

PEREZ ARBELAEZIA

Nº 14 - FEBRERO 2003

ISSN 0120-7717



Llerasia Lindenii Triana

Jardín Botánico José Celestino Mutis
Bogotá D.C., Colombia





ENRIQUE PÉREZ ARBELÁEZ

1896 – 1972

Fundador del Jardín Botánico José Celestino Mutis

Publicación del Jardín Botánico José Celestino Mutis, dedicada a la memoria de su fundador, el doctor Enrique Pérez Arbeláez, quien consagró su vida a institucionalizar la tradición científica de Colombia y a fomentar la investigación, divulgación y defensa de nuestros recursos naturales.



Mutisia clematis L.

Planta ornamental nativa tomada como emblema del Jardín Botánico. Debe su nombre a la exaltación que el ilustre botánico Linneo quiso hacer en homenaje a José Celestino Mutis, designado con el nombre de Mutisia.

Es una planta trepadora con zarcillos, hojas tomentosas en tonalidades verde grisáceo y flores pendulares, que con su color rojo vivo atraen insectos y colibries.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Alcalde Mayor

Antanas Mockus Sívickas

**JARDÍN BOTÁNICO
"JOSÉ CELESTINO MUTIS"**

Junta Directiva

Julia Miranda Londoño
Luz Stella Vargas Hernández
Alberto Gómez Mejía
Germán Andrade Pérez
Mónica Gómez de Espinosa
Marco Palacios Rozo

Director

Enrique Uribe Botero

Secretaria General

Catalina Nagy Patiño

Jefe de Planeación

Jaime Rudas Ll.

Subdirección Educativa y Cultural

María Margarita Gaitán Uribe

Subdirección Científica

María Elvira Madriñán Saa

Subdirección Técnica Operativa

Francisco Sánchez Hurtado

PEREZ ARBELAEZIA

Número 14 - Febrero de 2003

Publicación anual

PEREZ - ARBELAEZIA es la publicación científica y tecnológica
del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.

PEREZ - ARBELAEZIA publica artículos, originales e inéditos, que cubran temas de investigación en ciencias puras o aplicadas sobre botánica, ecología, conservación, ciencias biológicas, recursos naturales renovables y medio ambiente, al igual que ensayos, revisiones, conferencias y reuniones que contribuyan a la profundización del conocimiento y constituyan aportes significativos al objeto de su temática.

Comité Editorial

Francisco Sánchez Hurtado
Gustavo Morales Liscano

Editor

César Escallón Estupiñán

Comité Científico

César Barbosa Castillo	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – Ideam
José Luis Fernández Alonso	Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia
Jesús Orlando Vargas Ríos	Departamento de Biología Universidad Nacional de Colombia
Fabio González Garavito	Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia
Rocío del Pilar Cortés Ballén	Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Santiago Madriñán Restrepo	Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad de los Andes

Ilustración Carátula

Llerasia Lindenii Triana

La especie, representada en arbolitos de hasta 6 metros, habita en los cerros que se extienden alrededor de la Sabana de Bogotá. Su rango de distribución altitudinal la sitúa entre los 2.600 y los 3.500 metros.

PEREZ - ARBELAEZIA

Publicación anual

© 2003 - Jardín Botánico José Celestino Mutis

ISSN 0120-7717

*La reproducción total o parcial de un artículo debe citar la fuente.
Corresponde a los autores la total responsabilidad de las ideas,
textos y conceptos emitidos en sus respectivos artículos.*

Canje

Óscar Ovalle Navarro

Biblioteca Enrique Pérez Arbeláez

Diseño y diagramación

Sanmartín Obregón & Cía. Ltda.

Impresión

Sanmartín Obregón & Cía. Ltda.

Ilustración carátula

Ulexia Lindenii Triana

FLORA DE LA REAL EXPEDICIÓN BOTÁNICA

DEL NUEVO REINO DE GRANADA (1783-1816)

Tomo XLVII, Compuestas, Tribu Astereas, LÁMINA LI

1989, Ediciones de Cultura Hispánica, Madrid.

Cortésia del Instituto Colombiano de Antropología e Historia ICAN

Jardín Botánico José Celestino Mutis

Av. (Cll.) 57 No. 61-13 • Tel.: 437 7060 • Fax: 630 5075

bogotanic@jbb.gov.co • www:jbb.gov.co

CONTENIDO

Presentación	7
Cambio en la cobertura vegetal del bosque húmedo tropical, Parque Natural Nacional Tinigua, Colombia	
Juan Pablo Giraldo Gómez	9
Composición, heterogeneidad espacial y conectividad de paisajes de las áreas rurales del Distrito Capital de Bogotá, Colombia	
Gabriel Eduardo Páramo Rocha	25
Estudios preliminares sobre el efecto de las poliaminas putrescina y espermidina en la micropropagación de <i>Stanbopea wardii</i> Lodd ex Lind (Orchidaceae)	
Claudia Patricia González Rojas y Germán Pachón Ovalle	73
Ecología del paisaje y dinámica de la vegetación en el sector medio del páramo de Sumapaz – Localidad 20 del Distrito Capital, corregimientos de Nazareth y Betania	
Leyla M. Montenegro-Calderón, Gabriel Martínez, Óscar Rivero y Sandra Zapata	93
Ecología de las especies invasoras	
Héctor Felipe Ríos y Orlando Vargas	119
El pastoreo de ganado y su impacto en los ecosistemas naturales: el caso de los páramos andinos	
Orlando Vargas Ríos, Julia Premauer, Marcela Zalamea y Camilo Cárdenas	149

PRESENTACIÓN

Constituye motivo de gran satisfacción para la Dirección del Jardín Botánico presentar esta corta nota con ocasión de la entrega número 14 de la revista *Perez - Arbelaezia*. En esta edición la revista presenta, en seis artículos, los resultados de investigaciones dirigidas a cubrir aspectos relacionados con el conocimiento y afectación de los componentes de nuestra biodiversidad. Tres de los trabajos de investigación han sido adelantados en la región de la Sabana de Bogotá, sobre las montañas que la rodean: el artículo presentado por el biólogo Gabriel Eduardo Páramo Rocha, sobre las relaciones del paisaje en las áreas rurales del Distrito Capital; el artículo encabezado por el profesor Orlando Vargas Ríos, cubriendo aspectos de los disturbios ocasionados por pastoreo en los páramos andinos, y el de la profesora Leyla Montenegro, en el tema de la ecología del paisaje, constituyen no sólo la expresión del apoyo efectivo de las directivas del Jardín Botánico para el desarrollo de la investigación sino que también traducen el esfuerzo de los investigadores por avanzar en el conocimiento botánico, ecológico y ambiental de una de las secciones del sistema regional andino de mayores condiciones adversas para los paisajes originales en sus suelos, cerros, quebradas, ríos y humedales. Un tema muy amplio y por lo mismo complejo, como lo es el de las especies invasoras, es desarrollado con claridad por el biólogo Hector Felipe Ríos. El tema de la protección de la naturaleza en parques nacionales es abordado por el biólogo Juan Pablo Giraldo Gómez, quien con el apoyo de la Universidad de los Andes de Bogotá y del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ideam, logra presentar un análisis en los cambios de cobertura vegetal en el Parque Natural Nacional Tinigua. Los temas de laboratorio también hacen parte de este número de la revista: los biólogos Claudia Patricia González Rojas y Germán Pachón Ovalle, presentan su trabajo sobre el efecto de las poliaminas en la micropropagación de la especie *Sthanopea wardii*, una orquídea que hoy enfrenta la amenaza de extinción.

