

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**  
**PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN**  
**ESCUELA DE POSGRADO**

**CRITERIOS E INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD ECOLÓGICA:  
CARACTERIZACIÓN DE LA RESPUESTA DE DOS GRUPOS DE  
INSECTOS PROPUESTOS COMO VERIFICADORES**

**POR**

**NAIKOA AGUILAR AMUCHASTEGUI**

**CATIE**

Turrialba, Costa Rica  
1999

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE EDUCACION PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION  
ESCUELA DE POSGRADO

CRITERIOS E INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD ECOLÓGICA:  
CARACTERIZACIÓN DE LA RESPUESTA DE DOS GRUPOS DE INSECTOS  
PROPUESTOS COMO VERIFICADORES

Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito parcial para optar por el grado de:

*Magister Scientiae*

Por:

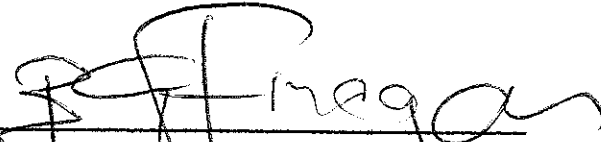
Naikoa Aguilar-Amuchastegui

Turrialba, Costa Rica  
1999

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Dirección de la Escuela de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

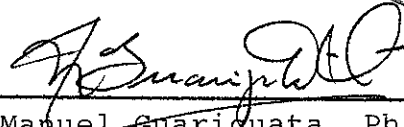
**MAGISTER SCIENTIAE**

**FIRMANTES:**



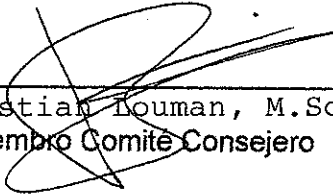
---

Bryan Finegan, Ph.D.  
Consejero Principal



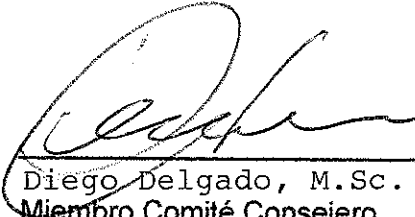
---

Manuel Guariguata, Ph.D.  
Miembro Comité Consejero



---

Bastian Louman, M.Sc.  
Miembro Comité Consejero

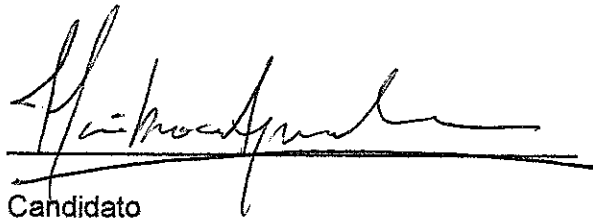


---

Diego Delgado, M.Sc.  
Miembro Comité Consejero

---

Gilberto Páez, Ph.D.  
Director y Decano de la Escuela de Posgrado



---

Candidato

## AGRADECIMIENTOS

A quien agradecer...es tanta la gente y son tantos los diferentes tipos que colaboraron tanto de hecho, como espiritualmente en la elaboración de la presente que,...ni modos no caben todos!

Sin embargo, hay algunos que hay que mencionar aquí, así que “que honor!!!!”

Primero a mis compas de CATIE, pero a los de verdad! Mucho crecí con Uds Muchas! y, espero seguir haciéndolo.

A los jolones y sus guatecomidocafecitoreuniones.

A la mucreia porque, como siempre mandona, dijo que tenía que ponerla aquí.

A los gios por ser los equilibrados de este desmadre...creo.

A los betos por ser los caipirinho capetos además de los hermanos mayores.

A la Euf por el “como tu tas” y más por el “bem”.

A Los Always Siberians, Elo maminha por ordenar mi orden y a Harland por ser el “tierra dura”.

A mi papá del CATIE, Bryan que si bien tomó tiempo en establecerse la dinámica fluida de trabajo que finalmente se dio, estuvo muy “tuanis” y se aprendió montones!

Al viejo Diego Delgado por los cafecitos y las correcciones meticulosas, además de ser alguien del que siempre se podía reír!

Al viejo Hugo por los malabares hechos con la base de datos.La ñora Lidiette....cafecito , momorandums, citas y demás! A Bas y a Manuel, las leidas de mis “creaciones” y su esfuerzo por entenderlas! A los maes de FUNDECOR, José, fiel en el campo y terrible acaba adolescentes de Puerto Viejo, a Sanchún, que no más recordarlo me da risa y a Gérman: “Mae...es que Mae!!”.

Al Marvin Zamora por además de ser mi compañero de trabajo en el campo es un ser humano excelente (seguí así que tenés estrella!).

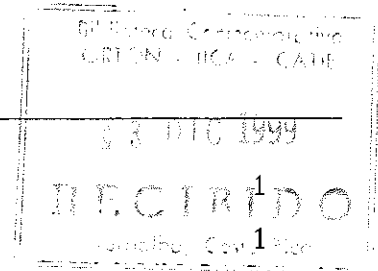
A los Ticos y gringos de la OET, en especial a los Clark. Los famosos, por aguantarme buscándolos para la info y al no tan famoso por la joda en el SIG y por supuesto: Las mejengas!

Al viejo Fede Escobar por el aguante con los Escaras el vinito y la dormida!

Y por supuesto nada de olvidarse la primera mamá en ticolandia: La vieja Kattya...que desorrrendnnn!!!

A los demás, ya saben, esto es solo una hoja y pues...ya se me acabó...NO SE!!!

Salú Pué.



## CONTENIDO GENERAL

|   |    |
|---|----|
| <b>1. Introducción</b>  |    |
| 1.1. Objetivos  |    |
| 1.1.1 <i>General:</i>   | 2  |
| 1.1.2 <i>Específicos</i>  | 2  |
| 1.3 Hipótesis   | 2  |
| <b>2. Revisión de Literatura</b>  | 2  |
| 2.1. Sostenibilidad   | 2  |
| 2.2. La Propuesta de CIFOR  | 3  |
| 2.3. Mariposas grandes como verificador del indicador I.2.1.4.3.                    | 4  |
| 2.4. Los Scarabaeinae como verificador propuesto para el indicador I.2.1.4.1.       | 5  |
| <b>3. Materiales y Métodos</b>  | 6  |
| 3.1. Area de estudio  | 7  |
| 3.1.1. <i>Bosque Control: Estación Biológica La Selva (BLS)</i>                     | 9  |
| 3.1.2. <i>Bosques Manejados</i>   | 11 |
| 3.1.2.1. <i>Bosque Manejado 1(BM1)</i>  | 11 |
| 3.1.2.2. <i>Bosque Manejado 2 (BM2).</i>  | 12 |
| 3.2. Muestreo   | 14 |
| 3.2.1. Mariposas  | 14 |
| 3.2.2. Scarabaeinae   | 15 |
| 3.3. Análisis de Datos  | 15 |
| <b>4. Resultados</b>  | 16 |
| 4.1. Riqueza y Diversidad   | 18 |
| 4.1.1. <i>Curvas de acumulación de especies</i>                                     | 18 |
| 4.1.2. <i>Estimación de Riqueza</i>   | 20 |
| 4.1.3. <i>Distribuciones Rango-Abundancia.</i>                                      | 24 |
| 4.1.4. <i>Estimación de Diversidad</i>  | 29 |
| 4.3. Análisis de la composición de los grupos en cada uno de los bosques estudiados | 30 |
| 4.3.1. <i>Similitud entre Bosques</i>   | 30 |
| 4.3.2. <i>Análisis de composición general</i>                                       | 31 |
| 4.3.2.1. Especies más comunes   | 31 |
| 4.3.2.1.1. Mariposas registradas visualmente.                                       | 31 |
| 4.3.2.1.2. Mariposas capturadas en trampas.   | 33 |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.3.2.1.3. Scarabaeinae   | 35        |
| 4.3.2.2. Análisis General   | 37        |
| 4.3.2.2.1. Mariposas registradas visualmente.                                   | 37        |
| • Especies comunes a los tres bosques.  | 37        |
| • Especies Registradas Unicamente en el BLS                                     | 38        |
| • Especies Registradas Unicamente en el BM1                                     | 41        |
| • Especies Registradas Unicamente en el BM2                                     | 42        |
| • Especies Registradas en el BM1 y el BM2 y no en el BLS.                       | 42        |
| 4.3.2.2.2. Mariposas capturadas en trampas                                      | 43        |
| • Especies Capturadas Unicamente en el BLS                                      | 44        |
| • Especies Capturadas Unicamente en el BM1                                      | 45        |
| • Especies Capturadas Unicamente en el BM2                                      | 45        |
| • Especies Capturadas en el BM1 y el BM2 y no en BLS.                           | 46        |
| 4.3.2.2.3. Scarabaeinae   | 46        |
| <b>5. Discusión</b>   | <b>51</b> |
| 5.1. Patrones de riqueza y Diversidad   | 51        |
| 5.2. Análisis de Composición: vínculos con los patrones de Riqueza y Diversidad | 53        |
| <b>6. Conclusiones y Recomendaciones</b>  | <b>58</b> |
| <b>7. Bibliografía</b>  | <b>60</b> |

---

## LISTADO DE FIGURAS

---

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | Localización general de área de estudio.  | 8  |
| 2.  | Precipitación(P) y Evapotranspiración (Eto) Registradas durante los meses del estudio (marzo - agosto 1999).  | 9  |
| 3.  | Estación Biológica La Selva. Ubicación del sendero central a lo largo del cual se ubicaron los transectos de muestreo en el bosque control.         | 10 |
| 4.  | Estructura de la vegetación en los bosques estudiados   | 14 |
| 5.  | Números totales de individuos y de especies registradas/colectadas por tipo de bosque.  | 17 |
| 6.  | Acumulación de especies de Mariposas vs esfuerzo muestral   | 19 |
| 7.  | Acumulación de especies de Scarabaeinae vs esfuerzo muestral (transectos) en cada uno de los bosques evaluados                                      | 20 |
| 8.  | Estimación de riqueza total de especies. Modelo MMMean. Mariposas capturadas en trampas   | 22 |
| 9.  | Estimación de riqueza total de especies. Modelo ICE. Mariposas registradas visualmente  | 22 |
| 10. | Estimación de la riqueza total de especies. Modelo MMMean. Scarabaeinae   | 24 |
| 11. | Distribuciones Rango-Abundancia. Mariposas capturadas en trampas y registradas visualmente  | 25 |
| 12. | Número de Singletons y Doubletons de especies de mariposas registradas en cada uno de los bosques estudiados  | 26 |
| 13. | Distribución Rango-Abundancia: especies de Scarabaeinae presentes en los tres bosques.  | 28 |
| 14. | Número de Singletons y Doubletons de especies de Scarabaeinae registrados en cada uno de los bosques estudiados                                     | 28 |
| 15. | Porcentaje del número de individuos colectados por bosque representado por las especies que se ubicaron entre las 5 más comunes en alguno de ellos. | 36 |
| 16. | Análisis general de composición. Mariposas registradas visualmente  | 38 |
| 17. | Análisis general de composición. Mariposas capturadas en trampas  | 43 |
| 18. | Análisis general de composición de especies de Scarabaeinae   | 47 |
| 19. | Especies y número de individuos colectados de Scarabaeinae por tipo de bosque   | 51 |
| 20. | Posible patrón de vuelo de las mariposas de dosel en las áreas de bosque disturbadas por las actividades de manejo                                  | 55 |

---

## LISTADO DE CUADROS

---

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.  | Especies vegetales ( 10 cm dap) más abundantes en 6 parcelas de 0.4 ha ubicadas a lo largo del Sendero Central, Estación Biológica La Selva.   | 10 |
| 2.  | Listado de las 10 especies vegetales( 10 cm dap)más comunes en el Bosque Manejado 1 (BM1).   | 12 |
| 3.  | Listado de las 10 especies vegetales( 10 cm dap) más comunes en el Bosque Manejado 2 (BM2).  | 13 |
| 4.  | Estimaciones paramétricas y no paramétricas de la riqueza total de especies de mariposas presentes en los bosques estudiados.  | 21 |
| 5.  | Estimaciones de riqueza total de especies de Scarabaeinae en cada uno de los bosques estudiados  | 21 |
| 6.  | Estimadores "Alfa" de Fisher (Magurran 1988) de diversidad, obtenidos con EstimateS v5.0, para las comunidades de mariposas y escarabajos presentes en cada uno de los bosques estudiados. | 29 |
| 7.  | Indices de Similitud de Morisita-Horn entre los bosques estudiados con base en las comunidad de Mariposas Capturadas en trampas  | 30 |
| 8.  | Similitud de Moriseta-Horn entre los bosques estudiados con base en la comunidad de Mariposas vistas.  | 30 |
| 9.  | Similitud de Moriseta-Horn entre los bosques estudiados con base en la comunidad de Scarabaeinae.  | 31 |
| 10. | Especies de mariposas más comunes en cada uno de los bosques evaluados: registros visuales   | 32 |
| 11. | Especies de mariposas más comunes en cada uno de los bosques evaluados: trampas  | 34 |
| 12. | Especies de mariposas más comunes en cada uno de los bosques evaluados: trampas  | 35 |
| 13. | Especies de mariposas registradas visualmente en los tres bosques y no entre las más comunes.  | 39 |
| 14. | Análisis de Composición General. Mariposas vistas. Especies con más de un registro exclusivas de cada bosque o ausentes de BLS.  | 40 |
| 15. | Análisis de Composición General. Mariposas capturadas en trampas.  | 44 |
| 16. | Especies de Scarabaeinae colectadas en cada bosque y características ecológicas relevantes   | 49 |

---



## LISTADO DE ANEXOS

---

1. Tipos de indicadores y de verificadores ecológicos primarios y secundarios propuestos por CIFOR(Fuente: Stork *et al.* 1997).
  2. Abundancia y Area Basal por ha de la vegetación en cada uno de los bosques estudiados
  3. Listado de mariposas vistas en las evaluaciones a lo largo de los transectos en cada bosque evaluado.
  4. Listado de mariposas capturadas en trampas en cada bosque evaluado.
  5. Listado de mariposas capturadas en trampas en cada bosque evaluado.
  6. Mapas de distribución de algunas especies de Scarabaeinae en Costa Rica.
  7. Modelos Paramétricos de Estimación de Riqueza (Fuente: Soberón & Llorente 1993)
-

## RESUMEN

---

**Palabras Clave:** Sostenibilidad, Criterios e Indicadores, Mariposas, Scarabaeinae, Bosques Manejados, Costa Rica.

Desde 1994, y dentro del marco de las resoluciones emitidas en la "Cumbre de la Tierra", en 1992, CIFOR (Center for International Forestry Research) ha venido desarrollando una serie de Criterios e Indicadores de sostenibilidad a ser implementados, con miras a lograr el manejo forestal sostenible. Dentro de este proceso, se han propuesto, con base en aspectos teóricos y prácticos, numerosos indicadores y verificadores a ser empleados en campo y cuya viabilidad y utilidad reales está aún por definirse. Uno de los verificadores propuestos para el indicador de sostenibilidad ecológica I.2.1.4.: la "*riqueza y diversidad de especies de grupos selectos no muestra cambios significativos*", el V.2.1.4.3, que se refiere al número de especies de mariposas grandes, se ha mantenido después de las evaluaciones en campo hasta ahora realizadas. Por otro lado, numerosos autores, con base en diferentes estudios ecológicos, han realzado la utilidad que pueden tener los escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) como verificadores de los niveles de biodiversidad de especies presentes dentro de los bosques.

Con base en lo anterior, el presente trabajo buscó establecer el patrón de respuesta que las comunidades de Scarabaeinae y de mariposas grandes presentan a las actividades de aprovechamiento así como, valorar su utilidad como herramientas de evaluación de los niveles de sostenibilidad ecológica existentes en bosques manejados de la zona baja de la vertiente atlántica de Costa Rica.

Se encontró, que los niveles de riqueza y diversidad de especies de ambos grupos tienden a ser mayores en los bosques manejados sin que esto genere cambios drásticos en la estructura de las comunidades. Las especies propias del interior del bosque son mantenidas. Sin embargo, se hizo evidente que con el aprovechamiento y los disturbios que éste significa, numerosas especies entran a las comunidades en el sotobosque. En caso de mariposas, esto puede deberse a cambios en la estructura del bosque, lo cual permite que especies que siguen el nivel del dosel puedan ser observadas o capturadas a nivel del sotobosque en las áreas abiertas resultado de las actividades de aprovechamiento maderero o, debido a cambios que sufre la composición de especies vegetales lo cual trae consigo cambios en la composición de especies de mariposas que usan estas nuevas especies vegetales como plantas hospederas o como fuente de alimento. Pese a todo esto, las especies propias del bosque fueron mantenidas y su nivel de importancia respecto del resto de la comunidad también. En el caso de los Scarabaeinae, las especies que entran a la comunidad son a su vez las especies "raras" y su número está relacionado aparentemente con los niveles de disturbio que el aprovechamiento y el manejo le signifiquen al bosque.

Se concluye entonces, que el tipo de aprovechamiento dado a los bosques estudiados, genera como respuesta de los grupos evaluados, un incremento en la riqueza y diversidad de especies debido al ingreso de numerosas especies no propias del interior del bosque, sin que ello signifique la pérdida de especies o cambios grandes en la estructura de las comunidades propias de este tipo de ambientes. Se concluye también que, en el presente estado del arte, tanto Mariposas como Scarabaeinae, son ideales para su uso como herramientas de evaluación de los niveles de sostenibilidad ecológica de los bosques manejados, ello, sin olvidar la necesidad de complementar dichas evaluaciones con otros indicadores. Se establece la necesidad de contar con áreas control o con un programa de monitoreo que incluya evaluaciones hechas antes y después de las actividades de manejo.

## ABSTRACT

**Key words:** Sustainability, Criteria and Indicators (C&I), Butterflies, Dung Beetles, Managed Forests, Costa Rica.

Since 1994, based on the resolutions of the Rio convention in 1992, CIFOR (Center for International Forestry Research) has undertaken a program oriented to the development of a set of Criteria and Indicators (C&I) for forest management sustainability. With these proposals come, based on different technical and theoretical concepts, a series of indicators and verifiers whose purpose is to give the practical basis to the measurement of sustainability. Their real utility and viability in the field application is still to be assessed. One of the verifiers proposed for ecological sustainability indicator I.2.1.4: "the richness and diversity of selected guilds is maintained between natural standards", verifier V.2.1.4.3. that refers to the "number of species of big butterflies" has been kept after the field tests made to the present. On the other side, a number of different researchers have proposed the dung beetles as a group with interesting qualities to be considered as an important tool for the evaluation of species diversity levels present in forests.

Based on this, the present work looked for establishing the response patterns of the butterfly and dung beetle communities to the forest management practices and to evaluate their real utility as tools for the evaluation of ecological sustainability levels in managed forests of the Atlantic slope lowlands of Costa Rica.

Higher species richness and diversity levels were found for both groups in the managed forests, without implying big changes in the community structure. The species of the "inside" of the forest and their importance in number, regarding the species composition of the different communities, are kept. Nevertheless, it is clear that with forest management, and the disturbances that it means, a series of new species enter to the communities registered in the understory. In the case of butterflies, this can be related with the vegetation structure changes that the management causes so the canopy species that follow the vegetation level can be recorded by a researcher walking through the understory in areas with big clearings or, with the understory vegetation composition shifts, that result after the logging and management activities. In the case of dung beetles, these new species are the "rare" ones (in terms of relative abundance), and their number seems to be related with the disturbance levels that the management activities cause in the forest.; the more disturbance the forest receives, the more new rare species are recorded.

We conclude that in the present "state of the art" butterflies and dung beetles are usable as verifiers of the forest management ecological sustainability levels but, taking care to backup the results found with the use of some others indicators and verifiers. The need of a test control zone or of a pre logging-post logging monitoring program is established.

## 1. Introducción

A partir de 1992, año en que se llevó a cabo la “Cumbre del La Tierra”, desarrollar y validar criterios e indicadores para la evaluación de la conservación de la biodiversidad como parte del manejo forestal sostenible de los bosques tropicales ha sido identificada como una prioridad por parte de numerosas organizaciones internacionales.

Como parte de éste proceso, CIFOR (Center for International Forestry Research) inició en 1994, un programa para la búsqueda, identificación desarrollo e implementación de una serie de Criterios e Indicadores (C&I) de sostenibilidad para Unidades de Manejo Forestal (F.M.U.) en bosques tropicales. La propuesta contempla la sostenibilidad desde el punto de vista de sus componentes social, económico y ecológico, con un enfoque jerárquico, para su uso como herramientas de valoración rápida para el manejo forestal sostenible.

Los resultados obtenidos por CIFOR en las pruebas de campo llevadas a cabo en Alemania, Indonesia e Italia, para los diferentes Criterios, Indicadores y verificadores potenciales establecidos con base en aspectos teóricos, han permitido mantener a la riqueza y diversidad de especies de mariposas dentro de éste grupo, como posible verificador del indicador de sostenibilidad ecológica 1.2.1.4.: “Riqueza y Composición de grupos selectos” (Prabhu *et al.* 1996, Stork *et al.* 1997, CIFOR 1998).

Sumado a ello, numerosos investigadores (Klein 1989, Halffter *et al.* 1992, Lobo 1992, Halffter y Favila 1993, Favila y Halffter 1997), consideran que el grupo de los escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) presenta características que lo hacen idóneo para su uso con éste mismo fin, aunque este grupo no ha sido considerado aún por CIFOR (Stork *et al.* 1997).

Con base en lo anterior y dentro del marco del primer objetivo del programa de CIFOR, - el desarrollo de una metodología para evaluar y generar criterios e indicadores de biodiversidad -, como parte de la línea de investigación 4.b. del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) - conservación de la biodiversidad -, el presente trabajo busca hacer una contribución a la validación del uso de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) y mariposas (Lepidoptera) como indicadores de biodiversidad dentro del marco de la metodología C&I propuesta por CIFOR para evaluar sostenibilidad ecológica en el manejo forestal a nivel centroamericano.

### 1.1 Objetivos

### 1.1.1 *General:*

Contribuir al proceso de generación de criterios e indicadores (C&I) de biodiversidad necesarios para el desarrollo e implementación del aprovechamiento ecológicamente sostenible de los bosques tropicales, a través de la validación del uso de mariposas y escarabajos (Scarabeinae) en bosques manejados de la zona norte de la vertiente caribeña de Costa Rica.

### 1.1.2 *Específicos*

- Establecer y caracterizar la respuesta que presentan las comunidades de mariposas y escarabajos estercoleros (Scarabaeinae) a las actividades de aprovechamiento y manejo de bosques naturales en la zona norte de la vertiente caribeña de Costa Rica
- Valorar la utilidad real que tienen ambos grupos para su uso como herramientas de verificación del nivel de sostenibilidad ecológica presentada por bosques sometidos a actividades de aprovechamiento y manejo forestal en la zona norte de la vertiente caribeña de Costa Rica.

## 1.3. **Hipótesis**

- Las comunidades de mariposas y escarabajos presentan patrones de respuesta definidos a las actividades de manejo forestal.
- Escarabajos y mariposas son grupos útiles como herramientas de evaluación de los niveles de sostenibilidad ecológica presentados por bosques bajo manejo.

## 2. **Revisión de Literatura**

### 2.1. **Sostenibilidad**

La expresión “manejo forestal sostenible” se ha convertido, desde la Cumbre de la Tierra, en 1992, en uno de los objetivos a alcanzar por parte de las políticas forestales en muchos países. Sin embargo, no existe hoy día una definición clara y/o un consenso sobre qué significa (Mankin 1998). Su significado político y científico es hoy motivo de debate (Mankin 1998) lo que hace que siga siendo un término ambiguo y difícil de aplicar en términos operativos (ver Bunnell y Huggard 1999).

Según Mankin (1998), Manejo Forestal Sostenible es aquel que mantiene la estructura, los procesos y funciones ecológicas del bosque en condiciones saludables, a perpetuidad. Significa que no degrada el suelo

o la calidad del agua, que no produce consecuencias irreversibles o pérdidas de diversidad biológica. Es aquel que vincula al bosque como un todo y no se centra en sólo uno de sus componentes. Puede aplicarse a cualquier escala y puede producir un amplio rango de beneficios ambientales, sociales y económicos de acuerdo con los potenciales y capacidades del bosque bajo manejo. La definición de ITTO (International Tropical Timber Organization), un poco más resumida, lo define como "El proceso de manejar el bosque con el fin de alcanzar uno o más objetivos de manejo tendientes a generar un flujo continuo de productos y servicios deseables del bosque, sin que ello conlleve a la reducción de sus valores inherentes y de la productividad futura o efectos no deseados en el ambiente físico y social". No por ello el término deja de ser ambiguo y debe analizarse de acuerdo con sus componentes social, económico y ecológico (Prabhu *et al.* 1996).

Con base en ello, se han venido adelantando numerosas iniciativas tendientes a hacer operacional el concepto y así permitir que los manejadores de bosque puedan alcanzar el Manejo Sostenible (ver Wijewardana 1998).

Entre las iniciativas más "populares" (Wijewardana 1998), están las de Criterios e Indicadores (C&I) de Sostenibilidad en las que se entiende por C&I, aquellas "herramientas que pueden ser usadas para coleccionar información de manera que es útil para conceptualizar, evaluar e implementar el manejo forestal sostenible," (Larsen *in* Rausher and Hacker 1989 citado por Boyle *et al.* 1997), de las cuales hay siete procesos diferentes adelantándose en la actualidad en diferentes partes del mundo, uno de los cuales, es el programa que desde 1994 inició CIFOR.

## 2.2. La Propuesta de CIFOR

La propuesta de CIFOR está orientada hacia la Unidad de Manejo Forestal (UMF), la unidad básica de manejo que se usa a la hora de desarrollar los programas y planes de manejo de un bosque. El criterio ecológico fundamental (estándar que se usa como marco de referencia a la hora de emitir un juicio), que sustenta el programa propuesto por CIFOR, es la idea que *"si los procesos que generan y mantienen la biodiversidad son conservados, se mantendrá un nivel y un patrón sostenible de biodiversidad"* (Stork *et al.* 1997, CIFOR 1998).

A partir de este criterio, CIFOR plantea una serie de indicadores de biodiversidad (cualquier variable o componente del bosque o sistema de manejo que es usado para inferir, a partir de él, el estatus de un criterio particular) a distintas escalas ecológicas (paisaje, región, localidad, etc.) para los cuales, a su vez, establecieron una serie de verificadores (información específica y de fácil evaluación que indica la

condición particular en que se encuentra un indicador) que permitieran valorar cualitativa y cuantitativamente el estado de cada uno de los indicadores. Los indicadores propuestos originalmente por Prabhu *et al.* (1996), fueron considerados insuficientes y remplazados por un conjunto mucho más extenso (22 en total), y en el que cada indicador pudiera ser evaluado por uno o más verificadores (Stork *et al.* 1997, CIFOR 1998)

Uno de los indicadores propuestos es el I.2.1.4.: la “riqueza y diversidad de especies de grupos selectos no muestra cambios significativos”, cuyos verificadores incluyen el número de especies de mariposas grandes (V.2.1.4.3.) y el monitoreo de la diversidad de grupos “prominentes” (V.2.1.4.1.) entre otros (Boyle *et al.* 1998, CIFOR 1998). Como uno de estos grupos, el presente estudio propuso además, con base en numerosos autores, al gremio de los Scarabaeinae (escarabajos estercoleros).

El objetivo original del programa de CIFOR era desarrollar una metodología versátil de evaluación que pudiera ser usada por personal no calificado y, que al cabo de tan sólo 10 - 15 días, arrojase resultados confiables respecto del verdadero estado en que se encuentra la diversidad en los bosques bajo manejo ”(Ver anexo 1: Listado de Indicadores y verificadores propuestos por CIFOR 1998). La idea actualmente es la de desarrollar una herramienta de evaluación que pueda ser usada por el administrador de bosque, con un enfoque de “manejo adaptativo.

La validación en campo del uso operacional de estos y otros indicadores propuestos debe y puede ser una contribución importante al desarrollo del manejo forestal sostenible debido a la imposibilidad de dar seguimiento a todos los taxa dentro de un bosque. Si los indicadores son incorrectamente aplicados y/o interpretados o si son inadecuados las consecuencias para el bosque y todos los organismos que a este se encuentran asociados así como para los objetivos de manejo que éste tenga podrían ser serias (Lindenmayer 1999).

Con base en ello, el objetivo del presente estudio es contribuir con la etapa en la que actualmente se encuentra el programa: la validación en campo de los distintos verificadores propuestos para cada uno de los indicadores hasta ahora aceptados. Más exactamente, con la del verificador V.2.1.4.3. (mariposas) y del que aquí se propone(escarabajos). Se buscó por lo tanto, hacer una caracterización de la respuesta de los dos grupos a las operaciones de manejo adelantadas en bosques de bajura de la vertiente caribeña de la cordillera volcánica central de Costa Rica así como medir su utilidad como herramientas de verificación dentro del marco de los parámetros de evaluación que CIFOR contempla dentro de su propuesta.

### 2.3. Mariposas grandes como verificador del indicador I.2.1.4.3.

Las mariposas han sido caracterizadas como un grupo fuertemente influido por los patrones de cobertura y la distribución de las especies vegetales (Turner 1971, Thomas 1991, Spitzer *et al.* 1997, Brown *et al.* 1997, Pollard *et al.* 1998). Las respuestas que el grupo presenta a los procesos de disturbio son rápidas, dinámicas y se basan en los cambios que presenta la vegetación del bosque (Johns 1992, Hill *et al.* 1995, Allan *et al.* 1997). Numerosos autores proponen a las mariposas como indicadores de la riqueza de hábitats presentes dentro de un bosque debido a la estrecha relación que presentan con sus plantas huésped y a su sensibilidad a cambios microclimáticos en el sotobosque (Thomas 1991, Kremen 1992, Spitzer *et al.* 1997, Peterson 1997, Brown y Hutchings 1997, Robins *et al.* 1996 citado por Leigh 1999).

El carácter conspicuo de su respuesta hace que, como grupo, las mariposas puedan llegar a constituirse en una herramienta útil como indicadores en la evaluación y el monitoreo de procesos antropogénicos que generen cambios en la estructura y composición de los ambientes en que viven (Pollard 1977, Pollard y Yates 1993, Dayly y Ehrlich 1995). Con base en ello, CIFOR ha planteado al *número de especies de mariposas grandes* como uno de los verificadores para el Indicador 2.1.4, que se ha mantenido a lo largo de las tres evaluaciones hasta ahora llevadas a cabo (Alemania, Indonesia, Italia) (Stork *et al.* 1997, CIFOR 1998).

Según Ghazoul (1998), el propósito de su uso es estimar la abundancia y diversidad de mariposas grandes como estimador sustituto de la riqueza de plantas e insectos herbívoros y polinizadores.

#### **2.4. Los Scarabaeinae como verificador propuesto para el indicador I.2.1.4.1.**

Los Scarabaeinae no han sido contemplados por CIFOR en su conjunto de verificadores de la riqueza y composición de especies. Los mencionan en términos muy generales como parte de las comunidades de insectos de suelo, uno de los verificadores del indicador que refiere al mantenimiento de la riqueza/diversidad de grupos selectos (Stork *et al.* 1997). Estos insectos son muy importantes en el consumo y dispersión de excrementos de mamíferos, reptiles y aves. Los adultos entierran el estiércol en el suelo como alimento para ellos y para sus larvas (Mittal 1993, Hanski en Hanski y Cambefort 1991, Heinrich y Bartholomew 1979). Existe una alta diferenciación de nichos entre los estercoleros (Halffter *et al.* 1992, Hanski y Cambefort 1991), determinada por factores como preferencia por condiciones específicas de suelo, de cobertura, el forrajeo, el método de aprovechamiento del estiércol (endocópridos, rodadores o cavadores), el tamaño corporal, y las temperaturas ambientales de actividad (Halffter *et al.* 1992, Cambefort y Hanski 1991, Bartholomew y Heinrich 1979 y Peck y Howden 1984).



Son varios los autores que, con base en la biología del grupo, han planteado el potencial que tiene el gremio como indicador (Hill 1995, Anduaga y Halffter 1991, Klein 1989, Kirk 1992, Terrón *et al.* 1991, Halffter *et al.* 1992). En términos generales, se considera que este gremio se presta para el análisis y evaluación de los efectos de perturbaciones del bosque como el aprovechamiento, la aplicación de tratamientos silviculturales y la fragmentación, dado que cuenta con una alta diversidad de especies y con hábitos desde altamente especializados hasta muy generalistas en sus requerimientos de hábitat. Por ejemplo, las especies propias de los bosques tropicales difícilmente entran en zonas abiertas, clareadas y, a las zonas clareadas resultado de procesos de disturbio, llegan nuevas especies no presentes en zonas de bosque no modificado; esto, básicamente, debido a requerimientos microambientales específicos (ver Klein 1989). Lo anterior, determina que la composición de especies presentes en el bosque y en las zonas clareadas sea diferente (Halffter *et al.* 1992, Hill 1995 y Klein 1989).

