

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA
ESCUELA DE BIOLOGIA**

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MONITOREO BIOLÓGICO A LARGO
PLAZO MOSTRADO A TRAVÉS DE UN ESTUDIO DE CASO: EL CORTE
SELECTIVO DEL BOSQUE EN LA COOPERATIVA BETHEL, LA
LIBERTAD, PETEN**

Informe de Tesis

Presentado por

Claudio Aquiles Mendez Hernandez

**Para optar al título de
Biólogo**

Guatemala, abril de 1997

DL
06
+(1698)

**JUNTA DIRECTIVA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA**

DECANO: Lic. Jorge Rodolfo Pérez Folgar

SECRETARIO: Lic. Oscar Federico Nave Herrera

VOCAL I: Lic. Miguel Angel Herrera Gálvez

VOCAL II: Lic. Gerardo Leonel Arroyo Catalán

VOCAL III: Lic. Rodrigo Herrera San José

VOCAL IV: Br. Ana María Rodas Cardona

VOCAL V: Br. Hayro Oswaldo García García

INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCION	2
2. ANTECEDENTES	4
2.1 Planteamiento del problema y preguntas	6
2.1.1 Detalle del plan de aprovechamiento forestal	7
2.1.2 Plan de corta	9
2.1.3 Impactos previstos	10
2.1.4 Impactos observados	11
2.1.5 Interpretación del tratamiento experimental	16
2.2 Definición de fuentes de variación y variables	20
2.2.1 Enfoque de investigación	22
2.3 Supuestos y criterios de selección de indicadores	24
2.3.1 Taxa estudiados como indicadores y su valoración	26
2.3.1.1 Mariposas como indicadores	26
2.3.1.2 Escarabajos copronecrófagos	28
2.3.2.2 Mamíferos menores	29
3. JUSTIFICACIONES	31
4. OBJETIVOS	33
5. MATERIALES Y METODOS	34
5.1 Universo de trabajo	34
5.1.1 Descripción del área de estudio	34
5.1.2 Cubierta arborea	36
5.2 Medios	36
5.2.1 Recursos humanos	36
5.2.2 Recursos materiales	37
5.3 Procedimiento	38
5.3.1 Etapa I (gabinete)	38
5.3.2 Etapa II (trabajo de campo)	39
5.3.3 Etapa III (diseño)	41
6. RESULTADOS	42
6.1 Consideraciones prácticas, ajuste y verificación de campo	42
6.2 Diseño del programa de monitoreo	45
6.2.1 Análisis de los datos	47
7. DISCUSION	48
8. CONCLUSIONES	56
8.1 Sobre el planteamiento del problema	57
8.2 Sobre la estrategia de investigación	57
8.3 Sobre el diseño experimental	58
8.4 Sobre las aplicaciones	58

9. RECOMENDACIONES	59
9.1 Sobre el planteamiento del problema	59
9.2 Sobre la estrategia y métodos de investigación	59
9.3 Sobre el diseño experimental	60
9.4 Sobre las aplicaciones	60
10. BIBLIOGRAFIA	62
ANEXO NO. 1	69
MAPAS	
Mapa No. 1 Ubicación geográfica respecto a la RBM	70
Mapa No. 2 Estratificación por tipo de cubierta arborea	71
Mapa No. 3 Zonificación para el aprovechamiento	72
Mapa No. 4 Ubicación de áreas de muestreo del estudio piloto	73
Mapa No. 5 Diseño experimental propuesto	74
Mapa No. 6 Representación gráfica del plan de manejo de la RBM	75
ANEXO NO. 2	76
TABLAS	
Tabla No. 1 Abundancia relativa de escarabajos	---77
Tabla No. 2 Abundancia relativa de mariposas diurnas	---79
Tabla No. 3 Detalle de composición de especies de mamíferos menores	83
GRAFICAS	
Gráfica No. 1 Variación del número de especies de escarabajos por tratamiento	---84
Gráfica No. 2 Variación del número de especies de mariposas por tratamiento	---85
Gráfica No. 3 Trampeo de mamíferos menores 1995-1996	---86
Gráfica No. 4 Análisis de grupos para mariposas y escarabajos	---87
Gráfica No. 5 Traslape de especies de mariposas	---88
Gráfica No. 6 Traslape de especies de escarabajos	---89

AGRADECIMIENTOS

Quiero patentizar mi sincera gratitud a todos los que han hecho posible el Programa de Investigación CCB/CECON: Thomas D. Sisk, Nick M. Haddad, George Austin, Carlos Galindo-Leal, Enio Cano, Mario Jolon, Haroldo García, Víctor Orellana, Gustavo Orellana y Fidel Ramírez, y en general, al Centro Para la Biología de la Conservación, (CCB), Universidad de Stanford.

A Mercedes Barrios, quién revisó y aportó correcciones y sugerencias al manuscrito.

El Programa CCB/CECON y sus proyectos específicos, como este, fueron posibles por el apoyo financiero de The John D. and Catherine T. MacArthur Foundation y la Agencia Internacional Para el Desarrollo (USAID).

Al Centro de Estudios Conservacionistas (CECON), el cual, ha tenido un papel importante como facilitador del desarrollo y crecimiento del CCB/CECON, proveyendo del espacio físico en el Biotopo Cerro Cahú para la instalación de una base del programa. Así también, ha proporcionado el respaldo institucional en los trámites ante CONAP y la Universidad de San Carlos.

Al Centro de Datos Para la Conservación, (CDC), Guatemala, por proporcionar el material cartográfico e imágenes Land-Sat TM y parte del equipo de colecta de mamíferos menores empleadas en este estudio.

A Centro Maya, PROPETEN, WCS y SEGEPLAN, en especial al Ing. Mauro Salazar, quienes proporcionaron la información del Plan de aprovechamiento, planes operativos y resultados.

A la Fundación Mario Dary Rivera (FUNDARY), por el eficiente manejo de los fondos de nuestros proyectos.

DEDICATORIA

A MI FAMILIA y en especial a mi madre María del Carmen Hernández

RESUMEN

Los requerimientos para el planteamiento, diseño y ejecución de un programa de monitoreo ecológico son mostrados a través de este estudio de caso, el efecto a largo plazo del corte selectivo del bosque sobre la diversidad biológica en la Cooperativa Bethel, La Libertad, Petén.

La información existente sobre los planes de manejo forestal de Bethel fue analizada para conocer los detalles de su ejecución. Se examinaron los datos de un estudio del efecto del primer corte selectivo efectuado según el plan de manejo. Se realizaron verificaciones de campo para conocer los aspectos prácticos del manejo forestal referido y las características del área en general. Con esta información fue posible caracterizar e interpretar el tratamiento. Se recopilaron y analizaron los datos de un estudio piloto sobre mariposas diurnas, escarabajos copronecrófagos y mamíferos menores para ser probados como indicadores de los cambios en la diversidad biológica producidos por el tratamiento, siguiendo las recomendaciones de Landres (1988), Noss (1990) y Kremen (1992).

Con toda esta información se planteó un diseño de monitoreo de la diversidad biológica con una duración mínima de 20 años. El diseño busca probar posibles cambios en la heterogeneidad (diversidad β) producidos por el efecto crónico del tratamiento.

1. INTRODUCCION

En septiembre de 1993, en el Primer Congreso Mundial de Manejo de Vida Silvestre celebrado en Costa Rica, en un panel se discutió sobre el significado, utilidad y necesidad de monitoreo biológico (Bissonette y Krausman 1995). La palabra en sí es un anglicismo, derivado de "monitoring" y ha sido ampliamente difundida, siendo ahora parte de la jerga científica. "Monitoreo" es el seguimiento de un fenómeno a lo largo de un tiempo dado; sin embargo debería especificarse en que consiste un verdadero monitoreo. En el citado congreso se llegó a la conclusión que "monitoreo biológico" es el estudio del efecto de algún agente, factor o condición establecida, sobre un sistema medido a través de cambios en algún componente sensible (e.g. la diversidad biológica). Así, se "monitorea" la calidad del agua en relación al establecimiento de una explotación minera; o se monitorea la diversidad de insectos en relación al posible efecto de un plaguicida en un ecosistema.

Noss (1990) señala que la diversidad biológica ha sido una consideración menor en la política ambiental, en parte porque se ha visto como un concepto demasiado amplio, vago y difícil de aplicar en las regulaciones y el manejo de los problemas del mundo conservacionista real. Contradictoriamente, cada día se hace más común la justificación de cualquier plan o programa de manejo en función de su beneficio para la conservación de la diversidad biológica, como la que se ha utilizado en Guatemala para el desarrollo de una política conservacionista (Nations 1989, Nations 1984, Villar 1983).

Afortunadamente y paralelamente a esta contradicción se están afinando cada día más los conceptos relativos a diversidad biológica. Halffter (1992) dice que " la diversidad biológica" es un resultado del proceso evolutivo que se manifiesta en la existencia de diferentes modos de ser para la vida. Mutación y selección determinan las características y la cantidad de diversidad que existen en un lugar y momentos dados. También diferencias a nivel genético, diferencias en las respuestas morfológicas, fisiológicas y etológicas de los fenotipos, diferencias en las formas de desarrollo, en la demografía, y en las historias de vida". También se sabe que la diversidad biológica como atributo perceptible varía con la actividad humana y que una medida del efecto de esta actividad puede ser la medición de la biodiversidad y sus cambios.

El monitoreo de la diversidad biológica, como se plantea aquí, busca como principal meta medir sus cambios como resultado de la variación en las condiciones iniciales (consideradas como factores), por procesos naturales o inducidos, a través del tiempo. El presente trabajo de tesis pretende mostrar los requerimientos para el establecimiento de un programa de monitoreo biológico, ejemplificados a través de un estudio de caso: la medición del efecto sobre la diversidad de extracciones forestales selectivas, este estudio fue realizado en la Cooperativa Bethel, Petén. Se propuso estimar el cambio en la diversidad biológica a través de mediciones en especies consideradas indicadoras.

Además, se buscó definir las bases para un programa de monitoreo a largo plazo empleando un enfoque multitaxonómico, el cual consiste en comparar resultados desde varios puntos de vista y no solo el obtenido del estudio particular de un taxón (Méndez et al. 1995); y observando las

recomendaciones de Landres y colaboradores (1988) y Kremen (1992). Esto es, en relación a las cualidades de un indicador que deben ser analizadas previamente a su utilización y también a las preguntas que se quiere responder a través del desarrollo de un programa de monitoreo.

2. ANTECEDENTES

En 1993, el Centro de Datos para la Conservación de Guatemala (CDC) inició la ejecución de la Evaluación Ecológica Rápida, de la Reserva de la Biósfera Sierra de Las Minas (RBSM), (CDC 1993). Este proyecto constituyó una nueva estrategia para la obtención de información incorporable a las herramientas para la toma de decisiones en la conservación: fué una caracterización ecológica basada en la distribución de ciertos taxa y algunos atributos de las comunidades como diversidad, endemismo y extensión de las mismas. La sobreposición de esta información con aquella sobre demografía y zonificación original de la reserva, hizo poner atención en una zona, antes relativamente ignorada (Defensores de la Naturaleza, Plan maestro 1992). Este estudio muestra como la selección de ciertas especies como indicadores puede ser de mayor utilidad comparada con el uso tradicional de especies carismáticas, raras o amenazadas (e. g. el quetzal o el águila harpía).

En 1992, el Centro Para la Biología de La Conservación (CCB) de la Universidad de Stanford, suscribió un convenio con la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través del Centro de Estudios Conservacionistas (CECON), con el propósito de desarrollar investigaciones sobre técnicas de inventario y monitoreo con indicadores ecológicos.

Con este propósito, el proyecto CCB-CECON originalmente planteó el estudio de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) en el Parque Nacional Tikal, empleando la metodología propuesta por Sparrow et al. (1994)

Después de cuatro años de trabajo en Guatemala (con énfasis en Petén), el CCB/CECON está desarrollando métodos para el inventario y monitoreo biológico, analizando el efecto de la pérdida del bosque y diferentes estadios de sucesión, la tala selectiva del bosque y de la fragmentación, tomando todos estos como factores que aparentemente afectan la cantidad y distribución de la diversidad biológica.

Una de las áreas de estudio es la Cooperativa Bethel, municipio de La Libertad, Petén, en la cual a partir de 1994, se inició un programa de extracción forestal selectiva, en áreas de 100 ha. Esta extracción es de maderas de primera y segunda (Gretzinger y Salazar 1993). Generalmente se designa especies de primera a caoba (*Swietenia macrophylla*) y cedro (*Cedrela odorata*). Especies como santa maria (*Calophyllum brasiliense*) y guaciban (*Pithecolobium leucocolix*) se les llama de segunda. Esto también refleja la demanda y no necesariamente la calidad. Así encontramos también especies de tercera (ver mapas No. 1 y No. 2 del anexo No. 1, pags. 70-71).

Este es un caso en el cual las condiciones experimentales están definidas por personas ajenas a nuestro interés, medir el efecto del corte selectivo del bosque sobre la diversidad biológica, sin estar las condiciones del corte influenciadas por nuestro propósito. Por esto lo primero en este estudio fue establecer las condiciones iniciales, tales como los detalles del corte del bosque, estudio de

mapas y clasificaciones de la cubierta arbórea. Finalmente fue ubicado este estudio dentro del contexto de la Reserva de la Biósfera Maya (RBM), lo que puede mostrar sus posibles aplicaciones, limitaciones, problemas de resolución y escala.

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTAS

El corte selectivo del bosque fue propuesto por el Proyecto Petenero Para un Bosque Sostenible (PROPETEN) como un uso alternativo de manejo dentro de los llamados "sostenibles", dentro de la RBM. Otros tipos que han sido denominados así son: el chicle, pimienta, xate, cacería y ultimamente el potpurri (Gretzinger y Salazar 1993).

PROPETEN presentó su plan de manejo forestal para la Cooperativa Bethel en 1993 en el que se establecen los lineamientos del mismo han sido elaborados de acuerdo a los requerimientos contemplados en el Plan Maestro de la RBM, los requisitos del Consejo Nacional de Areas Protegidas (CONAP) y de la Agencia Internacional Para el Desarrollo (USAID). También explica el documento que el tipo de aprovechamiento producirá impacto a el ecosistema y biodiversidad de baja intensidad. Parece que esta última afirmación se deriva de la comparación con otro aprovechamiento industrial realizado anteriormente en San José Buena Fe.

Este tipo de uso del bosque esta siendo recomendado para la zona de amortiguamiento de la RBM, pero se indica que podría ser aplicable el modelo a la zona de usos múltiples. Legalmente esto se fundamenta en el Decreto Legislativo 5-90, el cual hace referencia que la zona de usos múltiples

permitirá el aprovechamiento de los recursos naturales, "...siempre y cuando no se causen daños permanentes al ecosistema". También está apoyado este plan de manejo en el Acuerdo Gubernativo No. 759-90 el cual establece que la Reserva ha sido creada con el objeto de: "... dar oportunidad a diferentes modalidades de utilización de la tierra y demás recursos naturales mediante la aplicación de prácticas sostenibles de manejo de los recursos naturales...". En este acuerdo Gubernativo se establece que la zona de usos múltiples: ...estará dedicada a la extracción de xate, pimienta, chicle, mimbre, y otras plantas silvestres, semillas, madera, fauna que puede cosecharse y áreas restringidas para desarrollar agricultura, ganadería tradicional y actividades petroleras bajo un estricto control".

2.1.1. DETALLE DEL PLAN DE APROVECHAMIENTO FORESTAL (Gretzinger y Salazar 1993)

La superficie boscosa actual de Bethel se estima en 2,876 ha. Para el presente plan las prácticas de aprovechamiento no se realizarán en algunas partes consideradas de importancia para el turismo, como la zona del cenote, tampoco en una franja de 20 metros de ancho y que rodee ríos, arroyos y cuerpos de agua en general. Tampoco habrá cortes de árboles en pendientes mayores al 40%. Finalmente está exenta de la extracción una porción que cae dentro de la zona núcleo del Parque Nacional Sierra del Lacandón. Todas estas áreas suman 518 ha no aprovechables, quedando disponibles 2376 ha. (el área total de la Cooperativa Bethel es de 4,149 ha).

La distribución de las especies de importancia comercial fué estimada por medio de un inventario forestal, realizado por PROPETEN en 1992. El inventario se basó en un mapa base obtenido de estudio de hojas cartográficas 1:50,000, y fotografía aérea de 1987 (1:60,000). En base de estos

datos y de reconocimiento físico de campo se determinó 5 estratos sobre los que se basó el inventario de campo, lo cual representa diferencias en fisiografía y de composición vegetal.

El diseño de muestreo para realizar el inventario fué estratificado al azar y la forma de la unidad muestral fué una parcela rectangular de 500 metros de largo por 20 metros de ancho (1 hectárea).

El tamaño de la muestra se calculó por medio de los datos de un premuestreo, y además se determinó la proporción de parcelas por estrato (con una intensidad de muestreo buscada del 2%).

De esta forma se distribuyeron 61 parcelas en los 5 estratos (ver mapa No. 3 anexo No. 1, pag. 72).

Siendo este un inventario con fines de aprovechamiento forestal, solo se tomaron medidas a las especies con área basal (DAP) mayor o igual a 0.20 metros. Y para cada árbol se tomaron los siguientes datos: No. de árbol, nombre común, DAP, altura comercial y total, defectos, forma, grosor de corteza, presencia de lianas y epífitas. Con algunas de estas medidas se calculó el volumen de madera para las especies de importancia comercial.

Los datos de inventario anteriores, con criterios forestales de aprovechamiento se ordenaron para determinar la dominancia de las especies. El término dominante aquí hace referencia a aquellas especies con una densidad por hectárea mayor de uno.

Otro criterio empleado para la ordenación de los datos fué el de valor de importancia y que relaciona la frecuencia relativa, abundancia relativa y el área basal relativa.

32 especies de árboles resultaron dominantes según el criterio anterior. También se determinó que existen 19 especies de importancia comercial actual y potencial de las cuales solo 8 especies son dominantes.

Con estos resultados se determinó la distribución de las especies de interés comercial, abundancia, área basal y volumen en los 5 estratos ya establecidos. Con esta información fue posible estimar que cantidad de madera que podrían rendir las 2376 ha, la cual es de aproximadamente 41,239 metros cúbicos.

2.1.2 PLAN DE CORTA (Gretzinger y Salazar 1993)

Sabiendo que el bosque aprovechable de Bethel rendirá un máximo de 41,239 metros cúbicos de madera y para mantener una producción por un periodo largo de tiempo se estimó que el ciclo debería de ser de 20 años, manteniendo una producción anual de 2,061.95 metros cúbicos de madera. Considerando la regeneración y el crecimiento del bosque dió una estimación del turno de corta de 80 años. Es decir habrá 4 ciclos de corta, que también serán 4 tratamientos silviculturales, que incluyen enriquecimiento y eliminación de especies que compitan con las especies de importancia comercial.

El plan de corta muestra un calendario de sus actividades y cual será la secuencia en el aprovechamiento en los 5 estratos (ver mapa 3 anexo No. 1, pag. 72). Las operaciones iniciaron en 1994 en el estrato 3 y según se ve continuarán en este estrato hasta 1999. El ciclo terminará en el año

2013. Es de hacer notar que este plan puede ir variando pues las decisiones son tomadas en conjunto con los directivos de la cooperativa.

