilo. Las laderas tienen inclinaciones que van de 10 a 50°, aunque existen algunas paredes de mayor inclinación. La vegetación de estos sitios alcanza una cobertura de más del 100%, y el estrato arbóreo, que está bien desarrollado y corresponde al de una selva baja caducifolia, aunque tanto en el sotobosque como en el dosel presentan una serie (de especies xerófitas).

La roca caliza de la falla presenta signos de un metamorfismo incipiente, lo cual parece conferirle cierta resistencia a la disolución hídrica. También se han observado fragmentos de silicatos en la superficie de la roca. Es posible que estas dos situaciones :: sean derivadas de la actividad tectónica propias de una falla.

b) *Montículos aislados.* Se han encontrado tres montículos aislados de roca caliza. Uno de éstos se localiza a 2.2 km al sur de Nizanda y está cubierto por vegetación arbórea. A este montículo se hace referencia como "enclave V" y su área es de 5.27 ha.

Se localizaron otros dos afloramientos de roca caliza al sureste de Nizanda, entre La Mata y el entronque de la terracería que une a estos poblados con la carretera transístmica. A partir de las prospecciones iniciales se ha podido determinar que estos afloramientos presentan algunas disimilitudes florísticas respecto a los enclaves cercanos a Nizanda. Justo en el extremo sureste del área de estudio se encuentra el EVX IX, que es el más alejado de Nizanda; no ha sido posible determinar la superficie

de éste con exactitud debido a su pequeño tamaño, aunque se estima que no sobrepasa las 2 ha. En este enclave no se han realizado colectas botánicas. En el poblado de La Mata se encuentra el EVX X, el cual mide alrededor de 5.31 ha.

c1 Cerros calcáreos. Existe un sistema montañoso formado por tres cerros calcáreos ubicados al este de la falla de roca caliza. En el lado este del extremo sur de la falla y al noreste de Nizanda se encuentra el Cerro Verde, al cual se hace referencia como EVX VI; con 270.86 ha, éste es el de mayor extensión. Al sureste de dicho cerro se encuentran otras dos elevaciones, los cuales se denominaron "enclave VII y enclave VIII", los cuales ocupan 28.75 y 222.611 ha, respectivamente. Estos dos cerros también son de roca caliza y aparentemente forman parte de una misma estructura geomorfológica. El enclave VIII se encuentra al lado oeste de la carretera transístmica, cercano al poblado de Mazahua.

El límite de la zona de estudio hacia el este y sureste corresponde a la ubicación (le la Carretera Transístmica. Dicho límite arbitrario no implica que del otro lado de la carretera se existan sistemas similares al estudiado en el presente trabajo, ya que existe una continuidad del sistema montañoso y del área climática donde se localiza Nizanda. La ubicación y exploración de estos sitios queda como una tarea pendiente para futuras etapas de este proyecto.

Suelos

La caracterización edáfica de los EVX está en proceso de realización. Hasta ahora se Tienen algunos perfiles y barrenaciones, pero los análisis de laboratorio no han sirio realizados. A *grosso modo* se puede decir que los suelos en las cimas de los enclaves son muy someros, aparchonados y están asociados a las fracturas de la roca, por lo que en ocasiones pueden ser medianamente profundos pero nunca estructurados. En estas porciones los suelos son ricos en materia orgánica, a juzgar por el color y la consistencia del mismo. En las laderas intermedias se observa mayor acumulación de suelo, con un contenido importante de materia orgánica; allí existe un horizonte A conspicuo y una capa considerable de mantillo. En estos sitios el suelo mineral tiene una profundidad considerable, e incluso es posible observar en algunos puntos el desarrollo de un horizonte B. Los suelos del pie de monte están bien desarrollados con profundidades que: sobrepasan los 50 cm. En el horizonte superficial la materia orgánica es abundante, pero disminuye fuertemente hacia el interior del perfil; el suelo más profundo también se distingue por tener muy pocas raíces. Los horizontes inferiores presentan mezcla de rocas de silicatos y esquistos, probablemente por efecto del contacto geológico o por acarreo fluvial.

Caracterización de la vegetación

F: n el sistema estudiado se observa que generalmente existe una correlación negativa entre el grado de pedregosidad del suelo y el grado de desarrollo de cobertura vegetal.

Los matorrales se caracterizan por ser los sitios con menor cobertura y con mayor grado de xerofitia. Estos se encuentran en las peñas y escarpes de los cerros y fallas kársticas donde el suelo es más escaso. La vegetación de este tipo está

dominada por las rosetófilas *Agave ghiesbregtii* y *Hechtia* sp., además de algunas suculentas como *Cephalocereus nizandensis*, *Mammillaria lanata*, y *M. karwinskiara*. En menor abundancia se encuentra *Echeveria acutifolia*, pero es el único tipo de hábitat donde se pueden encontrar esta especie en la región de estudio. Entre las especies menos abundantes pero prácticamente exclusivas de estos hábitats están *Pilea microphylla*, *Milla oaxacana* y *Zephyrantes nelsonii*. *Manihot* sp., *Comocladia angleriana* y *Pseudosmodingium multifolium* son elementos importantes en la fisonomía de estos sitios, aunque no son estrictamente exclusivos de ellos.