Las especies exclusivas de bosque, que no se presentan en zonas abiertas, son las más afectadas por la apertura del dosel (Halffter *et al.* 1992). Existen estudios como los de Klein (1989) y Anduaga y Halffter (1991), que demuestran cómo la perturbación del bosque por la actividad humana puede provocar una reducción en el número de especies presentes. Klein (1989), en Brasil, ha utilizado al gremio con el fin de evaluar efectos de perturbaciones. La extinción local de numerosas especies de pequeños y grandes mamíferos, y la reducción de la fauna de aves y reptiles que ocurre en ambientes perturbados como bosques fragmentados, hace que la oferta de alimento para los escarabajos disminuya, lo que provoca una reducción en la riqueza y diversidad de las poblaciones presentes (Klein 1989, Heinrich y Bartholomew 1979, Anduaga y Halffter 1991).

Resulta claro entonces, que la riqueza y diversidad de especies del gremio de escarabajos estercoleros en los bosques tropicales está íntimamente relacionada con la presencia de otros organismos, que les proveen de alimento y, con factores microclimáticos determinados por patrones de cobertura vegetal (Halffter *et al.* 1992, Kirk 1992, Klein 1989).

Con base en todo lo anterior, además de otras características del gremio como su estabilidad taxonómica (no presentan cambios frecuentes de clasificación), facilidad de muestrear e identificar a nivel de especie, el presente trabajo pretendió hacer una caracterización de la respuesta del gremio a las actividades de manejo en bosques de bajura de la vertiente atlántica de Costa Rica y evaluar la posibilidad de utilizar los escarabajos estercoleros como verificadores en evaluaciones rápidas de biodiversidad como las que plantea CIFOR.

### 3. Materiales y Métodos

### 3.1. Area de estudio

El Area donde se llevó a cabo el presente estudio se encuentra ubicada al interior del Area de Conservación Cordillera Volcánica Central, en inmediaciones del Cantón de Sarapiquí, provincia de Heredia, Costa Rica, en un rango de elevación entre los 37 y los 350 m.s.n.m. (Hartshorn y Hammel 1994, FUNDECOR 1993, 1994.a. y b y 1996.a.). Allí se trabajó en dos bosques bajo manejo planificado por una entidad certificada por el "Forest Stewardship Council" y un bosque control, no intervenido, ubicado al interior de la Estación Biológica La Selva, de la Organización de Estudios Tropicales. Los tres bosques estaban conectados directa o indirectamente con el Parque Nacional Braulio Carrillo (Figura 1).

Según datos de la estación meteorológica La Selva, la temperatura media anual en la zona oscila entre los 24.7 y los 27.2°C con picos en los meses de agosto - septiembre y las más bajas en Enero/Febrero (McDade y Hartshorn 1994). Los suelos son de origen volcánico reciente (Parker 1994).

Las precipitaciones presentan un régimen bimodal con picos de más de 400 mm mensuales en junio - julio y noviembre - diciembre y una época de menor precipitación en febrero - abril (McDade y Hartshorn 1994).

Durante el período de estudio (Marzo-Agosto de 1999), la temperatura diaria osciló entre los 27.18 y los 22.16°C con una media general de 25.1°C. Las medias mensuales variaron entre los 24.28°C (marzo) y los 25.75°C (mayo). Las Precipitaciones medias mensuales variaron entre los 136.8 (marzo) mm y los 567.9 mm (julio) (Figura 2).

Los bosques de la zona, según el sistema de clasificación de Zonas de Vida de Holdridge, corresponden a bosque muy húmedo tropical (BM2) (bmh-T), y bmh-T transición a basal (BLS y BM1) (Sanford *et al.*. 1994, FUNDECOR 1993, 1994.a. y b y 1996.a.y b) y ,dominados ampliamente por la especie comercial *Pentaclethra macroleoba* (gavilán), con un 12%, 19% y un 14% de los árboles  $\geq 10$  cm dap. en el bosque control, el bosque manejado 1 y el bosque manejado 2 respectivamente (Hartshorn y Hammel 1994, Clark y Clark 1999, FUNDECOR 1999).

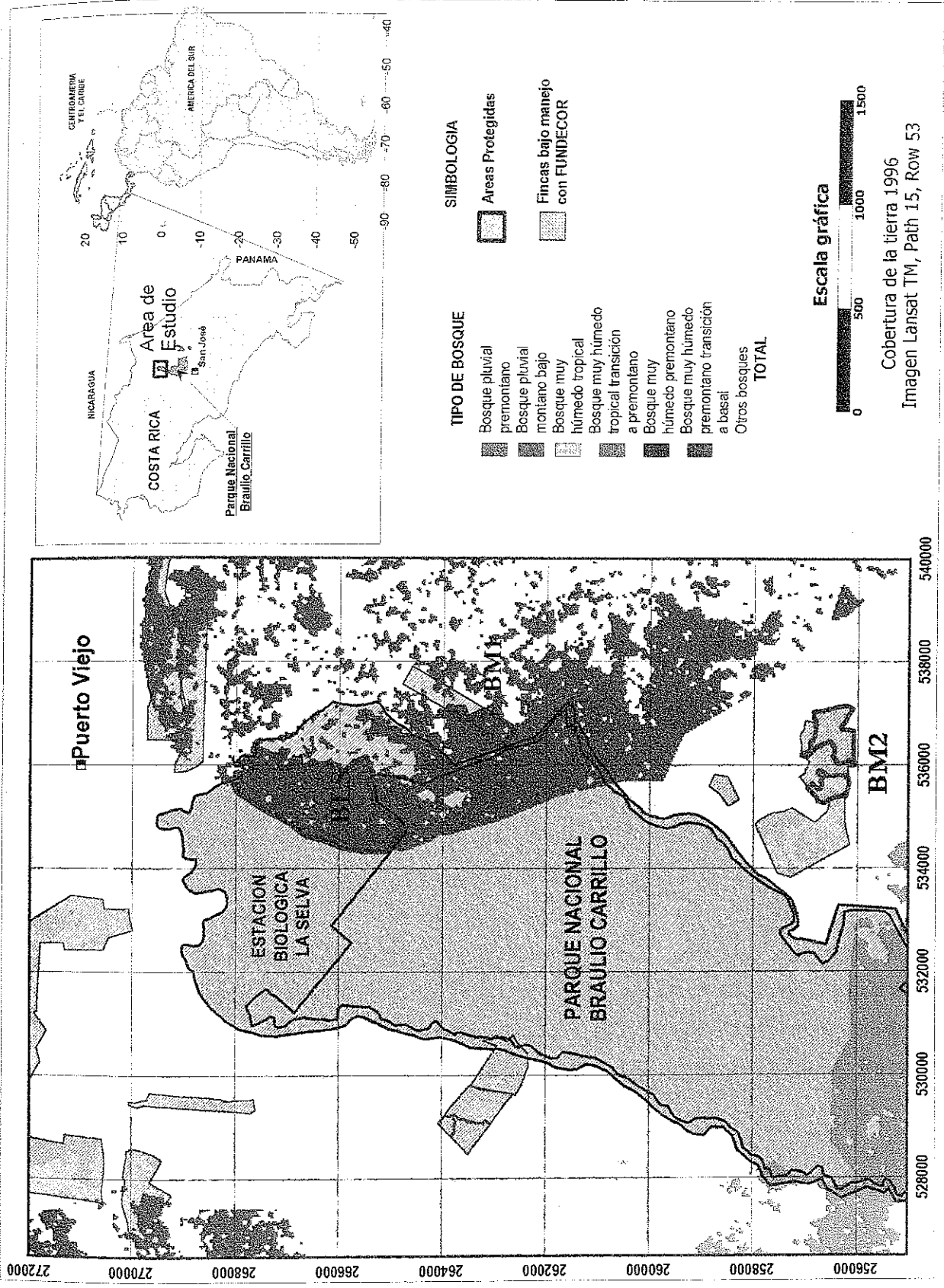
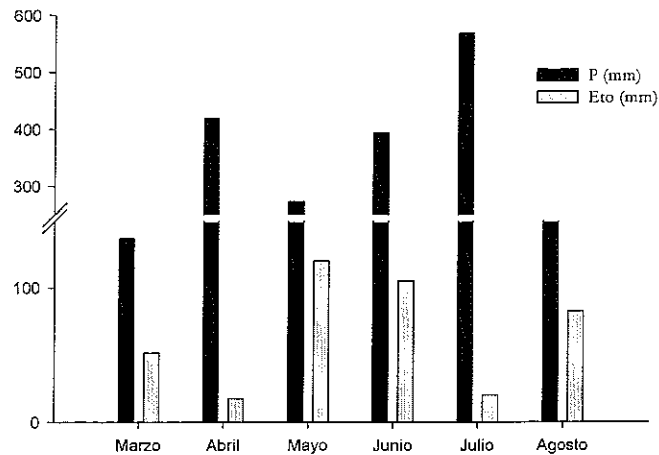


Figura 1. Localización general del área de estudio Fuente: FUNDECOR 1999



**Figura 2.** Precipitación (P) y Evapotranspiración (Eto) Registradas durante los meses del estudio (marzo - agosto 1999). Fuente: estación meteorológica Estación Biológica La selva (www.ots.ac.cr).

### 3.1.1. Bosque Control: Estación Biológica La Selva (BLS)

El área de bosque usada como control en el presente estudio se encuentra ubicada al interior de la Estación Biológica La Selva, de la Organización de Estudios Tropicales (O.T.S. por sus siglas en inglés). La estación abarca un área total de 1,536 ha, de las cuales el 55% son bosque primario. Al sur se encuentra conectada con el Parque Nacional Braulio Carrillo (Figura 1). La altura sobre el nivel del mar varía entre los 35 y los 137 m.s.n.m. (McDade y Hartshorn 1994). El área usada para el presente trabajo está ubicada a lo largo del Sendero Central (Figura 3) el cual recorre el bosque primario en la sección sudeste de la estación, la más cercana al Bosque Manejado 1 (BM1) (Figuras 1 y 3). En el Cuadro 1 se observa el listado de las 10 especies vegetales más abundantes arriba de 10 cm dap. El área basal total/ha, es de 28.4 m<sup>2</sup> con 641 árboles  $\geq 10$  cm dap (Clark y Clark 1999). De estos 28.4 m<sup>2</sup>, 9.6 m<sup>2</sup> de área basal (cerca del 33% del total) son representados por *Pentaclethra macroleoba*. Esto muestra claramente el rol que esta especie representa dentro de la comunidad vegetal del BLS. La estructura de la vegetación arriba de 10 cm dap puede verse en la Figura 4. Cabe destacar que entre las esocies más comunes se encuentran tres especies de palmas (*Iriartea*, *Socratea* y *Welfia*)

Cuadro 1. Especies vegetales ( $\geq 10$  cm dap) más abundantes en 6 parcelas de 0.4 ha ubicadas a lo largo del Sendero Central, Estación Biológica La Selva. Datos proporcionados por Clark y Clark (1999).

| Especie                          | No Inds/ha | AB(m <sup>2</sup> /ha) |
|----------------------------------|------------|------------------------|
| 1 <i>Pentaclethra macroleoba</i> | 79.2       | 9.582                  |
| 2 <i>Iriartea deltoidea</i>      | 60         | 1.268                  |
| 3 <i>Socratea exorrhiza</i>      | 51.7       | 0.653                  |
| 4 <i>Welfia georgii</i>          | 45.4       | 0.845                  |
| 5 <i>Protium pittieri</i>        | 21.7       | 0.658                  |
| 6 <i>Favamea parvibractea</i>    | 19.6       | 0.297                  |
| 7 <i>Euterpe macrospadix</i>     | 17.5       | 0.183                  |
| 8 <i>Warszewiczia coccinea</i>   | 14.6       | 0.21                   |
| 9 <i>Dendropanax arboreus</i>    | 13.8       | 0.528                  |
| 10 <i>Protium panamense</i>      | 13.3       | 0.386                  |

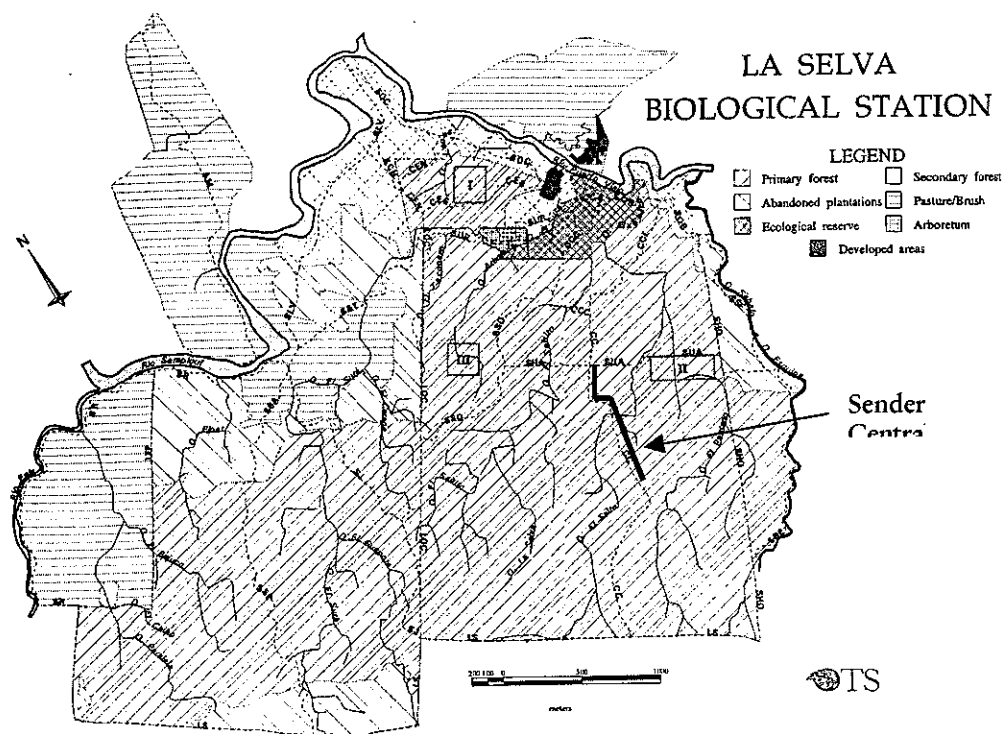


Figura 3. Estación Biológica La Selva. Ubicación del sendero central a lo largo del cual se ubicaron los transectos de muestreo en el bosque control. (modificado de McDade y Hartshorn 1994).

### 3.1.2. *Bosques Manejados*

Los bosques manejados fueron sometidos a aprovechamiento siguiendo planes de manejo elaborados por el Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR) y hoy en día son manejados por la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR), organización no gubernamental certificada por el Forest Stewardship Council. Pese a estar contemplado en los planes de manejo, hasta el momento no se ha aplicado ningún tipo de tratamiento silvicultural (FUNDECOR 1993, 1994.a. y b y 1996.a.1994 y 1996 a y b, Obando 1999. Com. Pers.).

#### 3.1.2.1. *Bosque Manejado 1(BM1)*

El bosque manejado 1, propiedad del Sr. Antonio Tosi, es el que más cercano está al BLS. Se encuentra conectado con el Parque Nacional Braulio Carrillo por su costado sur y por su costado occidental a la Estación Biológica La Selva, cerca al Sendero Central (Figura 1) en el distrito de "Horquetas", caserío "El Mortero". Las zonas que no se encuentran colindando con bosque, están rodeadas por pastizales destinados al pastoreo de ganado vacuno (Figura 1).

Está ubicado a aproximadamente 100 m.s.n.m. en terrenos de relieve colinado, con pendientes en general entre un 10 y un 40%. Lo atraviesa el río "Mortero" y algunas quebradas pequeñas o intermitentes, las cuales drenan el área en dirección noroeste. Posee un área total de 100 ha de las cuales 78 han son consideradas área efectiva de aprovechamiento por parte de la entidad que hace su manejo (FUNDECOR 1993). El bosque fue aprovechado parcialmente (50 ha) para extracción de madera en 1995-1996, con base en un plan de manejo elaborado por el Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR), y aprobado por el MINAE en 1993. Se planea hacer el aprovechamiento de una nueva sección de 28 ha, con 103 árboles por cortar en el año 2000 (Obando 1999 com. pers, FUNDECOR 1994.a. y 1996.a.). Hasta ahora fueron extraídos 187 árboles de 568 autorizados por la ley, correspondientes a un volumen total de 650.5 m<sup>3</sup> (13m<sup>3</sup>/ha) (FUNDECOR 1996a).

De los dos bosques aprovechados estudio, éste es el que presenta un aprovechamiento más intenso, con el mayor número de árboles y área basal extraída por hectárea, con tres patios internos, una mayor concentración de residuos y una alta densidad de caminos forestales (FUNDECOR 1996a, Obando 1999. Com.pers, observación personal).

La estructura de la vegetación arriba de 10 cm d.a.p. se puede observar en la Figura 4 en la que se hace evidente el número de árboles y área basal extraído por hectárea. El área basal total promedio por hectárea,

arriba de 10 cm dap, obtenida a partir de tres parcelas permanentes de 3000 m<sup>2</sup>, ubicadas en 1999, es de 23.5m<sup>2</sup>/ha con una abundancia de 405 árboles/ha (FUNDECOR 1999, Observación personal).

El Cuadro 2 muestra las 10 especies vegetales más comunes presentes al interior del BM1. Las identificaciones fueron hechas en campo por un dendrólogo del Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). Dado que en muchos casos dicha identificación es parcial, se hace difícil hacer comparaciones respecto de la composición con el BLS. Sin embargo, cabe resaltar que *Pentaclethra macroloba* sigue siendo la especie más abundante, y en este caso con cerca del 20% de los individuos arriba de 10 cm dap.

**Cuadro 2.** Listado de las 10 especies vegetales (≥10 cm dap) más comunes en el Bosque Manejado 1 (BM1). (FUNDECOR 1999)

| Especie                           | No Inds/ha | AB(m <sup>2</sup> /ha) |
|-----------------------------------|------------|------------------------|
| 1 <i>Pentaclethra macroloba</i>   | 80         | 10.203                 |
| 2 <i>Socratea exorrhiza</i>       | 29.2       | 0.375                  |
| 3 <i>Protium sp</i>               | 25.8       | 0.62                   |
| 4 <i>Pouteria sp</i>              | 21.7       | 2.339                  |
| 5 <i>Miconia sp</i>               | 18.3       | 0.294                  |
| 6 <i>Desconocido</i>              | 18.3       | 0.87                   |
| 7 <i>Euterpe precatoria</i>       | 12.5       | 0.121                  |
| 8 <i>Dystovornita paniculata</i>  | 11.7       | 0.243                  |
| 9 <i>Warszewiczia coccinea</i>    | 10.8       | 0.147                  |
| 10 <i>Ferdinandusa panamensis</i> | 10.8       | 0.209                  |

Datos de Parcelas permanentes de FUNDECOR (1999).

### 3.1.2.2. Bosque Manejado 2 (BM2).

El Bosque Manejado 2, propiedad de "El Manú S.A.", Está ubicado en el distrito de Horquetas, caserío El Plástico, entre los 250 y los 350 m.s.n.m.(150 a 250 m.s.n.m más arriba que el BLS y el BM1), a una distancia cercana a los 2,5 km. al sur del BLS . Posee un área total de 85.4 ha de las cuales 61 son consideradas efectivas para manejo (FUNDECOR 1994a).

Entre 1994 y 1995 se llevó a cabo el aprovechamiento en la totalidad del área con base en un plan de manejo elaborado por el INISEFOR y aprobado por el MINAE en 1994. El volumen de madera extraído

fue de 8,4 m<sup>3</sup>/ha para un total de 503 m<sup>3</sup>. Con el fin de evitar daños a la regeneración no se construyeron patios de carga al interior del bosque. En la actualidad se encuentra bajo manejo por parte de FUNDECOR (FUNDECOR 1993, 1994a 1996a y 1999).

El área boscosa está conectada de forma indirecta, al oeste, a través de bosque con el Parque nacional Braulio Carrillo (Figura 1). Al norte colinda con la reserva privada Rara Avis. Las restantes zonas alrededor del bosque están cubiertas por plantaciones forestales de Pílon (*Hyeronima alchorneoides*) y de Chanco blanco (*Vochysia guatemalensis*).

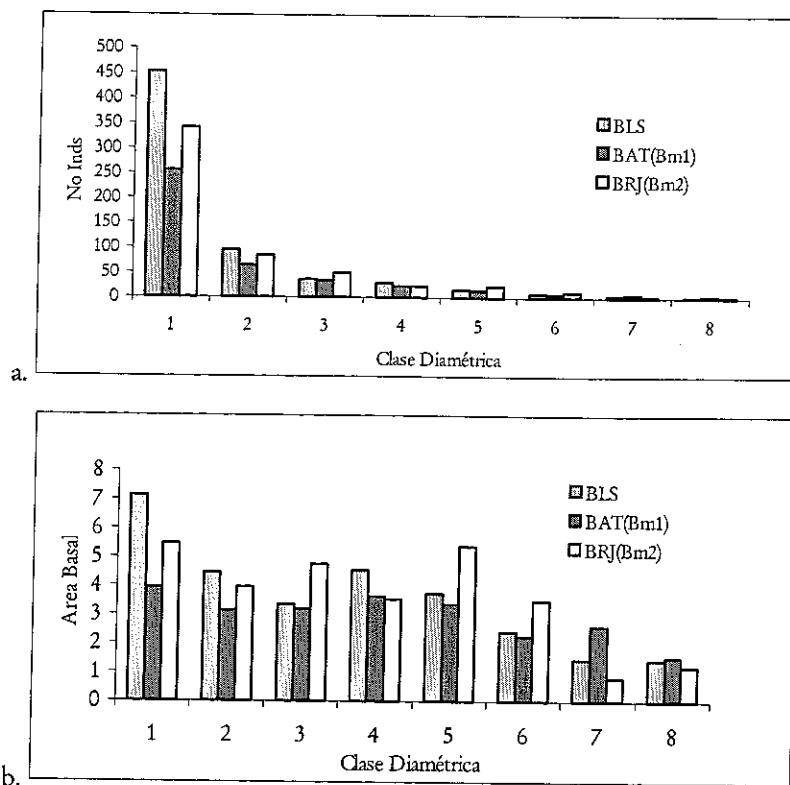
En el Cuadro 3 se puede observar el listado de las 10 especies más abundantes actualmente en el BM2. La información proviene de una parcela permanente de 1 ha ubicada al interior del bosque y cuya última evaluación fue llevada a cabo por FUNDECOR en el transcurso del presente estudio, con identificación por parte de personal del INBio. Nuevamente, se observa la dominancia de *Pentaclethra macroleba*, con el 14% de los individuos por hectárea (FUNDECOR 1999). También, se observa que debido a dificultades para la identificación *in-situ* de las especies, los árboles desconocidos ocupan el segundo lugar en abundancia después de *P. macroleba*, lo que no permite hacer comparaciones a nivel de vegetación con los otros bosques. El área basal total/ha es de 28.5 m<sup>2</sup> con una abundancia de 534 árboles ≥10 cm d.a.p/ha (FUNDECOR, 1999). La estructura de la vegetación arriba de 10 cm d.a.p. puede verse en la Figura 4. En la cual se observa una concentración del área basal en la clase diamétrica 50-59.9cm muy superior a la que presentan el BM1 y el BLS.

**Cuadro 3.** Listado de las 10 especies vegetales (≥10 cm dap) más comunes en el Bosque Manejado 2 (BM2). (FUNDECOR 1999)

| Especie                               | No Inds/ha | AB(m2/ha) |
|---------------------------------------|------------|-----------|
| 1 <i>Pentaclethra macroleba</i>       | 75         | 8.801     |
| 2 Desconocido                         | 56         | 1.822     |
| 3 <i>Protium sp</i>                   | 39         | 1.054     |
| 4 <i>Protium pittierii</i>            | 36         | 1.154     |
| 5 <i>Pouteria sp</i>                  | 18         | 2.054     |
| 6 <i>Laetia procera</i>               | 16         | 0.289     |
| 7 <i>Stephanopodium costaricensis</i> | 14         | 0.77      |
| 8 <i>Socratea exorrhiza</i>           | 13         | 0.206     |
| 9 <i>Inga sp</i>                      | 13         | 0.558     |
| 10 <i>Eschweilera sp</i>              | 13         | 1.249     |



Datos de Parcelas permanentes de FUNDECOR (1999).



**Figura 4.** Estructura de la vegetación en los bosques estudiados (datos: Anexo 2). a. N por clase diamétrica. b. Area Basal pos clase diamétrica. Las diferencias entre los diferentes bosques realzan la incidencia que tiene el aprovechamiento sobre la estructura del bosque.

### 3.2. Muestreo

El muestreo se llevó a cabo por espacio de seis meses, entre Marzo y Agosto de 1999. Cada bosque se evaluó durante tres días cada mes. En cada bosque, fueron establecidos dos transectos de 250 m de largo, distanciados entre si 200m, para efectos de independencia entre ellos y buscando que cubrieran el mosaico estructural característico de los bosques evaluados.

#### 3.2.1. Mariposas

Para la evaluación de mariposas, el muestreo constó de dos partes:

1. Se recorrió cada transecto a diario por espacio de una hora (36 horas de evaluación por bosque) a un paso constante y uniforme, registrando todas las mariposas que se observaran dentro de un margen de 5m

a cada lado de éste. Se tuvo cuidado, en cada uno de los recorridos, de no registrar una misma mariposa en más de una ocasión, como podría ocurrir con aquellas que usan el transecto como corredor de vuelo. Los individuos de especies desconocidas o difícilmente reconocibles al vuelo fueron capturados y posteriormente identificados mediante el uso de claves visuales y colecciones de referencia.

2. Con el fin de caracterizar al gremio de las mariposas consumidoras de frutos en proceso de descomposición, en cada transecto, se ubicaron 10 trampas (20 en total)(ver Daily y Ehrlich 1995), cada 25 metros, a 1.5 m de altura, las cuales fueron cebadas con banano fermentado y que fueron revisadas a lo largo de los 3 días mensuales de evaluación (5760 horas-trampa). Los individuos capturados pertenecientes a especies ya conocidas o de fácil identificación fueron registrados y liberados.

### 3.2.2. Scarabaeinae

Para la colecta de escarabajos, en cada transecto se ubicaron 10 trampas de foso ("pitfall traps") modificadas, cebadas con estiércol de cerdo, por espacio de 48 horas, para un total de 20 trampas por tres días al mes por seis meses por bosque (5760 horas-trampa/bosque). Los individuos colectados fueron identificados mediante el uso de claves, colecciones de referencia (INBio) y consulta a especialistas<sup>1</sup>.

### 3.3. Análisis de Datos

El objetivo del análisis fue caracterizar, establecer e interpretar los patrones de respuesta que las comunidades evaluadas presentan a las actividades de aprovechamiento forestal.

Para cada grupo y tipo de muestreo se obtuvo un listado de especies y número de individuos registrados por bosque, a partir de los cuales se adelantó el análisis. Con base en esta información, se elaboraron curvas aleatorizadas de acumulación de especies (con 100 aleatorizaciones), mediante el uso del programa Estimate v5.0, a fin de ilustrar e interpretar los niveles de riqueza de especies registrados en cada bosque (Colwell 1997). También, se elaboraron curvas rango-abundancia para describir la estructura de las comunidades estudiadas y poder así establecer su nivel de complejidad y poder comenzar a diferenciarlas en términos de equitabilidad y diversidad (Magurran 1988, Krebs 1989).

La riqueza total de especies de cada grupo presentes en cada una de las comunidades evaluadas fue estimada mediante el uso y ajuste, con un  $R^2$ (Sigmaplot 5.0 y SAS v 6.12), de los modelos de estimación

---

<sup>1</sup> Angel Solís. Especialista en Scarabaeinae. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Costa Rica  
Federico Escobar: Especialista en Scarabaeinae. Instituto de Investigaciones Von-Humboldt, Colombia.

paramétricos (modelos de regresión) Logarítmico, Exponencial y de Clench (Soberón & Llorente 1993) (ver Anexo 7). Esto, con el fin de estimar y comparar estos niveles máximos de riqueza en cada uno de los bosques estudiados (Soberón & Llorente 1993). Con el mismo propósito, se usaron los estimadores no paramétricos ACE, ICE, Chao1, Jack1, Bootstrap y MMEan propuestos por Colwell y Coddington (1994) y (Colwell 1997) (EstimateS v5.0). La idea de considerar tantos, es que no todos presentan un ajuste adecuado respecto de las comunidades que se están evaluando. La forma de evaluar el nivel de ajuste de cada modelo consiste en graficar los niveles de riqueza estimados para cada unidad de esfuerzo muestral ( número de trampeos por trasecto, o número de evaluaciones por trasecto, según sea el caso). En la medida que la curva generada adopte un comportamiento horizontal, esto significa que el sesgo presentado por el modelo con muestras pequeñas es menor y por lo tanto la calidad de la estimación es superior ( ver Colwell y Coddington 1994 y Chazdon *et al.* 1998).

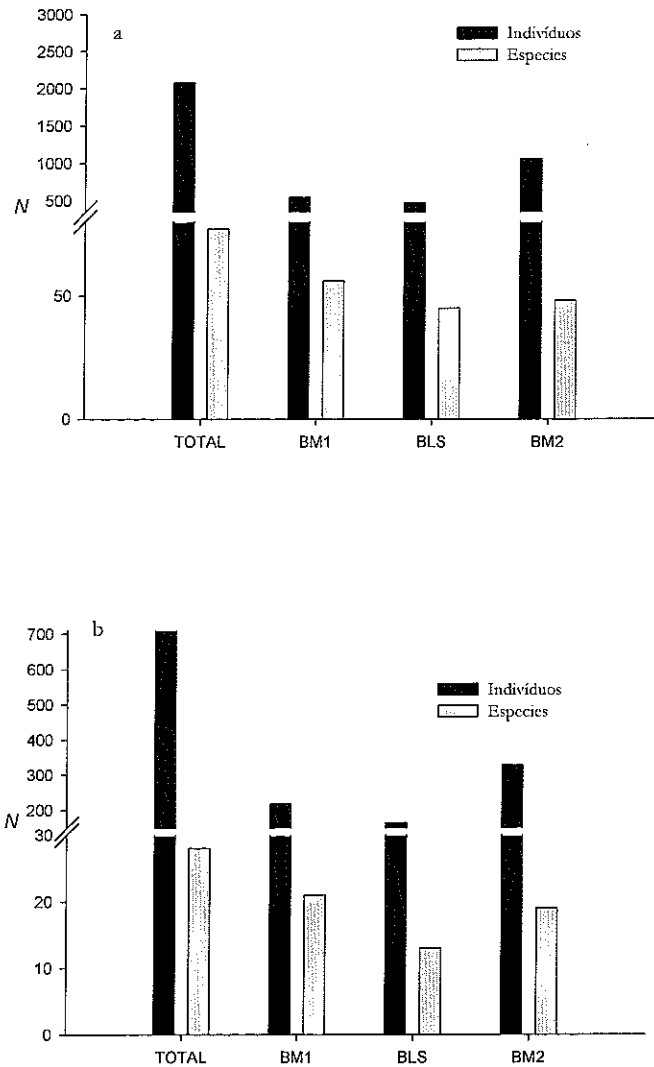
Para estimar la diversidad  $\alpha$  de cada grupo, en cada uno de los bosques, y así comparar los niveles de diversidad de especies presentes en cada bosque, se empleó, basados en Magurran (1988), Colwell & Coddington (1994) y Colwell (1997), el índice alfa ( $\alpha$ ) de Fisher (Magurran 1988, Colwell 1997) el cual fue sometido, para cada caso, a un procedimiento Jack Knife (Magurran 1988) a partir del cual se generó una media estimada con la que se hicieron comparaciones estadísticas entre los bosques mediante las pruebas de Kruskal-Wallis y Mann-Whitney al 5% y al 10%, usando el programa SAS v 6.12.

Finalmente, y como parte principal del presente estudio, se realizó un análisis de composición de las distintas comunidades presentes en cada uno de los bosques así como una caracterización ecológica de éstas. Esto con el fin de caracterizar a fondo las respuesta que presentaron los diferentes grupos evaluados a las actividades de aprovechamiento forestal. La primera etapa consistió en primera medida, en el cálculo del índice de similitud de Moriseta-Horn (Magurran 1988, Colwell y Coddington 1994) computado usando el programa EstimateS v5.0(Colwell 1997) y con los cuales se elaboró una matriz a fin de comparar los resultados obtenidos en las comparaciones entre los diferentes bosques en términos de composición y abundancia relativa de las especies. Posteriormente fueronrealizados análisis de composición más detallados.