Para cada año se desarrollará un plan operativo, el cual incluye los detalles para la ejecución del corte para el llamado compartimiento de corta anual: ubicación precisa, descripción de métodos de corte y comercialización y rentabilidad. Este plan presenta un mapa del inventario operativo.

Por no ser relevante para este trabajo no se presentan todos los aspectos de los planes operativos y solo se anotan aquí algunos aspectos importantes para el estudio del plan de 1994:

las especies fueron divididas en de primera: cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*). Las otras especies que se aprovechan son denominadas de segunda: Santa maria (*Calophyllum brasiliense*), guaciban (*Pithecolobium leucocolix*), cola de coche (*Pithecolobium arboreum*), danto (*Vatairea lundelli*), canchan (*Terminalia amazonia*), lagarto (*Zanthoxylum belizense*), llora sangre (*Swartzia spp*) y catalox (*Swartzia spp*).

2.1.3 IMPACTOS PREVISTOS (Gretzinger y Salazar 1993)

En el citado plan de aprovechamiento forestal de Bethel resalta un análisis de los posibles impactos del uso del bosque, desde la perspectiva de este plan y sin la ejecución del mismo: argumentan que sin el uso del bosque propuesto se dará la pérdida irreversible del bosque para fines de agricultura y ganadería extensiva, tal como lo hace la mayoría de pobladores en Petén. Esto traería la supresión

de muchas especies y pérdida de diversidad biológica, cambios en la calidad del suelo y pérdida de agua.

La aplicación de esta alternativa de aprovechamiento, anticipa bajo impacto por ser de una intensidad de menos de 3 árboles por ha, según el plan.

Señala el documento del plan de manejo que estudios realizados muestran que el 1% de la superficie es convertido cada año a fase de claro, lo que es producto de la caída natural de un árbol por año por cada ha. Cortes de 2 a 5 árboles por ha producirán un aumento de los claros de 4 al 10% y los caminos y lugares de depósito de la madera agregan un 10% más por lo que el efecto total será de un 20 % (de 10 a 20 veces mayor que lo natural).

Como consecuencias de este cambio en la cobertura y localmente se espera cambios en la composición florística por especies heliófilas. El cambio puede ser para las siguientes décadas. También se prevén cambios en el crecimiento del bosque, el cual como se indica en el plan, se encuentra en equilibrio dinámico propio de los bosques maduros, no habiendo incrementos en el área basal total después de su fase de construcción. Las extracciones estimularán el crecimiento, y esto es lo deseable para mantener la rentabilidad del sistema. Por esto último, según el citado informe de Gretzinger y Salazar (1993), habrá cambios en las clases diamétricas de las especies comerciales explotadas por la remoción de los individuos con diámetro igual o mayor de 0.5 metros.

Los cambios previstos para la fauna se relacionan con la remoción del hábitat o partes de él para algunas especies, pero no se especifica.

Se menciona cambios microclimáticos los que a su vez generarán cambios a nivel de ciclo de nutrientes. La gran cantidad de fitomasa muerta se descompondrá a mayor velocidad, liberando nutrientes. Los daños al suelo se espera no serán significativos.

Finalmente se considera en el plan de aprovechamiento, un impacto socioeconómico, considerándose este un proyecto piloto de manejo forestal, que podría en el futuro extenderse a otras comunidades, cooperativas y otras áreas de la reserva. Ellos ven positivo al hecho de adoptarse esta alternativa de uso del bosque, contrastandola con el tradicional de tumba y quema.

2.1.4 IMPACTOS OBSERVADOS

En un estudio presentado por PROPETEN en 1995 (Contreras y Morales 1994) se muestran los efectos del aprovechamiento forestal de 1994. También estuvo disponible un informe del aprovechamiento de 1994 y 1995. Para este último no se realizó el mismo estudio de efectos del año anterior. Los resultados del aprovechamiento de 1996 no han sido proporcionados. Es decir, solamente podemos estudiar los efectos del primer tratamiento al bosque y asumimos que podrían ser similares en los futuros aprovechamientos anuales.

Los resultados consultados sobre los aprovechamientos indican primeramente la cantidad de árboles cortados: en 1994 se cortaron 232 de 8 especies mientras en 1995 se cortaron solamente 127 de 6 especies, según se puede ver en el cuadro I.

CUADRO I. Comparación de las especies y cantidades extraídas en dos turnos de corta.

ESPECIES APROVECHADAS	1994	1995
Caoba	50	26
Cedro	5	29
Cola de coche	10	17
Danto	13	19
Guacibán	55	20
Santamaria	87	16
Canxán	8	0
Plumajillo	4	0
TOTALES	232	127

Se puede notar la no extracción de dos especies secundarias en el compartimiento de 1995.

De inmediato se puede ver la inconsistencia de los resultados de los cortes efectuados en relación con lo establecido en el Plan de Manejo Forestal, donde se dice que será necesario tener una producción anual de 2,061.95 metros cúbicos por año y en 1994 se alcanzó solamente 648.58 metros cúbicos, de la remoción de 232 árboles.

Para los 127 árboles de 1995 no estuvo disponible el cálculo de volumen.

El impacto de la extracción de 1994 se determinó observando las operaciones implicadas en el aprovechamiento tales como: construcción de caminos, el corte mismo de los árboles, arrastre de los árboles derribados y almacenamiento. El efecto de estas acciones se midió en 10 parcelas de una ha distribuidas al azar dentro de las brechas utilizadas en el inventario operativo. Se hizo mediciones antes y después del aprovechamiento. Dentro de cada parcela se cuantificó el número de árboles, área basal y la iluminación del dosel; todo esto para la vegetación con DAP mayor o igual a 0.01 metros. Para el estudio de la iluminación se utilizó el código visual propuesto por Dawking (Contreras y Morales 1994).

Después del aprovechamiento se midió el daño a la vegetación remanente bajo los mismos parámetros antes citados y además se cuantificó el número de árboles removidos. Se midió el área aclarada, producto de la caída de los árboles y el área afectada por el arrastre de las trozas y del sitio de almacenaje y carga de la madera, que se acostumbra a llamar bacadilla.

Los resultados de este estudio de impacto muestran que el aprovechamiento de Bethel, pese a que dentro del plan operativo y de manejo consideraba el control de daños, esto no se llevó a cabo. La falta de planificación de pistas de arrastre, el no haber tumba dirigida y sin corte de lianas, se suman al efecto posible de la eliminación de árboles. Las principales consecuencias, según el estudio de Contreras J. y Morales J (1994) son:

-La riqueza florística no sufrió cambios, es decir el número de especies es similar antes y después del aprovechamiento. La abundancia inicial del bosque era de 385.9 árboles por ha, después del aprovechamiento se redujo a 361.6 árboles por ha (se extrajo 2.3 arb/ha) lo que representa una disminución de 6.3% del total inicial existente en el bosque.

- El área basal se redujo en 9.5%. Esto tuvo algún efecto en la distribución del número de árboles y el área basal por clase diamétrica por ha. Las categorías diamétricas más afectadas son las superiores al diámetro mínimo de corta y los árboles con diámetros de 0.01 a 0.02 metros son los más afectados, estos últimos debido a su mayor abundancia y vulnerabilidad al impacto. Los menos afectados son las categorías intermedias a las cuales pertenecen los árboles de futura cosecha.

-Aparentemente la distribución del diámetro de los árboles no se afectó, es decir la estructura diamétrica.

-El área abierta o apertura de dosel entre las parcelas de muestreo es muy variable, lo cual está relacionado con la distribución de los árboles extraídos y que no es homogénea. En general se puede notar que la magnitud de la apertura del dosel tiene relación con el número de árboles cortados por unidad de superficie.

-En cuanto al área aclarada, se señala que fué del 7.75% , de los cuales 4.47% corresponde a claros provocados por el volteo de los árboles aprovechados, 3.06% por las pistas de arrastre y 0.22% por el área de almacenaje (bacadilla).

-Se dañó un 7.6% de los árboles remanentes. De este porcentaje 4.3% murieron y 1.9% presenta altas posibilidades de morir, señala el informe.

-Se documentó solamente el daño a la regeneración de especies comerciales. Esta fué de un 13.5% de una población observada inicial e 24.4 arb/ha. De este porcentaje 10.2% murieron o tienen serios daños. Señala el citado informe que por estos datos se infiere que la regeneración natural actual no garantiza la producción sostenida en el rodal, en especial de las especies como cedro y caoba, que son heliófilas y no tienen buena regeneración.

2.1.5. INTERPRETACION DEL TRATAMIENTO EXPERIMENTAL

Los datos anteriores permiten tener una idea un tanto imprecisa de las características del manejo que se está realizando en la cooperativa y esto mismo impide asegurar cual será el tipo de aprovechamiento que se efectuará en los siguientes años y compartimientos de corta. Por tanto, si lo que se planea es un programa de monitoreo a largo plazo, entonces esta misma inconsistencia debe tipificarse como tratamiento, o sea darle posibles valores, ya que afecta el diseño de muestreos, resolución y escala de la aplicación de los métodos.

El tratamiento se interpretó como el corte anual de 6 a 8 especies de árboles con DAP mínimo entre 0.50 a 0.60 metros con intensidades que llegan a 2.3 arb/ha y con una remoción de 127-232 árboles en cada compartimiento de corta. Este compartimiento es de 100 ha y es por lo general, una superficie cuadrada de 1000 x 1000 metros. La distribución de las especies aprovechadas es de tipo

contagioso o aglomerado (Rabinovich 1978). La cantidad de individuos por especie removidos comparativamente entre extracciones es variable y parece que la determina la disponibilidad y se basa en los parámetros del plan de manejo.

Fisicamente podemos interpretar estas acciones como la creación de áreas aclaradas dentro de superficies boscosas relativamente homogéneas (Coronado 1995) de 100 ha y con una superficie de 7.75%, aunque es posible que esta varíe, según los datos de los aprovechamientos de 1994 y 1995 entre 5-10%. No obstante el plan original de manejo predecía un 20 % de áreas aclaradas.

La Figura 1 muestra esquemáticamente esta interpretación.

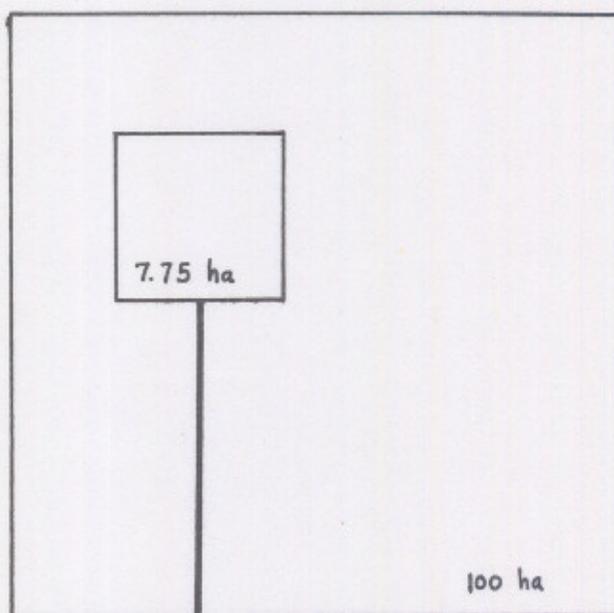


Fig. 1

Representación esquemática del claro producido por el corte selectivo del bosque. El cuadro pequeño representa 7.75 ha aclaradas en el área de 100 ha, representada por el cuadro mayor.

En un área de 100 ha este 7.75 % equivale a 7.75 ha aclaradas, las cuales se distribuyen en forma arborescente en cada compartimiento de corta, estando su base en la bacadilla o lugar de almacenaje. Se produce un claro cada año, durante 20 años, para comenzar de nuevo desde el primer sitio de tratamiento, al final de este ciclo. Se planea repetir 4 veces el ciclo, para un total de 80 años (ver Figura 2).

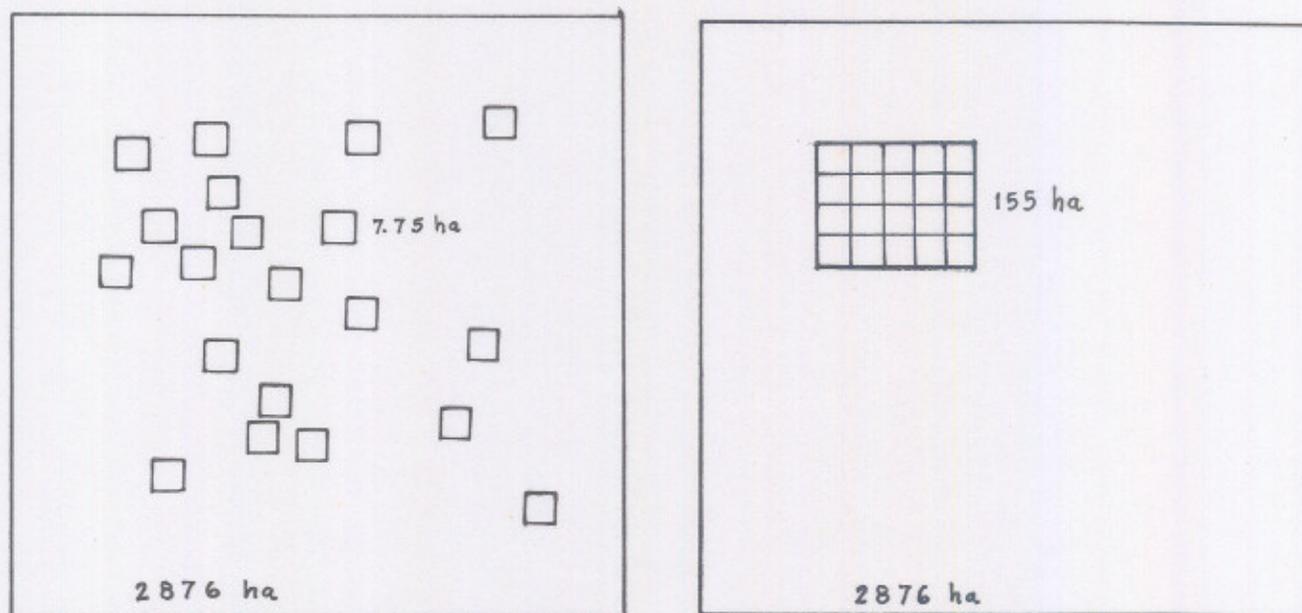


Fig. 2

Representación esquemática del tratamiento al bosque en un plazo de 20 años. Cada cuadro pequeño representa 7.75 ha. El cuadro mayor representa la superficie boscosa total de 2,876 ha.

La primera consecuencia inmediata de estos claros en el bosque es cambios en la entrada de luz y calor; se puede intuir que los otros efectos son derivados de estos dos factores, y más específicamente de la luz.

La primera pregunta respecto al tratamiento descrito y su efecto es: **¿Cuál es este a largo plazo sobre la diversidad biológica? Como una consecuencia de esta pregunta se plantea una hipótesis general: en una zona que está sujeta a extracción selectiva de especies forestales maderables, partiendo de una condición inicial (un área boscosa relativamente íntegra), se considera que habrá una variación de la diversidad biológica, como efecto de la extracción (tratamiento).**

Para afinar la pregunta debemos ser más precisos y evitar la vaguedad que es muy común cuando se habla de diversidad entre políticos y administradores. Para ello debemos distinguir los efectos instantáneos sobre la diversidad de los efectos de largo plazo.

Todos aquellos reportes de daños durante cada compartimiento anual de corta, los cuales solo fueron cuantificados en 1994, deben ser considerados como efectos instantáneos. Los otros efectos considerados en el documento de plan de manejo de los bosques de Bethel, tomando en cuenta la escala de tiempo, también podrían ser tratados como instantáneos: daños a los árboles, daño a hábitats de algunas especies y cambio en la distribución de algunas especies localizadas en el punto de impacto. Esto último considerando que el daño no se distribuye homogéneamente y sigue un

patrón aglomerado. Los datos mostrados por el plan de manejo (Gretzinger y Salazar 1993) en relación a impactos predecibles son también un efecto instantáneo.

2.2 DEFINICION DE FUENTES DE VARIACION Y VARIABLES

La primera pregunta, antes citada, lleva implícita la variable dependiente "**diversidad biológica**", y se asume que esta varía en relación a los cambios en la iluminación (variable independiente). Aquí llegamos al primer problema el cual, a primera vista, sería irresoluble sin la precisa definición de la variable dependiente.

El concepto más simple de diversidad es la riqueza de especies o diversidad alfa, que se refiere a la cantidad de especies presentes en un mismo hábitat (Halffter 1992), la cual además se puede determinar sencillamente contando el número de especies en un lugar (Krebs 1978). Según esta definición, no hubo cambios en la diversidad después del tratamiento, al menos en la riqueza florística (Contreras y Morales 1994). Entonces podría interpretarse ahora o en el futuro como que no existe efecto sobre la diversidad biológica producto del tratamiento, aún con un buen diseño experimental.

La diversidad biológica también puede entenderse como una medida de la heterogeneidad biológica de un lugar, la cual según Peet (citado por Krebs 1978) es la combinación de los conceptos de número de especies y la abundancia relativa de las mismas. Según Whittaker (citado por Southwood 1978) una medida de la tasa y extensión de cambio en las especies a lo largo de un gradiente desde

un hábitat a otros, es otra forma de entender la heterogeneidad. A esta última, se le llama diversidad beta. En un contexto biogeográfico esta se mide cuantificando la heterogeneidad biogeográfica en la zona o región dada (Halffter 1992).

La diversidad alfa puede ser enteramente descrita por un escalar. La diversidad beta requiere magnitud y dirección (vector) para ser caracterizada (Southwood 1978).

En este estudio interesa la diversidad desde el segundo enfoque, la medición de la heterogeneidad y su cambio como producto del tratamiento. Es decir que el tratamiento causará cambios en la diversidad biológica si y solo si, se cambia la distribución y la abundancia de la biota. En este momento es importante notar la importancia del concepto de diversidad adoptado, ya que implica consideraciones de escala espacial y temporal (King 1993). En un programa de monitoreo ecológico probablemente no tendría relevancia el cambio dentro del claro del bosque, sino más bien el cambio que induce este claro a través del tiempo.

Por esta misma razón, resultará relevante considerar el efecto del tratamiento si este se ve como la transformación durante 20 años de las 2876 ha de bosque de la zona de este estudio, por la formación de claros que sumarían de 155 a 200 ha y tal vez no lo será si solo se toman como tratamiento 3 o 4 años.

Segunda pregunta: ¿cómo medir el efecto del tratamiento sobre la diversidad biológica ?

2.2.1. ENFOQUE DE INVESTIGACION

Para poder estudiar estos cambios en la diversidad biológica se debe escoger un método y estrategia de investigación. El programa de monitoreo será la consecuencia de este proceso.

Como estrategia podría plantearse el estudio del cambio en toda la diversidad producida por el tratamiento a largo plazo. Esta impone serias limitaciones de recursos desde su fase de inventario general hasta el desarrollo del programa de monitoreo.

Por el contrario el enfoque de esta investigación es hacia escoger ciertas especies que puedan utilizarse para estimar el cambio en la diversidad biológica producida por el tratamiento. A este tipo de enfoque se le puede llamar selección de indicadores ecológicos (Odum 1972).

La aplicación de esta estrategia de investigación siguió las recomendaciones de Landres (1988), las cuales aplicadas a este estudio en particular, se describen a continuación:

1) Describir claramente las metas de la evaluación.