El cambio en la vegetación entre el matorral xerófilo y el enclave arbóreo es por lo general abrupto, aunque frecuentemente existe una transición más gradual. El borde entre ambos tipos de vegetación está formado por individuos de *Comocladia angleriana*, *Neobuxbaumia scoparia*, *Ficus ovalis* y *Plumeria rubra*. Es en el borde donde se observaron la mayor parte de los individuos de *Barkeria waithoniana*. Por su carácter transiciones, los bordes no fueron maestreados ya que la intención era tener información de las áreas más típicas de cada unidad vegetacional; sin embargo, por esta misma razón en el muestreo se registraron muy pocos individuos de esta última especie.

El enclave arbóreo "típico" se encuentra sobre los macizos de roca caliza, en los cuales la fragmentación del material parental y la posición topográfica permiten la acumulación volúmenes considerables de suelo. Dentro del EVX arbóreo destacan como elementos propios *Agave nizandensis*, *Anthurium* sp., *Ficus ovalis*, *Neobuxbaumia scoparia*, *Matelea cyclophylla*, *Pseudobombax* sp., y en estos sitios abunda *Plumeria rubra* y *Beucarnea* sp. nov. Además se encuentran numerosas especies de la familia Leguminosae, dentro de la que destaca *Erythrina lanata* que es frecuente en estos sitios. También se encuentran en los enclaves arbóreos especies de las familias Anacardiaceae, Cactaceae, Commelinaceae, Euphorbiaceae, además de numerosos individuos de *Guaiacum sanctum* y *Jacaratia mexicana*. Desde el punto de vista fisonómico, los enclaves arbóreos se pueden considerar como transicionales entre el matorral xerófilo y la selva baja caducifolia asociada al enclave, pero contiene algunos elementos propios.

La selva baja caducifolia asociada al enclave se ubica en los suelos bien desarrollados del pie de monte. Esta vegetación contiene la mayor riqueza específica del sistema muestreado. Además, presenta un estrato herbáceo bien desarrollado. En general, se diferencia claramente del enclave arbóreo tanto fisonómicamente como en composición florística. En esta selva baja es común encontrar muchas especies de las familias Leguminosae y Euphorbiaceae, por ejemplo algunas especies de los géneros *Croton*, *Acalypha*, y *Phyllanthus*, algunas rutáceas como *Esembeckia colina* y *Pilocarpus racemosus*.

Riqueza específica en los distintos hábitats de los EVX

Las unidades muestrales obtenidas en los distintos hábitats de los EVX estudiados revelaron importantes diferencias en la distribución de la riqueza. La vegetación con menor riqueza fue el matorral xerófilo, ya que la densidad específica promedio fue de 1.56 ± 2.45 especies en 100 m² (promedio \pm 1 D.E.). Los sitios de enclave arbóreo tuvieron una riqueza intermedia, con una densidad promedio de 2267 ± 10.65

especies en 100 m². Finalmente, las selvas bajas asociadas a los enclaves albergan la mayor riqueza, ya que la densidad promedio obtenida para estos sitios fue de 35.50 ± 5.21 especies en 100 m². Cabe aclarar que estos datos de densidad de especies con aproximaciones generales con las limitaciones impuestas por las características de método de muestreo, las cuales sin embargo permiten hacer comparaciones claras entre los distintos sitios.

Estos datos también revelan que la mayor heterogeneidad en cuanto a la densidad específica se localiza en los sitios de enclave arbóreo, ya que el coeficiente de variación correspondiente a estas unidades de muestra fue relativamente alto (47%).

Análisis de la diversidad β en los EVX

Como se mencionó en la sección de Métodos, el enfoque seleccionada en este estudio para analizar el recambio de especies fue el cálculo de índices de similitud entre las parcelas de estudio. La primera fase indispensable de este análisis fue una examen muy minucioso de los ejemplares obtenidos durante el muestreo. con el fin de determinar con precisión la distribución de las especies en los cuadros. Muchas ejemplares no han sido determinados a nivel específico, y quizá nunca lo serán debido a que se encuentran en estado estéril. Por ello, las decisiones se basaran en el mayor número posible de caracteres morfológicos, realizando observaciones cuidadosas bajo cal microscopio. De esta manera se reconocieron en las 27 unidades de muestra más de 230 entidades que se manejan como morfoespecies en este análisis.

El total de comparaciones posibles entre los 27 cuadros es de 351, de acuerdo a la fórmula $(n \times n-1)/2$. Los valores del índice de similitud de Sorensen fueron agrupados de tal manera que pudiera analizarse el efecto del tipo de hábitat, de la posición en un enclave, y de combinaciones de estos factores, para evaluar el efecto del recambio de especies sobre la semejanza florística entre los cuadros de muestreo.

La similitud promedio más alta (55.9%) se obtuvo para pares de cuadros de matorral ubicados en el mismo enclave, aunque los cuadros de matorral ubicados en diferentes enclaves también fueron muy semejantes, con un valor promedio ligeramente inferior (53.5%). En contraste, los sitios de enclave arbóreo y de: selva tuvieron similitudes promedio inferiores. Resultaron ser más parecidos los sitios de enclave arbóreo ubicados en el mismo enclave (35.1%) que los ubicarlos en diferentes enclaves (28.9%). Lo mismo ocurrió con los cuadros de selva baja, ya que la similitud promedio entre cuadros ubicados en el mismo enclave fue de 24.6%, y la de cuadros de distintos enclaves fue de 17.9%.

Estas diferencias entre las similitudes promedio entre pares de cuadros ubicados en el mismo y en diferentes enclaves dejaron de ser aparentes al hacer una comparación global en la que se combinaron las comparaciones entre cuadros del mismo hábitat en dos grupos: pares de cuadros ubicados en el mismo enclave y pares de cuadros ubicados en diferentes enclaves. De acuerdo a este análisis, la similitud promedio entre cuadros de igual hábitat ubicados en el mismo enclave: fue de 41.0%, valor que resultó ser prácticamente igual al obtenido para pares de cuadros de igual hábitat ubicados en enclaves distintos (41.5%).