#### 4. Resultados

Como resultado de las evaluaciones visuales y de las colectas de mariposas y escarabajos llevadas a cabo en los tres bosques evaluados, se registró un total de 2213 mariposas pertenecientes a 77 especies diferentes y 712 escarabajos pertenecientes a 28 especies. La Figura 5 muestra la distribución del número de registros

por bosque y de especies para ambos grupos. En los dos casos se observa el mismo patrón general de



**Figura 5.** Números totales de individuos y de especies registradas/colectadas por tipo de bosque. a. Mariposas. b. Scarabaeinae

riqueza, con el Bosque Manejado 1 con el mayor número de especies registradas para los dos grupos, seguido del BM2 y finalmente del BLS. El mayor número de individuos registrados se observó, para ambos grupos, en el BM2

En el caso de las mariposas, 131 registros pertenecientes a 26 especies fueron logrados mediante el uso de trampas (15 especies diferentes capturadas en el BM1 y el BM2 y 13 en el BLS) y 2083 (74 especies),

mediante las evaluaciones visuales (594 registros pertenecientes a 55 especies en el BM1, 512 registros pertenecientes a 41 especies en el BLS y 1107 registros pertenecientes a 44 especies en el BM2).

Con base en lo anterior, el análisis de resultados para mariposas se dividió de acuerdo con el tipo de muestreo, considerando así las especies capturadas en trampas aparte de las especies registradas en los censos visuales.

Sólo tres de las especies capturadas en trampas no fueron registradas en las evaluaciones a lo largo de los transectos: *Caerois gerdructus* y *Archaeoprepona demophon centralis* y *Hanachryas arinome ariensis* (Anexo 4).

En el caso de los Scarabaeinae, 219 individuos pertenecientes a 21 especies fueron colectados en el BM1, 165 individuos pertenecientes a 13 especies fueron colectados en el BLS y 328 individuos pertenecientes a 19 especies en el BM2 .

#### 4.1. Riqueza y diversidad

##### 4.1.1. *Curvas de acumulación de especies*

Como primera aproximación a la estimación de la riqueza de especies de ambos grupos presente en cada uno de los bosques evaluados, se elaboraron las curvas observadas y aleatorizadas de acumulación de especies respecto del esfuerzo muestral (Figuras 6 y 7). Para mariposas, en el caso de los registros visuales, se observa que desde un inicio, los bosques manejados se muestran claramente más ricos que el BLS (Figura 6.b), patrón que también se observa en el caso de los Scarabaeinae (Figura 7). Sin embargo, hacia el final del esfuerzo muestral, en mariposas, se ve una tendencia del BLS a acercarse al nivel de riqueza en BM2 (Figura 6.b.). El BM1 se presenta como el bosque de mayor riqueza, seguido del BM2 y finalmente del BLS.

En el caso del gremio de mariposas consumidoras de frutos en proceso de descomposición (mariposas capturadas con trampas), las riquezas representadas por las curvas aleatorizadas son muy similares, no diferenciándose claramente ninguna de las comunidades evaluadas (Figura 6d).

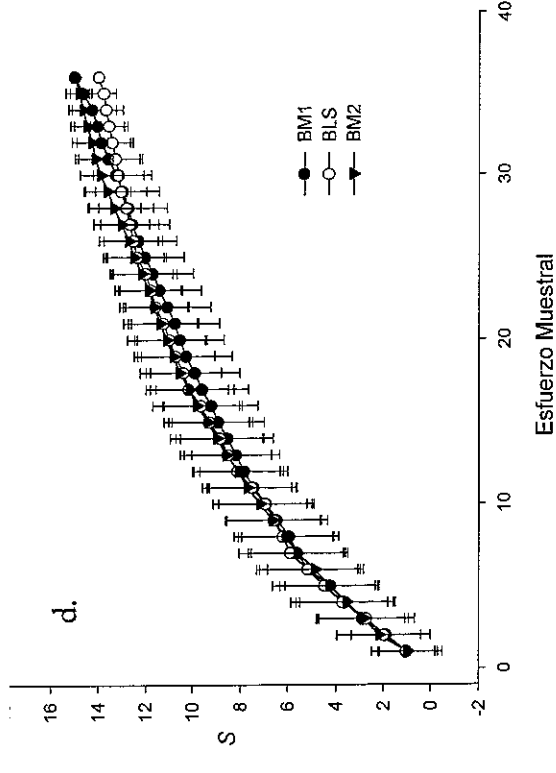
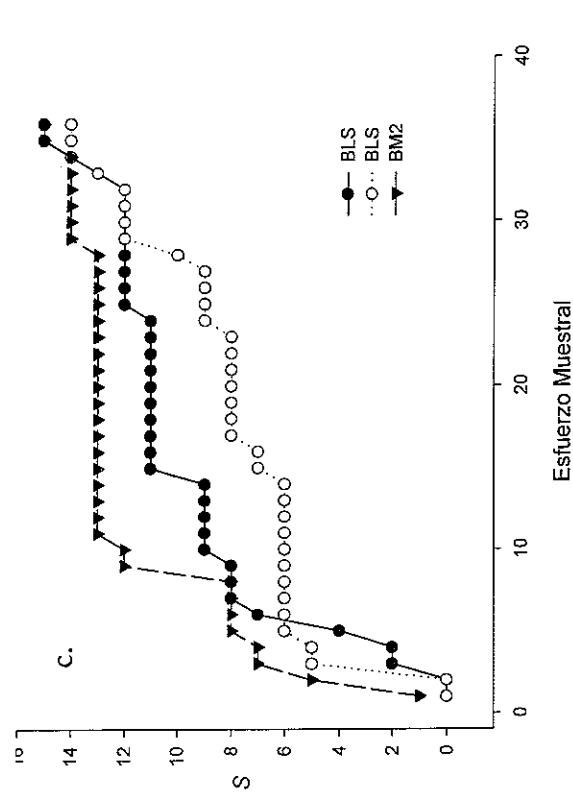
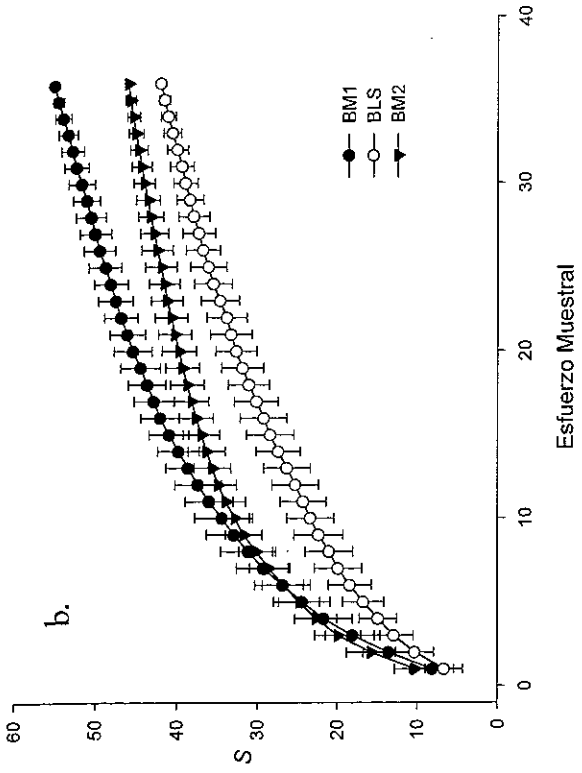
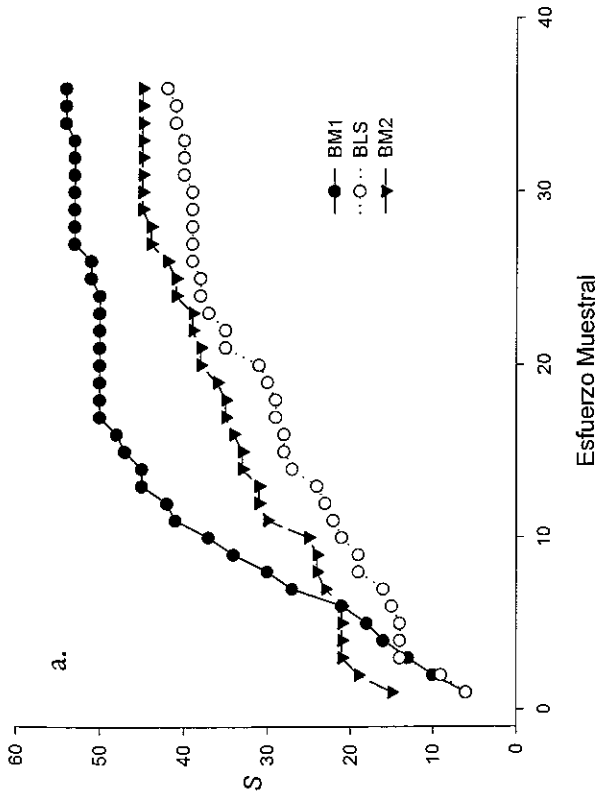
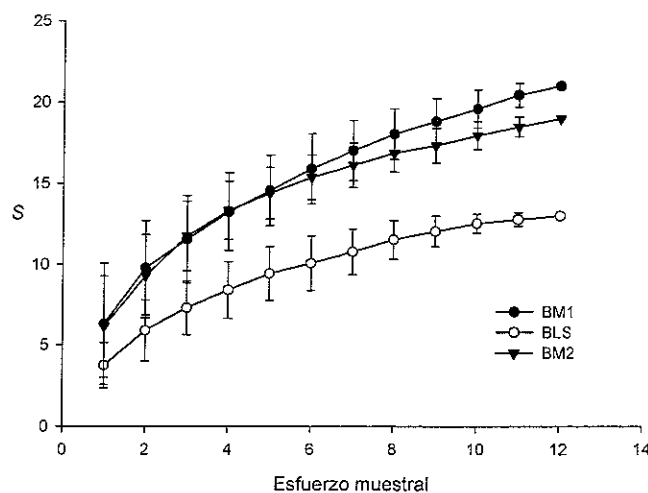


Figura 6. Curvas de acumulación de especies de mariposas: registros visuales observados (a) y aleatorizado (b), capturas en trampas observado (c) y aleatorizado (d)



**Figura 7.** Acumulación de especies de Scarabaeinae vs esfuerzo muestral (transectos) en cada uno de los bosques evaluados

#### 4.1.2. Estimación de Riqueza

Las estimaciones de riqueza obtenidas figuran en los Cuadros 4 y 5. Fue difícil escoger entre los diferentes modelos probados (ACE, ICE, Jack1, Chao1, Bootstrap, MMEan, Clench, Exponencial y Logarítmico) uno con base en el cual poder hacer comparaciones entre los niveles de riqueza total estimados para los grupos, en los distintos bosques. Esto, debido a que, en muchos casos, cuando un modelo mostraba un ajuste ideal para la distribución de acumulación de especies dentro de un bosque, en otro no, lo cual significaba que los niveles totales de riqueza estimados no eran comparables.

En el caso de los modelos no paramétricos, partiendo del principio que el modelo que presenta el mejor ajuste es aquel que adopta, desde temprano (en términos de esfuerzo muestral), un comportamiento casi horizontal en su curva (Chazdon *et al.* 1998), los modelos que menor sesgo presentaron fueron: para las mariposas capturadas en trampas, el MMEan (Colwell 1997) (Figura 8) y para el caso de las mariposas registradas visualmente el ICE (Colwell y Coddington 1994, Chazdon *et al.* 1996, Colwell 1997) (Figura 9).

**Cuadro 4.** Estimaciones paramétricas y no paramétricas de la riqueza total de especies de mariposas presentes en los bosques estudiados.

| Trampas                  |                    |          |                    |          |                    |          |
|--------------------------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|
|                          | BM1                |          | BLS                |          | BM2                |          |
| OBSERVADO                | 15                 |          | 13                 |          | 15                 |          |
| Modelos No Paramétricos* |                    |          |                    |          |                    |          |
| Estimador                | Estimado<br>(n=36) | Desv Std | Estimado<br>(n=36) | Desv Std | Estimado<br>(n=36) | Desv Std |
| ACE                      | 45.02              | -        | 19.15              | -        | 19.84              | -        |
| Chao1                    | 65                 | 59.58    | 17.13              | 3.66     | 17.5               | 2.96     |
| ICE                      | 37.44              | 0.0      | 18.97              | 0.0      | 20.47              | 0.0      |
| Jack1                    | 24.72              | 3.85     | 18.86              | 2.48     | 20.83              | 2.2      |
| Bootstrap                | 18.76              | -        | 16.42              | -        | 17.75              | -        |
| MMMean                   | 22.71              | -        | 22.19              | -        | 24.17              | -        |
| Modelos Paramétricos**   |                    |          |                    |          |                    |          |
|                          | Asíntota           | r2       | Asíntota           | r2       | Asíntota           | r2       |
| Clench                   | 18.47              | 0.9269   | 22.97              | 0.8242   | 16.32              | 0.9204   |
| Exponencial              | 13.7               | 0.9280   | 16.56              | 0.8126   | 13.83              | 0.9276   |
| Logarítmico***           | 13.88(n=36)        | 0.9185   | 12.24(n=36)        | 0.8375   | 14.95(n=36)        | 0.8849   |
| Transectos (Vistas)      |                    |          |                    |          |                    |          |
|                          | BM1                |          | BLS                |          | BM2                |          |
| OBSERVADO                | 54                 |          | 42                 |          | 45                 |          |
| Modelos No Paramétricos* |                    |          |                    |          |                    |          |
| Estimador                | Estimado<br>(n=36) | Desv Std | Estimado<br>(n=36) | Desv Std | Estimado<br>(n=36) | Desv Std |
| ACE                      | 66.76              | -        | 61.51              | -        | 52.13              | -        |
| Chao1                    | 69.06              | 9.57     | 64.5               | 16.09    | 59.5               | 12.46    |
| ICE                      | 71.44              | 0.02     | 70.36              | 0.02     | 53.78              | 0.0      |
| Jack1                    | 72.5               | 4.07     | 58.53              | 4.06     | 56.69              | 3.36     |
| Bootstrap                | 62.65              | -        | 49.39              | -        | 50.59              | -        |
| MMMean                   | 63.39              | -        | 46.09              | -        | 48.89              | -        |
| Modelos Paramétricos**   |                    |          |                    |          |                    |          |
|                          | Asíntota           | r2       | Asíntota           | r2       | Asíntota           | r2       |
| Clench                   | 72.9               | 0.9631   | 65.29              | 0.9739   | 55.73              | 0.8946   |
| Exponencial              | 56.07              | 0.9804   | 46.57              | 0.9702   | 45.17              | 0.8543   |
| Logarítmico***           | 58.29(n=36)        | 0.9407   | 45.58(n=36)        | 0.9771   | 45.31 (n=36)       | 0.9340   |

\* Programa EstimateS 5.0

\*\* Análisis de Regresión hecha mediante SAS v 6.12 y Sigmaplot v 5.0

\*\*\* Valor estimado para n=36

**Cuadro 5.** Estimaciones de riqueza total de especies de Scarabaeinae en cada uno de los bosques estudiados

| Bosque                       | BM1                |          | BLS                |          | BM2                |          |
|------------------------------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|
| Observado                    | 21                 |          | 13                 |          | 19                 |          |
| Estimadores No Paramétricos* |                    |          |                    |          |                    |          |
| Estimador                    | Estimado<br>(n=12) | Desv Std | Estimado<br>(n=12) | Desv Std | Estimado<br>(n=12) | Desv Std |
| ACE                          | 29.9               | -        | 13.83              | -        | 25.33              | -        |
| Chao1                        | 33.25              | 13.15    | 15                 | 3.75     | 37                 | 23.62    |
| ICE                          | 30.65              | -        | 15.89              | -        | 24.21              | -        |



|                                   |             |        |             |        |             |        |
|-----------------------------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| Jack1                             | 28.33       | 2.47   | 15.75       | 1.44   | 24.5        | 2.14   |
| Bootstrap                         | 24.36       | -      | 14.69       | -      | 21.4        | 22.93  |
| MMMean                            | 25.46       | -      | 16.66       | -      | 22.93       | -      |
| <b>Estimadores Paramétricos**</b> |             |        |             |        |             |        |
|                                   | Asíntota    | r2     | Asíntota    | r2     | Asíntota    | r2     |
| Clench                            | 33.56       | 0.9120 | 17.68       | 0.9823 | 25.32       | 0.9978 |
| Exponencial                       | 23.24       | 0.9270 | 13.35       | 0.9817 | 18.59       | 0.9832 |
| Logarítmico***                    | 20.84(n=12) | 0.9980 | 13.20(n=12) | 0.9989 | 19.12(n=12) | 0.9973 |

\* Programa EstimateS 5.0

\*\* Análisis de Regresión hecha mediante SAS v 6.12 y Sigmaplot v 5.0

\*\*\* Valor estimado para n=36

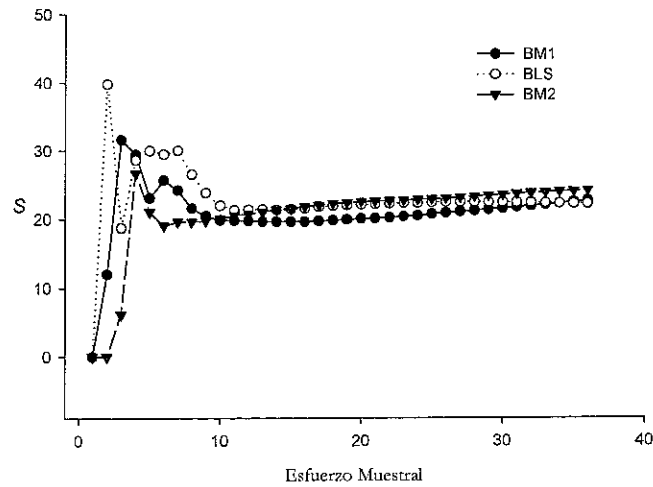


Figura 8. Estimación de riqueza total de especies. Modelo MMMean. Mariposas capturadas en trampas

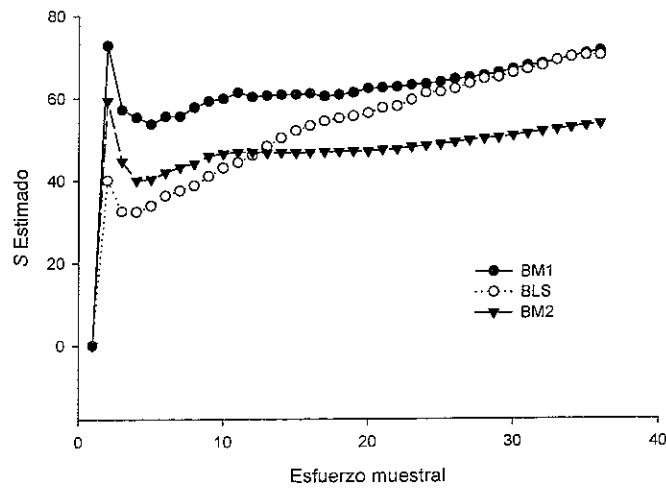


Figura 9. Estimación de riqueza total de especies. Modelo ICE. Mariposas registradas visualmente

Los estimados de riqueza obtenidos mediante el MMMean, para las mariposas capturadas en trampas, muestran a los tres bosques con niveles totales de riqueza de especies estimados y comportamientos muy similares (Figura 8). Este resultado es muy similar al obtenido mediante las curvas aleatorizadas de acumulación de especies, lo que puede hacer pensar que el gremio de mariposas consumidoras de frutos en proceso de descomposición no se ve afectado en su riqueza de especies por los disturbios que significan las actividades de manejo.

En el caso de las mariposas registradas visualmente, el comportamiento de los estimados obtenidos mediante el ICE (Figura 9), diferencia claramente al BM2 respecto del BM1 y del BLS con una riqueza estimada claramente inferior a la del BM1 y el BLS. En el caso del BLS, dado que la curva es la que menos se acerca a un comportamiento horizontal, no se puede hacer observación alguna. Para el BM1, el comportamiento global de la curva es muy similar al de la curva del BM2, lo que permite inferir que, según los estimados obtenidos a través del ICE, que el BM2 es menos rico que el BM1. El BLS se muestra, al final del esfuerzo muestral, con un nivel de riqueza estimada similar al del BM1.

Para el caso de los Scarabaeinae, el estimador no paramétrico que menor sesgo presentó, para tamaños muestrales pequeños, fue el MMMean (Figura 10) el cual, ubica al BLS como el bosque menos rico y al BM1 y al BM2 con riquezas totales estimadas cercanas. No se encontró, con base en los estimados de riqueza total obtenidos a partir de los modelos no paramétricos, un patrón común de riqueza de especies entre los diferentes bosques. En cada caso, cada modelo arrojó patrones diferentes que no permiten hacer algún tipo de inferencia al respecto. En el caso de los modelos paramétricos (modelos de regresión), se alcanzó un alto nivel de ajuste respecto de los resultados muestrales, con  $R^2$  entre 0,81 y 0,99 (Cuadros 4 y 5).

Ello hizo a su vez, difícil la labor de escoger cual de los tres modelos se iba a usar para comparar los niveles de riqueza estimados en cada uno de los tres bosques tanto para mariposas capturadas en trampas como para los registros visuales y escarabajos.

Pese a que los tres modelos propuestos por Soberón y Llorente (1993) fueron evaluados, descartamos, en primera instancia, para las mariposas capturadas en trampas, el modelo exponencial dado que, tanto para el BM1 y como para el BM2, las asíntotas estimadas (valor hacia el que tendería la riqueza total registrada en caso de que el esfuerzo muestral tendiese hacia infinito), resultaron inferiores al número de especies registradas. Sumado a ello, Soberón y Llorente (1993), recomiendan para comunidades altamente complejas y dentro de términos espaciales no claramente definidos, como es nuestro caso, el uso de los

modelos logarítmico o de Clench, por lo que también descartamos el uso del modelo exponencial con las comunidades registradas visualmente y con escarabajos. Posteriormente, observamos, pese a que el modelo logarítmico mostró el mejor ajuste, lo que lo hace idóneo como herramienta de predicción del número de especies estimadas a registrar para un esfuerzo muestral específico, no permite establecer un nivel de riqueza asintótico. El modelo de Clench si presenta esta ventaja (Soberón y Llorente 1993). Con base en lo anterior, decidimos usar el modelo de Clench para hacer nuestras comparaciones de estimados de riqueza paramétricos.

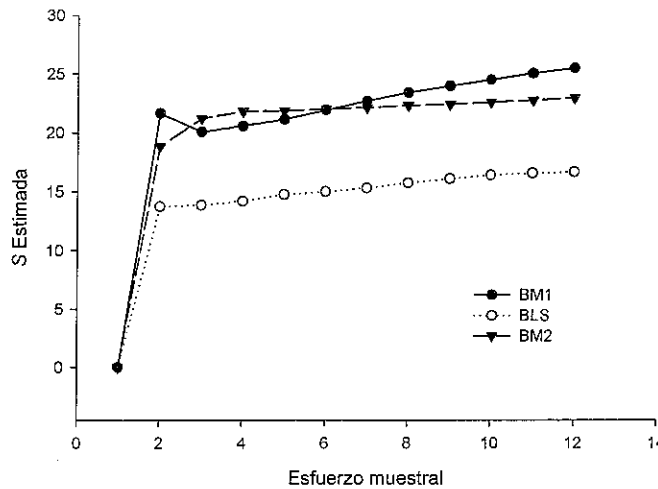


Figura 10. Estimación de la riqueza total de especies. Modelo MMMean. Scarabaeinae.

Con respecto a las mariposas, para las especies capturadas en trampas, la riqueza estimada mediante el modelo de Clench, mostró al BLS como el potencialmente más rico, seguido del BM1 y finalmente del BM2. En el caso de los registros visuales, el BM1 aparece con la mayor riqueza estimada, seguido del BLS y finalmente del BM2.

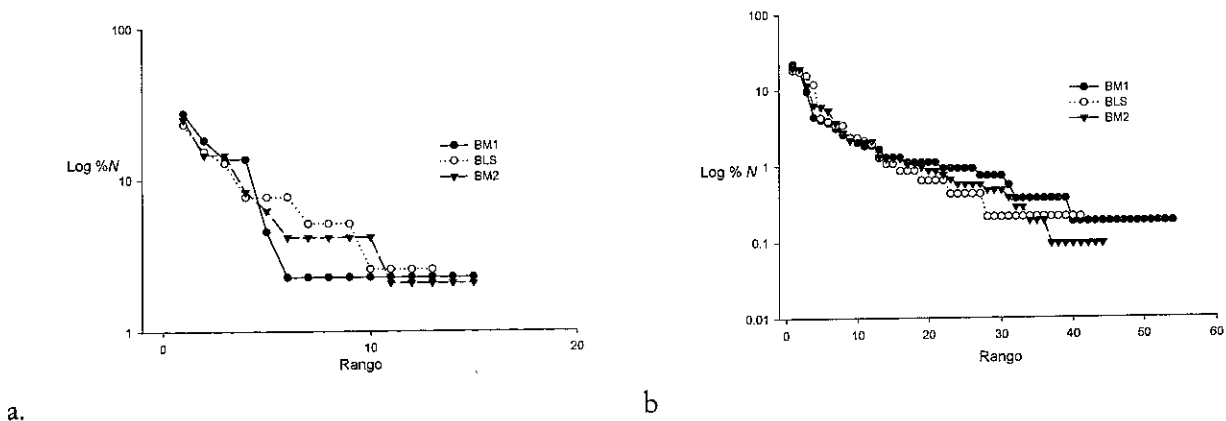
Con base en lo anterior, se observa cómo los resultados de estimación de riqueza de especies de mariposas no son consecuentes. Las especies capturadas en trampas y los registros visuales presentan patrones estimados de riqueza diferentes. Sin embargo, en el caso de las mariposas registradas visualmente, cabe recordar que apenas 3 de las especies registradas en trampas no lo fueron por este método de evaluación y a través de las estimaciones hechas con el ICE para  $n=36$  como con el modelo de Clench, para estos registros, el BM1 se muestra como el bosque más rico seguido del BLS y finalmente del BM2 (Cuadro 4).

Para el caso de los Scarabaeinae, los estimados de riqueza paramétricos y no paramétricos ubican al BM1 como el bosque más rico, seguido del BM2 y finalmente de BLS (Cuadro 5) resultado que presenta la misma tendencia observada en las curvas de acumulación de especies (Figura 7).

#### 4.1.3. Distribuciones Rango-Abundancia.

Las distribuciones rango-abundancia, obtenidas con base en el logaritmo del porcentaje de individuos que cada especie representó respecto del total registrado por bosque (Figuras 11 y 13), muestran que las comunidades de mariposas y de escarabajos presentes en los bosques estudiados son bastante diversas, complejas, con un elevado número de especies raras (especies con un solo registro y que se ubican en el extremo derecho de las distribuciones, en las colas al final de éstas).

En el caso de las mariposas capturadas en trampas, se observa que el BM1 presenta la menor equitabilidad, con una fuerte pendiente inicial y un elevado número comparativo de especies raras (Figura 11.a).



**Figura 11.** Distribuciones Rango-Abundancia. Mariposas capturadas en trampas (a.) y registradas visualmente (b.)

Los bosques BM2 y BLS presentan estructuras similares, características de comunidades más diversas que la del BM1, aunque, se observa una mayor equitabilidad en el BLS (Figura 11.a).

Si observamos el comportamiento que toman tanto singletons (especies que solo se registraron con un individuo) como doubletons (especies que sólo se registraron con dos), registrados en trampas (Figuras 12a y c), se observa, de nuevo, que el BM1 se diferencia claramente del BLS y del BM2. El BM1 presenta un número mayor de singletons y, al término de las evaluaciones, la pendiente de la curva sigue siendo positiva, lo que realza el carácter complejo de esta comunidad debido al elevado número de especies raras. El comportamiento de los doubletons es inverso, mantienen una pendiente positiva para el BLS y el BM2

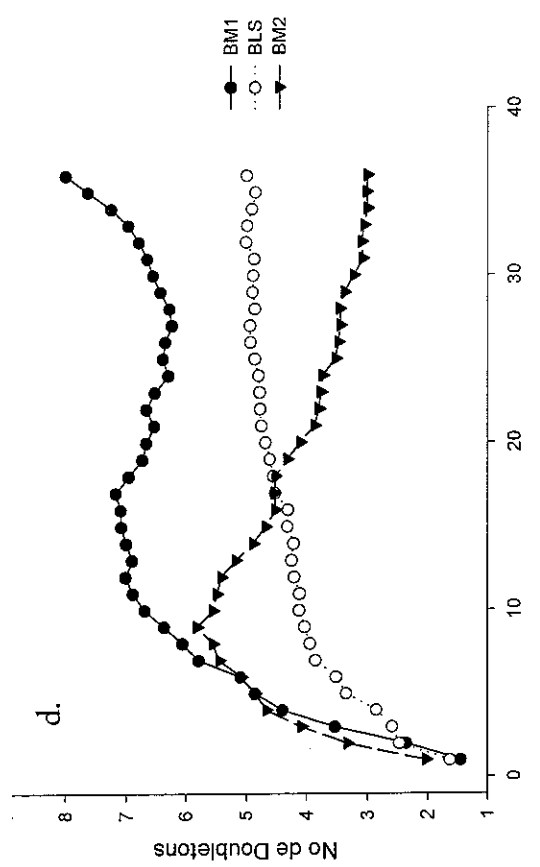
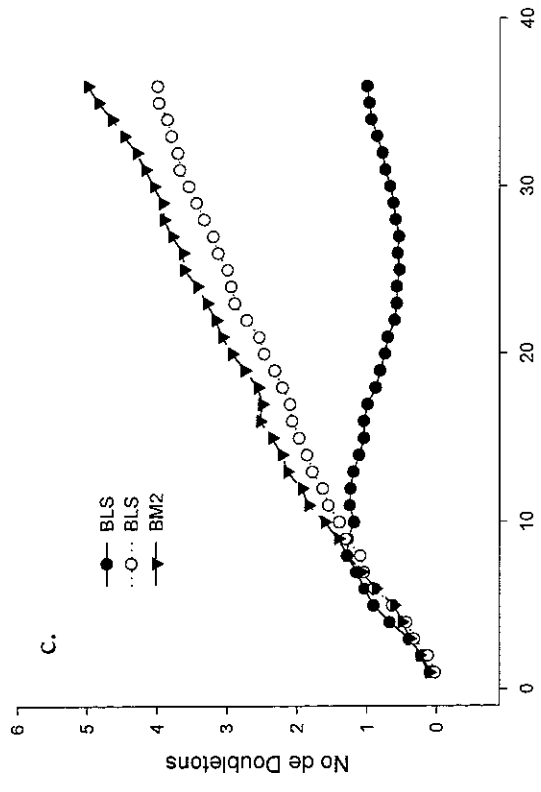
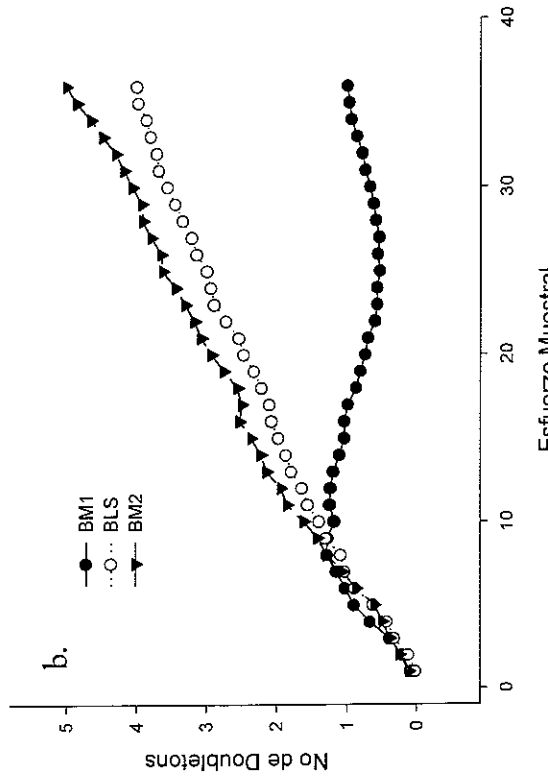
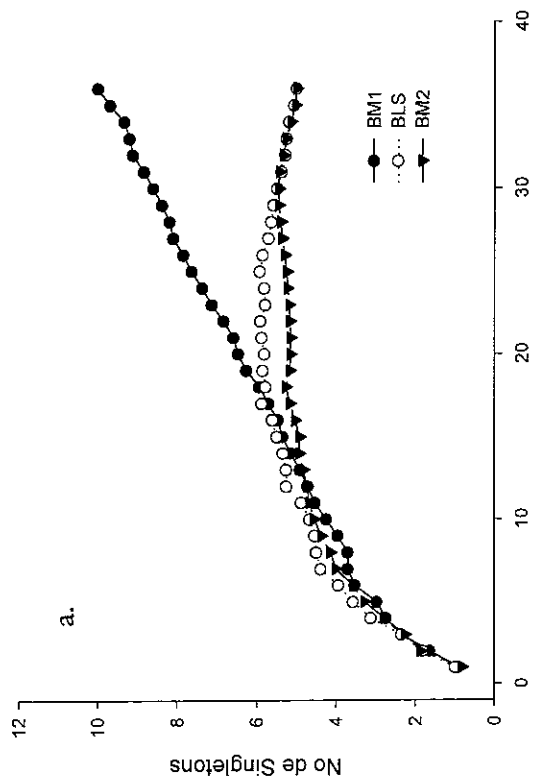


Figura 12. Número de Singletons (a. Trampas, b. Vistas) y Doubletons (c. Trampas, d. Vistas) registrados en las comunidades de mariposas en cada bosque.

mientras que para BM1 se estabilizan al aumentar el esfuerzo muestral. El comportamiento similar hasta ahora observado en BM2 y BLS se mantiene (Figura 9.c).