Este estudio busca desarrollar métodos para la medición de los cambios en la diversidad biológica inducidos por el tratamiento ya descrito. No se ve influenciado por las necesidades de las entidades u organizaciones que ejecutan o promueven y buscan legitimar el corte selectivo del bosque en la zona de amortiguamiento o de uso múltiple dentro de la RBM, como una alternativa de manejo.

2) Usar indicadores solamente cuando sea apropiado y necesario.

El efecto del tratamiento en algunos aspectos como cambio en la cobertura no requiere de escoger indicadores. Su medición es directa y su monitoreo a través de imágenes de sensores remotos (e. g. fotografía aérea) es práctica. Actualmente se ha hecho presión para enfocarse exclusivamente en este aspecto del cambio en la cobertura boscosa e inferir de su medición sobre la calidad y conservación de ecosistemas. Los cambios en la diversidad biológica como efecto de actividad antropogénica necesitan de métodos prácticos y confiables de medición. El uso de indicadores ecológicos puede ser una alternativa y una necesidad dado la complejidad y la cantidad de recursos disponibles.

3) Escoger indicadores por criterios no ambiguos y explícitamente definidos en concordancia con los objetivos de evaluación.

El proceso de selección de taxa indicadores se realizó básicamente por la disponibilidad de especialistas y por los avances registrados por ellos en el campo de la ecología de estos taxa. Los criterios para la escogencia de especies para monitoreo de la diversidad a largo plazo considera otros aspectos de la ecología y biología de estas especies que directamente respondan las preguntas planteadas anteriormente.

4) Incluir todas las especies que cumplen con los criterios de selección.

La selección de especies se basará en los estudios piloto de cada taxa. Los criterios salidos de estos estudios piloto deberán ser los que dirigirán la selección por igual en cada especie. No se dará más peso a especies que acumulen mayor información o por influencia del presupuesto asignado.

5) Conocer la biología de los indicadores en detalle y tratar el indicador como un estimador formal en modelos conceptuales y estadísticos.

En este caso se asume sensibilidad de los indicadores a algunos de los factores ambientales que se modifican con el tratamiento, haciéndose consideraciones de causa efecto las cuales serán probadas a través de un diseño experimental.

Para este trabajo se considera el enfoque multitaxonómico para los indicadores, el cual quiere evitar concentrarse en unas pocas especies para la evaluación, lo que puede producir sesgos. Por ejemplo, como señala Landres et al. (1988), cuando se trata de conservación, la sola protección de una especie puede resultar a expensas de otras. Usar gran variedad de especies como indicadores puede proveer información de grano fino o sea de alta resolución (Noss 1990), esto provee varias respuestas al mismo problema en un momento dado para su interpretación (Méndez et al. 1995). Usando técnicas de ordenación es posible examinar fácilmente la distribución de muchas especies simultaneamente y sus relaciones con parámetros del medio ambiente (Kremen 1992).

2.3. SUPUESTOS Y CRITERIOS DE SELECCION DE INDICADORES (según el enfoque de investigación expuesto y las recomendaciones de Noss)

En grán medida la selección de taxa para iniciar los estudios en Bethel estuvo dada por la disponibilidad de especialistas y del acúmulo de información de biología y ecología de las especies que cada uno trabaja. Pero esta misma razón valida su utilización según el numeral 5 de " enfoque de investigación", anteriormente explicado. Es decir, se quería saber que tan útiles podrían ser los

escarabajos copronecrófagos, mariposas diurnas y mamíferos menores (especialmente ratones) como indicadores de cambios en la diversidad biológica producto del tratamiento, pero bajo consideraciones más estrictas y bajo supuestos establecidos. Estas consideraciones también definen en gran medida a un indicador (Noss 1990) y se tomaron aquí como los criterios principales de selección de indicadores:

1) Un indicador debe ser suficientemente sensible para poder dar rápida información de los cambios que se estudian. Los tres taxa estudiados se consideran sensibles a los cambios en la luminosidad del bosque, aunque esta sensibilidad puede estar en relación a diferentes derivaciones de este factor: cambios en la distribución de plantas, alimento y depredadores.

2) Ser de amplia distribución tanto geográfica como en los sitios de experimentación y observación. También esta condición fué satisfecha por los taxa estudiados.

3) El indicador debe proveer continua evaluación sobre un amplio intervalo de tensión ambiental. En base de la información sobre distribución de los grupos y su biología suponemos que esta condición se cumple en cierta cantidad de especies.

4) El indicador debe ser relativamente independiente del tamaño de la muestra. Esta propiedad de un indicador es muy teórica; por tanto, es crítico el realizar pruebas de la influencia del tamaño de la muestra, como lo ha señalado Weaver (1995). Los estudios piloto han sido los que han proporcionado este tipo de información para todos los grupos, en especial los estudios iniciales en

el Parque Nacional Tikal sobre mariposas diurnas y ratones.

5) El indicador debe ser poco costoso, fácil de coleccionar, evaluar, determinar y analizar. Con la excepción de los mamíferos menores, donde el equipo de colecta es relativamente muy costoso, estas propiedades se cumplen en este estudio en muchas de las especies.

6) En el indicador se debe poder diferenciar sus tendencias y cambios cíclicos naturales, de aquellas producidas por el tratamiento. Esto es posible por el conocimiento de la biología de los grupos estudiados pero en todo caso la confiabilidad de este tipo de estudios depende en gran medida del diseño aplicado.

2.3.1 TAXA ESTUDIADOS COMO INDICADORES Y SU VALORACION

Pocos taxa podrían ajustarse a todas las propiedades de un buen indicador pero de cualquier forma es importante tener un marco de referencia el cual incluye los criterios escogidos y los supuestos para valorar los taxa que se estudiarán.

2.3.1.1 MARIPOSAS COMO INDICADORES

El taxón Rhopalocera (Papilionoidea y Hesperioidea) comprende las mariposas que comunmente son diurnas (Borror 1976). Especialmente los Papilionoidea han sido consideradas valiosas como indicadores ecológicos debido a que poseen un manejable nivel de diversidad, su taxonomía está

relativamente establecida y pueden ser fácilmente determinadas en el campo (Murphy y Wilcox 1986).

Por su grado de especialización en hábitat como es la selección de plantas nutricias para su desarrollo, algunos han sugerido que las mariposas podrían ser un buen índice de la diversidad vegetal (Pyle 1980, citado por Kremen 1992).

En general, las interacciones entre las mariposas y la vegetación en su estadio larval y como adultos, potencialmente influyen la dinámica de las poblaciones de las plantas y esto es lo que ha sugerido la idea que tendrían poder predictivo sobre los cambios en las poblaciones de las plantas. Finalmente las poblaciones de mariposas se ven fuertemente influenciadas por las condiciones locales del clima, microclima y niveles de luz, los que afectan sus diferentes estadios de vida, oviposición, desarrollo larval, fenología de las plantas hospederas, así como la disponibilidad de vuelo de los adultos (Kremen 1992).

Brown (1989) preparó una matriz para evaluar las posibilidades de los insectos de funcionar como indicadores de biogeografía y análisis ecológico, en la cual la máxima calificación es 24. Mariposas diurnas como los Heliconiini e Ithomiinae calificaron con 21. Los con menor calificación tienen 14 correspondiente a Nymphalinae.

2.3.1.2 ESCARABAJOS COPRONECROFAGOS

Este grupo de Coleoptera de la familia Scarabaeidae: Scarabaeinae (Borror 1976) comprende especies de hábitos coprófagos y necrófagos. Son de distribución mundial y en las zonas tropicales son relativamente diversos, aunque no tanto como las mariposas diurnas (25 a 70 especies) (Halffter 1991, 1993d). Comparten con aquellas un conocimiento taxonómico bien establecido, son abundantes en las zonas tropicales, y su costo de colecta y análisis es bajo.

Este grupo ha sido propuesto por Halffter y Fávila (1993) como organismos indicadores de diversidad biológica en bosques tropicales debido a los siguientes aspectos:

a) Forman un grupo bien definido tanto en sentido funcional como taxonómico (grupo monofilético). Su papel predominante en el reciclaje de excrementos (así como de cadáveres y frutas en descomposición en los bosques tropicales de América y del sureste de Asia) los hacen elementos muy importantes en los ecosistemas.

b) En una misma área geográfica la composición taxonómica de la comunidad en el bosque tropical es completamente diferente de las comunidades establecidas en lugares donde el bosque ha sido talado. La estructura interna y organización también son diferentes. La existencia de una serie de diferencias notables entre la comunidad de un bosque y de la de un área deforestada hace de los Scarabaeinae un excelente instrumento para medir las consecuencias en biodiversidad del cambio o transformación parcial del bosque. De tal manera que el grupo refleja claramente los cambios

antropogénicos: fragmentación, defaunación, simplificación de los ecosistemas, efectos de introducción de ganado, etc.

c) En términos generales la biología, comportamiento, taxonomía y filogenia del grupo han sido extensamente estudiados.

d) El método de captura ha sido estandarizado para muestreo cuantitativo. Es tan simple como colocar trampas "pit-fall" cebadas con carroña, excrementos o frutas en descomposición. La simplicidad y el bajo costo del método de muestreo hace posible establecer programas de monitoreo de largo plazo.

2.3.2.2 MAMIFEROS MENORES

Estudios sobre la ecología y biología de mamíferos menores al menos en Guatemala son escasos. La mayoría de estos trabajos se han realizado en el norte del país y se han enfocado basicamente en inventarios y en estudios poblacionales. Los principales estudios son los de Rolin (1992), (CDC/CECON 1993), Perez y Santos (1993). Jolon (1994) realizó un estudio sobre la distribución de mamíferos menores en diferentes estratos de la vegetación en el bosque alto del Parque Nacional Tikal y elaboró un listado de las especies.

Estudios posteriores en el Parque Nacional Tikal han aumentado el conocimiento sobre la dinámica poblacional de ratones del bosque y su relación con la actividad humana. Los resultados

preliminares indican que podrían existir diferencias entre áreas sujetas a la actividad humana como, cacería, agricultura y otras actividades evaluadas en la comunicad de Uaxactun comparadas con zonas dentro del Parque Nacional Tikal (Jolon, com. pers. 1997).

Estudios como estos, que son más que todo observacionales y no experimentales, han sugerido la posibilidad de probarlos como indicadores de diversidad biológica en estudios como el de la extracción selectiva en Bethel y, aunque sea el grupo en que menos se pueda aplicar los criterios de selección de indicadores o los supuestos del modelo arriba explicado, dentro de los vertebrados si es un grupo del que pueden obtenerse muestras comparables y las unidades muestrales ya han sido estandarizadas para la medición de poblaciones (Jolon 1996). La importancia de escoger grupos como estos es tener la posibilidad de comparar los resultados de los otros taxa en cuanto a su respuesta a un tratamiento al mismo tiempo y con el mismo diseño experimental.

3. JUSTIFICACIONES

En los años setentas el gobierno de Guatemala inició la creación de áreas silvestres protegidas que recibieron la denominación de Biotopos (Villar 1983). El primero de ellos fue el Biotopo Mario Dary para la Conservación del Quetzal. Posteriormente se dió la declaratoria de las dos reservas de la Biósfera en Guatemala (Godoy 1985). Al parecer el uso de especies carismáticas como "estrategia de sombrilla" para la conservación fue el principal argumento en la creación de los biotopos (Godoy 1985). Las Reservas de Biósfera son una estrategia de UNESCO orientada hacia la conservación, vinculada a algún esquema de desarrollo al que se ha dado el nombre de "sustentable" (Defensores de la Naturaleza 1990).

En los anteriores casos parece que se ha considerado que estas estrategias son adecuadas para la conservación de la diversidad biológica. Sin embargo, no existía información previa que permitiera establecer cuál era el estatus de la diversidad antes y después de la implementación de estas medidas conservacionistas. Tampoco se han formulado planes de monitoreo que den información sobre la evolución de las áreas protegidas en términos de diversidad biológica o que evalúen los propios planes de manejo.

Desde el punto de vista académico, se ha dado mayor énfasis a la recolección de información sobre especies "raras o amenazadas". The Nature Conservancy (TNC) ha instalado una red de Centros de Datos para la Conservación en Latinoamérica, siendo uno de ellos el de Guatemala. Ellos siguen la metodología del Patrimonio Natural, desarrollada en Estados Unidos por TNC, produciendo listas

rojas de elementos amenazados como: plantas, animales, comunidades naturales y comunidades humanas. El supuesto que apoya este modelo es que, protegiendo los elementos "raros", se da cobertura a la mayoría de la diversidad del sistema (The Nature Conservancy 1987).

En los casos mencionados arriba puede notarse la ausencia de un mecanismo de seguimiento o monitoreo, que mida la efectividad de los métodos y que pueda, si fuese necesario, recomendar su modificación.

La fragmentación de los hábitats está universalmente extendida debido al extensivo uso de la tierra, y es característica de sociedades en expansión y desarrollo. Este proceso afecta también a las áreas protegidas y otras áreas de manejo que forman patrones de "islas" de bosque expuestas a dos tipos de fragmentación: por su aislamiento y por fragmentación interna (Stanley y Wilcox 1986). Lamentablemente, como señalan Stanley y Wilcox (1986), muchos de los estudios de fragmentación han servido más para documentar que para prescribir y siguen siendo más básicos que aplicados. En resumen, se puede decir que tanto el esquema desordenado de desarrollo de Guatemala y otros países de la región, como su política de manejo y conservación, coadyuvan a la fragmentación. Por ello, es necesario considerar programas de monitoreo, que además se inserten y orienten las políticas conservacionistas.

El presente trabajo de tesis, formulado dentro del programa CCB-CECON, busca contribuir dentro de este campo de investigación: el monitoreo biológico y su aplicación a la conservación. Además, esta información debería ser la base para la ejecución del programa de monitoreo a largo plazo en la zona de Bethel, La Libertad Petén. Por esto, la realización del diseño será fundamental para

obtener el tipo y la calidad de información requerida, considerando que se quiere medir el cambio en la diversidad biológica como posible efecto del manejo forestal ya mencionado.

Considerando el contexto de la RBM y nacional es importante señalar la urgencia de establecer criterios y lineamientos para la formulación de un proyecto de monitoreo. Esto permitirá normar y crear un formato único de monitoreo. De esta manera debería ser posible evaluar proyectos de monitoreo sometidos a las agencias gubernamentales como el Consejo Nacional de Areas Protegidas (CONAP), en particular cuando en estos se establece que buscan medir el impacto o el efecto a largo plazo sobre la diversidad biológica de algún tipo de manejo o intervención en los ecosistemas.

4.OBJETIVOS

GENERALES

- a) Diseñar y desarrollar herramientas de evaluación ecológica.
- b) Proponer un método de analizar el efecto en los ecosistemas de planes de aprovechamiento "sustentables".

ESPECIFICOS

- a.1) Ordenar las bases y diseñar un programa de monitoreo a largo plazo, empleando para ello un estudio de caso: medir el efecto de las extracciones forestales selectivas sobre la diversidad biológica.

- b.1) Establecer las aplicaciones de los métodos propuestos en los planes de monitoreo dentro del contexto de la Reserva de la Biósfera Maya; sus ventajas y limitaciones.

5. MATERIALES Y METODOS

5.1 UNIVERSO DE TRABAJO.

5.1.1. Descripción del área de estudio.

Este proyecto se desarrolló en la cooperativa Bethel, ubicada en el Municipio de la Libertad, al extremo oeste del departamento de Petén (mapa 1). Se conformó como Cooperativa Agropecuaria de Servicios Varios R. L. en el año de 1975, con un total de 50 socios activos.

La ubicación geográfica de Bethel es la siguiente:

Latitud Norte: $16^{\circ}47'44.52''$ a $16^{\circ}51'53.28''$

Longitud Oeste: $90^{\circ}46'28.20''$ a $90^{\circ}51'16.92''$

De acuerdo al Decreto 5-90, la Cooperativa Bethel se encuentra ubicada dentro de la Zona de Amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera Maya. Según el catastro del INTA, la extensión total de la Cooperativa es de 4,226.86 ha. De estas, 388.9 ha. se encuentran dentro del Area Núcleo, en el Parque Nacional Sierra del Lacandón (mapa 2).

5.1.2. CUBIERTA ARBOREA

Datos provenientes del Plan de Manejo Forestal de la Cooperativa Bethel (Gretzinger y Salazar 1993), indican que un 69.32% de la cubierta forestal aún se encuentra presente. Sin embargo estos mismos datos afirman que en los años 91-92 fueron intervenidas ciertas áreas por extracción selectiva de maderas preciosas, principalmente cedro y caoba. Sin embargo, la mayoría del área boscosa estaría de alguna manera intervenida (observaciones personales efectuadas en 1994).

La zona boscosa es un fragmento relativamente grande que está sujeto a la intervención de los habitantes de la cooperativa, así como los del poblado Retalteco, ubicado al noreste. Las principales actividades productivas de la gente son la agricultura tradicional y en menor grado la ganadería.

También hay prácticas extractivas de madera, hojas de palmas y cacería.

5.2 MEDIOS

5.2.1 Recursos Humanos

- Investigador (Claudio A. Méndez)

- Asesor de la Investigación (MSc. Oscar Lara)

- Revisor de la Investigación

- Con el apoyo de los investigadores y asistentes del Programa CCB/CECON

-Apoyo directo y asesoría del Centro Para la Biología de la Conservación (CCB), de la Universidad de Stanford, a través de sus investigadores asociados y directores.

-Baqueano

5.2.2. Recursos Materiales

Instituciones:

-Programa de Investigación CCB/CECON. En este programa participan científicos nacionales tanto de la Universidad de San Carlos de Guatemala como de la Universidad del Valle, en particular del Laboratorio de Entomología Sistemática, quienes generan parte de la información necesaria para el desarrollo de esta tesis. Se utilizará las bases de datos del programa.

-También colaboran: Centro Maya, Wildlife Conservation Society (WCS), Conservation International (CI), Secretaría Nacional de Planificación (SEGEPLAN), Centro de Datos Para la Conservación de Guatemala (CDC/ CECON) y Fundación Mario Dary (FUNDARY).

Equipo:

-Instalaciones Base del CCB/CECON en Peten: Cerro Cahú y Bethel.

-Vehículo agrícola

-Computadora 486

-Receptor de Geoposición Global (GPS) Trans Pack II

-Mapas Topográficos

-Imágenes Satelares Land-Sat TM 1987, 1989 y 1995

-Fotografía aérea escala 1:60,000 de 1987

5.3 PROCEDIMIENTO

La presente tesis abarcó únicamente lo correspondiente al diseño del programa de monitoreo desde su definición, factibilidad, contexto, planteamiento de preguntas y variables. Para ello se consideraron dos fuentes de información: las obtenidas a través de consultas, revisiones y la obtenida de las visitas de campo. La implementación del programa de monitoreo por parte de otra entidad debería basarse de esta primera fase de diseño.

5.3.1. ETAPA I (Gabinete)

Como se quería conocer si existe un efecto medible de las actividades humanas sobre la diversidad biológica, como producto de las extracciones forestales selectivas, se estudió los detalles descritos en los antecedentes, sobre: 1) la cubierta forestal, 2) topografía, 3) suelos, 4) clasificación del bosque y 5) los detalles del plan de aprovechamiento forestal. Así mismo se evaluó los taxa propuestos con respecto a los aspectos y criterios ya descritos, sobre el uso de indicadores. Para cada aspecto, de acuerdo a Noss (1990), existen indicadores y herramientas para obtener la información. Para ubicar el lugar y sus áreas de influencia se empleó imágenes de sensores remotos

(fotografía aérea e imágenes Land-Sat TM) y mapas (IUFRO 1992) . Revisión de estudios previos y de aquellos actualmente en progreso, dieron la ubicación dentro de un contexto mayor (Petén).