El nivel técnico y el rigor científico de los aportes presentados en este número de la revista *Perez - Arbelaezia* hacen factible su aplicación en la restauración y habilitación ecológica de áreas de la Sabana de Bogotá y sus cerros, en el rescate de las especies y en el desarrollo de prácticas conservacionistas. El proyecto editorial de la revista *Perez - Arbelaezia* nos permite testimoniar la forma en que la gestión para la investigación, la conservación y la comunicación oportuna del conocimiento generado van de la mano en el Jardín Botánico, en ese orden de ideas nos permite mostrar como se perfilan los logros de las políticas distritales y nacionales para la conservación de la flora silvestre y

sistemas ecológicos de la Región Andina de Colombia, para el mejoramiento de las condiciones medioambientales del país, la ciudad y su área de influencia.

A partir del presente número la revista contará con el apoyo de un Comité Científico integrado por los profesores Fabio González Garavito y José Luis Fernández Alonso, del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia; Orlando Vargas Ríos del Departamento de Biología de la misma Universidad; Rocío del Pilar Cortés Ballén, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas; César Eduardo Barbosa Castillo, del Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, Ideam, y Santiago Madriñán Restrepo de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad de los Andes. La revista *Perez - Arbelaez* se honra con la nómina que integra este Comité Científico a cuyos miembros presenta un saludo especial.

Expresamos nuestro agradecimiento a quienes han contribuido a mejorar y a darle continuidad a este proyecto editorial que mantiene con su nombre el más vivo homenaje a la memoria del fundador de la institución.

Enrique Uribe Botero
Director Jardín Botánico

Cambio en la cobertura vegetal del bosque húmedo tropical, Parque Natural Nacional Tinigua, Colombia

Por

JUAN PABLO GIRALDO GÓMEZ*

Resumen

El presente estudio fue realizado con el apoyo del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ideam, y hace parte del trabajo presentado por el autor para optar al título de biólogo en la Universidad de los Andes de Bogotá, Colombia. El Parque Nacional Natural Tinigua se encuentra en jurisdicción del departamento del Meta, al occidente de la Serranía de la Macarena, en la planicie aluvial situada entre los ríos Guayabero y Duda. Los bosques húmedos tropicales que presenta han sido afectados por la deforestación iniciada desde comienzos de la década del 80 y, de continuar esta situación, podrían desaparecer en menos de 50 años. El análisis del cambio en la cobertura vegetal, entre los años 1975 y 2000, se realiza mediante un modelo matemático que muestra la tendencia de la deforestación en este lapso de tiempo. A partir de imágenes de satélite, de los años 1975, 1985, 1995 y 2000, se elaboraron mapas de cobertura vegetal del área de estudio; estas imágenes fueron manejadas y analizadas mediante el programa Erdas imagine 8.4. Los resultados permiten concluir que es necesario implementar urgentemente un modelo de desarrollo sostenible, que incluya la organización y participación de los colonos en la conservación de los bosques húmedos tropicales del área estudiada, y así garantizar su permanencia, los beneficios que de ellos se derivan y la preservación de sus especies.

Palabras clave

Bosque húmedo tropical, Parque Nacional Natural Tinigua, cobertura vegetal, tasa de deforestación, conservación.

* Departamento de Biología, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia / jpablogiraldog@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Aunque los bosques húmedos tropicales cubren solamente el 6% de la superficie del planeta se estima que ellos albergan entre 5 y 8 millones de especies, las cuales representan entre la mitad y dos tercios del número total estimado. Se calcula que anualmente son deforestadas 15 millones de hectáreas de tales bosques; de mantenerse este ritmo, en el transcurso del presente siglo desaparecerán la mayoría de ellos y los millones de especies que los habitan (Wilson, 1988). Los bajos niveles de fertilidad de sus suelos sólo permiten unas pocas prácticas agrícolas y ganaderas por cortos períodos de tiempo y bajo condiciones muy limitadas. Luego de tales prácticas, la capacidad del suelo para regenerar el bosque mediante el proceso de sucesión secundaria se reduce considerablemente debido al empobrecimiento que sufre en nutrientes y materia orgánica, y puede suceder que en algunos casos, su regeneración llegue a tardar hasta 70 años.

En Colombia las condiciones ambientales de los bosques húmedos tropicales constituyen, en alguna medida, una barrera para restringir el avance de los procesos de deforestación (Navas, 1980). Además de la baja fertilidad y potencial del suelo para la agricultura, entre estas condiciones se encuentran las precipitaciones altas que presentan obstáculos al crecimiento de algunos cultivos, a la fertilización y preparación de la tierra; temperaturas elevadas que aceleran la descomposición y favorecen la aparición de enfermedades de plantas y animales; topografía ondulada que hace difícil el uso de maquinaria; y condiciones climáticas que favorecen el desarrollo de algunas enfermedades humanas. No obstante, en los últimos años, la deforestación se ha incrementado en los bosques húmedos tropicales de la Amazonia.

El Parque Nacional Natural Tinigua constituye uno de los escenarios de deforestación de los bosques húmedos tropicales. Este parque fue creado en 1995, en una zona considerada como corredor biológico entre la Serranía de la Macarena y el bosque andino de la cordillera Oriental. Según el Decreto 2811 de 1974, Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección del Ambiente, cuya vigencia es mantenida en lo referente al Sistema de Parques Naturales, en esta área protegida se permiten actividades de conservación, recuperación, control, investigación, educación, recreación y cultura. No obstante, de tiempo atrás, el área se encuentra altamente amenazada por actividades antrópicas. En el año de su creación, por ejemplo, se realizaban actividades agrícolas y ganaderas que amenazaban con expandirse sin control (Patiño, 1997). Estas actividades provenían de frentes de colonización ubicados alrededor del Parque (Ideam, 1998).

El presente trabajo ha tenido como propósito fundamental estudiar los procesos de deforestación que han ocurrido en el Parque Nacional Natural Tinigua y sus efectos en la flora y la fauna y, a partir del análisis de los resultados obtenidos, proponer alternativas de manejo más adecuadas para su conservación.

GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Natural Tinigua ocupa un área de 224.600 ha. Está ubicado en el departamento del Meta, Colombia, entre los $2^{\circ} 11'$ y $2^{\circ} 48'$ de latitud norte y $73^{\circ} 53'$ y $74^{\circ} 24'$ de longitud oeste (Figura 1). Es una zona de bosque húmedo tropical identificada como corredor biológico entre los ecosistemas de bosque andino y bosque húmedo tropical de la selva amazónica. Hacia el sur, limita con el río Losada que lo separa de la región amazónica, hacia el oriente, limita con el río Duda y parte del Guayabero, los cuales lo separan de la Serranía de la Macarena, hacia el occidente, limita con parte del río Guayabero que lo separa de la cordillera oriental y el Parque Nacional Natural Picachos.

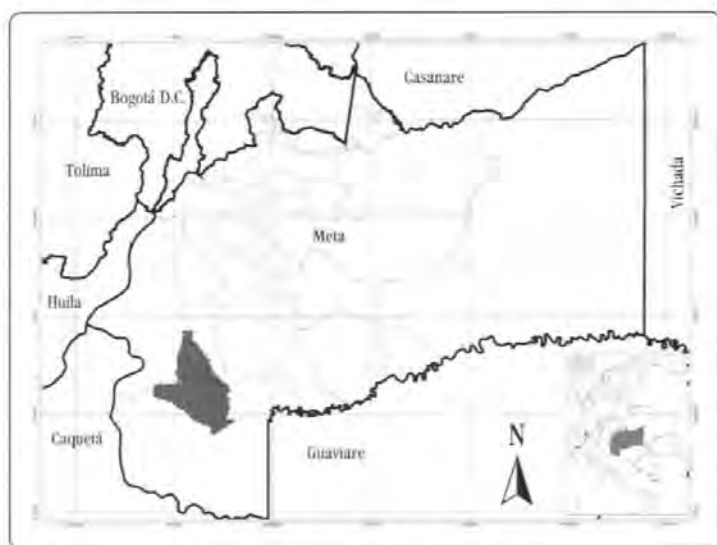


Figura 1. Ubicación del Parque Nacional Natural Tinigua (área sombreada). Fuente: Ideam, 2003.

Según Inderena (1990), la topografía del área varía de suavemente ondulada a ligeramente quebrada, con alturas que oscilan entre los 200 y 500 m.s.n.m. Su aspecto es el de una planicie disectada, constituida en general por terrazas del Terciario y depósitos del Cuaternario, en las márgenes de los ríos Guayabero y Losada. Predominan los suelos de los planos aluviales en especial los bien drenados, algunas veces inundables, desde poco a moderadamente evolucionados y que se encuentran en terrazas, vegas y otras formas aluviales. Los suelos de las terrazas antiguas, distantes de las áreas de desbordes, incluidas las colinas con relieve quebrado, son muy ácidos, pobres en bases y altamente tóxicos, por la presencia de aluminio de cambio, con bajos niveles de nitrógeno y de fósforo disponible para las plantas. La precipitación media anual se encuentra un poco superior a los 2.500 m.m., la humedad relativa oscila entre el 80 y 90% y la temperatura media se encuentra alrededor de los 25°C .

En el área de estudio sólo se han realizado investigaciones de caracterización de la vegetación para 6 km² de terreno, en el Centro de Investigaciones Ecológicas La Macarena. No obstante, en un espacio tan relativamente reducido, se encontraron 100 familias, 275 géneros y cerca de 500 especies de plantas (Barbosa, 1992). Entre las familias registradas hasta ahora, se destacan las siguientes: *Acanthaceae*, *Ammonaceae*, *Apocynaceae*, *Asteraceae*, *Bignoniaceae*, *Burseraceae*, *Capparidaceae*, *Cruciferae*, *Chusqueaceae*, *Cucurbitaceae*, *Euphorbiaceae*, *Lauraceae*, *Lecythidaceae*, *Leguminosae*, *Malpighiaceae*, *Melastomataceae*, *Meliaceae*, *Moraceae*, *Myrtaceae*, *Onagraceae*, *Phytolaccaceae*, *Polygonaceae*, *Rubiaceae*, *Sapindaceae*, *Sapotaceae*, *Scrophulariaceae*, *Solanaceae*, *Tiliaceae*, *Verbenaceae*, *Violaceae*, *Araceae*, *Arecaceae*, *Bromeliaceae*, *Cyperaceae*, *Marantaceae*, *Musaceae*, *Poaceae*, *Zingiberaceae*, *Cyatheaceae*, *Dryopteridaceae*, *Polypodiaceae*, *Pteridaceae*.

METODOLOGÍA

Materiales y métodos

Se generaron mapas de cobertura vegetal del área de estudio a partir de imágenes de satélite Landsat TM aportadas por el Ideam. Estas imágenes tienen las referencias 7-58, 8-58 y 8-59 de los años 1975, 1985 y 1995, y 7-58 del año 2000. Cada imagen cubre un área de 180 Km² y tiene una resolución espacial aproximada 0,09 ha. El sensor del satélite Landsat registra 7 bandas del espectro electromagnético que van desde el azul-verde 0,45-0,52 mm hasta el infrarrojo medio 2,08-2,35 mm. Cada banda está asociada a radiación de interés científico, es así como en este estudio se utilizaron las bandas 3, 4 y 5 las cuales están asociadas a la vegetación.

Para manejar, identificar y analizar la información contenida en las imágenes de satélite se utilizó el sistema de información geográfica Erdas imagine 8.4 y una estación *Silicon graphics* como soporte físico de este software. Las imágenes fueron analizadas a escala 1:50.000, en combinación de las siguientes bandas: azul en la 3, verde en la 4 y rojo en la 5.

Se hicieron clasificaciones supervisadas de las imágenes de satélite utilizando las respuestas espectrales asociadas a la vegetación. Una respuesta espectral está formada por la intensidad reflejada en diferentes longitudes de onda de un área determinada; este valor es conocido como reflectancia. En diferentes áreas se comparó la reflectancia de la banda 4, que es la banda asociada con la cantidad de clorofila y, por ende, está correlacionada con la cantidad de vegetación. Las bandas 3 y 5 varían menos en áreas con diferente vegetación, no obstante también se tuvieron en cuenta en la clasificación supervisada.

Las imágenes de satélite permiten clasificar las coberturas vegetales de acuerdo con el criterio de cantidad de vegetación; sin embargo, a través de ellas no es posible determinar el tipo de vegetación. Para el efecto se utilizaron fotografías aéreas a escala 1:25.000, tomadas en el año de 1995 por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Igac. Estas fotografías

fueron observadas al estereoscopio y mediante comparación con la imagen de satélite, se logró asociar para cada respuesta espectral un tipo de vegetación.