En el caso de los registros visuales, se observa en la comunidad de mariposas, una estructura similar en los tres bosques (Figura 11.b). Se observa también, que el BM2 presenta una “cola” menor (un número menor) de especies raras, mientras que el BLS y el BM1 presentan casi el doble. Ello hace pensar en una mayor equitabilidad en BM2 respecto del BM1 y el BLS.

Si observamos el comportamiento que presentan tanto singletons como doubletons (Figuras 12.b y d) en las tres comunidades, se encuentra que el BLS, además de presentar un número elevado de especies raras, tiene en sus singletons una pendiente aún fuertemente positiva y en sus doubletons un comportamiento estable al término del esfuerzo muestral. En el caso del BM1, sus singletons muestran una curva más estable (la pendiente es cercana a cero) y los doubletons van en aumento. Ello nos hace pensar que la comunidad del BLS es aún más compleja que la del BM1, dado que, según el comportamiento que tienen los singletons, el número de especies raras podría aumentar con un esfuerzo muestral mayor.

En el caso del BM2, pese a presentar el menor número de especies “raras” los singletons tienen un comportamiento cercano al de los del BLS con una pendiente negativa en los doubletons, al final del esfuerzo muestral. Ello hace pensar que pese a que, según los resultados muestrales, es estructuralmente un tanto diferente del BLS y el BM1, esto no necesariamente es cierto.

Por lo tanto, con base en los resultados de las distribuciones Rango-Abundancia, de singletons y doubletons, obtenidas a partir de los registros visuales, se puede decir que el BLS se presenta como el bosque con la comunidad de mariposas estructuralmente más compleja, aunque muy similar a la del BM1, con un elevado número de especies raras, que pueden ser más y, finalmente el BM2 diferenciado como la comunidad menos compleja y más equitativa.

En el caso de los Scarabaeinae, las tres comunidades estudiadas muestran estructuras bastante similares (Figura 13). Las pendientes son similares, lo que hace pensar en niveles de diversidad cercanos. Sin embargo, en los bosques manejados se observa una larga cola de especies raras a la derecha y una mayor riqueza, lo cual hace pensar que se trata de comunidades más complejas.

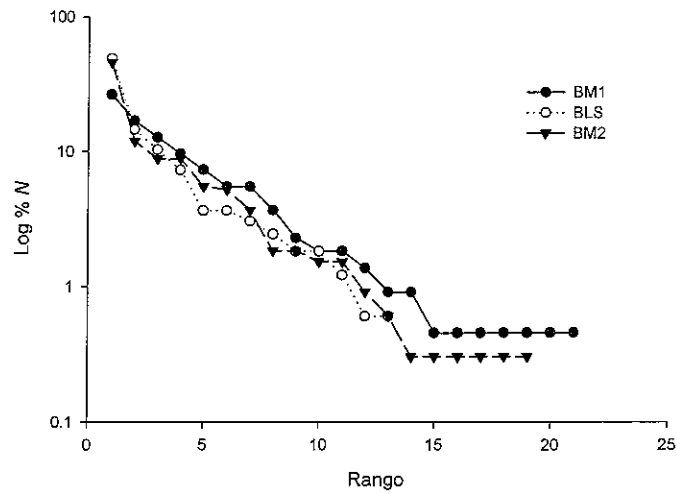


Figura 13. Distribución Rango-Abundancia: especies de Scarabaeinae presentes en los tres bosques.

Lo anterior se corrobora si observamos el comportamiento que tanto Singletons (sencillos) como Doubletons (dobletes) presentan (Figura 14.a. y b.).

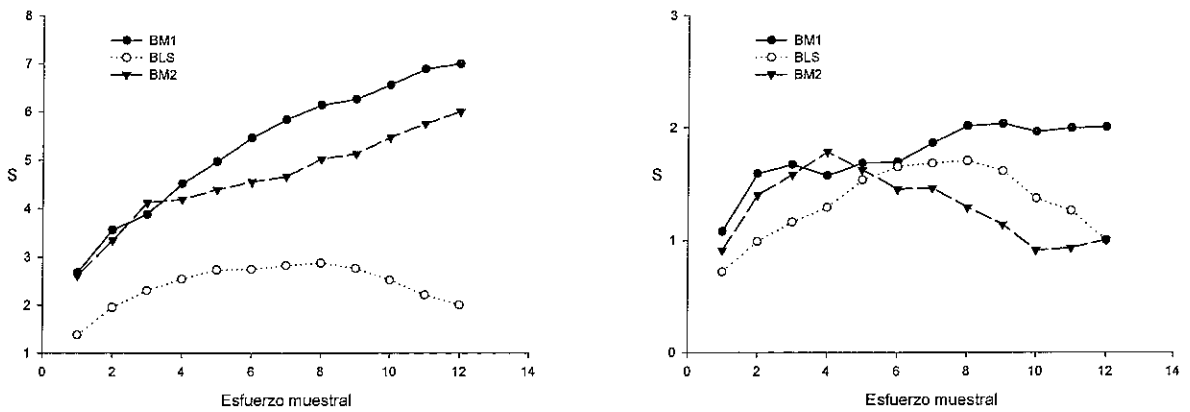


Figura 14. Número de Singletons (a.) y Doubletons (b.) de especies de Scarabaeinae registrados en cada uno de los bosques estudiados

Ambos disminuyen en el BLS conforme aumenta el esfuerzo muestral mientras que los primeros siguen en aumento en los bosques manejados en una tendencia similar para ambos. Respecto de los Doubletons en bosques manejados, se observa, en BM2, que disminuyen y en BM1 que tienden a estabilizarse. Se comprueba entonces que la comunidad de Scarabaeinae en bosques manejados tiende a ser más compleja, caracterizada por la presencia de un mayor número de especies raras.

Como vemos, entonces, en el caso de las mariposas, los dos bosques de bajura (el BLS y el BM1) se diferencian estructuralmente del BM2 debido a una mayor abundancia de especies “raras” registradas. En el caso de los Scarabaeinae, son los bosques manejados los que se diferencian del BLS.

#### 4.1.4. Estimación de diversidad

Se estimó el nivel de diversidad de especies de cada grupo, en cada bosque, empleando el índice “Alfa” de Fisher (Magurran 1988, Hill 1995). Los resultados pueden verse en el Cuadro 6. El BM1 se mostró, para ambos grupos de mariposas, como el más diverso, seguido del BLS y finalmente del BM2 mientras que los Scarabaeinae presentan el mismo patrón observado para las estimaciones de riqueza, con el BM1 como el más diverso, seguido del BM2 y finalmente del BLS.

Los resultados, después de ser sometidos a un procedimiento Jack Knife (Magurran 1988, Colwell & Coddington 1994, Colwell 1997), fueron comparados mediante ANDEVA no paramétrico de Kruskal-Wallis y pruebas pareadas de Mann-Witney (SAS v 6.12).

**Cuadro 6.** Estimadores “Alfa” de Fisher (Magurran 1988) de diversidad, obtenidos con EstimateS v5.0, para las comunidades de mariposas y escarabajos presentes en cada uno de los bosques estudiados.

| Indice $\alpha$ de Fisher |                     | BM1  | BLS  | BM2 |
|---------------------------|---------------------|------|------|-----|
| Mariposas                 | Trampas             | 8.0  | 7.8  | 7.5 |
|                           | Transectos (vistas) | 15.1 | 11.1 | 9.8 |
| Scarabaeinae              |                     | 5.7  | 3.3  | 4.4 |

Los niveles de diversidad de especies de mariposas capturadas en trampas, estimados para los diferentes bosques no presentaron diferencias significativas en la prueba de Kruskal-Wallis (Prob  $> |Z| = 0.775$ , ChiSQ DF=2). En el caso de los registros visuales, si se presentaron diferencias significativas al 5 % (Prob  $> |Z| = 0.0179$ , ChiSQ DF=2) en la prueba de Kruskal-Wallis, lo que obligó a hacer las pruebas pareadas “U” de Mann-Witney entre los distintos bosques. En ellas, los registros visuales presentaron diferencias significativas entre el BM2 y el BM1, al 10 y al 5% (Prob  $> |Z| = 0.0082$ ).

En el caso de las comunidades de escarabajos, se encontraron diferencias significativas al hacer el ANAVA no paramétrico de Kruskal-Wallis (SAS v 6.12) (Prob  $> |Z| = 0.0192$ , ChiSQ DF=2). Se hicieron también



entonces, comparaciones pareadas mediante la prueba "U" de Mann-Witney (SAS v6.12) entre los distintos bosques hallándose diferencias significativas al 10% únicamente, entre el BM1 y el BLS ( $\text{Prob} > |Z| = 0.0306$ ).

#### 4.3. Análisis de la composición de los grupos en cada uno de los bosques estudiados

##### 4.3.1. Similitud entre Bosques

Los resultados obtenidos mediante los índices de similitud de Morisita-Horn (Colwell 1997, Magurran 1988) para los bosques estudiados, con base en la composición y estructura de las comunidades de los grupos evaluados, se pueden observar en los Cuadros 7, 8 y 9. En todos los casos, los resultados obtenidos considerando únicamente las especies más comunes fueron muy similares a los obtenidos considerando la totalidad. Esto pone de manifiesto la importancia que tienen las especies más comunes de cada grupo respecto de cada una de las comunidades evaluadas.

Las mariposas capturadas en trampas, el gremio de las mariposas consumidoras de frutos en proceso de descomposición, muestran al BLS y al BM2 como los bosques con comunidades más cercanas entre sí, mientras que las mariposas registradas visualmente, por su parte, muestran al BM1 y al BLS como los bosques más cercanos. Esto último refuerza las tendencias observadas para los patrones de riqueza.

**Cuadro 7.** Índices de Similitud de Morisita-Horn entre los bosques estudiados con base en la comunidad de mariposas capturadas en trampas. Con base en toda la comunidad (matriz superior) y con base en las 5 especies más comunes (matriz inferior).

|     | BM1  | BLS  | BM2  |
|-----|------|------|------|
| BM1 | –    | 0.39 | 0.34 |
| BLS | 0.37 | –    | 0.59 |
| BM2 | 0.15 | 0.53 | –    |

Índices obtenidos mediante EstimateS v5.0

**Cuadro 8.** Similitud de Morisita-Horn entre los bosques estudiados con base en la comunidad de mariposas vistas. Con base en toda la comunidad (matriz superior) y con base en las 8 especies más comunes (matriz inferior).

|     | BM1  | BLS  | BM2  |
|-----|------|------|------|
| BM1 | –    | 0.89 | 0.75 |
| BLS | 0.87 | –    | 0.71 |
| BM2 | 0.72 | 0.70 | –    |

Índices obtenidos mediante EstimateS v5.0

En el caso de los scarabaeinae, se observa, así como pudo hacerse en los resultados anteriores (curvas de acumulación de especies, estimación de biodiversidad), la cercanía existente entre las comunidades de los bosques manejados, dado que la similitud entre estos bosques es la mayor (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Similitud de Moriseta-Horn entre los bosques estudiados con base en la comunidad de Scarabaeinae. Con base en toda la comunidad (matriz superior) y con base en las 5 especies más comunes (matriz inferior).

|     | BM1  | BLS  | BM2  |
|-----|------|------|------|
| BM1 | –    | 0.38 | 0.81 |
| BLS | 0.34 | –    | 0.37 |
| BM2 | 0.79 | 0.35 | –    |

#### 4.3.2. *Análisis de composición general*

Con base en los comportamientos observados en las distribuciones Rango-Abundancia, y en los resultados obtenidos en los análisis de similitud, considerando la totalidad de la comunidad y las especies más comunes en cada bosque se centró, en primera instancia, el análisis de composición, en las especies más comunes de cada grupo en cada bosque para, posteriormente, entrar en más detalle a los aspectos de presencia-ausencia de especies.

##### 4.3.2.1. Especies más comunes

###### 4.3.2.1.1. Mariposas registradas visualmente.

En el caso de las mariposas registradas en las evaluaciones a lo largo de los transectos, se consideraron inicialmente, las 8 especies más comúnmente registradas en cada bosque, las cuales representan el 67.3%, el 77.7% y el 74.5% del total de registros realizados en el BM1, el BLS y el BM2 respectivamente (Cuadro 10).

Un total de diez especies diferentes estuvieron entre las ocho mayormente registradas en alguno de los bosques estudiados. De éstas, cinco (*Dulceclo polita*, *Oleria paula*, *Pierella helvetia incanescens*, *Heliconius cydno* e *Hypothyris euclea valora*), son comunes a los tres bosques y se encuentran a su vez dentro de éste grupo.

**Cuadro 10.** Especies de mariposas más comunes en cada uno de los bosques evaluados: registros visuales (El número de individuos registrados de aquellas que estuvieron registradas no entre las más comunes en otro bosque no está reportado en este Cuadro. Para ello, ver el anexo 3)

| ESPECIE                                  | Observaciones sobre hábitat  | Bosque en que estuvo entre las más comunes |              |            |              |            |              |
|--|--|--|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
|  |  | BM1  |              | BLS        |              | BM2        |              |
|  |  | Ni   | %            | Ni         | %            | Ni         | %            |
| <i>Pierella belvetia incanescens</i> *   | Bosque primario. Sotobosque en parches de luz  | 121  | 22.08        | 86         | 18.22        | 122        | 11.53        |
| <i>Heliconius cydno</i> *                | Todo tipo de bosques. Se presenta en claros senderos y zonas de sotobosque soleado                               | 99   | 18.06        | 73         | 15.46        | 204        | 19.28        |
| <i>Dulcedo polita</i> *                  | Sotobosque sombreado con palmas  | 52   | 9.48         | 82         | 17.37        | 29         | 2.74         |
| <i>Parides childrenae childrenae</i> **  | Bosques primarios, claros y bordes.  | 24   | 4.37         | 16         | 3.39         | -          | -            |
| <i>Phoebis sp</i> **                     | Dosel del bosque y claros de gran tamaño. Áreas "devastadas" por humanos.  | 22   | 4.01         | -          | -            | 39         | 3.69         |
| <i>Oleria paula</i> *                    | Sotobosque y ocasionalmente en bordes del bosque.  | 20   | 3.64         | 16         | 3.39         | 67         | 6.33         |
| <i>Adelpha cytherea marcia</i> *** (BM2) | Todo tipo de bosque lluvioso. Común en áreas de crecimiento secundario. Grandes claros dentro del bosque.        | 17   | 3.10         | -          | -            | -          | -            |
| <i>Hypothyris euclea valora</i> *        | Bosques de distinto tipo. Altamente fluctuante a lo largo del año. Amplia distribución en todo tipo de hábitats. | 14   | 2.55         | 20         | 4.23         | 206        | 19.47        |
| <i>Citbaerius menander</i> **            | Sotobosque, claros de luz en todo tipo de bosque.  | -  | -            | 56         | 11.86        | 57         | 5.38         |
| <i>Morpho granadensis polybaptus</i> **  | Zonas oscuras del bosque.  | -  | -            | 18         | 3.81         | -          | -            |
| <i>Perithylis hypera</i> **              | Bosque de Lluvia. Los machos se aventuran en zonas abiertas y las hembras permanecen en sotobosque.              | -  | -            | -          | -            | 64         | 6.04         |
| <b>TOTAL</b>                             |  | <b>369</b>                                 | <b>67.36</b> | <b>367</b> | <b>77.75</b> | <b>788</b> | <b>74.48</b> |

Ni = Número de individuos registrados      % = Porcentaje respecto del total de individuos registrados en ese bosque

\* Entre las 8 más abundantes de los 3 Bosques

\*\* Registrada en los tres bosques

\*\*\* Registrada también en ( )

Fuentes: DeVries 1987, 1988, Navarrete 1998. Observaciones personales.

Estas cinco son las especies más características de la zona de estudio (DeVries 1987, 1988, Navarrete, 1998, observación personal). Todas, son especies comunes en el sotobosque, algunas veces en pequeños claros y otras en zonas bien sombreadas (Cuadro 10). *Hypothyris euclea valora* presentó una fuerte

estacionalidad en la que se registró frecuentemente al inicio del estudio para después disminuir su incidencia paulatinamente. DeVries (1987), la reporta como una especie altamente estacional.

Llama la atención el caso de *Phoebis sp.* el cual es un género caracterizado principalmente por especies propias de zonas abiertas o, en su defecto, del dosel de este tipo de bosques (DeVries 1987, 1988) y que sólo se encuentra entre las más abundantes en los dos bosques manejados (ver también *Phoebis argante* en Cuadro 13 y en anexo 3). En el transcurso del presente estudio, fue común registrarlas volando a la altura del dosel del bosque en zonas de grandes claros, caminos forestales y en patios de acopio. Ello, sumado a que en el BLS sólo hubo 3 registros en total, de individuos pertenecientes a al género *Phoebis*, hace pensar que, probablemente, la causa de su presencia entre las especies más registradas en los bosques manejados se deba más a los cambios estructurales que el aprovechamiento genera dentro del bosque, lo cual hace que sea posible observarlas desde el sotobosque que, debido al disturbio mismo que estas hayan podido generar.

También, para el BM1, es de especial mención la presencia, entre las más registradas, de *Adelpha cytherea marcia*, la cual es propia de zonas abiertas (Cuadro 10) y es frecuente en pastizales y, que también fue registrada en el BM2. Se podría pensar entonces, en esta especie como posible indicadora del disturbio causado por las actividades de aprovechamiento que hayan generado cambios en la composición de la vegetación del sotobosque.

En el caso de *Perrhybris hypera*, especie con dimorfismo sexual y que se encontró sólo entre las más abundantes de BM2, la gran mayoría de los individuos registrados lo fueron a la altura del dosel del bosque, en áreas abiertas como caminos forestales y claros en los que se registraron individuos machos en su mayoría, los cuales son tolerantes a condiciones abiertas con intensa iluminación (DeVries 1987, Cuadro 10 y 16). Los individuos registrados en BLS lo fueron en sotobosque y fueron en su totalidad hembras, las cuales no son tolerantes a espacios abiertos (DeVries 1987).

#### 4.3.2.1.2. Mariposas capturadas en trampas.

Un total de 10 especies diferentes fueron registradas entre las cinco más comunmente capturadas con trampas, en uno u otro bosque (Cuadro 11). Estas representan el 77% de las capturas realizadas en el BM1, el 67% de las realizadas en el BLS y el 68% de las realizadas en el BM2.

Todas las especies fueron registradas también visualmente en los tres bosques excepto *Tagetis andrómada*, especie de amplia distribución en zonas abiertas, la cual, fue vista únicamente en el BM1 y capturada también en el BM2 (Cuadro 13 y Anexo 3).

Las restantes especies son consideradas propias de ambientes boscosos (Cuadro 11), lo cual hace difícil hacer algún tipo de inferencia respecto de sus requerimientos de hábitat y su presencia en los bosques estudiados.

Sólo una especie (*Nessaea agalura aglaura*) se encuentra entre las 5 más comúnmente capturadas en los tres bosques.

*Dulceo polita*, entre las más comúnmente capturadas en el BM1 y el BLS también se encontró entre las ocho especies más comúnmente registradas visualmente en los tres bosques (Cuadros 10 y 13).

*Pierella behetia*, pese a estar únicamente entre las más frecuentemente capturadas en el BM1, es una de las especies más conspicuas a la hora de hacer evaluaciones visuales en este tipo de bosques y se encontró también entre las 8 más comunes en los tres bosques estudiados (Cuadro 8 y Anexo 3).

Por su parte, *Cithaerias menander*, sólo fue vista y capturada en el BLS y en el BM2. En ambos casos se encuentra entre las más comunes (Cuadros 8 y 11).

**Cuadro 11.** Especies de mariposas más comunes en cada uno de los bosques evaluados: trampas

| ESPECIE                                | Observaciones sobre hábitat                                | Bosque en que estuvo entre las más comunes |      |     |      |     |      |
|--|--|--|------|-----|------|-----|------|
|  |  | BM1  |      | BLS |      | BM2 |      |
|  |  | Ni   | %    | Ni  | %    | Ni  | %    |
| <i>Nessaea agalura aglaura</i> **      | Bosque primario. En senderos y claros de luz.              | 6  | 13.6 | 5   | 12.8 | 7   | 14.6 |
| <i>Dulceo polita</i> **                | Sotobosque sombreado con palmas                            | 8  | 18.2 | 6   | 15.4 | -   | -    |
| <i>Caligo atreus dionysos</i> **       | Bosques lluviosos primarios y secundarios densos. Sombras  | -  | -    | 3   | 7.7  | 4   | 8.3  |
| <i>Cithaerias menander</i>             | Sotobosque, claros de luz en todo tipo de bosque. Senderos | -  | -    | 9   | 23.1 | 7   | 14.6 |
| <i>Pierella behetia incanescens</i> ** | Bosque primario. Sotobosque en parches de luz. Senderos    | 6  | 13.6 | -   | -    | -   | -    |
| <i>Tagetis andromeda</i> ***(BM2)      | Todo tipo de hábitats. Zonas Abiertas,                     | 12   | 27.3 | -   | -    | -   | -    |

en ocasiones en sotobosque.

|  |   |           |           |           |             |             |             |
|--|---|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Cissia confusa</i>  | Bosque tropical húmedo y lluvioso<br>Zonas sombreadas del sotobosque y<br>subdosel. | 2         | 4.5       | -         | -           | -           | -           |
| <i>Antirhea miltiades</i> *** <i>(BM1)</i>                   | Bosque lluvioso pantanoso. Cerca del<br>suelo. Zonas sombreadas.                    | -         | -         | 3         | 7.7         | -           | -           |
| <i>Tigridia acesta</i> *** <i>(BM2)</i>                      | Bosques húmedos, claros de luz.<br>Amplia distribución.                             | -         | -         | -         | -           | 12          | 25          |
| <i>Archaeoprepona demophon<br/>centralis</i> ** <i>(BLS)</i> | Amplia distribución. Todo tipo de<br>bosques.                                       | -         | -         | -         | -           | 3           | 6.3         |
| <b>TOTAL</b>   |   | <b>34</b> | <b>26</b> | <b>33</b> | <b>77.3</b> | <b>66.7</b> | <b>68.8</b> |

*N<sub>i</sub>* = Número de individuos registrados      % = Porcentaje respecto del total de individuos registrados en ese bosque

\* Entre las 5 más abundantes de los 3 Bosques

\*\* Capturada en los tres bosques

\*\*\* Capturada también en ( )

Fuentes: DeVries 1987, 1988, Navarrete 1998. Observaciones personales.

#### 4.3.2.1.3. Scarabaeinae

En el caso de los Scarabaeinae, las 5 especies más comúnmente capturadas en cada bosques representan el 73 el 85 y el 81% de los individuos registrados en el BM1, en el BLS y en el BM2 respectivamente (Cuadro 12).

**Cuadro 12.** Listado de las cinco especies de Scarabaeinae más comunes en cada uno de los bosques estudiados

| BM1                                       |                      |       |
|---|----------------------|-------|
| Especie                                   | <i>N<sub>i</sub></i> | %     |
| <i>Canthon aequinoctialis</i> *           | 58                   | 26.48 |
| <i>Onthophagus acuminatus</i> ***         | 37                   | 16.89 |
| <i>Dichotomus satanas</i> ** <i>(BM2)</i> | 28                   | 12.78 |
| <i>Canthidium angusticeps</i> *           | 21                   | 9.58  |
| <i>Eurysternus plebejus</i> ***           | 16                   | 7.30  |
| % respecto del total de capturas          | 160                  | 73.06 |
| BLS                                       |                      |       |
| Especie                                   | <i>N<sub>i</sub></i> | %     |
| <i>Canthidium angusticeps</i> *           | 81                   | 49.10 |
| <i>Onthophagus limonensis</i> ***         | 24                   | 14.54 |
| <i>scatimus ovatus</i> ***                | 17                   | 10.30 |
| <i>Canthon aequinoctialis</i> *           | 12                   | 7.27  |
| <i>Copris incertus</i> *** <i>(BM1)</i>   | 6                    | 3.63  |
| % respecto del total de capturas          | 140                  | 84.84 |
| BM2                                       |                      |       |

| Especie                               | Ni  | %     |
|---------------------------------------|-----|-------|
| <i>Canthon aequinoctialis</i> *       | 151 | 46.04 |
| <i>Canthidium angusticeps</i> *       | 39  | 11.89 |
| <i>Dichotomius satanas</i> ** (BM1)   | 29  | 8.84  |
| <i>Ontherus sextuberculatus</i> ***** | 29  | 8.84  |
| <i>Uroxis sp</i> **** (BM1)           | 18  | 5.49  |
| % respecto del total de capturas      | 266 | 81.10 |

Ni = Número de individuos registrados      % = Porcentaje respecto del total de individuos registrados en ese bosque

- \* Entre las 5 más abundantes de los 3 Bosques
- \*\* También entre las 5 más abundantes de ( ) y presente en los tres bosques
- \*\*\* Entre las 5 más abundantes de sólo ese bosque pero presente en los 3.
- \*\*\*\* Presente también en ( )
- \*\*\*\*\* Especie "exclusiva"

Sin embargo, es difícil establecer un patrón generalizado de respuesta de estas especies en términos de abundancia en los tres bosques a las actividades de aprovechamiento (Figura 15).

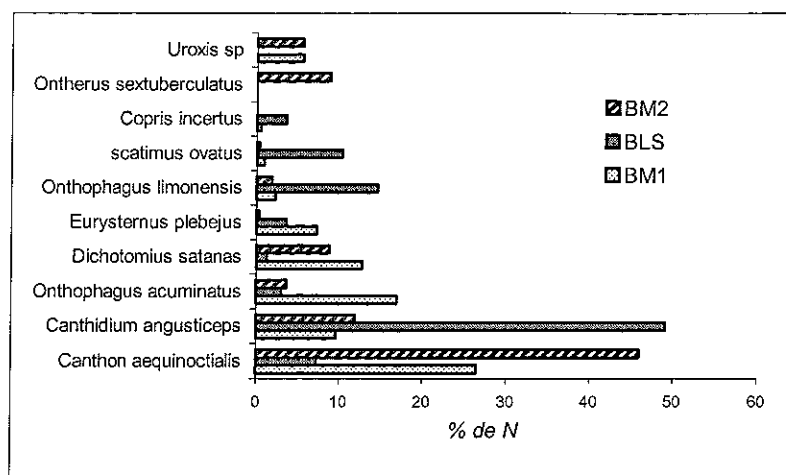


Figura 15. Porcentaje del número de individuos colectados por bosque representado por las especies que se ubicaron entre las 5 más comunes en alguno de ellos.

Un total de 10 especies diferentes se ubicaron entre las 5 más comúnmente capturadas en uno u otro bosque. Algunas capturadas en los tres y a su vez entre las más comunes como *Canthon aequinoctialis*, *Canthidium angusticeps*, *Dichotomius satanas* y *Onthophagus acuminatus*, otras capturadas en solo dos entre las más comunes o no como *Uroxis sp* e, incluso una presente en sólo uno: *Ontherus sextuberculatus*, en BM2 (Cuadro 12 y Figura 15).

Es particular el caso de *Canthon aequinoctialis*, especie propia del interior del bosque (Cuadro 16), la cual está entre las 5 más abundantes de los tres bosques (Cuadro 12). En el BLS, fue la cuarta más común, con un 7.3%, mientras que en el BM1 y en el BM2 ocupó el primer lugar con 26.5 y 46% (Cuadro 12 y Figura 15). Situación similar se presenta con *Dichotomius satanas*, también propia de bosque (Cuadro 16), la cual estuvo

entre las 5 más abundantes de ambos bosques manejados y en no en el BLS pese a sí estar presente (Cuadro 16 y Figura 15).

Situación contraria se dio en el caso de *Canthidium angustices*, especie también propia del interior del bosque (Cuadro 16), de *Orthopagus limonensis*, especie en proceso de descripción y de *scatinus ovatus*, especie de carácter generalista (Cuadro 16). Estas especies se mostraron más abundantes en el BLS que en ambos bosques manejados. Sin embargo, la divergencia en la información que sobre sus preferencias de hábitat existe, hace difícil establecer un patrón de respuesta al disturbio que significan las actividades de manejo.

En el caso de *Ontherus sextuberculatus*, especie propia de zonas bajas (Cuadro 16) que, además de estar entre las 5 más abundantes del BM2, sólo se registró en ese bosque, no existe información particular sobre su biología que permita interpretar este resultado.

Todas estas especies han sido halladas asociadas a ambientes boscosos, algunas a ambientes intervenidos y a gran variedad de tipos de estiércol y carroña provenientes de diferentes fuentes animales (Cuadro 16). Ello podría, aparentemente, reflejar que los bosques bajo estudio presentan “buenos” niveles de conservación o por lo menos contienen potencialmente en su interior una buena parte de las especies de mamíferos mencionadas en el Cuadro 16. Esto, además que, durante el presente estudio se hicieron avistamientos de grupos de *Alouatta palliata*, *Tayasu tajacu*, *Agouti paca*, *Nassua narica* y *Cebus capuchinus* en el BM1, el BLS y el BM2, de *Ateles geoffroy* en el BM1 y el BLS, de un posible *Felis concolor* en el BM2 y *Brachypus sp* y *Felis jaguarundi* en el BLS (observación personal).

#### 4.3.2.2. Análisis General

El análisis general consideró la totalidad de las especies registradas de cada grupo, en cada uno de los bosques estudiados.

##### 4.3.2.2.1. Mariposas registradas visualmente.

En el caso de las mariposas registradas visualmente, el análisis de composición general por tipo de bosque, consideró únicamente aquellas especies que fueron registradas en por lo menos dos ocasiones y que fueron plenamente diferenciadas. Ello, con el fin de evitar incluir dentro del análisis, especies que se encuentran sólo de paso por el bosque sin que sean propias de éste.

- Especies comunes a los tres bosques.



Antes que nada, cabe resaltar que del total de especies registradas visualmente, 26 lo fueron en los tres bosques estudiados. Si evaluamos su importancia respecto de la comunidad en cada uno de ellos, obtenemos que representan alrededor del 84.3% del total de mariposas registradas en el BM1, cerca del 94.5% de las del BLS y cerca del 91.4% de las del BM2 (Figura 16). Ello hace pensar, en primera instancia, al igual que con los resultados obtenidos con los descriptores de riqueza y diversidad antes mencionados, que las comunidades de especies de mariposas de los bosques estudiados no muestran diferencias marcadas entre sí. Sin embargo, es necesario establecer cuales son las diferencias existentes y de que tipo son. La gran mayoría son especies propias de ambientes boscosos, de lluvia o húmedos, primarios o secundarios maduros (Cuadros 10 y 13).

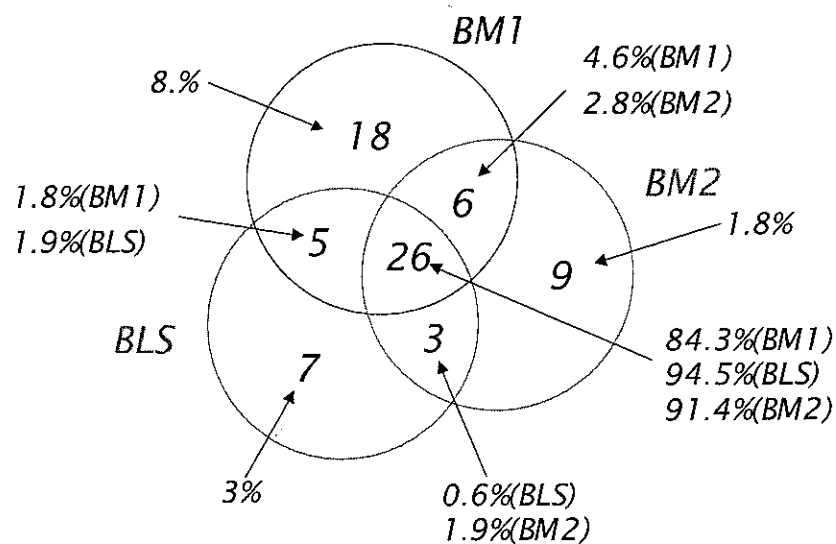


Figura 16. Análisis general de composición. Mariposas registradas visualmente. (el % se refiere al número total de individuos registrados por bosque)

Cabe resaltar el caso de *Phoebis argante* que, pese a ser considerada una especie propia de zonas disturbadas, cuenta entre sus plantas hospederas a *Pentaclethra macroleoba*, especie leñosa que domina los bosques estudiados (Cuadros 1, 2 y 3). Sin embargo, sólo fue registrada una vez en el BLS (Cuadro 13).