5.3.2. ETAPA II (trabajo de Campo)

Se efectuó visitas de verificación de la información recopilada a partir de los mapas de GIS y de las consultas a los encargados del aprovechamiento (Centro Maya). También se buscó redefinir las preguntas específicas del programa de monitoreo, ante la realidad: otras posibles fuentes de variación no detectadas antes, problemas logísticos y contacto con las comunidades humanas. El principal objetivo de los viajes al campo fué verificar las condiciones reales del área. Se recabaron los criterios de los especialistas de cada taxón respecto a los problemas y necesidades para el desarrollo de su estudio. Con el auxilio del sistema de posicionamiento global (GPS) se ubicó y mapeó áreas y puntos de posible interés para cada una de las fases del monitoreo.

Se examinó las rutas de acceso, caminos y senderos que permiten llegar a los sitios de extracción, vegetación remanente que será aprovechada y la que no lo será; se evaluó estas rutas en función de los requerimientos mínimos de transporte y tiempo necesarios para efectuar los muestreos de cada taxón, según los métodos estandarizados que se aplican adelante.

Se diseñó un estudio piloto empleando las áreas sujetas al tratamiento (EX) y comparandolas con áreas no extraídas (CL). El mapa No. 4 del anexo No. 1 (pag.73) muestra la distribución de estos tratamientos en el estudio piloto: EX1 es la extracción de 1994 y EX2 la de 1995.

Esta tesis está limitada al diseño del programa de monitoreo, incorpora el uso de varios taxa como indicadores y el empleo de información generada por los especialistas: Mariposas diurnas (Papilionoidea y Hesperioidea), Coleoptera de algunas familias y mamíferos menores. No se busca justificar el uso particular de estos grupos, si no conocer las consideraciones teóricas y prácticas para su aplicación en el monitoreo biológico.

Se empleó los métodos estandar que han sido probados por los especialistas en otros estudios, los cuales se describen a continuación:

La unidad muestral para mariposas diurnas consistió en un transecto de 500 metros en los cuales se disponen 10 trampas equidistantes, según la metodología modificada de Sparrow et al. (1994). El censo consiste en contar las especies que llegan a cada punto de trampa en un radio de 20 metros, aproximadamente y tratar de determinar por medio de: observaciones sin captura, capturandolas con una red de mano o por medio de las trampas con cebo, el cual es banano fermentado. El censo tiene una duración de 7 minutos por estación. Hay dos unidades por sitio de muestreo separadas por lo menos 200 metros. Las trampas son colocadas una vez cada mes durante el año. El censo es unicamente diurno, retirandose las trampas por la tarde después de concluido este. La muestra consiste en un día por mes y por área de estudio (EX1, EX2, CL1, CL2).

La unidad muestral para los escarabajos copronecrófagos es 10 trampas de tipo Pit-fall, colocadas en un transecto y separadas cada 20 metros. Se coloca una unidad por área de estudio. Se utilizan como cebos, estiércol de vaca y pescado putrefacto. El método es el descrito por Halffter y Fávila

(1993). La colocación de trampas es por la mañana y son retiradas al día siguiente para reunir la información de la actividad diurna y nocturna. El censo se realiza una vez cada mes durante los meses de mayor actividad (junio a noviembre), según Cano E. (com. pers. 1995). La muestra es un día por mes y por área de estudio.

La unidad muestral utilizada para los ratones se basa en el método de O'Farell (1977) y modificada por Jolon (1994). Consiste en un total de 60 trampas-jaula tipo Sherman, colocadas en dos líneas paralelas. La muestra se obtuvo por la permanencia de las trampas durante 3 días (720 trampas-noche en las 4 áreas), por área cada mes y durante todo el año.

Después de verificar todos estos ajustes se realizó censos a partir de julio de 1994 hasta junio de 1996, aunque hubo meses donde no se realizó, principalmente por condiciones meteorológicas adversas.

5.3.3. ETAPA III (Diseño)

En este estudio se ha predeterminado la variable dependiente diversidad biológica, en función del cambio de la cobertura arbórea sujeta a la extracción forestal selectiva. El estudio de caso de Bethel ilustra la forma de ordenar y procesar la información obtenida en las etapas I y II, lo que permitió obtener un diseño, buscando medir el cambio en la diversidad biológica como una posible consecuencia del corte selectivo del bosque.

6. RESULTADOS

ETAPAS I Y II

6.1 CONSIDERACIONES PRACTICAS, AJUSTE Y VERIFICACION DE CAMPO

El estudio de la información recopilada (etapa I) y las visitas efectuadas desde octubre de 1993 hasta finales de 1995 al área de la Cooperativa Bethel, permitieron reunir información sobre el desarrollo del programa de corte selectivo del bosque, su reconocimiento y de visitar otros sitios aledaños utilizados por la población. Se realizó los contactos con los representantes de la comunidad y se involucró a algunos de ellos para ser entrenados en las técnicas de muestreo y para que actuaran como guías en el bosque.

Con la ayuda de un receptor de Posición Global (GPS), se localizó y recorrió las áreas de aprovechamiento forestal. Así también se recorrió las diferentes áreas que aparecen en un mapa de estratificación realizado por PROPETEN, en base de un inventario forestal (ver mapa No. 2 anexo No. 1, pag. 71). Ello permitió establecer que los estratos mencionados como "ya aprovechados" en realidad no muestran diferencias aparentes con los estratos que serán aprovechados. En los primeros se realizó en 1991 cortes de caoba y cedro. Pero la constante actividad de los pobladores dentro del bosque en busca de madera para sus casas y leña, agrega una extracción equiparable y más difundida que esta extracción de 1991. Un estudio realizado sobre la homogeneidad del bosque en Bethel (Coronado 1995), muestra que las diferencias en estructura y composición tienen relación con gradientes de humedad, los que están relacionados con los pantanos de La Vaca y del Peje Lagarto.

En los extremos de este gradiente encontramos la vegetación parcialmente sumergida, especialmente en la temporada de lluvia y la vegetación de la parte alta de pequeñas colinas.

Estas primeras observaciones sirvieron para definir un criterio general para la ubicación de las unidades muestrales: no serán colocadas en los extremos del gradiente de humedad del bosque. Los otros aspectos de la estratificación y clasificación de la cobertura, presentados por PROPETEN, no son relevantes en apariencia por lo que no serán considerados para la selección de los sitios de muestreo.

Al efectuar el estudio piloto se pudo establecer aspectos logísticos que afectan el diseño futuro del programa de monitoreo. Los más relevantes son: CL1 es accesible desde la carretera a Retalteco a unos 200 metros de esta. CL2 se encuentra a 800 metros de esta misma carretera. EX1 está a unos 3000 metros de la carretera principal y se requiere entrar a través de una vereda en mal estado, con un vehículo de doble tracción, lo que demora unos 20 minutos. También es posible entrar desde CL2 caminando 45 minutos. EX2 está a unos 400 metros de la orilla de la carretera a la comunidad conocida como La Técnica. Considerando la hora de inicio de los muestreos y censos de todos los taxa, EX1 muestra el límite práctico permisible de distancia y dificultad a la que se puede entrar y realizar un muestreo.

Los resultados de un año de censo y colectas despliegan un inventario parcial de las especies de mariposas diurnas, el total (o muy cerca) de los escarabajos y total de los ratones. Se completó el inventario de mariposas con los datos de colectas de un año (con colectas antes de iniciar el estudio

piloto), colectas con red fuera de las áreas de censo y en habitats de borde. Todos los datos alimentaron una base de datos en Quattro Pro. 5.0 para ventanas. La determinación de los especímenes colectados y que no fué posible realizarla en el campo se realiza actualmente en el laboratorio de Entomología Sistemática de la Universidad del Valle, donde también están depositados la mayoría de especímenes de mariposas y escarabajo del programa CCB/CECON.

Las tabla No. 1, 2 y 3 del anexo No. 2 (pags. 77-83) muestran los listados de especies de todos los taxa evaluados y su abundancia relativa en los tratamientos o áreas muestreadas. El censo registró 2,663 especímenes de escarabajos entre los meses de julio a noviembre de 1995 correspondientes a 39 especies. La gráfica 1 del anexo No. 2 (pag. 84) muestra la distribución general de las especies en hábitas muestreados: potrero, áreas de corte selectivo y áreas control. Las diferencias observadas son especialmente notorias entre el área de potrero y las áreas de bosque: *Canthon viridis*, *Onthophagus landolti* y *Onthophagus* sp. "a" se encuentran casi exclusivamente en potrero. Entre los controles y las extracciones también se nota una ligera diferencia: *Megathoposoma candezei*, *Bdelyropis bowditchi*, *Ateuchus* sp., *Canthon femoralis* y *Deltochillum scabriusculum*, se muestran en los datos con mayor abundancia en bosques sin corte selectivo.

Las colectas y el censo de mariposas efectuado entre agosto de 1994 a noviembre de 1995 registró 117 especies de las familias Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae. No se presenta aquí los resultados para las familias Lycaenidae ni Hesperidae, de las cuales, muchas especies se encuentran pendientes de determinación. Durante el censo se registró 77 especies y 659 individuos cuyos datos de abundancia relativa se presentan en la tabla No. 2 del anexo No. 2 (pag.79). El estudio de

mariposas diurnas no incluyó el hábitat de pastizal o potrero. La gráfica No.2 del anexo No. 2 (pag.85) muestra la distribución de las especies en el tiempo y por el tipo de hábitat.

Durante un año de muestreo (julio de 1995 a junio de 1996) se capturó 4 especies de ratones y una especie de musaraña: *Heteromys desmarestianus*, *Ototylomys phyllotis*, *Oryzomys melanotis*, *Sigmodon hispidus* y una musaraña (Insectívora: Soricidae). Los detalles del esfuerzo del muestreo éxito de captura y abundancia en las 4 áreas se muestran en la tabla No. 3 del anexo No. 2 (pag.83) La gráfica No. 3, anexo No. 2 (pag. 86) muestra estos resultados.

Se aplicó a los datos de escarabajos y mariposas un análisis de grupos usando el Porcentaje de Disimilitud de Bray-Curtis. El agrupamiento se realizó con en base de la estrategia flexible recomendada por Ludwig y Reynolds (1988) y con un valor para β de -0.25 (ver gráfica No. 4 de anexo No. 2, pag. 87).

6.2 DISEÑO DEL PROGRAMA DE MONITOREO (etapa III)

La información proveída por los muestreos de los taxa ya descritos forma la linea base que permite desplegar datos sobre las especies presentes, fenología y abundancia relativa. El análisis descriptivo de la distribución de las especies sugiere también una posible hipótesis sobre el efecto del tratamiento sobre la heterogeneidad: **los dos grupos que se segregan representan el efecto del tratamiento o, alternativamente, la distancia entre grupos representa el efecto del sitio.**

También se sabe ahora cuales son los requerimientos logísticos y limitantes impuestas por la

naturaleza del lugar: sitios cercanos a los pantanos no será posible evaluar. Tampoco debe evaluarse las colinas pues no solo representan el extremo del gradiente de humedad y además no habrá extracción en estos lugares, por limitantes en la remoción de la madera.

El mapa No. 5 en el anexo No. 1 (pag. 74) muestra la propuesta de diseño experimental. La disposición de los futuros compartimientos de corta no es precisa en el plan de manejo y la que se presenta aquí es hipotética. El modelo muestra 4 áreas que ya han sido establecidas: extracciones de 1994, 1995, 1996 y 1997. Dos áreas que han sido estudiadas como controles (sin extracción) y la posible disposición de los restantes 16 compartimientos. Se puede distinguir entonces tres condiciones del área experimental: sitios que ya han sido extraídos, sitios de futura extracción y sitios que no tendrán extracción todos completamente intercalados y sin un orden preestablecido.

Para abarcar la amplitud de este tratamiento se propone disponer 10 sensores (unidades muestrales de los taxa indicadores) en un modelo espacial de tipo sistemático (Hurlbert 1984) disponiendo los sensores a lo largo del camino principal y tratando de cubrir todos los eventos. La información de la abundancia temporal del estudio piloto sugiere que los censos sean realizados cada año en la época lluviosa, lo que comprende los meses de junio a noviembre cuando se ven aumentadas las poblaciones de muchas especies.

6.2.1 ANALISIS DE LOS DATOS

El enfoque de estudio con indicadores que se está aplicando tiene dos salidas de datos, el de especies analizadas separadamente y el de ensambles de especies (Kremen 1992). Para los dos casos se quiere analizar la relación entre algún valor de la variable diversidad (β diversidad) en un punto dado con el valor de esta variable en otros puntos. Este enfoque de análisis corresponde a la medición de la continuidad espacial (Rossi et al. 1992)

Los estudios piloto han proveído una línea base de información que refleja el probable comportamiento de las especies en relación con el tratamiento. Esta primera propuesta es de carácter general y los detalles se establecerían al instalar todo el diseño de muestreos propuesto arriba. Se estimará la **covarianza** entre los valores de disimilitud de EX vrs. los de CL. Los valores de abundancia relativa de especies indicadores provenientes de sitios EX y CL pueden ser considerados como variables (u, v) y entonces calcular su covarianza, la cual se define como el producto medio de las diferencias entre cada variable y su respectiva media (Roossi et al. 1992):

$$\hat{C}_{uv} = \frac{\sum_{i=1}^N (u_i - mu)(v_i - mv)}{N}$$

N , es el total de pares de valores de la muestra (todos los datos EX y CL de las abundancias de los indicadores). O su conveniente conversión al **coeficiente de correlación lineal de Pearson**:

$$\hat{P} = \frac{\sum_{i=1}^N (u_i - mu)(v_i - mv)}{S_u S_v}$$

donde el denominador es ahora el producto de las respectivas desviaciones estandar de los valores de las variables u & v .

Los resultados de este análisis de exploración de los datos puede guiar al usuario para el uso de geoestadística. Posiblemente el llamado h-plot de dispersión sería muy informativo para la comprensión de múltiples poblaciones y sus tendencias (Rossi et al. 1992).

7. DISCUSION

Este estudio puede ser considerado como un experimento natural de trayectoria (Galindo-Leal 1996) en el cual se compara una comunidad durante intervalos de tiempo en los cuales se produce una perturbación; en este caso, el corte selectivo del bosque. Es inherente a este tipo de estudio la dificultad de manipular las fuentes de variación. Tal situación se magnificó por la falta de precisión de las características del tratamiento. La aproximación hecha de este tratamiento impone algún grado nuevo de incertidumbre. Algo similar ocurrió al referirse a la variable de respuesta esperada, la diversidad biológica. Aún visualizandola como una variable también dependiente de la escala de tiempo y espacio sigue, siendo un problema bastante teórico que urge darle características prácticas.

Recientemente surge otro concepto abstracto e impreciso: integridad de un ecosistema (King 1993) y más aún, "integridad ecológica"; las agencias donantes urgen a los gobiernos y entidades ejecutoras a enfocarse en el monitoreo de la "integridad". En realidad es mejor ir paso a paso,

recordando que la idea de los modelos es poder anticiparse a los hechos y de esa manera corregir.

El monitoreo de la diversidad biológica solo es un caso de la aplicación de herramientas científicas de medición y podrá dar respuestas relevantes si las metas son claramente establecidas en relación de un problema correctamente definido.

En el presente estudio cabe muy bien la pregunta: ¿Qué caso tiene monitorear la diversidad biológica relacionada con un sistema de manejo forestal como es el corte selectivo del bosque?

Una respuesta desde el punto de vista puramente académico es porque es una oportunidad de avanzar en la investigación de los cambios en los ecosistemas tropicales inducidos por los estilos de vida y uso de los recursos. Y, entre más se avance en este sentido, será posible modelar cuales son y serán las tendencias establecidas.

Desde el punto de vista del manejo, incorporar estas actividades de monitoreo se convierte en una poderosa herramienta de evaluación de los planes de manejo y consecuentemente, en una forma de modificarlos o incluso elaborarlos de nuevo. Por ejemplo, el plan maestro de la RBM considera tres zonas fundamentales: zonas núcleo, zonas de uso múltiple y zonas de amortiguamiento (CATIE 1996). La zona de usos múltiples permite el uso "racional" de los recursos para darle "sostenibilidad" a la RBM. Se está considerando la aplicación de un plan general de manejo forestal para esta zona y podrían aplicarse criterios de manejo similares a los de Bethel, como el corte selectivo de tipo industrial y comunitario (Synnott 1994). Por otro lado, la zona de uso múltiple

secciona o separa las zonas núcleo (ver mapa No.6, pag. 75). Estudios serios de monitoreo ecológico ayudarían a establecer cuales podrían ser las consecuencias de un tipo de manejo como el corte selectivo. En teoría parece que este esquema de manejo fomentará la fragmentación; pero ambas consideraciones deberían ser probadas.

Tomando en cuenta la escala temporal y espacial en la que ocurren los efectos previstos de la fragmentación de los ecosistemas (Shafer 1990, Brown 1989) en contraste con las apreciaciones provenientes de estudios de impacto ambiental y otros tipos de evaluaciones sobre cambios en la diversidad biológica y que apoyan medidas correctivas como el sistema de áreas protegidas y planes de manejo, se puede esperar un incentivo a la fragmentación en Guatemala y en la región. Solamente estudios verdaderos de monitoreo de estas tendencias naturales e inducidas, los cuales se proyectan arriba de 20 años como mínimo serán relevantes. Vale la pena considerar que los bosques de la zona Maya en Petén podrían tener una edad de 1000 años nada más, producto de la actividad de las culturas que poblaron la región (Leyden 1984) y este podría ser un tiempo razonable para comprender el desarrollo de este tipo de bosque tropical.

Como estrategia de investigación y monitoreo el uso de indicadores está logrando importantes avances: los estudios piloto de inventario y monitoreo con mariposas diurnas en el Parque Nacional Tikal proveen una línea base de información que ha estimulado investigaciones como la que se presenta en este estudio. Se tiene datos sobre fenología, distribución y abundancia en varios tipos de hábitats (Austin et al 1996). Sin embargo no hay que olvidar que estos avances son una pequeña parte de la información necesaria cuando se habla de indicadores como se explicó anteriormente.

Ahora estamos calibrando métodos y estos resultados muestran algunos aspectos de la formulación de programas de monitoreo pero falta mucho más. El enfoque multitaxonómico empleado en este trabajo muestra ventajas sobre el uso de un solo taxón. Los resultados del análisis de grupos aplicado a los datos de mariposas diurnas son muy similares a los de escarabajos. Esto puede reforzar un análisis de la continuidad espacial de estos puntos de muestreo.