Mediante la clasificación supervisada de las imágenes de satélite se generaron mapas de cobertura vegetal del área de estudio que permitieron medir las regiones deforestadas, determinar las zonas más afectadas del parque y sus tendencias generales en el espacio. Con los datos de la zona deforestada para cada década se calcularon los porcentajes deforestados. Debido a algunos vacíos de información satelital, para los años 1985 y 2000, fue necesario realizar estimativos del porcentaje deforestado. Con la información disponible se estimó una tasa de cambio del porcentaje de área deforestada para los periodos 1985-1995 y 1995-2000 y se consideró esta tasa de cambio para el total del Parque.

Se graficaron los porcentajes de área forestada contra el tiempo para los años 1975, 1985, 1995 y 2000 haciendo regresiones lineales, exponenciales y polinomiales, de las cuales se escogió el modelo que presentó el mayor coeficiente de determinación.

Se calcularon las tasas de deforestación anual promedio para los periodos comprendidos entre 1975-1985, 1985-1995 y 1995-2000 a partir del modelo:

$$r = [1 - \{1 - [(A1 - A2)/A1]\}^{1/t}] * 100$$

donde r es la tasa de deforestación anual promedio, $A1$ es el área de bosque en el comienzo del periodo, $A2$ es el área de bosque al final del periodo y t es el número de años transcurridos en el periodo correspondiente (Dirzo y García, 1990). Para cada periodo la tasa de deforestación es expresada como porcentaje de bosque deforestado anualmente.

RESULTADOS

Se encontraron 4 tipos de cobertura: bosque húmedo tropical primario, áreas de cultivos-pastos, zonas de vegetación en sucesión y superficies de suelo desnudo (Figura 2). Las áreas de bosque y vegetación en sucesión conforman el grupo que presenta un patrón de respuesta espectral con 2 picos; otro grupo lo conforman las áreas de suelo desnudo y cultivos-pastos, el cual presenta un patrón diferente, con respuesta espectral de 1 pico.

Mediante fotografías aéreas se estableció que en las áreas en sucesión la vegetación está conformada principalmente por plantas arbustivas y herbáceas. En las zonas de suelo desnudo contrasta la presencia de algunos árboles dispersos con el suelo expuesto.

En 1975 el Parque estaba cubierto en su totalidad por vegetación de bosque húmedo tropical (Figura 3). En el año 1985 aparecen las primeras intervenciones en el norte, centro y sur del

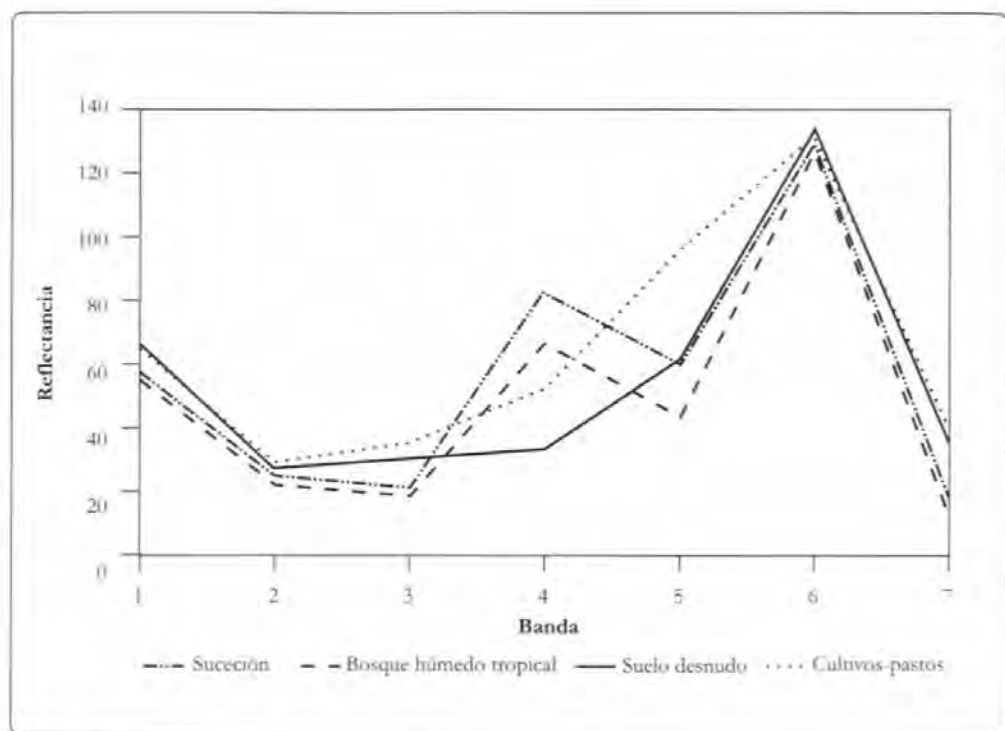


Figura 2. Respuestas espectrales de las coberturas vegetales de bosque húmedo tropical, áreas en sucesión, cultivos-pastos y suelo desnudo. En el eje X se encuentran representadas las 7 bandas del espectro electromagnético registradas por el satélite Landsat TM y en el eje Y se observan sus respectivas reflectancias.

parque, en total se estima que el porcentaje deforestado en este año alcanzaba un valor de 0,46%. Hacia 1995 se observaba claramente el avance acelerado de la deforestación, su área era del 2,18%. Es notable el incremento de esta actividad alrededor de las zonas que ya habían sido colonizadas en la década del 80. Además, aparecen dos zonas de colonización más que se encuentran al occidente del Parque y en el centro de la zona comprendida entre el río Guayabero y el río Losada. Para el 2000 se observó un aumento en la deforestación, se estima que en este año era 6,85% del Parque. En el límite sur del Parque no sólo hacen presencia nuevas áreas deforestadas, sino que algunas de las que ya existían se ampliaron considerablemente.

El modelo que más se ajusta al cambio del porcentaje de área deforestada a lo largo del tiempo es un modelo polinomial (Figura 4). Este modelo presenta un coeficiente de determinación igual a 0,9466. Su proyección indica que, de mantenerse la situación, el 50% del Parque estaría deforestado para el año 2035 y quedaría sin vegetación natural para el 2055. Los modelos lineal y exponencial presentan coeficientes de determinación de 0,7321 y 0,726, respectivamente.

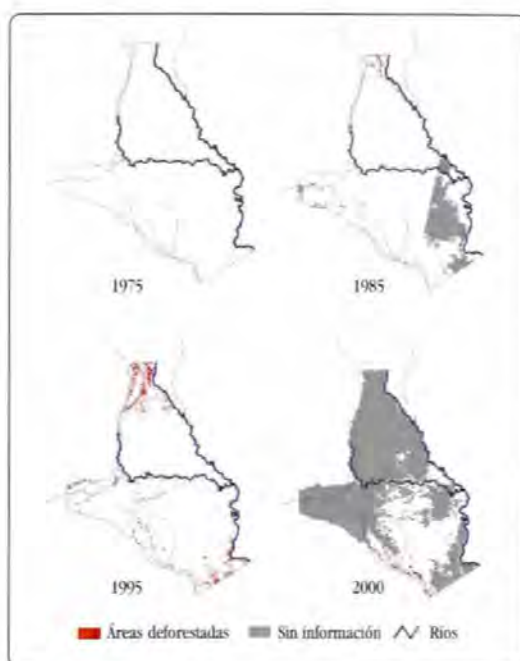


Figura 3. Cambio en la cobertura vegetal a lo largo del período 1975-2000.