- Especies Registradas Únicamente en el BLS

Un total de siete especies fueron registradas únicamente en el Bosque La Selva, representando cerca del 3% del total de registros hechos allí (Figura 16). Sólo tres de estas fueron consideradas debido al número de registros. Las tres, son características de ambientes de bosque primario (Cuadro 14). Si comparamos este

Cuadro 13. Especies de mariposas registradas visualmente en los tres bosques y no entre las más comunes.

| Especie                              | Planta Hospedera  | Tipo de Hábitat Característico  | BM1 | BLS | BM2 |
|--------------------------------------|---|---|-----|-----|-----|
| <i>Antirrhoea multiades</i>          | <i>Geonoma longivaginata</i> (Arecaceae)  | Bosque lluvioso pantanoso, cerca del suelo.   | 6   | 11  | 3   |
| <i>Caligo atreus diomysos</i>        | <i>Heliconia</i> (Heliconiaceae);<br><i>Musa</i> (Musaceae);<br>Cyclanthaceae   | Bosque lluvioso primario y secundario maduro.   | 2   | 3   | 1   |
| <i>Cissia confusa</i>                | <i>Iriartia</i> , <i>Genoma</i> (Arecaceae),<br><i>Panicum</i> (Poaceae), <i>Calathea</i> (Marantaceae)   | Sotobosque sombreado de bosques de lluvia.  | 2   | 10  | 5   |
| <i>Cissia</i> sp                     | —   | —   | 7   | 4   | 6   |
| <i>Cithaerias menander</i>           | Desconocida   | Sotobosque, claros de luz en todo tipo de bosques   | 13  | 56  | 57  |
| <i>Hyposcada virginiana evanides</i> | <i>Columnnea consanguinea</i> , <i>C. Grata</i> y<br><i>Drymonia conchocalix</i> (Gesneriaceae) (por confirmar)   | Bosques húmedos, Zonas de sotobosque sombreado  | 6   | 9   | 13  |
| <i>Lycorea cloebaea atergatis</i>    | <i>Carica papaya</i> , <i>Jacaratia</i> (Caricaceae); <i>Ficus</i> (Moraceae); <i>Asclepias curassavica</i> (Asclepiaceae)                              | Todo tipo de ambientes excepto en zonas abiertas.   | 6   | 4   | 10  |
| <i>Marpesia</i> sp                   | —   | —   | 1   | 1   | 4   |
| <i>Melinaea ethra lilis</i>          | <i>Markea neurantha</i> (Solanaceae)  | Amplia distribución. Carácter generalista.  | 3   | 1   | 9   |
| <i>Morpho granadensis polybaptus</i> | <i>Macharium seemani</i> (Fabaceae)   | Zonas sombreadas del bosque   | 11  | 18  | 23  |
| <i>Morpho peleides limpida</i>       | <i>Macharium</i> , <i>Pterocarpus</i> ,<br><i>Lonchocarpus</i> , <i>Platymiscium</i> ,<br><i>Swartzia</i> , <i>Dalbergia</i> , <i>Mucuna</i> (Fabaceae) | Todo tipo de bosques  | 2   | 2   | 11  |
| <i>Nessaea aglaura aglaura</i>       | <i>Alchornea costaricensis</i> , <i>Plukenetia volubilis</i> (Euphorbiaceae)  | Áreas pantanosas de bosques primarios, en claros de luz y senderos.   | 7   | 2   | 6   |
| <i>Parides arcas mylotes</i>         | <i>Aristolochia</i> (Aristolochiaceae)  | Todo tipo de ambientes boscosos   | 4   | 5   | 5   |
| <i>Parides childrenae childrenae</i> | <i>Aristolochia toluzii</i> (Aristolochiaceae)  | Bosques primarios lluviosos   | 24  | 16  | 14  |
| <i>Parides iphidamas iphidamas</i>   | <i>Aristolochia</i> (Aristolochiaceae)  | Todo tipo de ambientes boscosos   | 10  | 3   | 22  |
| <i>Perrhybris hypera</i>             | <i>Capparis pittieri</i> (Capparidaceae)  | Bosques lluviosos. Los machos ocasionalmente vuelan en áreas abiertas. Las hembras permanecen en el sotobosque. | 5   | 6   | 64  |

|                             |   |   |    |    |    |
|-----------------------------|---|---|----|----|----|
| <i>Philaetria dido</i>      | <i>Passiflora vitifolia</i> , <i>P. edulis</i> , <i>P. ambigua</i> (Passifloraceae)   | Bosques lluviosos. Los machos vuelan sobre el dosel del bosque. | 10 | 3  | 13 |
| <i>Phoebis argente</i>      | <i>Cassia biflora</i> , <i>C. fruticosa</i> (Caesalpinaceae);<br><i>Pentaclethra macroloba</i> , <i>Inga vera</i> , <i>I. Ruiziana</i> (Mimosaceae) | Ocurre en todo el país, usualmente en ambientes disturbados.    | 4  | 1  | 22 |
| <i>Phoebis sp</i>           | -   | -   | 22 | 2  | 39 |
| <i>Scada zibia xanthina</i> | <i>Solanum siparunoides</i> , <i>S. echylossum</i> (Solanaceae)   | Bosques primarios. Cerca del suelo en áreas sombreadas.         | 6  | 11 | 11 |

Fuentes: DeVries 1987, 1988, Navarrete 1998. Observaciones personales.

valor con lo representado por las 8 especies más abundantes (cerca del 78%) (Cuadro 10), encontramos que la importancia real, en términos de abundancia, que estas especies exclusivas del BLS tienen respecto de la comunidad es aparentemente baja. Ello hace que, pese a que entre ellas existan especies propias de bosque primario, no sean consideradas a la hora de comparar la composición de la comunidad de mariposas del BLS con las de los bosques manejados.

**Cuadro 14.** Análisis de Composición General. Mariposas vistas. Especies con más de un registro únicas en algún bosque o presentes en ambos bosques manejados pero ausentes de BLS.

| Especie                                | Planta Hospedera  | Tipo de Hábitat Característico                                 | BM1 | BLS | BM2 |
|--|---|--|-----|-----|-----|
| <i>Itornia patilla</i>                 | <i>Wriberingia Lycianthes</i> (Solanaceae)  | Bq. Primario (sotobosque)                                      | -   | 5   | -   |
| <i>Napeogenes peredia benistica</i>    | Desconocida   | Bq. Primario (sotobosque sombreado)                            | -   | 2   | -   |
| <i>Taygetis virgilia rufomarginata</i> | Bamboo  | Bq. Primario (sotobosque sombreado).                           | -   | 3   | -   |
| <i>Ceratinia tutia dorilla</i>         | <i>Solanum antillarum</i> (Solanaceae)  | Sotobosque de Bq de bajura en general                          | 2   | -   | -   |
| <i>Dryas iulia</i>                     | <i>Passiflora vitifolia</i> y <i>P. platyloba</i> (Passifloraceae)                        | Áreas abiertas, dosel del bosque y bordes                      | 5   | -   | -   |
| <i>Eueides aliphera</i>                | <i>Passiflora oerstedii</i> , <i>P. vitifolia</i> , <i>P. auriculata</i> (Passifloraceae) | Ambientes disturbados adyacentes a bosques, bordes o el dosel. | 2   | -   | -   |
| <i>Heliconius doris</i>                | <i>Passiflora ambigua</i> (Passifloraceae)  | Todo tipo de Bosques; bordes, claros y el dosel                | 9   | -   | -   |
| <i>Cissia besione</i>                  | <i>Eleusine</i> (Poaceae)   | Todo tipo de bosques, Bosque secundario maduro y bordes.       | 4   | -   | -   |

|                                     |  |  |    |   |    |
|-------------------------------------|--|--|----|---|----|
| <i>Taygetis andromeda</i>           | <i>Olyra, Acroceras, Panicum</i><br>(Poaceae)                      | Todo tipo de hábitats. Zonas Abiertas, en ocasiones en sotobosque.         | 5  | - | -  |
| <i>Mechanitis polyrhiza isthmia</i> | <i>Solanum</i> (Solanaceae)  | Todo tipo de hábitats  | 2  | - | -  |
| <i>Appias drusilla</i>              | Capparidaceae,<br>Brassicaceae, <i>Drypetes</i><br>(Euphorbiaceae) | Áreas abiertas y de crecimiento secundario, bordes y ríos.                 | -  | - | 6  |
| <i>Cissia agnata</i>                | Desconocida  | Claros en Bosque Primario  | -  | - | 2  |
| <i>Dismorphia amphiona praxinoe</i> | <i>Inga sapindoides</i> , I. <i>Densiflora</i><br>(Mimosaceae)     | Todo tipo de bosques excepto xerofítico. Bordes.                           | -  | - | 2  |
| <i>Melete florinda</i>              | Desconocida  | Bordes y Claros  | -  | - | 2  |
| <i>Parides lycimenes lycimenes</i>  | <i>Aristolochia pilosa</i><br>(Aristolochiaceae)                   | Bosque de Bajura.<br>(poca información disponible)                         | -  | - | 3  |
| <i>Adelpha cytherea marcia</i>      | <i>Sabicea villosa</i> (Rubiaceae)                                 | Áreas de crecimiento secundario, bordes y grandes claros dentro del bosque | 17 | - | 8  |
| <i>Catenopbele orites</i>           | <i>Alchornea costaricensis</i><br>(Euphorbiaceae)                  | Dosel. Poco común en el sotobosque, en ocasiones en claros.                | 1  | - | 5  |
| <i>Chloreuptychia arnaea</i>        | <i>Eleusine, Oplismenus, Ichmanthus</i><br>(Poaceae)               | Sotobosque iluminado, corredores de vuelo dentro del bosque.               | 6  | - | 22 |
| <i>Cissia metalenca</i>             | Pastos (Poaceae)   | Bosque de lluvia. Bordes, claros.  | 5  | - | 9  |
| <i>Parides erithalion</i>           | <i>Aristolochia</i> (Aristolochiaceae)                             | Todo tipo de bosques, bordes, claros.                                      | 1  | - | 7  |

Fuentes: DeVries 1987, 1988, Navarrete 1998. Observaciones personales.

- Especies Registradas Únicamente en el BM1

El BM1 presentó 18 especies registradas visualmente que no ocurrieron en los otros bosques. Ocho de ellas, fueron registradas en 2 o más ocasiones de las cuales 7 fueron plenamente identificadas (Cuadro 14). Esas 18 especies representan apenas alrededor del 8.2 % del total de individuos registrados en el BM1. Las especies más comúnmente registradas representan el 63.3% (Cuadro 10).

Cabe resaltar que se trata de especies que, o son de amplio espectro, presentándose en todo tipo de hábitats o, son especies propias del dosel del bosque o de áreas abiertas y disturbadas lo cual hace pensar que su registro únicamente en este bosque puede estar relacionado con la intensidad de los cambios

estructurales y de composición vegetal provocados por las actividades de manejo. Especies como *Dryas iulia*, *Heliconius doris* y *Taygetis andromeda* fueron, por ejemplo, usualmente registradas en grandes zonas abiertas como los patios de acopio existentes dentro del bosque. El BM2 no presenta patios de acopio ni grandes zonas abiertas en su interior como producto del aprovechamiento (observación personal), y tampoco estas especies fueron registradas en él además que, la intensidad del aprovechamiento llevado a cabo en él fue inferior a la del llevado a cabo en el BM1.

- Especies Registradas Únicamente en el BM2

El BM2 presentó 9 especies (apenas cerca del 2% del total de individuos) no registradas en los otros bosques, 5 de las cuales con 2 o más registros. Sólo una de ellas (*Appias drusilla*) es considerada característica de zonas con elevados niveles de disturbio (Cuadro 14). Nuevamente se evidencia así como para el BM1, la baja representatividad respecto del total de individuos registrados que tienen estas especies (Figura 16).

- Especies Registradas en el BM1 y el BM2 y no en el BLS.

Un total de 6 especies fueron registradas visualmente únicamente en los dos bosques manejados. Tres de ellas en 2 o más ocasiones en ambos bosques y 2 en más de una ocasión en el BM2. Ellas representan cerca del 5% y del 3% respectivamente del total de mariposas registradas en el BM1 y el BM2 (Figura 16), lo que sumado al porcentaje representado por las especies “exclusivas” de cada uno, representan en total cerca del 13% y del 5% de los individuos registrados en cada bosque manejado, pertenecientes a especies no presentes en el Bosque La Selva.

Cabe resaltar el caso de especies como *Adelpha cytherea marcia* que junto con *Taygetis andromeda*, *Appias drusilla*, *Dryas iulia* y *Eueides aliphera*, son características de ambientes abiertos, de crecimiento secundario o zonas aledañas al bosque y del dosel del bosque. Estas especies, fueron, al igual que *Phoebis sp*, registradas al interior de los bosques manejados, principalmente en antiguos patios de acopio y caminos. Dado que este tipo de lugares son los que representan mayor disturbio al interior del bosque, aparentemente, este tipo de especies acceden o se hacen visibles a la altura del suelo en estos lugares, dadas las características de la apertura del bosque y cambios en la estructura y composición de la vegetación que significan. Se puede decir entonces, que esto ilustra la situación en que las mariposas propias del dosel bajan a nivel del suelo en aquellas zonas donde la cobertura de la vegetación es baja debido diferentes factores o, la situación en que mariposas propias de zonas abiertas acceden a los bosques debido a cambios en la composición de especies

en la vegetación del sotobosque, como los que registran Delgado *et al.* (1997), Guariguata (1998) y Pollard *et al.* (1998).

En bosques manejados, al multiplicarse este tipo de ambientes, debido a las consecuencias propias de la actividad, se hace entonces más común que este tipo de especies pueda ser registrado.

#### 4.3.2.2.2. Mariposas capturadas en trampas

Para el análisis general de composición de las especies de mariposas capturadas en trampas, se consideró la totalidad de las especies registradas partiendo del supuesto que si cayeron en ellas fue porque su presencia en los bosques se debía a que éstos son parte de su hábitat de actividad, más exactamente de alimentación. Se trata de especies pertenecientes al gremio de las consumidoras de frutos en proceso de descomposición.

Del total de 26 especies capturadas en las trampas, 5 lo fueron en los tres bosques. Estas representan alrededor del 50% de las capturas hechas en el BM1, cerca del 44% de las hechas en el BLS y cerca del 35% de las hechas en el BM2 (Figura 17).

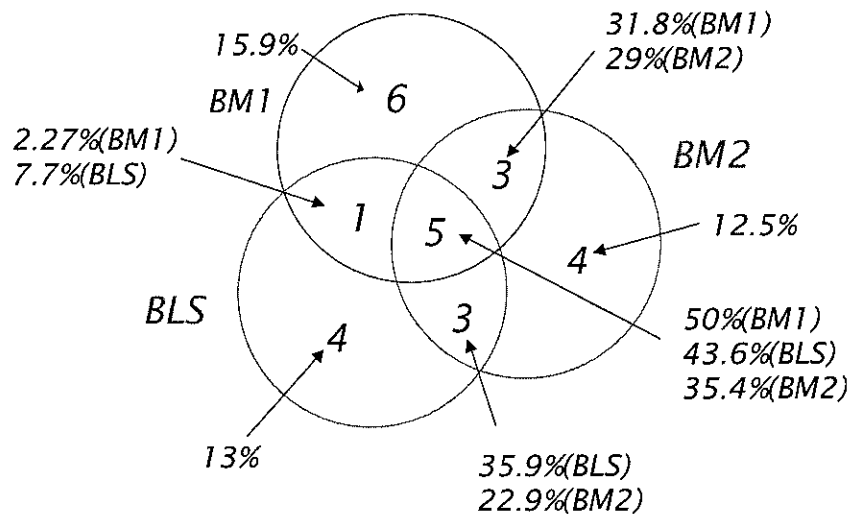


Figura 17. Análisis general de composición. Mariposas capturadas en trampas. (el % se refiere al número total de individuos registrados por bosque)

La proporción de individuos capturados que estas especies representan para cada bosque no es tan importante como ocurre en el caso de los registros visuales. Sin embargo, se trata de especies que fueron también registradas visualmente en los tres bosques lo que aumenta su importancia respecto de la totalidad de la comunidad de mariposas presentes en cada uno de los bosques.

La especie *Nessaea aglaura aglaura*, estuvo entre las más comúnmente capturadas en los tres bosques (Cuadro 11), *Caligo atreus diomysos* en el BLS y en el BM2 y *Dulcado polita* en el BM1 y el BLS. *Pierella behetia* estuvo entre las más comúnmente capturadas en el BM1 (Cuadro 15). Finalmente, *Morpho granadensis* fue de las más comúnmente observadas en BLS (Cuadro 10). Todas son especies de bosque sombreado (Cuadros 10 y 11).

- Especies Capturadas Únicamente en el BLS

Cuatro especies fueron capturadas únicamente en BLS. Estas representan el 13% del total de capturas en este bosque (Figura 17). De estas, dos (*Caerois gerdructus* y *Taygetis salvini*) fueron registradas únicamente por trampeo (es decir, sólo fueron registradas en BLS) y son especies características de áreas de sotobosque sombreado, por consiguiente, carentes de disturbios que abran el dosel, como el aprovechamiento (Cuadro 15). Las restantes dos especies fueron registradas también visualmente y no sólo en BLS aunque en una sola ocasión (*Caligo illioneus oberon* en el BM2 y *Morpho amatbonte* en el BM1). Se trata de especies propias de todo tipo de bosque lluvioso (DeVries 1987).

**Cuadro 15.** Análisis de Composición General. Mariposas capturadas en trampas.

| Especie                        | Planta Hospedera   | Tipo de Hábitat Característico   | BM1 | BLS | BM2 |
|--------------------------------|--|--|-----|-----|-----|
| <i>Caerois gerdructus</i>      | <i>Socratea durusima</i> (Arecaceae)   | Bosque pantanoso, sombreado, cerca del suelo.                                      | -   | 1   | -   |
| <i>Caligo illioneus oberon</i> | <i>Heliconia</i> (Heliconiaceae), <i>Musa</i> (Musaceae)   | Bosque lluvioso.   | -   | 2   | -   |
| <i>Morpho amatbonte</i>        | <i>Pterocarpus officinale</i> (Fabaceae)   | Bosque lluvioso, bordes.   | -   | 1   | -   |
| <i>Taygetis salvini</i>        | Desconocida  | Bosque húmedo tropical en zonas de bastante sombra del sotobosque. Come en bordes. | -   | 1   | -   |
| <i>Adelpha cytherea marcia</i> | <i>Sabicea villosa</i> (Rubiaceae)   | Todo tipo de bosques. Común en zonas de crecimiento secundario temprano.           | 1   | -   | -   |
| <i>Adelpha diodes</i>          | Desconocida  | Dosel del bosque.  | 1   | -   | -   |
| <i>Chloreuptychia arnaea</i>   | <i>Eleusine</i> , <i>Oplismenus</i> , <i>Ichnanthus</i> (Poaceae)                                    | Bosque de lluvia. Claros y corredores iluminados en sotobosque.                    | 1   | -   | -   |
| <i>Cissia confusa</i>          | <i>Iriartia</i> , <i>Genoma</i> (Arecaceae), <i>Panicum</i> (Poaceae), <i>Calathea</i> (Marantaceae) | Sotobosques sombreado del bosque de lluvia.  | 2   | -   | -   |

|                                   |   |   |    |   |    |
|-----------------------------------|---|---|----|---|----|
| <i>Hamadryas arinome ariensis</i> | <i>Dalechampia triphylla</i><br>(Euphorbiaceae)   | Dosel de bosque primario.   | 1  | - | -  |
| <i>Morpho peleides limpida</i>    | <i>Macharium, Pterocarpus, Lonchocarpus,</i><br><i>Platymiscium, Swartzia, Dalbergia,</i><br><i>Mucuna</i> (Fabaceae) | Todo tipo de hábitats.  | 1  | - | -  |
| <i>Catenophele orites</i>         | <i>Alchornea costaricensis</i><br>(Euphorbiaceae)   | Común en el dosel del bosque. Rara vez atraída a frutos en el sotobosque. | -  | - | 2  |
| <i>Cissia hesione</i>             | <i>Elysiene</i> (Poaceae)   | Todo tipo de bosques. Bosque secundario maduro y bordes.                  | -  | - | 1  |
| <i>Cissia metaleuca</i>           | Pastos (Poaceae)  | Bosque de lluvia. Bordes y claros grandes.                                | -  | - | 1  |
| <i>Hypothyris euclea valora</i>   | <i>Solanum rugosum, S. umbellatum</i><br>(Solanaceae)   | Bosques de diferente calidad.   | -  | - | 2  |
| <i>Caligo eurilochus sularius</i> | <i>Heliconia</i> (Heliconiaceae);<br><i>Calathea</i> (Marantaceae); <i>Musa</i><br>(Musaceae)                         | Común en bosques húmedos.   | 1  | - | 1  |
| <i>Taygetis andromeda</i>         | <i>Obyra, Acroceras, Panicum</i> (Poaceae)  | Todo tipo de hábitats. Zonas Abiertas, en ocasiones en sotobosque.        | 12 | - | 1  |
| <i>Tigridia acesta</i>            | <i>Cecropia, Panama aspera</i> (Moraceae)   | Bosques húmedos, claros de luz. Amplia distribución.                      | 1  | - | 12 |

Fuentes: DeVries 1987, 1988, Navarrete 1998. Observaciones personales.

- Especies Capturadas Únicamente en el BM1

Seis especies fueron capturadas únicamente en BM1 (cerca del 16% del total de individuos capturados). Cinco de ellas fueron registradas también visualmente. Tres fueron registradas visualmente también en el BM2 y las restantes dos lo fueron en los tres bosques. *Hamadryas arinome ariensis* especie propia del dosel de bosque primario igual que *Adelpha diocles* (Cuadro 15) fue la única en ser registrada solo en trampas y sólo en este bosque (Anexos 3 y 4). *Adelpha diocles* también fue registrada visualmente en BM1 y BM2 (Anexo 3).

- Especies Capturadas Únicamente en el BM2

Cuatro especies de mariposas fueron capturadas únicamente en el BM2. Todas fueron también registradas visualmente: una en los tres bosques (*Hypothyris euclea valora*), dos en el BM1 y el BM2 (*Catenophele orites* y *Cissia metaleuca*) y una en el BM1 con 5 registros (*Cissia hesione*).



Son de particular interés *Catenophle orites*, la cual fue registrada con trampas por DeVries(1988), en La Selva, únicamente en trampas ubicadas en el dosel y no en el sotobosque. El hecho que esta especie haya sido capturada en trampas únicamente en el BM2 y registrada visualmente en el BM1 y en el BM2 hace pensar que se pueda deber a las diferencias estructurales que el aprovechamiento y manejo trae consigo permitiendo así, su registro por un observador caminando por el sotobosque o su captura en trampas a ese nivel.

- Especies Capturadas en el BM1 y el BM2 y no en BLS.

Tres especies fueron capturadas en los dos bosques manejados y no en el control (el BLS). Entre ellas se destaca, nuevamente, *Taygetis andromeda*, la cual, si bien fue capturada en los dos bosques, mostró un número de capturas muy superior en el BM1, único bosque en el que también fue vista en las evaluaciones a lo largo de los transectos. Cabe recordar que se trata de una especie propia de zonas abiertas, cuyas plantas hospederas son pastos (*Poaceae*)(Cuadro 14).

Como vemos, los resultados y tendencias encontradas con base en la totalidad de las especies registradas como con base en las más comunmente capturadas o registradas, son similares. Esto, a la hora de implementar el uso de las mariposas como herramientas de evaluación, es de utilidad, dado que un análisis de composición orientado hacia las especies más comunmente registradas es más simple y rápido

#### 4.3.2.2.3. Scarabaeinae

De las 28 especies de Scarabaeinae colectadas en este estudio, apenas 9 fueron comunes a los tres bosques. Sin embargo, estas representan el 78.6, el 93.3 y el 75.6% de las de los individuos capturados en el BM1, en el BLS y en el BM2 respectivamente (Figura 18). Es marcada la importancia que estas nueve especies tienen en la composición en los tres bosques, sobre todo en el BLS, el control, en el cual sólo se registraron 4 especies más y de ellas, 2, únicamente en este, representando apenas el 1.2% del total de individuos allí colectados. Las restantes dos especies ocurrieron también en el BM1. Las nueve son consideradas propias o han sido comunmente colectadas en zonas boscosas (Cuadro 16). No se observó, según sus características autoecológicas, ningún patrón de abundancia generalizado respecto del tipo de bosque (Figura 19). Sólo dos de ellas han sido reportadas registradas en áreas abiertas tales como pastizales: *Dichotomius satanas* y *Scatimus ovatus* (Howden y Young 1981, ver Cuadro 16), las cuales presentaron resultados inversos respecto de su patrón de abundancia en los tres bosques (Figura 19). *D. satanas* fue comparativamente más abundante en los bosques manejados mientras que *S. ovatus* lo fue en el BLS, lo cual no permite arrojar conclusiones al respecto.

29. Desgraciadamente, en el caso de *O. sextuberculatus*, *O. sp1* y *O.sp2*, no existe información que permita interpretar su presencia en este bosque.

Las cinco especies colectadas en ambos bosques manejados y no en el BLS incluyen a *Canthidium centrale*, *Dichotomius favi*, *Pedariidum pilosum*, *Scatinus erimys* y a *Uroxis sp.* Tanto *C. centrale* como *P. pilosum* son especies que han sido reportadas en ambientes disturbados como plantaciones de cacao y bosque secundario (Cuadro 16). Como ya se ha mencionado, *Uroxis sp.*, además de solo ocurrir en estos bosques, está entre las 5 más comunes de ambos. Sin embargo, al no lograrse una identificación plena de la especie, no es posible interpretar este resultado más allá de su registro. En el caso de *D. favi* y de *Scatinus erimys*, no existe información disponible tampoco.

De las dos especies compartidas por BLS y BM1, *Copris incertus* y *Onthophagus nemorivagus*, la segunda está en descripción. *Copris incertus*, especie nocturna, ha sido reportada asociada a estiércol de vaca, caballo y tapir, lo que da una idea de su carácter generalista.

Finalmente, dos especies fueron colectadas únicamente en BLS (cerca del 1.2% de los registros): *Canthidium haroldi* y *Onthophagus cryptodicranus* (en descripción)(Figura 18). Ambas, fueron colectadas en una sola ocasión (Cuadro 16). *Canthidium haroldi*, especie necrófaga, es considerada propia de ambientes boscosos y ha sido hallada asociada a estiércol de diferentes mamíferos también propios del interior del bosque (Cuadro 16).

Es evidente entonces, que si bien existen diferencias en la composición de especies colectadas en cada uno de los bosques estudiados, estos contienen comunmente las mismas especies abundantes, las cuales, de paso, representan un porcentaje elevado de la abundancia de individuos y riqueza de especies en cada bosque. Estas especies abundantes se reportan además, como propias de ambientes boscosos.

Las especies que ocurrieron de manera diferenciada entre los diferentes bosques no presentan en este estudio un patrón homogéneo de características ecológicas ni de presencia/ausencia que permita hacer una interpretación global respecto de las distintas comunidades comparadas. Sin embargo, se observa que el número de individuos registrados de *Canthidium angusticeps*, *Onthophagus limonensis* y *Scatinus ovatus* en el BLS es marcadamente superior al registrado en los bosques manejados, mientras que en el caso de *Canthion aequinoctialis*, *Dichotomius satanas* y *Onthophagus acuminatus*, la situación es la inversa, con números de registros marcadamente superiores en los bosques manejados. Ello hace interesante la idea que probablemente las primeras son más abundantes en ambientes no disturbados y las segundas en ambientes disturbados como lo son los bosques manejados. Estas diferencias de abundancia pueden ser la base de la cercanía hallada

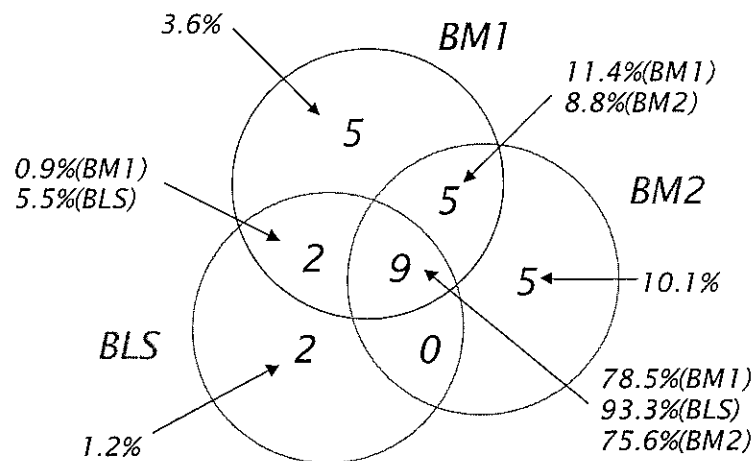


Figura 18. Análisis general de composición de especies de Scarabaeinae (el % se refiere al número total de individuos registrados por bosque)

Quince de las 28 especies colectadas no ocurrieron en el BLS. De estas quince, 5 ocurrieron únicamente en el BM1, 5 en el BM2 y las restantes 5 ocurrieron en ambos, representando cerca del 3.7%, del 10.0% y del 11.4 y 8.8% de los individuos registrados respectivamente en cada bosque. Ello hace pensar, al igual que algunos resultados anteriores (estimación de riqueza y diversidad), que las actividades de manejo han conducido, con el disturbio que implican, a un aumento en la riqueza de especies sin que ello implique que las especies propias del bosque desaparezcan.

Las especies colectadas únicamente en el BM1 (*Deltochilum gibbosum*, *Deltochilum pseudoparile*, *Canthidium vespertinum*, *Onthophagus sp1* y *Phanaeus beltianus*) representan el 3.6% del total de colectas en ese bosque (Figura 18). De las cinco sólo se colectó un individuo excepto en el caso de *D. pseudoparile*, de la cual se colectaron cuatro. Las dos primeras son especies saprófagas, propias del interior de bosques y que son atraídas por el estiércol de diferentes mamíferos y por la carroña de *Tamandua* (Howden y Young 1981, ver Cuadro 16).

Cabe resaltar a *D. gibbosum* y *D. pseudoparile*, las cuales han sido reportadas en otros estudios ecológicos como de amplio rango de distribución (México-Colombia) (Cuadro 16). Sus características ecológicas y hábitos alimenticios hacen pensar que su presencia puede reflejar buenos niveles de conservación de las especies de mamíferos cuyo estiércol consumen (Cuadro 16).

*Eurysternus mexicanus*, *Eurysternus Foedus*, *Onthobius sextuberculatus*, y *Onthophagus sp2* y *sp3* fueron colectadas únicamente en BM2. Corresponden al 10.0% de los individuos colectados (Figura 18). Las dos primeras, ambas generalistas y de amplia distribución, fueron colectadas en una ocasión (Cuadro 16) y la tercera en

cercanía hallada mediante los índices de similitud, entre ambos bosques manejados y el distanciamiento que presentan respecto del BLS. Con base en lo anterior, se puede pensar que una investigación orientada hacia estudiar los patrones de abundancia de estas especies en este tipo de ambientes es interesante.

Finalmente, se observa que los bosques manejados tienen una mayor riqueza y diversidad de especies que el control. Las especies comunes a los tres bosques representan en éstos una menor "dominancia" respecto de su abundancia relativa dentro de cada una de las comunidades evaluadas (Figura 18).