El siguiente modelo explica el comportamiento supuesto de un indicador y como los criterios de selección ayudan a predecir los cambios en el comportamiento producidos por el tratamiento:

La Figura No. 3 representa el tratamiento al bosque donde en A los puntos que se mueven en líneas ondulantes son los indicadores. Estos están ampliamente distribuidos en el hábitat. Hay algunos elementos fuera del hábitat y detrás de la línea nombrada como borde. Las líneas onduladas representan el flujo de los indicadores simplificado y en una sola dirección. En A1 se representa una muestra en un área sin tratamiento. En B1 fue practicada una extracción forestal creándose un claro. El claro afecta el flujo de los indicadores de la siguiente manera: algunos elementos evitan este punto; otros lo atraviesan sin cambios. Otros que estaban fuera del hábitat, por ejemplo detrás del borde ingresan al lugar. Se supone que las especies que se estudian se aproximan bastante a este comportamiento ideal de un indicador, porque están ampliamente distribuidos, son abundantes y sensibles al tratamiento (propiedades 1 y 2).

El cuadro dentro de las figuras muestra que su tamaño es independiente de su efectividad capturando indicadores, pues estos son lo suficientemente abundantes y completamente distribuidos en el área. De esta forma lo que se deberá calibrar será la duración del esfuerzo de muestreo y la

forma de la unidad muestral.

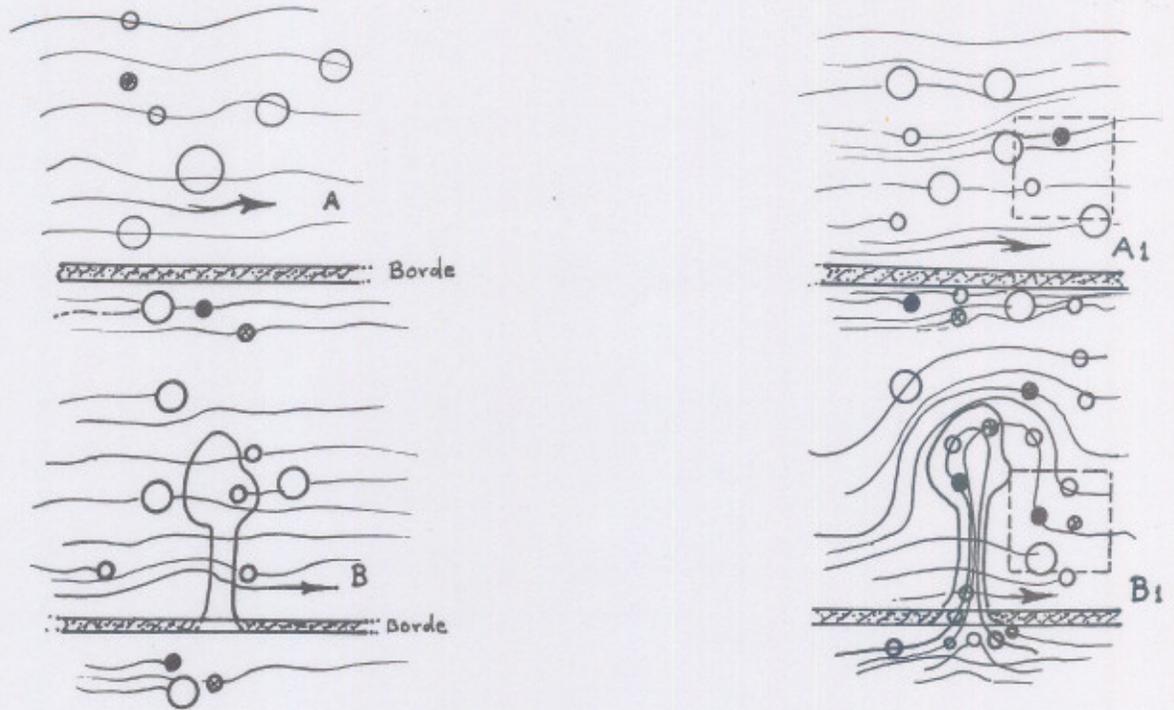


Fig. 3

Representación gráfica del comportamiento ideal de un indicador en un sistema. Observe como el tratamiento altera el flujo de los elementos pertenecientes al sistema (separados por el borde) y de los no pertenecientes.

De esta manera los indicadores serán sensibles a cambios en la heterogeneidad del sistema porque el tratamiento cambia su flujo dentro de él. Puede distinguirse a priori dos situaciones diferentes

de la respuesta al tratamiento: el cambio instantáneo producido por la modificación de la cantidad de luz (y por ende cambios en microclima como humedad y temperatura). Este cambia la distribución pero no necesariamente la abundancia de los indicadores. Un segundo efecto es de más largo plazo el cual es causado por degradación progresiva del área sujeta al tratamiento: cambios en microclima como humedad y temperatura y cambios en la composición y estructura del sistema, los que se podrían traducir en cambios en la disponibilidad de alimento, hospederos, aumento de depredadores, patógenos, etc. Estos pueden producir cambios en la abundancia de los indicadores. Se asume que el indicador es sensible a toda esta gama de cambios.

Por ahora la distribución de mariposas y escarabajos forma dos grupos en relación al tratamiento (ver gráfica No.4, anexo No. 2, pag. 87). Observando la matriz de datos cruda es fácil intuir que esta separación, en el caso de las mariposas es producida por un grupo de especies que es exclusiva o poco compartida entre áreas de muestreo (ver gráficas 5, 6 anexo No.2, pags. 88-89) *Marpesia chiron* fué más frecuente en las áreas EX. *Caligo uranus* es más frecuente en las áreas CL. Una explicación a estos resultados la da el modelo descrito del comportamiento de indicadores: *M. chiron* es una especie que vuela en áreas abiertas del bosque, bordes y caminos con suficiente abertura del dosel. Normalmente esta especie cruza el bosque por arriba de la bóveda y su ocurrencia dentro de los claros producidos por el tratamiento se produce por su incursión ya sea desde arriba o por los caminos dejados en la remoción de la madera. La otra especie, *C. uranus* , por el contrario evitan el exceso de luz y el calentamiento derivado. Probablemente esto produce las diferencias observadas. Ejemplos similares ya fueron explicados para los escarabajos copronecrófagos. Estos casos ejemplifican los efectos instantáneos de los claros producidos por el

tratamiento, en el comportamiento de estas especies. Dado lo pequeño del área afectada en estos primeros compartimientos de corta no es válido hablar de efecto en la diversidad, desde el enfoque de heterogeneidad.

Seguramente los cambios más profundos en la distribución y abundancia de las especies tienen relación con cambios en la calidad del hábitat. Pocos estudios se han enfocado en este contexto. Un estudio en un bosque denso al norte de Manaus, Brazil, se inició en 1980 como parte de un proyecto de 25 años y está diseñado para probar las teorías de biogeografía de islas en hábitats continentales.

Las observaciones sobre los cambios físicos y biológicos han permitido evaluar los efectos de borde provocados deliberadamente, al crear fragmentos de bosque rodeados de claros (Brown 1989). Señala este estudio que en el borde del bosque, la luz puede tener ahora una penetración de hasta 150 metros. El viento de hasta 100 metros. Además, el calentamiento excesivo del área descubierta por la insolación o por quema penetra hasta 100 metros del borde, con su consecuente depresión del oxígeno. Estas condiciones ambientales favorecen la invasión de plantas y animales hasta 300 metros (bejucos y enredaderas).

El hábitat de borde favorece el crecimiento de especies de artrópodos depredadores y otros insectos. También se señala la penetración de aves de los claros. Estos factores de alguna manera han afectado a las comunidades de mariposas señala el estudio de Manaus: las grandes especies con requerimientos especiales desaparecen en los fragmentos de bosque pequeños (Morphinae,

Brassolinae y Charaxinae). Otros grupos afectados son los que prefieren los lugares con sombra, tanto los de amplia distribución en el bosque como los Satyrinae o los que se agrupan como los Ithomiinae. Las especies asociadas a lugares iluminados como los Heliconiinae y que prefieren los sitios de rebrote de sus plantas nutricias cambian sus densidades por cambios en el hábitat de borde donde crecen estas plantas.

El caso de estudio en Bethel podría estar reproduciendo condiciones que remeden un efecto de borde solo que de manera intrusiva y por eso se puede sospechar de cambios microclimaticos como los que ya se han citado en el caso de Manaus aunque de menor intensidad. Comparativamente el caso de fragmentación estudiado en Manaus es un tratamiento agudo y el de Bethel es crónico.

En todo caso el poder detectar cual es el efecto de este tratamiento sobre la biota y como atributo de esta, la diversidad; es necesario conocer estos detalles sobre la biología, comportamiento y ecología de los indicadores. La información acumulada sobre los taxa de este estudio posiblemente permitirá interpretar los cambios en las poblaciones pero entre más profundos sean estos conocimientos, más detallados pueden ser los análisis de causa-efecto.

La evaluación del diseño experimental utilizado en el estudio piloto también sirvió para corregir un posible diseño de monitoreo de la diversidad a largo plazo: primero debe notarse que las áreas experimentales (EX) y los controles (CL) presentan problemas de segregación simple y por lo tanto pseudorreplicación (Hurlbert 1984). Es decir las diferencias que muestran algunas especies en su distribución y en su abundancia no deberían ser tratadas a través de inferencia estadística (Hurlbert

1984). Además, como antes ya se dijo, una evaluación de 3 o 4 años podría tener poco valor en términos de determinar cambios en heterogeneidad.

Por otro lado si el tratamiento que interesa tiene ciclos de 20 años, agregandose cada año un nuevo compartimiento de corta, los cuales afectarán amplias regiones de la banda boscosa, incluyendo áreas contiguas a los actuales controles, entonces el experimento debe tener una duración mínima de 20 años.

Dadas las cualidades de un indicador y los criterios de selección, se considera que muchas de las especies podrían ser buenos estimadores y por lo tanto los ensambles de estas especies podrían ser tratados como sensores del cambio en la diversidad (β diversidad).

8. CONCLUSIONES

Este estudio ejemplifica las etapas que deben ser cubiertas para formular un plan de monitoreo de la diversidad biológica ante una fuente de perturbación, más aún, este esquema puede ser válido en otros estudios en los cuales se tiene en común tres aspectos: definir el problema, que es exactamente lo que se quiere saber, que enfoque se utilizará para resolver el problema y como se aplicará. Estos tres aspectos implican definición del problema, escoger una estrategia para resolverlo y plantear un diseño de ejecución.

8.1 Sobre el planteamiento del problema

Siguiendo este esquema se logró caracterizar el tipo de manejo forestal al cual se denominó tratamiento, el que se definió en tiempo y espacio. Se escogió una variable que pudiera ser un estimador del efecto del tratamiento, se dieron las justificaciones y se eligió la diversidad biológica, definida en función de tiempo y espacio: se concluye que el problema queda definido como, ¿Cuál es el efecto del tratamiento sobre la heterogeneidad (diversidad B) en un tiempo mínimo de 20 años?

8.2 Sobre la estrategia de investigación

La estrategia empleada puede definirse como el uso de indicadores. Para referirse a indicadores se especificó y caracterizó según lo establecido por Noss (1990), Kremen (1992) y Landres (1988). Se completa esta definición con el establecimiento de criterios de selección de indicadores. Se validaron los taxa empleados como indicadores en base de estos criterios de selección: mariposas diurnas, escarabajos copronecrófagos y mamíferos menores. Los taxa empleados pueden considerarse como buenos indicadores de la heterogeneidad ya sea separadamente o en conjunto, con la excepción de los mamíferos menores cuya utilidad puede ser la de correlacionar los resultados de los otros grupos con ellos. Es necesario probar muchas especies y continuar los estudios básicos para tener una sistema más sensible como complejo indicador.

8.3 Sobre el diseño experimental

El diseño experimental propuesto pretende probar si el tratamiento tiene efecto sobre la heterogeneidad (diversidad β) en un tiempo mínimo de 20 años. El diseño puede considerarse también la base de un posible programa de monitoreo de la diversidad biológica, donde los indicadores son abordados como estimadores formales.

8.4 Sobre las aplicaciones

Se concluye que por ahora, debido a la falta de inclusión de criterios científicos por los conservacionistas, políticos y administradores para la toma de decisiones o en el diseño de planes de manejo, este tipo de análisis y monitoreo ha tenido aplicaciones limitadas. En particular ningún programa de manejo actualmente está proponiendo un estudio formal sobre la diversidad.

Por otro lado podría ser de gran valor considerar el uso de este esquema de monitoreo de la diversidad dentro de los planes de manejo en la RBM; en particular en la zona de usos múltiples donde se propone utilizar la tala selectiva y otros usos que se supone "sostenibles" y esto daría la posibilidad de probarlo.

9. RECOMENDACIONES

9.1 Sobre el planteamiento del problema

Se recomienda verificar en cualquier proyecto o programa de monitoreo si queda claramente establecido el problema: planteamiento, supuestos, variables, escala temporal y espacial. Este tipo de evaluación debería aplicarla CONAP u otra entidad de turno encargada de la vigilancia del manejo y conservación.

9.2 Sobre la estrategia y métodos de investigación

Observando la confusión que se da actualmente en el mundo conservacionista sobre el tema del monitoreo de la diversidad biológica y sus aplicaciones, se recomienda:

Establecer la escala y nivel de resolución que se desee obtener en un monitoreo ecológico o biológico. Deberá establecerse un método y estrategia para verificar los cambios en la variable estudiada como indicador. Por ejemplo si el estudio pretende documentar la fragmentación de una masa boscosa (indicador de estructura en el paisaje) en un tiempo de 20 años, podría emplearse fotografía aérea de diferentes años y medir los cambios en la cobertura. Pero no podrá emplear este método para evaluar los cambios en la diversidad de especies. Por otro lado los resultados del censo de una población de una especie dada, no podrían aplicarse al estudio de las tendencias en el uso de la tierra (extensión de campos cultivados, bosques, etc.).

9.3 Sobre el diseño experimental

Se recomienda que las autoridades evaluadoras de proyectos de monitoreo verifiquen que este sea planteado como un experimento formal el cual incluye una hipótesis rechazable a través de un diseño experimental formal. Por supuesto que esto obliga también a que los programas de monitoreo que evalúan un plan de manejo efectivamente regulen o modifiquen este.

9.4 Sobre las aplicaciones

Se recomienda considerar al programa de monitoreo a largo plazo de la diversidad biológica o de otro nivel, como la consecuencia de una estrategia de conservación y no una acción aislada, que por ende resulte inconexa del esquema general. Es más, estudios como este corren el peligro de quedar inconclusos por la presión tanto interna como externa de información y "métodos prácticos" de evaluación ambiental. Para resolver en parte este desfase se recomienda considerar los programas de monitoreo dentro de un sistema de evaluación jerarquizado donde la base es el inventario y caracterización de grandes áreas del paisaje, clasificación de la cobertura vegetal, uso de la tierra y demografía humana.

Esta línea base de información podría proveer de pronóstico de tendencias y patrones. Es esto último lo que se desea documentar con un programa de monitoreo: ¿Cómo están distribuidos los recursos naturales? ¿Cómo interactúa la gente con los patrones de distribución (tala, agricultura, corte selectivo) de estos recursos? Y finalmente ¿Cómo se puede medir el impacto de todas estas

alternativas o formas de manejo, incluyendo, áreas protegidas y el llamado "uso sostenible"? El monitoreo de la diversidad biológica es una alternativa recomendable siempre y cuando estos planes sean propuestos como una hipótesis formal y en una escala de tiempo y espacio definidas.

10. BIBLIOGRAFIA

Austin, G.T., N.M. Haddad, C.A. Méndez, T.D. Sisk, D.D. Murphy, A.E. Launer, and P.R. Ehrlich. 1996. Annotated checklist of the butterflies of Tikal National Park and vicinity, Guatemala (Lepidoptera). *Tropical Lepidoptera* 7(1): 21-37.

Bissonette, J. A., and P. R. Krausman, eds. 1995. Integrating people and wildlife for a sustainable future. Proceedings of the First International Wildlife Management Congress. The Wildlife Society, Bethesda, Md. 697pp.

Borror, D. J., D. M. Delong and C. A. Triplehorn. 1976. An introduction to the study of insects. Fourth ed. Holt, Rinehart and Winston. U.S.A. XXXIV+789pp.

Brown, K. S. 1989. Conservation of neotropical environments: insects as indicators. Pags. 350-401 en N. M. Collins & J. A. Thomas. (editores). The conservation of insects and their habitats. Academic Press. San Diego, CA. USA.

Centro de Datos Para la Conservación de Guatemala. 1987. Manual de Operaciones. The Nature Conservancy.

Centro de Datos para la Conservación. 1993. Evaluación ecológica rápida de la Reserva de la Biósfera Sierra de la Minas. Reporte final. Guatemala, Guatemala. 57pp.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 1996. Plan maestro Reserva de la Biósfera Maya. Consejo Nacional de Areas Protegidas. Guatemala. 39pp.

Contreras, J. y J. Morales. 1995. Evaluación de los efectos del aprovechamiento forestal sobre el bosque residual en Bethel, La Libertad. Petén. Guatemala, PROPETEN. Conservación Internacional 34pp.

Coronado, L. E. 1995. Determinación de la homogeneidad del bosque en el área del monitoreo biológico en la cooperativa Bethel (La Libertad, Petén). (tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. 37pp.

Defensores de la Naturaleza. 1990. Estudio Técnico para dar a Sierra de las Minas la categoría de Reserva de la Biósfera. World Wildlife Fund-Defensores de la Naturaleza. Guatemala. Guatemala. 44pp.

Defensores de la Naturaleza. 1992. Reserva de la Biósfera Sierra de las Minas: plan maestro. Guatemala, Guatemala. 55pp.

Galindo-Leal C. (ed.) 1996. ECOTONO: Boletín del Programa de Investigación Tropical. Estados Unidos de América: Centro Para la Biología de la Conservación, Universidad de Stanford. Doc. Tec. No. 2. 12pp.

Godoy J. C. 1985. Necesidad de establecer un sistema nacional de áreas silvestres protegidas en Guatemala. pags. 158-176. en Primer Seminario sobre Areas Silvestres en Guatemala. Guatemala, INAFOR-Universidad de San Carlos.

Godoy J. C. 1985. Parques Nacionales: Los Biotopos Protegidos en Guatemala. Biocenosis.

Gretzinger S. P., y M.E. Salazar. 1993. Plan de manejo forestal Cooperativa Bethel La Libertad, Petén. Guatemala. PROPETEN Conservación Internacional. 119pp.

Halffter G. 1992. (comp). La diversidad biológica de Iberoamérica. Xalapa, México. 363pp.

Halffter, G. y M. E. Fávila. 1993. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analysing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biology International* 27:15-21.

Hurlbert, S. H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54(2):187-211.

IUFRO. 1992. International guidelines for forest monitoring. University of Joensuu, Joensuu. Finland. 32pp.

Jolon, M. R. 1994. Informe final de E.P. S. realizado en el Parque Nacional Tikal. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. 81pp.

Jolon, M. R. 1996. Ecología poblacional del raton espinoso de bolsas *Heteromys desmarestianus*, (Rodentia: Heteromyidae) en el Parque Nacional Tikal, Petén, (tesis de licenciatura) Universidad de San Carlos de Guatemala. 82pp.

King, A. W. 1993. Considerations of scale and hierarchy. pages 19-45 en S. Woodley, J. Kay and G. Francis. (eds). Ecological integrity and the management of ecosystems. Sponsored by Heritage Resource Centre, University of Waterloo, Canadian Parks Service, Ottawa.

Krebs, C. J. 1978. Ecología: estudio de la distribución y la abundancia. segunda ed. Correa, J.B. trad. México: Harla. XXVII+743pp

Kremen, C. 1992. Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. Ecology Applicated (Tempe), 2:203-217.