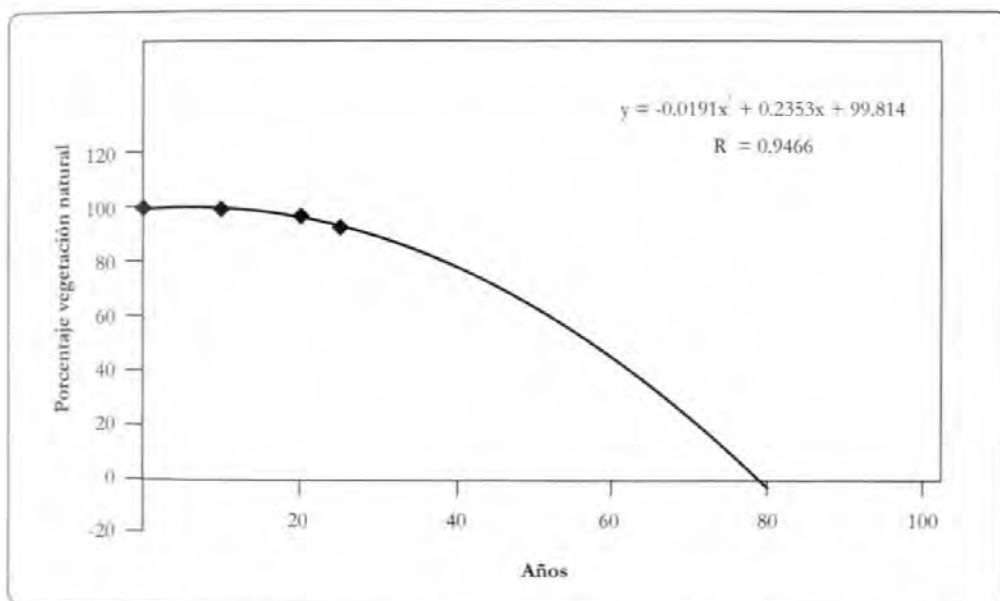


Figura 4. Modelo polinomial de deforestación a través del tiempo en el Parque Nacional Natural Tinigua. En el eje Y se muestra el porcentaje con vegetación natural del área de estudio y en el eje X, los años transcurridos a partir de 1975.

Por otro lado, en el período 1975-2000, el porcentaje de área con vegetación en sucesión muestra la tendencia a disminuir, mientras que los porcentajes de áreas de cultivos-pastos y suelo desnudo aumentan (Figura 5). En 1985 ⁽¹⁾, de las 979 ha deforestadas, 145 (14.81%) correspondían a suelo desnudo, 232 (23.7%) a cultivos-pastos y 602 a áreas en sucesión (61.49%). En 1995 las áreas de suelo desnudo llegaron a 1.636 ha (33.32 %), cultivos-pastos a 1.472 (29.98) y sucesión a 1.802 (36.7%). En el 2000 ⁽²⁾, sólo el 14,7% del área deforestada estaba formada por vegetación en sucesión, mientras que la de cultivos-pastos ocupaba el 52,58% y las de suelo desnudo el 32.72%.

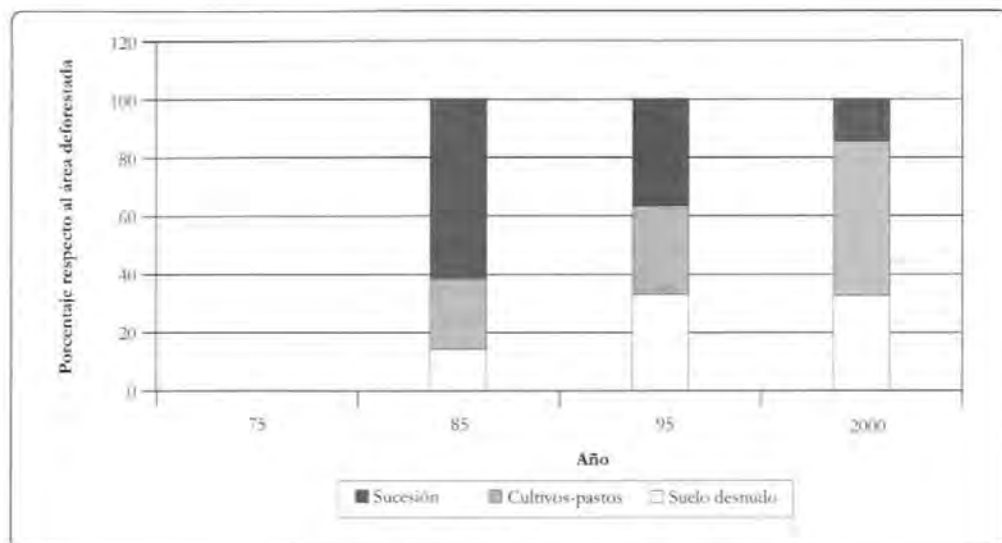


Figura 5. Cambio de las áreas en sucesión, cultivos-pastos y suelo desnudo entre el período 1975-2000.

Los resultados son claros con respecto a que las tasas de deforestación anual promedio han aumentando rápidamente: la tasa promedio anual pasó de 0.05%, en el período 1975-1985 a 0.18%, entre 1985-1995, y alcanzó un valor de 0.43%, en el período 1995-2000.

Cinco zonas del Parque (Figura 6) están considerablemente afectadas por la deforestación: La zona norte y la zona sur, ambas rodeadas por agroecosistemas, la zona centro, atravesada por el río Guayabero, y las zonas centro-sur y occidente, cruzadas por ríos secundarios.

En 1985 las zonas norte y sur presentaron los porcentajes de deforestación más altos, 2,59% y 1,58% respectivamente; mientras que la zona occidental se encontraba más o menos intacta

1 Área sin información 25322 ha (11.18%).

2 Área sin información 144577 ha (63.85%).



Figura 6. Zonas más afectadas por la deforestación

(Figura 7). En el año 1995 las zonas norte y sur presentaron de nuevo los porcentajes de deforestación más altos, 11,07% y 10,01% en su orden. En las demás zonas se observó también un aumento del porcentaje deforestado, en especial en la zona occidental donde pasó de 0% a 4,38%. En el año 2000, a partir de la información disponible, se estimó que los porcentajes deforestados aumentaron considerablemente en todas las zonas. En particular las zonas norte y sur, como en las décadas anteriores, mantuvieron los mayores porcentajes de deforestación, 34,66% y 31,34% cada una.