Finalmente se hicieron comparaciones de las similitudes obtenidas para pares

de cuadros ubicados en diferentes hábitats, tanto en el mismo enclave como en enclaves diferentes. El valor promedio para el primer grupo de comparaciones fue de 15.2%, mientras que para el segundo, es decir, las comparaciones entre cuadros en diferentes hábitats y diferentes enclaves, fue de 13.8%. Resalta el hecho de que estos promedios fueron los más bajos de todas las comparaciones realizadas. Esto indica que la heterogeneidad de hábitat a lo largo del gradiente edáfico explica de manera importante la diferenciación florística observada entre los cuadros. La otra observación acerca de estos últimos valores es que son consistentes con el hecho de que cuadros ubicados en el mismo enclave comparten más especies que los cuadros ubicados en diferentes enclaves.

En resumen, en los EVX de Nizanda, la diversidad β , medida como diferenciación florística en muestras de vegetación obtenidas en diferentes hábitats, y enclaves, tiene su componente mayor a lo largo del gradiente edáfico presente dentro de cada enclave, aunque también se expresa en menor medida a lo largo del gradiente de distancias existente entre los distintos enclaves.

Datos preliminares sobre el estado de conservación de las especies endémicas.

Todavía falta determinar con precisión el carácter de endémico en los elementos de la flora de los EVX estudiados, no sólo de las especies para las que se sospechaba esta condición, sino para todas las que han sido determinadas y las que faltan por determinar. Hasta ahora existe bastante certeza de que las siguientes especies son endémicas de la región del Istmo, donde se encuentra Nizanda: *Barkeria whartonia* (Orchidaceae), *Agave nizandensis* (Agavaceae) y *Cephalocereus nizandensis* (Cactaceae). Estas tres especies al parecer están totalmente restringidas a los EVX, ya que nunca fueron observadas en las selvas sobre esquistos en los numerosos recorridos que se hicieron en la región.

Contrariamente a lo publicado en la literatura (Soto-Arenas, 1993), *Barkeria whartonia* resultó ser una especie predominantemente epífita más que litófita. De acuerdo con nuestras observaciones de campo, las plantas que crecen como litófitas parecen ser individuos que cayeron al suelo y que sobrevivieron. No parece haber establecimiento de: juveniles sobre la roca, pero éstos son comunes sobre ramas y tallos de varia especies, sobre todo de *Comocladia engleriana* y *Neobuxbaumia acopar/a*. El hábitat preferencia) de esta especie es la interfase entre los matorrales: y los sitios de enclave arbóreo. Como estos hábitats no fueron incluidos en el muestreo, no disponemos de datos cuantitativos suficientes de la densidad de fasta especie.: ;in embargo, el elevado número de individuos observados, así como la alta frecuencia de aparición en los enclaves (es decir, su presencia en todos los enclaves), sugieren fuertemente que las poblaciones de esta especie están en buen estrado. De cualquier manera, cabe reiterar el hecho de que esta especie tiene una preferencia de hábitat muy particular, ya que está totalmente ausente en otros sitios tales como las selvas raparlas y las :selvas localizadas sobre esquistos.

Cephalocereus nizandensis es una especie bastante común en los EVX, sobre todo en los matorrales. De hecho, en los sitios de enclave arbóreo casi no hay individuos juveniles. Para esta especie el muestro poblaciones arrojó los siguientes datos. En los matorrales se presentan las densidades más altas, de hasta 0.5 ind. X

n², aunque en algunos cuadros no hubo ningún individuo de esta especie. El promedio para cuadros de matorral y para la parte arbórea del enclave fue de 0.161 ind x m². Por otra parte, los datos de alturas individuales permitieron examinar la estructura de tamaños de las poblaciones. En general, se aprecia una típica forma de J invertida (F g. ?), la cual sugiere que existe un reclutamiento constante de nuevos individuos a la población. El conjunto de estos datos indica claramente que los matorrales de los EVX, a pesar de que son sitios relativamente pobres en especies y de extensión reducida, son cruciales para el mantenimiento de las poblaciones de este cacto columnar.

Finalmente, *Agave nizandensis* es una especie con densidades mucho más altas que las dos anteriores. Esta especie es sumamente abundante en los sitios de enclave arbóreo, donde las densidades promedio son de 0.47 ind. x m², llegando a valores tan altos como 3.3 ind x m². Las densidades son menores en los matorrales, y se observó que los individuos de esta especie que se encontraban creciendo en sitios de enclave arbóreo tenían una mejor apariencia general que los de los matorrales. En estos últimos, estos pequeños agaves tienen tallas aun más reducidas y presentan síntomas de sobreexposición al sol. Cabe aclarar que los valores de densidad para esta especie no reflejan con exactitud su abundancia en las comunidades donde crecen por tratar se ríe plantas clonales. Quizá otra variable como la cobertura sea un mejor indicativo para usarse en futuras evaluaciones.

Conclusiones y propuesta de manejo y conservación

pesar de la gran riqueza biológica y ecológica de la región del Istmo, ésta no ha recibido la atención que merece por parte de los investigadores botánicos (Campos Villanueva *et al.*, 1992). Esta falta de sistematización del conocimiento, entre otros factores, puede ser la causa de la carencia de áreas naturales protegidas en la región.