Landres, P. B., J. Verner, and J. W. Thomas. 1988. Ecological uses of vertebrate indicator species: a critique. Conservation Biology 2:316-329.

Leyden, B. W. 1984. Guatemalan forest synthesis after Pleistocene aridity . Proc. Natl Acad. Sci (Philadelphia) 81:4856-4859.

Ludwig, J. A. y J. F. Reynolds. 1988. Statistical ecology: a primer on methods and computing. New York: John Wiley and Sons, Inc. XX+547pp.

Méndez, C.A., T.D. Sisk, y N.M. Haddad. 1995 Beyond birds: multitaxonomic monitoring programs provide a broad measure of tropical diversity. Pags 451-456 en J. A. Bissonette and P.R. Krausman, (eds). Integrating people and wildlife for a sustainable future. Proceedings of the first International Wildlife Management Congress. The Wildlife Society, Bethesda, Maryland.

Murphy, D. D., y B. A. Wilcox. 1986. Butterfly diversity in natural habitat fragments: a test of the validity of vertebrate-based management. Pags 287-292 en J. Verner, M. L. Morrison, y C.J. Ralph, (eds). Wildlife 2000, modeling habitat relationships of terrestrial vertebrates. University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin, USA.

Nations J. D., y D. I. Komer. 1984. Conservación en Guatemala. Informe final. Centro Para la Ecología Humana. Austin , Texas. 170pp.

Nations, J.D., B. Houseal, I. Ponciano, S. Billy, J. C. Godoy, F. Castro, G. Miller, D. Rose, M.R. Rosa, y C. Azurdia. 1989. Biodiversidad en Guatemala: evaluación de la diversidad biológica y los bosques tropicales. Centro para el Desarrollo Internacional y el Medio Ambiente, World Resources Institute. Washington, D.C. 185pp.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Noss, R.F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4:355-364.

Odum, E. P. 1972. *Ecología*. (tercera ed.). México: Interamericana. XXI+619pp.

O'Farell, M. J., D.W. Kaufman, and D. W. Lundhal. 1977. Use of live-trapping with the assesment line method for density estimation. *Journal of mammology* 58:575-582.

Perez S., y N. Santos. 1993. Mamíferos menores de la Reserva de la Biósfera Sierra de las Minas. páginas 40-42 en *Evaluación Ecológica Rápida CDC/CECON*. Guatemala. (informe final).

Rabinovich, J. E. 1978. *Ecología de poblaciones animales*. Organización de los Estados Americanos, Washington, D. C. Doc. Tec. No. 21.

Rolin G. 1992. Notas sobre los mamíferos pequeños en la Reserva de la Biósfera Maya. páginas: 143-156 en Whitacre D. F. y R. K. Thorstrom. (eds). *Proyecto Maya, reporte de avance V*. The Peregrin Fund, Inc. USA.

Rossi, R. E., D.J. Mulla, A. G. Journel y E. H. Franz. 1992. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecological Monographs*. 62(2):277-314.

Shafer, C. L. 1990. Nature Reserves: Island theory and conservation practice. Smithsonian Institution Press, Washington. XVIII + 189pp.

Southwood, T.R.E. 1978. Ecological Methods. Second ed. London: Chapman and Hall. XIV+516pp.

Sparrow, H.R., T.D. Sisk, P.R. Ehrlich, y D. D. Murphy. 1994. Techniques and guidelines for monitoring Neotropical butterflies. Conservation Biology 8: 800-809.

Stanley A. T., and B.A. Wilcox. 1986. Introduction: Predicting Effects of Habitat Patchiness and Fragmentation. Pages 261-262 en J. Verner, M. L. Morrison, and C.J. Ralph, (eds). Wildlife 2000, modeling habitat relationships of terrestrial vertebrates. University of Wisconsin Press, Madison , Wisconsin, USA.

Synnott, T.J. 1994. Concesiones de manejo forestal para la Reserva de la Biósfera Maya, Petén, Guatemala. Tropical Forest Management Trust, Inc. Gainesville, Florida. 29pp.

Villar L. 1983. Los biotopos protegidos de Guatemala: filosofía y ejemplos. Perspectiva 2:118-137.

Weaver, J. C. 1995. Indicator species and scale of observation. Conservation Biology 9: 939-942.

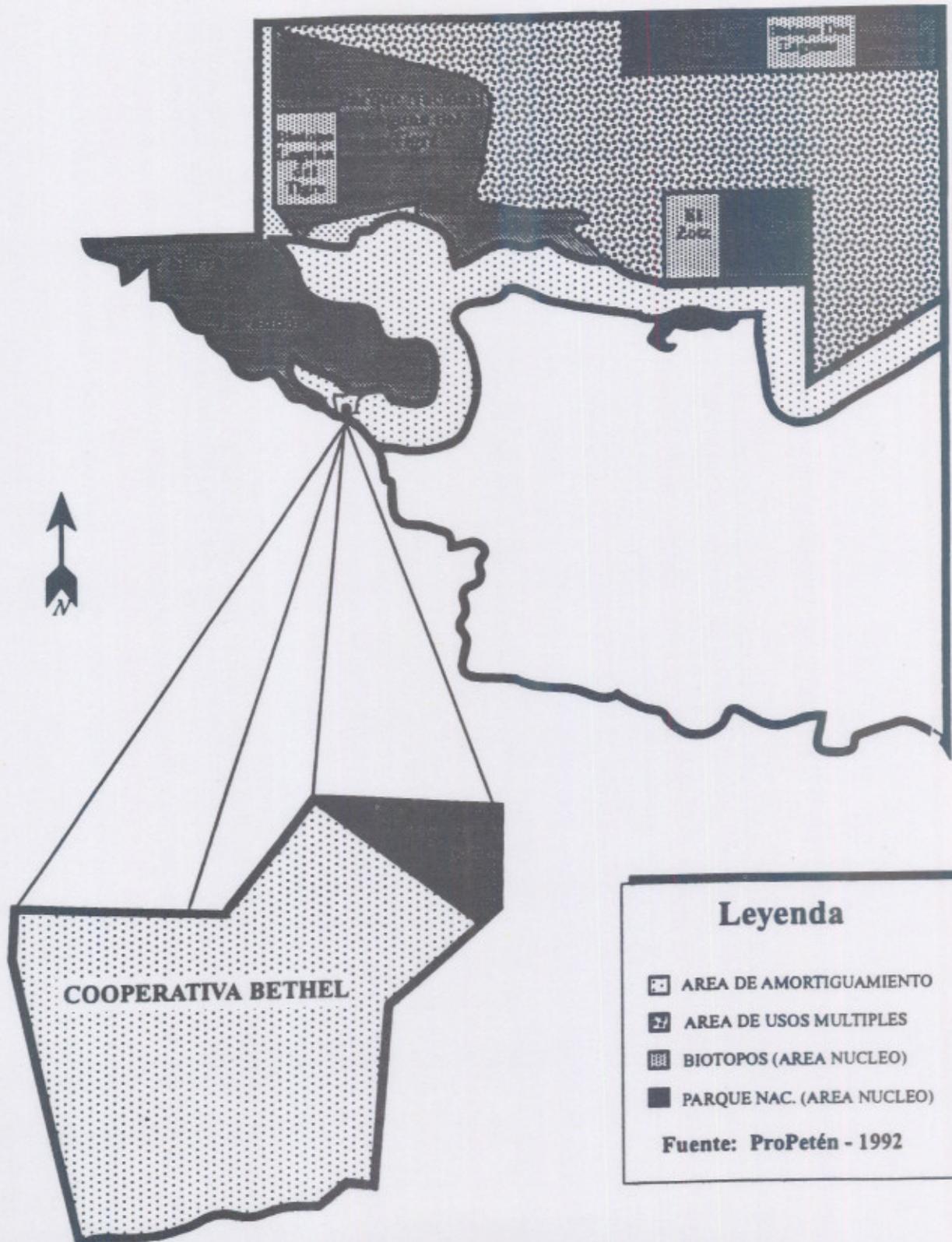
ANEXO NO. 1

MAPAS

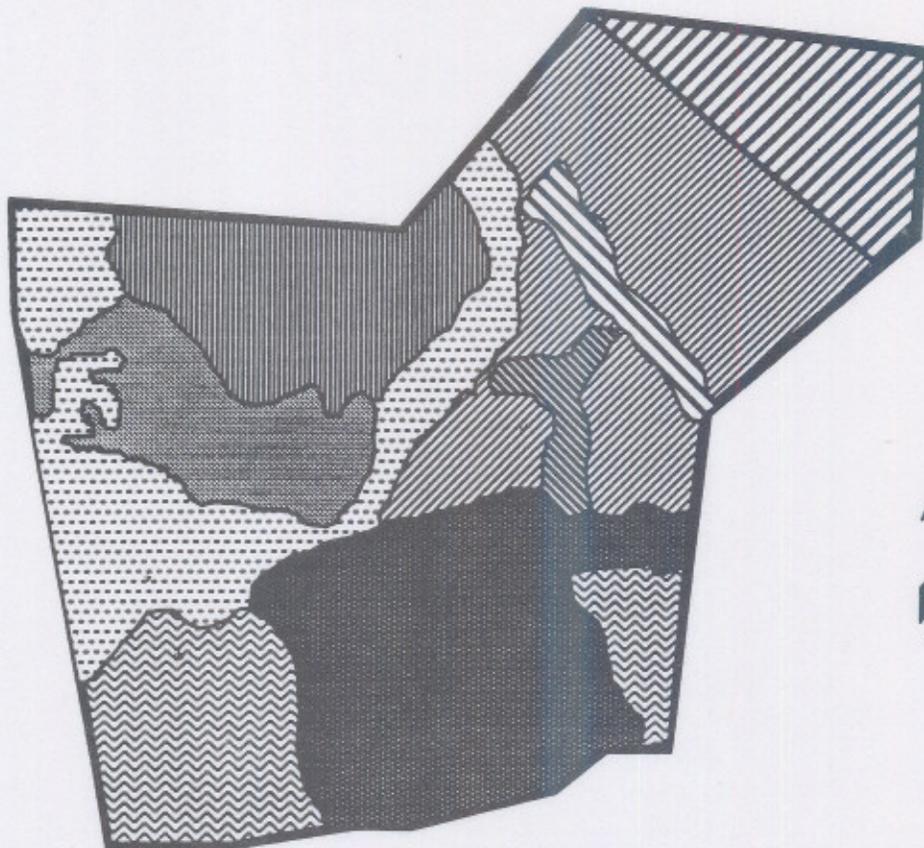
- Mapa No. 1 Ubicación geográfica respecto a la RBM
- Mapa No. 2 Estratificación por tipo de cubierta arborea
- Mapa No. 3 Zonificación para el aprovechamiento
- Mapa No. 4 Ubicación de áreas de muestreo del estudio piloto
- Mapa No. 5 Diseño experimental propuesto
- Mapa No. 6 Representación gráfica del plan de manejo de la RBM

MAPA No. 1

UBICACION GEOGRAFICA RESPECTO A LA R.B.M.



MAPA No. 2
ESTRATIFICACION MOSTRANDO EL
AREA DE BETHEL DENTRO DEL PARQUE
NAC. SIERRA DEL LACANDON



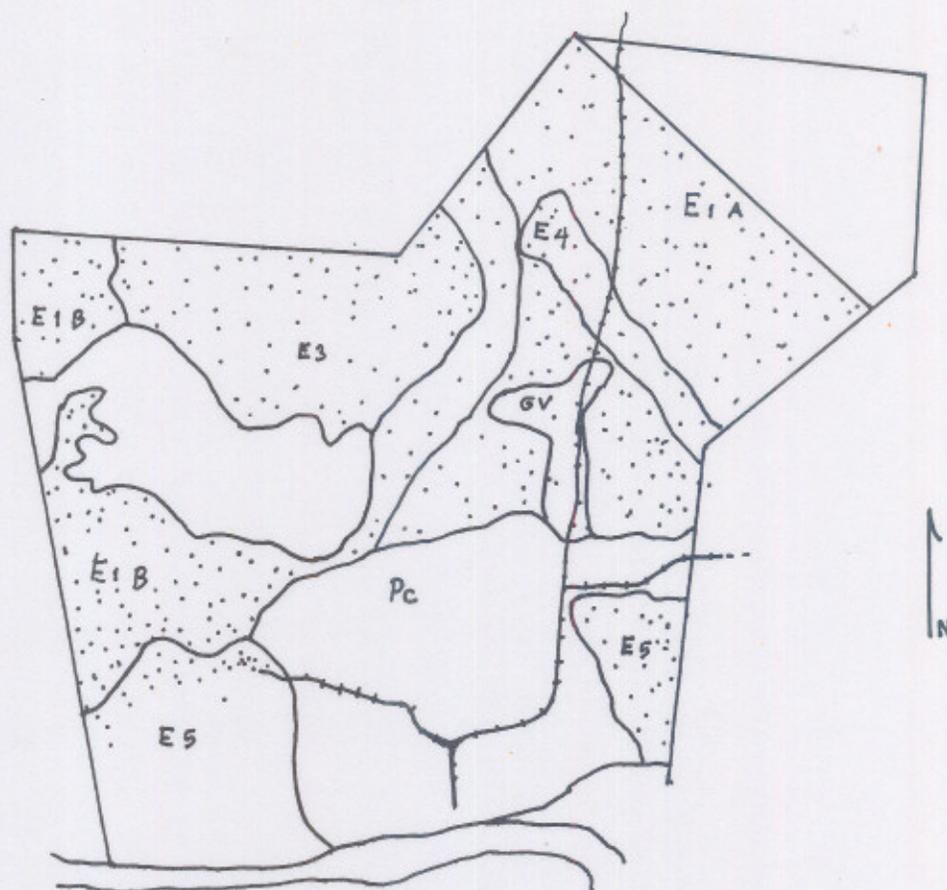
ESCALA: 1: 70,000

No.	DESCRIPCION	AREA (Has)	%
	Sierra de Lacandon	389	9.4
	Planicie Aprovechada	856	20.6
	Planicie No Aprovechada	627	15.1
	Area de Bajo	448	10.8
	Cerrania Baja	98	2.4
	Cerrania Alta	476	11.5
	Area Habitada	842	20.3
	Guamil Viejo	81	1.9
	Pantano	332	8.0

Fuente: ProPetén - 1992

MAPA No. 3

ZONIFICACION DE BETHEL PARA EL APROVECHAMIENTO FORESTAL
Se muestran las áreas disponibles como estratos (E1-E5)



ESCALA APROXIMADA: 170,000

DESCRIPCION

E1A: 1,175 ha
E1B: 603 ha
E3: 439 ha
E4: 78 ha
E5: 446 ha

Pc: poblados,
pastos y cultivos: 842 ha
Gv: guamil viejo: 81 ha

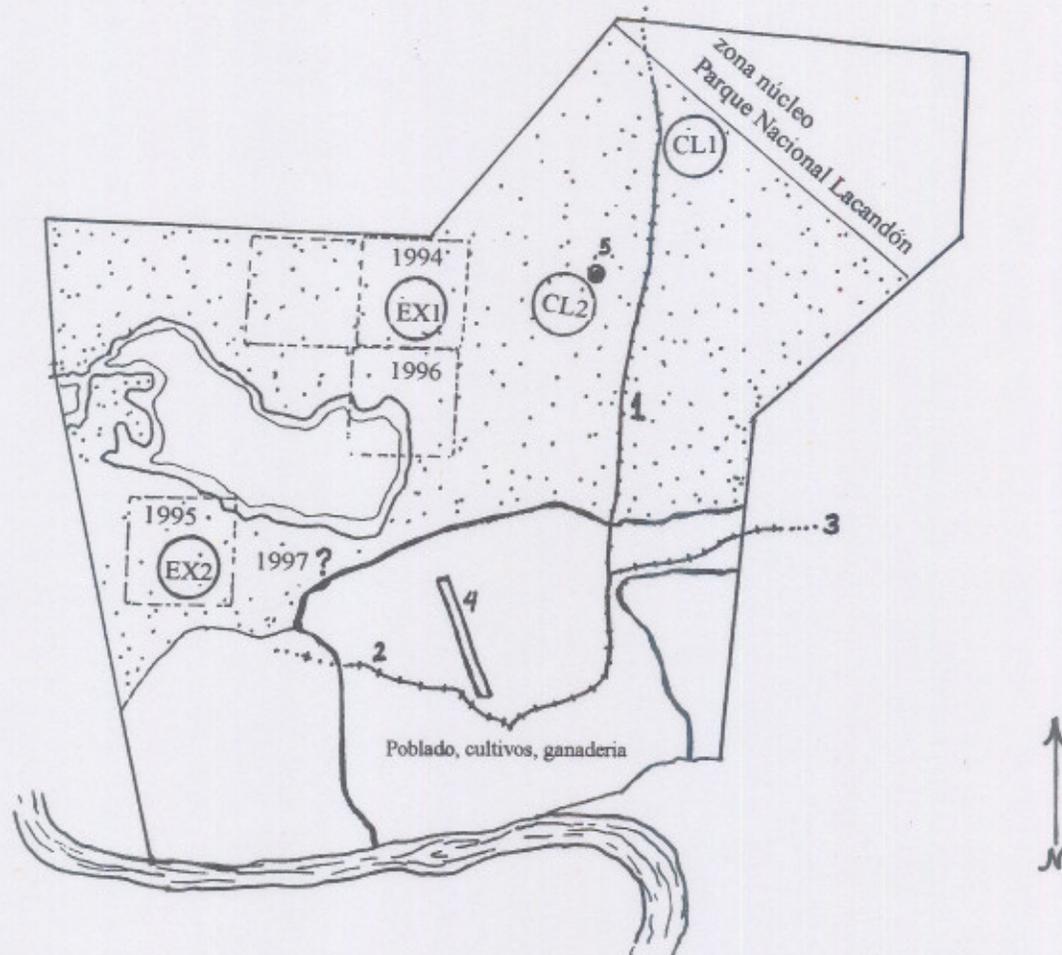
Cuerpos de agua: 332 ha
Zona del cenote: 45 ha
Amortiguamiento: 53 ha
pendiente mayor al 41%: 31 ha
Sierra de Lacandón: 389 ha

TOTAL DISPONIBLE: 2,376 ha

Mapa modificado del original de PROPETEN 1992.