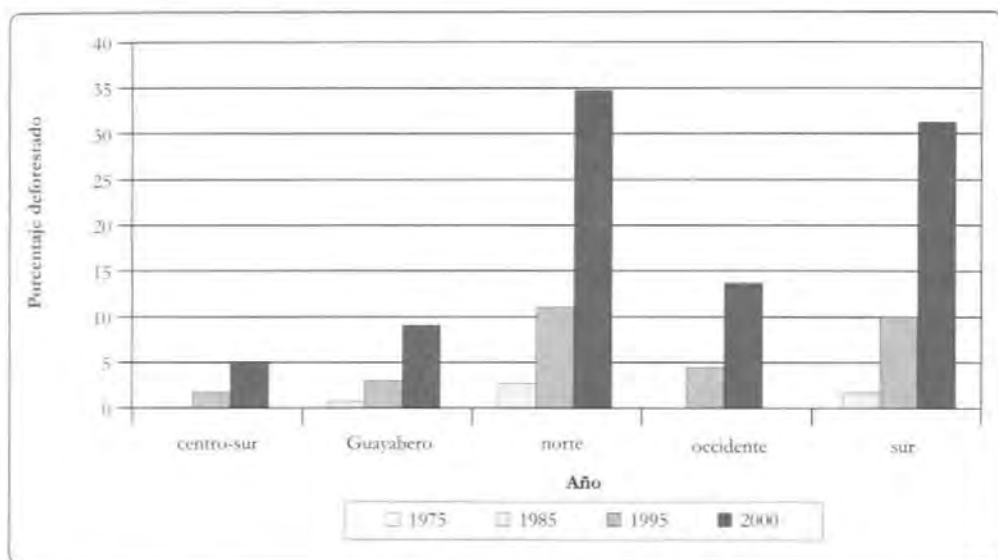


Figura 7. Cambio del porcentaje deforestado entre 1975-2000 en las zonas más afectadas por la deforestación.

DISCUSIÓN

Debido al nivel de resolución de las imágenes de satélite la deforestación en el Parque Nacional Natural Tinigua sólo ha sido detectable hasta el año 1985. Sin embargo, se sabe que la intervención del hombre en el Parque ocurrió mucho antes, en la época cuando habitaban indígenas de la cultura Tinigua. En 1922 estos indígenas obtenían su alimento de cultivos de yuca, cacao, maíz, plátano, chontaduro, piña y cazaban puercos de monte y otros animales (Franco, 1989), también utilizaban el cumare y las hojas de moriche para hacer chinchortos y mochilas. Actualmente no hay indígenas en el área, desde el año 1972 no se tienen noticias de su presencia en el área del Parque.

En el año 1985 se detectaron las primeras áreas deforestadas en puntos diferentes del Parque. La zona norte era la más afectada debido a la presencia de un frente de colonización que se extendía hacia el interior. La zona centro fue colonizada gracias a la facilidad de acceso que ofrece el río Guayabero. En la zona sur la colonización era baja. Para el año 1995 se notó un aumento en la deforestación en las zonas indicadas y surgieron nuevas zonas de intervención. En las zonas norte y sur además de que aumentó el área deforestada avanzó la frontera de colonización hacia el interior del Parque. Particularmente en la zona norte la construcción de una carretera incrementó la colonización a su alrededor. Además surgieron dos zonas de deforestación nuevas asociadas a ríos secundarios que se encuentran ubicados hacia el occidente y en el centro de la zona comprendida entre el río Guayabero y el Losada.

Para el año 2000 la tendencia prevista era que en las partes oriental y sur la deforestación se incrementara considerablemente. El paso del porcentaje deforestado a un valor de 6,85% en este año indica lógicamente el crecimiento de la población de colonos en la zona y de mejores medios para la explotación de los recursos naturales.

El cambio en cobertura vegetal del área de estudio entre el periodo 1975-2000 muestra que las zonas deforestadas surgieron cerca a ríos, vías de comunicación y a frentes pioneros de colonización. La creación del Parque Nacional Natural Tinigua en 1995 ha coincidido con el aumento de la deforestación a partir de dicho año; por lo cual declarar la zona como área protección pudo haber producido un efecto contrario al esperado; en lugar de constituir una medida favorable a la conservación generó un aumento de la colonización. Esto se debe a que a veces los colonos toman posesión de las áreas protegidas bajo el supuesto de que son lugares con una fuente importante de recursos naturales que la nación quiere conservar, y con la esperanza de que el gobierno nacional les llegue a comprar sus tierras a un alto precio.

La vegetación de los bosques húmedos tropicales no es uniforme, se caracteriza por la diversidad de formas biológicas y riqueza de especies, algunas de ellas endémicas (Whitmore, 1990). En los bosques del oeste de los Andes del Ecuador, en la localidad de Centinela, Gentry y

Dodson descubrieron en 1978 cerca de 90 especies endémicas; para el año 1986, Centinela había sido casi totalmente deforestado y plantado con cacao y otros cultivos (Wilsson, 1993). Algunas de las especies endémicas sobrevivieron bajo la sombra de los árboles de cacao o en las riberas de los ríos, las demás se desconoce si sobrevivieron. En Perak, al noroeste de Malaya, sucedió algo similar, en este lugar muchos árboles fueron colectados a finales del siglo XIX, de los cuales algunos no volvieron a ser encontrados en otro lugar, y como su hábitat fue destruido para ser reemplazado por plantaciones de caucho se piensa que se extinguieron (Whitmore, op. cit.). Aunque hasta el año 2000 el porcentaje de área deforestada del Parque Nacional Natural Tinigua era relativamente bajo es posible que haya sido afectada seriamente la diversidad biológica de la reserva debido a la desaparición de especies, algunas posiblemente endémicas, como consecuencia de la destrucción de hábitat para cultivos y ganado, las actividades de caza y pesca y la fragmentación de los bosques, todo ello como parte de las actividades que regularmente acompañan los procesos de colonización sin control.

Por otro lado, se ha observado que la colonización en el Amazonas reduce la riqueza de especies, lo que se hace evidente en los cambios sobre la abundancia y biomasa de los grupos de mamíferos. La caza intensiva puede reducir a corto plazo la abundancia y, combinada con la deforestación, produce distorsiones considerables en la comunidad de mamíferos (Lopes y Ferrari, 2000). La caza se extiende varios kilómetros a la redonda de las zonas deforestadas y en algunos lugares puede afectar un área de 6 a 12 Km de radio a partir de la zona colonizada (Escamilla *et al.* 2000). En el bosque tropical de Calakmul, México, se determinó que las presas principales de los cazadores se encuentran en el venado de cola blanca, el pecarí, la paca y el gran guaco. Otros animales que son presas preferidas por los cazadores, aunque en una menor proporción, son los agoutis, coatis, armadillos y pavos. En la fauna del Parque Nacional Natural Tinigua están incluidas algunas de las especies mencionadas anteriormente y otras muy afines (Mejía, 1995). Una de ellas es el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) que, en el estudio referido, figura como una de las especies más amenazadas. Otras como el chigüiro (*Hydrochaeris hydrochaeris*), la danta (*Tapirus terrestris*), la tortuga morrocoy (*Geochelone denticulata*), el paujil (*Craetor erythronata*), el caimán llanero (*Crocodylus intermedius*), entre otras, son también atractivas para los cazadores por ser una fuente de alimento y un negocio lucrativo, pero de futuro incierto.