Aparentemente no existen estudios que examinen a los EVX como reservorios de especies, lo cual puede deberse a que las floras xerofíticas no están sujetas a las altas tasas de destrucción que tienen las selvas tropicales. Sin embargo, en México la flora xerofítica tiene gran importancia no sólo por su gran diversidad, sino también por el gran contenido de especies endémicas (Rzedoswki, 1991). De este estudio, se desprende que los enclaves tienen una flora bastante distinta a la de su entorno, y que comparten pocas especies con las selvas que la rodean. Esto les da un carácter especial y un papel importante en la contribución a la flora regional, no solo por incrementar la riqueza florística, sino por aumentarlos endemismos. Lo anterior ocurre porque los enclaves ser éstos presentan poblaciones saludables de especies endémicas y esta afirmación se aplican también para otras especies raras (Rabinowitz, 1981 j, por ejemplo; *Encyclia hamburii* (Orchidaceae) y *Eche vería acutifolia* (Crassulaceae) que se encontraron en los: sitios de estudio, siendo hasta ahora la localidades de más baja altitud registrados hasta ahora y para la primera especies también la localidad más sureña.

Los enclaves de vegetación xerofítica de Nizanda aparentemente no están muy amenazados por las actividades agropecuarias, debido ala limitante que la falta de una :cuelo bien desarrollado les impone. Sin embargo, se ha observado un impacto enorme causado por la explotación de la roca caliza para su uso en la elaboración de cemento. Esta es una industria muy importante en la región, y su actividad está totalmente

concentrada en los afloramiento de roca caliza. Cabe señalar que la planta de cementos Cruz Azul de Cd. Lagunas, Oaxaca, se encuentra solo a unos cuantos kilómetros del área de estudio. Es necesario señalar que las actividades forestales que se realizan en los EVX, no generan pérdida total de la cobertura vegetal; sin embargo, a extracción selectiva y sin control puede generar importante disminución en poblaciones.

Quisiéramos señalar que una de las actividades que más impacto tiene sobre la fauna local es la cacería, ya que ésta se lleva a cabo sin restricciones, y el daño que esta actividad tiene sobre las poblaciones de la iguana negra, armadillo, venado, coatis y otros animales de mediano tamaño es considerable. No obstante, se ha observado la existencia de monos araña en las selvas medianas ubicadas al norte de la región (en el Cerro Naranjo). Los monos arañas son muy escasos en las regiones tropicales de México lo cual es indicador del buen estado de conservación de la región de Nizanda.

Este trabajo se basó en el estudio de la vegetación en una falla kárstica, la cual es relativamente homogénea tanto en altitud, composición mineral da la roca, tipo de suelo, etc., además de que son sitios muy cercanos entre sí. La razón de ello fue para tener cierto control de las variables ambientales y con ello poder formular algunas hipótesis sobre las causas que determinan los patrones de la vegetación el la región. A pesar de esto, la biverdidad β fue elevada, sobre todo en el gradiente ambiental. Por lo tanto, es esperable que en la medida que se incorpore más heterogeneidad ambiental y se incluya evx más distantes la diversidad β sea mayor. Por lo anterior **NO** sería suficiente la propuesta de protección de solo una reserva en la zona, sería más adecuado generar un proyecto de protección ambiental el cual abarcara distintos sistemas en la región. Se recomienda también en pensar en alguna reserva de mediano tamaño para la protección de la fauna nativa. Una forma de conciliar intereses puede ayer la generación de empleos mediante el establecimiento de actividades más amigables con el ambiente, como el desarrollo de granjas con animales nativos, la generación de viveros de plantas de ornato y actividades ecoturísticas que aprovechen los afloramientos de aguas termales.

La región de Nizanda está formada por un paisaje extremadamente heterogéneo, donde es posible, a algunos metros de distancia, cambiar de un sistema de matorral xerófilo, ya sea a uno de selva baja caducifolia, de selva mediana subperennifolia, de selva baja espinosa, o hasta de sabanas naturales, y casi todos estos sitios presentan un buen nivel de conservación. Debido a las limitaciones de tiempo y financieras de este trabajo, muchos de estos sitios no han sido explorados por nosotros; no obstante, hemos notado la importancia que representan, por lo cual se sugiere incluir esta diversidad de hábitats en cualquier propuesta de conservación en la zona. Cabe recordar que sólo mediante la generación de inventarios biológicos confiables con ejemplares de respaldo (Ibarra-Manríquez, 1996), así como estudios detallados del arreglo espacial de la diversidad, se aportarán las bases para el diseño adecuado de estrategias de conservación en esta región.

Otro punto que se debe considerar es que además de que la región istmeña destaca por diversidad y su alto nivel de endemismo (Lorence y García-Mendoza, 1989), existen indicios de que esta región ha jugado un papel histórico importante como corredor biótico. Esto significa, que a través del istmo ha habido Flujo genético e intercambio de especies, proveniente de ambos lados de las vertientes oceánicas y

de América Central (Wendt, 1993). Los esfuerzos de conservación de los sistemas naturales en esta región, biológicamente relevante pero carente de áreas naturales protegidas, permitirán que ésta continúe desempeñando su importante función piogeográfica.

Todas las razones expuestas hacen que la región de Nizanda sea extremadamente adecuada para pensar en el establecimiento de una o de varias áreas protegidas, las cuales serían de las primeras zonas de protección ecológica en el Istmo de Tehuantepec.