**Cuadro 16.** Especies de Scarabaeinae colectadas en cada bosque, número de capturas por bosque y características ecológicas relevantes. Para Distribución geográfica, ver anexo 5

| Especie                         | BM1 | BLS | BM2 | Características ecológicas   |
|---------------------------------|-----|-----|-----|--|
| <i>Canthidium angusticeps</i>   | 21  | 81  | 39  | Especie propia del interior del bosque, de amplia distribución (Costa Rica-Sudamérica) en zonas bajas. En Costa Rica entre los 0 y 400 m.s.n.m.  |
| <i>Canthidium centrale</i>      | 2   |     | 5   | Especie propia de interior de bosque, de amplia distribución. En Costa Rica 0 - 1500 m.s.n.m. Cacaotal, Bosque Secundario. Carroña de rata y heces de tapir.   |
| <i>Canthidium baroldi</i>       |     | 1   |     | Especie diurna, propia de zonas de bajura. Guatemala- Ecuador. En Costa Rica 100 - 1600 m.s.n.m. Bosque Primario, y Bosque Secundario. Carroña de rata, coatí, <i>Alouatta</i> , <i>Opossum</i> y tapir.   |
| <i>Canthidium vespertinum</i>   | 1   |     |     | Especie de amplia distribución. En Costa Rica 100 - 2000 m.s.n.m. En La Selva (Solís 1993): Bosque secundario y Cacaotal.  |
| <i>Canthon aequinoctialis</i>   | 58  | 12  | 151 | Especie nocturna propia del interior del bosque, de amplia distribución (México - Colombia). En Costa Rica entre los 0 y los 1750 m.s.n.m. Principalmente en zonas de bajura. Bosque Primario, Bosque secundario. Consume heces de coatí, <i>Jaguarnudi</i> y tapir. Hallada en carroña de <i>agouti</i> , pecarí y ratas.                 |
| <i>Copris incertus</i>          | 1   | 6   |     | Especie nocturna, coprófaga, propia de zonas de bajura. México- Colombia. En Costa Rica 100 - 700 m.s.n.m. Bosque Primario, Cacaotal, Bosque Secundario, pastizal. Heces de vaca, caballo y tapir.   |
| <i>Coprophanaeus morenoi</i>    | 1   | 4   | 6   | Especie de amplia distribución, principalmente en zonas medias (600-1000 m.s.n.m.). En Costa Rica de 0 - 1100 m.s.n.m.   |
| <i>Deltochilum gibbosum</i>     | 1   |     |     | Especie saprófaga, principalmente nocturna, propia del interior de todo tipo de bosques, escasa en ambientes intervenidos, rodadora, estrategia "r". Es atraída por estiércol de <i>Nassua narica</i> (mamífero menor). Tiene amplia distribución, principalmente en zonas bajas. En Costa Rica 0 - 3400 m.s.n.m.                          |
| <i>Deltochilum pseudoparile</i> | 4   |     |     | Especie saprophada, principalmente nocturna, propia del interior de todo tipo de bosques, principalmente de zonas bajas. Estrategia "r". Es atraída por el estiércol de <i>Alouatta palliata</i> , <i>agouti</i> , pecarí y rata. Se la hallado en carroña de tamandua. En Costa Rica, principalmente en zonas de bajura (0-1450 m.s.n.m.) |
| <i>Dichotomius favi</i>         | 3   |     | 5   | Especie descrita en Costa Rica, propia de zonas muy bajas (0-250 m.s.n.m.)   |
| <i>Dichotomius satanas</i>      | 28  | 2   | 29  | Especie saprófaga, nocturna, propia del interior del bosque, de muy amplia distribución (México- Perú y Ecuador) . En Costa Rica: 100 - 1500 m.s.n.m. Bosque primario, Cacaotal, Bosque Secundario, pastizal. Es atraída por estiércol de <i>Alouatta palliata</i> y <i>Nassua narica</i> , coatí, <i>Ateles</i> y tapir.                  |
| <i>Eurystemus foedus</i>        |     |     | 1   | Especie netamente coprófaga. De amplia distribución en zonas bajas 0-1800 m.s.n.m. (Colombia). En Costa Rica: 0 - 800 m.s.n.m.   |
| <i>Eurystemus mexicanus</i>     |     |     | 1   | Especie generalista, más en bosque, principalmente coprófaga, atraída fuertemente por el estiércol de <i>Alouatta palliata</i> y en menor medida de <i>Nassua narica</i> . Amplia distribución (Mexico - Colombia), principalmente en zonas bajas. En Costa Rica 0-1250 m.s.n.m.   |

|                                   |    |            |            |   |
|-----------------------------------|----|------------|------------|---|
| <i>Eurystemus plebejus</i>        | 16 | 6          | 1          | Especie principalmente diurna, de amplia distribución en zonas bajas (México-Colombia, Venezuela). En Costa Rica 100-700 m.s.n.m. Bosque Primario y Cacaotal. Copronecrófaga. Carroña de <i>Agouti</i> , ratas, perezosos, y <i>Tamandua</i> . Estiércol de caballo, <i>Alouatta</i> , <i>Ateles</i> , y tapir. |
| <i>Ontherus sextuberculatus</i>   |    |            | 29         | Especie principalmente de zonas bajas, 15-1100 m.s.n.m.   |
| <i>Orthophagus acuminatus</i>     | 37 | 5          | 12         | Especies muy común en zonas bajas. Costa Rica- Ecuador. En Costa Rica 10 – 700 m.s.n.m. Bosque Primario, Cacaotal y Bosque Secundario. Carroña de Opossum, pecarí y rata. Heces de coatí, <i>Alouatta</i> , margay, <i>Ateles</i> y tapir.  |
| <i>Orthophagus cryptodicranus</i> |    |            | 1          | Especie nueva (en descripción: A. Solís, INBio)   |
| <i>Orthophagus limonensis</i>     | 5  | 24         | 6          | Especie nueva (en descripción: A. Solís, INBio)   |
| <i>Orthophagus nemorivagus</i>    | 1  | 3          |            | Especie nueva (en descripción: A. Solís, INBio)   |
| <i>Orthophagus nyctopus</i>       | 4  | 3          | 3          | Especie propia de zonas medias bajas, principalmente alrededor de los 600m.s.n.m. En Costa Rica: 100-1300 m.s.n.m. . Bosque Primario, Cacaotal, Bosque Secundario.  |
| <i>Orthophagus sp1</i>            | 1  |            |            | –   |
| <i>Orthophagus sp2</i>            |    |            | 1          | –   |
| <i>Orthophagus sp3</i>            |    |            | 1          | –   |
| <i>Pedaridium pilosum</i>         | 12 |            | 2          | Propia de zonas bajas. Costa Rica – Ecuador. Principalmente en la vertiente pacífica de Costa Rica: 0–1200 m.s.n.m. . Bosque Secundario y Cacaotal. Heces de caballo, pecarí, perezoso y tapir.   |
| <i>Phanaeus beltianus</i>         | 1  |            |            | Especie diurna, propia de las zonas bajas del norte en Costa Rica al sur de Belice. 20-800 m.s.n.m. Principalmente alrededor de los 600 m.s.n.m. Heces de <i>Alouatta</i> , <i>Ateles</i> y tapir.  |
| <i>Scatimus erimys</i>            | 8  |            | 17         | –   |
| <i>Uroxis sp</i>                  | 12 |            | 18         | –   |
| <i>Scatimus ovatus</i>            | 2  | 17         | 1          | Especie nocturna, propia de zonas bajas. México – Colombia. En Costa Rica, principalmente en el norte entre 15-1200 m.s.n.m. Bosque Primario, Cacaotal, Bosque Secundario y pastizal. Heces de caballo, vaca, <i>Alouatta</i> , <i>Ateles</i> , y tapir.  |
| <b>TOTAL</b>                      |    | <b>219</b> | <b>165</b> | <b>328</b>  |

**Fuentes:** Howden y Young 1981, Kohlmann y Sánchez Colón 1984, Halfter *et al.* 1992, Estrada *et al.* 1993, A.Solis 1993, Martín-Piera y Lobo 1993, Montes de Oca y Halffter 1995, Medina y Kattan 1996, Escobar y Medina 1996, Andrade, Amat y Fernández 1996, [www.INBio.ac.cr/bims](http://www.INBio.ac.cr/bims) 1999.

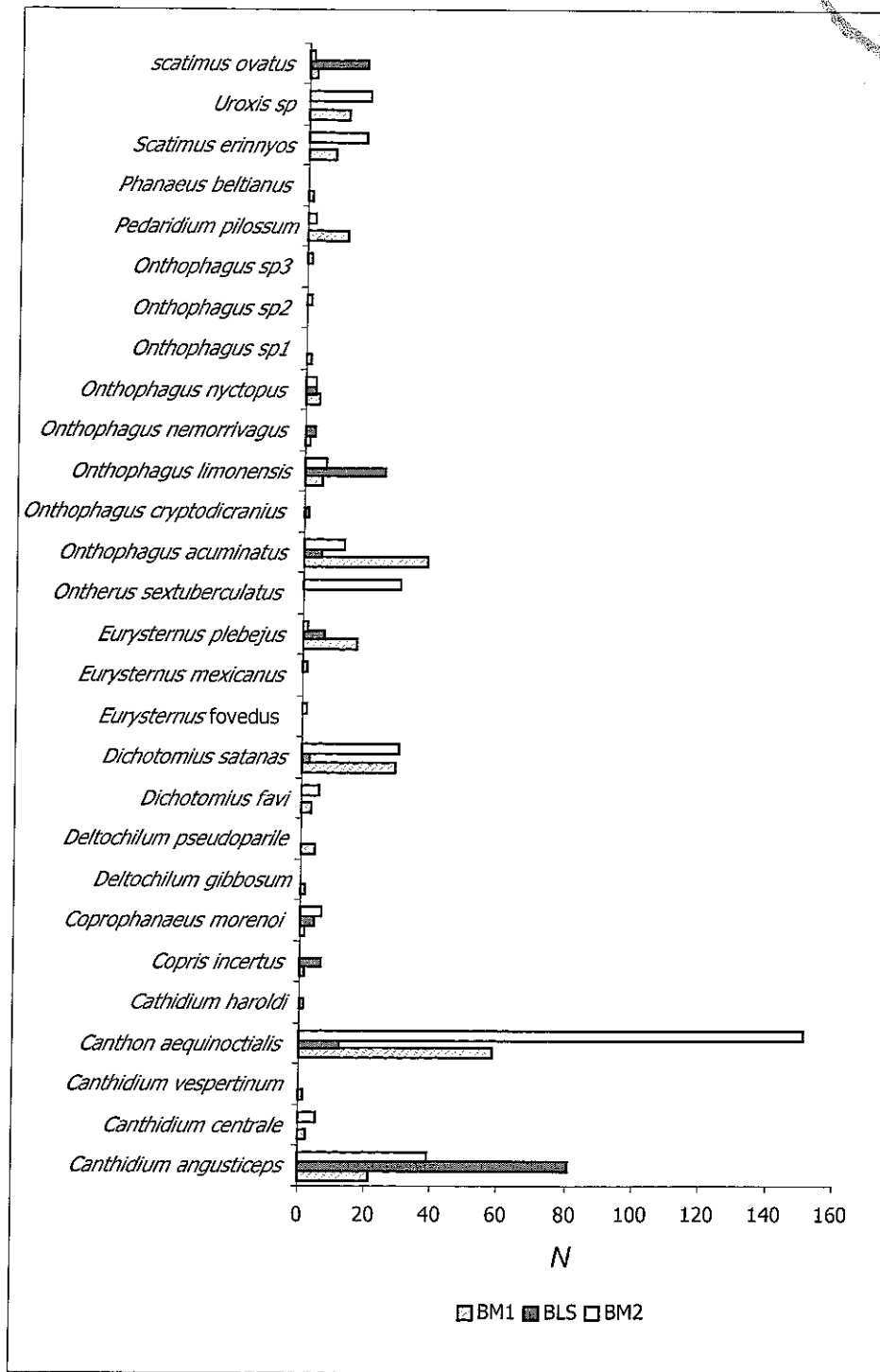


Figura 19. Especies y número de individuos colectados de Scarabaeinae por tipo de bosque

## 5. Discusión

### 5.1. Patrones de riqueza y diversidad

Los patrones de riqueza observados para los grupos estudiados no son consistentes. Para mariposas, las capturas en trampas no permiten una diferenciación entre bosques, en términos de riqueza. Los registros visuales, en cambio, presentan a los bosques de Bajura (BLS y BM1) como los más ricos aunque, el comportamiento que presentan las curvas obtenidas mediante el estimador ICE, de riqueza total estimada de especies para ambos bosques manejados, es similar. Lo mismo ocurre con las curvas aleatorizadas de acumulación de especies las cuales, si bien muestran al BLS como el menos rico, la pendiente de ésta, al final del esfuerzo muestral, la cual es similar a la del BM1, hace pensar que con un esfuerzo muestral mayor la riqueza registrada sería superior a la del BM2. Se podría especular entonces que, los bajos niveles de riqueza estimada de especies, de diversidad y de similitud del BM2 respecto del BM1 y del BLS pueden estar ligados a factor de sitio, dado que el BM2 es, de los tres bosques, el que no está en contacto directo con el Parque Nacional Braulio Carrillo.

Igual comportamiento se observó en las curvas Rango-Abundancia obtenidas con base en los registros visuales. Esto, debido a la existencia, en las comunidades del BLS y del BM1, de largas colas de especies "raras". Las capturas en trampas muestran cómo el BM1 se diferencia claramente del BLS que se muestra con la mayor equitabilidad y del BM2. El BM1 presenta la más baja equitabilidad y la mayor cola de especies raras. Esto podría estar ligado con los niveles de disturbio que el aprovechamiento le significó al bosque dado que el BM1 es, de los tres bosques, el que mayores niveles de disturbio presenta, con tres patios internos, mayor densidad de caminos y un aprovechamiento más intensivo.

Numerosos autores refieren que los bosques con aprovechamiento selectivo, como es el caso del BM1, ofrecen una mayor heterogeneidad ambiental a las especies de mariposas, lo que se traduce en mayores niveles de riqueza y diversidad que los observados en bosques con las mismas características pero, sin ningún tipo de disturbio de carácter antrópico (Ghazoul 1998 en preparación, Hill 1999, Spitzer *et al.* 1997, DeVries *et al.* 1997, Hill *et al.* 1995, DeVries 1987, Klein 1989, Halfter *et al.* 1992). Brown y Hutchings (1997), reportan haber hallado en bosques de la cuenca del Amazonas, una mayor riqueza de especies de mariposas en áreas boscosas con apertura de claros en su interior que las halladas en áreas en que el bosque es continuo. Ellos afirman que más que el tamaño y uniformidad de un área boscosa, es la heterogeneidad ambiental local el factor más importante en la determinación de la diversidad de insectos herbívoros y entre ellos las mariposas.

En el caso de escarabajos los resultados obtenidos para riqueza y diversidad de especies muestran, de una manera mucho más clara que en el caso de las mariposas, a los bosques manejados como más ricos y diversos que el BLS. En las distribuciones Rango-Abundancia, los bosques manejados se muestran más diversos que el BLS con largas colas de especies raras que el BLS no presenta y que, como los estimados de riqueza y diversidad, los diferencian de éste. Ello puede estar ligado a su vez, con el aumento en la heterogeneidad ambiental que el aprovechamiento significa para el bosque. Si bien la mayoría de los estudios comparativos hechos sobre las comunidades de Scarabaeinae presentes en diferentes tipos de ambientes muestran que los ambientes intervenidos presentan una menor riqueza y diversidad de especies que el interior del bosque (Kohlmann y Sánchez Colón 1984, Klein 1989, Halfpeter *et al.* 1992, Kirk 1992, Medina y Kattan 1996), estos refieren resultados obtenidos en ambientes extremos como pastizales, cacaoales, cafetales comparados directamente con el bosque. Nummelin y Hanski (1989), encontraron para zonas aprovechadas selectivamente, del bosque Kibale de Uganda, que los niveles de riqueza de especies de Scarabaeinae capturadas eran ligeramente menores que los de las áreas de bosque virgen pero que, a su vez, eran marcadamente superiores a los registrados en plantaciones forestales. Ellos concluyen que, dados niveles suficientes de recursos, no existe gran diferencia entre el número de individuos y de especies capturados en bosques aprovechados selectivamente y vírgenes. Ello permitiría especular entonces, que en el caso del estudio, los mayores niveles de riqueza y diversidad de especies observados y estimados para los bosques manejados respecto del bosque control, podrían deberse a una hipotética más variada oferta alimenticia, resultado indirecto del aumento en la heterogeneidad ambiental generado por las actividades de aprovechamiento, al interior del bosque.

## 5.2. Análisis de Composición: vínculos con los patrones de Riqueza y Diversidad

Los análisis de riqueza y diversidad sólo han permitido encontrar un patrón de respuesta claro para los Scarabaeinae. Patrones adicionales surgen al considerar la composición de especies de las comunidades registradas en cada bosque. Para ambos grupos (mariposas y escarabajos), se observó que las especies comunes a los tres bosques representan el mayor porcentaje de los individuos registrados en cada uno de ellos y que, aquellas especies “no compartidas” generalmente son especies “raras” con características ecológicas que las vinculan con las actividades de aprovechamiento del bosque. Esto, puede nuevamente estar mostrando cómo la heterogeneidad ambiental generada por el aprovechamiento (claros, caminos, patios) contribuye al arribo de éstas. Pero cuales y que tipo de especies son las especies que permanecen al interior de los bosques manejados y cuales son aquellas que ingresan a éstos?

Para las mariposas registradas visualmente, los análisis de composición general muestran comunidades muy similares entre sí en los tres bosques. La aproximación inicial que significaron los índices de similitud fue

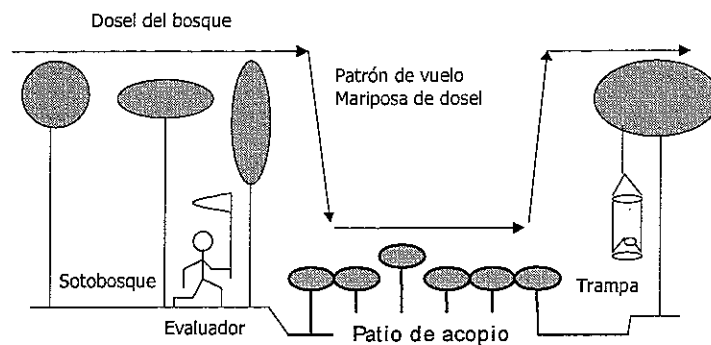


corroborada a la hora de hacer un análisis de composición más detallado. Las diferencias observadas, si bien se trató de especies poco abundantes, se dieron en los bosques manejados y correspondieron, en muchos casos, a especies características de zonas abiertas o del dosel de los bosques (especies pertenecientes a los géneros *Phoebis* y *Cissia* p.e.). Las especies propias del interior fueron las más abundantes y se registraron en similar medida en los tres bosques (*Pierella behetia*, *Dulcedo polita*, *Cithaerias menander*, etc). Ello vendría a reforzar la idea que el aprovechamiento más que generar cambios en la estructura y composición de especies propias del bosque, genera un incremento de la heterogeneidad ambiental y con este, las condiciones propias para que estas especies puedan ser registradas por un evaluador caminando por el sotobosque (Hill *et al.* 1995, Hamer *et al.* 1997 citado por Ghazoul 1998 en preparación)

DeVries (1988) y DeVries *et al.* (1997), demostraron para bosques evaluados en la parcela "Washington" de la Estación La Selva y de Jatun Sacha, Ecuador, que las especies que se pueden registrar en evaluaciones hechas al nivel del sotobosque sólo reflejan un fracción del total de especies que realmente hay en éste. Según sus resultados, es claro que existe estratificación en los patrones de distribución vertical de mariposas en los ambientes boscosos (ver también Beccaloni 1997). Lo anterior, permite establecer la dicotomía entre si el aprovechamiento selectivo del bosque, conduce, con el disturbio que implica el cambio estructural y el aumento en la heterogeneidad ambiental que trae consigo, a un aumento en la riqueza de especies dentro de éste o, si por el contrario, no conduce a un aumento del número de especies pero sí genera condiciones favorables para el registro de especies propias del dosel que en condiciones de dosel cerrado no son visibles desde el suelo. DeVries *et al.* (1997), encontraron también, que los niveles de riqueza de especies registradas, tanto a nivel de sotobosque como a nivel del dosel fueron similares entre bosques con diferentes grados de disturbio (primario, secundario, borde y "bigrade"). lo cual sustenta la segunda hipótesis mencionada en nuestra dicotomía. "Muchos colectores de mariposas tropicales son conscientes que las Nymphalidae del dosel del bosque pueden ser atrapadas a lo largo de las áreas de borde" (DeVries 1988). Esto hace pensar entonces, que en el caso de los bosques aprovechados, al romperse la continuidad del dosel del bosque debido a los cambios estructurales que el aprovechamiento genera, las especies del dosel descienden siguiendo el nivel de la vegetación, lo cual hace que junto con la apertura del dosel, es más fácil verlas en las evaluaciones a lo largo de transectos o que caigan en trampas ubicadas a nivel del sotobosque (Figura 20).

Con base en lo anterior, se hace intuitivo que, un bosque en el cual un evaluador caminando por el suelo, que hace un elevado número comparativo de registros de especies propias del dosel o de zonas abiertas, estará detectando, entonces, en el bosque, un elevado nivel de cambio estructural. Ello iría entonces, a complementar los resultados que una evaluación sobre la estructura del bosque aprovechado arrojaría al

compararla con la de un bosque control o la del mismo antes del aprovechamiento dado que arroja luces sobre la respuesta que la comunidad de invertebrados presenta a estos cambios.



**Figura 20.** Posible patrón de vuelo de las mariposas de dosel en las áreas de bosque disturbadas por las actividades de manejo

Ahora bien, hasta el momento sólo nos hemos referido a los cambios estructurales. Sin embargo, el aprovechamiento y el manejo del bosque traen consigo cambios a nivel de composición de la vegetación en este tipo de bosques (Delgado *et al.* 1997, Guariguata 1998, Brown y Hutchings 1997). La comunidad de mariposas es, en general, muy sensible a los disturbios dentro del bosque, especialmente al incremento en el nivel de luz que llega a nivel del suelo, que promueve el crecimiento de nueva vegetación en el sotobosque (Brown y Hutchings 1997). Pollard *et al.* (1998), documentaron, en bosques del norte de Inglaterra, cómo los cambios en la vegetación del sotobosque de un área boscosa, traían consigo cambios en la estructura y composición de especies de la comunidad de mariposas. En el caso de ellos, se hablaba de cómo pastos de diferente tipo habían colonizado el suelo del bosque en aquellas áreas cuyo dosel estaba muy abierto. Si revisamos los Cuadros 10 y 14 en la sección de análisis de composición, encontramos que numerosas especies vistas o capturadas en el interior de los bosques manejados del presente estudio, como *Cissia hesione*, *C. Metaleuca*, *Tarxetis andromeda* y *Chloreuptychia amaea* tienen como plantas hospederas a diversos géneros y especies de pastos. Estas especies no ocurrieron en el BLS. Como vemos, estos resultados son consecuentes con los obtenidos por Pollard *et al.* (1998), y nos permiten sugerir que las actividades de aprovechamiento adelantadas en los bosques estudiados, al generar cambios en la estructura y composición de la vegetación, lo hacen a su vez, sobre la comunidad de mariposas.

Es claro entonces, que las mariposas son sensibles a las actividades de aprovechamiento. Sin embargo, todo lo anterior demuestra la necesidad de, si se busca caracterizar plenamente la respuesta de las comunidades de cada bosque al aprovechamiento, hacer extensivo este tipo de estudios y que contemplen, sobre todo, llevar a cabo muestreos a nivel del dosel. Para ello, con base en los resultados obtenidos por

DeVries *et al.* (1997) en Ecuador, se hace interesante la idea de establecer un programa de seguimiento a largo plazo, en bosques que vayan a ser aprovechados. De esta forma se puede lograr hacer una caracterización más fiel y dinámica de la respuesta que la comunidad de especies de mariposas presenta.

Ello no significa que, en el presente estado del arte, no se pueda usar a las mariposas de sotobosque como indicadoras. Bien hemos caracterizado un patrón de cambio en la composición de los registros de acuerdo al tipo de bosque. En los bosques aprovechados, evaluados en el presente estudio, la fauna propia del interior del bosque se mantuvo y fue la más abundante. Vino a ser enriquecida por especies propias del dosel o de zonas abiertas que vinieron a representar una pequeña parte del total de individuos registrados por bosque. En el caso que en una serie de evaluaciones hechas en el sotobosque, las mariposas propias de éste disminuyan de manera marcada en proporción de individuos registrados respecto de las propias de zonas abiertas o del dosel de los bosques, se estarán detectando cambios estructurales y de composición serios dentro del bosque.

Para el caso de los escarabajos, si bien, el análisis de composición por especies no permite establecer un patrón definido de respuesta de las abundancias de las distintas especies a las actividades de manejo, aparentemente, la composición de la comunidad de scarabaeinae en los bosques manejados mantiene las especies “propias del bosque” y como en el caso de las mariposas, incorpora nuevas especies raras, no presentes en el bosque no intervenido. Ello hace que, en términos de similitud de composición, ambos bosques manejados sean los más cercanos entre sí.

Klein (1989) y Halfter *et al.* (1992), encontraron en bosques fragmentados en Manaos (Brasil) y en México, que el número de especies registradas al interior de los claros dentro del bosque es menor que el registrado en las áreas de bosque y que, en muchos casos, se presentan en estos, especies que se podría considerar “invasoras” (Halfter *et al.* 1992), con bajo número de individuos (especies “raras”). Con base en ello, se podría interpretar un elevado número de estas especies “raras” como el resultado de la existencia de numerosas áreas abiertas dentro del bosque bajo estudio siendo estas últimas uno de los disturbios característicos del aprovechamiento forestal. En la medida que los ambientes boscosos son sometidos a regímenes de disturbio mayores (p.e. niveles mayores de fragmentación, reducción del tamaño de área boscosa), las comunidades de Scarabaeinae, presentes en estos, tienden a tener un número mayor de especies “raras”, no propias de ambientes boscosos, con un número bajo de individuos (Klein 1989). Si asociamos esto con los patrones de riqueza encontrados, tenemos entonces, un indicio que, una comunidad de Scarabaeinae registrada al interior de un bosque bajo manejo, con un elevado número de especies “raras” no pertenecientes a la comunidad original, así sus características autoecológicas no se conozcan plenamente, estaría reflejando elevados niveles de disturbio (Klein 1989). En nuestro caso el

BM1 fue el que se sometió a un aprovechamiento más intensivo, con mayores de niveles de disturbio y a su vez fue el que mayor riqueza de especies presentó, seguido del BM2 y finalmente del BLS.

En pocas palabras, una distribución Rango-Abundancia que presente largas colas de especies “raras”, no pertenecientes a la comunidad original, al final, estará representando comunidades con elevados niveles de disturbio, los cuales serán mayores, en la medida que las colas sean más grandes.

No obstante la incorporación de esta serie de especies no presentes en el bosque control, en el análisis de composición no se halló un patrón de respuesta respecto de la abundancia de estas ni de sus características ecológicas, bien sea porque no lo hay o porque el nivel de información autoecológica sobre las especies es aún insuficiente (Cuadro 16). Esto hace difícil la interpretación de los resultados obtenidos respecto de la variación en la abundancia relativa de cada especie dentro de cada una de las comunidades estudiadas.

La gran mayoría de las especies registradas tanto en BLS como en los bosques manejados han sido asociadas al estiércol y carroña de numerosas especies de mamíferos propias de los ambientes boscosos de la zona de estudio (Cuadro 16). Ello hace pensar que estas especies de mamíferos siguen ocurriendo de manera regular en los bosques manejados (observaciones personales) y, si bien es difícil establecer en qué condiciones de conservación se encuentran sus comunidades, por lo menos es un buen indicio al respecto. Nummelin y Hanski (1989), reportan, para bosques manejados de Kibale en Uganda, que las especies de Scarabaeinae más abundantes registradas en los bosques por ellos evaluados, son, como en nuestro caso, comunes a tanto a bosques manejados como sin intervención. Indican además que, como se observó en el presente estudio, gran parte de los mamíferos propios de la zona usan ambos tipos de bosque. Concluyen por lo tanto, que las fuentes de alimento (estiércol) están disponibles en todos los bosques por ellos estudiados, conclusión a la que también nosotros podemos llegar.

Con base en lo anterior, se observa que la comunidad de Scarabaeinae si presenta variaciones en su composición y estructura como respuesta a las actividades de aprovechamiento en los bosques estudiados. Ello hace pensar en el gremio como una potencial herramienta de evaluación de la respuesta de las comunidades bióticas asociadas a ellas (p. e. mamíferos en general), a este tipo de disturbios. Sin embargo, la falta de información más detallada sobre los requerimientos de hábitat y autoecología en general de las especies encontradas hace difícil la interpretación a fondo de los resultados y pone de manifiesto la necesidad de profundizar en ese campo si se desea usar al gremio dentro de evaluaciones como las que plantea CIFOR. Sumado a ello, dado que las especies nuevas, no registradas en el BLS, presentes en los bosques manejados, son a su vez especies “raras” dentro de dichas comunidades, se hace evidente que es necesario, un esfuerzo muestral significativo para lograr su captura. Si bien no en términos de tiempo, por

lo menos en términos de número de transectos y trampas. Ello contribuye, a su vez, a hacer difícil el considerar a los Scarabaeinae como ideales para su uso en el marco de evaluaciones como las que plantea CIFOR.

## 6. Conclusiones y Recomendaciones

1. Los grupos estudiados en los tres bosques presentaron, en mayor o menor medida, respuestas estructurales y de composición de las comunidades de especies a las actividades de aprovechamiento forestal llevadas a cabo. A nivel de composición se detectaron variaciones que son consecuentes con los cambios que a nivel de estructura y composición de la vegetación presentan los bosques.
2. En el caso de las mariposas, se estableció aún sólo con base en el análisis de las especies más comúnmente capturadas u observadas, la tendencia a observar o capturar en el sotobosque de los bosques manejados, especies “propias” de dosel y/o de zonas abiertas. Esto puede ser indicativo de los cambios estructurales que sufre el bosque y que conducen al registro, al nivel del sotobosque, de mariposas propias del dosel o, de cambios tanto estructurales como de la composición vegetal que cubre el sotobosque y que trae consigo especies de mariposas que utilizan especies pioneras de las zonas abiertas por el aprovechamiento, como hospederas. Sin embargo, cabe aclarar que es difícil establecer si estas especies de mariposas que llegan a los bosques aprovechados son o no “propias”, especialistas de uno u otro ambiente tipo de ambiente puesto que en ocasiones adultos y larvas no presentan los mismos requerimientos de hábitat. Ello hace que cualquier interpretación categórica respecto de su ocurrencia o no en alguno de los bosques estudiados sea osada.
3. Con base en lo anterior se hace evidente que cualquiera de las causas debería ser debidamente documentada, para lo cual es ideal hacer estudios que den un seguimiento real de la dinámica de los bosques sometidos a aprovechamiento que contemplen muestreos a nivel del dosel del bosque y a lo largo de varios años. De esta manera, se estará caracterizando de forma más detallada la respuesta de la comunidad de mariposas y escarabajos a las actividades de aprovechamiento. Esto, con el fin de determinar el verdadero origen de las variaciones observadas en las especies registradas en los bosques manejados respecto del bosque control.
4. Pese a lo anterior, queda clara la relación de variación en el número de registros de especies propias de zonas abiertas y de dosel en los bosques manejados. A partir de ello, independientemente de cual sea el origen real, se sabe que está relacionado con el nivel de impacto del aprovechamiento al bosque y por consiguiente, es intuitivo que, entre mayor el impacto, mayor la proporción de especies propias de zonas abiertas y del dosel serán registradas al caminar por el sotobosque. Con esto, se puede establecer la base para el uso de la comunidad de mariposas de sotobosque como herramienta de evaluación del nivel de sostenibilidad que tiene el tipo de manejo que se le está dando al bosque.

5. Para el caso de los Scarabaeinae, es claro que los bosques manejados se muestran como los más ricos y diversos. El análisis de composición muestra que un amplio porcentaje de los individuos registrados en los tres bosques pertenecen a especies en común y que aquellas especies “raras” ocurren en los ambientes manejados. Estas especies, reducen en alguna medida la representatividad que respecto del resto de la comunidad tienen las especies comunes lo cual, puede significar un ciclaje de los actores dentro de la comunidad sin que ello afecte aún la estructura básica de ésta. Un bosque con una baja “dominancia” de las especies comunes, propias de éste, respecto del total de individuos registrados y con una larga cola de especies escasas en una distribución Rango-Abundancia, reflejaposiblemente elevados niveles de disturbio dentro de éste y probablemente cambios en la estructura y composición de la comunidad de vertebrados.
6. Con base en todo lo anterior, es claro que ambos grupos tienen las características y los patrones de respuesta necesarios para ser considerados a la hora de incluirlos como verificadores en el paquete que CIFOR se encuentra desarrollando.
7. Sumado a ello, es importante resaltar que cada grupo refleja aspectos diferentes de los bosques dado que las mariposas se relacionan con la vegetación y los escarabajos con las comunidades de fauna lo cual hace interesante evaluar ambas comunidades.
8. Sin embargo, en el caso de los Scarabaeinae, la obtención de la información necesariamente requiere de acudir a un especialista, sobre todo debido a que muchas de las especies colectadas, o no han sido descritas o, se encuentran en el proceso. Ello hace que no se cumpla con el requerimiento básico de CIFOR de no tener que acudir a especialistas. Sin embargo, de poderse acudir a ellos, si los medios logísticos y económicos lo permiten, se estará contando con una excelente herramienta de evaluación.
9. Es fundamental que a la hora de hacer uso de cualquiera de los dos grupos como verificadores se cuente con un marco de referencia. Preferiblemente este debe ser el mismo bosque a manejar previa intervención. Si no, contar con un bosque control. En el mejor de los casos contar con ambos. Esto, con el fin de contar con un marco de comparación real y congruente con las condiciones reales del medio en el que se trabaja y poder así, detectar las variaciones que se presenten y, a partir de los patrones observados, hacer interpretaciones respecto del tipo y calidad de manejo que se está dando al bosque y el impacto de éste sobre las comunidades de invertebrados y aquellas asociadas a ellos y, qué medidas se van a tomar al respecto. Esto constituye el mayor obstáculo que presenta la aplicabilidad de estos grupos como herramientas de evaluación en zonas como Centroamérica, donde los elevados niveles de fragmentación hacen difícil contar con un bosque control como lo fue para este estudio la Estación La Selva o, con bosques que previo el aprovechamiento no presenten un largo historial de disturbio. En el caso de las mariposas, al conocer más su autoecología y requerimientos de hábitat, se hace viable la posibilidad de establecer patrones de respuesta respecto de los niveles de disturbio

recibidos por uno u otro bosque. En el caso de las Scarabaeinae, dicha información está aún por generarse.