MAPA No. 4

UBICACION DE AREAS DE MUESTREO DEL ESTUDIO PILOTO



ESCALA APROXIMADA: 1: 70,000

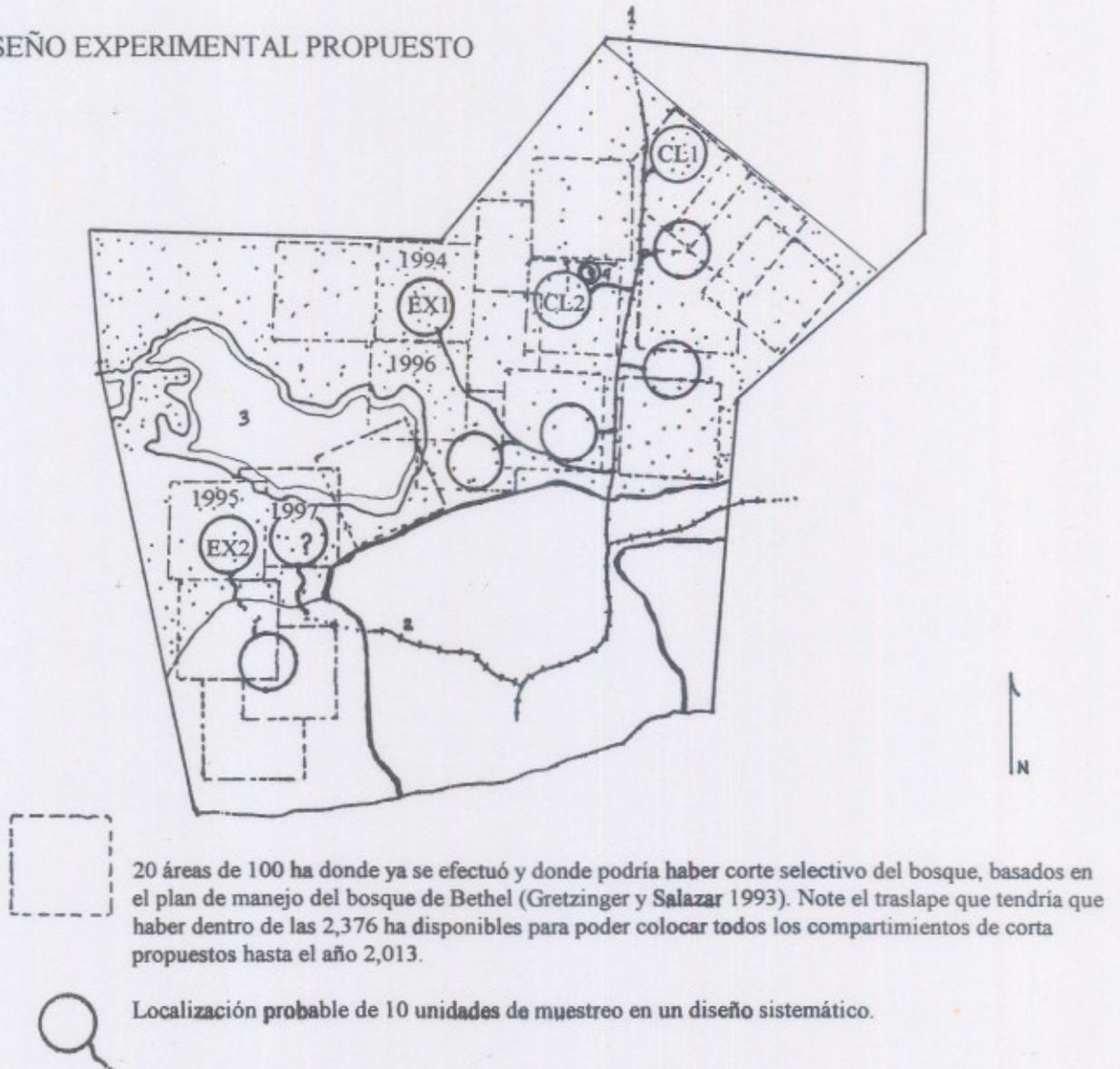
DESCRIPCION

1. camino a comunidad Retalteco
2. camino a comunidad La Técnica
3. camino a Ciudad Flores, Petén
4. pista de aterrizaje
5. sitio turístico "el Cenote"

Mapa modificado del original de PROPETEN 1992

MAPA No. 5

DISEÑO EXPERIMENTAL PROPUESTO



ESCALA APROXIMADA: 1: 70,000

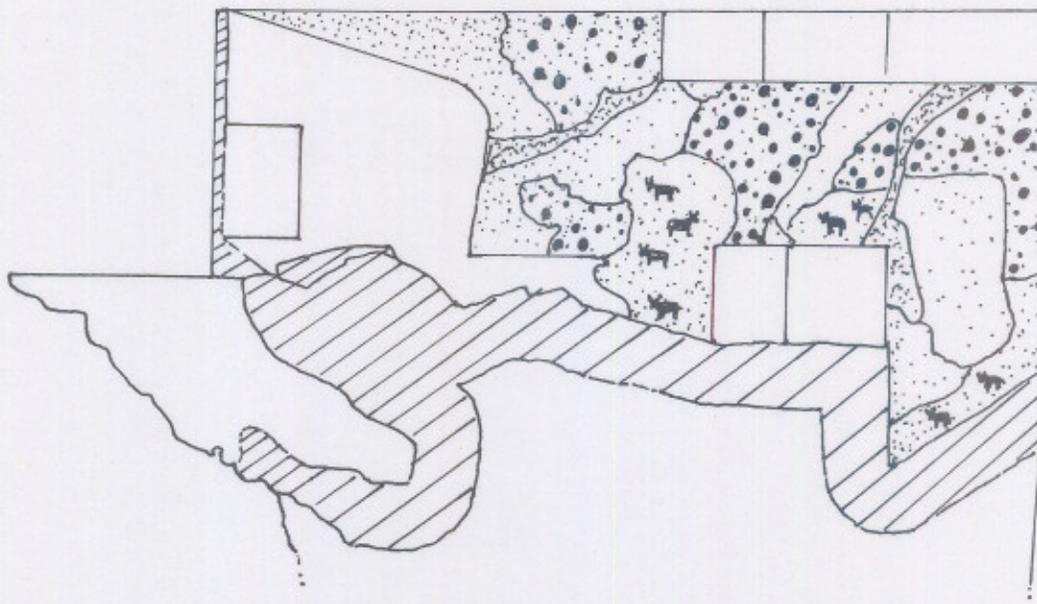
DESCRIPCION

1. camino a comunidad Retalteco
2. camino a comunidad La Técnica
3. pantano de la Vaca
4. sitio turístico "el Cenote"

Mapa modificado del original de PROPETEN 1992

MAPA No. 6

REPRESENTACION GRAFICA DEL PLAN DE MANEJO DE LA RBM



-  Son las áreas núcleo. No se permite ningún tipo de extracción. Note las conexiones planteadas como "corredores biológicos" entre esta zona núcleo.
-  Son áreas dentro de la zona de usos múltiples para la explotación maderera industrial y comunitaria, que podría ser similar a la de Bethel.
-  áreas donde se permite algún tipo de agricultura y ganadería.
-  áreas con potencial integrado (no especificado) no maderero.
-  zona de amortiguamiento.

Se puede notar que la superficie destinada para la explotación maderera de tipo industrial y comunitaria, similar a la de Bethel, es por lo menos 3 veces mayor que la del Parque Nacional Tikal. Los otros usos recomendados para la zona de usos múltiples rodean las zonas núcleo al extremo norte y en contacto con Tikal. Este tratamiento podría aumentar la fragmentación.

ANEXO No. 2

TABLAS

Tabla No. 1 Abundancia relativa de escarabajos

Tabla No. 2 Abundancia relativa de mariposas diurnas

Tabla No. 3 Detalle de composición de especies de mamíferos menores

GRAFICAS

Gráfica No. 1 Variación del número de especies de escarabajos por tratamiento

Gráfica No. 2 Variación del número de especies de mariposas por tratamiento

Gráfica No. 3 Trampeo de mamíferos menores 1995-1996

Gráfica No. 4 Análisis de grupos para mariposas y escarabajos

Gráfica No. 5 Traslape de especies de mariposas

Gráfica No. 6 Traslape de especies de escarabajos

TABLA No. 1

ABUNDANCIA RELATIVA DE ESCARABAJOS (estudio piloto). Los datos provienen de muestreos en 5 puntos (EX1, EX2, CL1, CL2 y potrero) de julio a noviembre de 1995.

The SAS System

	SUM					
	PLACE					ALL
	CL .1	CL .2	EX .1	EX .2	POT .1	
INSECTO						
? .7	1	.	.	.	.	1
ATEUCHUS.-						
SP	10	3	.	1	.	14
BOELYROP.-						
BOWDITCH	99	43	3	26	.	171
CANTHIDI.-						
SP	.	1	.	.	.	1
CANTHON						
.CYANELLU	81	143	136	142	1	503
CANTHON						
.FEMORALI	12	15	.	1	.	28
CANTHON						
.MORSEI	4	.	.	3	.	7
CANTHON						
.VIRIDIS	.	.	.	.	80	80
COPRIS						
.LAEVICEP	88	144	166	103	.	501
COPRIS						
.LUGUBRIS	.	.	.	.	1	1
COPROPHA.-						
TELAMON	23	29	29	11	2	94
DELTOCHI.-						
GIBBOSUM	10	5	12	3	.	30
DELTOCHI.-						
LOBIPES	1	1	1	10	6	19
DELTOCHI.-						
PSEUDOPA	.	27	60	41	.	128
DELTOCHI.-						
SCABRIUS	3	2	.	.	.	5
DICHOTOM.-						
CENTRALI	21	10	11	22	.	64
EURYSTER.-						
ANGUSTUL	24	18	23	11	.	76
EURYSTER.-						
CARIBAEU	96	74	94	58	.	322
EURYSTER.-						
MEXICANU	2	.	21	2	2	27
MEGATHOP.-						
CANDEZEI	9	2	.	.	.	11
NOTHING						
.NADA	.	.	.	.	0	0
ONTHOPHA.-						
BATESI	1	1	1	.	.	3

(CONTINUED)

The SAS System

	SUM					ALL
	PLACE					
	CL .1	CL .2	EX .1	EX 2	POT .1	
I N S E C T O						
ONTHOPHA.-						
CARPOPHI	31	13	13	8	.	65
ONTHOPHA.-						
CRINITUS	42	34	60	47	.	183
ONTHOPHA.-						
LANDOLTI	.	.	.	.	34	34
ONTHOPHA.-						
MARGINIC	.	.	.	.	3	3
ONTHOPHA.-						
NR.BATES	1	1	.	2	.	4
ONTHOPHA.-						
NR.MAYA	1	31	17	14	.	63
ONTHOPHA.-						
SP	2	1	.	1	.	4
ONTHOPHA.-						
SP.A	.	4	.	2	24	30
PHANAEUUS.-						
ENDYMION	8	28	11	9	.	56
PHANAEUUS.-						
SALLAEI	45	20	4	2	.	71
PSEUDOCA.-						
PERPLEXU	.	.	.	.	3	3
SCATIMUS.-						
OVATUS	9	26	5	7	.	47
SCATIMUS.-						
SP	2	.	.	1	.	3
SULCOPHA.-						
CHRYSEIC	1	.	.	.	.	1
UROXYS						
.MICROS	1	1	1	1	.	4
UROXYS						
.NR.BONNE	1	.	.	.	.	1
UROXYS						
.NR.MICRO	2	.	.	.	.	2
UROXYS						
.SP	1	.	.	1	.	2
UROXYS						
.SP.A	1	.	.	.	.	1
ALL	633	677	668	529	158	2663

TABLA No. 2

ABUNDANCIA RELATIVA DE MARIPOSAS DIURNAS (estudio piloto). Los datos provienen de muestreos en 4 puntos (EX1, EX2, CL1 y CL2) de agosto de 1994 a noviembre de 1995.

The SAS System

	SUM			
	PLACE			
	CL .1	CL .2	EX .1	EX .2
I N S E C T O				
ADELPHA				
.IPH'CLUS	5	7	5	1
ADELPHA				
.SP	.	10	4	3
AERIA				
.EURIMEDI	1	3	1	1
AERIA				
.SP	.	.	1	.
APHRISSA.-				
STATIRA	.	.	.	1
ARCHAEOP.-				
DEMOPHON	32	59	30	25
ARCHAEOP.-				
DEMOPHO	20	5	6	7
ARCHAEOP.-				
MEANDER	.	1	.	.
ARCHAEOP.-				
SP	1	2	2	.
BIBLIS				
.HYPERIA	.	1	1	1
CALEPHEL.-				
SP	.	.	2	.
CALIGO				
.EURILOCH	1	7	4	6
CALIGO				
.MEMNON	.	.	2	4
CALIGO				
.URANUS	6	14	4	5
CATONEPH.-				
MEXICANA	1	.	.	2
CATONEPH.-				
NUMILIA	3	.	3	3
CHLOSYNE.-				
GAUDEALI	.	1	.	.
CHLOSYNE.-				
HIPPODRO	.	.	5	.
CISSIA				
.METALEUC	2	1	2	4
CISSIA				
.SP	.	4	7	2
COLOBURA.-				
DIRCE	.	1	1	2
CONSUL				
.ELECTRA	2	4	1	2

(CONTINUED)

	SUM			
	PLACE			
	CL	CL	EX	EX
	.1	.2	.1	.2
INSECTO				
CONSUL				
.FABIUS	.	2	.	.
DISMORPH.-				
AMPHIONA	.	1	.	.
DRYAS				
.JULIA	.	.	2	4
EMESIS				
.SP	.	1	1	.
EUEIDES				
.ALIPHERA	.	.	.	1
EUEIDES				
.PROCLA	.	2	4	1
EUMAEUS				
.SP	.	.	3	.
EUREMA				
.NISE	.	.	1	.
EURYBIA				
.SP	.	.	1	.
GODYRIS				
.ZABAETA	.	.	.	1
HAMADRYA.-				
AMPHINOM	10	16	11	13
HAMADRYA.-				
FEBRUA	2	3	2	1
HAMADRYA.-				
FERONIA	.	.	3	1
HAMADRYA.-				
LAODAMIA	.	.	.	2
HAMADRYA.-				
SP	.	.	1	1
HELICONI.-				
ERATO	.	.	1	.
HELICONI.-				
ISMENIUS	1	.	.	.
HISTORIS.-				
ACHERONT	2	1	5	3
HISTORIS.-				
ODIUS	.	1	6	5
ITHOMIA				
.PATILLA	1	.	.	.
ITHOMIIN.-				
SP	.	.	1	1

(CONTINUED)

The SAS System

	SUM			
	PLACE			
	CL	CL	EX	EX
	.1	.2	.1	.2
INSECTO				
JUDITHA				
.MOLPE	.	3	5	1
LYCUREA				
.CLEOBAEA	.	1	.	.
MARPESIA.-				
CHIRON	.	2	4	4
MARPESIA.-				
PETREUS	.	.	.	1
MECHANIT.-				
POLYMNIA	1	2	.	2
MECHANIT.-				
SP	.	.	.	2
MEMPHIS				
.OENOMAI S	1	1	.	.
MEMPHIS				
.PITHYUSA	.	.	.	1
MEMPHIS				
.SP	5	6	8	11
MORPHO				
.PELEIDES	6	5	7	13
MORPHO				
.SP	1	.	.	.
MORPHO				
.THESEUS	.	1	1	.
MYSCELIA.-				
CYANIRIS	1	.	3	.
NESSAEA				
.AGLAURA	.	.	.	1
NICA				
.FLAVILLA	1	3	1	2
OPSIPHAN.-				
CASSINA	4	5	9	2
OPSIPHAN.-				
QUITERIA	1	2	.	.
PAPILIO				
.EROSTRAT	.	.	.	1
PARIDES				
.ERITHALI	1	.	.	.
PARIDES				
.SESOSTRI	2	.	.	.
PARIDES				
.SP	.	.	.	1

(CONTINUED)

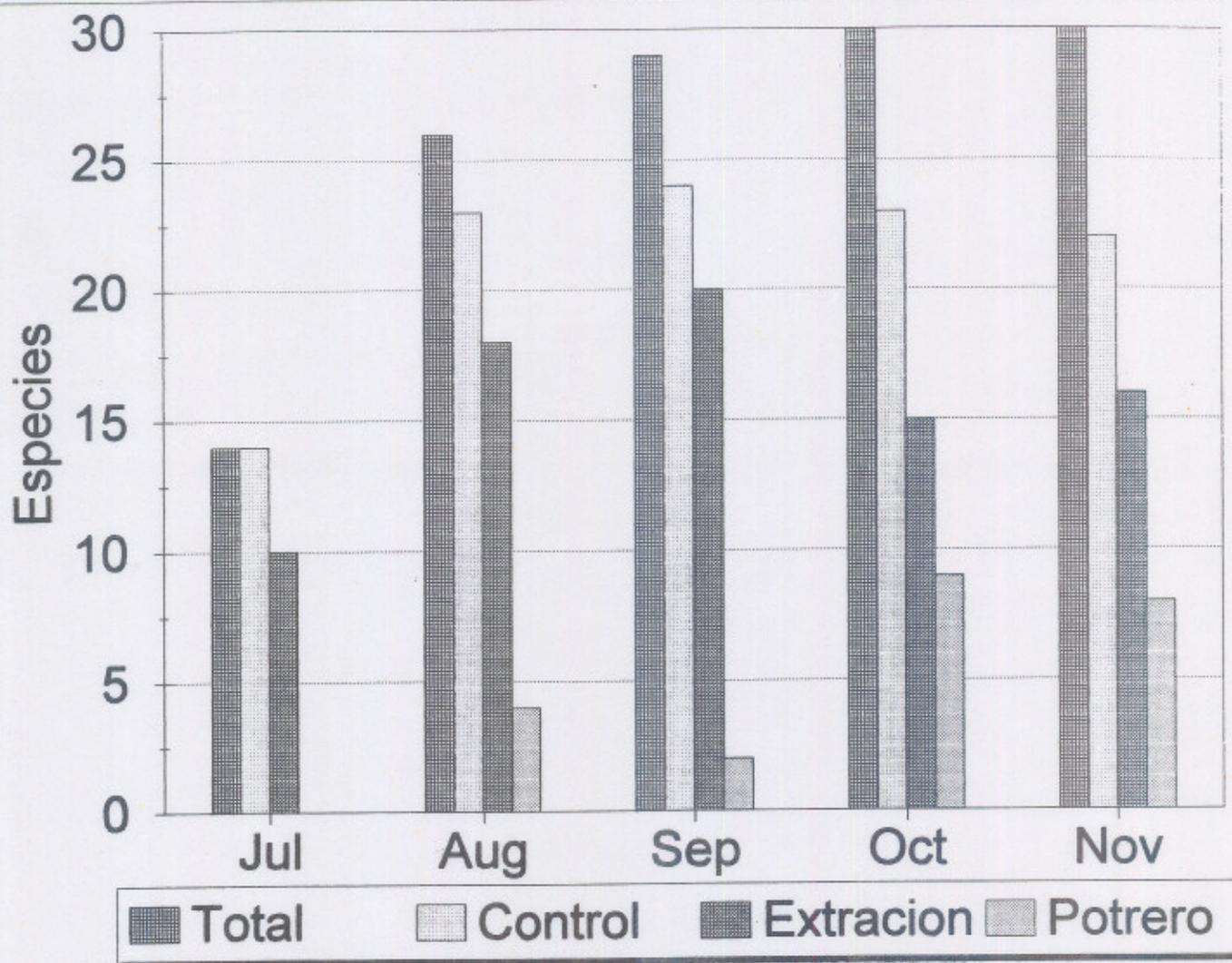
	CL	CL	EX	EX
	.1	.2	.1	.2

INSECTO				
PHOEBIS				
.SP	.	.	.	2
PIERELLA.-				
LUNA	2	9	5	2
PREPONA				
.GNORIMA	.	1	1	.
PYRRHOGY.-				
OTOLAIS	.	.	1	.
RIODININ.-				
SP	.	3	.	.
SKIPPER				
.SP	20	11	17	10
SMYRNA				
.BLOMFILD	4	6	2	9
TAYGETIS.-				
ANDROMED	.	1	.	.
TAYGETIS.-				
MERMERIA	1	4	1	3
TAYGETIS.-				
SP	.	1	.	.
TAYGETIS.-				
VIRGILIA	.	.	1	1
THECLA				
.SP	.	3	5	5
TIGRIDIA.-				
ACESTA	.	.	.	1