La fragmentación en bosques húmedos tropicales trae como consecuencia la disminución de la riqueza de especies de aves, algunos insectos, primates, abejas y termitas; incrementa la riqueza de especies de pequeños mamíferos, anfibios y mariposas; introduce cambios en la composición de las comunidades de mariposas y pequeños mamíferos; también produce cambios serios en la estructura del bosque, en la distribución de recursos como frutas e insectos, en las condiciones microclimáticas asociados con los bordes y efectos negativos en la supervivencia de árboles (Inpa y Museum of Natural History of Smithsonian, 1996).

El avance de la deforestación en el parque, a lo largo del tiempo, se ajusta bastante bien a un modelo polinomial ($R^2 = 0.9466$). Este modelo también se ajusta a otros estudios de deforestación similares como los realizados por Whitmore (op. cit.), en Costa Rica ($R^2=0.9473$) y por Viña y Cavelier (1999) en el Casanare ($R^2=0.9797$). La deforestación se refleja en una ecuación cuadrática que graficada se ve como una parábola centrada en el eje Y. En esta gráfica se ve que en el inicio de la colonización la tasa de deforestación es baja, lo cual se refleja en el bajo valor de la pendiente. El comportamiento lógicamente corresponde a un bajo número de colonos y a las dificultades de establecimiento en el inicio de la colonización. Más adelante la pendiente de la curva se incrementa, reflejando el aumento de la tasa de deforestación que obviamente responde a una mayor población de colonos y mejores recursos para explotar el medio. El modelo polinomial predice que si continúan las condiciones de deforestación que se han presentado durante los últimos años aproximadamente en 50 años toda la vegetación original habrá desaparecido. La deforestación ocurrida en Costa Rica en 43 años redujo la cobertura vegetal del 67% al 17%. El estudio realizado en el departamento del Casanare, en un área de 270 Km², en el piedemonte del este de la cordillera de los Andes mostró cómo el bosque original fue reducido por los colonos, entre 1938 y 1988, de un 100% con vegetación natural a un 50% de su área.

Las tasas de deforestación anual promedio para los años 1985, 1995 y 2000 muestran una clara tendencia de aumento, 0.05%, 0.18% y 0.43% respectivamente, con lo que se refleja la creciente actividad de los colonos. Los valores de estas tasas son bajos y están por debajo del promedio anual reportado para Colombia; estos han sido estimados para el periodo 1980 - 1990, en 1,3% en bosques densos y 1,4% en bosques abiertos (Winograd, 1995); sin embargo, es conveniente tener presente que las tasas están creciendo con rapidez.

En el período comprendido entre los años 1985 y 2000 las áreas deforestadas muestran los siguientes comportamientos: áreas en sucesión (61.49% en 1985, a 14.7% en el 2000), áreas de cultivos-pastos (23. 7% a 52.58%) y suelo desnudo (14.81% a 32.72%). Se hace evidente que además del aumento de las tasas de deforestación ha aumentado la transformación de bosque parcialmente deforestado a cultivos, pastos o áreas de suelo desnudo con lo cual la biodiversidad del Parque está cada vez más amenazada.

Si las tendencias identificadas en el modelo polinomial se mantienen, es decir, que debido a la deforestación la cobertura de vegetación original del Parque y su fauna asociada pudieran desaparecer en 50 años se deberán tomar medidas urgentes para detenerla e implementar programas de restauración en las áreas intervenidas. Terborgh, (2000) sugiere que la mejor manera de conservar los Parques Naturales es evitar la colonización, mediante el diseño de políticas que impidan y controlen el acceso de colonos y cita como ejemplo, la forma en que las regiones declaradas como Parques Naturales en Estados Unidos fueron conservadas

mientras que en el resto del país desapareció casi toda la vegetación original. En contraste, Schwartzman *et al* (2000) señalan que privar los Parques de sus habitantes puede traer consecuencias indeseables ya que son actores necesarios en la defensa de las políticas ambientalistas y en la conservación de los Parques en el largo plazo.

En el caso del Parque Nacional Natural Tinigua la propuesta de Schwartzman no se considera viable, ya que como se ha podido observar la deforestación por parte de los colonos ha aumentado aún declarando el área Parque Nacional Natural; tampoco se puede adoptar la propuesta de Terborgh de prohibir la colonización, ya que no es posible desde el punto de vista práctico. Una propuesta viable que propiciaría la conservación y beneficiaría a la comunidad sería encontrar un modelo de desarrollo sostenible para el área, preferiblemente incorporado al Plan de Manejo del Parque.

El desarrollo sostenible se define como un proceso de cambio que permite la satisfacción de las necesidades humanas sin comprometer la base misma del desarrollo, la cual se encuentra constituida por los recursos que ofrece el medio ambiente (Winograd, op. cit.). El objetivo general de este proceso es lograr el desarrollo equitativo de la economía, con justicia y participación social, utilizar y producir tecnologías limpias y eficientes y conservar y mejorar el medio ambiente. Algunas propuestas para dirigir el Parque Nacional Natural Tinigua hacia el desarrollo sostenible se presentan a continuación.

Las plantas de los bosques húmedos tropicales constituyen con frecuencia recursos subutilizados; ellas no sólo representan una fuente de alimento o de madera, podrían esconder muchos usos para la ingeniería genética, la medicina o constituir la materia prima para nuevos productos. Se piensa que en muchas plantas de los bosques húmedos tropicales se encuentra genes con características valiosas que podrían ser transferidas a otras especies de interés, confiriéndoles crecimiento más rápido, mayor productividad, resistencia a enfermedades, adaptaciones al medio, etc. Las regiones donde se estima que hay concentraciones importantes de plantas medicinales incluyen Centro América, y Sudamérica (Colombia, Perú y Ecuador), India, Oeste de Asia y partes del noreste de África. Aunque tan sólo un pequeño porcentaje de la biodiversidad vegetal ha sido estudiado como fuente potencial de medicinas se sabe que cerca de 119 sustancias químicas son extraídas de 90 especies de plantas vasculares que son usadas como medicinas a lo largo del mundo (Groombridge, 1992). Las plantas ornamentales representan un importante renglón de la economía a nivel mundial, con un amplio mercado que tiende a expandirse. Algunas de las plantas de Tinigua poseen reconocidos valores ornamentales, tales como las heliconias, cuyas flores gozan de gran demanda en los mercados internacionales.