ADQUISICIÓN DE EQUIPO

Una vez que los recursos asignados por la CONABIO estuvieron disponibles se procedió a la adquisición de diferentes tipos de insumos. En primer lugar se compró el equipo de cómputo, que consistió en una computadora notebook COMPAQ Costura Aero 486SX a 33 MHZ, monitor a color, 4 MB en RAM, con mouse integrado y batería recargable. El número de inventario de este equipo es UNAM 1405330. También se adquirió un geoposicionador Trimble Navigation modelo "Scout GPS", con número de inventario UNAM 1419012. Además se adquirió numeroso material menor para el trabajo de campo, el cual incluye tijeras para coleccionar, papelería, cintas para medir, cuerdas, etc.

RESTRICCIONES PARA EL USO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA DE ESTE PROYECTO

La información obtenida durante el desarrollo de este proyecto será utilizada por los participantes (para varios fines, entre los cuales se encuentran la realización de una tesis de maestría y la preparación de varias publicaciones. Por esta razón, solicitamos a la CONABIO que clasifique la información que estamos entregando ahora como de uso restringido, es decir, que no se haga de dominio público, durante un período de tres años (de acuerdo con los *"Lineamientos Indicativos Para Proyectos Relativos al Conocimiento de los Recursos Biológicos de México"* de la 2.ª convocatoria de 1994). En la base de datos esta restricción se especifica para cada registro en el campo correspondiente. En caso de que la conclusión y publicación de estos trabajos suceda previamente al cumplimiento de dicho período, la CONABIO será informada oportunamente.

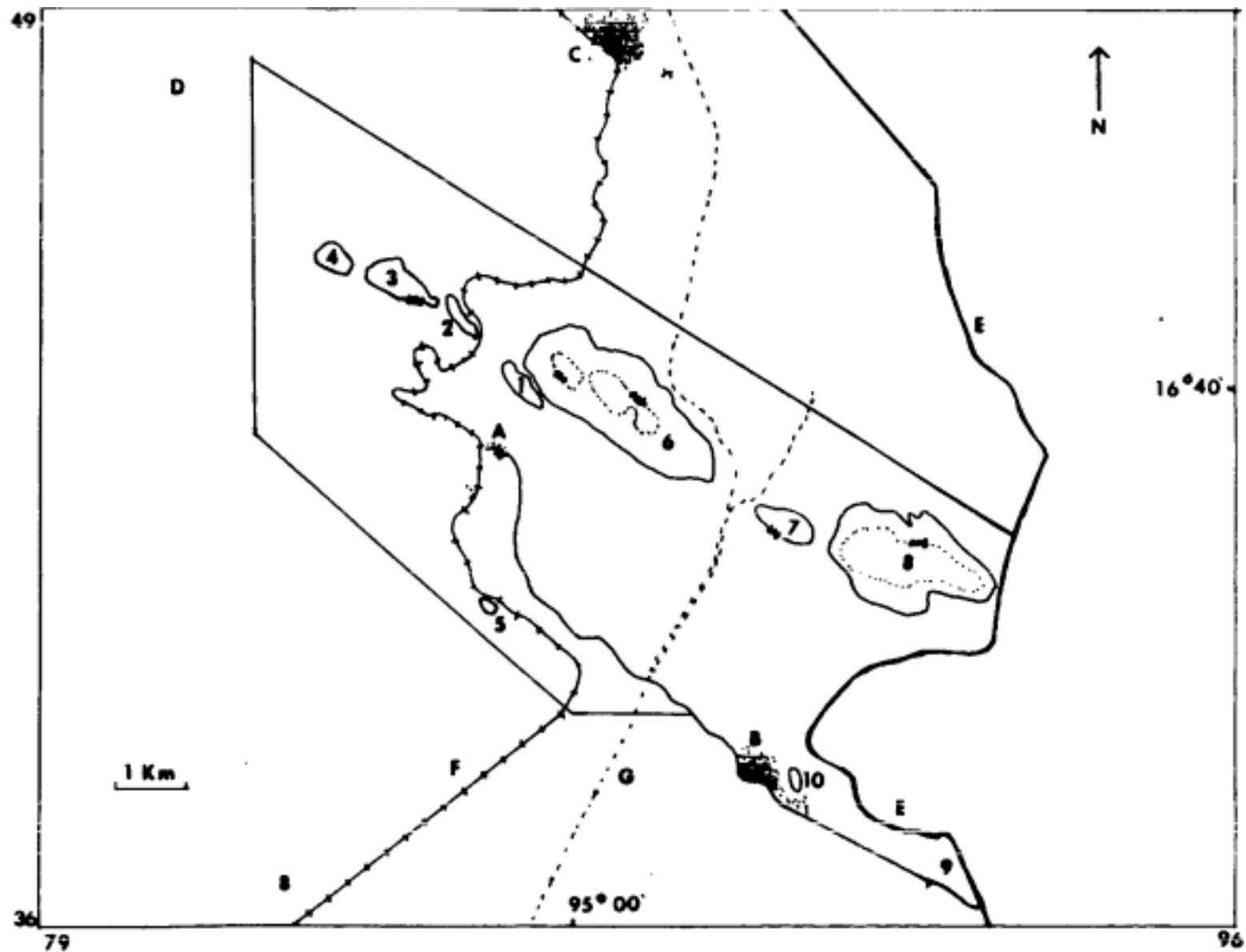


Fig. 1.- Límites del área de estudio y ubicación de los EVX en la región de Nizanda, Oaxaca. Los EVX están numerados del 1 al 10 conforme se señala en el texto. Nizanda (A), La Mata (B), Chívela (C), vía Tren Transistmico (F), Carretera Transistmica (E), oleoducto (G), Cerro Naranjo (D).