10. Hay que tener claro que el presente estudio apenas evaluó dos bosque manejados y una única área control. Ello hace difícil generalizar los resultados obtenidos hacia la totalidad de los bosques de la zona donde se llevó a cabo el trabajo de campo y mucho menos hacia Centroamérica en general. Este, apenas es un estudio de caso que involucró, además, bosques con una edad de aprovechamiento relativamente corta (4-5 años) a los cuales es ideal dar seguimiento a través del tiempo y complementar con otros bosques a fin de tener resultados más elocuentes y cercanos al proceso real que están viviendo las comunidades de invertebrados dentro de éstos. Sumado a ello, hay que tener en mente que el caso de Costa Rica es particular en la medida que usualmente, como en el caso de los bosques estudiados en el presente estudio, las unidades de manejo forestal hacia las que está orientada la iniciativa de CIFOR es la totalidad del bosque.
11. Por último, es básico que las evaluaciones adelantadas con ambos grupos vayan acompañadas por la valoración de otros indicadores que permitan realizar una mejor interpretación de los resultados y poder así emitir un juicio más real respecto las condiciones del bosque evaluado.

## 7. Bibliografía

- Anduaga, S.; Halffter, G. 1991. Escarabajos asociados a madrigueras de roedores (Coleóptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). *Folia Entomológica Mexicana* 81: 185-197.
- Beccaloni, G.W. 1997. Vertical stratification of ithomiinae butterfly (Nymphalidae: Ithomiinae) mimicry complexes: the relationship between adult flight height and larval host-plant height.. *Biological Journal of the Linnean Society* 62: 313-341.
- Boyle, T.J.; Lawes, B.; Manokaran, N.; Prabhu, R.; Ghazoul, J.; Sastrapradja, S.; Tchang, H.-C.; Dale, V.; Eeley, H.; Finegan, B.; Soberon, J.; Stork, N.E. 1998. Criteria and indicators for assessing the sustainability of forest management: a practical approach to assessment of biodiversity. Bogor, Indonesia, CIFOR. 26p.
- Brown, K.S.; Hutchings, R.W. 1997. Disturbance, fragmentation and the dynamics of diversity in amazonian forest butterflies. *In* Laurance, F.; Bierregaard, R.O. *Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities*. Chicago, The University of Chicago Press. p. 91-110.
- Bunnell, F.I.; Huggard, D.J. 1999. Biodiversity across spatial and temporal scales: problems and opportunities. *Forest Ecology and Management* 115: 113-126.
- Cambefort, Y.; Hanski, I. 1991. Dung beetle population biology. *In* Hanski, I.; Cambefort, Y. 1991. *Dung beetle ecology*. Princeton, New Jersey, Princeton University Press. 481p.
- Chazdon, R. L.; Colwell, R.K.; Denslow, J.S.; Guariguata, M.R. 1998. Statistical estimation of species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forests of NE Costa Rica. *In*: Dallmeier, F.; Comiskey, J.A. eds. *Forest biodiversity research, monitoring and modelling: Conceptual background and old world case studies*. Paris, Parthenon Publishing. p. 285-308. (Man and the Biosphere Series n°20)
- CIFOR. 1998. A generic template of criteria and indicators for sustainable forest management in commercially managed, natural, tropical moist forests. Bogor, Indonesia.
- Clark D.; Clark, D. 1999. Datos de parcelas Proyecto de Fijación de Carbono, Estación La Selva, Puerto Viejo, Sarapiquí, Costa Rica..
- Colwell, R.K.; Coddington, J.A.. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B)* 345: 101-118.
- Colwell, R.K. 1997. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 5. Users guide and application published at <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Daily, G.C.; Ehrellich, P.R. 1995. Preservation of biodiversity in small rainforest patches: rapid evaluations using butterfly trapping. *Biodiversity Conservation* 4: 35-55.



- Delgado, D.; Finegan, B.; Zamora, N.; Meir, P. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noroeste de Costa Rica: cambios en la riqueza y composición de la vegetación. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 38 p. (Serie técnica. Informe técnico N° 298)
- DeVries, P.J. 1987. The butterflies of Costa Rica and their natural history. n°1: Papilionidae-Pieridae-Nymphalidae. Princeton, Princeton University Press. 327p.
- DeVries, P.J. 1988. Stratification of fruit-feeding nymphalid butterflies in a Costa Rican rainforest. *Journal of Research of the Lepidoptera*. 26(1-4): 98-108.
- DeVries, P.J.; Murray, D.; Lande, R. 1997. Species diversity in vertical, horizontal, and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rainforest. *Biological Journal of the Linnaean Society* 62: 343-364.
- Escobar, F.; Medina, C.A. 1996. Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) de Colombia: estado actual de su conocimiento *In* Andrade, G.; Amat, G.; Fernández, F. *Insectos de Colombia*. Santafé de Bogotá. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. (Colección Jorge Alvarez Lleras. N° 10)
- Estrada, A.; Halffter, G.; Coates-Estrada, R.; Merit Jr, D.A.. 1993. Dung beetles attracted to mammalian herbivore (*Alouatta palliata*) and omnivore (*Nassua narica*) dung in the tropical rain forest of Los Tuxtlas. *Journal of Tropical Ecology* 9(1): 47-54.
- Favila, M.E; Halffter, G. 1997. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. *Acta Zoológica Mexicana* 72: 1-25.
- FUNDECOR. 1993. Plan de manejo de la finca propiedad de Antonio Tosi Bonilla. Puerto Viejo, Sarapiquí, Costa Rica, FUNDECOR
- FUNDECOR. 1994.a. Plan de tratamientos silviculturales, finca El Manú S.A. Puerto Viejo, Sarapiquí, Costa Rica, FUNDECOR
- FUNDECOR. 1994.b. Informes de regencia, finca El Manú S.A.. Puerto Viejo, Sarapiquí, Costa Rica, FUNDECOR.
- FUNDECOR. 1996.a. Informe de regencia finca Antonio Tosi Bonilla., Puerto Viejo, Sarapiquí, Costa Rica, FUNDECOR.
- FUNDECOR. 1996.b. Mapa de ubicación de fincas asociadas. Puerto Viejo, Sarapiquí, Costa Rica, FUNDECOR.
- FUNDECOR. 1999. Resultados de medición de parcelas permanentes. Información institucional. Puerto Viejo, Sarapiquí, Costa Rica, FUNDECOR
- Ghazoul, J. 1998. Methodologies for assesment of indicators identified by CIFOR Criteria and Indicators workshop. London, Imperial College, Center for Environmental Technology.
- Ghazoul, J. 1998 b. Impact of logging in a tropical dry forest in Thailand. I. Richness and diversity of forest butterflies. (En revisión).

- Guariguata, M.R. 1998. Consideraciones ecológicas sobre la regeneración natural aplicada al manejo Forestal. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 27 p. (Serie técnica. Informe técnico N° 304)
- Halffter, G.; Favila, M.E.; Halffter, V. 1992. A comparative study of the structure of the scarab guild in mexican tropical rain forest and derived ecosystems. *Folia Entomológica Mexicana* 84: 131-156.
- Halffter, G.; Favila, M.E. 1993. The scabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analysing, inventoring ang monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biology International* 27: 15-21.
- Hanski, I. 1991. The dung insect community. *In* Hanski, I.; Cambefort, Y. *Dung beetle ecology*. Princeton. Princeton University Press. 481p.
- Hanski, I.; Cambefort, Y. 1991. *Dung beetle ecology*. Princeton. Princeton University Press. 481p.
- Hartshorn, G.S.; Hammel, B.E. 1994. Vegetation and floristic patterns. *In* McDade, L.A.; Bawa, K.S.; Hespeneide, H.A.; Hartshorn, G.S. *La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest..* London. The University of Chicago Press. 486p.
- Heinrich, B; Bartholomew, G.A. 1979. The ecology of African dung beetle. *Scientific American* 241(5): 146-149, 151-154.
- Hill, J.C.; Hamer, K.C.; Lace, L.A.; Banham, M.T. 1995. Effects of selective logging on tropical forest butterflies on Buru, Indonesia. *Journal of Applied Ecology*. 32: 754-760.
- Hill, C.J. 1995. Linear strips of rain forest vegetation as potential dispersal corridors for rain forest insects. *Conservation Biology* 9(6): 1559-1566.
- Hill, J.K. 1999. Butterfly spatial distribution and habitat requirements in a tropical forest: impacts of selective logging. *Journal of Applied Ecology* 36: 564-572.
- Howden, H.F.; Young, O.P. 1991. Panamanian Scarabaeinae: taxonomy, distribution and habits (Coleoptera: Scarabaeinae). *Contributions of the American Entomological Institute*. 18 (1): 1-204.
- Kirk, A.A. 1992. Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) active in patchy forest and pasture habitats in Santa Cruz province, Bolivia, during spring. *Folia Entomológica Mexicana* 84: 45-54.
- Klein, B.C. 1989. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetles communities in central Amazonia. *Ecology* 70(6): 1715-1725.
- Krebs C.J. 1989. *Ecological methodology*. New york Harper and Row. p 328-370.
- Kremen, C. 1992. Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. *Ecological Applications* 2(2): 203-217.
- Kohlmann, B.; Sánchez Colón, S. 1984. Structure of a Scarabaeinae community: a numerical-behavioral study (Coleoptera: Scarabaeinae). *Acta zoológica mexicana (ns)* 2: 1-27.
- Leigh Jr, G.E. 1999. *Tropical Forest Ecology*. Oxford, Oxford University Press. ---p.

- Lindenmayer, D.B. 1999. Future directions for biodiversity conservation in managed forests: indicator species and monitoring programs. *Forest Ecology and Management* 115: 277-287.
- Lobo, J.M. 1992. Los escarbeidos: un grupo con posibilidades. Zapareti. *Revista Aragonesa de Entomología* 1(2): 73-78.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton. Princeton University Press. 179 p.
- Mankin, W.E. 1998. Defining sustainable forest management. *Tropical Forest Update (IITO)* 8(3): 3.
- Martin-Piera F.; Lobo, J.M. 1993. Altitudinal distribution patterns of copro-necrophage scarabaeoidea (Coleoptera) in Veracruz, Mexico. *The Coleopterist Bulletin* 47(4): 321-334.
- McDade L.A.; Hartshorn, G.S. 1994. La Selva Biological Station *In* McDade, L.A.; Bawa, K.S.; Hespeneide, H.A.; y Hratshorn, G.S. *La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest*. London. The University of Chicago p. 7-18.
- Medina, C.A.; Kattan, G.H. 1996. Diversidad de coleopteros coprófagos (Scarabaeinae) de la Reserva Forestal de Escalerete. *Cespedesia* 21(68): 89-102.
- Mittal, I.C. 1993. Natural manuring and soil conditioning by dung beetles. *Tropical Ecology* 34(2): 150-159.
- Montes de Oca, T.E.; Halffter, G. 1995. Daily seasonal activities of a guild of the coprophagous, burrowing beetle (Coleoptera Scarabaeidae Scarabaeinae) in tropical grassland. *Tropical Zoology* 8: 159-180.
- Naverrete, D. 1998. Estudio de la comunidad de pequeños roedores y mariposas en un bosque tropical manejado para producción de madera y sus implicaciones para el monitoreo de la biodiversidad. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 99p.
- Nummelin, M.; Hanski, I. 1989. Dung beetles of the Kibale Forest, Uganda; comparison between virgin and managed forests. *Journal of Tropical Ecology* 5: 349-352.
- Obando, G. 1999. Patrones de manejo de fincas asociadas. Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, FUNDECOR. (Comunicación personal)
- Parker, G. 1994. Soil fertility, nutrient acquisition, and nutrient cycling. *In* McDade, L.A.; Bawa, K.S.; Hespeneide, H.A.; Hratshorn, G.S. *La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest*. London. The University of Chicago.p 34-53.
- Peck, S.B.; Howden, F. 1984. Responses of a dung beetle guild to different sizes of dung bait in a Panamanian rainforest. *Biotrópica* 16(3): 235-238.
- Peterson, M.A. 1997. Host plant phenology and butterfly dispersal: causes and consequences of uphill movement. *Ecology* 78(1): 167-180.

- Pollard, E.; Woiwod, I.P.; Greatorex-Davies, J.N.; Yates, T.J.; Welch, R.C. 1998. The spread of coarse grasses and changes in numbers of lepidoptera in a woodland nature reserve. *Biological conservation* 84: 17-24.
- Pollard, E. 1977. A method for assessing changes in the abundance of butterflies. *Biological Conservation* 12: 115-134.
- Pollard, E.; Yates, T.J. 1993. *Monitoring butterflies for ecology and conservation: The british monitoring scheme*. Chapman and Hall. --p.(Conservation Biology series)
- Prabhu, R.; Colfer, C.J.P.; Venkateswarlu, P.; Cheng Tan, L.; Soekmadi, R.; Wollenberg, E. 1996. Testing criteria and indicators for the sustainable management of forests: phase 1 final report. Bogor, Indonesia. CIFOR. 217 p.
- Soberón, J.M.; Llorente, J.B. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation biology* 7(3):480-488.
- Solis, A. 1993. Los Scarabaeinae de la Estación Biológica La Selva.(Información no publicada).
- Spitzer, K.; Jaros, J.; Havelka, J.; Leps, J. 1997. Effect of small scale disturbance on butterfly communities of an indochinese montane rain forest. *Biological Conservation* 80: 9-15.
- Stork, N.E.; Boyle, T.J.B.; Dale, V.; Eeley, H.; Finegan, B; Lawes, M.; Manokaran, N.; Prabhu, R.; Soberon, J. 1997. Criteria and indicators for assessing the sustainability of forest management: conservation of biodiversity. Documento de trabajo. Bogor, Indonesia, CIFOR. 29 p.
- Terrón, R.A.; Anduaga, S.; Morón, M.A. 1991. Análisis de la Coleopterofauna necrófila de la Reserva de la Biósfera "la Michila" Durango, México. *Folia Entomológica Mexicana* 81: 315-324.
- Thomas, C.D. 1991. Habitat use and geographic ranges of butterflies from the wet lowlands of Costa Rica. *Biological Conservation* 55: 269-281.
- Turner, J.R.G. 1971. Home-Range behavior in *Heliconius erato*. *Biotropica* 3(1): 21-31
- Wijewardana, D. 1998. Criteria and indicators for sustainable forest management. *Tropical Forest Update (IITO)* 8(3): 4-6.

# ANEXOS

ANEXO 1.

Tipos de indicadores y de verificadores ecológicos primarios y secundarios propuestos por CIFOR (Fuente: Stork *et al.*, 1997).

| Indicadores   | Primarios   | Secundarios   |
|---|---|---|
| Se mantienen patrones del paisaje                                       | V1.1.1. Extensión aérea de cada uno de los tipos de vegetación<br>V1.1.2. Número de parches por unidad de área.<br>V1.2.2. Tamaño de parches más grande en cada uno de los tipos de vegetación<br>V1.2.3. Tamaño del parche por área promedio<br>V1.2.4. Contagio<br>V1.2.5. Dominancia<br>V1.2.6. Dimensión fractal<br>V1.3.1. Distancia promedio entre dos parches del mismo tipo de cobertura<br>V1.3.2. Índice de percolación |   |
| Cambios en la diversidad del hábitat dentro de límites críticos.        | V2.1.1. Estructura vertical<br>V2.1.2. Distribuciones por tamaño de clase<br>V2.1.3. Abundancia relativa por clase de tamaño de las hojas.<br>V2.1.4. Frecuencia de claros/fase de regeneración del bosque.<br>V2.1.5. Apertura del dosel.<br>V2.2.1. Maderas muertas en pie y derribadas<br>V2.2.2. Otros elementos estructurales  |   |
| Estructura de asociación comunitaria no muestran cambios significativos | V3.1.1. La abundancia relativa de especies de árboles en diferentes gremios<br>V 3.1.2. La abundancia de gremios de aves<br>V3.2.1. La abundancia de nidos de abejas sociales   | V3.2.2. Sucesos de polinización en especies de plantas clave<br>V3.2.3. Intensidad de fruteo por murciélagos polinizadores<br>V3.2.4. La abundancia/actividad de mamíferos frugívoros terrestres. |
| Indicador: La riqueza/diversidad no muestra cambios significativos.     | V4.1.1 Riqueza de especies reportados por pobladores locales.<br>V4.1.2. Número de diferentes llamados de aves.<br>4.1.3. <b>Números de grandes especies de mariposas.</b><br>V4.1.4. Número de especies en los   |   |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | mercados locales.<br>V4.1.5. Número de tipos de hojas en la hojarasca.   | V4.1.6. Listados compilados por expertos reconocidos.<br>V4.2.1. Cambios temporales en la riqueza de especies<br>V4.2.2. Series de tiempo de bosques maduros/ secundario en radio de especies<br>V4.1.3. Series de tiempo de diversidades $\alpha$ y $\beta$ . |
| Tamaños poblacionales/estructuras que no muestren cambios significativos.      | V5.1.1. Mediciones del tamaño de la población de especies seleccionadas.<br>V5.2.1. Estructura de edades o de tamaños.   | V5.1.2. Series temporales de relativas estimación del tamaño poblacional.<br>V5.2.2. Tablas de vida y sus estadísticas.<br>5.3.1. Estructura espacial de poblaciones   |
| Descomposición y el ciclaje de nutrientes no muestra cambios significativos.   | V6.1.1. Diámetro y altura/longitud de toda la madera en pie y la madera muerta.<br>V6.1.2. Estado de la madera muerta en descomposición<br>V6.1.3. Abundancia de residuos<br>V6.1.4. Profundidad de la hojarasca y gradiente de descomposición<br>V6.1.5. Abundancia de los organismos de la descomposición.<br>V6.1.6. Bolsas de hojas<br>V6.2.1. Frecuencia de N-fijado en plantas<br>V6.2.2. Conductividad del suelo y el pH<br>V6.2.3. Niveles de nutrientes en el suelo |  |
| No hay ningún cambio significativo en la cantidad y calidad del agua capturada | V7.1.1. Abundancia/diversidad de organismos acuáticos.<br>V7.1.3. Bolsas de hojas.<br>V7.2.1. Flujo de Arroyos.  | V7.1.2. Composición química de arroyos   |

ANEXO 2.

Abundancia y Area Basal por ha de la vegetación en cada uno de los bosques estudiados

|                         |      | Clase Diamétrica |           |           |           |           |           |           |       |        |
|-------------------------|------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|--------|
| Bosque                  |      | 10 - 19.9        | 20 - 29.9 | 30 - 39.9 | 40 - 49.9 | 50 - 59.9 | 60 - 69.9 | 70 - 79.9 | 80 +  | TOTAL  |
| Abundancia<br>(Inds/ha) | BLS  | 452.1            | 95.4      | 35.4      | 29.2      | 15.8      | 7.5       | 3.3       | 2.1   | 640.8  |
|                         | BM1) | 255.8            | 63.3      | 33.3      | 23.3      | 14.2      | 6.7       | 5.8       | 2.5   | 404.9  |
|                         | BM2  | 340              | 84        | 49        | 23        | 23        | 11        | 2         | 2     | 534    |
| Area Basal<br>(m2/ha)   | BLS  | 7.124            | 4.447     | 3.34      | 4.532     | 3.719     | 2.386     | 1.431     | 1.427 | 28.406 |
|                         | BM1  | 3.905            | 3.125     | 3.179     | 3.609     | 3.342     | 2.233     | 2.577     | 1.509 | 23.479 |
|                         | BM2  | 5.451            | 3.946     | 4.734     | 3.53      | 5.358     | 3.463     | 0.799     | 1.179 | 28.46  |

Datos BLS: Proporcionados por Clark & Clark 1999.

Datos BM1 y BM2: Proporcionados por FUNDECOR 1999.



## ANEXO 3.

## Listado de mariposas vistas en las evaluaciones a lo largo de los transectos en cada bosque evaluado.

| ESPECIE                               | BM1 | BLS | BM2 | TOTAL |
|---------------------------------------|-----|-----|-----|-------|
| <i>Adelpha cytherea marcia</i>        | 17  | 0   | 8   | 25    |
| <i>Adelpha diodes</i>                 | 1   | 0   | 1   | 2     |
| <i>Anartia fatima</i>                 | 1   | 0   | 0   | 1     |
| <i>Antirrhoea multiaes</i>            | 6   | 11  | 3   | 20    |
| <i>Appias drusilla</i>                | 0   | 0   | 6   | 6     |
| <i>Caligo atreus diorysos</i>         | 2   | 3   | 1   | 6     |
| <i>Caligo eurilochus sularius</i>     | 1   | 1   | 0   | 2     |
| <i>Caligo illioneus oberon</i>        | 0   | 1   | 1   | 2     |
| <i>Callithornia hezia hezia</i>       | 0   | 0   | 1   | 1     |
| <i>Catenophloe orites</i>             | 1   | 0   | 5   | 6     |
| <i>Catoblepia orgetorix championi</i> | 2   | 1   | 0   | 3     |
| <i>Ceratinia tutia dorilla</i>        | 2   | 0   | 0   | 2     |
| <i>Cissia agnata</i>                  | 0   | 0   | 2   | 2     |
| <i>Cissia confusa</i>                 | 2   | 10  | 5   | 17    |
| <i>Cissia hesione</i>                 | 4   | 0   | 0   | 4     |
| <i>Cissia libye</i>                   | 0   | 0   | 1   | 1     |
| <i>Cissia metaleuca</i>               | 5   | 0   | 9   | 14    |
| <i>Cissia sp</i>                      | 7   | 4   | 6   | 17    |
| <i>Cithaerias menander</i>            | 13  | 56  | 57  | 126   |
| <i>Chloreuptychia amaea</i>           | 6   | 0   | 22  | 28    |
| <i>Dismorphia amphiona praxinoe</i>   | 0   | 0   | 2   | 2     |
| <i>Doxocopa clothilda</i>             | 0   | 1   | 0   | 1     |
| <i>Dryas iulia</i>                    | 5   | 0   | 0   | 5     |
| <i>Dulcedo polita</i>                 | 52  | 82  | 29  | 163   |
| <i>Eresia sp</i>                      | 1   | 0   | 0   | 1     |
| <i>Eueides aliphera</i>               | 2   | 0   | 0   | 2     |
| <i>Eueides hybia libioides</i>        | 0   | 1   | 0   | 1     |
| <i>Eueides hybia olympia</i>          | 4   | 2   | 0   | 6     |
| <i>Euptychia sp</i>                   | 7   | 0   | 0   | 7     |
| <i>Eurema sp</i>                      | 0   | 1   | 13  | 14    |
| <i>Eurytides brandus</i>              | 1   | 0   | 0   | 1     |
| <i>Godyris zaxalata sorites</i>       | 2   | 1   | 0   | 3     |
| <i>Harnadryas laodamia saurites</i>   | 1   | 0   | 0   | 1     |
| <i>Heliconius cybno</i>               | 99  | 73  | 204 | 376   |
| <i>Heliconius doris</i>               | 9   | 0   | 0   | 9     |
| <i>Heliconius hecale zuleika</i>      | 1   | 0   | 0   | 1     |
| <i>Heliconius sapho leuce</i>         | 1   | 0   | 0   | 1     |
| <i>Ithornia patilla</i>               | 0   | 5   | 0   | 5     |
| <i>Hypocada virginiana evarides</i>   | 6   | 9   | 13  | 28    |
| <i>Hypothyris euclea valora</i>       | 14  | 20  | 206 | 240   |
| <i>Ithornia bolivari</i>              | 1   | 0   | 0   | 1     |
| <i>Lycorea cloebaea atergates</i>     | 6   | 4   | 10  | 20    |
| <i>Lycorea sp</i>                     | 0   | 0   | 1   | 1     |

|  |            |            |             |             |
|--|------------|------------|-------------|-------------|
| <i>Marpesia merops</i>                 | 0          | 1          | 6           | 7           |
| <i>Marpesia sp</i>                     | 1          | 1          | 4           | 6           |
| <i>Mechanitis polymnia isthmia</i>     | 2          | 0          | 0           | 2           |
| <i>Melete florinda</i>                 | 0          | 0          | 2           | 2           |
| <i>Melinaea ethra lilis</i>            | 3          | 1          | 9           | 13          |
| <i>Memphis sp</i>                      | 0          | 1          | 0           | 1           |
| <i>Morpho amatbonte</i>                | 1          | 4          | 0           | 5           |
| <i>Morpho granadensis polybaptus</i>   | 11         | 18         | 23          | 52          |
| <i>Morpho peleides limpida</i>         | 2          | 2          | 11          | 15          |
| <i>Morpho sp</i>                       | 0          | 1          | 0           | 1           |
| <i>Napeogenes peredia benistica</i>    | 0          | 2          | 0           | 2           |
| <i>Nessaea aglaura aglaura</i>         | 7          | 2          | 6           | 15          |
| <i>Oleira paula</i>                    | 20         | 16         | 67          | 103         |
| <i>Papilio thoas nealces</i>           | 1          | 0          | 0           | 1           |
| <i>Parides arcas mylotes</i>           | 4          | 5          | 5           | 14          |
| <i>Parides childrenae childrenae</i>   | 24         | 16         | 14          | 54          |
| <i>Parides erithalion</i>              | 1          | 0          | 7           | 8           |
| <i>Parides iphidamas iphidamas</i>     | 10         | 3          | 22          | 35          |
| <i>Parides lycimenes lycimenes</i>     | 0          | 0          | 3           | 3           |
| <i>Perrhybris hypera</i>               | 5          | 6          | 64          | 75          |
| <i>Philaetria dido</i>                 | 10         | 3          | 13          | 26          |
| <i>Phoebis argante</i>                 | 4          | 1          | 22          | 27          |
| <i>Phoebis sp</i>                      | 22         | 2          | 39          | 63          |
| <i>Pierella behvetia incanescens</i>   | 121        | 86         | 122         | 329         |
| <i>Pierella luna luna</i>              | 1          | 0          | 0           | 1           |
| <i>Scada zibia xanthina</i>            | 6          | 11         | 11          | 28          |
| <i>Taygetis andromeda</i>              | 5          | 0          | 0           | 5           |
| <i>Taygetis virgilia rufomarginata</i> | 0          | 3          | 0           | 3           |
| <i>Tigridia acesta</i>                 | 5          | 1          | 1           | 7           |
| <i>Zaretis ellops</i>                  | 0          | 0          | 1           | 1           |
| <b>TOTAL</b>                           | <b>548</b> | <b>472</b> | <b>1058</b> | <b>2078</b> |

ANEXO 4.

Listado de mariposas capturadas en trampas en cada bosque evaluado.

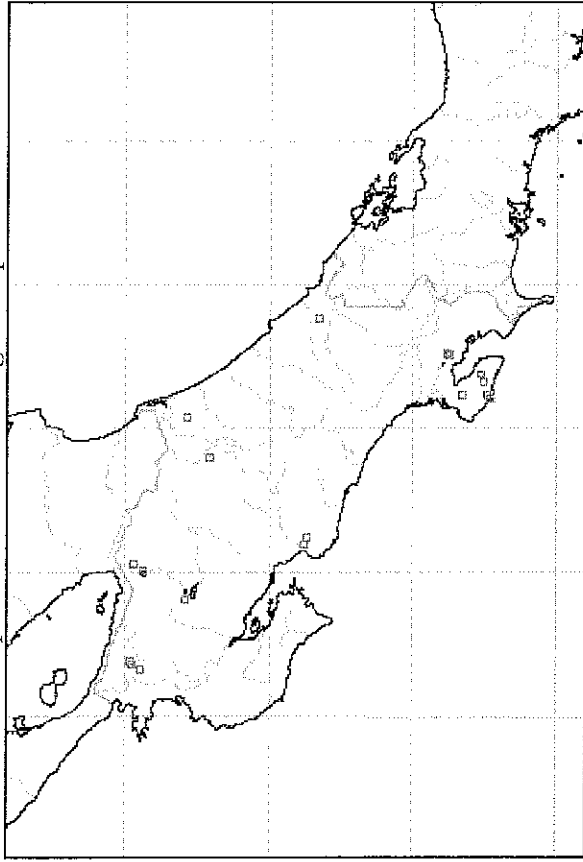
| ESPECIE                                 | BM1       | BLS       | BM2       | TOTAL      |
|---|-----------|-----------|-----------|------------|
| <i>Adelpha cytherea marcia</i>          | 1         | 0         | 0         | 1          |
| <i>Adelpha diocles</i>                  | 1         | 0         | 0         | 1          |
| <i>Antirrhoea multiades</i>             | 0         | 3         | 1         | 4          |
| <i>Archaeoprepona demophon centrali</i> | 0         | 2         | 3         | 5          |
| <i>Caerois gerdmudtus</i>               | 0         | 1         | 0         | 1          |
| <i>Caligo atreus diorysos</i>           | 1         | 3         | 4         | 7          |
| <i>Caligo eurilochus sularus</i>        | 1         | 0         | 1         | 2          |
| <i>Caligo illioneus oberon</i>          | 0         | 2         | 0         | 2          |
| <i>Catenopbele orites</i>               | 0         | 0         | 2         | 2          |
| <i>Catoblepia orgetorix championi</i>   | 1         | 3         | 0         | 4          |
| <i>Cissia confusa</i>                   | 2         | 0         | 0         | 2          |
| <i>Cissia hesione</i>                   | 0         | 0         | 1         | 1          |
| <i>Cissia metaleuca</i>                 | 0         | 0         | 1         | 1          |
| <i>Cithaerias menander</i>              | 0         | 9         | 7         | 16         |
| <i>Chloreuptychia arnaea</i>            | 1         | 0         | 0         | 1          |
| <i>Dulceto polita</i>                   | 8         | 6         | 2         | 16         |
| <i>Hamadryas arinome ariensis</i>       | 1         | 0         | 0         | 1          |
| <i>Hypothyris euclea valora</i>         | 0         | 0         | 2         | 2          |
| <i>Morpho amatbonte</i>                 | 0         | 1         | 0         | 1          |
| <i>Morpho granadensis polybaptus</i>    | 1         | 2         | 2         | 5          |
| <i>Morpho peleides limpida</i>          | 1         | 0         | 0         | 1          |
| <i>Nessaea aglaura aglaura</i>          | 6         | 5         | 7         | 18         |
| <i>Pierella hebetia incanescens</i>     | 6         | 1         | 2         | 9          |
| <i>Taygetis andromeda</i>               | 12        | 0         | 1         | 13         |
| <i>Taygetis salvini</i>                 | 0         | 1         | 0         | 1          |
| <i>Tigridia aesta</i>                   | 1         | 0         | 12        | 13         |
| <b>TOTAL</b>                            | <b>44</b> | <b>39</b> | <b>48</b> | <b>131</b> |

## ANEXO 5.

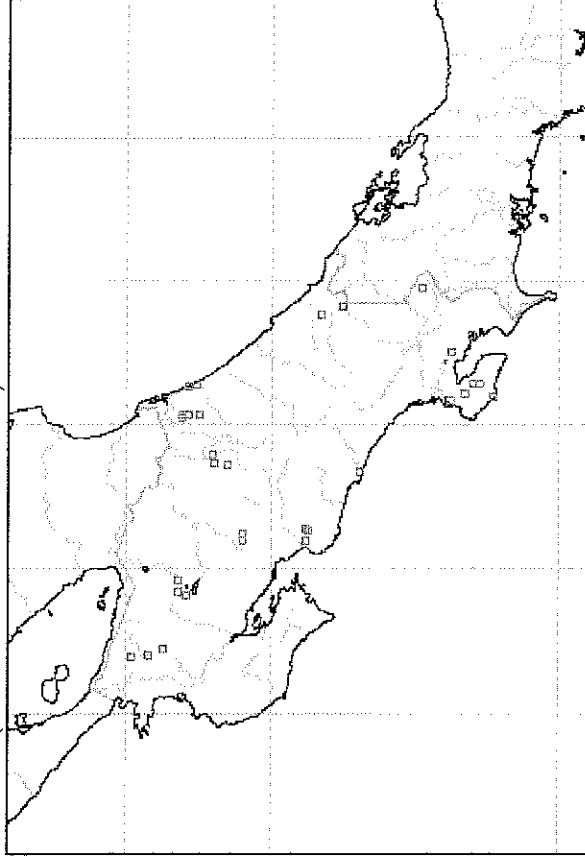
## Listado de especies de Scarabaeinae colectadas por tipo de bosque.