El alto potencial forestal de los bosques húmedos tropicales permitiría implementar aspectos del desarrollo sobre la base de la instalación y manejo de sistemas agroforestales (Navas, op.

cit.). Hay un gran número de especies maderables en el Amazonas; sin embargo, la ausencia de programas de manejo, dirigidos al mantenimiento y a la recuperación del recurso forestal, ha resultado en una disminución considerable de las poblaciones de las especies maderables más apreciadas y ha colocado en situación de amenaza a la vegetación en su conjunto; en este sentido otras especies se ven amenazadas, como las palmas y lianas productoras de fibras para la fabricación de textiles y de otros productos artesanales e industriales de valor.

En la zona norte de la Amazonia del Brasil la ganadería es la actividad responsable de cerca del 60% de la deforestación; sin embargo, económicamente es la actividad que menos produce, aportando solo el 9% del valor económico de la zona (Winograd, op. cit.). Esta actividad podría ser reemplazada por la zootecia y ganadería de especies locales, con igual o mayor potencial y con mucho menor impacto. Por ejemplo, la cría del chigüiro (*Hydrochaeris hydrochaeris*), que en cuanto a producción de carne puede dar rendimientos equivalentes al del ganado vacuno o los insectos que son una fuente suplementaria de calorías y proteínas en muchas regiones del mundo. Hay más o menos unas 500 especies de insectos que se sabe son consumidas por humanos. Los insectos más utilizados como alimento son las termitas, que presentan poblaciones apreciables para el propósito indicado.

Los animales también tienen un alto valor ornamental. Las pieles de algunos reptiles son utilizadas como materia prima en la fabricación de zapatos, bolsos, chaquetas, etc. Los caimanes llaneros (*Crocodylus intermedius*) y boas (*Boa constrictor*) del Parque, en medio de un manejo técnico adecuado pueden proveer la materia prima que demanden las actividades artesanales o algunos procesos industriales que la requieran. Se deben buscar maneras de utilizar y manejar técnicamente estos recursos manteniendo el estado natural de sus poblaciones en sus normales procesos evolutivos.

Hay muchas medicinas que podrían ser extraídas de los animales. Es bastante conocido que la saliva de sanguijuelas contiene una sustancia que ha probado ser un anticoagulante muy efectivo. De manera similar se han extraído sustancias del veneno de las serpientes que incluyen enzimas coagulantes, anticoagulantes y neurotoxinas. En los insectos se espera que haya más sustancias valiosas para la medicina ya que es un grupo muy abundante y diverso de los bosques húmedos tropicales que además ha sufrido fuertes presiones evolutivas para adaptarse a los tóxicos utilizados por las plantas como mecanismos de defensa.

Los animales salvajes tienen un enorme valor recreativo. Muchas personas se complacen al ver los animales en su estado natural ya sea en televisión o en excursiones. Este tipo de valor es difícil de cuantificar pero tal vez es el mayor valor de la vida salvaje, en especial en países en vía de desarrollo donde son atraídos muchos turistas extranjeros.

Por último, se sugiere que en futuras investigaciones se confirmen las hipótesis planteadas sobre los efectos de la colonización en la biodiversidad de los bosques húmedos tropicales del área

de estudio. Además, se recomienda determinar a largo plazo la dinámica de la cobertura vegetal del Parque Nacional Natural Tinigua mediante el programa Geomod, el cual fue utilizado en una investigación realizada en el bosque húmedo tropical de la región de Arunachal Pradesh en India (Menon *et al.*, 2001). En dicha investigación se determinó el progreso de las áreas deforestadas 30 años más adelante con lo cual se establecieron medidas preventivas para conservar los bosques de esta región.

Bibliografía

- Barbosa, C., 1992. *Preliminary list of plants at the Centro de Investigaciones Primatológicas La Macarena -CIPM- Tinigua National Park, Colombia*. Field Studies of New World Monkeys, La Macarena, Colombia, Vol 6: 25-41.
- Dirzo, R.; M. C. García. 1990. *Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical area in Southeast Mexico*. Conservation Biology. 6: 84-90.
- Escamilla A., M. Sanvicente, M., Sosa; C., Galindo-Leal. 2000. *Habitat Mosaic, Wildlife Availability, and Hunting in the Tropical forest of Calakmul, Mexico*. Conservation Biology 14: 1592-1601.
- Franco, R., 1989. *Los Tiniguanos y la colonización de la Macarena*. Trianea No 3 Agosto.
- Groombridge, B. 1992. *Global Biodiversity*. World Conservation Monitoring Centre. Chapman y Hall. London.
- Ideam, 1998. *El Medio Ambiente en Colombia*. Imprenta Ideam. Bogotá D.C.
- Inderena, 1990. *Nuevos Parques Nacionales Naturales, Colombia*. Imprenta Inderena. Bogotá D.C.
- Inpa; Museum of Natural History of the Smithsonian. 1996. *Biological Dynamics of Forest Fragment Project*. <http://www.mnh.si.edu/biodiversity/bdffp.htm>. Manaus, Brazil.
- Lopes M. A.; S. F. Ferrari. 2000. *Effects of Human Colonization on the Abundance and Diversity of Mammals in Eastern Brazilian Amazonia*. Conservation Biology 14: 1658-1665
- Mejía, C. 1995. *Fauna de la Serranía de La Macarena*. Amazonas editores Ltda. Colombia.
- Menon, S.; Pontius G.; Rose J., Khan M.; Bawa K. 2001. *Identifying Conservation-Priority Areas in The Tropics: a Land-Use Change Modeling Approach*. Conservation Biology 15: 501-512.
- Navas, J. 1980. *Considerations on the Colombian Amazon Region en Amazonia: Agriculture and Land Use Research*. University of Missouri Columbia. U.S.A.
- Patíño, S. 1997. *Impacto de la colonización sobre el medio natural de la Sierra de la Macarena: Sistemas de Información Geográfica*. Tesis Universidad de Los Andes.
- Schwartzman, S.; Moreira, A.; Nepstad D. 2000. *Rethinking Tropical Forest Conservation: Perils in Parks*. Conservation Biology 14: 1351-1357
- Terborgh, J. 2000. *The Fate of Tropical Forests: a Matter of Stewardship*. Conservation Biology 14: 1358-1361.

- Viña A.; J. Cavelier.** 1999. *Deforestation Rates (1938-1988) of tropical lowland forests on the Andean foothills of Colombia.* Biotropica 31(1): 31-36.
- Whitmore, T. C.** 1990. *An introduction to tropical rain forests.* Oxford University press, New York.
- Winograd, M.** 1995. *Indicadores ambientales para Latinoamérica y el Caribe: Hacia la sustentabilidad en el uso de tierras.* Grupo de análisis de sistemas ecológicos. San José, Costa Rica.
- Wilson, E. O.** 1988. *The current State of Biological Diversity en Biodiversity.* Editor E. O. Wilson. National Academic Press, Washington, D. C.
- Wilson, E. O.** 1993. *The diversity of life.*