Tabla I.- Nomenclátor de los sitios de colecta que muestra la relación entre las localidades de colecta y las georreferencias que se ubican en los municipios de Asunción Ixtaltepec (Id 5) y Ciudad Ixtepec (id 14), del Distrito de Juchitán, Oaxaca.

Id. Nom. Loc.	Nombre	Id Sitio	Id Estado	Id. Mpo.	Latitud .			Longitud			Nombre Extenso
1	Localidad 1	2	20	5	16	39	53	95	0	26	Enclave I (Cercano al pueblo) 1.0 km en línea recta al NE (32°) de Nizanda, Mpio. de Asunción Ixtaltepec, Dto. de Juchitán, Oaxaca
2	Localidad 2	3	20	14	16	40	23	95	0	50	Enclave II (Pedrera vía del tren transístmico). A 1.75 km en línea (345°) de Nizanda, Mpio. de Cd. Ixtepec, Dto. de Juchitán, Oaxaca
3	Localidad 3	19	20	14	16	40	51	95	1	40	Enclave III (Cerro "La Pedrera"). A 3.250 km en línea recta al NO Nizanda, Mpio. de Cd. Ixtepec, Dto. de Juchitán, Oaxaca
5	Localidad 5	4	20	5	16	38	20	1	0	41	Enclave V (montículo aislado enfrente de las bombas de oleoducto). A km en línea recta al SO (184°) de Nizanda, Mpio. de Asunción Oaxaca
6	Localidad 6	5	20	5	16	38	21	94	56	38	Enclave VI (Cerro Verde). A 1.75 km en línea recta al NE de Nizanda, de Asunción Ixtaltepec, Dto. de Juchitán, Oaxaca
6	Localidad 6	18	20	5	16	39	14	94	59	7	Enclave VI (Cerro Verde). A 1.75 km en línea recta al NE de Nizanda, de Asunción ixtaltepec, Dto. de Juchitán, Oaxaca
8	Localidad 8	11	20	5	16	38	30	94	56	50	Enclave VIII (Cerro de Mazahua). A 6.5 km en línea recta al SE Nizanda, Mpio. de Asunción Ixtaltepec, Dto. de Juchitán, Oaxaca
8	Localidad 8	5	20	5	16	38	21	94	56	38	Enclave VIII (Cerro de Mazahua). A 6.5 km en línea recta al SE Nizanda, Mpio. de Asunción Ixtaltepec, Dto. de Juchitán, Oaxaca
8	Localidad 8	15	20	5	16	38	20	94	56	57	Enclave VIII (Cerro de Mazahua). A 6.5 km en línea recta al SE Nizanda, Mpio. de Asunción Ixtaltepec, Dto. de Juchitán, Oaxaca
10	Localidad 10	13	20	5	16	36	59	94	58	19	Enclave X (Montículo aislado) cercano a la Mata, Mpio. Asunción Dto. de Juchitán, Oaxaca
11	Localidad 11	6	20	14	16	41	53	95	2	23	A 5.1 km en línea renta al NO (326°) de Miranda, Mpio de Cd de Juchitán, Oaxaca (Faldas de! Cerro Naranja)
12	Localidad 12	7	20	5	16	38	43	95	0	53	A 1.4 km en línea recta al SO (192°) de Nizanda, Mpio. de Asunción Ixtaltepec, Dto. de Juchitán, Oaxaca. Planicie indundable
13	Localidad 13	14	20	5	16	40	2	95	0	35	Bosque ripario hacia el "Aqua Tibia". A 500 m en línea recta al N (0°) Nizanda, Mpio. de Asunción ixtaltepec. Dto. de Juchitán. Oaxaca

Tabla I (Continuación), - Nomenclator de los sitios de colecta que muestra la relación entre las localidades de colecta y las georreferencias que se ubican en los municipios de Asunción Ixtaltepec (Id 5) y Ciudad Ixtepec (Id 14), del Distrito de Juchitán, Oaxaca.

Id Nom. Loc.	Nombre	Id. Sitio	Id Estado	Id Mpio.	Latitud			Longitud			Nombre Extenso
14	Localidad 14	8	20	14	15	40	41	95	1	21	A 3.0 km en Línea recta al NO (345°) de Nizanda, Mpio. de Cu. Ixtepec, Dto.
											de Juchitán, Oaxaca. (Sabana)
15	ND	1	33	0	99	99	99	99	99	99	ND
									9		
16	Localidad 15	5	20	5	16	38	21	94	56	38	EVX Chiquito, Faldas del cerro La Pedrera de Mazahua. Mpio. de Ixtaltepec, Dto. de Juchitán, Oaxaca
17	Localidad 16	17	20	5	16	39	52	95	0	31	Camino hacia el EVX I. Cercano a Nizanda. Mpio. de Asunción Dto. de Juchitán, Oaxaca
18	Localidad 17	1	33	0	99	99	99	99	99	99	Cerro Guienqola. Dto. de Tehuantepec, Oaxaca
									9		
19	Localidad 18	23	20	14	16	40	31	95	1	58	Sito entre los EVX I, II y sabana (Calicophyllum). Selva sobre ríos intermitentes, a 1 km al N de Nizanda, Mpio de Asunción Ixtaltepec, Juchitán. Oaxaca.
20	Localidad 19	20	20	5	16	40	22	95	0	57	Camino largo al birmaniano. Selva riparia camino al cerro Naranio, a 3 ,NO de Nizanda, Mpio. de Asunción Ixtaltepec, Dto. de Juchitán,
21	Localidad 20	22	20	5	16	39	29	95	0	40	Camino a Gaña. Sobre el camino a "La Mata", 1 Km al SE de Nizanda. Asunción Ixtaltepec, Dto. de Juchitán, Oaxaca.
22	Localidad 21	21	20	5	16	39	35	95	0	2	Entre el "Cerro Verde" y sitio de los Melocactus. 2 Km al E de Nizanda, Mpio. Asunción Ixtaltepec, Dto. de Juchitán, Oaxaca.
29	Localidad 22	24	20	14	16	41	4	95	0	56	Sabana en las faldas del cerro Naranio. Cercano a la vía del tren Transístmico. Mpio. de Cd. Ixtepec. Cercano a Nizanda, Dto. de Oaxaca.
30	Localidad 23	27	20	14	16	40	0	95	1	17	.Planicies de Cultivo y vegetación secundaria en los alrededores de la tren Transístmico. Nizanda, Mpio. de Asunción Ixtaltepec, Dto. de Oaxaca
32	Localidad 24	26	20	5	16	37	59	95	0	20	Sabana a 3 Km al sur (163°) de Nizanda, Mpio. de Asunción de Juchitán, Oaxaca, cerca de la vía del tren Transístmico.