| ESPECIE                           | BM1        | BLS        | BM2        |
|-----------------------------------|------------|------------|------------|
| <i>Canthidium angusticeps</i>     | 21         | 81         | 39         |
| <i>Canthidium centrale</i>        | 2          | 0          | 5          |
| <i>Canthidium vespertinum</i>     | 1          | 0          | 0          |
| <i>Canthon aequinoctialis</i>     | 58         | 12         | 151        |
| <i>Canthidium haroldi</i>         | 0          | 1          | 0          |
| <i>Copris incertus</i>            | 1          | 6          | 0          |
| <i>Coprophanæus morenoi</i>       | 1          | 4          | 6          |
| <i>Deltochilum gibbosum</i>       | 1          | 0          | 0          |
| <i>Deltochilum pseudoparile</i>   | 4          | 0          | 0          |
| <i>Dichotomius favi</i>           | 3          | 0          | 5          |
| <i>Dichotomius satanas</i>        | 28         | 2          | 29         |
| <i>Eurystemus foedus</i>          | 0          | 0          | 1          |
| <i>Eurystemus mexicanus</i>       | 0          | 0          | 1          |
| <i>Eurystemus plebejus</i>        | 16         | 6          | 1          |
| <i>Ontherus sextituberculatus</i> | 0          | 0          | 29         |
| <i>Onthophagus acuminatus</i>     | 37         | 5          | 12         |
| <i>Onthophagus cryptodicranus</i> | 0          | 1          | 0          |
| <i>Onthophagus limonensis</i>     | 5          | 24         | 6          |
| <i>Onthophagus nemorricagus</i>   | 1          | 3          | 0          |
| <i>Onthophagus myctopus</i>       | 4          | 3          | 3          |
| <i>Onthophagus sp1</i>            | 1          | 0          | 0          |
| <i>Onthophagus sp2</i>            | 0          | 0          | 1          |
| <i>Onthophagus sp3</i>            | 0          | 0          | 1          |
| <i>Pedariidum pilosum</i>         | 12         | 0          | 2          |
| <i>Phanaeus beltianus</i>         | 1          | 0          | 0          |
| <i>Scatinus erimios</i>           | 8          | 0          | 17         |
| <i>Uroxis sp</i>                  | 12         | 0          | 18         |
| <i>scatinus oratus</i>            | 2          | 17         | 1          |
| <b>TOTAL</b>                      | <b>219</b> | <b>165</b> | <b>328</b> |

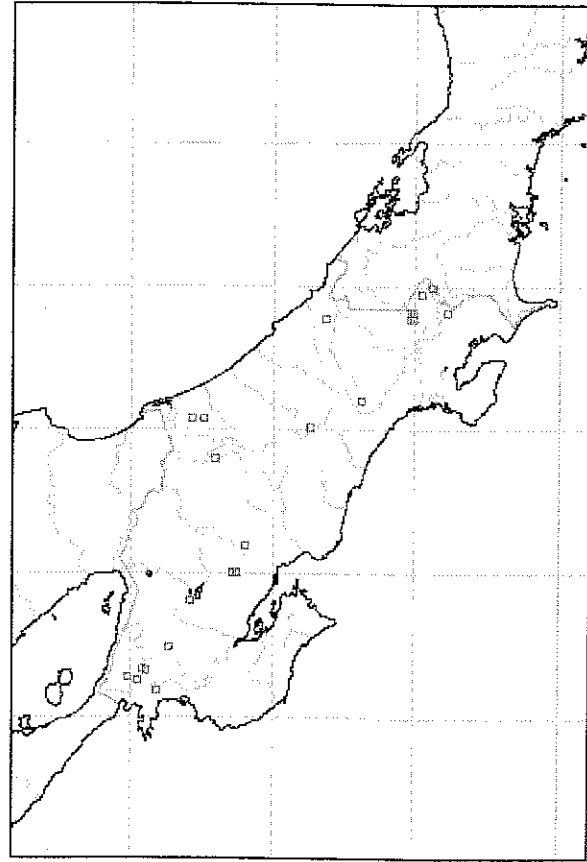
ANEXO 6 . Mapas de distribución de algunas especies de Scarabaeinae en Costa Rica ([www.INBio.ac.cr/bims](http://www.INBio.ac.cr/bims) 1999)



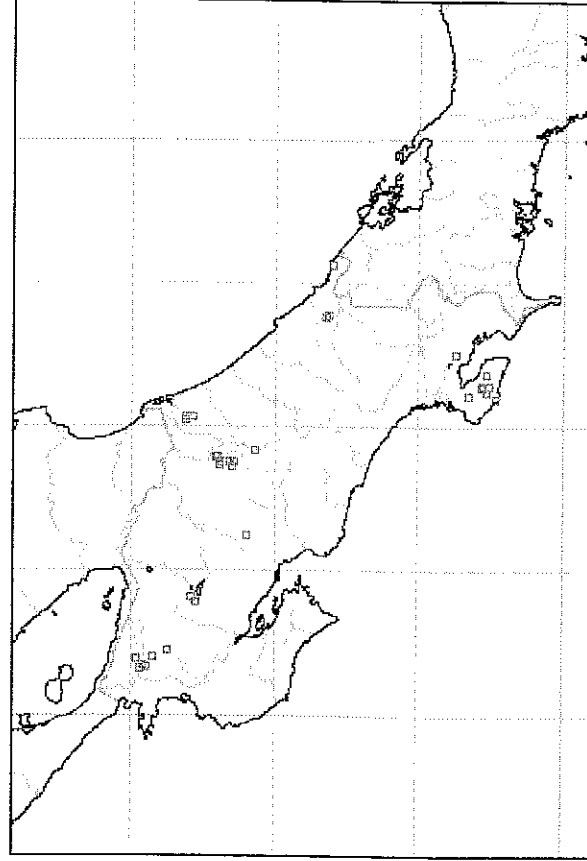
*Canthidium angusticeps*



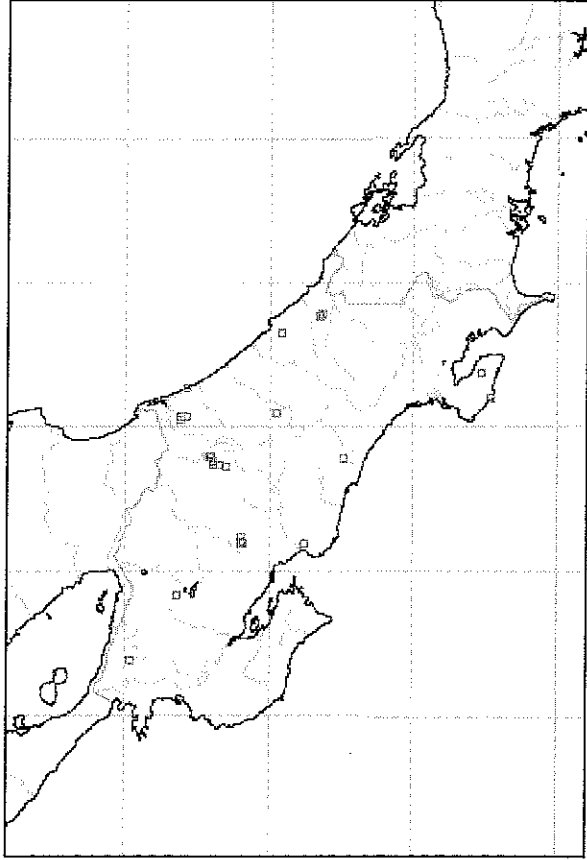
*Canthidium centrale*



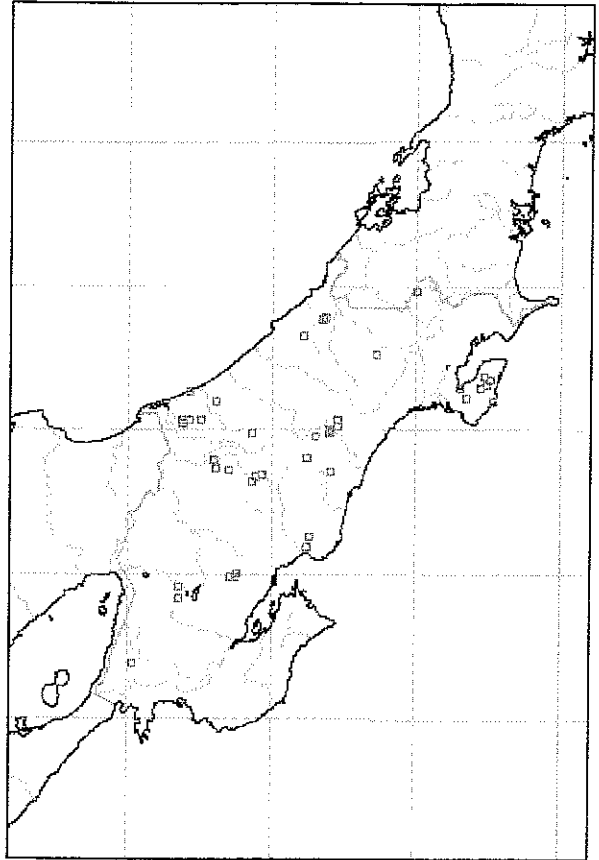
*Canthidium vespertinum*



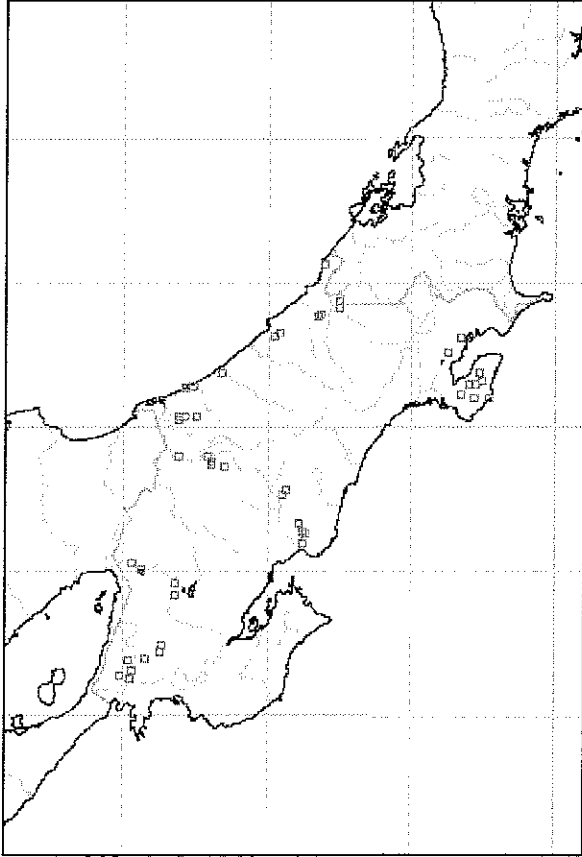
*Canthidium haroldi*



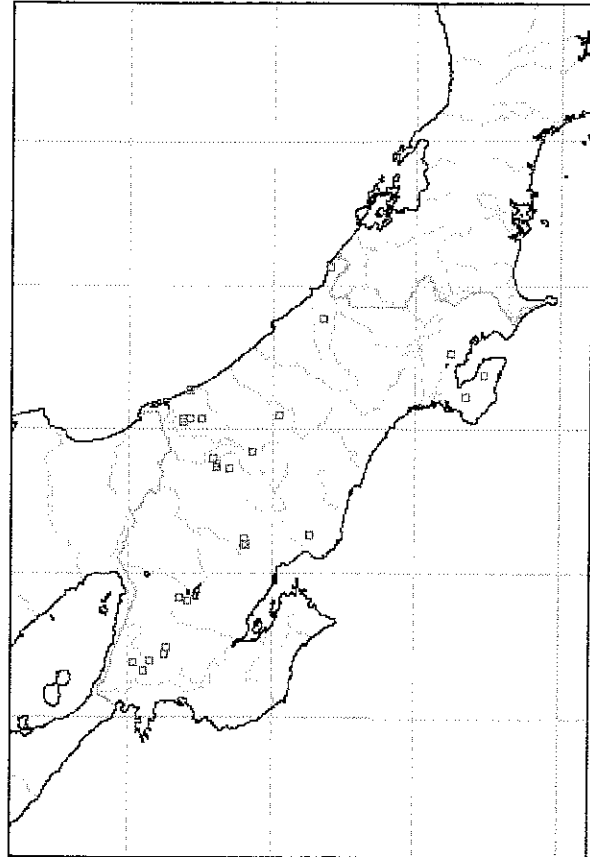
*Copris incertus*



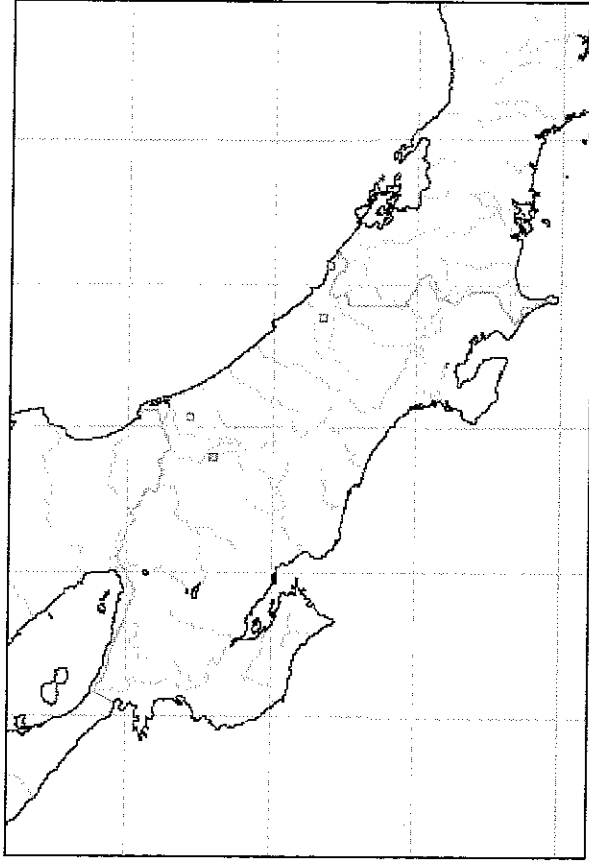
*Deltochilum gibbosum*



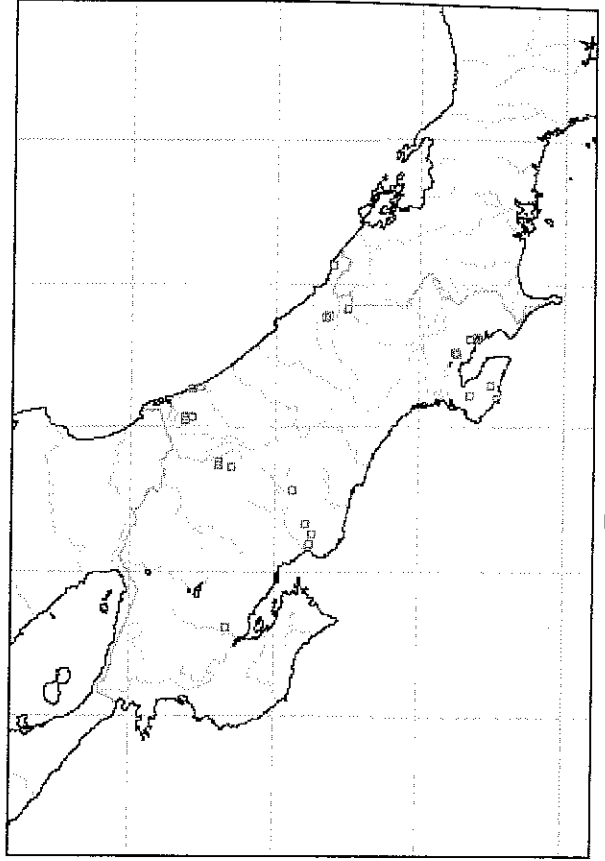
*Canthon aequinoctialis*



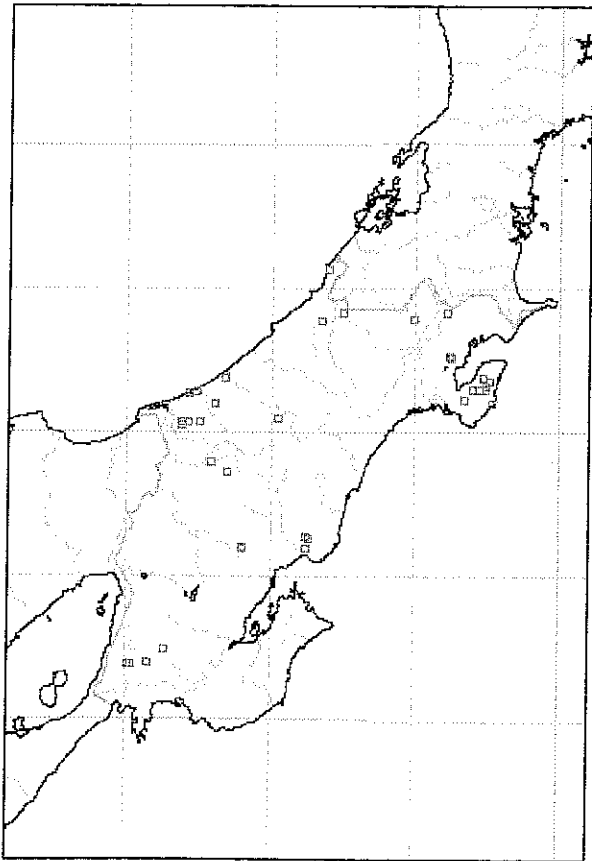
*Coprophanaeus morenoi*



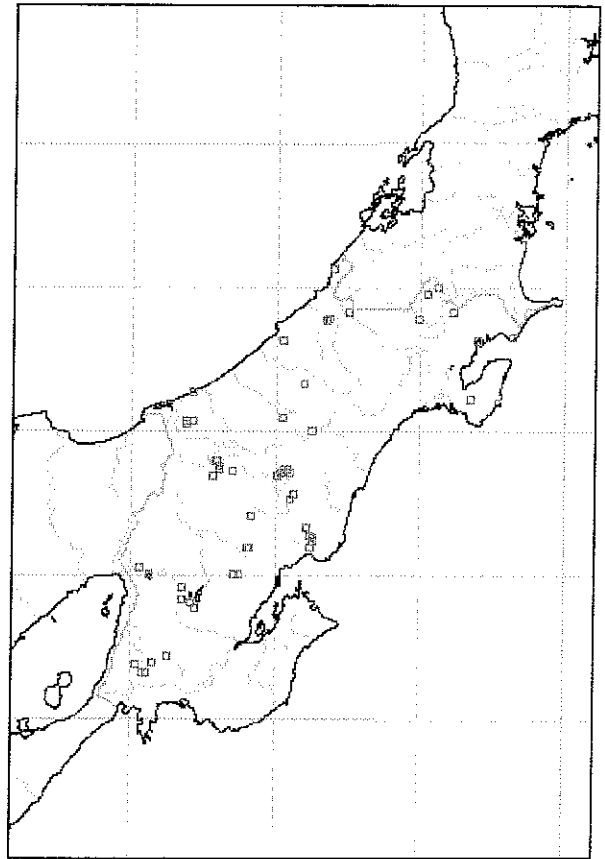
*Dichotomus favi*



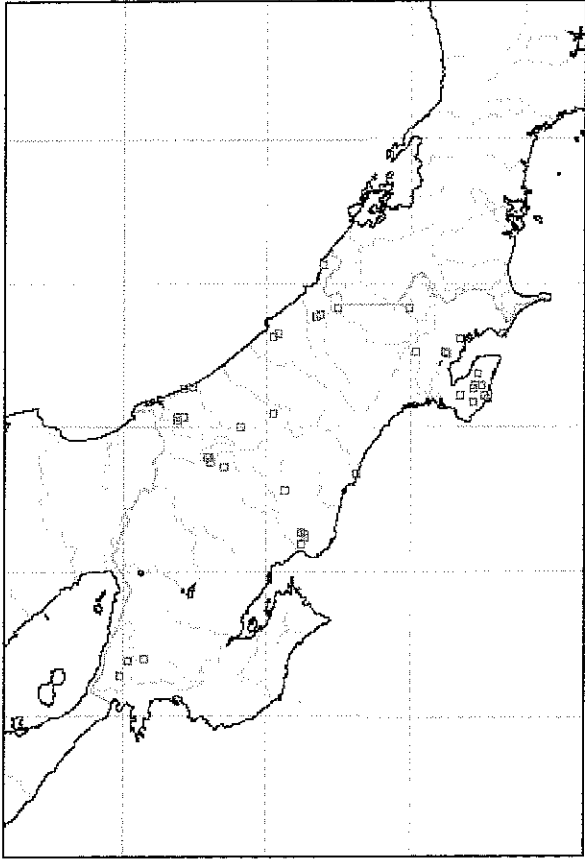
*Emryssternus foedus*



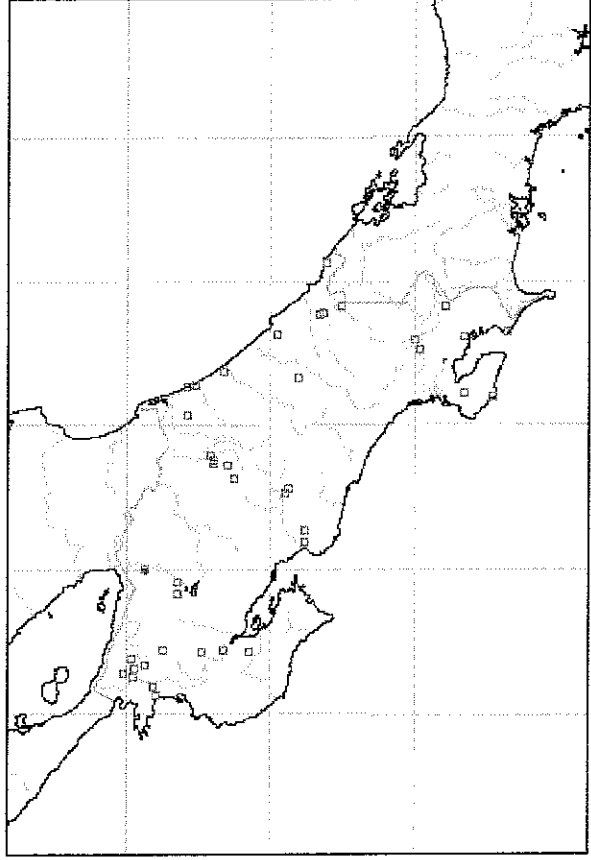
*Deltochilum pseudoparile*



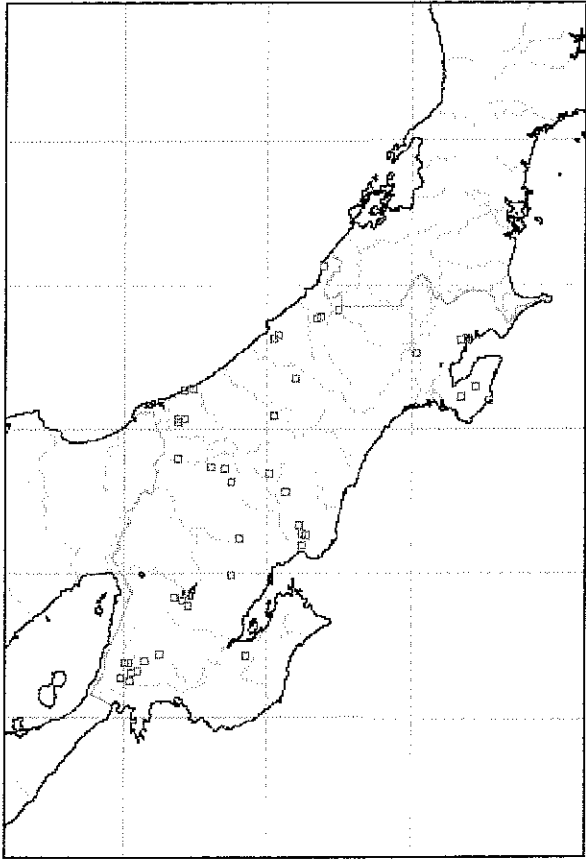
*Dichotomus satanas*



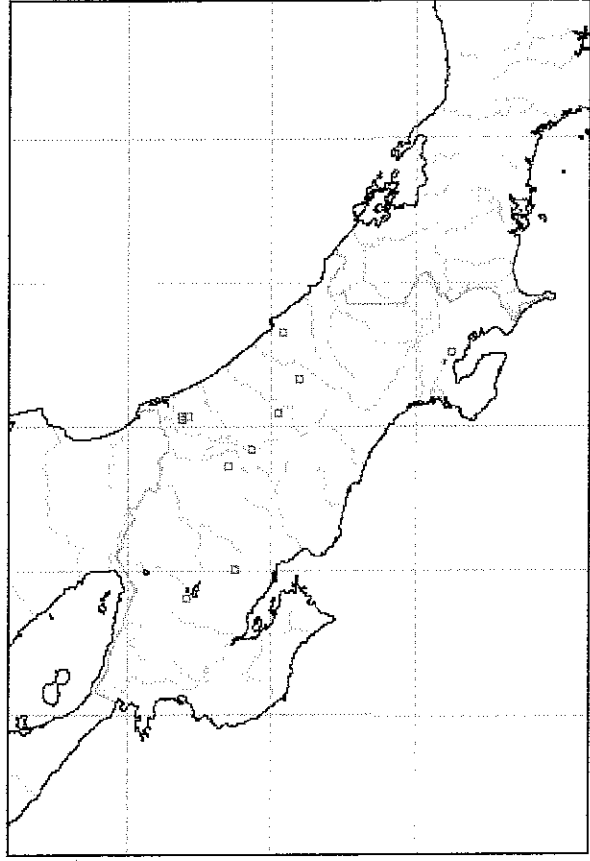
*Eurystermus plebejus*



*Onthophagus acuminatus*

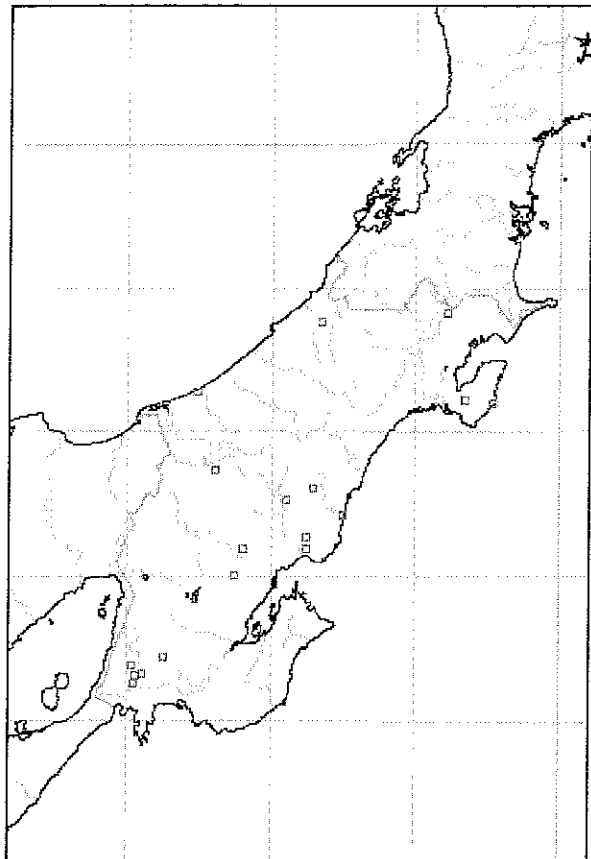


*Eurystermus mexicanus*

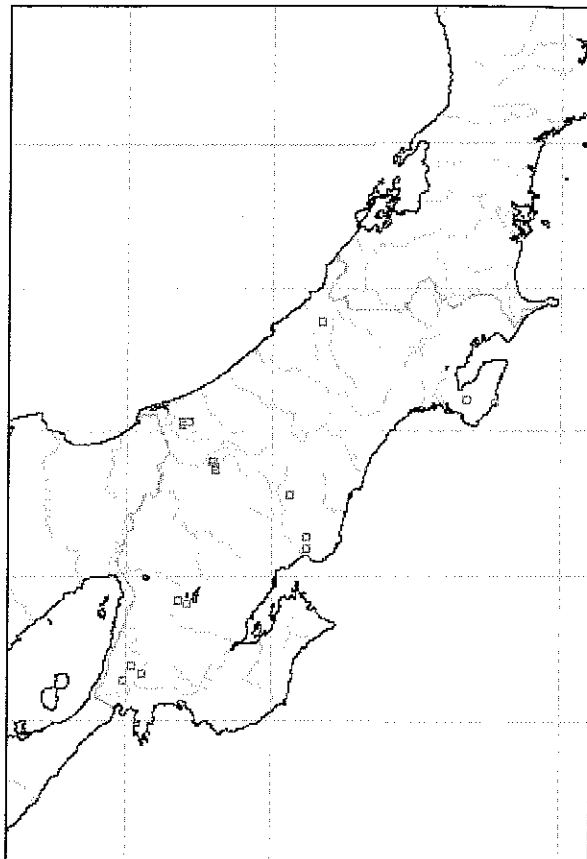


*Ontherus sextuberculatus*

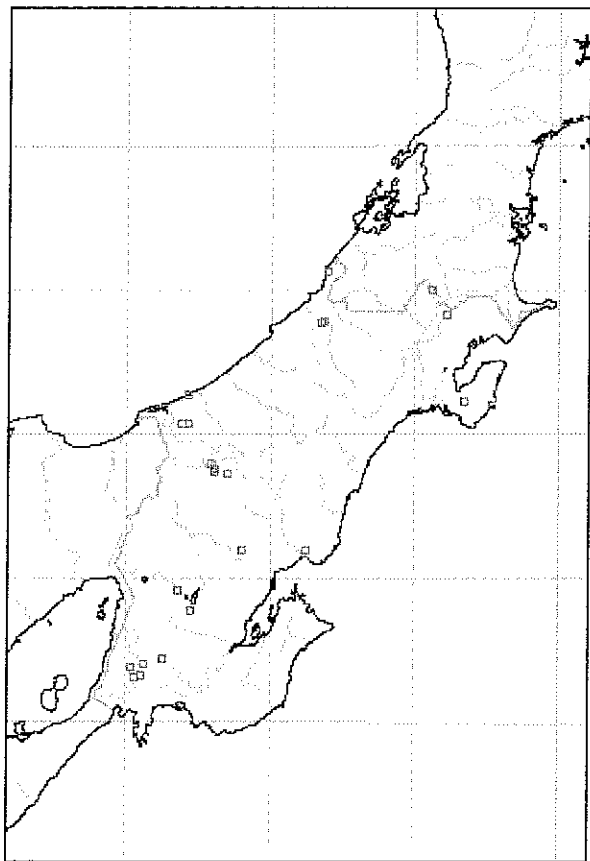




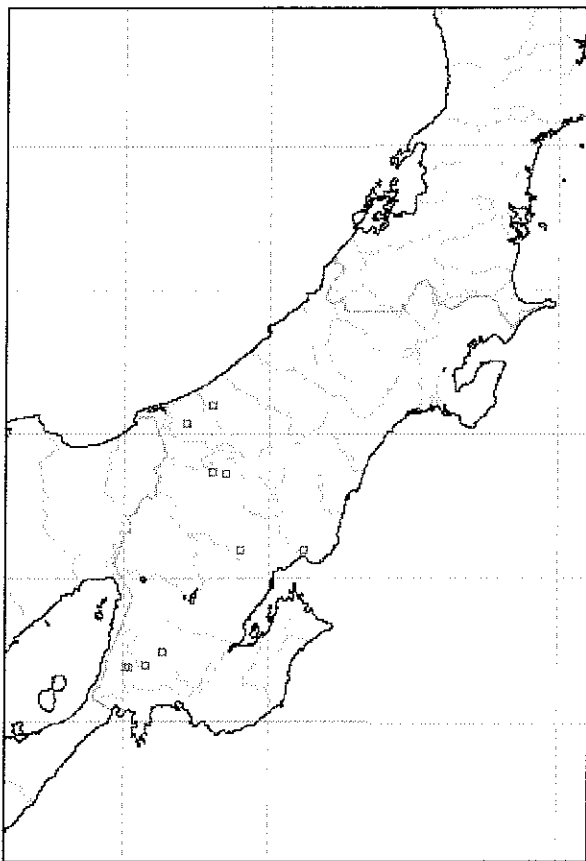
*Pedaridium pilosum*



*Scatimus ovatus*



*Onthophagus nyctopus*



*Phanaeus bellicus*

## ANEXO 7.

### Modelos Paramétricos de Estimación de Riqueza (Fuente: Soberón & Llorente 1993)

#### 1. Modelo de Clench

$$S = \frac{at}{(1 + bt)}$$

donde:

S= Riqueza estimada

t= Esfuerzo muestral

a= Riqueza estimada en el punto t = 0

b= Pendiente inicial de la curva

Asíntota: a/b

#### 2. Modelo Exponencial

$$S = ab(1 - e^{-bt})$$

donde:

S= Riqueza estimada

t= Esfuerzo muestral

a= Riqueza estimada en el punto t = 0

b= Pendiente inicial de la curva

Asíntota: a/b

#### 3. Modelo Logarítmico

$$S = \left[ \frac{1}{(1 - \exp(-b))} \right] \ln[1 + (1 - \exp(-b))at]$$

donde:

S= Riqueza estimada

t= Esfuerzo muestral

a= Riqueza estimada en el punto t = 0

b= Pendiente inicial de la curva.