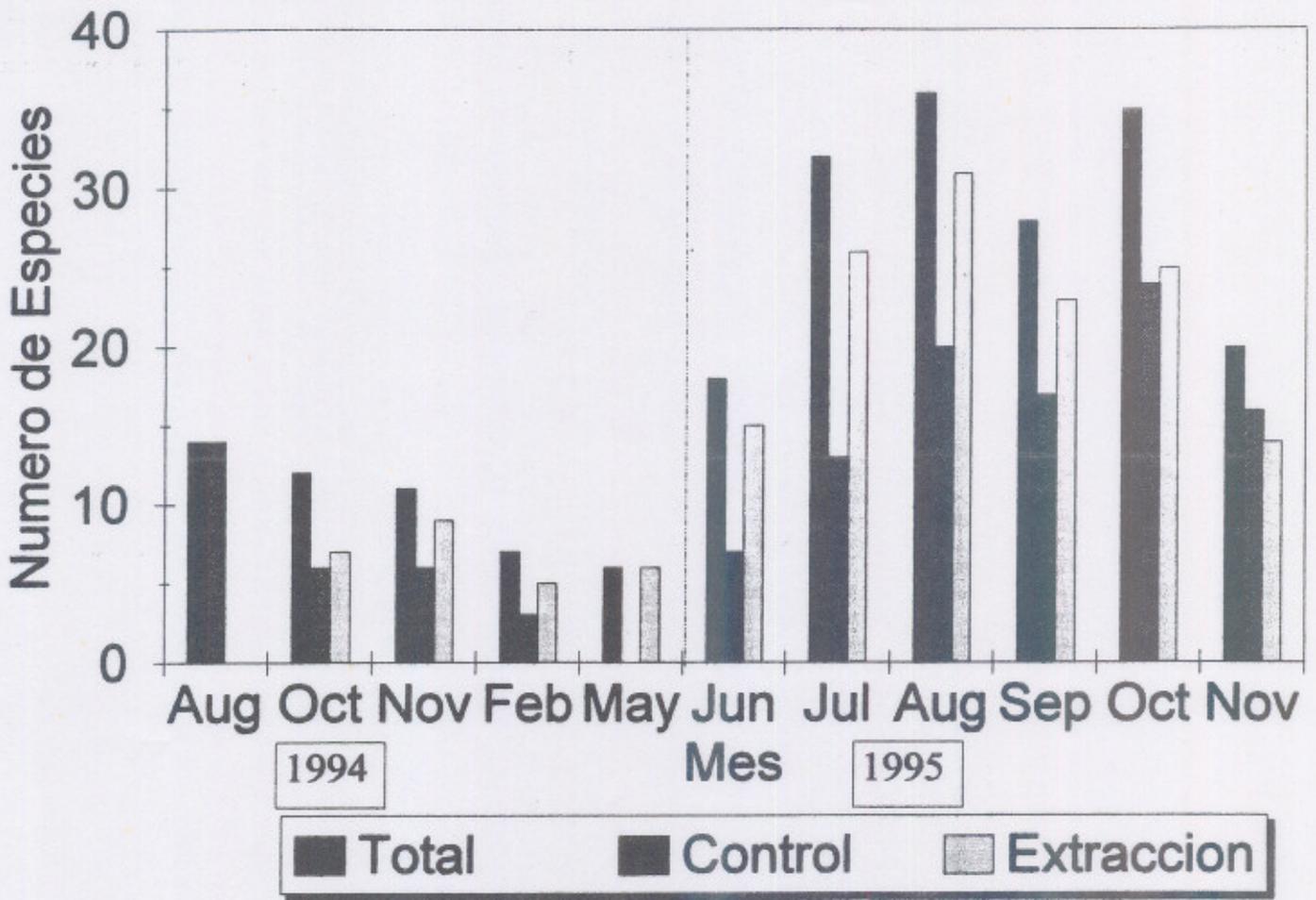
Tabla No.3. Detalle de la composición de especies por área y número de individuos capturados-recapturados desde julio de 1995 a junio de 1996.

ESPECIES	CL 1	CL2	EX1	EX2
H. desmarestianus	27(12)	25(11)	43(29)	5(2)
O. phyllotys	19(12)	16(10)	1(1)	6(6)
O. melanotis	8(7)	13(8)	5(4)	16(12)
S. hispidus	0	0	0	2(2)
Musaraña	0	0	1(1)	
Esfuerzo trampeo	1620	1800	1800	1440
Exito captura (%)	3.33	3.00	2.78	2.01
Diversidad (H')	1.438	1.585	0.746	1.647

Para las áreas control-2 y experimental-1 el esfuerzo de trampeo ha sido de 1440 trampas-noche (180 trampas por mes, para 8 meses), para el área control-1 el esfuerzo ha sido de 1260 trampas-noche (180 trampas por mes, para 7 meses) y para el área experimental-2 el esfuerzo ha sido 1080 trampas-noche (180 trampas por mes, para 6 meses).



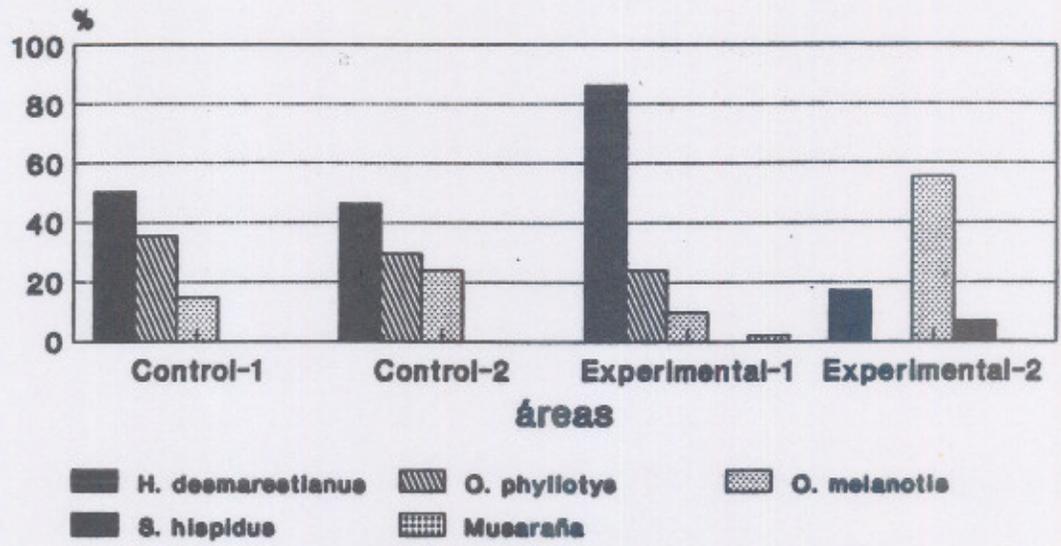
GRAFICA No. 1 Distribución de especies de escarabajos copronecrófagos en relación al tiempo y al tratamiento.



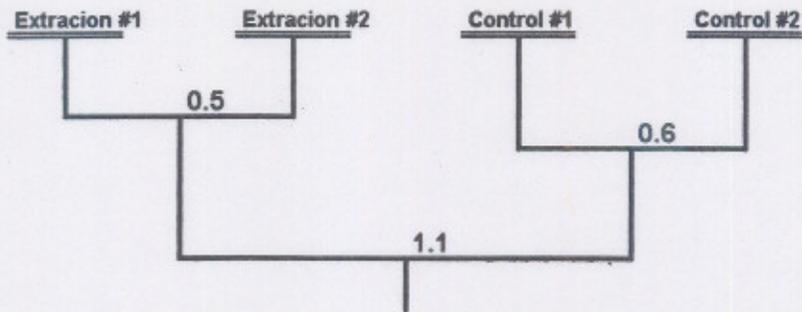
GRAFICA No. 2 Distribución de especies de mariposas diurnas en relación al tiempo y al tratamiento.

REPOSICION DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

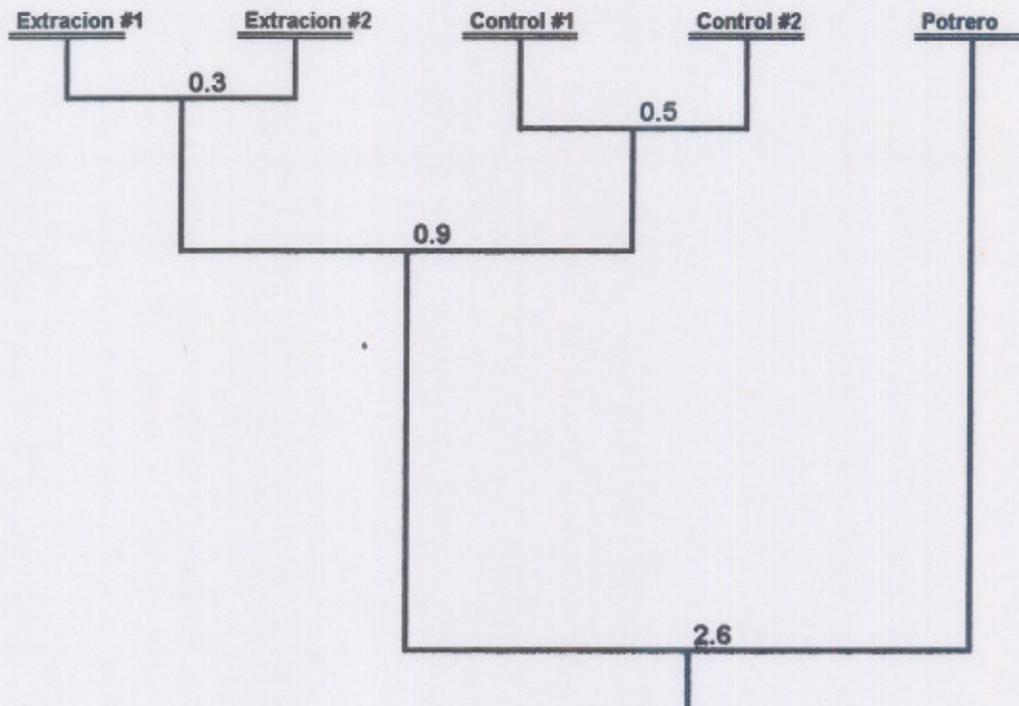
GRAFICA No. 3 Trampeo de mamíferos menores durante un año (1995-1996)



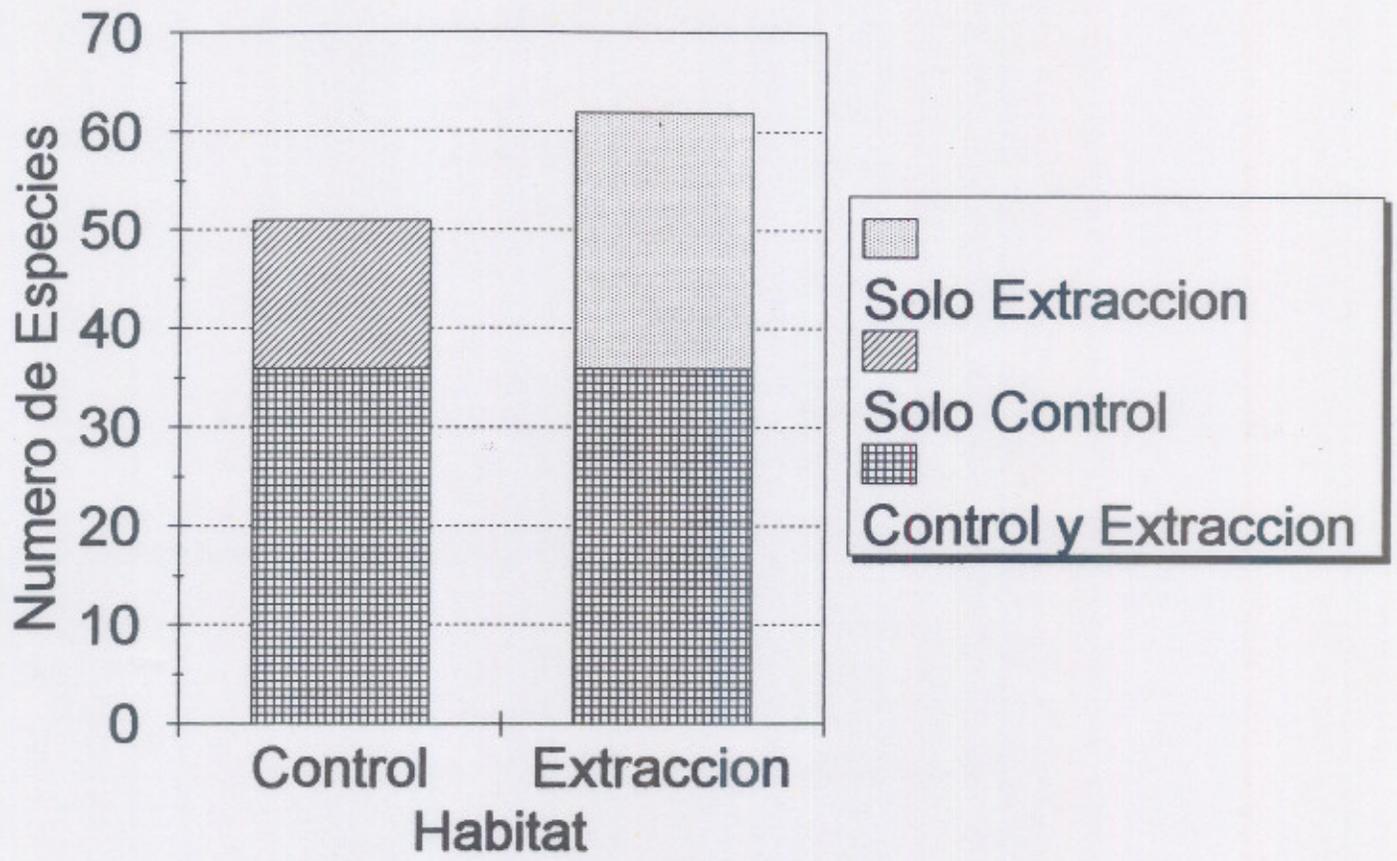
Analisis de Grupos de Mariposas



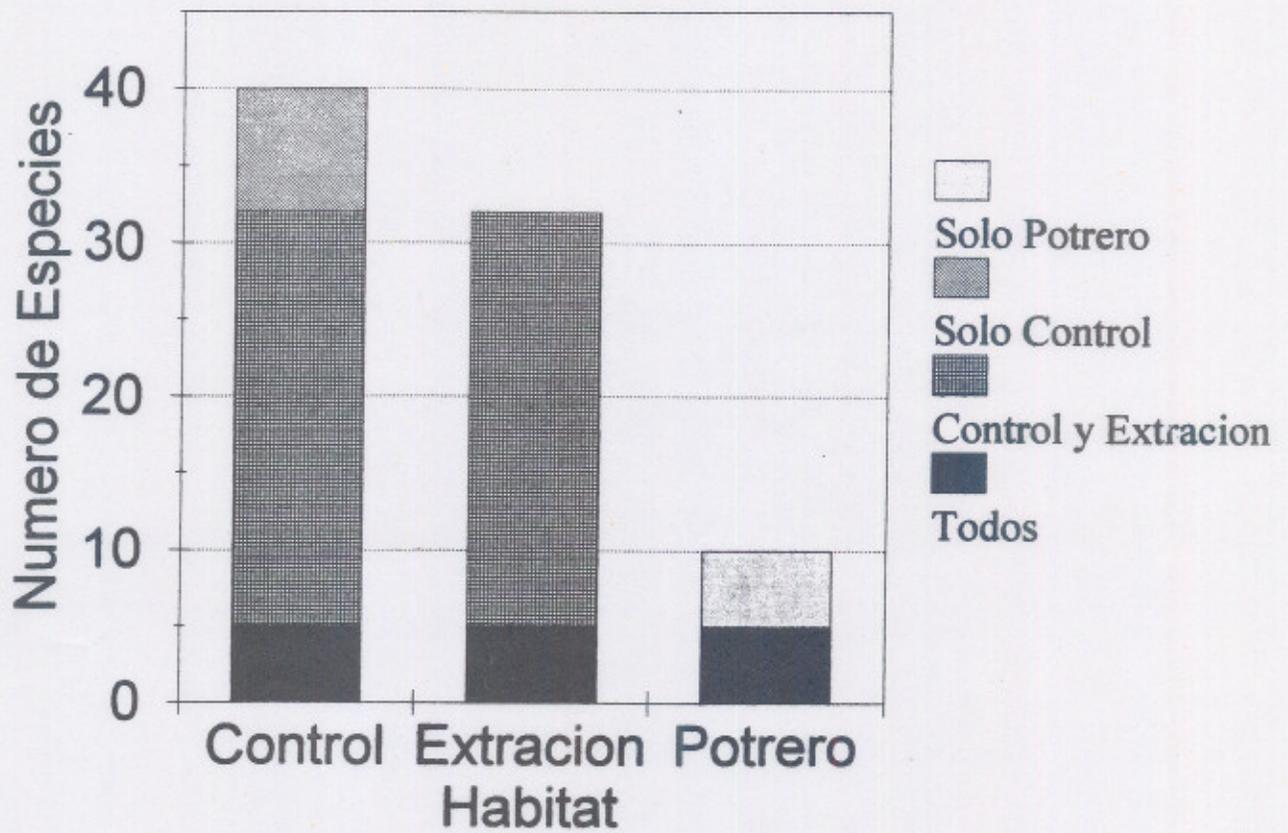
Analisis de Grupos de Escarabajos



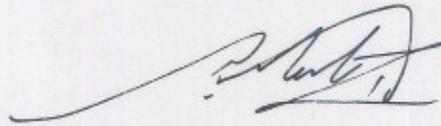
GRAFICA No. 4 Dendrograma que muestra el agrupamiento obtenido en base del porcentaje de disimilitud de Bray-Curtis. El agrupamiento se realizó con base en la estrategia flexible y con un valor para β de -0.25.



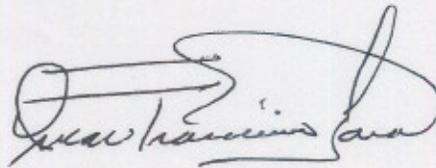
GRAFICA No. 5 Traslape de las especies de mariposas diurnas registradas en el estudio piloto.



GRAFICA No. 6 Traslape de las especies de escarabajos copronecrófagos registrados en el estudio piloto.



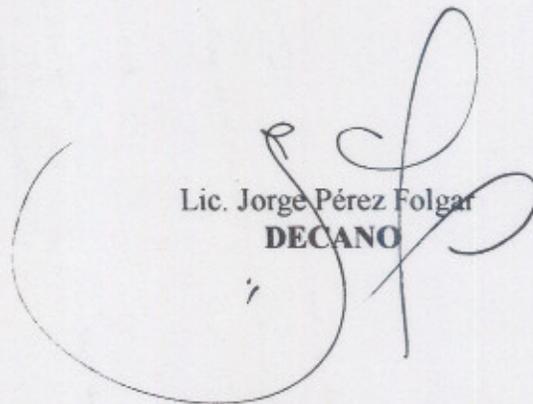
Claudio Aquiles Méndez Hernández
AUTOR



Lic. Oscar Francisco Lara L.
ASESOR



Lic. Oscar Francisco Lara L.
DIRECTOR
ESCUELA DE BIOLOGIA



Lic. Jorge Pérez Folgar
DECANO