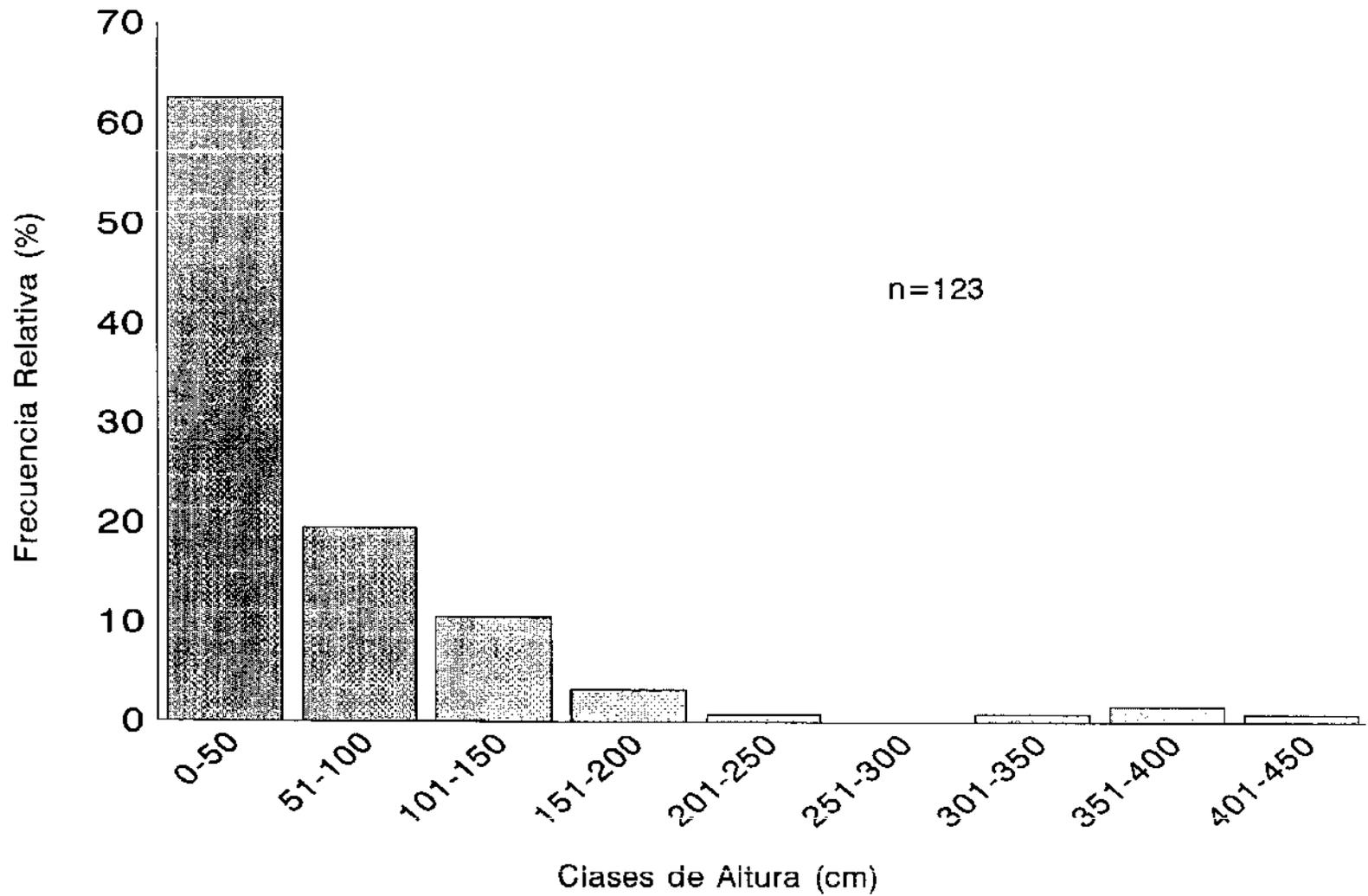


Fig.2 Estructura poblacional de *Cephalocereus nizardensis* en los enclaves de vegetación xerófitica de Nizanda, Oaxaca.

LITERATURA CITADA

- Alvarez, L.R. 1994. *Geografía General del Estado de Oaxaca*. 2º ed, Eds Carteles. Oaxaca.
- Anta, H. y L. León Paniagua. 1993. Diversidad de mamíferos terrestres. *Ciencias*, Número Especial 7:13-22.
- Arrhenius, O. 1921. Species and area. *Journal of Ecology*, 9: 95-99
- Brummitt, R.K. y C.E Powell (eds.). 1992. **Authors of Plants Names**. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Campos-Villanueva, A., L. Cortés, P. Dávila, A. García, J. Reyes, G Toriz, L. Tones y R. Torres. 1992. *Plantas y Flores de Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Coleman, B.D. 1981. On random placement and species-area relations. *Mathematical Bioscience*, 54: 191-215.
- Connor, E.F. y E.D. McCoy. 1979. The statistics and biology of the: species-area relationship. *The American Naturalist*,
- Cronquist, A. 1981. **An integrated system of classification of flowering of plants**. Columbia University Press. New York.
- García, E. 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación de Köppen*. 4º de, Offset Larios. México, D.F.
- Eden, M.J. 1974. Palaeoclimatic influences and the development of savanna in southern Venezuela. *Journal of Biogeography*, 1: 95-109.
- Ibarra-Manríquez, G. 1996. *Biogeografía de los Árboles Nativos de la Península de Yucatán: un Enfoque para Evaluar su Grado de Conservación*. Tesis (Doctorado en Ciencias). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Janzen, D.H. 1983. No park is an island: increase in interference from outside as park size decreases. *Oikos*, 41: 402-410.
- Kellman, M. 1984. Synergistic relationships between fire and low soil fertility in Neotropical savannas: a hypothesis. *Biotropica*, 16: 158-160.
- Kellman, M., R. Tackaberry y J. Meave. 1996. The consequences of prolonged fragmentation: Lessons from Tropical Gallery Forests. *Forest Patches in Tropical Landscapes* (eds. J. Schelhas y R. Greenberg), pp. 37-513. Island Press, Washington, D.C.
- Kelly, B.J., J. Bastow Wilson y A.F. Mark. 1989. Causes of the species-area relation: a study of islands in lake Manapouri, New Zealand. *Journal of Ecology*, 77: 1021-1028.0
- Loman J. y T. vos Schantz. 1991. Birds in a farmland - More species in small than in large habitat islands. *Conservation Biology*, 5: 176-188.
- Lorence, D.H. y A. García-Mendoza, 1989. Oaxaca, México. *Floristic Inventory of Tropical Countries: The Status of Plant Systematics, Collections, and Vegetation, Plus Recommendation for the Future*. (eds. D.G. Campbell y H.). Hammond). pp. 253-269. New York Botanical Garden. New York. MacArthur, R.H. y E.O. Wilson. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
- Macedo, M. y G.T. Prance. 1978. Notes on the vegetation of amazonia II. The dispersal of plants in amazonian white sand campinas: The camping as

- functional islands. *Brittonia*, 30: 203-215.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press, Princeton.
- Meave J. A. 1991. Maintenance of Tropical Rain Forest Plant Diversity in Riparian Forests; of Tropical Savannas. Tesis Doctoral, Universidad York, Toronto.
- Vlittermeier, R.A. y C. Goettsch de Mittermeier. 1992. La importancia biológica de México. *México ante los Retos de la Biodiversidad* (eds. J. Sarukhán y R. Dirzo). pp. 63-73. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley & Sons, Nueva York.
- Quinn, J.F. y S.P. Harrison. 1988. Effects of habitat fragmentation and isolation on species richness: evidence from biogeographic patterns. *Oecologia*, 75: 132-140.
- Quinn, J.F. y G.R. Robinson. 1987. The effects of experimental subdivision on flowering plant diversity in a California annual grassland. *Journal of Ecology*, 75: 837-856.
- Rabinowitz, E. 1981. Seven forms of rarity. *The Biological Aspects of Rare Plant Conservation*. (ed. H. Synge). pp. 205-217. John Wiley & Sons, Chichester.
- Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel, (Distrito Federal), México.
- Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas I.P.N., 8: 59-129.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. México, D.F. 432 pp.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana* 14:3-21
- Soto-Arenas, M.A. 1993. *Barkeria melanocaulon y Barkeria wartoniana*. *Orquídea Méx.*, 13: 233-244.
- Steyermark, J.A. 1986. Speciation and endemism in the flora of the Venezuelan tepuis. *High Altitude Tropical Biogeography*. (eds. F. Vuilleumier y M. Monasterio), pp. 317-344. Oxford University Press, Oxford.
- Torres-Colín, R.M. 1989. *Estudio Florístico y Descripción de la Vegetación del Cerro Guiengola, en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca*. Tesis de Licenciatura (Biología), ENEP-Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Edo. de México.
- Went, T. 1993. Composition, floristic affinities, and origins of the canopy tree flora of the Mexican Atlantic slope rain forests. *Biological Diversity of México: Origins and Distribution* (eds. T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, J. Fa) pp. 595-680. Oxford University Press, New York.
- Whitmore, T.C. 1991. *An Introduction to Tropical Rain Forests*. Clarendon Press, Oxford.
- Williams, C.B. 1943. Area and number of species. *Nature*, 152: 264-267.
- Zizumbo-Villarreal, D. y P. Colunga García-Marín. 1980. La utilización de los recursos naturales entre los huaves de San Mateo del Mar, Oaxaca. *Tesis de Licenciatura (Biología)*, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F..